

TDK DOLGOZAT

Vida Orsolya

Mosonmagyaróvár
2014

NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR
MOSONMAGYARÓVÁR
ÁLLATTUDOMÁNYI INTÉZET
TAKARMÁNYOZÁSTANI INTÉZETI TANSZÉK
ÁLLATÉLET-TANI ÉS ÁLLATEGÉSZSÉG-TANI INTÉZETI TANSZÉK

**MEGFIGYELÉSEK SZOPTATÓ KOCÁK GLICERINNEL KIEGÉSZÍTETT
TAKARMÁNYAINAK TAKARMÁNYANALITIKAI VIZSGÁLATAIRÓL,
TERMELÉSI EREDMÉNYEKRE GYAKOROLT HATÁSAIRÓL**

Vida Orsolya
Agrármérnök mesterképzési szak (MSc)
II. évfolyam

Konzulensek:
Dr. TÓTH TAMÁS, PhD
egyetemi docens

Prof. Dr. EGRI BORISZ
egyetemi tanár, DVSc., MRANS

Mosonmagyaróvár
2014

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	4
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	6
2.1. A BIODÍZEL JELENTŐSÉGE VILÁGUNKBAN	6
2.2. A BIODÍZELGYÁRTÁS FOLYAMATA	7
2.3. A GLICERIN	8
2.4. GLICERIN, MINT TAKARMÁNY ALAPANYAG	9
2.5. A GLICERIN METABOLIZMUSA AZ ÁLLATI SZERVEZETBEN	13
2.6. TENYÉSZKOCÁK ENERGIAIGÉNYE ÉS -ELLÁTÁSA A SZOPTATÁS ALATT	15
2.7. GLICERINKIEGÉSZÍTÉS A SZOPTATÓ KOCÁK TAKARMÁNYOZÁSÁBAN	17
2.8. A GLICERINKIEGÉSZÍTÉS POTENCIÁLIS VESZÉLYFORRÁSAI	18
2.8.1. A METANOLFOGYASZTÁS ÁLLATEGÉSZSÉGÜGYI KOCKÁZATAI	18
2.8.2. A MAGAS SÓTARTALOM ÁLLATEGÉSZSÉGÜGYI KOCKÁZATAI	19
2.9. A GLICERINNEL SZEMBEN TÁMASZTOTT MINŐSÉGI KÖVETELMÉNYEK	20
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	21
3.1. A KÍSÉRLETEK CÉLKITŰZÉSE	21
3.2. KÜLÖNBÖZŐ GLICERIN MINTÁK ANALITIKAI VIZSGÁLATAI	22
3.3. ALAPKÍSÉRLET	22
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	27
4.1. A GLICERINMINTÁK ANALITIKAI VIZSGÁLATÁNAK EREDMÉNYEI ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	27
4.2. AZ ALAPKÍSÉRLET EREDMÉNYEI ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	29
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	33
6. ÖSSZEFOGLALÁS	35
KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS	37
FELHASZNÁLT IRODALOM	38

1. BEVEZETÉS

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. Ezen problémák, valamint a fenntartható fejlődés és környezetünk védelmének szellemében egyre nagyobb az igény a megújuló energiaforrások felhasználása illetve a megújítható forrásból származó üzemanyagok előállítása iránt.

Nem meglepő tehát, hogy az úgynevezett első generációs bioüzemanyagok (bioetanol, biodízel, biogázolaj) előállításának volumene az elmúlt évtizedben erőteljesen növekvő tendenciát mutat. Ökonómiai szempontból kiemelt jelentőséggel bír az így előállított üzemanyag, de nem elhanyagolható az a tény sem, hogy a gyártás során keletkezett melléktermékek mennyisége is növekedett, azok felhasználási lehetőségeinek vizsgálata gazdasági állataink takarmányozásában nemcsak egyre intenzívebben kutatott terület, hanem használatuk a gyakorlatban is egyre elterjedtebb. **Energia-kiegészítésként** egyre gyakoribb és nagyobb mennyiségben alkalmazott összetevője a takarmányreceptúráknak **a biodízel-előállítása során keletkező melléktermék, a glicerín.**

A glicerint glükóz perkurzorként tejelő tehenek takarmányozásában már évtizedek óta használják az ellés körül jelentkező ketózis megelőzésére és kezelésére, valamint a laktáció első időszakában fellépő, a test zsírszöveteiből történő fokozott lipid-mobilizációval járó negatív energiamérleg csökkentésére. A glicerín alkalmazása monogasztrikus haszonállataink takarmányozásában is intenzíven kutatott terület, energia-kiegészítésként történő gyakorlati használata mind baromfi- mind sertéstakarmányok esetében elterjedt.

A megfelelő energiaellátás a sertéstakarmányozás gyakorlatában nemcsak a sertéshizlalás során fontos. Főként előhasi és nagy malacszerű almokat nevelő kocák esetében jellemző, hogy választásra a kocák kondíciója még *ad libitum* takarmányozás mellett is oly mértékben romlik, hogy az negatívan hat a koca reprodukciós- és egyben életteljesítményére is. Egy sertéstelep eredményességét a kocasüldők és a kocák termelési eredményei alapvetően meghatározzák, rendkívül fontos tehát, hogy a tenyészkondíciót megőrizzük. A tenyészkondíció megőrzése érdekében az energia-kiegészítés elengedhetetlen. A szoptató kocatakarmanokban a laktáció alatti negatív energiamérleg mérséklésére, a

megfelelő energiaellátás biztosítására jó alternatívaként kínálkozik a glicerín, viszont használata potenciális veszélyforrásoktól nem mentes. Ezen melléktermék minősége sok esetben tételenként változó, a gyártástechnológiai folyamatokból visszamaradó anyagok (metanol, különböző ásványi só maradványok) pedig az állatállományra állategészségügyi szempontból komoly kockázatot jelentenek.

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.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

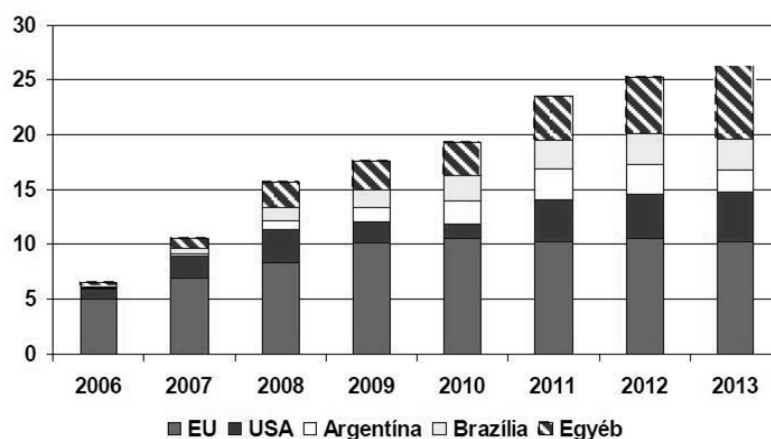
2.1. A biodízel jelentősége világunkban

A világ biodízel előállítása és felhasználása főként az Európai Unióban, illetve az Egyesült Államokban koncentrálódik (*URL₁*). Az Európai Unió környezetvédelmi politikája különösen nagy hangsúlyt fektet a biokomponens tartalmú üzemanyagok előállításának és felhasználásának növelésére, különböző direktívákkal támogatja azt (*2009/28/EC; 2009/30/EC*).

Az OECD jelentése alapján a világ biodízel termelése a 2013-as évben stagnált 26,2 milliárd liter volt (*URL₂*). A biodízel előállítás vonatkozásában élen járó Európai Unió termelése is csökkent, hiszen a 2012-es 13,4 milliárd liter helyett 2013-ban csak 12 milliárd litert állítottak elő az EU tagállamok. Viszont növekvő tendencia jelentkezett Brazília, Indonézia, Thaiföld és Malaysia biodízel-előállítását illetően. Az OECD előrejelzése szerint 2023-ban is az EU lesz a legnagyobb biodízeltermelő és -felhasználó a világon. Hazánk 2013-ban 161 millió liter biodízelt állított elő.

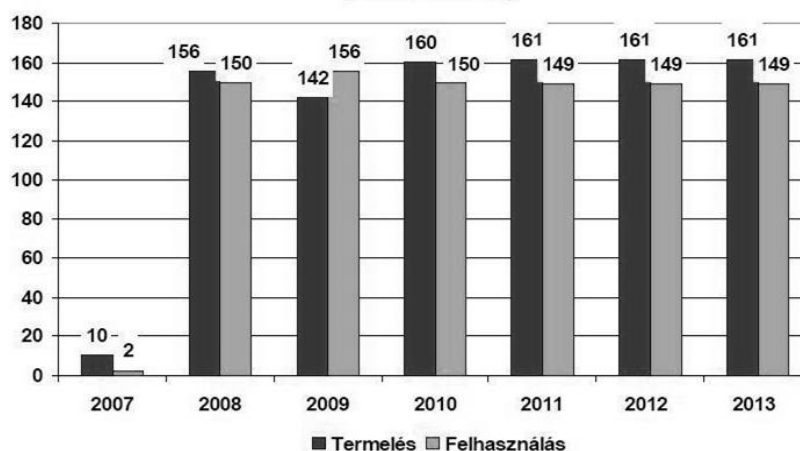
A világ biodízeltermelésének százalékos megoszlását a legjelentősebb gyártók között az *1. ábra*, a magyarországi biodízel termelés és felhasználás alakulását a *2. ábra* szemlélteti.

