

# **DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS**

**VIDA ORSOLYA**

**MOSONMAGYARÓVÁR**

**2021**

**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM  
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR  
WITTMANN ANTAL NÖVÉNY-, ÁLLAT- ÉS ÉLELMISZER-  
TUDOMÁNYI MULTIDISZCIPLINÁRIS  
DOKTORI ISKOLA**

**UJHELYI IMRE ÁLLATTUDOMÁNYI DOKTORI PROGRAM**

**DOKTORI ISKOLA VEZETŐ:**  
**PROF. DR. VARGA LÁSZLÓ, DSC**  
EGYETEMI TANÁR

**PROGRAMVEZETŐ:**  
**PROF. DR. SZABÓ FERENC, DSC**  
EGYETEMI TANÁR

**TÉMAVEZETŐK:**  
**PROF. DR. EGRI BORISZ, DSC, MRANH**  
EGYETEMI TANÁR

**DR. TÓTH TAMÁS, PhD**  
KUTATÓPROFESSZOR

**A GLICERINKIEGÉSZÍTÉS VIZSGÁLATA SZOPTATÓ  
KOCÁK TAKARMÁNYOZÁSÁBAN**

**KÉSZÍTETTE:**  
**VIDA ORSOLYA**

**MOSONMAGYARÓVÁR**  
**2021**

# A GLICERINKIEGÉSZÍTÉS VIZSGÁLATA SZOPTATÓ KOCÁK TAKARMÁNYOZÁSÁBAN

Írta:  
VIDA ORSOLYA

Készült a Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar  
Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer- tudományi Multidiszciplináris  
Doktori Iskola  
Ujhelyi Imre Állattudományi Doktori Programja keretében

Témavezetők: Prof. Dr. Egri Borisz

Dr. Tóth Tamás

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton.....%-ot ért el,

Mosonmagyaróvár, .....

.....  
a Szigorlati Bizottság Elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen/nem)

Első bíráló (Dr. ....) igen/nem

(aláírás)

Második bíráló (Dr. ....) igen/nem

(aláírás)

Esetleg harmadik bíráló (Dr. ....) igen/nem

(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján .....%-ot ért el.

Mosonmagyaróvár, .....

A Bírálóbizottság elnöke

Doktori (PhD) oklevél minősítése.....

Az EDT elnök

**TARTALOMJEGYZÉK**

<b>KIVONAT</b> .....	<b>6</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>9</b>
<b>RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE</b> .....	<b>11</b>
<b>1. BEVEZETÉS</b> .....	<b>12</b>
<b>2. CÉLKITŰZÉS</b> .....	<b>14</b>
<b>3. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS</b> .....	<b>15</b>
3.1 A BIODÍZEL JELENTŐSÉGE VILÁGUNKBAN .....	15
3.2 A BIODÍZELGYÁRTÁS FOLYAMATA .....	18
3.3 A GLICERIN JELLEMZŐI.....	21
3.4 A GLICERNKIEGÉSZÍTÉS POTENCIÁLIS VESZÉLYFORRÁSAI .....	21
3.5 A GLICERINNEL SZEMBEN TÁMASZTOTT MINŐSÉGI KÖVETELMÉNYEK ...	24
3.6. AZ ELEKTRONIKUS ORR ALKALMAZÁSA	
A TAKARMÁNYIPARBAN-METANOLSZENNYEZETTSÉG DETEKTÁLÁSA..	25
3.7. A GLICERIN METABOLIZMUSA AZ ÁLLATI SZERVEZETBEN .....	29
3.8. A GLICERIN SZEREPE A KÉRŐDZŐ- ÉS A	
BAROMFITAKARMÁNYOZÁSBAN .....	32
3.8.1. A GLICERIN SZEREPE A KÉRŐDZŐ ÁLLATOK	
TAKARMÁNYOZÁSÁBAN .....	32
3.8.2. A GLICERIN SZEREPE A BAROMFITAKARMÁNYOZÁSÁBAN .....	34
3.9. A TAKARMÁNY GLICERINKIEGÉSZÍTÉSÉNEK HATÁSA A SERTÉSEK	
TELJESÍTMÉNYÉRE.....	39
3.9.1. A GLICERIN SZEREPE A VÁLASZTOTT MALACOK	
TAKARMÁNYOZÁSÁBAN .....	39
3.9.2. A GLICERIN SZEREPE A HÍZÓSERTÉSEK	
TAKARMÁNYOZÁSÁBAN .....	46
3.9.3. A GLICERIN SZEREPE A TENYÉSZKOCÁK	
TAKARMÁNYOZÁSÁBAN .....	55
3.9.3.1. A TENYÉSZKOCÁK ENERGIAIGÉNYE ÉS -ELLÁTÁSA	
SZOPTATÁS ALATT .....	55
3.9.3.2. A GLICERIN ALKALMAZÁSA A KOCÁK	
TAKARMÁNYOZÁSÁBAN .....	59

<b>4. ANYAG ÉS MÓDSZER .....</b>	<b>63</b>
4.1 A MAGYARORSZÁGI FORGALOMBAN LÉVŐ GLICERINTERMÉKEK	
KÉMIAI VIZSGÁLATA .....	63
4.1.1. GLICERIN- ÉS METANOLTARTALOM MEGHATÁROZÁSA .....	63
4.1.2. ÁSVÁNYIANYAG-TARTALOM MEGHATÁROZÁSA .....	64
4.2. GYORSVIZSGÁLATI MÓDSZERFEJLESZTÉS ELEKTRONIKUS ORRAL.....	64
4.3. GLICERINETETÉSI KÍSÉRLETEK SZOPTATÓ KOCÁKKAL .....	66
4.3.1. SZOPTATÓ KOCA ETETÉSI KÍSÉRLET PORÍTOTT GLICERINNEL.....	66
4.3.2. SZOPTATÓ KOCA ETETÉSI KÍSÉRLET FOLYÉKONY GLICERINNEL ...	70
4.4. STATISZTIKAI ÉRTÉKELÉS.....	76
<b>5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK .....</b>	<b>79</b>
5.1 A MAGYARORSZÁGI FORGALOMBAN LÉVŐ GLICERINTERMÉKEK KÉMIAI	
VIZSGÁLATA .....	79
5.2 GYORSVIZSGÁLATI MÓDSZERFEJLESZTÉS ELEKTRONIKUS ORRAL .....	81
5.3 GLICERINETETÉSI KÍSÉRLETEK SZOPTATÓ KOCÁKKAL .....	88
5.3.1. SZOPTATÓ KOCA ETETÉSI KÍSÉRLET PORÍTOTT GLICERINNEL .....	88
5.3.2. SZOPTATÓ KOCA ETETÉSI KÍSÉRLET FOLYÉKONY GLICERINNEL ....	91
<b>6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....</b>	<b>104</b>
<b>7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....</b>	<b>106</b>
<b>8. ÖSSZEFOGLALÁS .....</b>	<b>108</b>
<b>9. TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE .....</b>	<b>111</b>
<b>10. ÁBRÁK JEGYZÉKE.....</b>	<b>113</b>
<b>11. IRODALOMJEGYZÉK .....</b>	<b>115</b>
<b>KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS.....</b>	<b>129</b>
<b>A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK .....</b>	<b>130</b>
<b>A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉN KÍVÜL MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK.....</b>	<b>132</b>

## KIVONAT

A sertéstakarmányozás egyik komoly kihívása a nagy genetikai potenciállal rendelkező tenyészkocák laktáció alatti megfelelő energiaellátásának biztosítása. A szoptatás időszakát (még *ad libitum* takarmányozás mellett is) gyakran a kocák kondícióromlásával párosuló energiahányos állapot jellemzi, mely negatívan befolyásolja a koca reprodukciós- és étletteljesítményét egyaránt. A szoptató kocatakarmanyk energiakiegészítésének alternatívájaként kínálkozik a biodízel-előállítás melléktermékeként keletkező glicerín, az állományra azonban állategészségügyi szempontból potenciális veszélyforrást jelenthetnek a technológiai folyamatokból visszamaradó metanol- és ásványisó- (NaCl, KCl) maradványok. A doktori munka egyik fontos elemét képezte analitikai vizsgálatokkal tisztázni a magyarországi forgalomban lévő különböző glicerintermékek („feed grade” = 85%; „food grade” = 99,5-99,7% glicerintartalmú) minőségét. Kémiai vizsgálatok során megállapítottuk, hogy a glicerínminták 44%-ánál a metanoltartalom a termékleírásban meghatározott értéket, 33%-ánál pedig a jelenleg hatályban levő Európai Unió rendeletben megállapított határértéket (<0,5%) is meghaladta. A gazdasági haszonállataink takarmányozásában alkalmazott glicerínben fellelhető metanolmaradványok tehát potenciális veszélyforrásként vannak jelen.

Ebből következik, hogy szükség van a klasszikus, relatíve lassú analitikai vizsgálatokon túlmenően olyan módszerek fejlesztésére, mellyel a gyakorlatban használt glicerínforrások metanolszennyezettsége megállapítható. Munkánk során az elektronikus orr ilyen irányú használatának lehetőségét értékeltük és megállapítottuk, hogy a 0,05-0,5% metanoltartalmú mintákra illesztett részleges legkisebb négyzetek regresszióján alapuló (PLSR) kalibráció analitikai tisztaságú minták esetében alkalmas lehet a glicerín metanolszennyezettségének kimutatására ( $R^2=0,91$ ).

Szoptató kocákkal végzett vizsgálatokban megállapítottuk, hogy a szilárd hordozóra vitt glicerínforrás (72,92% glicerín-, 0% metanoltartalom) a késztakarmányban 1%-ban alkalmazva a szoptató kocák teljesítményét (élősúlyvesztés, takarmányfelvétel, hátszalonna-vastagság, újravemhesüléséhez szükséges napok száma) nem

befolyásolta és a vérplazma glükóz-, koleszterin- és triglicerid-koncentrációjára sem volt hatása ( $p>0,05$ ).

A második vizsgálatban 5%-ban alkalmazott folyékony glicerinkiegészítésnek (87% glicerin-, 0,02% metanoltartalom) a szoptató kocák teljesítményére (élősúlyvesztés, takarmányfelvétel, hátszalonna-vastagság, újravemhesüléséhez szükséges napok száma) illetve a malacok választási súlyára nem volt hatása ( $p>0,05$ ). Hatására a laktáció 21. napján a kocatej mennyisége növekedett ( $p<0,05$ ), viszont a vizsgált időszakban (14-28. laktációs nap) mért összes kocatejtermelést nem befolyásolta ( $p>0,05$ ). A glicerinkiegészítés a laktáció vizsgált időszakában csökkentette a tej fehérje- és hamutartalmát ( $p<0,05$ ). A glicerin alkalmazása a kocatej szárazanyag-, zsír- és laktóztartalmát nem befolyásolta ( $p>0,05$ ). A glicerin a laktáció csúcán (21. laktációs nap) a napi tejjel termelt zsír mennyiségét növelte ( $p<0,05$ ), a többi paraméter (szárazanyag, fehérje, laktóz, bruttó energia) nem változott ( $p>0,05$ ). A napi tejjel termelt szárazanyag, zsír, fehérje és a bruttó energia a 21. laktációs napon statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt a 14. és 28. laktációs napon mért eredményekhez képest ( $p<0,05$ ). A laktációs napoknak a napi tejjel termelt laktóz mennyiségére nem volt hatása ( $p>0,05$ ).

A glicerinkiegészítés a kontrollcsoporthoz képest csökkentette a kocatejben a telített zsírsavak (SFAs) részarányát, valamint a telített zsírsavakon belül a mirisztinsav (C14:0) és palmitinsav (C16:0) %-os mennyiségét ( $p<0,05$ ). Az egyszeresen telítetlen zsírsavak (MUFAs) közül a glicerinkiegészítés növelte az olajsav (C18:1, n-9), a vakcénsav (C18:1, n-7) és az eikozénsav (C20:1) %-os mennyiségét ( $p<0,05$ ) viszont az egyszeresen telítetlen zsírsavak (MUFAs) és a többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFAs) részarányára nem volt hatása ( $p>0,05$ ).

A folyékony glicerinkiegészítés nem befolyásolta a táplálóanyagok (szárazanyag, nyersfehérje, nyerszsír, nyersrost) tápcsatorna teljes hosszán mért látszólagos emészthetőségét ( $p>0,05$ ).

A szoptató kocákkal végzett kísérleti eredmények alapján megállapítható, hogy a szilárd hordozóra vitt „feed grade” (takarmányozási) minőségű glicerin 1%-ban, a folyékony glicerin 0,02% metanoltartalommal 5%-ban etethető a szoptató kocák

teljesítményromlása nélkül. Újabb dóziskísérletek szükségesek azonban a glicerinkiegészítés szoptató kocák tejtermelésére és anyagcsere-folyamataira gyakorolt további hatásainak értékelésére.



## ABSTRACT

One of the major challenges in swine nutrition is to ensure the adequate energy supply during lactation for breeding sows with high genetic potential. During the lactation period (even with *ad libitum* feeding) an energy deficient condition occurs, together with condition deterioration, which negatively affects the sow's reproductive and life performance. Glycerol, a by-product of biodiesel production, is considered to be a good alternative to energy supplementation for lactating sows, although methanol and mineral salt (NaCl, KCl) residues from the technological processes could be potentially harmful to the health of the herd.

An important part of the PhD thesis was to clarify the quality of different glycerol sources (“feed grade” = 85%; „food grade” = 99.5-99.7% glycerol content) available in the Hungarian market. During the chemical analysis it was found that 44% of the glycerol samples had higher methanol content compared to the declared value on the product specification and by 33% of the samples the methanol content also exceeded the limit established by the current European Union regulation (<0.5%). Possible methanol residues in glycerol used for the nutrition of farm animals are therefore present as a potential source of risk. Therefore, in addition to the classical, relatively slow analytical methods, it is also needed to develop methods which are able to determine the methanol contamination of glycerol quickly and accurately. In our study, it was evaluated the possibility of using the electronic nose in this field and concluded that PLSR (partial least squares regression) calibration fitted to samples with 0.05-0.5% methanol content may be suitable for detecting methanol contamination of pharma grade glycerol samples ( $R^2 = 0.91$ ).

In feeding trials conducted with lactating sows it was concluded that the glycerol source (72.92% glycerol, 0% methanol) on solid carrier applied in 1% of the compound feed did not affect the performance of lactating sows (e.g weight loss, feed intake, backfat thickness, return to estrus interval), plasma glucose, cholesterol and triglyceride concentration ( $p > 0.05$ ).

During the second study, the performance of sows and piglets did not change ( $p>0.05$ ) by the addition of 5% liquid glycerol (87% glycerol, 0.02% methanol). As a result, the amount of sow's milk increased on the 21<sup>st</sup> day of lactation ( $p<0.05$ ), but the glycerol addition did not affect ( $p>0.05$ ) the total milk production of the sows during the trial period (from 14<sup>th</sup> to 28<sup>th</sup> days of lactation). Glycerol supplementation reduced the milk protein and ash content during the trial period ( $p<0.05$ ). The use of glycerol did not affect the dry matter, fat and lactose content of sow's milk ( $p>0.05$ ).

On the 21<sup>st</sup> day of lactation glycerol increased the daily amount of fat secreted with milk ( $p<0.05$ ), the other parameters (dry matter, protein, lactose, gross energy) were not affected ( $p>0.05$ ). The daily amount of dry matter, fat, protein and gross energy secreted with milk was significantly higher on the 21<sup>st</sup> day of lactation compared to the 14<sup>th</sup> and 28<sup>th</sup> days of lactation ( $p<0.05$ ). The lactation days did not affect and daily amount of lactose secreted with milk ( $p>0.05$ ).

Glycerol supplementation decreased the proportion of saturated fatty acids (SFAs) in sow's milk ( $p<0.05$ ). Within saturated fatty acids, the proportion of C14:0 (myristic acid) and C16:0 (palmitic acid) fatty acids decreased ( $p<0.05$ ). Within monounsaturated fatty acids (MUFAs) glycerol supplementation increased the oleic (C18:1, n-9), vaccenic (C18:1, n-7) and eicosenoic acid (C20:1) proportion. The ratio of MUFAs and polyunsaturated fatty acids (PUFAs) did not change ( $p>0.05$ ).

Liquid glycerol supplementation did not affect the apparent total tract digestibility of dry matter, crude protein and crude fiber ( $p>0.05$ ).

Based on the results conducted with lactating sows, it can be concluded that 1% of the “feed grade” glycerol on solid carrier and 5% of the liquid glycerol with 0.02% methanol content can be fed to lactating sows without any negative effect on the performance. However, further dose-response experiments are needed to evaluate the additional effects of glycerol supplementation on milk production and metabolism in lactating sows.

**RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE**

ADH	alkohol-dehidrogenáz
ALDH	aldehid-dehidrogenáz
ALP:	alkalikus foszfatáz
ALT:	alanin-aminotranszferáz
AME <sub>n</sub>	zéró (0) N-visszatartásra korrigált, látszólagos metabolizálható energiatartalom
AST:	aszpartát-aminotranszferáz
ATP:	adenozin-trifoszfát
ATTD:	apparent total tract digestibility, tápcsatorna teljes hosszán mért látszólagos emészthetőség
BE:	bruttó energia
DE:	digestible energy, emészthető energia
DFA:	discriminant function analysis, diszkriminancia analízis
DDGS:	dried distillers grains with solubles, szárított gabonatörköly
DMI:	dry matter intake, szárazanyagfelvétel
GGT:	gamma-glutamiltranszferáz
IFN- $\alpha$ :	interferon-alfa
IGF-1:	insulin like growth factor-1, inzulinszerű növekedési faktor-1
IL-12 p35	interleukin-12 p35
ME:	metabolizable energy, metabolizálható energia
MCFA:	medium-chain fatty acid, középhosszú szénláncú zsírsav
MUFA:	monounsaturated fatty acid, egyszeresen telítetlen zsírsav
NDF:	neutral detergent fiber, neutrális detergens rost
NEB:	negative energy balance, negatív energiamérleg
NE <sub>l</sub> :	net energy for lactation, tejtermelésre fordított nettó energia
PCA:	principal component analysis, főkomponens-elemzés
PLS:	partial least squares, részleges legkisebb négyzetek
PUFA:	polyunsaturated fatty acid, többszörösen telítetlen zsírsav
SEM:	standard error of the mean, a mintákból számított átlag szórása
SFA:	saturated fatty acid, telített zsírsav
SIMCA:	soft independent modelling by class analogy, osztályazonosságok laza független modellezése
SID:	standardized ileal digestible, standardizált ileális emészthetőség
TNF- $\alpha$ :	tumor nekrozis faktor-alfa
TNF- $\beta$	tumor nekrozis faktor-béta

## 1. BEVEZETÉS

Az iparszerű állattenyésztésben megjelent modern genotípusú kocák korábban állíthatók tenyésztésbe, több malacot fialnak és nevelnek, érzékenyebbek a környezeti és takarmányozási hatásokra, energia- és táplálóanyag-igényük is eltér a hagyományos hibridekétől. A laktáció a koca reprodukciós ciklusának ugyan csak 15-20%-át teszi ki, anyagcsere szempontjából ez a legintenzívebb szakasz. Döntően katabolikus folyamatok jellemzik, melyek a koca zsírtartalékainak mobilizálásával, élsúlyvesztéssel, hátszalonnavastagság-csökkenéssel járnak. Ennek következtében gyakran előfordul, hogy még „*ad libitum*” takarmányozás mellett is oly mértékben romlik a tenyészállatok kondíciója, hogy az negatívan hat a további reprodukciós teljesítményre. A biodízelgyártás melléktermékeként keletkező glicerint jó alternatívát jelenthet az említett energiahiányos állapot mérséklésére, a megfelelő energiaellátás biztosítására szoptató kocatakarományokban.

A takarmányozási minőségű (min. 85% glicerintartalmú) glicerint glükóz-perkurzorként tejelő tehének takarmányozásában már évtizedek óta használják. A glicerint etetésével megelőzhető és kezelhető az ellés körül, szubklinikai és klinikai kórfarmában jelentkező ketózis, valamint csökkenthető a laktáció első időszakában a test zsírszövetéből a lipídmobilizáció mértéke. A glicerint alkalmazása monogasztrikus használlataink takarmányozásában is intenzíven kutatott terület, energiakiégésként történő gyakorlati használata mind a baromfi-, mind pedig a sertéstakarmányokban elterjedt. A glicerint a sertéstakarmányozás gyakorlatában főként granulált malactakarmányokban alkalmazható, javasolható bekeverési aránya 5%.

Hízótakarmányokban szintén maximum 5%-ban használható a termelési eredmények, élettani- és húsminőségi paraméterek változása nélkül. A glicerin felhasználása szoptató kocák takarmányában kevésbé intenzíven kutatott terület, a kocák élettani paramétereire, a táplálóanyagok emészthetőségére, a kocatej mennyiségére, zsírsavösszetételére gyakorolt hatása ismeretlen.

A glicerin takarmányozási célú felhasználásával kapcsolatban fontos azonban figyelembe venni, hogy minősége (ahogy ez az iparilag feldolgozott alapanyagok, illetve melléktermékek esetében gyakori) tételenként változó és nagyban gyártástechnológia-függő. Az etetett állományra állategészségügyi szempontból komoly kockázatot jelenthetnek a technológiai folyamatokból visszamaradó metanol- és bizonyos ásványisó- (NaCl, KCl) maradványok. Ezeket, illetve az ehhez hasonló potenciális veszélyforrásokat a takarmányozási szempontból értékesnek talált melléktermékek alkalmazásával kapcsolatban minden esetben fel kell mérni, a lehetséges állategészségügyi kockázatokat ki kell zárni különösen a nagy genetikai értékkel rendelkező tenyészállatok esetében.

A metanol toxicitásából kiindulva a glicerintermékek metanolszintjének monitorozása elengedhetetlen, megvalósításához olyan analitikai módszerek alkalmazása szükséges, melyek gyorsan pontos mérési adatokat szolgáltatnak. Erre alkalmas lehet az illékony anyagok meghatározására használt elektronikus orr.

## 2. CÉLKITŰZÉS

Kutatási munkám során céljaim voltak, hogy információt nyerjek arra vonatkozóan, hogy:

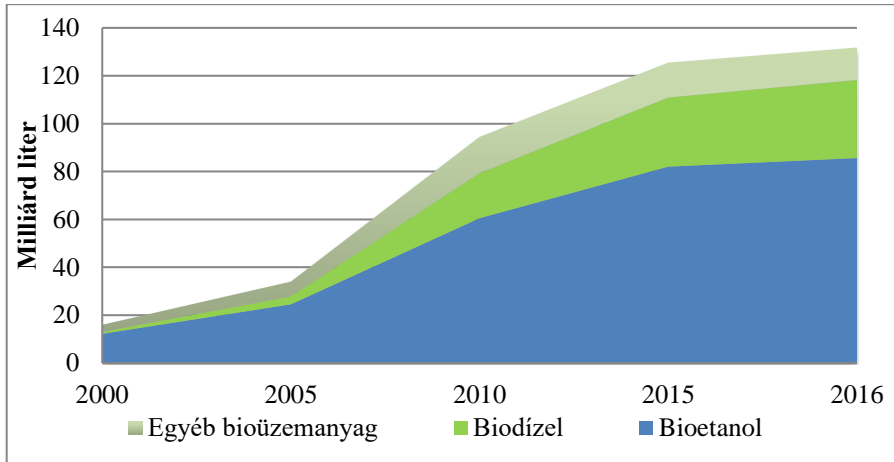
- (1) a Magyarországon alkalmazott glicerinforrásokban a veszélyt jelentő szennyező anyagok (kiemelten a metanolmaradványok) milyen mértékben vannak jelen?
- (2) az elektronikus orr (e-orr), mint gyorsvizsgálati módszer alkalmas-e a glicerin metanolszennyezettségének meghatározására?
- (3) *szilárd hordozóra vitt porított glicerin szoptató kocatakarmányokban 1%-ban alkalmazva* miként befolyásolja:
  - a kocák teljesítményét
  - a különböző vérparaméterek értékét (glükóz, koleszterin, triglicerid)?
- (4) *folyékony glicerin a szoptató kocatakarmányokban 5%-ban alkalmazva* miként befolyásolja:
  - a kocák és a malacok teljesítményét
  - a különböző vérparaméterek értékét (összfehérje, albumin, glükóz, koleszterin, triglicerid, ALT, AST, GGT)
  - a kocatej mennyiségét, táplálóanyag-tartalmát és zsírsavösszetételét
  - a táplálóanyagok tápcsatorna teljes hosszán mért látszólagos emészthetőségét?

### 3. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

#### 3.1. A BIODÍZEL JELENTŐSÉGE VILÁGUNKBAN

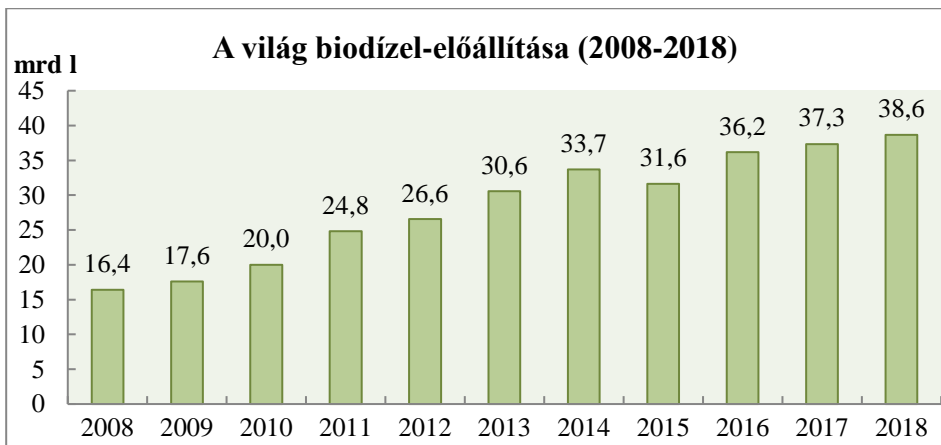
A XXI. század számos kihívást tartogat az emberiség számára. A népesség számának emelkedésével párhuzamosan az igények (élelmiszer, energia, takarmány stb.) folyamatosan nőnek, a kielégítésükre szolgáló nyersanyag- és fosszilis energiakészletek ezzel szemben csökkenő mennyiségben állnak rendelkezésre. A civilizáció rohamos fejlődésével párhuzamosan fosszilis erőforrásaink végeessége mellett azok környezetszennyező mivolta is egyre komolyabb problémát jelent a fenntarthatóság szempontjából. Nem meglepő tehát, hogy egyre szélesebb körben terjed a „zöld kémia”, mely a megújuló energiaforrásokat, a megújítható forrásból származó üzemanyagok előállítását helyezi előtérbe.

2016-ban a világon a közlekedési szektor energiaszükségletének 3%-át [82,32 millió tonna olajegyenérték (Mtoe)] fedezték bioüzemanyagok használatával. A 2000-2016 évek közötti tendenciát tekintve megállapítható, hogy a közlekedésben felhasznált bioüzemanyagok mennyisége az elmúlt 16 évben folyamatosan nőtt. 2000-ban 16 milliárd liter bioüzemanyagot állítottak elő a világon, 2016-ban már 131,8 milliárd literre nőtt a mennyiség (*1. ábra*). 2016-ban, akárcsak az azt megelőző 15 évben a bioetanol-gyártás volumene volt a legnagyobb (85,6 milliárd liter), azonban a biodízel-előállítás jelentősége sem megkérdőjelezhető (36,2 milliárd liter).



1. ábra: A világ bioüzemanyag- (bioetanol és biodízel) előállítása 2000-2016 között (WORLD BIOENERGY ASSOCIATION, 2019)

A világ biodízeltermelése 2008 és 2018 között lassan növekvő tendenciát mutatott, egyedül a 2015-ös évben volt tapasztalható csökkenés (2. ábra).



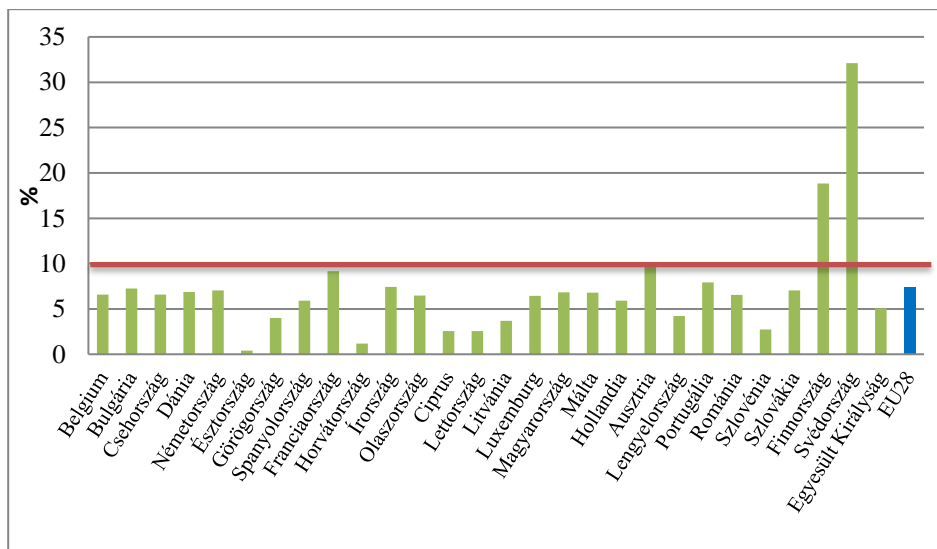
2. ábra: A világ biodízel-előállítása 2008-2018 között  
(OECD/FAO, 2015)

Az Európai Unió környezetvédelmi politikája különösen nagy hangsúlyt fektet a biokomponens-tartalmú üzemanyagok előállításának és felhasználásának növelésére, különböző direktívákkal (Renewable



Energy Directive, RED) támogatja azt (*RED I: 2009/28/EC; RED II: 2018/2001/EU*). Míg a 2009-ben hatályba lépett megújuló energiaforrásokról szóló irányelv (RED I) előírása szerint 2020-ig a tagállamoknak az EU által felhasznált összes energia minimum 20%-át megújuló energiaforrásból kell fedezniük, az aktuális, 2018-ban hatályba lépett irányelv (RED II) 2030-ra 34%-os célt irányoz elő. A RED I szerint az EU tagállamok vállalása, hogy a 2020-ig a közlekedés üzemanyag-szükségletének 10%-át bioüzemanyagok használatával fedezik, a RED II 2030-ig pedig 14%-os célértéket határoz meg.

Az EUROSTAT 2017-es adatai szerint az EU-ban felhasznált bioüzemanyagok mennyisége összesen 15,5 Mtoe volt. Ez a tagállamok átlagában 7,4 %-ot jelentett a RED I által előírt 10%-os célértékhez képest. Az EU tagállamok közül Finnország (18,8%) és Svédország (32,1%) már teljesítette a célt, mely Ausztria (9,7%) és Franciaország (9,1%) számára sem jelent különösebb kihívást (3. ábra). A többi tagállam, köztük Magyarország (6,81%), komoly lemaradásban van, így rövid időn belül a bioüzemanyagok felhasználásának ugrásszerű növekedése várható.