**A világ biodízel termelése 2006-2013
(milliárd liter)**



1. ábra: A világ biodízeltermelése (2006-2013) (*URL₃*)

Magyarország
biodízel gyártása és felhasználása 2007-2013
(millió liter)

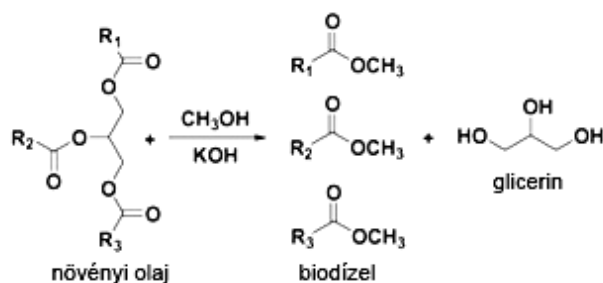


2. ábra: Magyarország biodízel termelése és felhasználása (2006-2013) (URL₃)

2.2. A biodízelgyártás folyamata

A biodízel különböző növényi olajok (főként repce, napraforgó, szója, pálma) vagy állati zsírok katalitikus átészterezésével keletkezett zsírsav-metil-észter keverék (Van Gerpen, 2005).

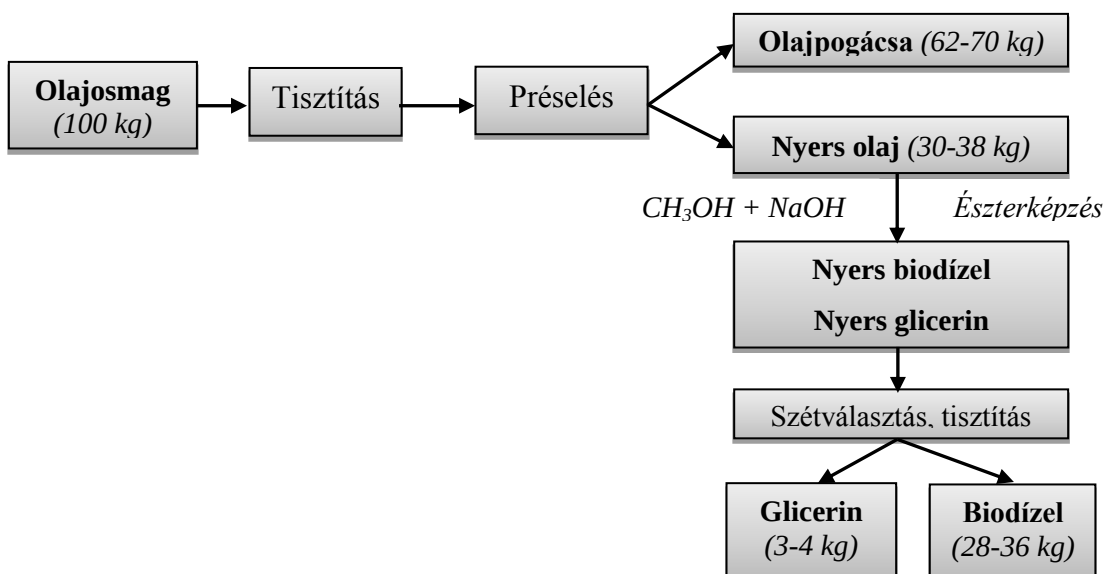
A folyamat első lépéseként növényi alapanyag esetén a gyártáshoz használt olajos magot tisztítják, préselik. Az így kinyert nyersolaj mellett nagy mennyiségű olajpogácsa keletkezik, amit alternatív fehérjeforrásként szintén egyre nagyobb mennyiségben használnak a takarmányreceptúrákban. Az olajat ezt követően katalizátor jelenlétében a reaktorban kb. 1 óra alatt 60 °C-on metanollal átészterezik. Katalizátorként rendszerint alkáli vegyületeket (NaOH, KOH), savakat (H₂SO₄, HCl) vagy enzimeket (lipáz) használnak (Balog, 2005). A folyamat során végbemenő kémiai reakciót az 3. ábrán láthatjuk.



3. ábra: A növényi olaj metanollal való átészterezése katalizátor jelenlétében (Gonçalves és mtsai, 2008)

Az átészterezéshez sztöchiometrikailag 3:1 moláris alkohol:olaj arány szükséges, azonban az eljárást gyakran alkoholfelesleg mellett alkalmazzák. A reakciót követően a nem reagált frakciókat visszanyerik, a keletkező anyagot, biodízelt tisztítják, a glicerint és a katalizátorokat a reagensektől és a reakciótermékektől elválasztják (Balog, 2005).

A reakció során 3 mol biodízel előállításakor 1 mol glicerint is keletkezik, azaz 9 kg biodízel előállítása mellett a folyamat végén 1 kg nyers glicerint is visszamarad (Karinen, 2006). A biodízelgyártás sematikus folyamatát, a keletkezett termékek, melléktermékek mennyiségét a 4. ábrán láthatjuk.



4. ábra: A biodízel előállítás folyamata (URL₄)

Az átészterezés után leválasztott folyékony glicerint 50 % glicerintartalommal bír 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 glicerintben nem oldódnak. Ezt követően a glicerintből a metanolt lepárlással eltávolítják, így kb. 85 %-os tisztaságú „feed grade” glicerint keletkezik. További finomítással (vákuumdesztillációval vagy ioncserélő folyamattal) „food grade”, 99,5-99,7 %-os tisztaságú glicerint állítható elő (Van Gerpen, 2005).

2.3. A glicerint

A glicerint (*glicerol; propán-1,2,3-triol*) háromértékű alkohol. A tiszta glicerint színtelen, szagtalan, viszkózus, édes ízű folyadék. Vízben és alkoholban jól, sok egyéb

oldószerben (éter, etil-acetát, dioxán) csak mérsékelten, hidrokarbon oldószerekben nem oldódik. (*URL₅*).

A glicerín felhasználása rendkívül sokrétű, számos iparág alkalmazza. A glicerínhasználat vonatkozásában az élelmiszer- valamint a kozmetikai ipar áll az élen, ahol főként adalékanyagként, állagjavítóként használják. Jelentős a felhasználása finomvegyipari termékek gyártásánál is, ahol kémiai átalakítással vagy biotechnológiai folyamatok során értékes termékeket állítanak elő.

2.4. Glicerín, mint takarmány alapanyag

A glicerín takarmánycélú felhasználásának létjogosultságát elsősorban haszonállataink energiaellátásának javításával (*Schröder és Südekum, 1999*) valamint édes ízének takarmányfelvételre gyakorolt pozitív hatásával (*Wapnir és mtsai, 1996; Doppenberg és Van Der Aar, 2007*) magyarázzák. Glicerínkiegészítést szakirodalmi adatok szerint elsőként terápiás céllal alkalmaztak tehenek ellés körüli anyagforgalmi betegségének, ketózisnak a kezelésére (*Johnson, 1954*). *Fischer és mtsai (1973)* szintén a terápiás céllal alkalmazott glicerín hatását vizsgálták tejelő tehenek takarmányfelvételére, tejhozamára, a tej összetételére valamint a ketózis előfordulásának gyakoriságára. A glicerint a szarvasmarha-takarmányozásban glükóz prekuzorként már régóta használják a laktáció első időszakában jelentkező, a test zsírszöveteiből történő fokozott lipidmobilizációval járó negatív energiamérleg (*Negative Energy Balance, NEB*) csökkentésére (*Leng, 1970; Huszenicza és mtsai, 2002; Ingvarsen, 2006*).

A glicerín fajlagos mutatókra gyakorolt hatásának vizsgálata monogasztrikus haszonállataink takarmányozásában is intenzíven kutatott terület. A baromfitakarmányozást illetően a glicerínfelhasználás létjogosultságát már az 1960-as 1970-es évek szakirodalmi adatai említik (*Renner és Elcombe, 1964; Neville és mtsai, 1971; Westfall és Howarth, 1976*). Brojler csirkék esetében a legtöbb kutatás a glicerín napi testtömeg-gyarapodásra, takarmányértékesítésre és húsmínőségre gyakorolt hatására irányult (*Campbell és Hill, 1962; Lin és mtsai 1976; Lessard és mtsai, 1993; Simon és mtsai, 1996; Cerrate és mtsai 2006*), de a metabolizálható energiatartalom (ME) megállapítására is végeztek kísérleteket (*Dozier és mtsai, 2008; Schmidt és Zsédely, 2012*).

A glicerint a sertéstakarmányozás gyakorlatában malacok, hízósertések valamint tenyészkocák esetében könnyen hasznosuló energiaforrásként gabonamagvak helyettesítésére

használják. A glicerín malacnevelés és sertéshízlalás során gyakorolt pozitív hatásait az állatok energiaellátására és ezáltal a fajlagos mutatókra számos kísérletben vizsgálták, a téma szakirodalma rendkívül nagy. Az energiakiegészítésként használt glicerín minőségéhez hasonlóan bruttó energiatartalma (*Gross Energy, GE*) is széles skálán mozog, 3 és 6 Mcal GE/kg között változik (*Kerr és mtsai, 2009*). A takarmány bruttó energiatartalmát az állatok azonban nem tudják teljes egészében hasznosítani, mivel azt a szervezetben több veszteség éri (*Schmidt, 1995*). Emiatt a bruttó energia meghatározása csak információ tartalommal bír, gyakorlati szempontból indokolt a bélsárral való energiavesztéssel is kalkuláló emészthető energia (*Digestible Energy, DE*) vagy a DE-ből a vizelettel való veszteséggel is számoló metabolizálható (*Metabolisable Energy, ME*) ismerete. *Lammers és mtsai (2008)* széleskörű kísérleteket végeztek „feed grade” (86.95%-os tisztaságú) glicerinnel, melynek emészthető és metabolizálható energiatartalmát is megállapították. Három kísérletet malacokkal ($10,3 \pm 1,4$ kg), kettőt pedig hízósertésekkel ($104,7 \pm 8,0$ kg) állítottak be, a fent említett energiaértékek meghatározására. A kísérleti takarmányok 5, 10, 15, és 20%-ban tartalmaztak glicerint. Mindkét energiaérték meghatározásakor a kísérleti periódusban (5 nap) elfogyasztott takarmánymennyiség és az ebben az időszakban felvett látszólagos DE, illetve ME közötti regressziót vizsgálták. Vizsgálataik alapján megállapították a nyers glicerín energiaértékeit az 5 kísérlet átlagában. Az energiaértékek a következők voltak: $DE=13,99$ MJ/kg, $ME=13,42$ MJ/kg, ami a bruttó energiának ($15,19$ MJ/kg) 92,2 illetve 88,5%-a. Ezek alapján a nyers glicerín ME:DE aránya 96%. Ez az arány a szójaolaj és a kukorica esetében 97% (*NRC, 2012*).