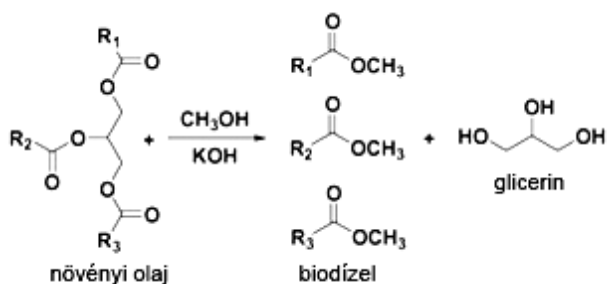


3. ábra: Az Európai Unió tagállamainak bioüzemanyag-felhasználása a RED I direktíva által előírt 10%-os célértékhez képest (EUROSTAT, 2017)

### 3.2. A BIODÍZELGYÁRTÁS FOLYAMATA

A biodízel különböző növényi olajok (főként repce-, napraforgó-, szója-, pálmaolaj) vagy állati zsírok katalitikus észterezésével keletkezett zsírsav-metil-észter keverék (GERPEN, 2005). A folyamat első lépéseként növényi alapanyag esetén a gyártáshoz használt olajos magot tisztítják, préselik. A préselvényből kinyert olajat extrahálják, a benne fellelhető szilárd szennyezőanyagokat centrifugálással és filtrálással eltávolítják. Az így kinyert nyersolaj mellett nagy mennyiségű olajpogácsa keletkezik, amit alternatív fehérjeforrásként egyre nagyobb mennyiségben használnak gazdasági használlataink takarmányozásában. A nyersolajat a foszfátidok és egyéb szennyezések derítéssel, centrifugálással vagy szűréssel történő

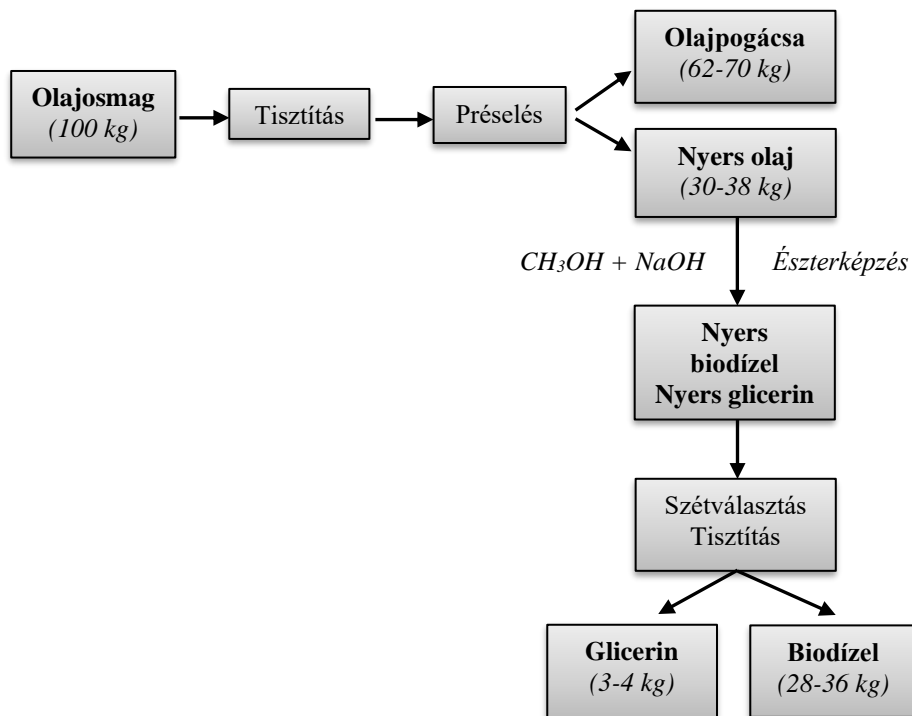
eltávolításával finomítják. Az olajat ezt követően katalizátor jelenlétében a reaktorban kb. 1 óra alatt 60 °C-on kis szénatomszámú alkoholokkal (leggyakrabban metanollal) észterezik. Katalizátorként rendszerint lúgokat (NaOH, KOH), savakat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl), enzimet (lipáz) vagy ionizált folyadékokat használnak (FONSECA ÉS MTSAI, 2019). A folyamat során lezajló kémiai reakciót a 4. ábrán láthatjuk.



4. ábra: A növényi olaj észterezése metanollal katalizátor jelenlétében  
(GONÇALVES ÉS MTSAI, 2008)

Az észterezéshez sztöchiometriailag 3:1 moláris alkohol:olaj arány szükséges, azonban az eljárást gyakran alkoholfelesleg mellett hajtják végre. A reakciót követően a nem reagált frakciókat visszanyerik, a keletkező biodízelt tisztítják, a glicerint és a katalizátorokat a reagensektől és a reakciótermékektől elválasztják (BALOG, 2005).

A reakció során 3 mol biodízel előállításakor 1 mol glicerín keletkezik, azaz 9 kg biodízel-előállítása mellett a folyamat végén 1 kg nyers glicerín marad vissza (KARINEN, 2006). A biodízelgyártás sematikus folyamatát, valamint a keletkezett termékek és melléktermékek mennyiségét az 5. ábrán láthatjuk.



5. ábra: A biodízel-előállítás folyamata (URL<sub>1</sub>)

Az észterezés után leválasztott folyékony nyers glicerín 50% glicerintartalmú és még nagy mennyiségben tartalmaz metanol-, só- és szappanmaradványokat. Az anyag további felhasználása érdekében annak finomítására van szükség. A finomítás során a szappant sav hozzáadásával szabad zsírsavvá és sóvá alakítják. A zsírsavak így leválaszthatóvá válnak, mivel glicerinben nem oldódnak. Ezt követően a glicerinből a metanolt lepárlással eltávolítják, így kb. 85%-os tisztaságú „feed grade” (=takarmányozási minőségű) glicerín keletkezik. További finomítással (vákuumdesztillációval vagy ioncserélő folyamattal) „food grade” (=élelmiszeripari minőségű), 99,5-99,7%-os tisztaságú glicerint állítanak elő (GERPEN, 2005).

### 3.3. A GLICERIN JELLEMZŐI

A glicerín (*glicerol; propán-1,2,3-triol*) a triolok (háromértékű alkoholok) családjába tartozó vegyület, mely minden triglicerid gerincét alkotja. Neve a görög „édes” γλυκός (glykós) szóból ered, enyhén édeskés íze miatt (PAGLIARO ÉS MTSAI, 2008). A tiszta glicerín színtelen, szagtalan, viszkózus folyadék. Vízben és alkoholban jól, sok egyéb oldószerben (éter, etil-acetát, dioxán) csak mérsékelten, hidrokarbon oldószerekben nem oldódik (URL<sub>2</sub>).

A glicerín felhasználása rendkívül sokrétű, számos iparág (gyógyszer-, kozmetikai, dohány-, vegyipar stb.) számára szolgál alapanyagként. A glicerint az említett iparágak mellett a takarmányipar is nagy mennyiségben alkalmazza. Használata kérődzők és a monogasztrikusok takarmányában energiakiegészítőként már több évtizedes gyakorlat.

### 3.4. A GLICERNKIEGÉSZÍTÉS POTENCIÁLIS VESZÉLYFORRÁSAI

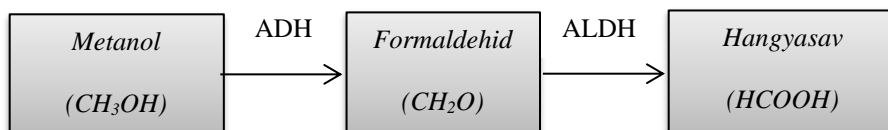
#### *Metanolmaradványok*

DOPPENBERG ÉS VAN DER AAR (2007) a glicerín etetésével kapcsolatosan potenciális veszélyforrásnak az észterezést követően visszamaradó metanoltartalmat tartja. HANSEN ÉS MTSAI (2009) be is bizonyították, hogy az idézett szerzők felvetése nem alaptalan. Kísérleteik során 11 nyers glicerínmintát gyűjtöttek és vetettek alá analitikai vizsgálatnak 7 ausztráliai biodízelgyártótól. A vizsgált minták kémiai összetételét illetően jelentős különbségeket tapasztaltak. A

glicerintartalom 38-96% között változott, míg a metanoltartalom egy mintában meghaladta a 4%-ot, kettőben pedig a 11%-ot.

KOVÁCS (2010) megállapítása szerint a glicerinben jelenlévő metanol az alacsony, 64,5°C-os forráspontból adódóan granulálás során elpárolog. A glicerin alkalmazása a dercés takarmányokban emiatt kockázatot jelenthet. Mivel a kocákat döntően dercés formában takarmányozzák, a glicerin alkalmazásakor ezen tényre feltétlenül oda kell figyelni.

A metanol az alkoholok homológ sorában az első alkohol. E vegyület mérgezés esetén a sejtek légzőrendszerét bénítja (BORDÁS, 2006). 24 órás lappangási időt követően gyengeség és légzési nehézségek jelentkezhetnek (GOLDFRANK ÉS FLOMENBAUM, 1998). Pupillatágulás, 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 felszívódást követően a metil-alkohol bomlása során keletkező metabolitok okozzák (6. ábra). A tünetek akkor jelentkeznek, amikor az alkohol-dehidrogenáz (ADH) a metanolt formaldehiddé bontja.



ADH: alkohol-dehidrogenáz  
ALDH: aldehid-dehidrogenáz

6. ábra: A metanol bomlása és metabolitjai

A formaldehid mozgáskoordinációs zavart idézhet elő (BORDÁS, 2006). Ezt a rendkívül toxikus vegyületet az aldehid-dehidrogenáz (ALDH) és egyéb nem specifikus enzimek hangyasavvá alakítják (MCMARTIN ÉS MTSAI, 1979). A hangyasav metabolizmusa a szervezetben rendkívül lassú, gyakran akkumulálódik, ami metabolikus acidózishoz vezet (RATHI ÉS MTSAI, 2006).

### *Sómaradványok*

DASARI (2007) szerint annak függvényében, hogy a biodízelgyártás során milyen katalizátort használnak, a „feed grade” glicerín 6-8 % sót tartalmazhat. TYSON ÉS MTSAI (2004) meghatározták az észterezésből visszamaradó sótartalmat, mely az általuk vizsgált glicerínmintákban 10-30% 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 kísérleteiben felhasznált 86,76% glicerintartalmú glicerín 5,2% nátrium-kloridot (NaCl) tartalmazott.

Közismert, hogy a kálium (K) és nátrium (Na) sók felboríthatják az elektrolit-egyensúlyt az állati szervezetben (DASARI, 2007). A NaCl a szervezet számára létfontosságú, ám nagyobb adagban, elégtelen vízfelvétel mellett súlyos mérgezést okoz. Általánosságban elmondható, hogy a plazma ozmotikus nyomása leginkább a  $\text{Na}^+$  ion-tartalomtól függ, így annak a toxikózis kialakulásában meghatározó szerepe van. A  $\text{Na}^+$  ionok a gerincvelői folyadékba is bejutnak, onnan pedig ezt követően az idegsejtekbe diffundálnak, melynek hatására az idegsejtek hidratációja, majd atrófiája következik be. Sómérgezés esetén testszerte vizenyő

figyelhető meg (VÁRNAGY, 2009). A mérgezés okozta halál oka: vesekárosodás (MÉZES, 1997).

A sómérgezés tünetei fajonként eltérőek lehetnek. Kérődzőkben súly- illetve vízfelvétel-csökkenés, ájulás, hasmenés, a bendőtartalom orrnyílásokon való távozása jelentkezik. Sertésnél a tünetek fokozódó vízfogyasztásban, takarmányfelvétel- és súlycsökkenésben, hasmenésben, hányásban nyilvánulnak meg (MÉZES, 1997). Sertés esetében a fokozott sóbevitel (3 g/ttkg, > 6 % a takarmányban) hatására eosinophilejtes agyhártya- és agykéreggyulladás alakul ki. Sómérgezés esetén a májban és az agyban a NaCl meghaladja a 100 mmol/l koncentrációt (FEKETE, 2009).

### **3.5. A GLICERINNEL SZEMBEN TÁMASZTOTT MINŐSÉGI KÖVETELMÉNYEK**

Az **FDA** (*Food and Drug Administration*, USA) döntése alapján azon termékekben, melyeket takarmány adalékanyagként használnak, a glicerin metanoltartalma nem haladhatja meg a 0,015% határértéket (DASARI, 2007). A németországi szabályozások minimum 80% glicerintartalmat írnak elő, viszont a metanoltartalmat illetően 0,2%-ot is megengednek (NORMENKOMMISSION FÜR EINZELFUTTERMITTEL, 2012). Az Európai Unió szabályozások kevésbé szigorúak, 0,5%-os határértéket engednek meg (68/2013/EU RENDELET).



### **3.6. AZ ELEKTRONIKUS ORR ALKALMAZÁSA A TAKARMÁNYIPARBAN – METANOLSZENNYEZETTSÉG DETEKTÁLÁSA**

Az elektronikus orr (e-orr) olyan eszköz, amely elektromos kémiai szenzorok sorát, vagy elválasztási technikán alapuló analizátort tartalmaz, részben specifikus, de adekvát mintafelismerő rendszerrel, mely képes az egyszerű és a komplex aromaanyagok felismerésére (BARTLETT ÉS GARDNER, 1992). Az e-orr alkalmazása során nem egyedi összetevők szelektív elemzése történik, hanem az adott mérés „mintázatának” és a korábban mért minták „illatlenyomatának” összehasonlítása megy végbe. A különböző aromaprofilok meghatározása úgy zajlik, hogy a szenzorokon kapott jelválaszok mértékét a referenciagázon kapott értékhez viszonyítjuk, így alakítjuk ki a vizsgált anyagra jellemző „mintázatot”. A szenzorok a különböző vegyületekre, egyes komponensekre eltérő jelválaszt adnak, ezek hozzák létre a gázkeverék digitális „illatlenyomatát”. Ezek az információk különböző többváltozós matematikai-statisztikai eljárásokat követően (pl. főkomponens analízis, PCA; diszkriminancia analízis, DA; részleges legkisebb négyzetek regressziója, PLSR stb.) válnak elemezhetővé, értelmezhetővé (DI NATALE ÉS MTSAI, 2001; DALMADI ÉS MTSAI, 2007; KOREL ÉS BALABAN, 2009; ZHANG ÉS MTSAI, 2012).

A műszerek felépítésüket tekintve három fő részből állnak: mintavevő egység, jelrögzítő egység, a különböző aromaprofilok azonosításához szükséges mintafelismerő algoritmus (KOREL ÉS BALABAN, 2009). Az e-orr eszközök legfontosabb elemei a szenzorok, melyek rendkívül nagy érzékenységgel, de adott molekulákra nézve kis

specifitásúak. A szenzorok működése azokon a feltöltődési folyamatokon alapul, melyek a molekulák katalitikus reakciói során jönnek létre. Az egyes szenzortípusok jellemzőit, működési elvét foglalja össze az 1. táblázat.

1. táblázat: Különböző szenzorok jellemzői és működési elve  
(WILSON ÉS BAIETTO, 2009)

Szenzor típusa	Anyaga	Működési elve
piezoelektromos szenzorok: kvarcmikromérleg (QMB); felületi akusztikus hullám (SAW); tömbi akusztikus hullám (BAW)	szerves és szervetlen filmrétegek	tömegváltozás (frekvenciaváltozás)
kalorimetrikus	pellisztor	kémiai reakciókból adóó hőmérséklet- változás
polimer szenzorok	polimer vezetők	ellenállás-változás
elektrokémiai szenzorok	szilárd vagy folyékony elektrolitok	áram- vagy feszültségváltozás
fluoreszcens szenzorok	fluoreszcens- érzékeny detektor	fluoreszcens fény kibocsájtás
infravörös szenzorok	infravörös érzékeny detektor	infravörös sugárzás elnyelés
fémoxid félvezetők	félvezető fémoxidok (SnO <sub>2</sub> ; GaO)	ellenállás-változás
optikai szenzorok	fotodióda	optikai változások

A szenzorok típusát tekintve a legelterjedtebbek a szervetlen kristályos vagy polikristályos anyagok (félvezetők, fémoxidok, zeolitok, fém katalizátorok). Robosztusság jellemzi őket. A nedvesség jelenléte, a hőmérséklettel és pH-val kapcsolatos változások kevésbé befolyásolják működésüket. Fontos megemlíteni, hogy a szenzorok érzékenysége

idővel változik, vannak olyan anyagok, melyek felületükön irreverzibilisen is kötődhetnek. Ezek az érzékenységet jelentősen csökkentik, sőt szélsőséges esetekben akár meg is szüntethetik (MIELLE, 1996; BALDWIN ÉS MTSAI, 2011).

Az említett technológiai gyengeségek a gázkromatográfián alapuló e-orr berendezésekkel kiküszöbölhetőek, melyek gázszenzorok alkalmazása helyett ultragyors gázkromatográfiás elválasztási technikát alkalmaznak az illatlenyomatok rögzítésére, az illatokat okozó illékony anyagok azonosítására és kvantifikálására (AOUADI ÉS MTSAI, 2020).

Az e-orrrel történő mérések során a mintákat (halmazállapottól függetlenül) zárt mintatartókban inkubálják, ezt követően a kialakult gőztérből vett gázmintát az analizáló egységbe juttatják, ahol az illatkomponensek különböző elektronikus jeleket generálnak.

Az e-orralkalmazásával a takarmányiparban meghatározhatók a takarmányok aromajellemzői, valamint a takarmánykeverékek gyártása során felhasznált alapanyagokban a különböző szennyező- és toxikus anyagok (pl. mikotoxinok). Az aromajellemzők elemzésének különösen akkor van jelentősége, ha egy új, esetleg kellemetlen érzékszervi tulajdonsággal rendelkező anyagot szeretnénk receptúrába illeszteni a kívánt íz és illat megtartása mellett. Az e-orr berendezések alkalmazása a kedvtelésből tartott állatok takarmányozásánál kiemelt jelentőségű, mivel a tápok aromaprofilja, jelentősen meghatározza az állatok takarmányfelvételét. A felhasznált alapanyagok (állati fehérjeforrások, aromák), a mikrobiális szennyezettség, az oxidáció, különböző szennyezőanyagok jelenléte, a gyártástechnológia nagymértékben befolyásolja a takarmánykeverékek ízét, illatát, mely adott esetben csökkenő érdeklődést válthat ki az állatok részéről. CHELI ÉS MTSAI

(2007) vizsgálataiban különböző száraz kutyaedelek gyártásához felhasznált állati fehérjeforrásokat értékelt. ÉLES ÉS MTSAI (2015) különböző gyártótól származó és eltérő összetételű macskaedeleket vizsgáltak, és összefüggést állapítottak meg a műszeresen mért aromaprofilok különbségei, valamint a macskatápok preferenciateszt során tapasztalt különbözőségei között. MOHAPATRA ÉS MTSAI (2015) szintén macskatápokban a különböző aromaanyagok hatását értékelték.

A módszer nemcsak a takarmánygyártás során alkalmazható, hanem lehetőség nyílik arra is, hogy az állati termékekben (pl. tej, tojás, hús) valamilyen takarmány-alapanyag vagy -kiegészítő esetleges aromaprofil-módosító hatását értékeljük (TÓTH ÉS MTSAI, 2019).

Fontos kiemelni, hogy az e-orr az irodalmi adatok alapján kis mennyiségek detektálására is alkalmas lehet, így nagy jelentősége van a különböző gabonafélék mikotoxin-szennyezettségének gyors és pontos meghatározásában. CHELI ÉS MTSAI (2009) megállapították, hogy az e-orr alkalmas az aflatoxinnal szennyezett és nem szennyezett kukorica megkülönböztetésére. GOBBI ÉS MTSAI (2011) a kukoricák fumonizintartalmának monitorozását végezték e-orr használatával. CAMPAGNOLI ÉS MTSAI (2011) valamint LIPPOLIS ÉS MTSAI (2014) durum búza esetében olyan módszert fejlesztettek, mely képes a deoxinivalenol (DON) jelenlétének kimutatására 1000 µg/kg alatti tartományban is.

A metanolt a különböző iparágak (pl. üzemanyag-, festék-, gyógyszergyártás stb.) szerves oldószerként alkalmazzák, toxicitása miatt e-orrall történő meghatározásának lehetőségét több vizsgálatban értékelték. PATEL ÉS MTSAI (2003) fém-oxid (indium + ón-oxid), JIANG ÉS MTSAI (2005) polimer, IWAKI ÉS MTSAI (2009) szén nanocső kompozit szenzort alkalmaztak a metanol szobahőmérsékleten történő

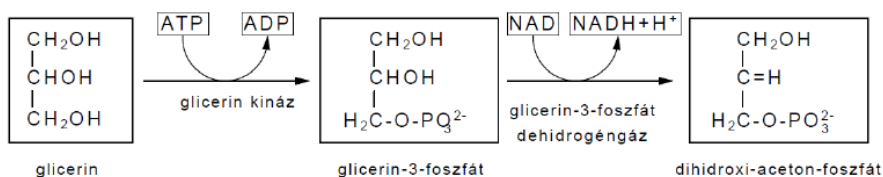
kimutatására. Az élelmiszeripari vizsgálatokat illetően WONGCHOOSUK ÉS MTSAI (2010) egy hordozható szén nanocső detektort tartalmazó e-orr berendezés segítségével különböző whiskey mintákat vizsgáltak és olyan módszert fejlesztettek, mely alkalmas a whiskey minták 1%-os metanol-szennyezettségének kimutatására.

Az e-orr berendezések előnyei (gyorsaság, nagy érzékenység, vegyszer- és roncsolásmentes működés, minimális mintaelőkészítési igény) lehetőséget biztosítanak az eszközök egyre több iparágban történő elterjedésének, alkalmazásának.

### **3.7. 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. Kisméretű molekula révén emésztése és felszívódása nem igényel sok energiát. Energiafelesleg esetén anabolitikus, míg energiadeficit esetén katabolitikus folyamatok meghatározó vegyülete (TAO ÉS MTSAI, 1983). A glicerín metabolizmusának központi szerve a máj, de az anyagcsere-folyamatok során a vese szerepe sem elhanyagolható (LIN, 1976, BABA ÉS MTSAI, 1995). A véráramon keresztül a májba jutva a glicerint a glicerín-kináz enzim adenzin-trifoszfát (ATP) segítségével foszforilálja. A folyamat eredményeként glicerín-3-foszfát keletkezik. A glicerín-3-foszfátot a glicerín-3-P-dehidrogenáz enzim a nikotinamid-adenin-dinukleotid (NAD<sup>+</sup>) elektronszállító koenzim segítségével dihidrox-aceton-foszfáttá oxidálja, ami gliceraldehid-3-foszfáttá izomerizálódik, mely közös intermedier lévén a szervezet metabolikus állapotától függően a

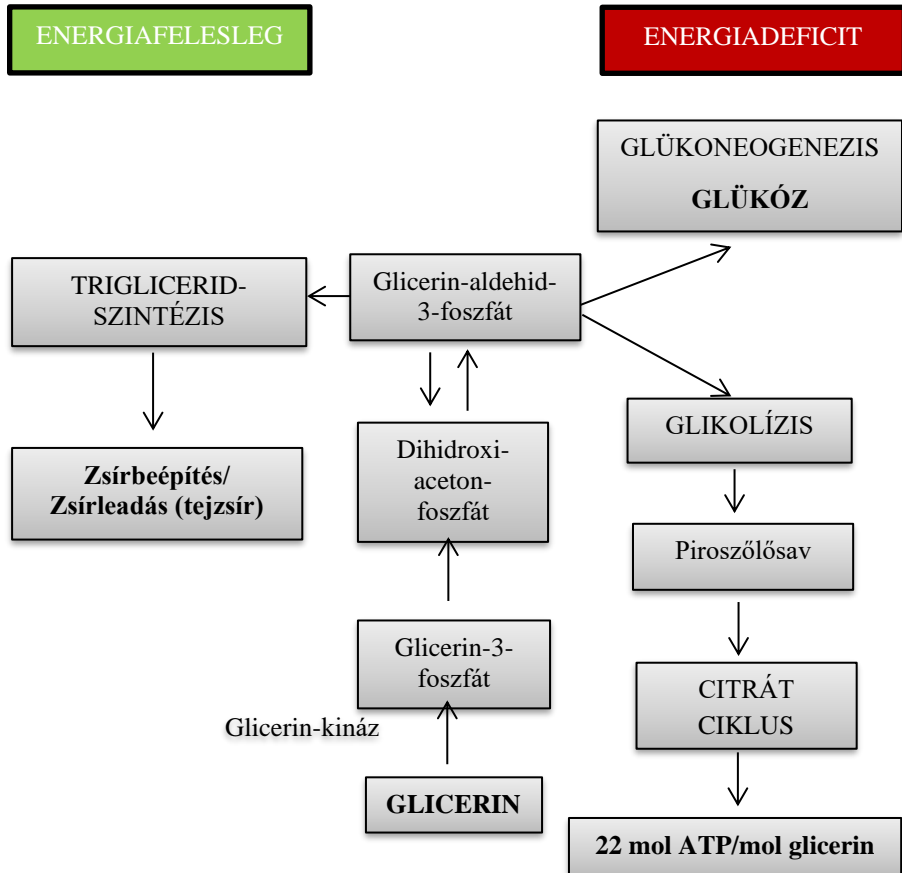
glikolízisbe vagy a glükoneogenezisbe kapcsolódik be (ÁDÁM ÉS MTSAI 2001). (7. ábra).



7. ábra: A glicerín metabolizmusa dihidroxi-aceton-foszfátig (ÁDÁM ÉS MTSAI 2001)

A glükoneogenezis folyamata döntően a májban zajlik, 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 átalakulása után képződő glicerinaldehid-3-foszfát glikolízisbe történő bekapcsolódása, melynek eredményeként a glikolízis végén keletkező piroszőlősav aerob körülmények között acetyl-CoA-vá alakul, majd a citromsav-ciklusba lépve energiatermelődés közben vízzé és  $\text{CO}_2$ -á oxidálódik. A folyamat végén 1 mol glicerínből 22 mol ATP képződik. A glicerín metabolizmusa során a másik anyagcsere út, a zsírbeépülés fokozása, energiafelesleg esetén játszik fontos szerepet. Ebben az esetben a lipogenezis (trigliceridek szintézise) válik intenzívebbé, az aktivált zsírsavak a dihidroxi-aceton-foszfáthoz vagy a glicerín-3-foszfáthoz kapcsolódnak. A trigliceridszintézis elsősorban a májban vagy a zsírszövetekben megy végbe (ÁDÁM ÉS MTSAI, 2001).

A glicerin metabolizmusát a szervezet energiaigényének függvényében, valamint a végbemenő folyamatokat és azok végtermékeit a 8. ábra szemlélteti.



8. ábra: A glicerin metabolizmusa a szervezet energiaigényének függvényében (BARTELT ÉS SCHNEIDER, 2002)

### **3.8. A GLICERIN SZEREPE A KÉRŐDZŐ- ÉS A BAROMFITAKARMÁNYOZÁSBAN**

Kutatómunkám a glicerín kocatakarmanyozasban való hasznosításának lehetőségét vizsgálja. Mielőtt áttekinteném a glicerín sertéstakarmanyozasban való felhasználhatóságát, a teljesség igényével röviden szeretném összefoglalni egyéb gazdasági haszonállatoknál (kérődző, baromfi) milyen szerepet játszik a kísérleteinkben vizsgált vegyület, a glicerín.

#### **3.8.1. A GLICERIN SZEREPE A KÉRŐDZŐ ÁLLATOK TAKARMÁNYOZÁSÁBAN**

Glicerint a szarvasmarha-takarmanyozasban szakirodalmi adatok szerint elsőként terápiás céllal alkalmaztak több évtizeddel ezelőtt tehének ellés körüli anyagforgalmi betegségének (ketózis) kezelésére (JOHNSON, 1954; FISHER ÉS MTSAI, 1973). A glicerín glükóz-prekurzorként történő alkalmazása azóta már a takarmanyozas gyakorlat részét képezi a laktáció első időszakában jelentkező, a test zsírszövetéből történő fokozott lipidmobilizációval járó negatív energiamérleg csökkentésére (LENG, 1970; HUSZENICZA ÉS MTSAI, 2002; INGVARTSEN, 2006). A glicerín tejtermelési nettó energiatartalma (NE<sub>l</sub>) SCHRÖDER ÉS SÜDEKUM (1999) megállapítása szerint 8,29-9,46 MJ /kg szárazanyag között mozog. Értékét a takarmanyozas energiakoncentrációja és egyéb komponensei jelentős mértékben befolyásolják.



Számos kísérletben tanulmányozták, hogy a glicerinkiegészítés a tejelő tehenek takarmányfelvételét, a tej mennyiségét és összetételét miként befolyásolja. A napi szárazanyagfelvétel a laktációs tejtermelést nagy mértékben meghatározza (KHOLIF, 2019). Több szerző arra a megállapításra jutott, hogy a glicerindózis emelésével párhuzamosan csökken az állatok napi szárazanyagfelvétele (EZEQUIEL ÉS MTSAI, 2015: 15 és 30% glicerin/szárazanyag; ANDRADE ÉS MTSAI, 2018: 6%, 8%, 12%, 18% glicerin/szárazanyag). Ezzel ellentétes tendenciáról számolnak be OGBORN (2006), SHIN ÉS MTSAI (2012), valamint ARIKO ÉS MTSAI (2015), akik a glicerindózis emelésével (5%, 10%, 15%) a takarmányfelvétel növekedését tapasztalták ( $p < 0,05$ ). Ezt a glicerin édeskés ízével, a takarmányfelvételre gyakorolt pozitív hatásával magyarázták.

LOMANDER ÉS MTSAI (2012) valamint BAJRAMAJ ÉS MTSAI (2017) megállapítása szerint a takarmány energiakonzentrációjának növelése a tejtermelés növekedését eredményezi a vér inzulin- és glükózsintjére gyakorolt hatása miatt, ezzel kapcsolatban azonban a szakirodalmi adatok ellentmondásosak. OMAZIC ÉS MTSAI (2013) teljesítménynövekedést tapasztaltak, amikor a tejelő teheneknél élelmiszeripari minőségű (>99% glicerintartalom) glicerint adagoltak 0,5 kg/nap szárazanyag mennyiségben. A takarmányozási minőségű glicerin (88,1% glicerintartalom) etetése azonban a teljesítményt nem befolyásolta ( $p > 0,05$ ). Ezzel szemben KASS ÉS MTSAI (2013) a tejtermelés növekedését tapasztalták takarmányozási minőségű glicerin (82,6% glicerintartalom) alkalmazásakor, abban az esetben, ha a glicerint nem takarmányadagba keverve, hanem az ellést követő hat napban drencként (500 ml/tehen) alkalmazták. PAIVA ÉS MTSAI (2016) a tejtermelés csökkenését tapasztalták 210 g glicerin/takarmány szárazanyag

etetésekor, több vizsgálat pedig azt erősítette meg, hogy a takarmányozási minőségű glicerinnel történő alkalmazása a termelt tej mennyiségét nem befolyásolja (KHALILI ÉS MTSAI, 1997: 7,2% glicerinnel/szárazanyag; DONKIN ÉS MTSAI, 2007: 5%, 10%, 15% glicerinnel/szárazanyag; SHIN ÉS MTSAI, 2012: 5%, 10% glicerinnel/szárazanyag; EZEQUIEL ÉS MTSAI, 2015: 15%, 30% glicerinnel/szárazanyag).

A glicerinnel történő hatását a tej táplálékanyag-tartalmára több szerző vizsgálta, azonban az erre vonatkozó megállapítások is ellentmondásosak. BAJRAMAJ ÉS MTSAI (2017) 15% glicerinnel történő etetésekor a tej zsírtartalmának csökkenését állapították meg, míg KHALILI ÉS MTSAI 36-72 g/nap (1997), DEFRAIN ÉS MTSAI (2004) 162,5 g/nap glicerinnel történő kiegészítés hatására nem tapasztaltak változást. GAILLARD ÉS MTSAI (2018) a takarmányadagot 6%, 12% és 18%/szárazanyag glicerinnel egészítették ki, melynek hatására a tejben lineárisan csökkent a palmitinsav (C16:0), olajsav (C18:1 n-9), linolsav (C18:2 n-6),  $\alpha$ -linolénsav (C18:3 n-3) valamint a konjugált linolsav (C18:2- c9t11) %-os mennyisége, a rövid- és középhosszú-szénláncú zsírsavak aránya pedig nőtt. ARIKO ÉS MTSAI (2015) elsősorban a páratlan szénatomszámú (C5-C17), telített zsírsavak (SFAs) részarányának lineáris növekedését állapították meg 5,2%, 10,4% és 15,6%/takarmány szárazanyag glicerinnel (88,9% glicerinnel, 0,45% metanol) hatására.

### **3.8.2. A GLICERIN SZEREPE A BAROMFITAKARMÁNYOZÁSÁBAN**

#### *A glicerinnel történő alkalmazása a brojlercsirkék takarmányozásában*

A glicerinnel történő fajlagos mutatókra gyakorolt hatásának vizsgálata nemcsak a kérődzők, hanem monogasztrikus haszonállataink

takarmányozásában is intenzíven kutatott terület. A baromfitakarmányozásban a glicerinfelhasználás létjogosultságát már az 1960-as 1970-es évek szakirodalmi adatai említik (CAMPBELL ÉS HILL, 1962; BRAMBILLA ÉS HILL, 1966; NEVILLE ÉS MTSAI, 1971, LIN ÉS MTSAI, 1976; WESTFALL ÉS HOWARTH, 1976). A glicerín baromfitakarmányozásban történő felhasználását illetően a legtöbb adat brojlercsirkékre vonatkozóan áll rendelkezésre.

DOZIER ÉS MTSAI (2008) brojlercsirkékkel végzett vizsgálataikban glicerínre vonatkozóan 14,01 MJ/kg takarmány, SCHMIDT ÉS ZSÉDELY (2012) 13,47 MJ/kg takarmány 0 N-visszatartásra korrigált, látszólagos metabolizálható energiatartalmat ( $AME_n$ ) állapítottak meg.

A glicerín teljesítményre gyakorolt hatásával kapcsolatban SIMON ÉS MTSAI (1996) megállapították, hogy 5% és 10% glicerín a brojlercsirkék ( $n=90$ ) napi súlygyarapodását növelte a kontrollcsoportéhoz képest ( $p<0,05$ ). Ehhez hasonlóan CERRATE ÉS MTSAI (2006) a 14. napon mért súlyok növekedését írták le 5% glicerínkiegészítés hatására ( $p<0,05$ ), míg SCHMIDT ÉS ZSÉDELY (2012) vizsgálatában 5% és 10% glicerínkiegészítés (86,3% glicerín, 0,05% metanol) a brojlercsirkék (Ross 308;  $n=300$ ) 21. és 42. napon mért súlyát növelte ( $p<0,05$ ). FEITAS ÉS MTSAI (2017) szintén a brojlercsirkék (Cobb 500,  $n=1610$ ) súlygyarapodásának növekedését írták le 5% és 10% glicerín etetésekor az 1-7. nap között. CERRATE ÉS MTSAI (2006) megállapították, hogy 10% glicerín a brojlercsirkék 35. és 42. napon mért súlyát csökkentette ( $p<0,05$ ). Ehhez hasonlóan HENZ ÉS MTSAI (2014) a brojlerek (Cobb 500;  $n=1056$ ) napi súlygyarapodásának csökkenését tapasztalták ( $p<0,05$ ) a

glicerin nagyobb dózisban (12% és 15%) történő alkalmazásakor a nevelés 1-21. napig tartó szakaszában.

SIMON ÉS MTSAI (1996) valamint SCHMIDT ÉS ZSÉDELY (2012) megállapítása szerint 5% és 10% glicerin etetése az állatok napi takarmányfelvételét nem befolyásolta ( $p>0,05$ ), míg CERRATE ÉS MTSAI (2006) 5% glicerinkiegészítés hatására a nevelés 14. napjáig a napi takarmányfelvétel növekedését, 10% glicerinkiegészítés alkalmazásakor annak csökkenését tapasztalták ( $p<0,05$ ). Ezzel ellentétben HENZ ÉS MTSAI (2014) az indító fázisban (1-10. nap) 6%, 9% és 12% glicerin etetésekor a napi takarmányfelvétel növekedését állapították meg ( $p<0,05$ ). 10% glicerin etetésekor FEITAS ÉS MTSAI (2017) szintén növekvő takarmányfelvételtől számolnak be az 1-21. nap között.

SIMON ÉS MTSAI (1996) valamint FEITAS ÉS MTSAI (2017) vizsgálatában 5% glicerin etetése javította a fajlagos takarmányértékesítést ( $p<0,05$ ). Ezzel ellentétben SCHMIDT ÉS ZSÉDELY (2012) 5% és 10% glicerin alkalmazásakor nem tapasztalt különbséget a brojlerek fajlagos takarmányértékesítésében ( $p>0,05$ ). 10% glicerinkiegészítés hatására CERRATE ÉS MTSAI (2006) valamint FEITAS ÉS MTSAI (2017) is a fajlagos takarmányértékesítés romlását írták le ( $p<0,05$ ). HENZ ÉS MTSAI (2014) hasonló negatív hatásról számol be 12% és 15% glicerin etetésekor.

CERRATE ÉS MTSAI (2006) valamint SCHMIDT ÉS ZSÉDELY (2012) megállapították, hogy 5% és 10% glicerin etetésének az elhullásokra nem volt hatása ( $p>0,05$ ). Ezzel ellentétben FEITAS ÉS MTSAI (2017) 10% glicerin alkalmazásakor 1-21. nap között a mortalitás növekedését tapasztalták ( $p<0,05$ ). HENZ ÉS MTSAI (2014) 15% glicerin hatására növekedést állapítottak meg az elhullási adatokban ( $p<0,05$ ).

5% és 10% glicerinnel etetése SCHMIDT ÉS ZSÉDELY (2012) valamint FEITAS ÉS MTSAI (2017) vizsgálatában a mell- és combhúskihozatal nem befolyásolták ( $p > 0,05$ ). CERRATE ÉS MTSAI (2006) ezzel ellentétben 5% glicerinnel hatására a mellhúskihozatal növekedését írták le ( $p < 0,05$ ). SCHMIDT ÉS ZSÉDELY (2012) 5% és 10% glicerinnel alkalmazásakor nem tapasztaltak változást az egyes húsrészek táplálékanyag-tartalmában (szárazanyag, nyersfehérje, nyerszsír, nyershamu) ( $p > 0,05$ ), viszont a linolsav (C18:2) részaránya a mell- és combhúsból nőtt ( $p < 0,05$ ).

A glicerinnel etetésének az alkalmazott dózistól függetlenül nem volt hatása a brojlerek fehérje- és a zsírbeépítésre (SCHMIDT ÉS ZSÉDELY, 2012; HENZ ÉS MTSAI, 2014).

SIMON ÉS MTSAI (1996) megállapították, hogy 20% glicerinnel hatására a brojlercsirkék nitrogén retenciója és a vérplazma glicerinkoncentrációja nőtt, valamint 25% glicerinnel hatására a vesék és májak esetében nőtt a patológiás elváltozások száma ( $p < 0,05$ ).

#### *A glicerinnel alkalmazása a tojótyúkok takarmányozásában*

A glicerinnel energiakiégésként történő alkalmazásának lehetőségét tojótyúkok takarmányozásában is vizsgálták. LAMMERS ÉS MTSAI (2008a) megállapították, hogy a glicerinnel (87% glicerinnel, 0,03% metanollal) 5%, 10%, 15%-ban etetve nem befolyásolta a tojótyúkok (fehér Leghorn;  $n=48$ ) napi takarmányfelvételét ( $p > 0,05$ ). A napi takarmányfelvételt YALÇIN ÉS MTSAI (2010) vizsgálatában (Lohmann,  $n=180$ ) a 2,5%, 5%-ban etetett glicerinnel (90,2% glicerinnel, 0% metanollal) sem befolyásolta. Ezzel megegyező eredményekről számolt be MANDALAWI ÉS MTSAI (2015), akik 7%-ban (81% glicerinnel, 0,06% metanollal), CUFADAR

ÉS MTSAI (2016) akik 0,7%, 2,0%, 4,5%-ban (90% glicerín, 0,3% metanol) valamint FONTINELE ÉS MTSAI (2017), akik 2%, 4%, 6%, 8% és 10%-ban etettek glicerint (76,5% glicerín, 0,16% metanol). YALÇIN ÉS MTSAI (2010) azonban 7,5% glicerín alkalmazásakor a napi takarmányfelvétel csökkenését tapasztalták ( $p < 0,05$ ).

A glicerín etetésnek a fajlagos takarmányértékesítésre több szerző megállapítása szerint (YALÇIN ÉS MTSAI, 2010; CUFADAR ÉS MTSAI, 2016; FONTINELE ÉS MTSAI, 2017) nem volt hatása ( $p > 0,05$ ). Ezzel szemben MANDALAWI ÉS MTSAI (2015) vizsgálatában 7% glicerín etetésekor a fajlagos takarmányértékesítés javult ( $p < 0,05$ ).

Több szerző vizsgálatában a tojástermeléssel kapcsolatos paraméterekre (tojástermelés intenzitása, tojáshozam, tojások átlagsúlya) a glicerínkiegészítésnek nem volt hatása (LAMMERS ÉS MTSAI, 2008a; YALÇIN ÉS MTSAI, 2010; MANDALAWI ÉS MTSAI 2015; CUFADAR ÉS MTSAI, 2016). Ezzel szemben FONTINELE ÉS MTSAI (2017) a glicerindózis (0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%) növelése és a tojástermelés intenzitása valamint a tojáshozam között lineáris növekedést tapasztaltak ( $p < 0,05$ ), viszont a tojások átlagsúlya nem változott ( $p > 0,05$ ). A glicerín etetése a tojásfehérje és -sárgája súlyát (MANDALAWI ÉS MTSAI, 2015), a tojásfehérje és -sárgája indexet (CUFADAR ÉS MTSAI, 201), tojásfehérje:tojássárgája arányát (FONTINELE ÉS MTSAI, 2017) nem befolyásolta ( $p > 0,05$ ). MANDALAWI ÉS MTSAI (2015), CUFADAR ÉS MTSAI (2016), valamint FONTINELE ÉS MTSAI (2017) vizsgálatában a glicerínkiegészítésnek a tojáshéj súlyára és vastagságára sem volt hatása ( $p > 0,05$ ). CUFADAR ÉS MTSAI (2016) megállapítása szerint a glicerín etetése a tojások pH-ját, a tojássárgája színét sem befolyásolta ( $p > 0,05$ ).

YALÇIN ÉS MTSAI (2010) vizsgálatában 5% és 7,5% glicerinn hatására a tojássárgája koleszterintartalma nőtt ( $p < 0,05$ ).

YALÇIN ÉS MTSAI (2010) valamint CUFADAR ÉS MTSAI (2016) a tojássárgája zsírsavösszetételét is vizsgálták. YALÇIN ÉS MTSAI (2010) megállapították, hogy 2,5%, 5,0% és 7,5% glicerinn a tojássárgája MUFA/SFA arányát csökkentette, CUFADAR ÉS MTSAI (2016) pedig a glicerindózis emelésével (0%, 0,7%, 2,0%, 4,5%) a linolsav (C18:2) és a telítetlen zsírsavak részarányának csökkenését tapasztalták ( $p > 0,05$ ). Az idézett szerzők vizsgálatában a tojássárgája palmitinsav (C16:0), palmitoleinsav (C16:1), sztearinsav (C18:0), olajsav (C18:1, n-9),  $\alpha$ -linolénsav (C18:3 n-3) %-os mennyisége nem változott ( $p > 0,05$ ).

YALÇIN ÉS MTSAI (2010) vizsgálatában 2,5%, 5,0% és 7,5% glicerinn etetésének nem volt hatása az egyes vérparaméterekre (összfehérje, húgysav, triglicerid, koleszterin, ALT, AST, ALP;  $p > 0,05$ ), MANDALAWI ÉS MTSAI (2015), megállapították, hogy 7% glicerinn az állatok nitrogén és AMEn retencióját nem befolyásolta ( $p > 0,05$ ).

### **3.9. A TAKARMÁNY GLICERINKIEGÉSZÍTÉSÉNEK HATÁSA A SERTÉSEK TELJESÍTMÉNYÉRE**

#### **3.9.1. A GLICERIN SZEREPE A VÁLASZTOTT MALACOK TAKARMÁNYOZÁSÁBAN**

A glicerint a sertéstakarmányozás gyakorlatában malacok, hízósertések valamint tenyész kocák esetében kukoricáéval közel azonos energiaértéke ( $DE_s = 13,99$  MJ/kg takarmány,  $ME_s = 13,42$  MJ/kg takarmány, LAMMERS ÉS MTSAI, 2008b) miatt könnyen hasznosuló energiaforrásként elsősorban gabonamagvak helyettesítésére használják.

A glicerín alkalmazásának lehetőségét malacnevelés során számos kísérletben tanulmányozták.

GROESBECK ÉS MTSAI (2008) vizsgálatában (n=182; induló súly: 11,0±1,3 kg) a glicerindózis (0%, 3,0%, 6,0%; glicerín- 90,7%; metanoltartalom: 0,01%) növelésével a malacok napi súlygyarapodása lineárisan nőtt (p=0,03) a kontrollhoz képest. Ezzel megegyező eredményekről számolnak be ZIJLSTRA ÉS MTSAI (2009) is, akik nagyfehér×lapály F1×duroc malacokkal végzett vizsgálatukban (n=72; induló súly: 7,39±0,13 kg) 4% és 8% glicerín (glicerintartalom: 77,6%) etetésekor az átlagos napi súlygyarapodások növekedését tapasztalták (p<0,05).

SHIELDS ÉS MTSAI (2011) első vizsgálatukban (n=144, induló súly: 6,68±0,17 kg) a glicerindózis (86,7% glicerín, 0,03% metanol) növelésével (2,5%, 5,0%, 7,5%, 10,0%) szintén lineárisan növekvő súlygyarapodást írtak le a 21-35. életnap között. Az idézett szerzők második vizsgálatukban (n=126, induló súly: 6,91±0,18 kg) 5% és 10% glicerín etetésekor is hasonló súlygyarapodás-növekedésről számolnak be a 36-49. életnap között (p<0,05). Ezzel ellentétben SENEVIRATNE ÉS MTSAI (2011) nagyfehér×lapály F1×duroc malacokkal végzett vizsgálatában (n=240, induló súly: 6,3±0,94 kg) 20-48. életnap között 5% glicerín etetése (0,02% metanol) a malacok napi súlygyarapodását nem befolyásolta (p>0,05).

KERR ÉS MTSAI (2009) vizsgálatukban egy élelmiszeripari minőségű (99,62% glicerín, 0% metanol), és kilenc takarmányozási minőségű (51,54-83,88% glicerín, 14,98% metanol) glicerintermék hatását értékelte a választott malacok (n=56; Cambrough 22×L337) teljesítményére. Az idézett szerzők a vizsgálat során a 73,34-99,62%



glicerintartalmú termékeket 9,09%-ban alkalmazták, a gyengébb minőségű (52,79% és 51,51% glicerin-, 3,49% és 14,99% metanoltartalmú) glicerinforrásokkal 7,72% és 6,91%-ban egészítették ki a kísérleti takarmányokat. Megállapították, hogy a súlygyarapodás a 99,62% glicerintartalmú termék kivételével a kontroll takarmányhoz viszonyítva minden kezelés hatására csökkent ( $p < 0,05$ ).

GROESBECK ÉS MTSAI (2008) 3% és 6%, ZIJLSTRA ÉS MTSAI (2009) 4% és 8%, SENEVIRATNE ÉS MTSAI (2011) 5% glicerintartalmú takarmányok a malacok takarmányfelvételében nem tapasztaltak különbséget a kontrollcsoporthoz viszonyítva ( $p > 0,05$ ). Ezzel megegyező eredményekről számolnak be KERR ÉS MTSAI (2009) a különböző minőségű glicerinforrások alkalmazásakor. SHIELDS ÉS MTSAI (2011) viszont a glicerindózis növelésével (2,5%, 5,0%, 7,5%, 10,0%) vizsgálatukban az átlagos napi takarmányfelvétel növekedését állapították meg ( $p < 0,05$ ).

A glicerinkiegészítés hatására a malacok fajlagos takarmányértékesítése GROESBECK ÉS MTSAI (2008), ZIJLSTRA ÉS MTSAI (2009) valamint SENEVIRATNE ÉS MTSAI (2011) vizsgálatában nem változott ( $p > 0,05$ ). Ezzel szemben KERR ÉS MTSAI (2009) megállapítása szerint a takarmányértékesítés minden takarmányozási minőségű glicerintartalmú takarmányok esetén romlott a kontrollhoz és az élelmiszeripari minőségű glicerinhez viszonyítva ( $p < 0,05$ ).

SHIELDS ÉS MTSAI (2011) a választott malacok különböző vérparamétereit is vizsgálták, és megállapították, hogy a 21-35. életnap, valamint a 36-49. életnap között a vérplazma glicerinkoncentrációja az alkalmazott glicerindózissal lineárisan emelkedett ( $p < 0,05$ ). Az idézett szerzők a 21-35. életnap között a vérplazma kreatinin-, összfehérje- és

bilirubintartalmának lineáris csökkenését írták le. Vizsgálatukban a 36-49. életnap között 10% glicerinnel etetése a vérplazma kreatininkoncentrációját csökkentette, a koleszterintartalmat pedig növelte a kontrollhoz képest ( $p < 0,05$ ). Az egyes májenzimek (ALT, AST) aktivitása és a plazma albumintartalma a glicerinnel etetés hatására nem változott ( $p > 0,05$ ).

OLIVEIRA ÉS MTSAI (2014) nagyfehéréslapály F1×duroc ártányokkal végzett vizsgálatukban ( $n=18$ , induló súly:  $7,28 \pm 0,53$  kg) megállapították, hogy 9% és 18% glicerinnel (85,0% glicerinnel, <0,5% metanollal) etetésének nem volt hatása az egyes vérparaméterekre (glükóz, fruktózamin, IGF-1;  $p > 0,05$ ), viszont a vizelet glicerintartalma a glicerindózissal lineárisan nőtt ( $p < 0,01$ ). A glicerinkiegészítés nem befolyásolta a gyomortartalom illetve a különböző bélszakaszokon (patkóbél, éhbél, csípőbél, vakbél, vastagbél) vett béltartalom minták pH-ját ( $p > 0,05$ ), viszont a tejsavtartalom csökkent az éhbélben ( $p < 0,05$ ) illetve a csípőbélben ( $p < 0,001$ ). A tejsavtartalom ilyen mértékű eltérése a vékonybél immunválaszának változására enged következtetni. A glicerinnel etetése a vakbél illetve a vastagbél illózsírsav-összetételét nem befolyásolta ( $p > 0,05$ ). A hisztomorfológiai vizsgálatok nem mutattak különbséget a bélbolyhok magasságát, a kripták mélységét és a bélbolyh:kripta arányt illetően a kontroll és a glicerinnel etetett csoportok között ( $p > 0,05$ ). Az immunohisztokémiai vizsgálatok szerint az éhbélben az IgA sejtek száma emelkedett ( $p < 0,01$ ) a csípőbélben a helysejtek száma a glicerinkiegészítés hatására csökkent ( $p < 0,01$ ). A szerzők molekuláris genetikai vizsgálatokat is végeztek, melyek során a gyulladásos reakciók kialakításában szerepet játszó citokinek expresszióját vizsgálták a különböző bélszakaszokon. A legjelentősebb

gyulladás-keltő citokin, a TNF- $\alpha$  expressziójában nem következett be változás sem az éhbélben, sem a csípőbéli szakaszon ( $p > 0,05$ ). A TNF- $\beta$  expresszió viszont nőtt a csípőbéli szakaszon ( $p < 0,05$ ), az éhbéli szakaszon pedig az IFN- $\alpha$  ( $p < 0,01$ ) és IL-12 p35 ( $p < 0,05$ ) citokinek expressziója fokozódott a glicerinkiegészítés hatására.

OLIVEIRA ÉS MTSAI (2014) valamint GROESBECK ÉS MTSAI (2008) vizsgálatában a glicerin etetésnek a szárazanyag és nyersfehérje tápcsatorna teljes hosszán mért látszólagos emészthetőségére (ATTD) nem volt hatása ( $p > 0,05$ ). OLIVEIRA ÉS MTSAINAK (2014) kísérletében a bruttó energia emészthetősége sem változott ( $p > 0,05$ ).

A glicerinkiegészítéssel összefüggő malactakarmányozási kísérletek fontosabb eredményeit összegzi a 2. táblázat.

2. táblázat: A glicerín etetésének hatása a választott malacok termelési eredményeire

Szerző	Glicerín- és metanol tartalom	Részarány	Termelési mutatók	Élettani paraméterek
<i>Groesbeck és mtsai (2008)</i>	G: 90,7%; M: 0,014%	0%, 3%, 6%	napi súlygy. ↑ napi tak. felvétel ↔ fajlagos tak. értékesítés ↔	szárazanyag nyersfehérje, BE, ATTD ↔
<i>Kerr és mtsai (2009)</i>	G: 99,62% 93,81% 83,88% 83,49% 85,76% 83,96% 84,59% 81,34% 73,34% 52,79% 51,54% M: 0% 0,041% 0,006% 0,113% 0,026% 0,072% 0,031% 0,121% 0,029% 3,494% 14,987%	6,91% (G: 51,54%); 7,72% (G: 52,79%); 9,09% (G: 73,34- 99,62%)	napi súlygy. ↓ napi tak. felvétel ↔ fajlagos takarmány- értékesítés ↓	-
<i>Ziljistra és mtsai (2009)</i>	G: 77,60% M: n.a	0%, 4%, 8%	napi súlygy. ↑ napi tak. felvétel ↔ fajlagos tak. értékesítés ↔	-
<i>Shields és mtsai (2011)</i> 1. kísérlet	G: 86,95%; M: 0,03%	21-35. életnap: 0%, 2,5%, 5%, 7,5% 10%	21-35. életnap: napi tak. felvétel ↑ napi súlygy. ↑	21-35. életnap: vér: glicerín ↑, kreatinin ↓ bilirubin ↓
<i>Shields és mtsai (2011)</i> 2. kísérlet	G: 86,95%; M: 0,03%	35-49. életnap: 0%, 5% 49-63. életnap: 0%, 5%; 10%	36-49. életnap: napi tak. felvétel ↑ napi súlygy. ↑	49-63. életnap: vér: glicerín ↑, karbamid ↑ kreatinin ↓

## 2. táblázat: A glicerin etetésének hatása a választott malacok termelési eredményeire

Szerző	Glicerin- és metanol tartalom	Részarány	Termelési mutatók	Élettani paraméterek
<i>Seneviratne és mtsai (2011)</i>	G: n.a. M: 0,02%	0%, 5%	napi súlygy.↔; napi tak. felvétel ↔ fajlagos tak.értékesítés↔	-
<i>Oliveira és mtsai (2014)</i>	G: 85,0% M: <0,5%	0%, 9%, 18%	-	emészthetőség: szárazanyag ↔ nyersfehérje ↔ vér: glükóz ↔, fruktózamin ↔, IGF-1 ↔ vizelet: glicerin ↑ gyomortartalom: pH ↔ bélbolyhok magassága ↔ kripták mélysége ↔ bélbolyhok: kripták ↔ IgA (éhbél) ↑ kehelysejtek (csípőbél) ↓ TNF-α expresszió ↔ TNF-β expresszió (csípőbél) ↑ IFN- α (éhbél) ↑ IL-12 p35 (éhbél) ↑

Jelmagyarázat: G: glicerin, M: metanol; ↔ változatlan, ↓ csökkent, ↑ nöött; BE= bruttó energia; ATTD= tápcsatorna teljes hosszán mért látszólagos emészthetőség, IGF-1= inzuinszerű növekedési faktor-1; TNF-α= tumor nekrozis faktor-alfa; TNF-β= tumor nekrozis faktor-béta, IFN- α: interferon-alfa; IL-12 p35= interleukin-12 p35

### 3.9.2. A GLICERIN SZEREPE A HÍZÓCERTÉSEK TAKARMÁNYOZÁSÁBAN

Számos szerző végzett arra vonatkozóan vizsgálatokat, hogy a glicerín a hizlalás alatt miként befolyásolja a sertések teljesítményét, a hús minőségét és egyes élettani paramétereiket. MADRID ÉS MTSAI (2013) valamint DUTTLINGER ÉS MTSAI (2015) vizsgálataiban 2,5% és 5% glicerín etetése a hizósertések átlagos napi súlygyarapodását, takarmányfelvételét, fajlagos takarmányértékesítését nem befolyásolta ( $p>0,05$ ). MOUROT ÉS MTSAI (1993), CERNEAU ÉS MTSAI (1994), LAMMERS ÉS MTSAI (2008b), DELLA CASA ÉS MTSAI (2009), valamint KOVÁCS (2010) is azt erősítette meg, hogy 5% glicerinnel az említett paraméterekre nincs hatása ( $p>0,05$ ). Ezzel ellentétben KIJORA ÉS MTSAI (1995) 48 nagyfehér $\times$ lapály F1 $\times$ pietrain (31,5 $\pm$ 1,0 kg) sertéssel végzett hizlalási kísérletükben a glicerindózis (5% és 10%; 86% glicerín) növelésével a hizók napi súlygyarapodásának és takarmányfelvételének növekedését, a fajlagos takarmányértékesítés javulását tapasztalták a kontrollhoz képest ( $p<0,05$ ). Az idézett szerzők élelmiszeripari minőségű glicerín hizósertések teljesítményére gyakorolt hatását is értékelték nagyobb dózisokban (5%, 10%, 20%, 30%; 99%-os glicerintartalmú termék) és megállapították, hogy az állatok napi súlygyarapodása a glicerín 10%-ig történő növelésével lineárisan nőtt, viszont 20%-ban és 30%-ban etetve rontotta azok súlygyarapodását ( $p<0,05$ ). A kontrollhoz viszonyítva a takarmányfelvétel mindegyik glicerindózis hatására nőtt ( $p<0,05$ ). A szerzők a nagyobb takarmányfelvételt a glicerín édeskés ízének, a takarmány állagára gyakorolt pozitív hatásának tulajdonították. A fajlagos takarmányértékesítés 30% glicerínadagolás hatására romlott a többi csoport eredményeihez viszonyítva ( $p<0,05$ ).

HANCZAKOWSKA ÉS MTSAI (2010) vizsgálatukban két különböző minőségű glicerint etettek lapály×F1 (duroc×pietrain) sertésekkel (n=30) és megállapították, hogy a 76,8% glicerin- és 1,8% metanoltartalmú, valamint a 85,2% glicerint és 0,3% metanolt tartalmazó termék is 10%-ban alkalmazva csökkentette az állatok napi súlygyarapodását 30-110 kg élősúly között ( $p<0,05$ ). Ezzel megegyezően DELLA CASA ÉS MTSAI (2009) olasz nagyfehér×duroc sertéssel (n=80) végzett vizsgálatukban 10% glicerin etetésekor a súlygyarapodás csökkenését írták le 43-160 kg élősúly intervallumban. HANCZAKOWSKA ÉS MTSAI (2010) megállapítása szerint a különböző glicerinforrásnak nem volt hatása az hízők fajlagos takarmányértékesítésére ( $p>0,05$ ). Ezzel ellentétben DELLA CASA ÉS MTSAI (2009) vizsgálatukban 10% glicerin hatására a fajlagos takarmányértékesítés romlását figyelték meg ( $p<0,05$ ). HANCZAKOWSKA ÉS MTSAI (2010) 1,8% metanolt tartalmazó glicerin etetésekor a hizlalási napok számának növekedését tapasztalták ( $p<0,05$ ). HANSEN ÉS MTSAI (2009) nagyfehér×lapály kocasüldőkkel (n=64) végzett vizsgálatában 4%, 8%, 12% és 16% glicerin (76,1% glicerin, 1,83% metanol) nem befolyásolta az állatok napi súlygyarapodását, takarmányfelvételét és fajlagos takarmányértékesítését 50-105 kg élősúly között ( $p>0,05$ ).

A glicerinkiegészítés húsminőségi paraméterekre gyakorolt hatásával kapcsolatban több szerző végzett vizsgálatokat. KIJORA ÉS MTSAI (1995), LAMMERS ÉS MTSAI (2008b) valamint KOVÁCS (2010) vizsgálatai szerint 5% és 10% glicerin etetésének nincs hatása a színhús kihozatalra ( $p>0,05$ ). KIJORA ÉS MTSAI (1995) 20% és 30% glicerin etetésekor sem tapasztaltak különbséget a hízősertések színhús kihozatalában a kontrollhoz viszonyítva ( $p>0,05$ ).

MOUROT ÉS MTSAI (1993) valamint CERNEAU ÉS MTSAI (1994) megállapították, hogy 5% glicerín a hús színét nem befolyásolta ( $p > 0,05$ ). DELLA CASA ÉS MTSAI (2009) 5% és 10% glicerín hatására a karaj márványozottságának növekedését írták le a kontrollhoz képest ( $p < 0,05$ ).

A hús pH-jával kapcsolatos vizsgálatok eredményei ellentétesek. CERNEAU ÉS MTSAI (1994) 5% glicerín etetésekor a pH növekedését írták le ( $p < 0,05$ ), míg MOUROT ÉS MTSAI (1993) valamint LAMMERS ÉS MTSAI (2008b) nem tapasztaltak változást glicerínkiegészítés hatására ( $p > 0,05$ ). Ez megegyezik EGEA ÉS MTSAI (2016) ibériai×duroc sertésekkel ( $n=90$ ) végzett vizsgálatában 5%; 10% (86,6% glicerín, 0,003% metanol), valamint HANSEN ÉS MTSAI (2009) kísérletében 4%, 8%, 12% és 16% glicerín etetésekor tapasztaltakkal.

5% glicerín etetésekor CERNEAU ÉS MTSAI (1994) vizsgálatában ( $n=248$ ; 80-110 kg) a karaj csepegési vesztesége csökkent, míg MOUROT ÉS MTSAI (1993), KIJORA ÉS MTSAI (1995), DELLA CASA ÉS MTSAI (2009) valamint EGEA ÉS MTSAI (2016) vizsgálatában nem változott ( $p > 0,05$ ). HANSEN ÉS MTSAI (2009) vizsgálatában 4%, 8%, 12% és 16% glicerín etetése a karaj csepegési veszteségét szintén nem befolyásolta ( $p > 0,05$ ). A glicerín 10%-ban történő alkalmazásának sem volt hatása a karaj csepegési veszteségére (KIJORA ÉS MTSAI, 1995; DELLA CASA ÉS MTSAI, 2009; EGEA ÉS MTSAI, 2016). 5% és 10% glicerín alkalmazásakor DELLA CASA ÉS MTSAI (2009) a karaj főzési veszteségében nem tapasztaltak változást ( $p > 0,05$ ), míg a glicerint 10%-ban etetve EGEA ÉS MTSAI (2016) a karaj főzési veszteségének csökkenését írták le ( $p < 0,05$ ). A comb főzési vesztesége 5% glicerín etetésekor MOUROT ÉS MTSAI (1993) valamint CERNEAU ÉS MTSAI (1994) vizsgálataiban egyaránt csökkent ( $p < 0,05$ ).



HANCZAKOWSKA ÉS MTSAI (2010) a karajátmérő növekedését írták le a 76,8% glicerintartalmú termék 10%-ban történő etetésekor ( $p < 0,05$ ). Vizsgálatukban a hús víztartóképesége mind a 76,8%, mind a 85,2% glicerintartalmú termék hatására nőtt ( $p < 0,05$ ). Ezzel ellentétben EGEA ÉS MTSAI (2016) megállapították, hogy 10% glicerinnek nincs hatása a hús víztartóképeségére ( $p > 0,05$ ).