Groesbeck és mtsai (2008) 182 db választott malaccal, szójaolaj alapanyagú biodízelgyártásból származó 90,7%-os glicerint etettek. Az átlagsúly a kísérlet kezdetén $11,0 \pm 1,3$ kg volt. A 3 és 6%-os glicerinkiegészítés mellett vizsgálták a glicerín szójaolaj keverék hatását 6 illetve 12%-os dózisban (a keverékben a két anyag 50-50%-ban volt jelen). A takarmányokban kukoricát helyettesítettek glicerinnel, illetve glicerín és szója keverékével. A glicerín ME értékét a kukoricáéval azonosnak tekintették, azaz $14,33$ MJ/kg-nak vették. A 26 napos kísérleti periódusban vizsgálták a napi testtömeg-gyarapodás és az átlagos napi takarmányfelvétel mellett a takarmányhasznosítást is. Eredményeik szerint a glicerín dózis növelésével lineárisan és szignifikánsan ($P=0,03$) nőtt a malacok napi testtömeg-gyarapodása a kontrollhoz képest, valamint a glicerín-szójaolaj keverék etetésekor a testtömeg-gyarapodás a kísérleti csoportokban ugyan jobb volt, de a különbség nem volt szignifikáns ($P=0,06$) mértékű.

A fent említett két eredményt erősíti meg *Ziljistra és mtsai (2009)* választott malacokkal végzett kísérlete, melyben a napi testtömeg-gyarapodás és napi takarmányfogyasztás növekedéséről számolnak be. Ebben a kísérletben a búzát helyettesítették 4 ill. 8 % glicerinnel. A 4 hetes etetési periódus után a 8 % glicerint fogyasztó csoport átlagsúlya 1,11 kg-mal nagyobb volt ($P=0,04$) a kontroll csoportnál.

Lammers és mtsai (2008) által végzett, fent leírt kísérlet eltérő tapasztalatokról számol be. Ez alapján az 5 és 10%-os glicerinnel kiegészítés esetében sem tapasztaltak különbséget a testtömeg-gyarapodásban. A jelenség oka feltételezhetően az, hogy esetükben a glicerinnel 84,5 % tisztaságú volt, míg *Grosbeck és mtsai (2008)* 90,7%- os tisztaságú glicerint alkalmazott. Abban azonban a fent említett szerzők eredményei megegyeznek, hogy a takarmányhasznosítást nem befolyásolta az 5 és maximum 10%-ban adagolt glicerinnel.

Shields (2009) vizsgálataiba 21 napos, $6,91 \pm 0,18$ kg átlagsúlyú malacokat vont be, és arra kereste a választ, hogy a malactakarmányok laktóz-tartalma helyettesíthető-e glicerinnel. Az első kísérletsorozatban a 126 malacot 3 hétig két takarmányozási csoportba osztott be úgy, hogy az egyik csoport takarmánya 20% laktózt, a másiké pedig 5% glicerint (86,95%-os) és 15% laktózt tartalmazott. A kísérlet folytatásában, a második fázisban (4. és 5. héten) már három kezelést vizsgált, de ebben az esetben a kukoricát helyettesítette 5 vagy 10 % glicerinnel. Az etetett 5% glicerinnel az élősúlyra és hizlalási paraméterekre a kontrollhoz képest nem eredményezett statisztikailag értékelhető különbséget. A legnagyobb átlagsúlyt ($20,66 \pm 1,5$ kg) azok az állatok érték el, amelyek mindkét fázisban fogyasztottak glicerint. A növekedés és a glicerinnel dózis között lineáris összefüggés volt észlelhető. A következő vizsgálatok során az 5 hétig adagolt glicerinnel azonban a kísérlet egészére nézve szignifikánsan növelte mind a napi testtömeg-gyarapodást, mind pedig a takarmányfelvételt. Takarmányhasznosítás tekintetében azonban sem az első, sem a második kísérletben adagolt glicerinnel nem eredményezett különbséget a kontroll csoporthoz képest. A következő kísérletsorozatot 144 db választott malaccal állították be ($6,68 \pm 0,17$ kg) és ebben a kísérletben is kétfázisú takarmányozást valósítottak meg, a kezeléseket azonban hatra emelték. Az állatok két hétig fogyasztották a kísérleti takarmányokat. A kontrollcsoport ebben az esetben is 20 % laktózt tartalmazó takarmányt fogyasztott glicerinnel kiegészítés nélkül. A 2-5. csoport a laktózt 2,5; 5,0; 7,5 illetve 10%-a helyett az előző kísérletsorozatban a használt glicerinnel megegyező minőségű glicerint fogyasztott. A 6. csoport volt a negatív kontroll, mely csak

10% laktózt kapott. A takarmányok összeállításakor a laktóz és a glicerín DE értékét azonosnak vették.

A takarmányozás második fázisában mindegyik malac ugyanazt a takarmányt fogyasztotta. Ezzel azt kívánták megvizsgálni, hogy a glicerín hatása akkor is érvényesül-e, ha az állatok csak az első fázisban fogyasztják. A második kísérletsorozat eredményeit illetően megállapítható, hogy az első fázisban laktóz helyett etetett glicerín a testtömeg-gyarapodást kedvezően befolyásolta. A legnagyobb átlagsúlyt (10,39 kg) a 10% glicerint fogyasztó csoport érte el az első fázis végén. Ez 0,9 kg-mal, statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt a kontroll csoporthoz képest. Az első fázisban tapasztalt napi testtömeg-gyarapodás és napi takarmányfelvétel növekedése lineárisan nőtt a glicerindózis emelésével, de a második fázis végén nem jelentkezett szignifikáns különbség a csoportok között. A takarmányhasznosítást a glicerín sem az első, sem a második fázisban nem befolyásolta.

Kovács (2010) a glicerinkiegészítés hizósértések hizlalási teljesítményére, táplálóanyagok emészthetőségére, valamint az állatok N- visszatartására, a sertéshús kémiai összetételére, organoleptikus valamint konyhatechnikai tulajdonságaira gyakorolt hatását is vizsgálta. Kísérletei során 86,76 %-os folyékony „feed grade” glicerint használt fel. 36 db, kétféle súlykategóriájú (25-47 és 57-85 kg) egyedi anyagcsereketrechen elhelyezett ártánnal végzett emésztési kísérletei alapján megállapította az etetett glicerín látszólagos emészthető (DE=14,01 MJ/kg) és látszólagos metabolizálható energiatartalmát (ME=13,48 MJ/kg). A meghatározott DE érték közel azonos a Sauvart és mtsai (2002) által meghatározott DE értékkel (14,18 MJ/kg takarmány). Vizsgálatai során arra a következtetésre jutott, hogy a glicerín energiatartalmát sem az állatok súlya, sem az alkalmazott dózis (5 és 10 %) nem befolyásolta. A glicerín kiegészítés sem a táplálóanyagok emészthetőségére, sem az állatok N- visszatartására nem volt hatással. Kovács (2010) üzemi kísérletét 100 db (norvég lapály×duroc) hizósértéssel végezte. A kontroll- és a kísérleti csoport egyaránt 50-50 db sertésből (30,0±3,8 illetve 30,2±2,5 kg) állt, melyek a 70-75 kg-os súly eléréséig szüldő-, azt követően a kísérlet végéig hizótápot fogyasztottak. A kísérleti takarmányokban a kukoricát helyettesítettek 5% glicerinnel. Összességében a kapott eredmények alapján a szerző megállapította, hogy az 5%-ban adagolt glicerín sem az állatok teljesítményére, sem a vágási kihozatalra, sem a hús minőségére nincs kedvezőtlen hatással.

Kijora és mtsai (1995) 48 sertéssel (30-31,2 kg) végzett hizlalási kísérleteket. Első kísérletükben az árpa-szójadara alapú takarmányt 5 és 10%, a második kísérletben 5, 10, 20,

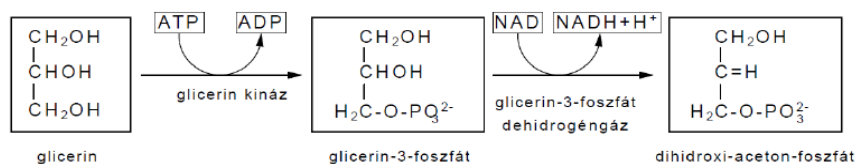
és 30% glicerinnel egészítették ki. A napi takarmányfelvétel az első kísérletben a kontrollhoz képest (1,93 kg/nap) 5% glicerinkiegészítés esetén 2,17; 10% glicerinkiegészítés mellett 2,23 kg/nap volt. A második kísérlet eredményei a kontrollhoz képest (2,26 kg/nap) a hozzáadott glicerinnel mennyiségi sorrendjében a következőképpen alakultak: 2,44; 2,54; 2,32; 2,37 kg/nap. A vizsgálatok mindkét kísérletben növekvő takarmányfelvételtől számoltak be a kontrollhoz viszonyítva. A szerzők ezt az eredményt a glicerinnel édeskes ízének, a takarmány konzisztenciájára gyakorolt pozitív hatásnak tulajdonították. A növekvő tendencia a napi testtömeg-gyarapodásra vonatkozó adatokban is jelentkezett a glicerinnel 10 %-ra történő emeléséig (1. kontroll: 631; 5%:719; 10%:754; 2. kontroll: 731; 5%:770; 10%: 819) 20 illetve 30% glicerinkiegészítés esetén a napi testtömeg-gyarapodás visszaesett 704 illetve 598 g/napra. A fajlagos takarmányértékesítés 30 % glicerinnel való adagolás esetén szignifikánsan romlott (3,96 kg/kg) a többi csoport eredményeihez (2,95-3,30 kg/kg) viszonyítva. Az etetés után 30 perccel mérték a vér glicerinkoncentrációját is, mely a növekvő glicerinnel párhuzamosan emelkedett, akárcsak a vizelet glicerintartalma. Vizsgálták továbbá a színhús kihozatalát és a húsmínőséget, de ezt a két értékmérő tulajdonságot a glicerinkiegészítés nem befolyásolta. A májakra és vesékre vonatkozóan káros elfajulást nem tapasztaltak.