A glicerin hatását a hús (karaj, comb) zsírsavösszetételére több szerző is vizsgálta. MOUROT ÉS MTSAI (1993) valamint CERNEAU ÉS MTSAI (1994) megállapították, hogy 5% glicerin etetése a combmintákban a linolsav (C18:2, n-6) részarányát csökkentette ( $p < 0,05$ ). KIJORA ÉS MTSAI (1995) élelmiszeripari minőségű glicerinnel végzett vizsgálataiban a glicerindózis növelésével szintén csökkenő tendenciát tapasztalt a linolsav %-os mennyiségére vonatkozóan. A glicerin 5%-ban (MOUROT ÉS MTSAI, 1993) és 10%-ban (DELLA CASA ÉS MTSAI, 2009) történő alkalmazása növelte az olajsav (C18:1, n-9) %-os mennyiségét a combmintákban ( $p < 0,05$ ). Az olajsav (C18:1, n-9) 5% glicerin etetésekor a hátszalonnában is nőtt (DUTTLINGER ÉS MTSAI, 2015;  $p < 0,05$ ). A glicerin 5%-ban alkalmazva a combmintákban a mirisztinsav (C14:0) részarányát csökkentette (MOUROT ÉS MTSAI, 1993), míg a palmintinsav (C16:0) részarányát növelte (CERNEAU ÉS MTSAI, 1994). MOUROT ÉS MTSAI (1993) nagyfehér ártányokkal ( $n=40$ ; 35-102 kg) végzett vizsgálatában 5% glicerinkiegészítés a combmintákban csökkentette az  $\alpha$ -linolénsav (C18:3, n-3) %-os mennyiségét ( $p < 0,05$ ). LAMMERS ÉS MTSAI (2008b) valamint EGEA ÉS MTSAI (2016) is az  $\alpha$ -linolénsav részarányának csökkenését tapasztalták 10% glicerin etetésekor ( $p < 0,05$ ). 5% glicerin a hátszalonnában (DUTTLINGER ÉS MTSAI, 2015), 10% glicerin a combmintákban (DELLA CASA ÉS MTSAI, 2009) növelte az

egyszeresen telítetlen zsírsavak (MUFAs) %-os mennyiségét ( $p < 0,05$ ). LAMMERS ÉS MTSAI (2008b) a karajban az eikozapentaénsav (C20:5, n-3) részarányának növekedését ( $p = 0,02$ ) írták le 10% glicerin etetésekor a kontroll és az 5% glicerinkiegészítést tartalmazó kezelésekhez képest.

Az egyes vérparaméterekre vonatkozóan KIJORA ÉS MTSAI (1995) valamint HANSEN ÉS MTSAI (2009) megállapították, hogy a vérplazma glicerinkoncentrációja lineárisan nőtt a glicerindózis növelésével ( $p < 0,05$ ). KIJORA ÉS MTSAI (1995) a vizelet glicerintartalmában ezzel megegyező tendenciát tapasztaltak ( $p < 0,05$ ). MADRID ÉS MTSAI (2013) nagyfémér×lapály ártányokkal ( $n = 240$ ; 30-95 kg) végzett vizsgálatában 2,5% és 5% glicerin etetésekor a plazma glükóz-, fruktózamin- és IGF-1 koncentrációja nem változott ( $p > 0,05$ ). Az idézett szerzők megállapították, hogy a glicerinnek a hízósertések nitrogén retenciójára sincsen hatása ( $p > 0,05$ ). Ezt erősíti meg KOVÁCS (2010) norvég lapály×duroc ártányokkal ( $n = 36$ ; 25-85 kg) végzett vizsgálata is, melyben az alkalmazott glicerin dózisok 5% és 10% voltak. Ezzel ellentétben LAMMERS ÉS MTSAI (2008b) vizsgálatában ( $n = 96$ ; 10-105 kg) 5% és 10% glicerin etetése a plazma glicerin- és glükóz-, valamint egyéb paraméterek (nitrogén, kortizol, laktát, kreatin-foszfokináz) koncentrációját sem befolyásolták ( $p > 0,05$ ). A glicerinkiegészítés hatására KOVÁCS (2010) valamint MADRID ÉS MTSAI (2013) sem tapasztaltak különbséget az egyes táplálóanyagok (szárazanyag, nyersfehérje, nyerszsír) tápcsatorna teljes hosszában mért látszólagos (ATTD) emészthetőségében ( $p > 0,05$ ).

MADRID ÉS MTSAI (2013) megállapították, hogy a hizlalás első szakaszában (43 – 74 kg) glicerin hozzáadásával a Ca-emészthetőség lineárisan nőtt, míg a P-emészthetőség lineárisan csökkent ( $p < 0,05$ ), a

hizlalás második szakaszában (74-95 kg) ezzel ellentétes tendencia jelentkezett (csökkenő Ca-, növekvő P-emészthetőség,  $p < 0,05$ ).

A glicerín etetésének a hizósértések termelési eredményeire gyakorolt hatását összegzi a 3. táblázat.

3. táblázat: A glicerín etetésének hatása a hízósertések termelési eredményeire

Szerzők	Glicerín- és metanol tartalom	Részarány	Termelési mutatók	Élettani/ húsminőségi paraméterek
<i>Mourot és mtsai (1993)</i>	n.a.	0%, 5%	napi súlygy. ↔ tak. felvétel ↔ tak. értékesítés ↔	pH ↔; szín ↔ csepegési veszteség: karaj ↓ comb ↓ főzési veszteség: karaj ↓ comb ↓ mirisztinsav: comb ↓ olajsav: comb ↑ linolsav: comb ↓ α-linolénsav: comb ↓
<i>Cerneau és mtsai (1994)</i>	n.a.	0%, 5%	napi súlygy. ↔ tak. felvétel ↔ tak. értékesítés ↔	pH ↑; szín ↔ csepegési veszteség (comb) ↔ főzési veszteség (comb) ↓ zsírtartalom (comb) ↔ linolsav (comb) ↓ palmitinsav (comb) ↑
<i>Lammers és mtsai (2008b)</i>	G: 84,51%; M: 0,32%	0%, 5%, 10%	napi tak. felvétel ↔ napi súlygy. ↔ fajlagos takarmány- értékesítés ↔	csepegési veszteség (karaj) ↔ hátszalonna-vastagság ↔ linolsav (karaj) ↓ eikozapentaénsav (karaj) ↑ vérplazma: glükóz, N, kortizol glicerín, laktát, kreatin-foszfokináz ↔
<i>Della Casa és mtsai (2009)</i>	n.a.	0% 5%, 10%	10%: napi súlygy. ↓ 10%: tak. értékesítés ↑	csepegési veszteség: karaj ↔ főzési veszteség: karaj ↔ olajsav ↑ MUFAs ↑ márványozottság (karaj) ↑

3. táblázat: A glicerin etetésének hatása a hízósertések termelési eredményeire

Szerzők	Glicerin- és metanol tartalom	Részarány	Termelési mutatók	Élettani/ húsminőségi paraméterek
<i>Hanczakowska és mtsai (2010)</i>	G1: 76,8%; M: 1,8% G2: 85,2%; M: 0,3%	0%, 10%	G1: napi súlygy. ↓ G2: napi súlygy. ↓ G1: hizlalási napok ↑ G1; G2: tak. értékesítés ↔	G1: karajátmérő↑ G1; G2: nyersrost emészthetőség↑ G1; G2: hús víztartóképesége↑ G1: szag, íz ↓
<i>Hansen és mtsai (2009)</i>	G: 76,1; M: 1,83%	0%, 4%, 8%, 12%, 16%	napi súlygy. ↔ tak. felvétel ↔ tak. értékesítés ↔	vér: glicerin↑ csepegési veszteség ↔ főzési veszteség↔ pH ↔, szín ↔
<i>Kovács (2010)</i>	G: 86,76% M: 0,05%	modell kísérlet: 0%; 5%; 10% üzemi kísérlet: 0%, 5%	napi súlygy. ↔ tak. felvétel ↔ tak. értékesítés ↔	szárazanyag, nyersfehérje, nyerszsír ATTD ↔ N-retenció ↔ színhúskehízatal ↔
<i>Kijora és mtsai (1995) 1. kísérlet</i>	G: 86% M: n.a.	0%, 5%, 10%	napi súlygy.↑ napi tak. felvétel↑ fajlagos tak. értékesítés↓	vér: glicerin↑ vizelet: glicerin↑ színhúskehízatal csepegési veszteség (karaj)↔
<i>Kijora és mtsai (1995) 2. kísérlet</i>	G: 99% M: n.a.	0%, 5%, 10%, 20%, 30%	5%, 10%: napi súlygy.↑ napi tak. felvétel↑ fajlagos tak.értékesítés↓ 20%, 30%: napi súlygy. ↓ napi tak. felvétel↔ fajlagos tak. értékesítés↑	vér: glicerin↑ vizelet: glicerin↑ színhúskehízatal ↔ húsminőség↔ linolsav ↓

## 3. táblázat: A glicerin etetésének hatása a hízósertések termelési eredményeire

Szerzők	Glicerin- és metanol tartalom	Részarány	Termelési mutatók	Élettani/ húsminőségi paraméterek
<i>Madrid és mtsai (2013)</i>	G: 87,42%; M: 0,05%	0%;2,5%;5%	napi súlygy.↔ napi tak. felvétel↔ fajlagos takarmányértékesítés↔	vér: glükóz ↔, fruktózamin ↔ IGF-1 ↔ szárazanyag, nyersfehérje, nyerszsír ATTD ↔ N retenció ↔ 43-74 kg között: Ca emészthetőség↑ P emészthetőség ↓ >74 kg: Ca emészthetőség ↓ P emészthetőség↑
<i>Duttlinger és mtsai (2015)</i>	G : 82,2%; M: 0,014%	0%;2,5%;5%	napi súlygy.↔ napi tak. felvétel↔ fajlagos takarmány- értékesítés ↔	olajsav (hátszalonna) ↑ MUFAs (hátszalonna) ↑ húsminőség↔
<i>Egea és mtsai (2016)</i>	G: 86,6%; M: 0,003%	0%; 5%; 10%	-	pH ↔ víztartóképeség ↔ csepegési veszteség: karaj ↔ főzési veszteség: karaj ↓ intramuszkuláris zsír: α-linolénsav↓ PUFAs↓

Jelmagyarázat: G: glicerin, M: metanol; ↔ változatlan, ↓ csökkent,↑ nőtt; ATTD= tápcsatorna teljes hosszán mért látszólagos emészthetőség, MUFAs= egyszerűen telítetlen zsírsavak; PUFAs= többszörösen telítetlen zsírsavak; IGF-1= inzuinszerű növekedési faktor-1

### **3.9.3. A GLICERIN SZEREPE A TENYÉSZKOCÁK TAKARMÁNYOZÁSÁBAN**

#### **3.9.3.1. A TENYÉSZKOCÁK ENERGIAIGÉNYE ÉS -ELLÁTÁSA SZOPTATÁS ALATT**

Az elmúlt évtizedek tenyésztői munkája elsősorban a szaporaságra történő szelekcióra, az élve született malacok számának növelésére irányult. 2016-ban az Amerikai Egyesült Államokban kocánként átlagosan 25,7, míg a meghatározó európai sertéstartó országok közül Spanyolországban 27,0, Dániában pedig 32,1 malacot választottak évente (AGRICULTURE AND HORTICULTURE DEVELOPMENT BOARD, 2016).

A tenyészkocák reprodukciós- és életteljesítményét a süldőnevelés, a vemhesség és a szoptatás alatti takarmányozás együttesen határozza meg. A nagy genetikai potenciállal rendelkező tenyészállatokra jellemző, hogy a szaporodásbiológiai mutatók javulásával párhuzamosan táplálóanyag-igényük is jelentősen átalakult.

A laktáció a koca reprodukciós ciklusának csak 15-20%-át teszi ki, anyagcsere szempontjából azonban ez a legintenzívebb és legergiaigényesebb szakasz. A szoptató kocák összes energiaigényük 60-80%-át is tejtermelésre fordítják, a naponta termelt kocatej mennyisége a laktáció csúcán a szoptatott malacok számának függvényében elérheti a 11-12 kg-ot. A termelt tej mennyisége a malacsám növekedésével párhuzamosan nő, melyhez a prekursor molekulákat a kocák szervezete a zsír- és fehérjeraktárak fokozott mobilizálásával biztosítja (TOKACH, 2019) (4. táblázat).

4. táblázat: A termelt tej mennyiségének és a kocák fehérje- és zsírraktárainak mobilizálása az alomméret és választott malacok súlyának függvényében (TOKACH, 2019)

<b>Malacsám (db)</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>16</b>
Átlagos választási súly (kg/malac)	7	6,8	6,4	5,8
Tejtermelés (kg/nap)	8,7	10,3	11,3	11,7
Koca testtömegváltozása (g/nap)	-206	-636	-915	-968
A koca zsírraktárainak mobilizálása (g/nap)	-103	-316	-455	-482
A koca fehérjeraktárainak mobilizálása (g/nap)	-21	-63	-91	-96

A szoptatás időszakát tehát a katabolikus folyamatok túlsúlya, gyakran negatív energiamérleg jellemzi, a koca kénytelen saját zsírtartalékait mobilizálni, ez pedig élősúlyvesztéssel valamint a hátszalonna-vastagság csökkenésével járhat. Amennyiben ez az energiadeficit állapot hosszú ideig fennál, a koca reprodukciós teljesítményét negatívan befolyásolhatja (KOKETSU ÉS MTSAI, 1996). Az említett negatív hatások azonban elkerülhetők, ha a szoptató kocák létfenntartásához és a tejtermeléséhez egyaránt megfelelő mennyiségű energiát tartalmazó takarmányt biztosítunk a takarmányfelvételt limitáló egyéb környezeti tényezők (pl. technológiai hiányosságok, hőstressz) figyelembevétele mellett.

A kocák energiaigényét számos tényező (pl. a koca ciklusszáma, kondíciója, az alomméret) befolyásolja. A szoptató kocatakarmányok javasolt emészthető energiatartalma (DE<sub>s</sub>) a NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2012) ajánlása szerint 14,10 MJ/kg takarmány, míg metabolizálható energiatartalma (ME<sub>s</sub>) 13,50 MJ/kg takarmány, azonban összeállításuknál a különböző tenyésztőszervezetek ajánlásait is



figyelembe kell venni. Az említett energiaszintek csak jelentős energiakiegészítés mellett érhetőek el.

A szoptató kocatakarmányok energiakonzentrációjának módosítására vonatkozóan elterjedt gyakorlat a különböző zsírok vagy olajok alkalmazása. TILTON ÉS MTSAI (1999) vizsgálatukban ( $n=2 \times 12$ ) megállapították, hogy a szoptató kocatakarmányok takarmányszírral történő kiegészítése (100 g/kg takarmány) a malacok napi súlygyarapodását növelte ( $p < 0,05$ ), viszont a kocák szoptatás alatti energiafelvételét és a súlyvesztés mértékét nem befolyásolta ( $p > 0,05$ ). SHUROSON ÉS IRVIN (1992) a kocák napi energiafelvételében szintén nem tapasztalt különbséget a kukoricaolaj 10%-ban történő helyettesítéses alkalmazásakor a kukorica-szója alapú kontroll takarmányhoz képest ( $p > 0,05$ ). Ezzel ellentétben a kocák ( $n=2 \times 112$ ) súlyvesztésének mértéke nőtt a vizsgálat alatt ( $p < 0,05$ ), miközben a malacok súlygyarapodása nem változott szignifikáns mértékben ( $p > 0,05$ ). VAN DEN BRAND ÉS MTSAI (2000) a kukoricakeményítő és a takarmányszír hatását vizsgálták azonos nettó energiára (NE) formulázott takarmányoknál. Vizsgálatukban ( $n=3 \times 12$ ) az emelt energiaellátás (44 MJ NE/nap vs. 33 MJ NE/nap) hatását is értékelték. Megállapították, hogy 33 MJ NE/nap és 44 MJ/NE nap etetése a kocák napi energiafelvételét, súlyvesztésüket és a malacok súlygyarapodását nem befolyásolta a kukoricakeményítő alkalmazásához képest ( $p > 0,05$ ). LAURIDSEN ÉS DANIELSEN (2004) a takarmányszír, repceolaj, halolaj, kókuszszír, pálmazsír és napraforgóolaj kiegészítés (8%-os részarányban) hatását vizsgálta az árpa-búza-szójadara alapú kontroll takarmányhoz képest. A kontroll és kísérleti takarmányokat azonos NE-tartalomra formulázva állították össze és megállapították, hogy az alkalmazott olaj- és zsírforrásoknak nem volt hatása a kocák napi

energiafelvételére és súlyvesztésére a laktáció alatt ( $p>0,05$ ). A takarmányzsír, kókuszszír, pálmazsír és napraforgóolaj etetése a malacok súlygyarapodását növelte ( $p<0,05$ ). NEAL ÉS MTSAI (1999) dóziskísérletükben ( $n=4\times 10$ ) 3%, 6% és 9% állati zsír és növényiolaj keverékének hatását vizsgálták a kukorica-szójadara alapú takarmányokhoz viszonyítva. Az idézett szerzők megállapították, hogy a különböző dózisokban alkalmazott zsírforrásnak nincs hatása a kocák napi energiafelvételére, súlyvesztésük mértékére és a malacok súlygyarapodására ( $p>0,05$ ). MCNAMARA ÉS PETTIGREW (2002) vizsgálatában ( $n=2\times 18$ ) megállapították, hogy a takarmányzsír 7%-ban alkalmazva azonos metabolizálható energiára (ME) formulázott árpa-szójadara alapú takarmányok etetésekor a kocák laktáció alatti napi energiafelvételét és a malacok súlygyarapodást nem befolyásolta, viszont a kocák laktáció alatti súlyvesztésének mértékét növelte ( $p<0,05$ ). ROSERO ÉS MTSAI (2011) egy állati zsír- és növényiolaj-keverék 2%, 4% és 6%-ban történő hozzáadott alkalmazását értékelték szoptató kocákkal folytatott vizsgálatukban ( $n=3\times 84$ ) a kukorica-szójadara alapú kontroll takarmányhoz viszonyítva. Megállapították, hogy az alkalmazott dózisoknak a kocák napi energiafelvételére és egyben súlyváltozásuk mértékére nincsen hatása ( $p>0,05$ ). A malacok súlygyarapodása a szoptatás alatt 2% zsírkiegészítés hatására nőtt ( $p<0,05$ ), 4% és 6% zsír etetésekor nem változott ( $p>0,05$ ). A különböző olaj- és zsírforrások szoptató kocák és malacaik teljesítményére gyakorolt hatását az 5. táblázat foglalja össze.

5. táblázat: A különböző olaj- és zsírforrások szoptató kocák és malacaik teljesítményére gyakorolt hatása

Szerzők	n*	Energiaforrás	Arány (%)	Napi energiafelvétel	Súlyvesztés (koca)	Súlygyarapodás (malac)
<i>Tilton és mtsai (1999)</i>	15	Takarmányzsír	10	↔	↔	↑
<i>Shurson és Irvin (1992)</i>	112	Kukoricaolaj	10	↔	↑	↔
<i>van den Brand és mtsai (2000)</i>	12	Takarmányzsír	8	↔	↔	↔
<i>Lauridsen és Danielsen (2004)</i>	25	Takarmányzsír	8	↔	↔	↑
		Repceolaj		↔	↔	↔
		Halolaj		↔	↔	↔
		Kókuszszír		↔	↔	↑
		Pálmazsír		↔	↔	↑
		Napraforgóolaj		↔	↔	↑
<i>Neal és mtsai (1999)</i>	40	Állati zsír és	3	↔	↔	↔
		növényi olaj	6	↔	↔	↔
		keverék	9	↔	↔	↔
<i>McNamara és Pettigrew (2002)</i>	18	Takarmányzsír	7	↔	↑	↔
<i>Rosero és mtsai (2011)</i>	84	Állati zsír és	2	↔	↔	↑
		növényi olaj	4	↔	↔	↔
		keverék	6	↔	↔	↔

Jelmagyarázat: ↔ változatlan, ↓ csökkent, ↑ nőtt; \*kocalétszám kezelésenként

### 3.9.3.2. A GLICERIN ALKALMAZÁSA A KOCÁK TAKARMÁNYOZÁSÁBAN

Kevés szakirodalmi adat áll rendelkezésre a glicerinnel szoptató kocák takarmányában való alkalmazására, pedig gyakorlati felhasználása az energiaellátás, s ezáltal a kocák választáskori kondíciójavításának érdekében egyre inkább terjed. A kocák takarmányozásában a glicerinnel etetésére vonatkozó adatokat a 6. táblázat foglalja össze.

SCHIECK ÉS MTSAI (2010) összesen 345 (előhási és többször fiatal) kocával (English Belle, GAP Genetics, Kanada) végeztek vizsgálatokat a nyári időszakban. A kukorica-szójadara alapú takarmány kukorica és szójadara tartalmának 3, 6 és 9%-át helyettesítették folyékony glicerinnel (86,1% glicerin, <0,01% metanol). A kísérletben alkalmazott glicerin sótartalma 6% volt, ezért a receptúrákban 3% glicerin etetésekor 0,15%-kal, 6% és 9 % glicerin esetében teljes egészében csökkentették a hozzáadott só mennyiségét. Az idézett szerzők megállapították, hogy 6% glicerinkiegészítés csökkentette a napi takarmányfelvételt összehasonlítva a 3% glicerinkiegészítést fogyasztó csoport eredményeivel (3% glicerin: 6,21 kg/nap vs. 6% glicerin: 5,69 kg/nap;  $p < 0,05$ ). A glicerinadagolás a kocák választáskori élősúlyára, kondíciójára, az újravemhesítéshez szükséges napok számára, a malacok elhullására és azok napi súlygyarapodására nem volt hatással ( $p > 0,05$ ). 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 ( $p > 0,05$ ). A kísérletben mérték a kocák testhőmérsékletét és megállapították, hogy a glicerin a hőstressz hatásait nem enyhítette. A vérplazma glicerinkoncentrációja a glicerinmennyiség növelésével lineárisan emelkedett ( $p < 0,05$ ). A kezelések a vérplazma glükóz szintjét nem befolyásolták ( $p > 0,05$ ). A szerzők a kocatej szárazanyag- ( $p = 0,07$ ) és nyerszsírtartalma ( $p = 0,09$ ), valamint a glicerinadagolás 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 glicerint alkalmazni a tenyészkocák illetve a malacok teljesítményének romlása nélkül.

HERNÁNDEZ ÉS MTSAI (2016) nagyfehér×lapály kocákkal végeztek vizsgálatokat ( $n=3\times 21$ ) a vemhesség és a laktáció alatt. A vizsgálatot az ultrahangos vemhességvizsgálatot követően a termékenyítés utáni 28. napon kezdték. A kontroll takarmány mellett 3% és 6% glicerinkiegészítés (87,4 % glicerin, 0,05% metanol) hatását vizsgálták. Az etetett takarmányok árpa-búza-kukorica-szójadara alapúak voltak. Az idézett szerzők megállapították, hogy a kezelések a kocák élősúlyát a vemhesség alatt nem befolyásolták ( $p>0,05$ ), viszont a laktáció alatti súlyvesztés a 3% glicerinnel kiegészített takarmányt fogyasztó csoportban nagyobb volt a kontrollcsoportéhoz képest ( $p<0,05$ ). A kocák hátszalonna-vastagsága a glicerinetetés hatására nem mutatott szignifikáns eltérést sem a vemhesség, sem a laktáció alatt ( $p>0,05$ ).

A vemhes kocák takarmányfelvétele a glicerinkiegészítés hatására nem változott, a szoptatás alatt azonban mindkét kezelés hatására csökkent ( $p<0,05$ ). A glicerin etetése nem befolyásolta az élve született malacok számát, súlyát valamint a fiaztatói elhullást ( $p>0,05$ ).

A vemhesség alatt a szérum ghrelin-, inzulin- és kortizoltartalma azonos volt a három csoportban ( $p>0,05$ ). Az acilált ghrelin-tartalom a kontrollhoz képest 3% és 6% glicerinkiegészítés esetén is csökkent, míg a leptin koncentráció emelkedett ( $p<0,05$ ). A szoptatás alatt a vizsgált hormonok koncentrációja nem változott ( $p>0,05$ ). HERNÁNDEZ ÉS MTSAI (2016) arra a megállapításra jutottak, hogy a folyékony glicerin 6%-ban alkalmas a vemhes kocák takarmányában kukorica helyettesítésére.

6. táblázat: A glicerintetésének hatása a kocák és malacok termelési eredményeire

Szerző	Glicerín- és metanoltartalom	Részarány	Termelési mutatók	Élettani/ tej minőségi paraméterek
<i>Schieck és mtsai (2010)</i>	G: 86,12% M: <0,01%	0%, 3%, 6%; 9%	<p><b>Koca:</b> napi tak. felvétel↓ élősúly ↔ kondíció ↔ újravemhesítéshez szükséges napok száma↔, vízfelvétel↔ testhőmérséklet↔</p> <p><b>Malac:</b> napi súlygy.↔ elhullás ↔</p>	vér: glicerín ↑, glükóz ↔ tej: szárazanyag ↔, zsír ↔, laktóz ↑
<i>Hernández és mtsai (2016)</i>	G:87,42% M: 0,05%	0%, 3%, 6%	<p><b>Vemhes koca:</b> napi tak. felvétel ↔ élősúly ↔ hátszalonna-vastagság↔</p> <p><b>Szoptató koca:</b> napi tak. felvétel↓, élősúly ↓ kondíció ↔ hátszalonna-vastagság↔</p> <p><b>Malac:</b> malacsám ↔ napi súlygy.↔, elhullás ↔</p>	<p><b>Vemhes koca:</b> vér: ghrelin ↔, inzulin ↔, kortizol ↔, acilált ghrelin↓, leptin ↑</p> <p><b>Szoptató koca:</b> vér: ghrelin ↔, inzulin ↔, kortizol ↔, acilált ghrelin ↔, leptin ↔</p>

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

## 4. ANYAG ÉS MÓDSZER

### 4.1. A MAGYARORSZÁGI FORGALOMBAN LÉVŐ GLICERINTERMÉKEK KÉMIAI VIZSGÁLATA

#### 4.1.1. GLICERIN- ÉS METANOLTARTALOM MEGHATÁROZÁSA

A glicerintartalmak gyűjtését azok eredetének (takarmánygyártóktól vagy állattartó telepről származó minta), minőségének (takarmányozási vagy élelmiszeripari), és halmazállapotának figyelembevételével végeztük. A vizsgálatba bevont minták minőség, illetve halmazállapot szerinti megoszlását a 7. táblázat foglalja össze.

7. táblázat: A glicerintartalmak minőség és halmazállapot szerinti megoszlása

Minőség	Halmazállapot	
	Szilárd	Folyékony
Élelmiszeripari (min. 99,5% glicerintartalom)	-	2
Takarmányozási (min. 80,0% glicerintartalom)	1	6
<b>Összesen</b>	<b>9</b>	

A minták glicerintartalmát és metanoltartalmát Biotronik 2000 típusú HPLC berendezéssel határoztuk meg (Biotronik Wissenschaftliche Geräte GmbH, Németország), a következő beállításokkal: oszlop típusa Bio-Rad Aminex®HPX-874, mérete 300 mm × 7,8 mm; elválasztás hőmérséklete: 45 °C, eluens: 0,005 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; pumpa: átfolyás: 0,85 ml/min., nyomás 77 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.1.2. ÁSVÁNYIANYAG-TARTALOM MEGHATÁROZÁSA

Azt a mintát, melynek glicerín- és metanoltartalmában jelentős eltérést tapasztaltunk a termékforgalmazó által megadott értékekhez képest, további vizsgálatokra (NaCl, KCl, makro- és mikroelem-tartalom) jelöltük ki. Ezeket Optima 3000 típusú (Perkin Elmer, USA) radiális ICP-OES készüléssel végeztük a Magyar Szabványban leírt módszerek szerint (Nátrium: MSZ-08-1783/29; Kálium: MSZ-08-1783/28; Magnézium: MSZ-08-1783/26; Foszfor: MSZ-08-1783/27; Vas: MSZ-08-1783/30; Mangán: MSZ-08-1783/31; Cink: MSZ-08-1783/32; Réz: MSZ-08-1783/33). NaCl- és KCl-tartalom meghatározásánál a mért Na- és K-tartalmat vettük alapul, melynek eredményéből a moláris tömegek alapján következtettünk a NaCl és KCl tartalomra [NaCl (55,44 g/mol): Na: 39,337% Cl: 60,663%; KCl (74,55 g/mol): K: 47,555%, Cl: 52,445%]. Az alkalmazott számítás tehát a következő: [(mért Na tartalom × 100)/39,337; (mért K tartalom × 100/47,555)].

#### 4.2. GYORSVIZSGÁLATI MÓDSZERFEJLESZTÉS ELEKTRONIKUS

##### ORRAL

A gyorsvizsgálati módszerfejlesztés első lépéseként analitikai tisztaságú anyagokból (glicerín,  $\geq 99,5$  %; metanol,  $\geq 99,9$  %, GC Ultra Grade, Carl Roth GmbH, Karlsruhe, Németország) készítettünk hígítási sort a 8. táblázat szerint.



8. táblázat: A glicerín metanoltartalmának aromaelemzéssel történő kimutatásához kevert elegyek összetétele

Mintaszám	Metanol [%]	Glicerín [%]	Metanol [g]	Glicerín [g]
1.	0	100	0	20,00
2.	0,05	99,95	0,01	19,99
3.	0,10	99,90	0,02	19,98
4.	0,20	99,80	0,04	19,96
5.	0,30	99,70	0,06	19,94
6.	0,40	99,60	0,08	19,92
7.	0,50	99,50	0,10	19,90

A műszeres aromaprofil méréseket Alpha MOS Heracles NEO elektronikus orr berendezéssel végeztük (Alpha MOS, Toulouse, Franciaország). A berendezés egy automatikus mintakezelő egységgel felszerelt, két lángionizációs detektorral (FID-1, FID-2) és csapdával ellátott kétoszlopos ultragyors gázkromatográf. A mérések során a műszer a 20 ml-es, mágneses teflonkupakkal lezárt mintatárolókba helyezett, illékony komponenseket tartalmazó minták fölött kialakuló gőztérből vett mintát analizálja.

A modellvizsgálat során az 1 ml térfogatú minták automatizált előkezelése 50 °C-os, 5 percig tartó inkubálással történt, majd a gőztérből 60 °C-ra előmelegített Hamilton fecskendővel 1 ml gázmintát injektáltunk az analizátorba. Az egyes keverékek aromaprofil méréseit 3 ismétlésben végeztük. Az elektronikus orr gázkromatográfiás egységének további paraméterei és beállításai a következők:

- kolonnák típusai: Restek MXT-5 (10 m), Restek MXT-1701 (10 m) (Restek, Co., Bellefonte, PA, USA)
- vivőgáz: hidrogén

- vivőgáz sebessége: 30 ml/perc;
- csapda (trap) hőmérséklete: 40 °C
- felfűtés induló hőmérséklete: 50 °C
- felfűtés véghőmérséklete: 250 °C
- felfűtés sebessége: 2 °C/s
- adatrögzítés ideje: 110 s
- adatpontok távolsága: 0,01 s
- mintagáz injektálási sebessége: 125 µl/s.

### 4.3. GLICERINETETÉSI KÍSÉRLETEK SZOPTATÓ KOCÁKKAL

A vizsgálataink során alkalmazott kísérleti protokoll megfelelt a kísérleti és egyéb tudományos célokra felhasznált állatok védelméről szóló európai uniós előírásoknak (2010/63 / EU IRÁNYELV).

#### 4.3.1. SZOPTATÓ KOCA ETETÉSI KÍSÉRLET PORÍTOTT GLICERINNEL

##### *Kísérleti állatok és elhelyezésük*

A kísérletet egy magyar nagyfehér×magyar lapály tenyészállat előállító telepen végeztük Rábacsécsényben. A vizsgálatot a Munkahelyi Állatvédelmi Bizottság (MÁB) hagyta jóvá. A kísérletet többször ellett, közel azonos paritású (kontroll: 2,8; kísérleti: 3,4) kocákkal állítottuk be véletlen blokk elrendezés szerint ( $313 \pm 24,9$  kg;  $n=2 \times 5$ ). A vizsgálatot a kocák fiaztatóra való felhajtásakor, a vemhesség 106. napján kezdtük és a malacok 21. életnapra történő választásával fejeztük be. A tenyészkocákat a fialást követően *ad libitum* takarmányoztuk és itattuk.

Az alomméretek kiegyenlítését kezeléseken belül, a fialást követő 24 óra elteltével végeztük, amennyiben azt az alomméret indokolta. A kocák alatt almonként 12 malacot hagytunk.

### *Kísérleti takarmányok*

A kontroll és kísérleti takarmányokat búza-árpa-kukorica-szójadara alapon állítottuk össze. Kísérleti takarmányunkban a gyártó által javasolt maximális, 1%-os dózisban alkalmaztuk a porított glicerint (71,92% glicerin, 0% metanol). A vizsgálat során az irodalmi forrásoknak megfelelően glicerin esetében a kukoricáéval azonos energiaértékkel számoltunk, mely a NATIONAL RESERACH COUNCIL (2012) ajánlása szerint a következő: DE<sub>s</sub>: 14,43 MJ/kg takarmány; ME<sub>s</sub>: 14,20 MJ/kg takarmány; NE<sub>s</sub>: 11,17 MJ/kg takarmány. A kísérleti takarmányban 1%-ban alkalmazott szilárd hordozóra vitt glicerinforrás a takarmány DE<sub>s</sub> tartalmának 1%-át adta.

A kontroll és kísérleti takarmányok összetételét és azok vizsgált, illetve számított táplálóanyag-tartalmát a 9. táblázat tartalmazza. A takarmányokat az NATIONAL RESERACH COUNCIL (2012) ajánlásának megfelelően standardizált ileálisan emészthető aminosavtartalomra (SID) formulázva állítottuk össze.

9. táblázat: A kontroll és kísérleti takarmányok összetétele, vizsgált és számított táplálóanyag-tartalma (1% porított glicerin)

<b>Összetétel (%)</b>	<b>Kontroll</b>	<b>Kísérleti</b>
Kukorica	37,0	36,0
Búza	15,0	15,0
Árpa	15,0	15,0
Extrahált szójadara (46% ny.f.)	16,0	16,0
Hidegen sajtolt napraforgó-pogácsa	5,0	5,0
Malátacsíra	5,0	5,0
Napraforgóolaj	3,0	3,0
Porított glicerin <sup>1</sup>	-	1,0
Szoptató koca premix <sup>2</sup>	4,0	4,0
<b>Táplálóanyag-tartalom (%)</b>		
Száranyag <sup>3</sup>	90,60	91,10
Nyersfehérje <sup>3</sup>	<b>17,00</b>	<b>16,50</b>
Nyerszsír <sup>3</sup>	5,50	5,20
Nyersrost <sup>3</sup>	3,80	4,00
Nyershamu <sup>3</sup>	5,20	5,60
ÖsszesCa <sup>4</sup>	1,06	1,06
Összes P <sup>4</sup>	0,72	0,72
Na <sup>4</sup>	0,20	0,20
SID Lys <sup>4</sup>	0,83	0,83
SID Met+Cys <sup>4</sup>	0,51	0,51
SID Thr <sup>4</sup>	0,53	0,53
SID Trp <sup>4</sup>	0,16	0,16
DE <sub>s</sub> <sup>4</sup> (MJ/kg takarmány)	14,35	14,31
ME <sub>s</sub> <sup>4</sup> (MJ/kg takarmány)	13,80	13,77

<sup>1</sup>Vizsgált táplálóanyag-tartalom: 72,92% glicerin, 12,7% nedvesség, 0% metanol, 26% nyershamu (gyártó: PHODÉ, Albi, Franciaország)

<sup>2</sup>Gyártó: Agrofeed Kft. (Győr, Magyarország); Összetétel: takarmánymész, takarmánysó, MCP, L-lizin, DL-metionin, L-treonin, L-triptofán, A-vitamin; D-vitamin; E-vitamin; K3-vitamin; C-vitamin, B1-vitamin; B2-vitamin; B6-vitamin; B12-vitamin; pantoténsav, niacin, biotin, folsav, kolin-klorid, betain, cink-szulfát, cink-kelát, mangán(II)-oxid, réz-szulfát pentahidrát, réz-kelát, szelenometionin, vas(II)-szulfát, kalcium-jodát, nátrium-szelenit, fitáz, endo-1,3(4)-béta-glükánáz, endo-1,4-béta-xilanáz, antioxidáns, aroma

<sup>3</sup>Vizsgált táplálóanyag-tartalom

<sup>4</sup>Számított érték; SID Lys= Standardizált ileálisan emészthető lizin; SID Met+Cys= Standardizált ileálisan emészthető metionin+cisztin; SID Thr= Standardizált ileálisan emészthető treonin; SID Trp: Standardizált ileálisan emészthető triptofán, DE<sub>s</sub>: emészthető energia (sertés); ME<sub>s</sub>: metabolizálható energia (sertés)

### *Adatfelvételezés*

A kocákat a vemhesség 106. és a laktáció 21. napján egyedileg mérlegeltük a hátszalonna-vastagságokat az utolsó bordaív mögött, a gerincoszlop vonalától jobbra és balra is 10-10 cm távolságra, az úgynevezett P2 ponton mértük és egyedileg rögzítettük (Lean-Meater, Renco Corp.). A kocák egyedi takarmányfogyasztását a kísérlet időtartama alatt folyamatosan 0,1 kg pontossággal regisztráltuk, ivarzását választást követően naponta ellenőriztük.

A fialások dátumát, az alomméretet és a holtellések számát is rögzítettük. Az almokat fialáskor és választáskor mérlegeltük. A malacokat átlagosan  $21,0 \pm 1,49$  életnaposan választottuk. Feljegyeztük továbbá a malacelhullásokat, az alomkiegyenlítés céljából dajkásított malacokat, valamint az állategészségügyi beavatkozásokat.

### *Mintagyűjtés és laboratóriumi vizsgálatok*

A takarmányokból gyártási tételenként mintát vettünk és a Nyugat-magyarországi Egyetem (jelenleg: Széchenyi István Egyetem) Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának Állattudományi Intézetében, a Takarmányozástani Intézeti Tanszék laboratóriumában szárazanyag-, nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrost- és nyershamutartalmat határoztunk meg a MAGYAR TAKARMÁNYKÓDEXBEN (2004) leírt módszerek szerint (MSZ ISO 6496:1993, MSZ 6830-4:1981, MSZ 6830-6:1984, MSZ 6830-7, MSZ ISO 5984). A takarmányreceptúrák összeállítása előtt vizsgáltuk a kísérletben használt glicerinforrás glicerín- és metanoltartalmát. A minta glicerín- és metanoltartalmát Biotronik 2000 típusú HPLC berendezéssel határoztuk meg (Biotronik Wissenschaftliche Geräte GmbH, Németország), a következő

beállításokkal: oszlop típusa Bio-Rad Aminex®HPX-874, mérete 300 mm × 7,8 mm; elválasztás hőmérséklete: 45 °C, eluens: 0,005 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; pumpa: átfolyás: 0,85 ml/min., nyomás 77 kg/cm<sup>2</sup>.

A szoptató kocáktól egyedileg vettünk vért az elülső üres vénából az ellést követő első, második illetve harmadik héten 3 órával az etetés után. A vérminták glükóz-, koleszterin- és triglicerid-tartalmának meghatározását Beckman Coulter AU480 analizátorral Beckman Coulter (Brea, California, USA) és Diagnosticum (Diagnosticum Zrt. Magyarország) gyári reagens kitéekkel végeztük.

#### **4.3.2. SZOPTATÓ KOCA ETETÉSI KÍSÉRLET FOLYÉKONY GLICERINNEL**

##### *Kísérleti állatok és elhelyezésük*

A kísérletet a Kaposvári Egyetem (jelenleg: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus) Termékfejlesztési és Nyomonkövetési Kutatóközpontjában állítottuk be. A vizsgálatot az országos Állatkísérleti Tudományos Etikai Tanács hagyta jóvá (engedélyszám: SOI/31/446-6/2014). A kísérletet többször ellett (323±17,0 kg; n=2×12), közel azonos paritású (kontroll: 2,7; kísérleti: 2,6) dán nagyfehér×dán lapály (DanBred Genetics, Dánia, Koppenhága) kocákkal véletlen blokk elrendezés szerint végeztük. A vizsgálatot a kocák fiaztatóra való felhajtásakor, a vemhesség 106. napján kezdtük és a malacok 28. életnapos választásával fejeztük be. A szoptatás ideje alatt a kocákat külön, a tejtermelésmérésre kialakított kutricákban (2,4 m×1,8 m×0,7 m) helyeztük el. Minden kutricához speciális, a malacok lerekesztésére alkalmas box tartozott (1,0 m×1,2 m×0,7 m). A kocák a

takarmányhoz és az ivóvízhez *ad libitum* fértek hozzá. A fialást követő 48 órában elvégeztük a szükséges dajkásításokat, az alomméretet kiegyenlítettük kocánként 12 malacra.

### *Kísérleti takarmányok*

A kontroll és kísérleti takarmányokat búza-árpa-kukorica-szójadara alapon az NATIONAL RESERACH COUNCIL (2012) és a tenyésztőszervezet által meghatározott aktuális ajánlásának (DANISH PIG RESEARCH CENTRE, 2017) megfelelően, standardizált ileálisan emészthető aminosavtartalomra (SID) formulázva állítottuk össze (10. táblázat). A kísérleti takarmányban a folyékony glicerinnel (glicerin: 86,95% metanoltartalom: 0,02%) 5% kukoricát helyettesítettünk.

A vizsgálat során az irodalmi forrásoknak megfelelően glicerin esetében a kukoricáéval azonos energiaértékkel számoltunk, mely a NATIONAL RESERACH COUNCIL (2012) ajánlása szerint a következő: DE<sub>s</sub>: 14,43 MJ/kg takarmány; ME<sub>s</sub>: 14,20 MJ/kg takarmány; NE<sub>s</sub>: 11,17 MJ/kg takarmány. Az 5%-ban alkalmazott folyékony glicerinkiegészítés a takarmány DE<sub>s</sub> tartalmának 5,17%-át adta.

10. táblázat: A kontroll és kísérleti takarmányok összetétele, vizsgált és számított táplálóanyag-tartalma (5% folyékony glicerín)

<b>Összetétel (%)</b>	<b>Kontroll</b>	<b>Kísérleti</b>
Búza	37,0	37,0
Árpa	18,5	18,5
Extrahált szójadara	11,9	11,9
Kukorica	10,0	5,0
Extrahált napraforgódara	5,3	5,3
Búzakorpa	5,0	5,0
Szárított répaszelet	3,0	3,0
Takarmányzsír	2,8	2,8
Extrahált repcedara	2,0	2,0
Glicerín <sup>1</sup>	-	5,0
Szoptató koca premix <sup>2</sup>	4,0	4,0
Titán-dioxid	0,5	0,5
<b>Táplálóanyag-tartalom (%)</b>		
Szárazanyag <sup>3</sup>	89,43	90,39
Nyersfehérje <sup>3</sup>	15,78	15,83
Nyerszsír <sup>3</sup>	4,50	4,52
Nyersrost <sup>3</sup>	5,63	5,50
Nyershamu <sup>3</sup>	5,80	5,68
ÖsszesCa <sup>3</sup>	1,01	0,96
ÖsszesP <sup>3</sup>	0,63	0,62
Na <sup>3</sup>	0,21	0,23
SID Lys <sup>4</sup>	0,85	0,85
SID Met+Cys <sup>4</sup>	0,54	0,54
SID Thr <sup>4</sup>	0,52	0,52
SID Trp <sup>4</sup>	0,17	0,17
DE <sub>s</sub> <sup>4</sup> (MJ/kg)	13,96	13,95
ME <sub>s</sub> <sup>4</sup> (MJ/kg)	13,34	13,31

<sup>1</sup>Vizsgált táplálóanyag-tartalom: 86,95% glicerín, 9,22% nedvesség, 0,02% metanol, 1,26% nátrium, 1,94% klorid (Forgalmazó: ProChema Magyarország Kft.)

<sup>2</sup>Gyártó: Bonafarm-Bábolna Takarmány Kft.; Összetétel: takarmánymész, MCP, takarmánysó, kalcium-nátrium-foszfát, L-lizin, DL-metionin, L-treonin, L-triptofán, L-valin, A-vitamin; D-vitamin; E-vitamin; 2,4 mg/kg K3-vitamin; C-vitamin, B1-vitamin; B2-vitamin; B6-vitamin; B12-vitamin; pantoténsav, niacin, biotin, folsav, kolin-klorid, betain, magnézium-oxid, cink-szulfát, cink-kelát, mangán(II)-oxid, mangán-kelát, réz-szulfát pentahidrát, szelenometionin, vas(II)-karbonát, vas-kelát, kalcium-jodát, nátrium-szelenit, fitáz, endo-1,3(4)-béta-glükánáz, endo-1,4-béta-xilanáz, antioxidáns, aroma

<sup>3</sup>Vizsgált táplálóanyag-tartalom



<sup>4</sup>Számított érték; SID Lys= Standardizált ileálisan emészthető lizin; SID Met+Cys= Standardizált ileálisan emészthető metionin+cisztin; SID Thr= Standardizált ileálisan emészthető treonin; SID Trp: Standardizált ileálisan emészthető triptofán, DE<sub>s</sub>: emészthető energia (sertés); ME<sub>s</sub>: metabolizálható energia (sertés)

A kocák fejadagja a vemhesség 106. napjától a fialásig 3,5 kg/nap volt. Fialást követően a takarmány mennyiségeket a laktáció 5. napjáig fokozatosan emeltük, az 5-28. nap között az adagolt etetést „*ad libitum*” takarmányozás váltotta fel.

### *Adatfelvételezés*

A kocákat a vemhesség 106. és a laktáció 28. napján egyedileg mérlegeltük és a hátszalonna-vastagságokat az utolsó bordaív mögött, a gerincoszlop vonalától jobbra és balra is 10-10 cm távolságra, az úgynevezett P2 ponton mértük és egyedileg rögzítettük (Lean-Meater, Renco Corp.). A kocák egyedi takarmányfogyasztását a kísérlet időtartama alatt folyamatosan 0,1 kg pontossággal regisztráltuk, ivarzását választást követően naponta ellenőriztük.

A fialások dátumát, az alomnagyságot és a holtellések számát is rögzítettük. A malacok egyedi súlyát fialáskor, dajkásítást követően és választáskor is mértük. A malacokat átlagosan 28,4±1,1 életnaposan választottuk el.

A tejtermelés mérését a „*weigh-suckling-weigh*” módszer alapján a laktáció 14., 21. és 28. napján végeztük (RENAUDEU ÉS NOBLET, 2001). Ezen mérések alkalmával 12 szoptatás adatait rögzítettük a szoptatások közötti 65 perces intervallumokkal. A méréseket megelőzően a malacokat bélsár- és vizeletürítésre ösztönöztük (NOBLET ÉS ETIENNE, 1986). A napi tejleadás meghatározásánál 12 mérésből az utolsó nyolcat értékeltük, az első négyet előszakaszként vettük számításba.

### *Mintagyűjtés és laboratóriumi vizsgálatok*

A takarmányokból gyártási tételként mintát vettünk és a Bonafarm-Bábolna Takarmány Kft. Nemzeti Akkreditáló Hatóság által NAH-1-1560/2016 számon akkreditált laboratóriumban szárazanyag-, nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrost-, nyershamu-, kalcium-, foszfor- és nátriumtartalmát határoztunk meg (MSZ ISO 6496:2001, MSZ EN ISO 5983-2:2009, MSZ EN ISO 11085:2015 A módszer, MSZ EN ISO 6865:2001, 152/2009/EK III. M melléklet, MSZ EN15510:2008). A takarmányreceptúrák összeállítása előtt vizsgáltuk a kísérletben használt glicerinforrás glicerin- és metanoltartalmát. A minta glicerin- és metanoltartalmát Biotronik 2000 típusú HPLC berendezéssel határoztuk meg (Biotronik Wissenschaftliche Geräte GmbH, Németország), a következő beállításokkal: oszlop típusa Bio-Rad Aminex®HPX-874, mérete 300 mm × 7,8 mm; elválasztás hőmérséklete: 45 °C, eluens: 0,005 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; pumpa: átfolyás: 0,85 ml/min., nyomás 77 kg/cm<sup>2</sup>.

A tejtermelésméréseket követően 65 perc elteltével a kocáknak 10 IU oxitocint (Oxytocine NCP, Kela) adagoltunk, majd kézi fejéssel tejmintákat (150 ml/koca) vettünk a kísérlet 14. 21. és 28. napján. A tejminták szárazanyag-, fehérje-, zsír-, laktóztartalmát a Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézetben a vonatkozó szabványok által meghatározottak szerint (MSZ ISO 6496:2001; MSZ EN ISO 5983-2:2009; MSZ 6830-19:1979; MSZ 6830-26:1987) végeztük. A 14., 21. és 28. laktációs napon vett kocatejminták zsírsavprofilját a Kaposvári Egyetem (jelenleg: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus), Élelmiszer-, Mezőgazdasági Termék és Takarmány Minősítő Laboratóriumában (NAH-1-1783/2016 számon akkreditált

vizsgálólaboratórium), az MSZ EN ISO 12966-2:2011 vizsgálati módszerrel értékeltük. A zsírsavösszetételt FOLCH ÉS MTSAI (1957) szerinti extrakcióval készített metilészterből határoztuk meg, Zebron ZB-WAX (30 m×0,25 mm×0,25 µm) oszloppal és láng ionizációs detektorral (FID) felszerelt Shimadzu gyártmányú GC-2010 gázkromatográf segítségével. A beállítások az alábbiak voltak: mintamennyiség: 2 µl; vivógáz: He; nyomás: 115,4 kPa; gázáram: 30 ml/min hidrogén, 30 ml/min nitrogén, 250 ml/min levegő; injektorhőmérséklet: 220°C. Az eredményeket az összes zsírsav-metilészter tömegszázalékában adtuk meg. A tejminták bruttó energiatartalmát (BE) adiabatikus bombakaloriméterrel (IKA-C-4000, IKA, Németország) határoztuk meg.

A kocáktól a laktáció 28. napján az elülső üres vénából vért vettünk. A vérplazma glükóz-, koleszterin-, triglicerid-, összfehérje- és albumintartalmát, valamint különböző májenzimek (ALT, AST, GGT) aktivitását Beckman Coulter AU480 biokémiai automatával Beckman Coulter (Beckman Coulter, Inc., USA) és Diagnosticum (Diagnosticum Zrt. Magyarország) gyári reagens kitékkel határoztuk meg.

#### *A tápcsatorna teljes hosszán mért látszólagos emészthetőség meghatározása*

A táplálóanyagok tápcsatorna teljes hosszán mért látszólagos emészthetőségének (apparent total-tract digestibility, ATTD) meghatározásához az indikátor módszert alkalmaztuk. Az ATTD-t a kísérleti takarmányokban 0,5%-ban alkalmazott titán-dioxid (TiO<sub>2</sub>) mennyiségéhez viszonyítva határoztuk meg. A bélsárminták gyűjtését naponta kétszer a laktáció 18. és 23. napja között végeztük. A mintákat a laboratóriumi vizsgálatok elvégzéséig -18 °C-on tároltuk. A takarmány-

és a bélsárminták szárazanyag-, nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrost- és  $\text{TiO}_2$ -tartalmának meghatározását a Bonafarm-Bábolna Takarmány Kft. Nemzeti Akkreditáló Hatóság által NAH-1-1560/2016 számon akkreditált laboratóriumában végeztük. A szárazanyag-, nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrosttartalmat a Magyar Szabványban leírt módszerek szerint analizáltuk (MSZ EN ISO 5983-2:2009, MSZ EN ISO 11085:2015 A módszer, MSZ EN ISO 6865:2001). A takarmány- és bélsárminták  $\text{TiO}_2$ -tartalmát tömény kénsavas roncsolást követően, egy specifikus szín reagens ( $35 \text{ cm}^3$  tömény kénsav,  $15 \text{ cm}^3$  85%-os foszforsav,  $13,2 \text{ cm}^3$  30%-os hidrogén-peroxid) hozzáadását követően, 410 nm-en spektrofotometriásan határoztuk meg (UV-160 Shimadzu spektrofotométer, Shimadzu Co., Japán). A táplálóanyagokra vonatkozó ATTD-t az alábbi egyenlet alapján számoltuk ki (STEIN ÉS MTSAI, 2007):

$$ATTD(\%) = \left[ 1 - \left( \frac{\text{Táplálóanyag}_{\text{bélsár}}}{\text{Táplálóanyag}_{\text{takarmány}}} \right) \times \left( \frac{\text{Titán - dioxid}_{\text{takarmány}}}{\text{Titán - dioxid}_{\text{bélsár}}} \right) \right] \times 100$$

#### 4.4. STATISZTIKAI ÉRTÉKELÉS

*Az elektronikus orral végzett mérések matematikai-statisztikai értékelése*

Az e-orral végzett mérésekhez és a rögzített kromatogramok értékeléséhez az AlphaSoft (Alpha MOS, Toulouse, Franciaország) vezérlő és adatelemző szoftvert használtuk. A mintákról felvett kromatogramokhoz C6-C16 alkánsor retenciós időin alapuló Kováts-féle retenciós indexet rendeltünk a program előírásai szerint. Az adatok

feldolgozása során a kromatogramokban megjelenő csúcsok Kováts-index szerinti helyét detektáltuk, majd az egyes csúcsok területét kiszámítottuk. A csúcsok helyzetét a továbbiakban szenzorként értelmeztük, a Kováts-indexszel azonosítható, adott illékony anyagot jelző szenzorhoz tartozó szagintenzitás értéket pedig a csúcs alatti terület fejezte ki. Az így képzett, illatprofil leíró sokváltozós adatállományt főkomponens analízissel (PCA) és irányított osztályozó módszerekkel (diszkriminancia analízis, DFA; osztályazonosságok laza független modellezése, SIMCA) elemeztük. A PCA során leírtuk a sokváltozós tér mintázatait. A DFA és SIMCA során azt vizsgáltuk, hogy a minták az illatprofil alapján elkülöníthetők és azonosíthatóak-e az általunk definiált csoportba rendezési elv szerint. A minták ismert metanoltartalmára és az aromaprofilokat leíró szenzorjelekre a részleges legkisebb négyzetek regresszióján (PLSR) alapuló mennyiségi kalibrációs modellt illesztettünk, hogy megvizsgáljuk a metanoltartalom aromaprofil alapján történő becsülhetőségének pontosságát.

#### *A porított glicerinnel végzett szoptató koca etetési kísérlet adatainak statisztikai értékelése*

A kísérleti eredmények statisztikai értékelését t-próbával (independent-samples t-test) és nem-parametrikus tesztek (Kolmogorov-Smirnov teszt, Mann-Whitney teszt) segítségével végeztük el (SPSS, IBM, Armonk, NY). A választott szignifikancia szint valamennyi statisztikai elemzés esetben  $p \leq 0,05$  volt.

*A folyékony glicerinnel végzett szoptató koca etetési kísérlet adatainak statisztikai értékelése*

A kocák teljesítményparamétereire, a tej zsírsavösszetételére vonatkozó adatokat Kolmogorov-Smirnov teszttel, Levene-teszttel és kétmintás t-próbával értékeltük. A tejmennyiségre, táplálóanyag-tartalomra valamint a napi tejjel termelt táplálóanyagok mennyiségére vonatkozó adatokat GLM modellel analizáltuk (SPSS, IBM, Armonk, NY). A statisztikai modellel takarmány, laktációs nap és takarmány×laktációs nap interakciót is vizsgáltunk. Az adatok megbízhatóságát Bonferroni Post Hoc teszttel ellenőriztük.

A választott szignifikancia szint valamennyi statisztikai elemzés esetében  $p \leq 0,05$  volt.

## 5. ERDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

### 5.1. A MAGYARORSZÁGI FORGALOMBAN LÉVŐ GLICERINTERMÉKEK ÁTFOGÓ KÉMIAI VIZSGÁLATA

A különböző minőségű és halmazállapotú glicerintartalmú laboratóriumi vizsgálatok során mért eredményeit és a termékleírásban megadott értékek összehasonlítását a *11. táblázat* tartalmazza.

*11. táblázat:* Különböző eredetű glicerintartalmú forgalmazó által megadott adatai és laborvizsgálati értékei

Sorszám	Származás	Halmaz- állapot	Glicerin (%)		Metanol (%)	
			Specifikáció	Labor	Specifikáció	Labor
1	takarmány- gyártó	folyékony	87,5	<b>87,3</b>	<0,01	<b>0,29</b>
2*	állattartó telep	folyékony	>80	<b>64,0</b>	<0,50	<b>2,68</b>
3	takarmány- gyártó	folyékony	99,5	<b>100</b>	n.a.	<b>0</b>
4	takarmány- gyártó	folyékony	99,5	<b>100</b>	n.a.	<b>0</b>
5	takarmány- gyártó	szilárd	68	<b>72,9</b>	0	<b>0</b>
6	állattartó telep	folyékony	80	<b>91,7</b>	<0,50	<b>0,82</b>
7	takarmány- gyártó	folyékony	83,5-88,5	<b>86,1</b>	n.a.	<b>0</b>
8	takarmány- gyártó	folyékony	99,5	<b>99,9</b>	n.a.	<b>0</b>
9	takarmány- gyártó	folyékony	>80	<b>84,9</b>	<0,02	<b>0,55</b>

n.a.=nincs adat (vagy erre vonatkozó információ a minőségi tanúsítványban)

\* NaCl (m/m%): **5,22**; KCl (m/m%) **1,14**; P (mg/kg): 77; Mg (mg/kg): 36; Fe (mg/kg): 88;  
Cu (mg/kg): 1,9; Zn (mg/kg): 2,5; Mn (mg/kg): 2,6

Analitikai vizsgálataink eredményei alapján a különböző eredetű minták glicerintartalma 64,0% és 100% között változott. Hasonló minőségbeli különbségről számol be DASARI (2007) is, aki 7 minta

glicerín- és metanoltartalmát vizsgálta. Eredményei szerint a minták 72,2% és 94,0% közötti mennyiségben tartalmaztak glicerint. HANSEN ÉS MTSAI (2009) vizsgálatában a mért értékek jóval szélesebb tartományban mozogtak, az általuk analizált 11 minta esetében a glicerintartalom 38,4% és 96,5% között alakult. THOMPSON ÉS HE (2006) ezzel szemben 6 különböző olajos növényből és egy hulladékolajból származó glicerínmintában kisebb változékonyságról számolt be, 62,5% és 76,6% közötti glicerintartalmat állapított meg.

A glicerínminták vizsgálata során a metanoltartalomra vonatkozóan megállapítottuk, hogy a termékek minősége az esetek közel felében eltért a gyártó által megadott értéktől, a 9 minta közül 4 mintában találtunk jelentős metanolmaradványt. A minták eredetét tekintve az állattartó telepekről származó minták mindegyike a termékleírásban garantált értéknél nagyobb mennyiségben tartalmazott metanolt, de két esetben takarmánygyártóktól származó mintáknál is mértünk határértéket meghaladó metanoltartalmat. Az általunk vizsgált glicerínminták közül a legnagyobb metanoltartalom 2,68% volt. Ez meghaladta a DASARI (2007) által mért maximális, 1,15%-os értéket. HANSEN ÉS MTSAI (2009) pedig 13,94%-os metanoltartalmat mértek. Utóbbi szerzők eredményei szerint a négy, gyártó által megadott értéktől eltérő minta közül három metanoltartalma meghaladta az EU-s jogszabályban leírt 0,5%-os határértéket. DASARI (2007) vizsgálataiban a hét mintából csak egyben mért a jelenlegi EU-s határértéket meghaladó metanolmennyiséget. Az idézett szerző azonban rávilágított arra a problémára, hogy a glicerintartalom gyakran tételenként változó, jelentős minőségbeli különbségek vannak ugyanabból az üzemből származó két egymást követő nap gyártott tételek között. Az üzemben egyik nap 72,2%-os



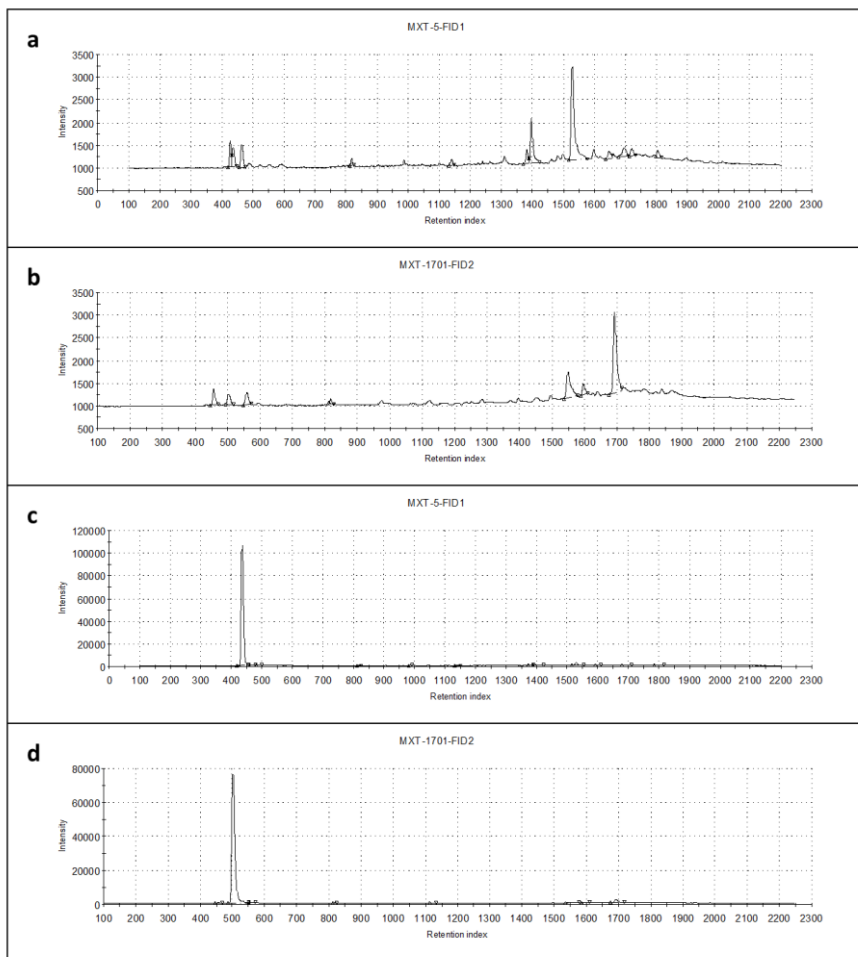
glicerin és határérték feletti metanoltartalmú (1,15%), míg rá következő nap 88,3% glicerint és metanolt csak nyomokban tartalmazó terméket gyártottak.

A makro- és mikroelem-vizsgálatra, valamint NaCl és KCl meghatározásra kijelölt minta NaCl tartalma 5,22% míg KCl tartalma 1,14% volt. Ez megegyezett a KOVÁCS (2010) kísérleteiben felhasznált glicerin NaCl tartalmával (5,20 %), valamint a DOPPENBERG ÉS VAN DER AAR (2007) által leírtakkal miszerint, a glicerin NaCl tartalma 6% körül alakul. SCHIECK ÉS MTSAI (2009) is ezt tapasztalták szoptató kocákkal végzett etetési kísérletükben. Az általuk felhasznált glicerin NaCl tartalma 6,01% volt. TYSON ÉS MTSAI (2004) ezzel szemben lényegesen nagyobb, 10% és 30% közötti sótartalomról számolnak be.