Az etetési kísérleteken túlmenően a folyékony glicerinnel alkalmazását takarmánygyártás-technológiai szempontból is vizsgálták. *Groesbeck és mtsai (2008)* a folyékony glicerinnel pellet keménységre (**Pellet Durability Index, PDI**) gyakorolt hatását vizsgálták. Granulálási kísérleteik eredményei bizonyították, hogy a **PDI** 9 % glicerinnel hatására szignifikánsan nőtt ($P<0,01$) a kontroll 90,1 %-ról 95,7 %-ra. Dercés takarmányok esetében a gyártás vagy keverés szempontjából a folyékony glicerinnel „bedolgozása” technológiailag nem egyszerű, viszont javítja a takarmány állagát.

2.5. A glicerinnel metabolizmusa az állati szervezetben

A glicerinnel a szervezetben biokémiai reakciók átmeneti vegyületeként van jelen és a szervezet energiaigénye határozza meg, hogy mely folyamatokba kapcsolódik be. A glicerinnel átalakulhat a glükolízis (illetve glükoneogenezis) intermediér vegyületévé, dihidrox-aceton-foszfáttá (*Kutas, 1989*). A dihidrox-aceton-foszfát energiafelesleg esetén anabolitikus, míg energiadeficit esetén katabolitikus folyamatok meghatározó vegyülete (*Tao és mtsai, 1983*), glükogénné szintetizálódik vagy a szervezet igényei szerint lebomlik (*Kutas, 1989*). A glicerinnel dihidrox-aceton-foszfáttá alakulását, az említett folyamatokba való bekapcsolódását

enzimatis aktiválás előzi meg. Az aktiváló enzim a glicerín-kináz, mely a glicerint glicerín-3-foszfáttá foszforilálja. A glicerín-kináz elsősorban a májban és a vesékben van jelen (Ádám, 2001). A glicerín-3-foszfátot a glicerín-foszfát-dehidrogenáz dihidroxi-aceton-foszfáttá alakítja (5. ábra).

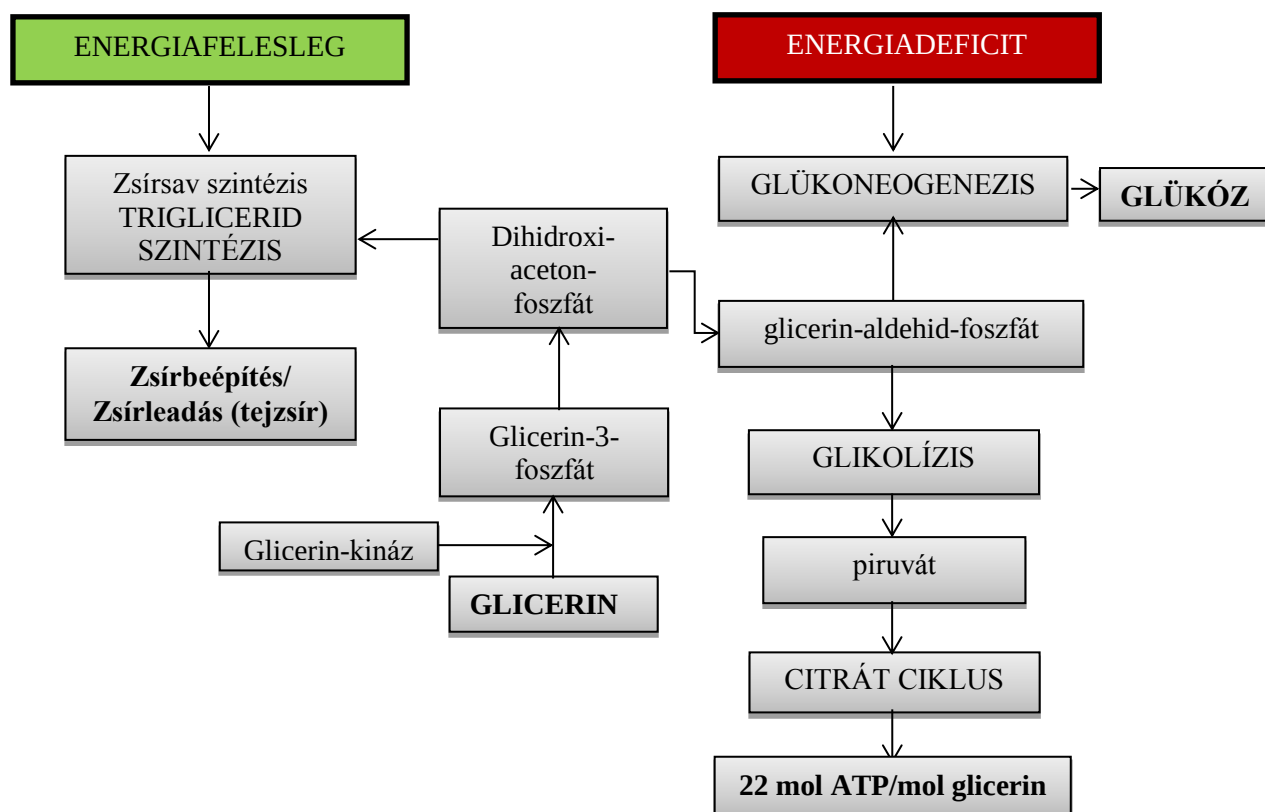


5. ábra: A glicerín metabolizmusa dihidroxi-aceton-foszfátig (Ádám, 2001)

A dihidroxi-aceton-foszfát energideficit állapotban vagy a glukoneogenesis folyamatába kapcsolódik be, melynek eredményeként glükóz képződik, vagy energiává alakul a glikolízis és az azt követő citromsav-ciklus során. A glukoneogenesis folyamata döntően a májban zajlik (Young, 1977), kisebb mértékben a vesékben is végbemegy, hormonális szabályozásában az inzulin, a glukagon, valamint a mellékvesekéreg glukokortikoidjai 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 oxálcetsav játszik központi szerepet (Karsai és Kutas, 1982). Másik alternatíva a dihidroxi-aceton-foszfát glikolízisbe történő bekapcsolódása, melynek eredményeként a glikolízis végén keletkező piruvát aerob körülmények között acetyl-CoA-vá alakul, majd a citromsav-ciklusba lépve energiatermelődés közben vízzé és CO₂-á oxidálódik. A folyamat zárásaként 1 mol glicerínből 22 mol ATP képződik.

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

A glicerín metabolizmusát a szervezet energiaigényének függvényében valamint a végbemenő folyamatokat és azok végtermékeit a 6. ábra szemlélteti.



6. ábra: A glicerín metabolizmusa a szervezet energiaigényének függvényében
(Bartlett és Schneider, 2002)

2.6. Tenyészkocák energiaigénye és -ellátása a szoptatás alatt

A tenyészkocák reprodukciós- és élettéljesítményét a süldőnevelés, a vemhesség és a szoptatás alatti takarmányozás együttesen határozza meg. Az elmúlt évtizedek tenyésztői munkája a szaporaságra történő szelekcióra, az élve született malacok számának növelésére (*hiperproliferáció*) irányult. Az alomméret növekedésével párhuzamosan a kocák tejtermelése (*Mackenzie és Revell, 1998*), valamint szoptatás alatti táplálóanyag- és energiaigénye is fokozódott (*Noblet és mtsai, 1990*). A szoptató kocák összes energiaigényük akár 80 %-át is tejtermelésre fordítják, a termelt tej mennyisége a laktáció csúcsán 11-12 malac szoptatása esetén elérheti a napi 10 l-t (*Horn és mtsai, 2011*). A szoptatás időszakát általában negatív energiamérleg jellemzi, a koca kénytelen saját zsírtartalékait mobilizálni, ez pedig elősúlyvesztéssel valamint a hátszalonna-vastagság csökkenésével jár. A legnagyobb elősúlyvesztéssel akkor kell számolni, ha a tenyészkocák vemhesség alatt magas (szükségleti érték +20%), szoptatás alatt pedig alacsony (szükségleti érték -30%) energiaellátásban részesülnek (*Babinszky és mtsai, 1987*). A koca szoptatás alatti túlzott mértékű

„lezsarolódása”a következő reprodukciós ciklus eredményeit is jelentős mértékben befolyásolja. A koca élősúlycsökkenése 28 napos választás esetén akkor mondható elfogadhatónak, ha nem haladja meg a fialást követően mért tömeg 15%-át (*Halas és Babinszky, 2000*). Amennyiben 15%-ot meghaladó élősúlycsökkenés jelentkezik, nő a választás és újratermékenyülés között eltelt napok száma, a reprodukciós- és ételteljesítmény romlik, állomány szinten a selejtezésre kerülő kocák száma növekszik (*Eissen és mtsai, 2000*).