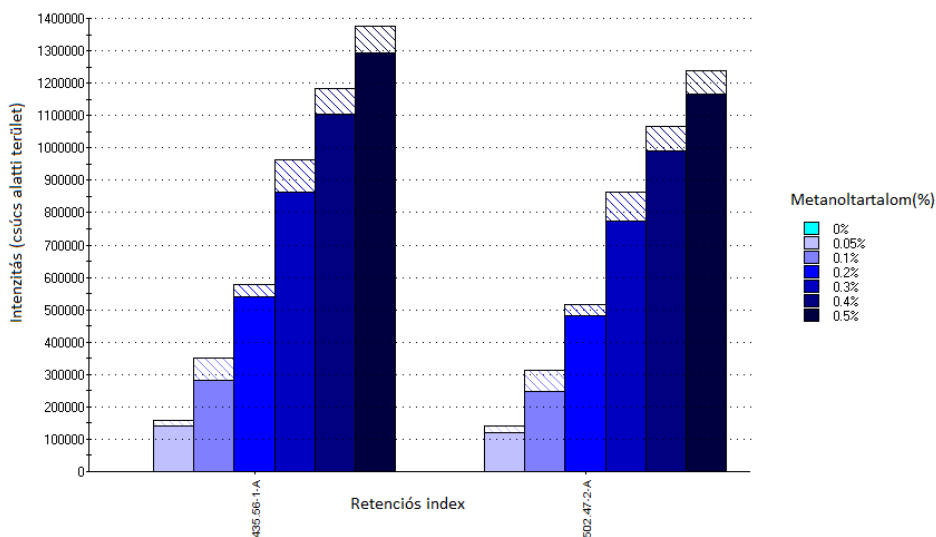
## **5.2. GYORSVIZSGÁLATI MÓDSZERFEJLESZTÉS ELEKTRONIKUS**

### **ORRAL**

A 9. ábrán az analitikai tisztaságú (a, b) és a 0,05% metanolt tartalmazó glicerin (c, d) kromatogramjai láthatóak az e-orr két oszlopán mérve [MXT-5 (a, c); MXT-1701 (b, d)]. Az ábrán látható, hogy már a 0,05% metanoltartalmú glicerinminta kromatogramja esetében is jól azonosítható, nagy intenzitású metanolra jellemző csúcs jelent meg az MXT-5 oszlopon 436, az MXT-1701 oszlopon 502 retenciós indexnél. Ezek a retenciós indexek a vizsgált minták vonatkozásában a 10. ábra szerint alakultak a csúcsok alatti területeket kifejező intenzitásértékek.

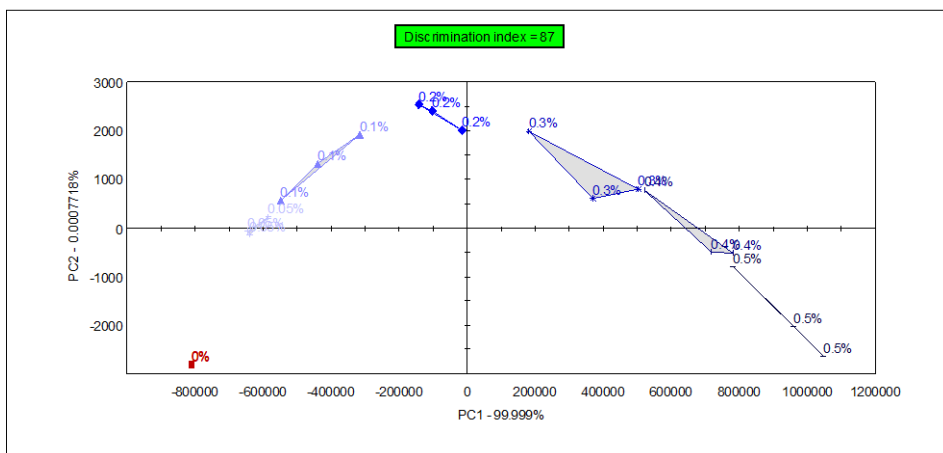


9. ábra: A tiszta glicerín (a, b) és a 0,05% metanoltartalmú glicerín (c, d) kromatogramjai az AlphaMOS Heracles NEO elektronikus orr MXT-5 (a, c) és MXT-1701 (b, d) oszlopán mérve



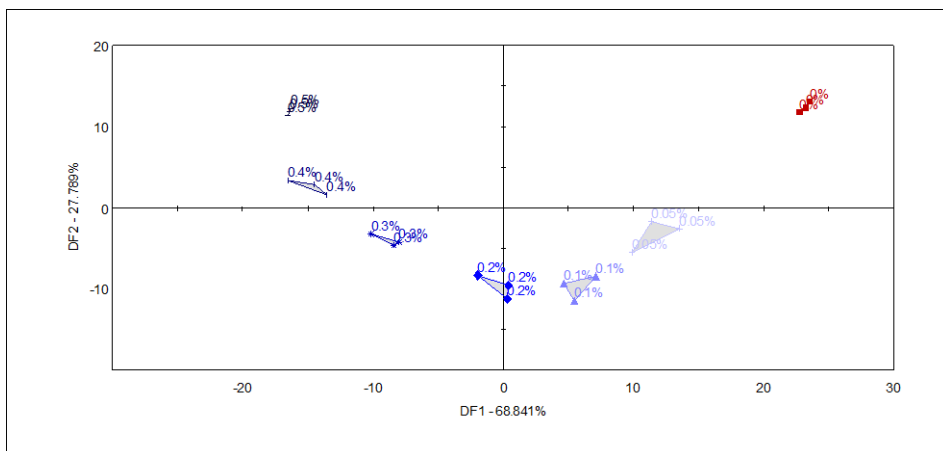
10. ábra: Az analitikai tisztaságú alapanyagokból előállított, különböző arányban (0 – 0,5%) metanolt tartalmazó glicerínminták e-orron mért intenzitásértékei a metanolra jellemző retenció indexeknél (MXT-5 kolonna utáni FID-1: 435,56; MXT-1701 kolonna utáni FID-2: 502,47)

Az e-orron mért sokváltozós adatokkal elvégzett PCA eredményét a 11. ábra mutatja. A minták aromaprofilok alapján számolt score értékeit mutató ábrán a tiszta glicerín (piros) és a metanolt különböző százalékban tartalmazó glicerínminták (világoskék-től sötétkéig) mind jól elkülönülnek egymástól, az 1. főkomponens (PC1) mentén követve a metanol bekeverési koncentrációját. A minták aromaprofiljának változékonyságát ez az egy faktor szinte teljes egészében (99,999%-ban) leírja, a variancia legnagyobb hányadát a metanol korábban bemutatott, domináns csúcsai adják.



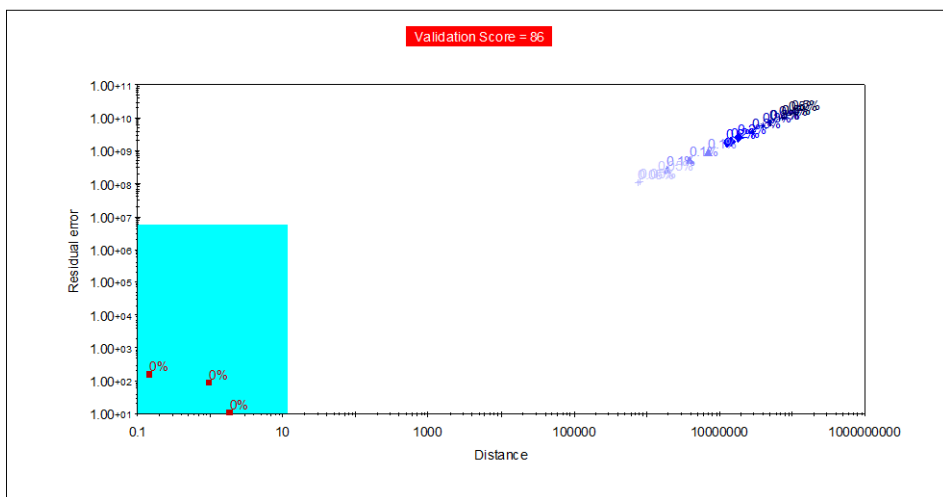
11. ábra: Az aromaprofilok alapján futtatott főkomponenselemzés (PCA) értékei az egyes metanolkoncentrációkhoz (0%, 0,05%, 0,1%, 0,2%, 0,3%,0,4%, 0,5%) tartozó glicerínminták háromszori mérési eredményeinek megjelölésével

Az irányított osztályozó módszerek közül a DFA eredményét a 12. ábra szemlélteti. Az aromaprofil célzott, mintacsoportok azonosítására irányuló elemzésének eredménye a PCA eredményhez hasonlóan a mintacsoportok metanoltartalom szerinti tökéletes elkülönülését mutatja, amennyiben az első két faktor (DF1 és DF2) által leírt síkon a csoportok nem mutatnak átfedést.



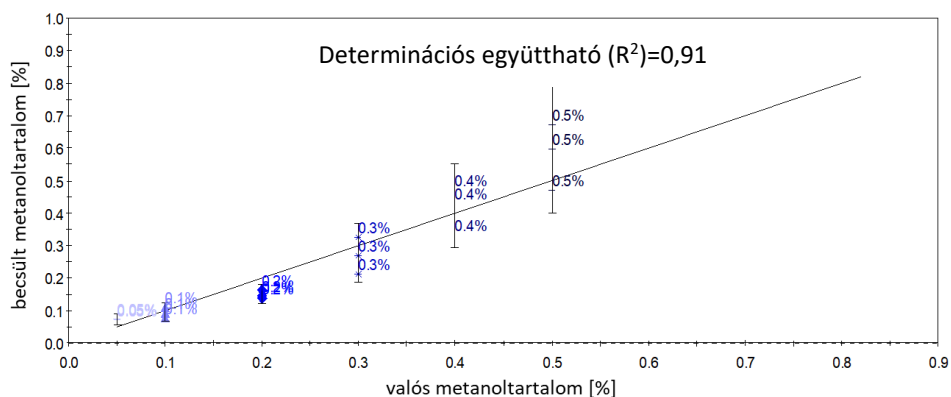
12. ábra: Az aromaprofilok alapján futtatott diszkriminancia faktor analízis (DFA) értékei az egyes metanolkoncentrációkhoz (0%, 0,05%, 0,1%, 0,2%, 0,3%,0,4%, 0,5%) tartozó glicerintítek háromszori mérési eredményeinek megjelölésével

Az irányított osztályozó módszerek közül a SIMCA alkalmas gyors minőségellenőrzési protokoll kidolgozására is. Ezt mutatja a 13. ábra, melyen látható, hogy a 0,05% metanoltartalmú minták is kívül esnek az elfogadhatóságot jelző, tiszta minták köré húzott színezett tartományon, mely a tiszta minták aromaprofiljának varianciája alapján került meghatározásra.



13. ábra: Az aromaprofilok alapján futtatott, a tiszta glicerint megfelelőnek tekintő SIMCA eredménye az egyes koncentrációkhoz tartozó minták háromszori mérési eredményeinek megjelölésével

A 14. ábra a PLSR kalibráció grafikus eredményét mutatja ( $R^2=0,91$ ). A nagyobb koncentrációknál tapasztalható megnövekedett hiba az e-orr analízator telítődéséből adódhat.



14. ábra: Az aromaprofilok alapján metanoltartalomra illesztett kalibráció eredménye

Fontos kiemelni, hogy a bemutatott sokváltozós módszerek (PCA, DFA, PLSR) eredményeit leginkább két változó, a metanol két oszlopon kapott retenciós indexeinél mért intenzitásértékek határozták meg. Amint az a *10. ábrán* is látható, csupán ennek a két változónak a vizsgálata lehetőséget biztosít a metanoltartalom meghatározására. Az alkalmazott AlphaMOS Heracles Neo e-orr segítségével nem csak a metanol jelenlétének jelzésére van lehetőség, hanem a metanoltartalom pontos és gyors meghatározására is. A technika metanolra való érzékenysége miatt a 0,5% fölötti vagy ismeretlen metanoltartalmú minták mérése tiszta glicerinnel hígítva ajánlott. A kapott eredmények alapján a metanoltartalom kimutatási határa 0,05% alatt van. Ennek pontos tisztázása további vizsgálatokat igényel.

### 5.3. GLICERINETETÉSI KÍSÉRLETEK SZOPTATÓ KOCÁKKAL

#### 5.3.1. SZOPTATÓ KOCA ETETÉSI KÍSÉRLET PORÍTOTT GLICERINNEL

##### *Szoptató kocák teljesítményének értékelése*

Az 1% porított glicerin szoptató kocák teljesítményére gyakorolt hatásának eredményeit a 12. táblázat tartalmazza.

12. táblázat: A glicerinkiegészítés hatása a szoptató kocák teljesítményére (1% porított glicerin)

	Glicerin (%)		
	0	1	P-érték
Kocalétszám	5	5	-
Genotípus	magyar nagyfehér×magyar lapály		-
Ciklusszám	2,8	3,4	-
Laktációs napok (nap)	21	21	-
Átlagos napi takarmányfelvétel (kg/koca/nap)	5,0±0,4	4,5±1,4	p>0,05
Induló súly (kg)	318,0±26,2	307,8±27,5	p>0,05
Záró súly (kg)	268,6±23,7	256,8±30,0	p>0,05
Súlyvesztés (kg)	49,4±12,8	53,0±14,6	p>0,05
Hátszalonna a kísérlet kezdetén (mm)	21,3±3,5	21,8±4,7	p>0,05
Hátszalonna a kísérlet végén (mm)	17,2±3,7	18,4±3,1	p>0,05
Hátszalonna-vastagság csökkenés (mm)	4,1±2,8	3,4±2,4	p>0,05
Újravemhesítéshez szükséges napok száma (nap)	5	5	-



Első kísérletünk eredményeinek értékelése során megállapítottuk, hogy a szilárd hordozóra vitt glicerinkiegészítés a kocák laktáció alatti élő súlyának csökkenésére nem volt hatással ( $p > 0,05$ ). A kocák élő súlyvesztése a kísérlet alatt a kontrollcsoportban 15,5%, míg a kísérleti csoportban 16,5% volt.

GOODBAND ÉS MTSAI (2005) által leírtak alapján az utolsó bordaív mellett, a gerinc középvonalától jobbra és balra 10-10 cm-re mért értékeket átlagolva fiataloknál a hátszalonna-vastagságra vonatkozó értékeknek optimálisan 17-21 mm között kell lenniük. Vizsgálatunk során a kontroll és kísérleti csoport laktáció végén mért hátszalonna-vastagsága az optimális tartományba esett és a két kezelés között nem tapasztaltunk különbséget (kontroll: 17,2 mm, kísérleti: 18,4 mm;  $p > 0,05$ ).

A kísérleti csoport átlagos napi takarmányfogyasztása kisebb volt ( $4,5 \pm 1,4$  kg) a kontrollcsoportéhoz ( $5,0 \pm 0,4$  kg) képest, viszont ez a különbség nem volt szignifikáns ( $p > 0,05$ ). A szilárd glicerinkiegészítés az újravemhesüléshez szükséges napok számát sem befolyásolta ( $p > 0,05$ ).

A glicerinkiegészítés újszülött malacokra gyakorolt hatását (pl. születési, induló és választási súly; választott malacok száma; elhullások stb.) a kis elemszám miatt nem értékeltük. Ezen hatások értékelése nagyobb koca- és malaclétszámmal végzett kísérleteket, további kutatásokat igényel.

### *Vérparaméterek változása*

A szoptató kocák vérparamétereinek eredményeit (glükóz, koleszterin, triglicerid) a 13. táblázat tartalmazza.

13. táblázat: A glicerinkiegészítés hatása a szoptató kocák vérparamétereire (1% porított glicerin; n=2×15)

Vérparaméter	Glicerin (%)		
	0	1	p-érték
Glükóz (mmol/l)	4,19±0,99	4,20±0,50	p>0,05
Koleszterin (mmol/l)	1,51±0,31	1,61±0,32	p>0,05
Triglicerid (mmol/l)	0,33±0,15	0,32±0,11	p>0,05

A vérplazma glükóz koncentrációjában nem volt különbség a kontroll és a glicerinnel kiegészített takarmányt fogyasztó állatok vérmintái között ( $p>0,05$ ). SCHIECK ÉS MTSAI (2010) szintén nem tapasztaltak különbséget a vérplazma glükóz koncentrációjában 3%, 6%, és 9% folyékony glicerin etetésekor. Ugyanakkor az említett szerzők vizsgálatában a glicerinkiegészítéssel a plazma glicerinkoncentrációja lineárisan nőtt ( $p<0,05$ ). Vizsgálatunkban 1% porított glicerinkiegészítés etetésekor a vérplazma koleszterin- és triglicerid-koncentrációja nem változott a kontrollcsoportéhoz képest ( $p>0,05$ ).

### 5.3.2. SZOPTATÓ KOCA ETETÉSI KÍSÉRLET FOLYÉKONY GLICERINNEL

#### *Szoptató kocák teljesítményének értékelése*

A szoptató kocák teljesítményére vonatkozó adatokat a 14. táblázat foglalja össze. Az 5% folyékony glicerinkiegészítés (86,95% glicerin, 0,02% metanol) a szoptató kocák takarmányfelvételét nem befolyásolta ( $p > 0,05$ ). Ezzel szemben SCHIECK ÉS MTSAI (2010) megállapították, hogy 6% glicerinkiegészítés (86,10% glicerin,  $< 0,01\%$  metanol) csökkentette a napi takarmányfelvételt összehasonlítva a 3% glicerinkiegészítést fogyasztó csoport eredményeihez képest (5,69 kg/nap vs. 6,21 kg/nap; sorrendben,  $p < 0,05$ ). HERNÁNDEZ ÉS MTSAI (2016) is hasonló tendenciáról számolnak be vizsgálataikban, melyek során megállapították, hogy a 3 és 6%-ban alkalmazott glicerin (87,42% glicerin; 0,05% metanol) a vemhesség és szoptatás alatt csökkentette a takarmányfelvételt (3,7 kg/nap és 3,9 kg/nap, sorrendben,  $p < 0,05$ ) a kontrollcsoporthoz képest (4,2 kg /nap).

A kocák élősúlyának változására és hátszalonna-vastagságának csökkenésére vonatkozóan nem tapasztaltunk különbséget a kontroll és kísérleti csoport között ( $p > 0,05$ ). Hasonló eredményekről számolnak be SCHIECK ÉS MTSAI (2010), viszont HERNÁNDEZ ÉS MTSAI (2016) megállapították, hogy 3%glicerinkiegészítés hatására a kocák több súlyt veszítettek a laktáció 21. napján a kontroll csoporthoz viszonyítva.

14. táblázat: A glicerinkiegészítés hatása a szoptató kocák teljesítményére (5% folyékony glicerin)

	Glicerin (%)			
	0	5	SEM	p-érték
Kocalétszám	12	12	-	-
Genotípus	dán nagyfehér×dán lapály			
Ciklusszám	2,7	2,6	0,115	0,527
Laktáció hossza (nap)	28,5	28,3	0,199	0,685
Átlagos napi takarmányfelvétel (kg/koca/nap)	5,79±0,34	5,70±0,39	0,291	0,378
Induló súly (kg)	319,7±16,5	326,0±17,7	3,483	0,375
Záró súly (kg)	252,5±25,9	252,5±20,8	4,692	1,000
Súlyvesztés (kg)	67,2 ± 25,7	73,5 ± 17,8	4,467	0,491
Hátszalonna a kísérlet kezdetén (mm)	18,3±2,9	17,6±4,0	0,694	0,201
Hátszalonna a kísérlet végén (mm)	13,3±2,6	13,4±3,3	0,598	0,936
Hátszalonna-vastagság csökkenés (mm)	5,0 ± 2,1	4,3 ± 2,1	0,425	0,391
Újravemhesüléshez szükséges napok száma (nap)	5	5	-	-

SEM= standard error of mean

A második kísérletben a fialást követően – a szokásos teleti gyakorlatnak megfelelően – kiegyenlítettük az almok nagyságát, minden koca alatt 12 malacot hagyunk, így a malacok induló súlyában kontroll és kísérleti csoport között nem volt különbség ( $p>0,05$ ). Választáskor a kísérleti csoport malacainak súlya átlagosan 240 grammal volt nagyobb a

kontrollcsoport malacaihoz képest, de ez nem jelentett szignifikáns eltérést a két kezelés között. A malacok választási súlyában mindkét kezelésnél a genetikára jellemző nagy szórást tapasztaltunk, 5% glicerinkiegészítés hatására ez azonban mérséklődött (15. táblázat).

15. táblázat: A malacok választási súlyának változása (5% folyékony glicerinnel; n=2×144)

	Glicerinnel (%)		SEM	p-érték
	0	5		
Induló súly (kg/malac)*	1,51 ± 0,29	1,56 ± 0,28	0,018	0,262
Választási súly (kg/malac)	8,03 ± 2,20	8,27 ± 1,40	0,109	0,626

SEM= standard error of mean

\*dajkásítás utáni élősúly (kg/malac)

### Tejmennyiség és -összetétel

Az 5% folyékony glicerinkiegészítés kocatej mennyiségére, táplálóanyag-tartalmára és a napi tejjel termelt táplálóanyagok mennyiségére gyakorolt hatását a 16. táblázat foglalja össze. Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy 5% glicerinnel a kocatej mennyiségét a laktáció 21. napján a kontrollcsoportéhoz képest növelte (kontroll: 8,94±2,27 kg/nap vs. 5% glicerinnel: 10,39±1,56 kg/nap; p<0,05), viszont a vizsgált időszak (14-28. laktációs nap) tejtermelésére nem volt hatással (p>0,05).

A szoptató kocák által termelt kocatej mennyiségét számos tényező befolyásolja, arra vonatkozó hozzáférhető szakirodalmi adat azonban nincs, hogy glicerinkiegészítés hatására az miként változik. Néhány szerző arról számol be, hogy a takarmányban felhasznált energiaforrás a tej szárazanyag-tartalmát növeli (WHITE ÉS MTSAI, 1984; VAN DEN BRAND ÉS MTSAI, 2000). COFFEY ÉS MTSAI (1982); THEIL ÉS

MTSAI (2004) ezzel szemben arra a megállapításra jutottak, hogy a felhasznált energiaforrás (pl. kukoricakeményítő, állati zsír) a tej szárazanyag-tartalmát nem befolyásolja ( $p > 0,05$ ). Vizsgálataink az utóbbiakat erősítik, ugyanis megállapítottuk, hogy a szárazanyag-tartalmat sem a glicerinkiegészítés, sem a laktációs napok nem befolyásolták ( $p > 0,05$ ). Ezzel szemben SCHIECK ÉS MTSAI (2010) a takarmány glicerintartalmának 6,8%-ra történő növelésével a tej szárazanyag-tartalmának növekedését írták le a laktáció 18. napján ( $p < 0,05$ ).

A kolosztrum és a kocatej táplálóanyag-tartalmát illetően takarmányozás útján a zsírtartalom befolyásolható a legkönnyebben (HURLEY, 2015). A tej zsírtartalmára két tényező van leginkább hatással: az energiafelvétel (NOBLET ÉS ETIENNE, 1986) és a felhasznált energiaforrás (COFFEY ÉS MTSAI, 1987; VAN DEN BRAND ÉS MTSAI, 2000). Néhány szerző arról számol be, hogy a tej zsírtartalma zsírkiegészítés hatására emelkedik (PETTIGREW, 1981; BOYD ÉS MTSAI, 1982; SHURSON ÉS MTSAI, 1986; SHURSON ÉS IRVIN, 1992), míg mások arra a megállapításra jutottak, hogy a vemhesség utolsó szakaszában és a laktáció alatt a zsírkiegészítésnek nincs hatása a kocatej zsírtartalmára (MILLER ÉS MTSAI, 1971; SEERLEY ÉS MTSAI, 1981; JACKSON ÉS MTSAI, 1995; TILTON ÉS MTSAI, 1999; LAURIDSEN ÉS DANIELSEN, 2004; THEIL ÉS MTSAI, 2004; FARMER ÉS MTSAI, 2010; LEONARD ÉS MTSAI, 2010; DE QUELEN ÉS MTSAI, 2013). Vizsgálatunkban a SCHIECK ÉS MTSAI (2010) által leírtakhoz hasonlóan megállapítottuk, hogy a glicerinkiegészítés a tej zsírtartalmát nem befolyásolta ( $p > 0,05$ ).

A kocatej fehérjetartalma jellemzően 5,0-6,5% között változik (HURLEY, 2015). Vizsgálatunkban ennek megfelelő eredményeket

kaptunk, viszont 5% glicerinnel csökkentette a fehérjetartalmat a laktáció 14. és 21. napján a kontrollcsoport eredményeihez képest ( $p < 0,05$ ). A kocatej fehérjetartalmára a glicerinkiegészítésnek a laktáció vizsgált időszakában (14-28. nap) is negatív hatása volt ( $p < 0,05$ ), ami ellentétes SCHIECK ÉS MTSAI (2010) adataitól. Az említett szerzők szerint a glicerinkiegészítés nem befolyásolta a tej fehérjetartalmát ( $p > 0,05$ ).

Ismert, hogy a fő szénhidrát a kocatejben a laktóz. Az összes táplálóanyag közül a tej laktóztartalma a legállandóbb. Vizsgálatunk eredményei azt mutatták, hogy sem 5% glicerinnel való hozzáadása, sem a laktációs napok nem befolyásolták a tej laktóztartalmát ( $p > 0,05$ ). Ezzel szemben SCHIECK ÉS MTSAI (2010) arról számoltak be, hogy a tej laktóztartalma a glicerinkiegészítéssel lineárisan emelkedett ( $p < 0,05$ ).

A kocatejben található szerves anyagok mennyiségét hamutartalomként jellemezzük. A kocatej átlagos hamutartalma 0,9% (HURELY, 2015). Kísérletünkben 5% glicerinkiegészítés a laktáció vizsgált időszakában (14-28. laktációs nap) a tej hamutartalmát csökkentette ( $p < 0,05$ ). SCHIECK ÉS MTSAI (2010) ezzel szemben a tej hamutartalmára vonatkozóan nem tapasztaltak változást 6% glicerinkiegészítés hatására ( $p > 0,05$ ).

A tejtermelés mérés és a tejminták táplálóanyag-tartalmára vonatkozó eredmények felhasználásával a napi tejjel termelt táplálóanyagok mennyiségét is meghatároztuk. A glicerinnel a laktáció csúcspontján (21. laktációs nap) a napi tejjel termelt zsír mennyiségét növelte ( $p < 0,05$ ), a többi paraméter (szárazanyag, fehérje, laktóz, bruttó energia) nem változott ( $p > 0,05$ ). A napi tejjel termelt szárazanyag, zsír, fehérje és bruttó energia a 21. laktációs napon statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt a 14. és 28. laktációs napon mért eredményekhez képest ( $p < 0,05$ ). A

laktációs napoknak a napi tejjel termelt laktóz mennyiségére nem volt hatása ( $p>0,05$ ). A kísérletben kezelés $\times$ laktációs nap interakciót nem tapasztaltunk ( $p>0,05$ ).



16. táblázat: A glicerinkiegészítés hatása a kocatej mennyiségére, táplálóanyag-tartalmára és a napi tejjel termelt táplálóanyagok mennyiségére (5% folyékony glicerín; n=2×36)

Glicerín (%)	14. nap			21. nap			28. nap			14-28. nap			p-érték			
	0%	5%	SEM	0%	5%	SEM	0%	5%	SEM	0%	5%	SEM	14. nap	21. nap	28. nap	14-28. nap
Tejmennyiség, kg/nap	7,84	8,38 <sup>AB</sup>	0,44	8,94 <sup>b</sup>	10,39 <sup>aA</sup>	0,41	8,62	7,9 <sup>B</sup>	0,52	8,45	8,98	0,27	0,56	0,03	0,50	0,34
Száranyag, g/100 g	19,12	18,73	0,26	18,76	18,73	0,18	18,35	18,00	0,21	18,74	18,49	0,13	0,47	0,95	0,42	0,33
Zsír, g/100 g	7,17	7,09	0,26	7,25	7,60	0,19	6,73	6,62	0,18	7,05	7,10	0,04	0,40	0,38	0,75	0,85
Fehérje, g/100 g	5,12 <sup>a</sup>	5,02 <sup>b</sup>	0,05	5,45 <sup>a</sup>	5,18 <sup>b</sup>	0,06	5,42	5,24	0,10	5,33 <sup>a</sup>	5,15 <sup>b</sup>	0,13	0,87	0,03	0,38	0,04
Laktóz, g/100 g	5,05	5,23	0,09	4,67	4,87	0,13	5,09	4,75	0,18	4,94	4,95	0,08	0,31	0,45	0,35	0,93
Hamu, g/100 g	0,89	0,85 <sup>A</sup>	0,01	0,90	0,83 <sup>A</sup>	0,02	0,97	0,95 <sup>B</sup>	0,01	0,92 <sup>a</sup>	0,87 <sup>b</sup>	0,02	0,30	0,20	0,61	0,02
Bruttó energia (BE), MJ/kg	25,99	25,77	0,24	25,37	26,42	0,29	25,22	25,47	0,32	25,59	25,97	0,16	0,66	0,09	0,75	0,26
Száranyag <sup>1</sup> , g/nap	1499 <sup>B</sup>	1570 <sup>B</sup>	83,4	1677 <sup>A</sup>	1946 <sup>A</sup>	74,8	1582 <sup>B</sup>	1422 <sup>B</sup>	88,6	1584	1660	50,0	0,64	0,06	0,46	0,36
Zsír <sup>1</sup> , g/nap	562 <sup>B</sup>	594 <sup>B</sup>	42,4	648 <sup>bA</sup>	790 <sup>aA</sup>	34,9	580 <sup>B</sup>	523 <sup>B</sup>	31,9	596	638	23,5	0,71	0,03	0,43	0,29
Fehérje <sup>1</sup> , g/nap	401 <sup>B</sup>	421 <sup>B</sup>	23,1	487 <sup>A</sup>	538 <sup>A</sup>	20,0	467 <sup>B</sup>	414 <sup>B</sup>	26,3	450	462	14,2	0,66	0,19	0,45	0,59
Laktóz <sup>1</sup> , g/nap	396	438	26,7	417	506	26,9	439	375	34,9	417	445	16,7	0,47	0,12	0,30	0,47
BE <sup>1</sup> , MJ/nap	2038 <sup>B</sup>	2160 <sup>B</sup>	254,0	2268 <sup>A</sup>	2745 <sup>A</sup>	217,0	2174 <sup>B</sup>	2012 <sup>B</sup>	232,8	2162	2332	146,0	0,65	0,06	0,38	0,36

SEM= standard error of mean

a,b: kezelés hatása laktációs napokon belül; p<0,05

A,B: laktációs napok hatása kezeléseken belül; p<0,05

<sup>1</sup>Számított érték: (Tejmennyiség[kg/nap]×1000×táplálóanyag [g/100g])/100

### *A kocatej zsírsavösszetétele*

A kocatejben az egyik legjelentősebb zsírsav a palmitinsav (C16:0), mely a szopós malacok energiaellátásának 10-12%-át adja (YANTAO ÉS MTSAI, 2018). Vizsgálataink azt mutatták, hogy 5% glicerinn hozzáadása a takarmányhoz a palmitinsav (C16:0), mirisztinsav (C14:0) és az összes telített zsírsavak (SFAs) mennyiségét csökkentette a kocatejben (17. táblázat). Ezzel szemben a heptadekánsav (C17:0) mennyisége emelkedett ( $p < 0,05$ ) és a sztearinsavra (C18:0) is növekvő részarányt állapítottunk meg ( $p = 0,054$ ). Az egyszeresen telítetlen zsírsavak (MUFAs) közül a glicerinkiegészítés növelte az olajsav (C18:1, n-9), a vakcénsav (C18:1, n-7) és az eikozénsav (C20:1) %-os mennyiségét ( $p < 0,05$ ). Az összes MUFA részaránya nem változott ( $p > 0,05$ ). A glicerinkiegészítés a kocatejminták összes többszörösen telítetlen zsírsavtartalmát (PUFAs) nem befolyásolta ( $p > 0,05$ ), viszont az eikozatriénsav (C20:3, n-3) és a dokozadiénsav (C22:2, n-6) részaránya nőtt ( $p < 0,05$ ). 5% glicerinkiegészítés hatására az n-3 zsírsavak részaránya a többszörösen telítetlen zsírsavakon belül nőtt ( $p < 0,05$ ).

A kocatejben a legnagyobb mennyiségben előforduló zsírsavak a palmitinsav (C16:0; 33%), az olajsav (C18:1; 32%), és a linolsav (C18:2; 14%) (YANTAO ÉS MTSAI, 2018). A kocatej zsírsavösszetétele a laktáció során folyamatosan változik. A laktáció 20. napjáig a palmitinsav (C16:0), a palmitoleinsav (C16:1) és a linolénsav (C18:3) mennyisége nő, miközben az olajsav (C18:1, n-9) és a linolsav (C18:2) mennyisége csökken (HURLEY, 2015). Számos vizsgálat bizonyította, hogy a takarmányban előforduló zsírok és zsírsavak a kolosztrum és a kocatej zsírsavösszetételét befolyásolják. Habár a glicerinn egy kulcsfontosságú molekula a zsírok metabolizmusában, nincs arra

vonatkozó hozzáférhető információ, hogy a glicerinkiegészítés a kocatej zsírsavösszetételét miként befolyásolja. Ebből következően a kapott eredményeinket különböző zsír- és olajkiegészítéssel tudom összevetni. LAURIDSEN ÉS DANIELSEN (2004) a napraforgó-, a repce-, a halolaj, valamint az állati zsír kocatej zsírsavösszetételére gyakorolt hatását vizsgálták 175 dán lapály×dán yorkshire kocával. Megállapították, hogy a kocatej zsírsavösszetételét az alkalmazott zsírforrás jelentős mértékben befolyásolja. JIN ÉS MTSAI (2017) hasonló következtetésre jutottak, miközben a pálma-, a hal- és szójaolaj hatását vizsgálták 80 nagyfehér×lapály kocával. PENG ÉS MTSAI (2010) 18 dalland sertéssel 1% konjugált linolsavat (CLA) tartalmazó takarmány etetésekor a kocatejben a telített zsírsavak mennyiségének növekedését és változatlan MUFA arányt figyelt meg. YAO ÉS MTSAI (2012) különböző n-6:n-3 zsírsavarány hatását (3:1; 9:1; 13:1) vizsgálták 30 lapály kocával beállított kísérletükben. A takarmány n-6:n-3 zsírsavarányának növelésével párhuzamosan csökkent a kocatej linolénsav, összes többszörösen telítetlen n-3 zsírsav aránya, valamint nőtt az n-6:n-3 arány ( $p < 0,001$ ).

17. táblázat: A glicerinkiegészítés hatása a kocatej zsírsavösszetételére  
(folyékony glicerinforrás, 5%; n=2×36)

Zsírsavösszetétel	Glicerín (%)			
	0%	5%	SEM	p-érték
C4:0 (vajsav)	0,01±0,00	0,02±0,02	0,003	0,863
C6:0 (kapronsav)	0,02±0,01	0,02±0,02	0,003	0,863
C8:0 (kaprilsav)	0,02±0,00	0,02±0,01	0,001	0,724
C10:0 (kaprinsav)	0,10±0,03	0,09±0,04	0,007	0,314
C12:0 (laurinsav)	0,17±0,03	0,14±0,04	0,009	0,105
C14:0 (mirisztinsav)	2,62±0,32 <sup>a</sup>	2,09±0,47 <sup>b</sup>	0,113	0,013
C15:0 (pentadekánsav)	0,06±0,01	0,07±0,02	0,004	0,322
C16:0 (palmitinsav)	34,70±3,25 <sup>a</sup>	30,00±4,77 <sup>b</sup>	1,095	0,026
C17:0 (margarinsav)	0,12±0,01 <sup>b</sup>	0,17±0,04 <sup>a</sup>	0,010	0,005
C18:0 (sztarinsav)	5,50±0,68	6,60±1,43	0,289	0,054
C20:0 (arachidinsav)	0,11±0,01	0,13±0,03	0,00	0,114
C22:0 (behénsav)	0,04±0,01	0,04±0,01	0,00	0,837
<b>SFAs</b>	<b>43,47±3,37<sup>a</sup></b>	<b>39,39±4,51<sup>b</sup></b>	<b>1,039</b>	<b>0,043</b>
C14:1 (mirisztóleinsav)	0,11±0,04	0,08±0,04	0,010	0,104
C16:1 (palmitoleinsav)	7,02±1,74	5,33±1,94	0,469	0,072
C18:1 (n-9) (elaidinsav + olajsav)	34,1±3,13 <sup>b</sup>	38,8±5,19 <sup>a</sup>	1,130	0,036
C18:1 (n-7) (vakécénsav)	1,98±0,23 <sup>b</sup>	2,33±0,42 <sup>a</sup>	0,089	0,042
C20:1 (eikozénsav)	0,33±0,08 <sup>b</sup>	0,47±0,13 <sup>a</sup>	0,030	0,016
C22:1 (erukasav)	0,08±0,02	0,10±0,03	0,006	0,086
<b>MUFAs</b>	<b>43,62±2,54</b>	<b>47,11±4,29</b>	<b>0,907</b>	<b>0,055</b>
C18:2 (n-6) (linolsav)	11,30±1,08	11,75±0,49	0,201	0,213
C18:3 (n-6) (γ-linolénsav)	0,09±0,03	0,11±0,03	0,008	0,256
C18:3 (n-3) (α-linolénsav)	0,49±0,04	0,51±0,04	0,010	0,150
C20:2 (n-6) (eikozadiénsav)	0,26±0,06	0,34±0,10	0,021	0,059
C20:3 (n-6) (eikozatriénsav)	0,09±0,02	0,10±0,02	0,004	0,315
C20:4 (n-6) (arachidonsav)	0,49±0,11	0,50±0,10	0,024	0,792
C20:3 (n-3) (eikozatriénsav)	0,03±0,01 <sup>b</sup>	0,05±0,02 <sup>a</sup>	0,005	0,035
C20:5 (n-3) (eikozapenténsav)	0,03±0,01	0,02±0,01	0,002	0,489
C22:2 (n-6) (dokozaidiénsav)	0,01 ±0,00 <sup>b</sup>	0,02±0,01 <sup>a</sup>	0,002	0,032
C22:5 (n-3) (dokozapentaénsav)	0,08±0,02	0,10±0,02	0,004	0,081
<b>PUFAs</b>	<b>12,87±1,23</b>	<b>13,50±0,64</b>	<b>0,240</b>	<b>0,151</b>
Σn6	12,24±1,18	12,82±0,60	0,226	0,169
Σn3	0,63±0,06 <sup>b</sup>	0,68±0,05 <sup>a</sup>	0,015	0,029

SFAs= telített zsírsavak, MUFAs= egyszeresen telítetlen zsírsavak, PUFAs= többszörösen telítetlen zsírsavak  
SEM= standard error of the mean  
a,b: kezeléshatás (p<0,05)

*Vérparaméterek változása*

A szoptató kocák vérparamétereinek változását foglalja össze a 18. táblázat.

18. táblázat: glicerinkiegészítés hatása a szoptató kocák vérparamétereire (folyékony glicerin, 5%; n=2×12)

	Glicerin (%)		SEM	p-érték
	0	5		
Összfehérje, g/l	74,17±6,75	74,42±5,42	1,222	0,921
Albumin, g/l	36,12±2,17	36,82±2,17	0,473	0,472
ALT, U/l	43,33±12,19	45,83±7,76	2,057	0,555
AST, U/l	39,50±9,23	33,25±9,70	1,999	0,120
GGT, U/l	36,7±9,49	36,50±10,87	2,037	0,953
Triglicerid, mmol/l	0,89±0,51	0,98±0,57	0,108	0,688
Koleszterin, mmol/l	2,10±0,27	2,34±0,33	0,066	0,064
Glükóz, mmol/l	4,84±0,29	5,17±0,55	0,094	0,076

SEM= standard error of the mean; ALT: alanin-aminotranszferáz; AST: aszpartát-aminotranszferáz; GGT: gamma-glutamiltranszferáz

A glicerinkiegészítés nem befolyásolta a szoptató kocák mért vérparamétereit (ALT, AST, GGT, összfehérje, triglicerid és koleszterin;  $p>0,05$ ). A koleszterin a szervezet által előállított szteroidok alap molekulája és az epesavak prekuzora. GALLEGO ÉS MTSAI (2016) a koleszterintartalomban, eredményeinkhez hasonlóan nem talált változást hizósertésekben (60-90 kg élősúly) különböző arányú glicerinkiegészítés (7,0%, 10,5%, és 14,0%) hatására. A vérplazma glükózkoncentrációja SCHIECK ÉS MTSAI (2010) kísérleti eredményéhez hasonlóan, nem mutatott szignifikáns eltérést glicerinkiegészítés hatására ( $p>0,05$ ). Az idézett szerzők vizsgálatában a glicerinkiegészítés a vérplazma glükózkoncentrációját nem befolyásolta, viszont a glicerinkiegészítéssel a tej laktóztartalma lineárisan nőtt ( $p=0,09$ ). A tej

laktózkoncentrációjának növekedése arra enged következtetni, hogy a plazmában jelenlévő szabad glicerín egy része glükózzá alakult a glükoneogenezis során, mely végül az tejmirigyben laktózzá szintetizálódott.

MADRID ÉS MTSAI (2013) hízősertésekben a SCHIECK ÉS MTSAI (2010) által leírtakhoz hasonlóan 2,5% illetve 5,0% glicerinkiegészítés hatására nem tapasztaltak változást a plazma glükóz- és koleszterinkoncentrációjában ( $p > 0,05$ ).

#### *A táplálóanyagok tápcsatorna teljes hosszán mért látszólagos emészthetőségének változása*

A takarmányok táplálóanyag- és energiatartalmának emészthetőségét számos tényező befolyásolja. LE GOFF AND NOBLET (2001) megállapítása szerint mind a takarmány kémiai összetétele és a takarmánygyártás technológiája, mind az állatok genotípusa, élősúlya, ivara hatással van a táplálóanyagok tápcsatorna teljes hosszán mért látszólagos emészthetőségére (apparent total-tract digestibility, ATTD).

A glicerinkiegészítés ATTD-re gyakorolt hatását a 19. táblázat mutatja. A glicerinkiegészítés a szárazanyag ATTD-t nem befolyásolta ( $p > 0,05$ ). MADRID ÉS MTSAI (2013) ezzel szemben hízősertésekben a glicerintartalommal (2,5% és 5,0%) lineárisan növekvő szárazanyag-emészthetőséget állapítottak meg ( $p > 0,05$ ). A glicerinkiegészítés a nyersfehérje ATTD-t nem befolyásolta ( $p > 0,05$ ). Ez megegyezett a MADRID ÉS MTSAI (2013) által leírtakkal. A nyerszsír ATTD-re vonatkozóan LE GOFF ÉS NOBLET (2001) növendék sertések esetében 31,6%-os, kocáknál pedig 37,1%-os értéket állapított meg. MADRID ÉS MTSAI (2013) ezzel szemben lényegesen nagyobb értékeket és növekvő

tendenciát határozott meg hizósértésekben (G0: 88,1%; G2,5: 88,0%; G5: 90,1%;  $p < 0,05$ ). Vizsgálataink során az általunk mért értékek a MADRID ÉS MTSAI (2013) által meghatározottakhoz álltak közelebb, viszont a glicerinkiegészítés nem befolyásolta szignifikánsan a nyerszsír ATTD-t (kontroll: 85,02% vs. 5% glicerin: 83,50%).

LE GOFF ÉS NOBLET (2001) a nyersrost ATTD-re vonatkozóan növendék sertéseknél 37,6%-ot állapított meg, míg kocák esetében 51,7%-ot mértek. Vizsgálatunkban a nyersrost ATTD a LE GOFF ÉS NOBLET (2001) által növendéksertések esetében mért értékekhez közelített és a glicerinkiegészítés nem befolyásolta (kontroll: 38,98% vs. 5% glicerin: 38,19%,  $p > 0,05$ ).

*19. táblázat: A glicerinkiegészítés hatása a táplálóanyagok tápcsatorna teljes hosszán mért látszólagos emészthetőségére (5% folyékony glicerin;  $n=2 \times 12$ )*

	<b>Glicerin (%)</b>		<b>SEM</b>	<b>p-érték</b>
	<b>0</b>	<b>5</b>		
Száranyag, %	82,20±1,16	82,63±1,25	0,30	0,77
Nyersfehérje, %	85,67±1,87	85,99±1,67	0,43	0,81
Nyerszsír, %	85,02±1,64	83,50±3,88	0,75	0,10
Nyersrost, %	38,98±5,82	38,19±7,73	1,66	0,90

SEM= standard error of the mean

## 6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A magyarországi állattartó telepekről és termékforgalmazóktól gyűjtött glicerintminták analitikai vizsgálatainak eredményei megerősítették, hogy a biodízelgyártás melléktermékeként keletkező glicerint alkalmazásának potenciális veszélyforrásai (kiemelten a metanolszennyezettség) jelen vannak a hazai gyakorlatban. Ezek alapján a glicerintermékek szigorú minőségellenőrzése javasolt abban az esetben, ha tenyészállataink energiaigényét kívánjuk fedezni glicerinkiegészítés által. Erre alkalmas eszköz lehet az elektronikus orr, mely analitikai tisztaságú mintáknál alkalmasnak bizonyult a glicerint 0,05-0,5% közötti metanolszennyezettségének kimutatására. További javaslatként fogalmazható meg a módszerfejlesztés során léterhozott PLSR kalibráció állattartó telepekről, termékforgalmazóktól származó mintákkal történő validálása. A technika metanolra való érzékenysége miatt azonban a 0,5% feletti vagy ismeretlen metanoltartalmú minták mérése tiszta glicerinnel hígítva ajánlott.

A porított glicerinforrás 1%-ban történő alkalmazását a telepi kis állatlétszám miatt, illetve a ciklusösszetételre való tekintettel nem volt lehetőségünk negatív kondíciójú egyedeknél vizsgálni, így javaslatként fogalmazható meg a vizsgálat kiterjesztése célzottan negatív kondíciójú kocákra.

A folyékony glicerint szoptató kocákkal 5%-ban etetve a laktáció csúcán a tejmenyiséget növelte ( $p < 0,05$ ), ezáltal a tejjel termelt táplálóanyagokra is pozitív hatása volt. A munka folytatásaként javaslatként fogalmazható meg további vizsgálatok beállítása, melyek a



tejjel termelt táplálóanyagok mennyiségének változását és azok malacok súlyára gyakorolt hatását értékelik.

A glicerín alkalmazásának statisztikailag igazolható hatása volt a kocatej zsírsavösszetételére, ennek tisztázása további kísérletek beállítását indokolja.

Az 5%-ban alkalmazott folyékony glicerín a szoptató kocák májenzim-paramétereit (ALT, AST, GGT) nem befolyásolta, ebből az a következtetés vonható le, hogy a glicerínforrás 0,02% metanolszennyezettsége az anyagcsere-folyamatokra nem volt negatív hatással.

A folyékony glicerín alkalmazása a szoptató kocatakarmányokban 5%-ban javasolható a teljesítmény romlása nélkül, azonban a felhasznált glicerínforrás minőségének ellenőrzésére nagy hangsúlyt kell fektetni. Javaslatként fogalmazható meg továbbá újabb dóziskísérletek beállítása nagyobb állatlétszám, különböző ciklusösszetétel (előhasi és többször fialt), és környezeti tényezők (pl. hőstressz), továbbá nagyobb alomméret (14-16 malac/alom) mellett a glicerínkiegészítés szoptató kocák tejtermelésére és anyagcsere-folyamataira gyakorolt hatásainak további értékelésére.

## 7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

- (1) Az elektronikus orral végzett vizsgálatok eredményei szerint a 0,05-0,5% metanoltartalmú mintákra illesztett PLSR (részleges legkisebb négyzetek regressziója) kalibráció vegytiszta minták esetében alkalmas lehet a glicerin metanolszennyezettségének kimutatására, mivel a kalibráció determinációs együtthatója nagy megbízhatóságot mutat ( $R^2=0,91$ ).
- (2) Elsőként igazoltuk, hogy a szilárd hordozóra vitt glicerin (72,92% glicerintartalom, metanolmentes) a szoptató kocák takarmányában 1%-ban biztonsággal alkalmazható a teljesítmény (élősúlyvesztés, takarmányfelvétel, hátszalonna-vastagság, újravemhesüléséhez szükséges napok száma) romlása, valamint egyes, a kocák energiaforgalmát jelző vérparaméterek (glükóz-, koleszterin-és triglicerid-koncentráció) változása nélkül.
- (3) Az 5% folyékony glicerinkiegészítés (87% glicerin, 0,02% metanol) megnövelte a kocatej mennyiségét a laktáció 21. napján a kontrollcsoportéhoz képest ( $p<0,05$ ), viszont nem volt hatással a laktáció vizsgált időszakára (14-28. nap) vonatkozó tejtermelésre ( $p>0,05$ ).
- (4) Az 5% folyékony glicerinetetés (87% glicerin- és 0,02% metanoltartalom) a kocatejben csökkentette a telített zsírsavak (SFAs) részarányát ( $p<0,05$ ) illetve nem befolyásolta az egyszeresen telítetlen zsírsavak (MUFAs) és többszörösen

telítetlen zsírsavak (PUFAs) %-os mennyiségét. Az 5% folyékony glicerint tartalmazó takarmány etetésekor a kocatejben szignifikánsan nagyobb olajsav, vakcénsav és eikozáénsav arány, valamint kisebb mirisztinsav és palmitinsavarányt mértünk. 5% glicerinkiegészítés hatására nőtt az n-3 zsírsavak részaránya a telítetlen zsírsavakon belül.

## 8. ÖSSZEFOGLALÁS

A biodízelgyártás melléktermékeként keletkező glicerin alternatívát jelenthet a nagy teljesítményre predesztinált, mai modern genotípusú kocák takarmányozása során a laktáció alatt jelentkező negatív energiamérleg mérséklésére, felhasználásakor ugyanakkor tekintettel kell lenni arra, hogy a gyártástechnológiából adódóan veszélyforrást (metanol és ásványisó-maradványok) is hordozhat magában.

A doktori munka egyik célja volt a magyarországi forgalomban lévő különböző minőségű („feed grade” = 85%; food grade” = 99,5-99,7% glicerintartalmú) minták átfogó kémiai vizsgálata. A glicerinminták 44%-ánál a metanoltartalom meghaladta a termékleírásban megadott értéket, 33%-ánál pedig a jelenleg hatályban levő Európai Uniók rendeletben megállapított határértéknél (<0,5%) nagyobb mennyiség volt kimutatható. Ez komoly problémát jelenthet abban az esetben, ha a nagyértékű tenyészállatok energiaigényét kívánjuk fedezni glicerinkiegészítés által.

Vegyisztta anyagokra (99,5% glicerin, 99,9% metanol) épülő modellvizsgálatok során megállapítottuk, hogy a glicerintermékekben potenciális veszélyforrást jelentő metanol kimutatására alkalmas gyorsvizsgálati eszköz lehet a különböző aromaprofilok meghatározására használt elektronikus orr. Az Alpha MOS Heracles NEO elektronikus orr berendezéssel végzett mérések során a glicerin metanolszennyezettségét az alábbi koncentrációk szerint modelleztük: 0%; 0,05%; 0,1%; 0,2%; 0,3%; 0,4%; 0,5%. A PLSR kalibráció eredményei alapján

megállapítottuk, hogy a módszer vegytiszta minták esetében alkalmas a glicerín metanolszennyezettségének kimutatására ( $R^2=0,91$ ).

Tenyézkocákkal két etetési kísérletben különböző glicerínforrások hatását értékeltük a kocák teljesítményére, valamint egyes élettani paramétereire a szoptatás időszaka alatt. Magyar nagyfőhő×magyar lapály kocákkal ( $313\pm 24,9$  kg;  $n=2\times 5$ ) végzett vizsgálatban az 1% szilárd hordozóra vitt glicerinnel (71,92% glicerín, 0% metanol) nem volt hatása a szoptató kocák teljesítményére (élő súlyvesztés, takarmányfelvétel, hátszalonna-vastagság, újravemhesüléséhez szükséges napok száma) valamint a vér glükóz-, koleszterin- és triglicerid-koncentrációjára ( $p>0,05$ ).

A folyékony glicerínkiegészítés (87% glicerín-, 0,02% metanoltartalom) 5%-ban alkalmazva nem befolyásolta a kocák (dán nagyfőhő×dán lapály;  $323\pm 17$  kg;  $n=2\times 12$ ) teljesítményét (élő súlyvesztés, takarmányfelvétel, hátszalonna-vastagság, újravemhesüléséhez szükséges napok száma) és a malacok választási súlyát ( $p>0,05$ ). A glicerínkiegészítés a kocatej mennyiségét a laktáció 21. napján növelte ( $p<0,05$ ), viszont a vizsgált időszak (14-28. nap) tejtermelésére nem volt hatással ( $p>0,05$ ). A glicerínkiegészítés a 14., a 21. laktációs napon, valamint a szoptatás vizsgált időszakában csökkentette a tej fehérjetartalmát ( $p<0,05$ ). 5% folyékony glicerín a tej hamutartalmát is csökkentette (14-28. laktációs nap;  $p<0,05$ ). A glicerín etetésekor nem változott a kocatej szárazanyag-, tejszír- és laktóztartalma ( $p>0,05$ ).

A glicerín a laktáció csúcán (21. laktációs nap) a napi tejjel termelt zsír mennyiségét növelte ( $p<0,05$ ), a többi paraméter (szárazanyag, fehérje, laktóz, bruttó energia) nem változott ( $p>0,05$ ). A

napi tejjel termelt szárazanyag, zsír, fehérje és bruttó energia a 21. laktációs napon statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt a 14. és 28. laktációs napon mért eredményekhez képest ( $p < 0,05$ ). A laktációs napoknak a napi tejjel termelt laktóz mennyiségére nem volt hatása ( $p > 0,05$ ).

A glicerinkiegészítés a kontrollcsoporthoz képest csökkentette a kocatejben a telített zsírsavak (SFAs) részarányát, valamint a telített zsírsavakon belül a mirisztinsav (C14:0) és palmitinsav (C16:0) %-os mennyiségét ( $p < 0,05$ ). Az egyszeresen telítetlen zsírsavak (MUFAs) közül a glicerinkiegészítés növelte az olajsav (C18:1, n-9), a vakcénsav (C18:1, n-7) és az eikozénsav (C20:1) %-os mennyiségét ( $p < 0,05$ ) viszont az egyszeresen telítetlen zsírsavak (MUFAs) és a többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFAs) részarányára nem volt hatása ( $p > 0,05$ ).

Folyékony glicerinkiegészítés hatására a szoptató kocák vizsgált vérparaméterei (ALT, AST, GGT, glükóz, összfehérje, albumin, triglicerid, koleszterin) nem változtak ( $p > 0,05$ ).

5% folyékony glicerinkiegészítés nem befolyásolta a szárazanyag-, nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrost tápcsatorna teljes hosszán mért látszólagos emészthetőségét ( $p > 0,05$ ).

A szoptató kocákkal végzett vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a szilárd hordozóra vitt glicerin 1%-ban, a folyékony glicerin 0,02% metanoltartalommal 5%-ban etethető a szoptató kocákkal teljesítményromlás nélkül. Újabb dózis kísérletek szükségesek azonban a glicerinkiegészítés szoptató kocák tejtermelésére és anyagcsere-folyamataira gyakorolt további hatásainak értékelésére.

## 9. TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat: Különböző szenzorok jellemzői és működési elve .....	26
2. táblázat: A glicerín etetésének hatása a választott malacok termelési eredményeire .....	44-45
3. táblázat: A glicerín etetésének hatása a hízósertések termelési eredményeire .....	52-54
4. táblázat: A termelt tej mennyiségének és a kocák fehérje- és zsírraktárainak mobilizálása az alomméret és választott malacok súlyának függvényében .....	56
5. táblázat: A különböző olaj- és zsírforrások szoptató kocák és malacaik teljesítményére gyakorolt hatása .....	59
6. táblázat: A glicerín etetésének hatása a kocák és a malacok termelési eredményeire .....	62
7. táblázat: A glicerínminták minőség és halmazállapot szerinti megoszlása .....	63
8. táblázat: A glicerín metanoltartalmának aromaelemzéssel történő kimutatásához kevert elegyek összetétele .....	65
9. táblázat: A kontroll és kísérleti takarmányok összetétele, vizsgált és számított táplálóanyag-tartalma (1% porított glicerín)....	68
10. táblázat: A kontroll és kísérleti takarmányok összetétele, vizsgált és számított táplálóanyag-tartalma (5% folyékony glicerín) .....	72
11. táblázat: Különböző eredetű glicerínminták forgalmazó által megadott adatai és laborvizsgálati értékei .....	79
12. táblázat: A glicerínkiegészítés hatása a szoptató kocák teljesítményére (1% porított glicerín) .....	88

13. táblázat: A glicerinkiegészítés hatása a szoptató kocák vérparamétereire (1% porított glicerin).....	90
14. táblázat: A glicerinkiegészítés hatása a szoptató kocák teljesítményére (5% folyékony glicerin).....	92
15. táblázat: A malacok választási súlyának változása (5% folyékony glicerin).....	93
16. táblázat: A glicerinkiegészítés hatása a kocatej mennyiségére és táplálóanyag-tartalmára (5% folyékony glicerin) .....	97
17. táblázat: A glicerinkiegészítés hatása a kocatej zsírsavösszetételére .....	100
18. táblázat: A glicerinkiegészítés hatása a szoptató kocák vérparamétereire (5% folyékony glicerin) .....	101
19. táblázat: A glicerinkiegészítés hatása a táplálóanyagok tápcsatorna teljes hosszán mért látszólagos emészthetőségére (5% folyékony glicerin) .....	103



## 10. ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra: A világ bioüzemanyag- (bioetanol és biodízel) előállítása 2000-2016 között ..... 16
2. ábra: A világ biodízel-előállítása 2008-2018 között ..... 16
3. ábra: Az Európai Unió tagállamainak bioüzemanyag-felhasználása a RED I direktíva által előírt 10%-os célértékhez képest ..... 18
4. ábra: A növényi olaj metanollal észterezése katalizátor jelenlétében ..... 19
5. ábra: A biodízel-előállítás folyamata ..... 20
6. ábra: A metanol bomlása és metabolitjai ..... 22
7. ábra: A glicerín metabolizmusa dihidroxi-aceton-foszfátig ..... 30
8. ábra: A glicerín metabolizmusa a szervezet energiaigényének függvényében ..... 31
9. ábra: A tiszta glicerín (a, b) és a 0,05% metanoltartalmú glicerín (c, d) kromatogramjai az AlphaMOS Heracles NEO elektronikus orr MXT-5 (a, c) és MXT-1701 (b, d) oszlopán mérve ..... 82
10. ábra: Az analitikai tisztaságú alapanyagokból előállított, különböző arányban (0 – 0,5%) metanolt tartalmazó glicerínminták e-orron mért intenzitásértékei a metanolra jellemző retenciós indexeknél (MXT-5 kolonna utáni FID-1: 435,56; MXT-1701 kolonna utáni FID-2: 502,47) ..... 83
11. ábra: Az aromaprofilok alapján futtatott főkomponenselemzés (PCA) értékei az egyes metanolkoncentrációkhoz (0%, 0,05%, 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4%, 0,5%) tartozó

glicerint minták háromszori mérési eredményeinek megjelölésével .....	84
12. ábra: Az aromaprofilok alapján futtatott diszkriminancia faktor analízis (DFA) értékei az egyes metanolkoncentrációkhoz (0%, 0,05%, 0,1%, 0,2%, 0,3%,0,4%, 0,5%) tartozó glicerint minták háromszori mérési eredményeinek megjelölésével.....	85
13. ábra: Az aromaprofilok alapján futtatott, a tiszta glicerint megfelelőnek tekintő SIMCA eredménye az egyes koncentrációkhoz tartozó minták háromszori mérési eredményeinek megjelölésével .....	86
14. ábra:Az aromaprofilok alapján metanoltartalomra illesztett kalibráció eredménye .....	86

## 11. IRODALOMJEGYZÉK

- Agriculture and Horticulture Development Board (2016): Pig cost of production in selected countries  
<https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/Imported%20Publication%20Docs/2016%20Pig%20cost%20of%20production%20in%20selected%20countries.pdf>
- Andrade, G.P., Carvalho, F.F.R., Batista, A.M.V., Pessoa, R.A.S., Costa, C.A., Cardoso, D.B. (2018): Evaluation of crude glycerin as a partial substitute of corn grain in growing diets for lambs. *Small Rumin Res*, 165:41-7.
- Ariko, T., Kass, M., Henno, M., Fievez, V., Kärt, O., Kaart, T. (2015): The effect of replacing barley with glycerol in the diet of dairy cows on rumen parameters and milk fatty acid profile. *Anim Feed Sci Technol*, 209:69-78.
- Aouadi, B., Zaukuu, J.-L.Z., Vitális, F., Bodor, Z., Fehér, O., Gillay, Z., Bazar, G., Kovacs, Z. (2020): Historical evolution and food control achievements of near infrared spectroscopy, electronic nose, and electronic tongue—critical overview. *Sensors*, 20:5479.
- Ádám, V., Faragó, A., Machovich, R., Mandl, J., Dux, L., Sümegi, B. (2001): Orvosi biokémia, Medicina Könyvkiadó, Budapest. pp. 92-140, 143-190.
- Baba, H.X., Zhang, J., Wolfe, R.R. (1995): Glycerol gluconeogenesis in fasting humans. *Nutrition*, 11:149-153.
- Bajramaj D.L., Curtis R.V., Kim J.J.M., Corredig M., Doelman J., Wright T.C. (2017): Addition of glycerol to lactating cow diets stimulates dry matter intake and milk protein yield to a greater extent than addition of corn grain. *J Dairy Sci*, 100(8): 6139-50.
- Baldwin, E.A., Bai, J., Plotto, A., Dea, S. (2011): Electronic noses and tongues: applications for the food and pharmaceutical industries. *Sensors*, 11:4744-4766.
- Balog, K. (2005): Energiaellátás, energiatakarékosság világszerte, BME OMIKK, 44:45–50.
- Bartlett, P.N., Gardner, J.W. (1992): Odour sensors for an electronic nose. In: Gardner J.W., Bartlett P.N. (eds) Sensors and sensory systems for an electronic nose. NATO ASI Series (Series E: Applied Sciences), vol 212. Springer
- Bartelt, J., Schneider, H. D. (2002): Glycerine in der Tierernährung. *UFOP Schriften*, Heft 17. Bonn, Germany, pp. 15–36.