A szoptató kocatápok javasolt DE tartalma 14,1-14,4 MJ/kg takarmány, míg ME tartalma 13,5- 13,8 MJ/kg takarmány (*Magyar Takarmánykódex, 2004; NRC, 2012*), de az energiaigényt számos tényező befolyásolja (a fialások száma, alomméret, kondíció stb.). Ezek az energiaszintek csak jelentős energiakiégés mellett érhetők el. *Close és Cole (2000)* vizsgálatai szerint a kocák napi DE igénye és takarmányszükséglete az 1. táblázatban foglaltak szerint változik a koca súlyának illetve a szoptatott malacok számának függvényében.

1. táblázat: A kocák napi energiaigénye és takarmányszükséglete

Élősúly (kg)	Szoptatott malacok száma			
	10	12	10	12
	DE (MJ/nap)		Takarmány* (kg/nap)	
150	81,9	94,06	5,8	6,6
200	87,1	99,3	6,2	7
250	91,46	103,6	6,5	7,3
300	96,25	108,9	6,8	7,7
* 14,2 MJ/kg DE				

Forrás: Close és Cole (2000)

A megfelelő takarmányozás és energiaellátás kiemelten fontos előhasi kocák esetében, mivel első vemhességük alatt fejlődésük még nem állt meg, így lényegesen kevesebb mobilizálható zsírtartalékkal rendelkeznek, mint többször ellett társaik. A választást követő kondícióromlás előhasi kocáknál tehát sokkal gyakoribb és kifejezettebb. Ezt erősíti meg a 2. táblázat is, mely előhasi és többször fialt kocák választás végén várható élősúly változását tartalmazza a malacok napi testtömeg-gyarapodásának függvényében.

2. táblázat: Előhasi és többször fialt kocák élősúlycsökkenésének változása

<i>Fialások száma</i>	1			2 vagy több		
Fialás utáni kocasúly (kg)	175	175	175	210	210	210
Szojtatott malacok száma	11	11	11	11,5	11,5	11,5
Szojtatás hossza (nap)	21	21	21	21	21	21
Malacok napi testtömeg-gyarapodása (g)	190	230	270	190	230	270
ME felvétel (MJ/nap)	78,24	78,24	78,24	85,64	85,64	85,64
Várható kocasúly változás (kg)	1,5	-7,7	-17,4	3,7	-5,8	-15,9

Forrás: NRC, 2012

2.7. Glicerinkiegészítés a sojtatató kocák takarmányozásában

Kevés szakirodalmi adat áll rendelkezésre a glicerín sojtatató kocák takarmányában való alkalmazására, pedig gyakorlati felhasználása az energiaellátás, ez által a kocák választáskori kondíciójavításának érdekében egyre inkább terjed. *Schieck és mtsai (2010)* széleskörű vizsgálatokat végeztek 345 db (előhasi és többször fialt) kocával, hőstresszes időszakban. A kukorica-szójadara alapú takarmány kukorica és szójadara tartalmának 3, 6 és 9 %-át helyettesítették folyékony, „*feed grade*” minőségű, (86,1%-os tisztaságú) glicerinnel. A kísérleti glicerín sótartalma 6% volt, metanol tartalma nem haladta meg a 100 ppm-et. A magas sótartalom miatt a receptúrákban csökkentették a hozzáadott sótartalmat, 3 % glicerín esetében 0,15 %-kal, 6% és 9 % glicerín esetében pedig teljes egészében. A kísérleti takarmány adagolását a vemhesség 109. napján, a kocák fiasztóra való hajtását követően 2,25 kg/nap fejadaggal kezdték. A sojtatás ideje alatt a kocákat *ad libitum* takarmányozták. A kezelések a kocák napi takarmányfelvételét szignifikánsan ($P=0,08$) befolyásolták a kontroll takarmányhoz (6,04 kg/nap) képest (3 % = 6,21 kg/nap, 6 % = 5,69 kg/nap, 9 % = 6,00 kg/nap). A glicerínadagolás a kocák választáskori élősúlyára, kondíciójára, az újravemhesítéshez szükséges napok számára, a malacok elhullására és azok napi testtömeg-gyarapodására statisztikailag igazolható változást nem eredményezett. A takarmányok glicerintartalmának növelésével a választáskori alomnagyság lineárisan ($P=0,10$) csökkent (kontroll: 9,50; 3%=9,60; 6%=9,36; 9 % =9,39). A kísérleti takarmányok glicerín tartalma a kocák vízfelvételét nem befolyásolta. A kísérlet során mérték a kocák testhőmérsékletét is, de a glicerín nem enyhítette a hőstressz hatásait és nem mutatkozott változás a kontroll takarmányt fogyasztó kocák testhőmérsékletéhez képest. A vérplazma glicerín koncentrációja azonban a glicerínmennyiség növelésével párhuzamosan és lineárisan emelkedett ($P<0,05$). A kezelés a vérplazma glükóz szintjét viszont nem befolyásolta. A kocatej szárazanyag ($P=0,07$)

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

Szojtató kocák takarmányában alkalmazott „food grade”, 99,9%-os tisztaságú, szilárd hordozóra vitt glicerín hatását – a rendelkezésre álló irodalmi adataim alapján – jelen ideig egyetlen tudományos munkában sem vizsgálták.

2.8. A glicerinkiegészítés potenciális veszélyforrásai

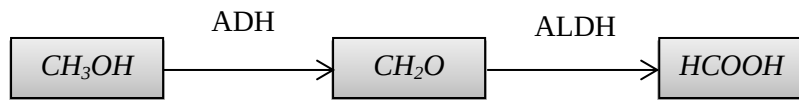
2.8.1. A metanolfogyasztás állategészségügyi kockázatai

Doppenberg és Van der Aar (2007) a glicerín potenciális veszélyforrásának az átészterezést követően visszamaradó metanoltartalmat tartja. *Hansen és mtsai (2009)* be is bizonyították, hogy a fent említett két szerző felvetése nem alaptalan. Kísérleteik során 11 nyers glicerín mintát gyűjtöttek és vetettek alá analitikai vizsgálatnak 7 ausztráliai biodízel gyártótól. A vizsgált minták kémiai összetételét illetően jelentős különbségeket tapasztaltak. A glicerín tartalom 38 és 96 % között változott, míg a metanol tartalom két mintában meghaladta a 11, egy mintában pedig a 4 %-ot.

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

A metanol a legegyszerűbb alkohol. E vegyület, mérgezés esetén a sejtek légző-enzim rendszerét bénítja (*Bordás, 2006*). 24 órás lappangási időt követően gyengeség és légzési nehézségek jelentkezhetnek (*Goldfrank és Flomenbaum, 1998*) Pupillatágulás, a pupillareflex hiánya, bővérűség és vizenyő lép fel. Embereknél eszméletvesztés, megvakulás, szélütés valamint légzési és keringési elégtelenség következtében bekövetkező halál is előfordulhat. 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-agyagát védekező funkciói zavart szenvednek (*Bordás, 2006*). A metanol toxikus hatását tulajdonképpen a felszívódást követően a metil-alkohol bomlása során

keletkező metabolitok okozzák (7. ábra). A tünetek akkor jelentkeznek, amikor az ADH (alkohol-dehidrogenáz) a metanolt formaldehiddé bontja.



7. ábra: A metanol bomlása és metabolitjai

A formaldehid mozgáskoordinációs zavart idézhet elő (Bordás, 2006). Ezt a rendkívül toxikus vegyületet az aldehyd-dehidrogenáz (ALDH) és egyéb nem specifikus enzimek hangyasavvá alakítják át (McMartin és mtsai, 1979). A hangyasav metabolizmusa a szervezetben rendkívül lassú, gyakran akkumulálódik, ami metabolikus acidózishoz vezet (Rathi és mtsai, 2006).

2.8.2. A magas sótartalom állategészségügyi kockázatai

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

Közismert, hogy a kálium és nátrium sók felboríthatják az elektrolit egyensúlyt az állati szervezetben (Dasari, 2007). A NaCl a szervezet számára létfontosságú, ám nagyobb adagban elégtelen vízfelvétel mellett súlyos mérgezést okoz. Általánosságban elmondható, hogy a plazma ozmotikus nyomása leginkább a Na^+ ion tartalomtól függ, így annak a toxikózis kialakulásában meghatározó szerepe van. A Na^+ ionok a gerincvelői folyadékba is bejutnak, onnan pedig ezt követően az idegsejtekbe diffundálnak, ami hatására az idegsejtek hidratációja, majd atrófiája következik be. Konyhasómérgezés esetén testszerte vizenyő figyelhető meg (Várnagy, 2009). A mérgezés okozta halál oka: vesekárosodás (Mézes, 1997).

A sómérgezés tünetei fajonként eltérőek lehetnek. Kérődzők esetén testtömeg- illetve vízfelvétel-csökkenés, ájulás, hasmenés, a bendőtartalom orrnyílásokon való távozása

jelentkezik. Sertésnél a tünetek fokozódó vízfogyasztásban, takarmányfelvétel- és testtömegcsökkenésben, hasmenésben, hányásban nyilvánulnak meg (*Mézes, 1997*). Sertés esetében a fokozott sóbevitel (3 g/ttkg, > 6 % a takarmányban) hatására eosinophilsejtes agyhártya- és agykéreggyulladás alakul ki. Az Aujeszky-féle betegség is hasonló idegrendszeri tünetekkel jár, a sómérgezés azonban ettől egyértelműen elkülöníthető a máj és az agy NaCl-tartalmának vizsgálatával. Sómérgezés esetében az említett szervekben a NaCl meghaladja a 100 mmol/l koncentrációt (*Fekete, 2009*).

Baromfifajok esetében az állományban mozgáskoordinációs zavar, izomgörcs, testtömeg-csökkenés lép fel, a mortalitás nő (*Mézes, 1997*). Intenzíven növvő brojlereknél jelentkező szív- és tüdőmegbetegedés, az ascites szindróma (vizenyő betegség) tüneteire is súlyosbítólag hat a magas sótartalom (*Fekete, 2009*). A toxikózis megelőzése érdekében a takarmány NaCl szintje nem haladhatja meg a 0,475 %-ot (*Leeson és mtsai, 1995*).

2.9. A glicerinnel szemben támasztott minőségi követelmények

Az **FDA** (*Food and Drug Administration, USA*) döntése alapján azon termékek esetében, melyeket takarmány adalékként használnak, a glicerín metanoltartalma nem haladhatja meg a 150 ppm (0,015%) határértéket (*Dasari, 2007*). Az **AAFCO** (*Association of American Feed Control Officials, 2010*) ezzel szemben már 1500 ppm (0,15%) metanoltartalmat is megenged, illetve elfogadja a glicerín takarmánykeverékekben való alkalmazását 10%-ig abban az esetben, ha a kiegészítőtakarmány legalább 80% glicerint, 0,15%-nál kevesebb metanolt, maximum 8% sót és kevesebb, mint 5 ppm nehézfémeket tartalmaz. A németországi szabályozások szintén minimum 80% glicerintartalmat írnak elő, viszont a metanoltartalom vonatkozásában még ennél is engedékenyebbek, 2000 ppm-et (0,2%-ot) is megengednek (*Normenkommission für Einzelfuttermittel, 2012*). Hazánkban jelenleg nincsenek érvényben a takarmányozási célra felhasznált glicerinnel szemben támasztott, rendeleti úton szabályozott követelmények.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A kísérletek célkitűzése

A 2. fejezetben található szakirodalmi áttekintésből kitűnik, hogy a glicerint takarmányozási célú felhasználása nem mentes veszélyforrásoktól. Jelen munkám első részében a glicerint potenciális veszélyforrásainak felmérése érdekében különböző minőségű („*feed*” és „*food grade*”) valamint halmazállapotú (szilárd, folyékony) glicerintmintákat gyűjtöttem hazai állattartó telepekről és takarmánygyártóktól. Laboratóriumi vizsgálatok során meghatároztuk a glicerint-, metanol- valamint egy kijelölt minta esetében a NaCl, KCl illetve ásványianyag-tartalmat. A glicerintre valamint metanolra vonatkozó mért értékeket összevetettünk a gyártók illetve a forgalmazók által deklarált, termékspecifikáción szereplő adatokkal.

Az említetteken kívül szoptató kocákkal végeztünk egy alapkísérletet is, melynek a glicerintminták analitikai eredményeinek ismeretében elsődleges célja az volt, hogy a glicerint etetésével járó kockázatokat minimalizáljuk. Ennek érdekében a kísérleti takarmányokban a piacon elérhető legtisztább (99,99 %-os tisztaságú, 66 % glicerint tartalmazó) garantáltan metanol és egyéb anyagoktól (pl. ásványi sók, nehézfémek) mentes kiegészítő takarmányt (*Synergy*, Phodé Laboratories, Franciaország) alkalmaztunk.

Analitikai vizsgálataink illetve alapkísérletünk során az alábbi kérdésekre kerestük a választ:

- A hazai állattartó telepekről és takarmánygyártóktól gyűjtött különböző minőségű („*feed*” és „*food grade*”) és halmazállapotú (folyékony/szilárd) glicerintminták glicerint és metanoltartalma a minőséggel párhuzamosan hogyan változik?
- Az említett potenciális veszélyforrások jelen vannak-e a hazai takarmányozási gyakorlatban?
- A szoptató kocatakarmanyan alkalmazott, 99,9%-os tisztaságú, szilárd hordozóra vitt „*food grade*” glicerint milyen hatással van a kocák takarmányfelvételére, szoptatás alatti súlyvesztésére és hátszalonna-vastagságának csökkenésére, valamint a koca kondíciójára, az újravemhesítéshez szükséges napok számára és a választott malacok számára, tömegére?

- A szoptató kocatáp porított „*food grade*” glicerinnel való kiegészítése milyen hatással van a tenyészkocák egyes vérparamétereinek (koleszterin, triglicerid, glükóz) változására?

3.2. Különböző glicerín minták analitikai vizsgálatai

Hazai állattartótelepekről és takarmánygyártóktól 9 db különböző minőségű (2 db „*food*” és 7 db „*feed grade*”) és halmazállapotú (1 db szilárd és 8 db folyékony) glicerín mintát gyűjtöttem. A glicerín minták glicerintartalmát az ISO EN 14106 (2003), a metanoltartalmat pedig a ISO EN 14110 (2003) szabványban leírtak szerint a Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Takarmányozástani Intézeti Tanszék laboratóriuma határozta meg. A glicerín- illetve metanoltartalom meghatározását HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*) technikával végeztük, *Biotronik 2000* (Biotronik Wissenschaftliche Geräte GmbH) típusú berendezéssel.

A NaCl, KCl illetve makro- és mikroelem-vizsgálatra kijelölt minta ásványi anyag tartalmát a Synlab UIS Ungarn Kft. határozta meg *Optima 3000* típusú (Perkin Elmer, USA) rádiális ICP-OES készülékkel. (Magnézium: MSZ-08-1783/26; Foszfór: MSZ-08-1783/27; Kálium: MSZ-08-1783/28; Nátrium: MSZ-08-1783/29; Vas: MSZ-08-1783/30; Mangán: MSZ-08-1783/31; Cink: MSZ-08-1783/32; Réz: MSZ-08-1783/33; Bór: MSZ-08-1783/34).

3.3. Alapkísérlet

Kísérleti állatok és elhelyezésük

Alapkísérletünket Nagy Gyula egyéni vállalkozó rábacsécsényi törzstenyészetében végeztük MNF×ML kocákkal. Csoportos kísérleti módszert alkalmaztunk, kezelésként 5-5 kocával ($313 \pm 24,9$ kg) és szaporulatával dolgoztunk. A két csoportot az istálló jobb és bal oldalán levő 5-5 egyedi fiaztató kutricában helyeztük el. A kísérletet a kocák fiaztatóra való áthajtásakor, 2014. június 01-én kezdtük, és a malacok 21 életnapra történő választásával fejeztük be. A kísérleti állomány a fiaztatóba történő betelepítést követően már a kontroll illetve kísérleti takarmányt kapta. A tenyészkocákat a fialást követően *ad libitum* takarmányoztuk és itattuk.

Kezelések, kontroll és kísérleti takarmányok

Kontroll és kísérleti kocatakarmanynok kukorica-búza-árpa-extrahált szójadara alapúak voltak. Kísérleti takarmányunkban a gyártó által javasolt maximális 10 kg/t dózisban alkalmaztuk a porított glicerint kukoricadara kiváltására. A kontroll és kísérleti takarmányok összetétele és azok vizsgált fontosabb táplálóanyag-tartalma az 3. táblázatban látható.

3. táblázat: A kontroll és kísérleti takarmányok összetétele és vizsgált táplálóanyag-tartalma

Takarmány-összetétel	Kontroll	Kísérleti
Búzadara	150	150
Árpadara	150	150
Kukoricadara	370	360
Porított glicerín*	-	10
Hidegen sajtolt napraforgó-pogácsa	50	50
Extrahált szójadara	160	160
Malátacsíra	50	50
Napraforgóolaj	30	30
Szoptató koca premix 4 %**	40	40
Összesen (kg)	1000	1000

Táplálóanyag/Energia	Kontroll	Kísérleti
Szárazanyag (g/kg)	906	911
Számított DE _s (MJ/kg)	14,35	14,31
Számított ME _s (MJ/kg)	13,80	13,77
Nyersfehérje (g/kg)	170	165
Nyerszsír (g/kg)	55	52
Nyersrost (g/kg)	38	40
Nyershamu (g/kg)	52	56
N-mentes kivonat (g/kg)	591	598
Glicerín (%)	0	1,05
Metanol (%)	0	0

*Synergy (Phodé Laboratories, Franciaország); **gyártó: Agrofeed Kft. (Győr, Magyarország)

A kukoricadara kiváltásra 1%-ban alkalmazott porított glicerín vizsgált kémiai összetételét a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat: A kísérletben alkalmazott porított glicerín vizsgált kémiai összetétele

Megnevezés	
Szárazanyag (g/kg takarmány)	873
Nyersfehérje (g/kg takarmány)	2,30
Nyerszsír (g/kg takarmány)	0
Nyersrost (g/kg takarmány)	0
Nyershamu (g/kg takarmány)	259,6
N-mentes kivonat (g/kg takarmány)	611,1
Glicerín (%)	72,92
Metanol (%)	0

A kocák egyedi élőtömegét a kísérlet kezdetekor, a fíaztatóba kerülés napján valamint a kísérlet végén, a választás napján mértük meg. A hátszalonna-vastagságot fialáskor és választáskor, az utolsó bordaív mögött a gerincvonalától 10-10 cm-re jobbra illetve balra (*a Sertés Teljesítményvizsgálati Kódex által elismert, MgSzH által ellenőrzött*) ultrahang készülékkel határoztuk meg, majd a két mért értéket átlagoltuk. A kondíciópontozásra a fíaztatóba történő betelepítés, illetve a választás napján került sor.

A fialást követően feljegyeztük az élő és a halva született malacok számát. A malacok mérlegelését a fialást követően valamint választáskor végeztük. A kocák egyedi takarmányfogyasztását folyamatosan rögzítettük. Feljegyeztük továbbá a malacelhullásokat, az alomkiegyenlítés céljából dajkásított malacokat valamint az állategészségügyi beavatkozásokat.