- Bordás, I. (2006): Toxikológia jegyzet, Országos Kémia Biztonsági Intézet, Budapest. 50.
- Boyd, R.D., Moser, B.D., Peo, E.R., Lewis, A.J., Johnson, R.K. (1982): Effect of tallow and choline chloride addition to the diet of sows on milk composition, milk yield and preweaning pig performance. *J Anim Sci*, 54:1–7.
- Brambilla, S., Hill, F.W (1966): Comparison of neutral fat and free fatty acids in high lipid-low carbohydrates diets for the growing chicken. *J Nutr*, 88:84–92.
- Campagnoli, A., Cheli, F., Polidori, C., Zaninelli, M., Zecca, O., Savoini, G., Pinotti, L., Dell’Orto, V. (2011): Use of the electronic nose as a screening tool for the recognition of durum wheat naturally contaminated by deoxynivalenol: A preliminary approach, *Sensors*, 11:4899-4916.
- Campbell, A.J., Hill, F.W. (1962): The effects of protein source on the growth promoting action of soybean oil, and the effect of glycerine in a low fat diet. *Poult Sci*, 41:881-882.
- 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. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 26. 193–198.
- Cerrate, S., Yan, F., Wang, Z., Coto, C., Sacakli, P., Waldroup, P.W. (2006): Evaluation of canola meal from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. *Int J Poult Sci*, 5:1001-1007.
- Cheli, F., Campagnoli, A., Pinotti, L., D’Ambrosio, F., Crotti A., (2007): Electronic nose application in animal protein sources characterisation in pet food, in Proceedings of the LXI Annual Meeting of the Italian Society for Veterinary Science, Salsomaggiore Terme (PR), Italy, 26-29 September 2007, 26-29.
- Cheli, F., Campagnoli, A., Pinotti, L., Savoini, G., Dell’Orto V., (2009): Electronic nose for determination of aflatoxins in maize. *Biotechnol Agron Soc Enviro*, 13:39-43.
- Coffey, M.T., Seerley, R.W., Mabry, J.W., (1982): The effect of source of supplemental dietary energy on sow milk yield, milk composition and litter performance. *J Anim Sci*, 55:1388–1394.
- Cufadar, Y., Göçmen, R., Kanbur, G. (2016): The effect of replacing soya bean oil with glycerol in diets on performance, egg quality and egg fatty acid composition in laying hens. *Animals*, 10:1-6.
- Dalmadi, I., Seregely, Zs., Farkas, J., Kaffka, K. (2007): Néhány többváltozós kemometriai módszer alkalmazása műszeres

- analitikai vizsgálatok értékelésére. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*, 53:222-238.
- Danish Pig Research Centre (2017): Nutrient Requirement Standards. 25. kiadás  
<http://eng.vsp.lf.dk/~media/Files/PDF%20%20UK/Normer/Nutrient%20req%20Denmark.pdf>
- Dasari, M. (2007): Crude glycerol potential described. *Feedstuffs*, 79:1-3.
- DeFrain J.M., Hippen A.R., Kalscheur K.F., Jardon P.W. (2004): Feeding glycerol to transition dairy cows: effects on blood metabolites and lactation performance. *J Dairy Sci*, 87:4195-4206.
- Della Casa, G., Bochicchio, D., Faeti, V., Marchetto, G., Poletti, E., Garavaldi, A., Panciroli, A., Brogna, N. (2009): Use of pure glycerol in fattening heavy pigs. *Meat Sci*, 81:238–244.
- De Quelen, F., Boudry, G., Mourot, J., (2013): Effect of different contents of extruded linseed in the sow diet on piglet fatty acid composition and hepatic desaturase expression during the post-natal period. *Animals*, 7:1671–1680.
- Di Natale, C., Macagnano, A., Martinelli, E., Paolesse, R., Proietti, E., D’Amico, A. (2001): The evaluation of quality of post-harvest oranges and apples by means of an electronic nose. *Sens Actuators B Chem*, 78:26-31.
- Donkin, S.S., Pallatin, M.R., Doane, P.H., Cecava, M.J., White, H.M., Barnes, E., (2007): Performance of dairy cows fed glycerol as a primary feed ingredient. *J Dairy Sci*, 90:350.
- 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.
- Dozier, W. A., Kerr, B. J., Corzo, A., Kidd, M. T., Weber, T. E., & Bregendahl, K. (2008): Apparent metabolizable energy of glycerin for broiler chickens. *Poult Sci*, 87: 317–322.
- 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.
- Éles. V., Bázár, G., Kövér, Gy., Hancz, Cs., Kovács, Z., Hullár, I., Romvári, R. (2015): Electronic nose for evaluating cat food quality, 16th Symposium on Olfaction and Electronic Nose, June 2015, pp. 101-102.
- Eurostat (2017): Short assessment of renewable energy sources. Summary results.  
<https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/9571695/8-12022019-AP-EN.pdf/b7d237c1-ccea-4adc-a0ba-45e13602b428>
- Ezequiel, J.M.B., Sancanari, J.B.D., Machado, N.O.R, da Silva, Z.F., Almeida, M.T.C., Silva, D.A.V. (2015): Effects of high concentrations of dietary crude glycerin on dairy cow productivity and milk quality. *J Dairy Sci*, 98:8009-8017.
- Farmer, C., Giguère, A., Lessard, M. (2010): Dietary supplementation with different forms of flax in late gestation and lactation: effects on sow and litter performances, endocrinology, and immune response. *J Anim Sci*, 88:225–237.
- Fekete, S. (2009): Állatorvosi takarmányozástan és dietetika I. kötet. Szent István Egyetem Állatorvos-tudományi Kar, Budapest, 567., 576.
- Fisher, L.J., Erfle, J.D., Lodge, G.A., Sauer, F.D. (1973): Effects of propylene glycol or glycerol supplementation of the diet of dairy cows on feed intake, milk yield and composition, and incidence of ketosis. *Can J Anim Sci*, 53:289-296.
- Folch, J., Lees, M., Stanley, G.H.S. (1957): A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J Biol Chem*, 226:497–509.
- Fonseca, J.M., Teleken, J.G., de Cinque Almeida V., da Silva, C. (2019): Biodiesel from waste frying oils: Methods of production and purification. *Energy Convers Manag*, 184:205–218.
- Fontinele, G.S.P., Leite, S.C.B., Cordeiro, C.N., Goulart, C., Costa, A.C., Neves, J.O. (2017): Glycerin from biodiesel in the feeding of red-egg layers. *Semina Ciências Agrárias* 38:1009-1016.
- Freitas, L., Menten, J., Zavarize, K.C., Pereira, R., Romano, G.G., Lima, M.B., Dias, C.T.S. (2017): Evaluation of dietary glycerin inclusion during different broiler rearing phases. *Rev Bras Cienc Avic*, 9:91-96.

- Gaillard, C., Sørensen, M.T., Vestergaard, M., Weisbjerg, M.R., Larsen, M.K., Martinussen, H., Kidmose, U., Sehested, J. (2018): Effect of substituting barley with glycerol as energy feed on feed intake, milk production and milk quality in dairy cows in mid or late lactation, *Livest Sci*, 209:25-31.
- Gallego, G., Ivan, M., Carvalho, P.L.O., Perondi, D., Pasquetti, T., Gonçalves, L.M.P., (2016): Neutral semi-purified glycerin in growing and finishing pigs feeding. *Ital J Anim Sci*, 15:87–93.
- Gerpen, J. (2005): Biodiesel processing and production. *Fuel Proc Tech*, 86:1097-1107.
- Gobbi, E., Falasconi, M., Torelli, E., Sberveglieri, G. (2011): Electronic nose predicts high and low fumonisin contamination in maize cultures. *Food Res Int*, 44:992–999.
- Goldfrank, L.R., Flomenbaum, N.E. (1998): Goldfrank's toxicologic emergencies, 6. kiadás Appleton & Lange, Stamford (CT). 1049-1060.
- Gonçalves, V.L.C., Pinto, B.P., Silva, J.C., Mota, C. (2008): Acetylation of glycerol catalyzed by different solid acids. *Adv Catal*, 673: 133-135.
- Goodband, B., Tokach, M., Dritz, S., DeRouchey, J., Nelssen, J. (2005): Nutritional strategies for optimizing sow reproductive performance  
[www.gov.mb.ca/agriculture/livestock/pork/swine/pdf/bab20s10.pdf](http://www.gov.mb.ca/agriculture/livestock/pork/swine/pdf/bab20s10.pdf)
- 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.
- 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.
- 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.

- Henz, J. R., Nunes, R. V., Eyng, C., Pozza, P. C., Frank, R., Schone, R. A., Oliveira, T. M. M. (2004): Effect of dietary glycerin supplementation in the starter diet on broiler performance. *Czech J Anim Sci*, 59: 557-563.
- Hernández, F., Orenge, J., Villodre, T., C., Martinez, S., López, M.J. Madrid, J. (2016). Addition of crude glycerin to pig diets: Sow and litter performance, and metabolic and feed intake regulating hormones. *Animals*, 10:919–926.
- Hurley, W.L. (2015): Composition of sow colostrum and milk. In: the gestation and lactating sow. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, 193–218.
- Huszenicza, Gy., Fébel, H., Gáspárdy, A., Gaál, T. (2002): A nagy tejtermelésű tehén takarmányozásának, tejtermelésének és szaporodóképességének kapcsolata. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 124:719-725.
- Ingvartsen, K. L. (2006): Feeding- and management-related diseases in the transition cow: Physiological adaptations around calving and strategies to reduce feeding-related diseases. *Anim Feed Sci Tech*, 126:175-213.
- Iwaki, T., Covington, J.A., Udrea, F., Gardner, J.W. (2009): Identification and quantification of different vapours using a single polymer chemoresistor and the novel dual transient temperature modulation technique. *Sens Actuators B Chem*, 141:370-380.
- Jackson, J.R., Hurley, W.L., Easter, R.A., Jensen, A.H., Odle, J., (1995): Effects of induced or delayed parturition and supplemental dietary fat on colostrum and milk composition in sows. *J Anim Sci*, 73:1906-13.
- 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.
- Jiang, L., Jun, H.K., Hoh, Y.S., Lim, J.O., Lee, D.D., Huh, J.S. (2005): Sensing characteristics of polypyrrole–poly(vinyl alcohol) methanol sensors prepared by in situ vapor state polymerization. *Sens Actuators B Chem*, 105:132-137.
- Jin, C., Fang, Z., Lin, Y., Che, L., Wu, C., Xu, S., Feng, B., Li, J., Wu, D. (2017): Influence of dietary fat source on sow and litter performance, colostrum and milk fatty acid profile in late gestation and lactation. *Anim Sci J*, 88:1768–1778.



- Johnson, R.B. (1954) The treatment of ketosis with glycerol and propylene glycol. *Cornell Vet*, 44:6-21.
- Karinen, R. S., Krause A. O. I. (2006): New biocomponents from glycerol. *Appl Cat A*, 306:128-133.
- Karsai F., Kutas, F. (1982): A zsíryananyagfoglaló. In: Állatorvosi Kórélettan, (szerk.) Karsai F., Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 403.
- Kass, M., Ariko, T., Samarütel, J., Ling, K., Jaakson, H., Kaart, T. (2013): Long-term oral drenching of crude glycerol to primiparous dairy cows in early lactation. *Anim Feed Sci Tech*, 184:58-66.
- Kerr, B.J., Weber, T.E., Dozier, W.A., 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.
- Khalili, H., Varvikko, T., Toivonen, V., Hissa, K., Suvitie, M. (1997): The effects of added glycerol or unprotected free fatty acids or a combination of the two on silage intake, milk production, rumen fermentation and diet digestibility in cows given grass silage based diets. *Agric Food Sci Finl*, 6:349-62.
- Kholif A. E. (2019). Glycerol use in dairy diets: A systemic review. *Anim Nutr*, 5(3): 209–216.
- 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.
- Koketsu, Y., Dial, G.D., Pettigrew, J.E., Marsh, W.E., King, V.L. (1996): Characterization of feed intake patterns during lactation in commercial swine herds. *J Anim Sci*, 74:1202–1210.
- Korel, F., Balaban, M.O. (2009): Electronic nose technology in food analysis. In: Handbook of food analysis instruments (Ötles S. ed.), CRC Press, Boca Raton, 365-374
- Kovács, P. (2010): A biodízel gyártás során keletkező glicerinnel takarmányozási célú felhasználása a húzósertéseknél. Palatia Nyomda és Kiadó Kft., 21.
- Lammers, P.J., Kerr, B.J., Honeyman, M., Stalder, K., Dozier, W.A., Weber, T., Kidd, M.T., Bregendahl, K. (2008a): Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. *Poult Sci*, 87:104-7.
- Lammers P.J., Kerr, B.J., Weber, T.E., Dozier, W.A., Kidd, M.T., Bregendahl, K., Honeyman, M.S. (2008b) Digestible and

- metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. *J Anim Sci* 86:602-8.
- Lauridsen, C., Danielsen, V. (2004): Lactational dietary fat levels and sources influence milk composition and performance of sows and their progeny. *Livest Prod Sci*, 91:95-105.
- Le Goff, G., Noblet, J. (2001): Comparative total tract digestibility of dietary energy and nutrients in growing pigs and adult sows. *J Anim Sci*, 79:2418–2427.
- Leng, R.A. (1970): Glucose synthesis in ruminants. *Advances in Veterinary Science Comparative Medicine*, 14:209-60.
- Leonard, S.G., Sweeney, T., Babar, B., Lynch, B.P., O’Doherty, J.V., (2010): Effect of maternal fish oil and seaweed extract supplementation on colostrum and milk composition, humoral immune response, and performance of suckled piglets. *J Anim Sci* 88:2988–2997.
- Lin, M.H., Romsos, D.R., Leveille, G.A. (1976): Effect of glycerol on enzyme activities and on fatty acid synthesis in the rat and chicken. *J Anim Nutr*, 106:1668–1677.
- Lippolis, V., Pascale, M., Cervellieri, S., Damascelli, A., Visconti A., (2014): Screening of deoxynivalenol contamination in durum wheat by MOS-based electronic nose and identification of the relevant pattern of volatile compounds. *Food Control*, 37:263-270.
- Lomander, H., Frössling, J., Ingvarsen, K.L., Gustafsson, H., Svensson, C. (2012): Supplemental feeding with glycerol or propylene glycol of dairy cows in early lactation effects on metabolic status, body condition, and milk yield. *J Dairy Sci*, 95:2397-408.
- 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
- Magyar Takarmánykódex III. (2004): Vizsgálati módszerek, eljárások. Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet, Budapest, 2004.
- Mandalawi, H., Lázaro, R., Redon, M., Herrera, J., Menoyo, D., Mateos, G. (2015): Glycerin and lecithin inclusion in diets for brown egg-laying hens: Effects on egg production and nutrient digestibility. *Anim Feed Sci Tech*, 209:145-156.

- 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.
- McNamara, J., Pettigrew, J. (2002): Protein and fat utilization in lactating sows: I. Effects on milk production and body composition. *J Anim Sci*, 80:2442-51.
- Mézes, M. (1997): Takarmányártalmak, takarmánytoxikológia, tantárgyi összefoglaló; Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Takarmányozástani Tanszék. 7.
- Mielle, P. (1996): Managing dynamic thermal exchanges in commercial semiconducting gas sensors. *Sens Actuators B Chem*. 34:533-538
- Miller, G.M., Conrad, J.H., Harrington, R.B., (1971): Effect of dietary unsaturated fatty acids and stage of lactation on milk composition and adipose tissue in swine. *J Anim Sci*, 32:79–83.
- Mohapatra, P., Cox, N., Banerjee, P., (2015): Development of flavour profile of pet food palatants using electronic nose and electronic tongue, 16th Symposium on olfaction and electronic nose, June 2015, 35-36.
- Mourot, J., Aumaitre, A., Mouner, A., Peiniau, P.A., François, A.C., Peyronnet, C., Jamet, J.P. (1993): Effect of glycerol in the diet on growth performances and on meat quality in The Large White Pig. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 25: 29-36.
- National Reserach Council (2012): Nutrient requirements of swine. The National Academies Press, Washington. 232-233.
- Neal, S., Irvin, K., Shurson, G. (1999): Effect of lactation diet fat level on sow and litter performance. *Prof Anim Sci*, 15:7-13.
- Nelson, D.L., Cox, M.M., (2000): Lehninger principles of biochemistry, 3rd Ed. New York: Worth. 3788-3795.
- Neville, W. J., Macpherson, J. W., Reinhart, B., (1971): The contraceptive action of glycerol in chickens. *Poult Sci*, 50:1411-1415.
- Noblet, J., Etienne, M., (1986): Effect of energy level in lactating sows on yield and composition of milk and nutrient balance of piglets. *J Anim Sci* ,63:1888–1896.
- Normenkommision für Einzelfuttermittel, Zentralaussschuss der Deutschen Landwirtschaft (2012): Positivliste für Einzelfuttermittel. 47.
- OECD-FAO (2015): OECD-FAO Agricultural Outlook 2015, OECD Publishing, Párizs

- Ogborn, K.L. (2006) Effects of method of delivery of glycerol on performance and metabolism of dairy cows during the transition period. Ithaca, NY: Cornell Egyetem.
- 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.
- Omazic, A.W., Tråvén, M., Bertilsson, J., Holtenius, K. (2013): High- and low-purity glycerine supplementation to dairy cows in early lactation: effects on silage intake, milk production and metabolism. *Animal*, 7:1479-85.
- Paiva, P.G., Del Valle, T.A., Jesus, E.F., Bettero, V.P., Almeida, G.F., Bueno, I.C.S., Bradford, B.J., Rennó, F.P. (2016): Effects of crude glycerin on milk composition, nutrient digestibility and ruminal fermentation of dairy cows fed corn silage-based diets. *Anim Feed Sci Tech*, 212:136-142.
- Pagliaro, B.M., Rossi, M., Pagliaro, M. (2008): Glycerol: properties and production. 1–18.
- Patel, N.G., Patel, P.D. Vaishnav, V.S. (2003): Indium tin oxide (ITO) thin film gas sensor for detection of methanol at room temperature. *Sens Actuators B Chem*, 96:180-189.
- Peng, Y., Ren, F., Yin, J.D., Fang, Q., Li, F.N., Li, D.F., (2010): Transfer of conjugated linoleic acid from the sows to their offspring and its impact on the fatty acid profiles of plasma, muscle, and subcutaneous fat in piglets. *J Anim Sci*, 88:1741–1751.
- Pettigrew, J.E. (1981): Supplemental dietary fat for periparturient sows: a review. *J Anim Sci*, 53:107–117.
- Rathi, M., Sakhuja V., Jha V. (2006): Visual blurring and metabolic acidosis after ingestion of bootlegged alcohol. *Hemodial Int*, 10:8-14.
- Renaudeau, D., Noblet, J., (2001): Effects of exposure to high ambient temperature and dietary protein level on sow milk production and performance of piglets. *J Anim Sci*, 79:1540–1548.
- Rosero, D., Heugten, E., Odle, J., Cabrera, R., Arellano, C., Boyd, R. (2011): Sow and litter response to supplemental dietary fat in lactation diets during high ambient temperatures. *J Anim Sci*, 90:550-559.

- 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.
- Schmidt, J., Zsédely, E. (2012): Effect of glycerol on the growing performance of broilers and on the nutrient content of meat, as well as apparent metabolizable energy content of glycerol in the nutrition of broiler chickens. *Arch Geflügelkd*, 76:113-120.
- Schröder, A., Südekum, K.H. (1999): Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets for ruminants. In: Wratten N, Salisbury PA, editors. International rapeseed congress. Canberra, Australia; 241.
- Seerley, R.W., Snyder, R.A., McCampbell, H.C. (1981): The influence of sow dietary lipids and choline on piglet survival, milk and carcass composition. *J Anim Sci*, 52:542–550.
- 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.
- Shin, J.H., Wang, D., Kim, S.C., Adesogan, A.T., Staples, C.R. (2012): Effects of feeding crude glycerin on performance and ruminal kinetics of lactating Holstein cows fed corn silage or cottonseed hull-based, low-fiber diets. *J Dairy Sci*, 95:4006-16.
- Shurson, G.C., Hogberg, M.G., DeFever, N., Radecki, S.V., Miller, E.R. (1986): Effects of adding fat to the sow lactation diet on lactation and rebreeding performance. *J Anim Sci*, 62:672–680.
- Shurson, G.C., Irvin, K.M. (1992): Effects of genetic line and supplemental dietary fat on lactation performance of Duroc and Landrace sows. *J Anim Sci*, 70:2942–2949.
- Simon, A., Bergner, H., Schwabe, M. (1996): Glycerol: feed ingredient for broiler chickens. *Arch Anim Nutr*, 49:103-112.
- Stein, H.H., Seve, B., Fuller, M.F., Moughan, P.J., De Lange, C. (2007): Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in pig feed ingredients: Terminology and application. *J Anim Sci*, 85: 172–180.

- 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.
- Theil, P.K., Jørgensen, H., Jakobsen, K., (2004): Energy and protein metabolism in lactating sows fed two levels of dietary fat. *Livest Prod Sci*, 89:265–276.
- Thompson, J.C., He, B.B. (2006): Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks, *Appl Eng in Agric*, 22:261-265.
- Tilton, S.L., Miller, P.S., Lewis, A.J., Reese, D.E., Ermer, P.M. (1999): Addition of fat to the diets of lactating sows: I. Effects on milk production and composition and carcass composition of the litter at weaning. *J Anim Sci*, 77:2491–2500.
- Tokach, M.D., Menegat, M.B., Gourley, K.M., Goodband, R.D. (2019): Review: Nutrient requirements of the modern high-producing lactating sow, with an emphasis on amino acid requirements, *Anim*, 13:2967-2977.
- Tóth, T., Mwau, P., Bázár, G., Andrásy-Baka, G., Hingyi, H., Csavajda, É., Varga, L. (2019): Effect of feed supplementation based on extruded linseed meal and fish oil on composition and sensory properties of raw milk and ultra-high temperature treated milk. *Int Dairy J*, 99:104552.
- Tyson, K.S., Bozell, J., Wallace, R., Petersen, E., Moens, L. (2004): Biomass oil analysis: research needs and recommendations. Technical Report. 61.
- Van den Brand, H., Heetkamp, M.J.W., Soede, N.M., Schrama, J., Kemp, B. (2000): Energy balance of lactating primiparous sows as affected by feeding level and dietary energy source. *J Anim Sci*, 78:1520-1528.
- Várnagy, L. (2009): Mérgezések. Takarmány és ivóvíz eredetű mérgezések: Konyhasómérgezés. In: Egri, B. (Szerk.) Az állategészség-védelem alapjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 214-215.
- Westfall, F. D., Howarth, B. (1976): The effect of time of glycerol deposition on fertility of chickens. *Poult Sci*, 55:2105-2106
- White, C.E., Head, H.H., Bachman, K.C., Bazer, F.W., (1984): Yield and composition of milk and weight gain of nursing pigs from sows fed diets containing fructose or dextrose. *J Anim Sci*, 59:141–150.
- Wilson, A.D.; Baietto, M. (2009): Applications and advances in electronic-nose technologies. *Sensors*, 9:5099-5148.

- Wongchoosuk, C., Wisitsoraat, A., Tuantranont, Adisorn. (2010): Portable electronic nose based on carbon nanotube-SnO<sub>2</sub> gas sensors and its application for detection of methanol contamination in whiskeys. *Sens Actuators B Chem*, 147:392-399.
- World Bioenergy Association (2019): Global energy statistics 2019, 43.
- Yalçın, S., Erol, H., Özsoy, B., Onbaşlar, İ., Yalçın, S., Uner, A. (2010): Effects of glycerol on performance, egg traits, some blood parameters and antibody production to SRBC of laying hens. *Livest Sci*, 129:129-134.
- Yantao, L.V., Guan, W., Qiao, H., Wang, C., Chen, F., Zhang, Y., Liao, Z., (2018): Veterinary medicine and omics (veterinomics): metabolic transition of milk. *Genes Nutr*, 19:602–616.
- Yao, W., Li, J., Wang, J., Zhou, W., Wang, O., Zhu, R., Wang, F., Thacker, P., (2012): Effects of dietary ratio of n-6 to n-3 polyunsaturated fatty acids on immunoglobulins, cytokines, fatty acid composition, and performance of lactating sows and suckling piglets. *J Anim Sci Biotechnol*, 3:43.
- Zhang, H., Wang, J., Ye, S., Chang, M. (2012): Application of electronic nose and statistical analysis to predict quality indices of peach. *Food Bioproc Tech*, 5:65-72.
- 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. *Can J Anim Sci*, 89:85–88.
- 68/2013/EU Rendelet a a takarmány-alapanyagok jegyzékéről, *Az Európai Unió Hivatalos Lapja*, 63.
- 2009/28/EK Az Európai Parlament és Tanács irányelve a megújuló energiaforrásból előállított energia támogatásáról, valamint a 2001/77/EK és a 2003/30/EK irányelv módosításáról és azt követő hatályon kívül helyezéséről, *Az Európai Unió Hivatalos Lapja*, 140/16-62.
- 2018/2001/EU Az Európai Parlament és Tanács irányelve a megújuló energiaforrásokból előállított energia használatának előmozdításáról, *Az Európai Unió Hivatalos Lapja*, 328/82-207.

**Internetes hivatkozások:**

URL<sub>1</sub>: [http://www.nak.hu/images/Mezogazdasag/Dr.\\_F%C3%A9bel\\_Hedvig.pdf](http://www.nak.hu/images/Mezogazdasag/Dr._F%C3%A9bel_Hedvig.pdf)

URL<sub>2</sub>: <http://www.answers.com/topic/glycerol>



## KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Köszönettel és hálával tartozom témavezetőimnek Prof. Dr. Egri Borisznak és Dr. Tóth Tamásnak, akik bizalmukkal és szakmai iránymutatásukkal segítettek munkámat, valamint megteremtették a laboratóriumi vizsgálatokhoz és a kísérletekhez szükséges feltételeket.

Hálásan köszönöm Dr. Bázár Györgynek az elektronikus orral végzett mérésekkel kapcsolatosan nyújtott segítségét.

Köszönet illeti Nagy Gyulát és Nagy Katalint, akik az első kocakísérlet beállításához szükséges feltételek biztosításával segítettek a kutatómunkát. A második kocakísérlet lebonyolításában nyújtott gyakorlati segítségéért köszönet illeti a Bonafarm-Bábolna Takarmány Kft. és a Kaposvári Egyetem Termékfejlesztési és Nyomonkövetési Kutató Központjának dolgozóit.

Köszönettel tartozom Dr. Fábíán Jánosnak a Bonafarm-Bábolna Takarmány Kft. K+F Igazgatójának szakmai segítségéért. Köszönet illeti Herczig Beát, a Bonafarm-Bábolna Takarmány Kft. laboratóriumi ágazatvezetőjét, akihez mintákkal és szakmai kérdésekkel egyaránt fordulhattam.

Hálával tartozom Tenke Jánosnak, Czompó Krisztiánnak, Horák Andrásnak, Tóth Zoltánnak és Gerencsér Gábornak, akiknek a gyakorlati segítségére mindig számíthattam. Bízató szavaikkal, humorukkal Ők tartották bennem a lelket egy-egy maratonira nyúló tejtermelés-mérés során. Ezt sosem feledem.

Köszönettel és öleléssel tartozom a Hozzám közelállóknak, Barátoknak, Családtagoknak, akik támogatásukkal mindig Mellettem álltak, bíztattak és töretlen hitükkel arra ösztönöztek, hogy járjam végig ezt az utat és ne adjam fel.

## A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

### Idegen nyelvű tudományos közlemények

**Vida, O.,** Fábán, J., Bazar, G., Egri, B., Tóth, T. (2019): The effect of dietary glycerol supplementation on milk production and composition, blood parameters and performance of lactating sows. *Livestock Science*, 230 Paper 103859.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103859>

**Vida, O.,** Egri, B., Tóth, T. (2018): The effect of feeding different glycerol sources on the performance of lactating sows. *Acta Agraria Debreceniensis*, 75:99-103.

DOI: <https://doi.org/10.34101/actaagrar/75/1654>

### Magyar nyelvű tudományos közlemények

**Vida, O.,** Egri, B., Tóth, T. (2020): A folyékony glicerinkiegészítés hatása a szoptató kocák teljesítményére, valamint a kocatej mennyiségi és minőségi paramétereire, *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 69:(4):375-386.

**Vida, O.,** Egri, B., Tenke, J., Horák A., Tóth T. (2018): Szilárd és folyékony glicerinkiegészítés hatása a szoptató kocák teljesítménymutatóira, tejtermelésére és néhány vérparaméterére, *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 67:(2):78-91.

**Vida, O.,** Egri, B., Tóth, T. (2017): A glicerintetetés jelentősége a sertések takarmányozásában: Irodalmi összefoglaló, *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 66:(1):67-86.

## Konferencia előadások, proceedingben megjelent közlemények

- Vida, O.,** Egri, B., Tóth, T. (2017): Különböző glicerinforrások etetésének hatása a szoptató kocák termelési eredményeire. „*A jövő tudósai a vidék jövője*” konferencia. Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debrecen, 2017.11.24.
- Vida, O.,** Egri, B., Nagy, K., Tóth, T. (2017): Különböző glicerinforrások etetésének vizsgálata szoptató kocák takarmányozása során (bevezető eredmények), In: Bene Szabolcs (szerk.) *XXIII. Ifjúsági Tudományos Fórum*. Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 2017. 05 26. (ISBN: 978-963-9639-87-4)
- Vida, O.,** Egri, B., Tóth, T. (2016). A glicerin etetésének vizsgálata szoptató takarmányozása során (bevezető eredmények), In: Szalka Éva, Bali Papp Ágnes (szerk.) *XXXVI. Óvári Tudományos Nap: Hagyomány és innováció az agrár- és élelmiszergazdaságban*. Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Mosonmagyaróvár, 2016.11.10 Mosonmagyaróvár, pp. 290-300. (ISBN:978-615-5391-79-8)

## Magyar nyelvű ismeretterjesztő közlemények

- Vida, O.,** Tóth, T., Egri, B. (2018): A glicerinkiegészítés hatása a tenyészkocák és malacaik teljesítményére. *Agro Napló*, 22:(9):88-89.
- Vida, O.,** Tóth, T., Egri, B. (2015): A glicerinetetés potenciális veszélyei. *Agro Napló*, 19:(6):93-94.

**A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉN KÍVÜL MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK**

- Vida, O.** (2020): Objektíven a ZnO-mentes malactakarmányozásról. *Magyar Állattenyésztők Lapja*, 25:(4):36.
- Vida, O.,** Tenke, J., Czompó, K., Tanai, A., Fábíán, J. (2019): Effect of different dietary fiber sources and pharmacological level of ZnO on the growth performance of weaned piglets. *Zero Zinc Summit*. Koppenhága, Dánia, 2019.06.17-18.
- Vida, O.,** Tóth, Sz. (2019): Közeli infravörös spektroszkópia – folyamatfelügyelő, támogató és analizáló technológia a minőségi takarmánygyártás szolgálatában. *PREGA 2019*. Budapest, 2019.02.20.
- Nagy, K., Fébel, H., Sudár, G., Tossenberger, J., **Vida O.,** Tóth, T. (2017): A hazai növendéksertés-takarmánykeverékek nyersrosttartalmának és rostfrakcióinak vizsgálata In: Bene Szabolcs (szerk.) *XXIII. Ifjúsági Tudományos Fórum*. Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Keszthely, 2017. 05 26. (ISBN: 978-963-9639-87-4)
- Czompó, K., **Vida, O.,** Deák, E. (2016): The evaluation of DON and D3G content of naturally contaminated pig feed before and after in vitro digestibility test with HPLC-ESI-MS/MS method, *38th Mycotoxin Workshop* In: Manfred Gareis, Cristoph Gottschalk (szerk)., 80 p. Berlin, Németország, 2016.05.02-2016.05.04.
- Vida, O.,** Fábíán, J. (2015). Mikotoxin helyzetkép a sertéstakarmányokban, *Agrárágazat*, 16:(5):162-165.