Takarmányanalitikai vizsgálatok

Kontroll és kísérleti takarmányaink szárazanyag, nyersfehérje, nyerszsír, nyersrost és nyershamu tartalmának vizsgálatakor a *Magyar Takarmánykódex (2004)* által meghatározott *módszereket* (MSZ ISO 6496:1993, MSZ 6830-4:1981, MSZ 6830-6:1984, MSZ 6830-7,

MSZ ISO 5984) tekintettük irányadónak. A takarmányanalitikai vizsgálatokat a Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának Állattudományi Intézetében, a Takarmányozástani Intézeti Tanszék laboratóriumában végeztük.

Vérvétel, vérvizsgálatok

A szoptató kocáktól egyedileg vettünk vért, hetente egyszer, az elülső üres vénából (*vena cava cranialis*) az ellést követő első, második illetve harmadik héten 3 órával az etetés után. A vérminták glükóz, koleszterin és triglicerid tartalmának meghatározását a mosonmagyaróvári Karolina Kórház végezte *Beckman Coulter AU* (Brea, California, USA) analizátorral.

Állatgyógyászati beavatkozások

A kocák a fialást követően **MMA**-szindróma (**M**astitis, **M**etritis, **A**galactia) ellen Shotaphen 10 cm³/egyed (*Virbac*) valamint Algopyrin 8 cm³/egyed (*CEVA-PHYLAXIA*) kezelést kaptak.

A malacok a fialást követő 4 órán belül 2 ml/egyed Energy Plus (*TAVET*) takarmánykiegészítőt kaptak, majd 2 napos korban kokcidiózis megelőzésére 1,5 ml/egyed Baycox 5 % szuszpenziót (*KVP Pharma*) kaptak szájon át. A malacoknak vashiányos anémia megelőzésére 2 napos korban 2 ml/egyed Bio Weyxin Fevit (*Veyx-Pharma*) pasztát adtunk, valamint 4-5 napos korban 2 ml/egyed Eisendextran+B12 injekciót (*Bremer Pharma GmbH*) kaptak. A malacok fertőző betegségek profilaxisában, 2 hetes korban, cirkovírus-fertőzés (PCV2) megelőzésére 1 cm³/egyed dózisban Ingelvac CircoFLEX injekciót (*Boehringer Ingelheim*), míg választáskor a *Mycoplasma hyopneumoniae* fertőzés megelőzés céljából 1 cm³/egyed Ingelvac MycoFLEX injekciót (*Boehringer Ingelheim*) kaptak.

Egy malacot kezeltünk továbbá ízületi gyulladás miatt 1,5 cm³ Algopyrin (*CEVA-PHYLAXIA*), Cobactan 2,5% (*Intervet*) és Enroxil 5% (*KRKA*), egy kocát pedig körömgagulladás miatt 10 cm³ Shotaphen (*Virbac*) valamint 8 cm³ Algopyrin (*CEVA-PHYLAXIA*) injekciókkal.

A kísérleti eredmények statisztikai értékelése

A kísérleti eredmények statisztikai értékelését t-próbával (independent-samples t-test) és nem-parametrikus tesztekkel (Kolmogorov-Smirnov teszt, Mann-Whitney teszt), az SPSS 13.0. for Windows program (SPSS Inc., Chicago, USA) segítségével végeztük el. A szórások homogenitás vizsgálatát Levene-teszt segítségével értékeltük. A választott szignifikancia szint valamennyi statisztikai elemzés esetében $P=0,05$ volt.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELEÉSÜK

4.1. A glicerinneminták analitikai vizsgálatának eredményei és értékelésük

A különböző minőségű és halmazállapotú glicerinneminták analitikai vizsgálatát követően a laboratóriumi eredményeket a termékspecifikációkkal összehasonlítva a következő eredményeket kaptuk (5. táblázat):

5. táblázat: Különböző eredetű glicerinneminták termékspecifikáció szerinti valamint laboreredményei

Származás	Halmazállapot	Minőség	Glicerinn (%)		Metanol (%)	
			Specifikáció	Labor	Specifikáció	Labor
Termék 1 (takarmánygyártótól származó minta)	folyékony	feed grade	87,5	87,3	<0,01	0,29
Termék 2* (telepi minta)	folyékony	feed grade	>80	64,04	<0,5	2,68
Termék 3 (takarmánygyártótól származó minta)	folyékony	feed grade	99,5	100	n.a.	0
Termék 4 (takarmánygyártótól származó minta)	folyékony	food grade	99,5	100	n.a.	0
Termék 5 (takarmánygyártótól származó minta)	szilárd	feed grade	68	72,92	0	0
Termék 6 (telepi minta)	folyékony	feed grade	80	91,67	<0,5	0,82
Termék 7 (takarmánygyártótól származó minta)	folyékony	feed grade	83,5-88,5	86,07	n.a.	0
Termék 8 (takarmánygyártótól származó minta)	folyékony	food grade	99,5	99,92	n.a.	0
Termék 9 (takarmánygyártótól származó minta)	folyékony	feed grade	>80	84,9	<0,02	0,55

n.a.=nincs adat, nincs erre vonatkozó információ a termékspecifikáción

* **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; B (mg/kg): 2,5

Analitikai vizsgálataink eredményei alapján a különböző eredetű mintáink glicerintartalma 64,04% 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% közötti glicerintartalmat mutattak. *Hansen és mtsai (2009)* esetében ezek a minőségbeli különbségek jóval extrémebbek voltak, az általuk vizsgált 11 minta esetében a glicerintartalom 38,4% valamint 96,5% között alakult. *Thompson és He (2006)* ezzel szemben 6 különböző olajos növényből és egy hulladékolajból származó glicerínminta esetében lényegesen kisebb változékonyságról számolt be, 62,5% és 76,6% közötti glicerintartalmat állapított meg.

Glicerínmintáink vizsgálata során a metanoltartalomra vonatkozóan megállapítottuk, hogy a termékek minősége az esetek közel felében eltért a specifikáción garantálttól, a 9 minta közül 4 mintában találtunk jelentős metanolmaradványt. A minták eredetét tekintve **a telepi minták mindegyike a minőségi bizonylaton garantált értéknél magasabb mennyiségben tartalmazott metanolt**, de két esetben takarmánygyártóktól származó mintáknál is mértünk határértéket meghaladó metanoltartalmat. Az általunk vizsgált glicerínminták közül a legmagasabb metanoltartalom 2,68% volt. Ez meghaladta a *Dasari (2007)* által mért maximális, 1,15%-os értéket. *Hansen és mtsai (2009)* vizsgálataik során ezzel szemben 13,94%-os metanoltartalmat is meghatároztak. Esetünkben a négy, termékspecifikációnak nem megfelelő minta mindegyikében az **FDA** által meghatározott 150 ppm-es (0,015%-os) határértéket meghaladó metanoltartalmat mértünk. *Dasari (2007)* vizsgálataira vonatkozóan ugyancsak ez mondható el 7 mintából 4 minta esetében, viszont a mi mintáink metanoleredményei 3 minta esetében még a németországi, 2000 ppm-es (0,2%) határértéket is túllépték. *Dasari (2007)* rávilágított továbbá arra a problémára is, hogy a glicerintartalom gyakran télenként változó, ugyanis ugyanabból az üzemből származó két egymást követő nap gyártott tételek között jelentős minőségbeli különbségek voltak. Az üzemben egyik nap 84,6%-os glicerín és határérték feletti (0,02%) metanoltartalmú, míg rá következő nap 94% glicerint és metanolt 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 glicerín NaCl tartalmával (5,2 %), valamint a *Doppenberg és Van Der Aar (2007)* által leírtakkal miszerint, a glicerín NaCl tartalma 6% körül alakul. *Schieck és mtsai (2009)* is ezt bizonyították szoptató kocákkal végzett etetési kísérletük során. Az általuk

felhasznált glicerín NaCl 6,01% tartalma volt. *Tyson és mtsai (2004)* ezzel szemben lényegesen magasabb, 10% és 30% közötti sótartalomról számol be.

A glicerínminták változó minőségére vonatkozó analitikai eredményeink megerősítettek bennünket a *Dasari (2007)* illetve *Hansen és mtsai (2009)* által javasoltakkal kapcsolatban, miszerint a glicerín metanol- és NaCl-tartalmát takarmányozási célú felhasználás előtt okvetlen ellenőrizni szükséges. Ezen előzetes eredményeink arra irányítják rá a figyelmet, hogy a közvetlenül az állattartótelepekről származó glicerín minták vizsgálatát nagyobb elemszám bevonásával mindenféleképpen folytatni kell.

4.2. Az alapkísérlet eredményei és értékelésük

A beállított alapkísérlet eredményeit a szoptató kocák élősúlyának, kondíciójának valamint hátszalonna-vastagságának változására, a takarmányfogyasztás valamint az újravemhesítéshez szükséges napok számának alakulására a 6. táblázat foglalja össze.

6. táblázat: A szoptató kocák élősúlyának, hátszalonna-vastagságának, kondíciójának változása, takarmányfogyasztása

	Kontroll	Kísérleti
Kocák száma	5	5
Fialások száma	2,8	3,4
Laktáció hossza (nap)	21,8	21,6
Összes takarmányfogyasztás (kg)	105,8±7,02	76,3±32,19 NS
Élősúly (kg)		
a kísérlet kezdetén (kg)	318±26,24	307,8±27,53 NS
a kísérlet végén (kg)	268,6±23,67	256,8±30,01 NS
Élősúlyvesztés (kg)	-49,4	-51
Kondíció		
a kísérlet kezdetén	5	5
a kísérlet végén	4,8	4,6
Hátszalonna (mm)		
a kísérlet kezdetén (mm)	21,3±5,54	21,8±4,67 NS
a kísérlet végén (mm)	17,2±3,67	18,4±3,07 NS
Hátszalonna-vastagság csökkenés (mm)	-4,1	-3,4
Újravemhesítéshez szükséges napok száma (nap)	5	5

NS=nem szignifikáns

A 6. táblázatból kitűnik, hogy a kísérleti csoport laktáció alatti összes takarmányfogyasztása ($76,3 \pm 32,19$ kg) lényegesen kevesebb volt a kontroll csoport ($105,8 \pm 7,02$ kg) takarmányfogyasztásához képest, viszont az is megállapítható, hogy a kísérleti csoport esetében nagyobb szórás jelentkezett. Ennek oka, hogy a kísérleti csoportban az egyik koca szoptatás alatt körömágy-gyulladás miatt takarmány-visszautasítást tanúsított, antibiotikumos kezelésben kellett részesíteni (10 cm^3 Shotaphen és 8 cm^3 Algopyrin injekció). Ezen kívül egy másik koca, melynek paritása (fialások száma) a kísérlet során a 8. volt, mindössze 4 malacot fialt és szoptatás alatti összes takarmányfelvétele ($48,5$ kg) is töredéke volt a kontroll csoport átlagos takarmányfelvételének ($105,8$ kg). Ezek a tényezők ilyen kis elemszám ($n=5$) esetében jelentősen rontották a kísérleti csoport átlagos takarmányfelvételét.

A fentiek alapján megállapítható az is, hogy a kocák élősúlyvesztesége a szoptatás alatt a kontroll csoport esetében $15,53\%$, míg a kísérleti csoport esetében $16,56\%$ volt. Halas és Babinszky (2000) valamint Eissen és mtsai (2000) szoptató kocák esetében 28 napra történő választás esetén 15% súlyveszteséget tartanak elfogadhatónak. Jelen kísérletben tapasztalt eredményeinket 28 napos választásra korrigálva a kontroll csoport esetében $19,95\%$, míg a kísérleti csoport esetében $24,47\%$ -os súlyveszteséget számoltunk. Ez mindkét esetben meghaladta a Halas és Babinszky (2000) valamint az Eissen és mtsai (2000) által elfogadhatónak vélt értékeket.

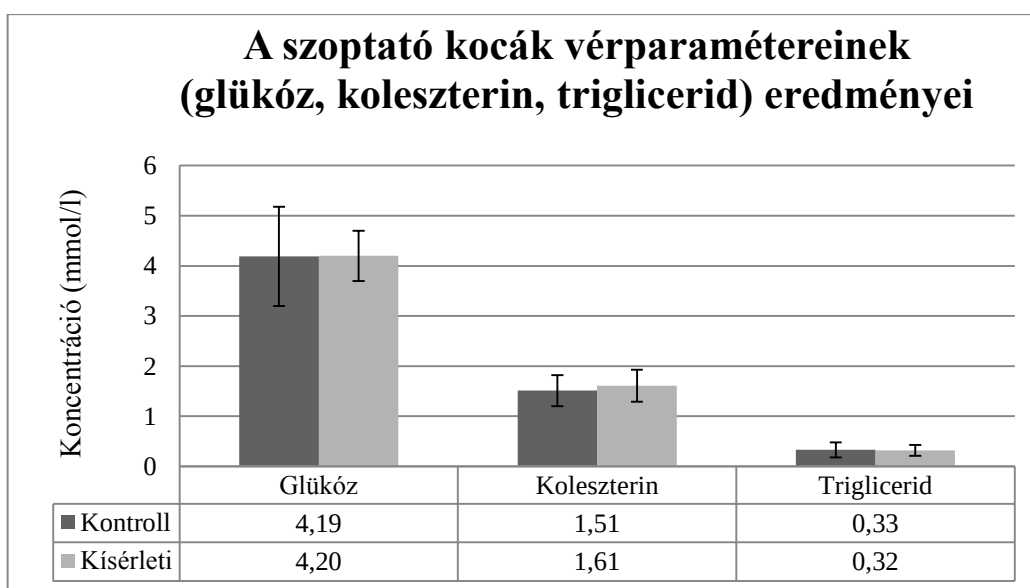
A kocák kondíciója a kondíciópontozás értékei alapján a jelentős súlyveszteség ellenére sem változott lényeges mértékben. A kondíció megítélésére ez a módszer azonban rendkívül szubjektív. Goodband és mtsai (2005) megállapítása szerint a hátszalonna-vastagság mérése valamint a kondíciópontozás közötti korreláció rendkívül csekély, a legjobb esetben sem több $R^2=0,23$ -nál, tehát a valós kondíció megítélésére a hátszalonna-vastagság mérése elengedhetetlen. Az általuk leírtak alapján az utolsó bordaív mellett, a gerinc középvonalától jobbra és balra $10\text{-}10\text{ cm}$ -re mért értékeket átlagolva fialáskor a hátszalonna-vastagság értékeknek optimálisan $17\text{-}21\text{ mm}$ között kell lenniük és semmilyen esetben sem szabad a $15\text{-}24\text{ mm}$ közötti intervallumon kívül esni. A kontroll és kísérleti csoport hátszalonna-vastagsága a kísérlet kezdetén (kontroll: $21,3\text{ mm}$, kísérleti: $21,8\text{ mm}$) és végén (kontroll: $17,2\text{ mm}$, kísérleti: $18,4\text{ mm}$) közel azonos volt, a kontroll csoport hátszalonna-vastagsága átlagosan $-4,1\text{ mm}$ -rel, míg a kísérleti csoport esetében $-3,4\text{ mm}$ -rel csökkent.

A glicerines kezelés a kontrollhoz képest nem befolyásolta az újravemhesítéshez szükséges napok számát sem.

7. táblázat: A szoptató kocák vérparamétereinek (glükóz, koleszterin, triglicerid) eredményei

	Kontroll	Kísérleti
Glükóz (mmol/l)	4,19±0,99	4,20±0,50 NS
Koleszterin (mmol/l)	1,51±0,31	1,61±0,32 NS
Triglicerid (mmol/l)	0,33±0,15	0,32±0,11 NS

NS=nem szignifikáns



8. ábra: A szoptató kocák vérparamétereinek eredményei

A szoptató kocák vérparamétereinek eredményeit (glükóz, koleszterin, triglicerid) a 7. táblázatban illetve a 8. ábrán láthatjuk. A vérplazma glükóz koncentrációját vizsgálva megállapítható, hogy nincs szignifikáns különbség ($P>0,05$) a kontroll és a glicerinnel kiegészített takarmányt fogyasztó állatok vérmintái között. Ezzel megegyező eredményekről számoltak be *Schieck és mtsai (2010)*. Alapkísérletünk során a glicerinkiegészítés hatására a kísérleti csoport vérplazmáinak koleszterintartalma statisztikailag igazolhatóan nem változott ($P>0,05$). Ezzel szemben *Mourot és mtsai (1994)* sertéshizlalás során 5% glicerinnel kiegészített takarmányt fogyasztó állatok vérmintáinak triglicerid tartalma sem változott jelentős mértékben. Ez megegyezik a *Mourot és mtsai (1994)* által tapasztaltakkal.

Az alacsony n-szám miatt ($n=5$ koca/kezelés) a glicerinkiegészítés újszülött malacokra gyakorolt hatását (pl. születési élő súly, választott malacok száma, elhullás, stb.) nem értékeltük, mivel a kiindulási paraméterek tekintetében (pl. összes született malacsám, malacok átlagsúlya, stb.) már szignifikáns mértékű eltérések jelentkeztek. Tekintettel arra, hogy a kísérletet több ismétlésben kívánjuk értékelni, így ezen eredményeket a későbbi munkánkba fogjuk felhasználni.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A glicerínminták analitikai vizsgálatainak eredményei alapján valamint a szoptató koca takarmányozási alapkísérleteket követően az alábbi következtetések és javaslatok fogalmazhatók meg:

1. A hazai állattartó telepekről és takarmánygyártóktól gyűjtött glicerínminták minősége az esetek 44,4%-ában nem felelt meg a termékspecifikáción garantáltaknak, laboratóriumi vizsgálataink során a minőségi bizonylaton szereplő értéknél magasabb metanoltartalmat mértünk. Ez a telepekről származó mintákra kivétel nélkül jellemző volt. Jelen eredményeink ismeretében tehát a közvetlenül állattartó telepekről származó minták vizsgálatát bővített elemszámmal mindenképpen folytatni kell.
2. A kijelölt minta NaCl-tartalmának meghatározását követően a szakirodalmi adatokkal egyező következtetésre jutottunk, miszerint a glicerín felhasználása során jelentős, sótartalommal (5-6% körüli NaCl) kell számolni, amit a takarmányreceptúrák formulázásánál nem szabad figyelmen kívül hagyni! Javasoljuk továbbá a bővített elemszámú analitikai vizsgálatainkat NaCl tartalomra is kiterjeszteni!
3. A glicerín etetésével járó kockázati tényezőket (metanol- és sótartalom) a melléktermék takarmányreceptúrákba való illesztését megelőzően mind takarmánygyártói, mind telepi szinten fel kell mérni. Ezeknek a veszélyforrásoknak, azok lehetséges állategészségügyi következményeinek kizárása csakis rendszeres minőségellenőrzéssel lehetséges.
4. Az adalékanyagokra vonatkozó rendszeres minőségellenőrzés takarmánygyártó cégek esetében rutinszerű, viszont az összes beszállított tételt nem érinti, ezenkívül lassú és költséges laboratóriumi vizsgálatokkal (gáz vagy nagyteljesítményű folyadék kromatográf) valósítható meg. Takarmánygyártó cégeknél a beérkező szemes és iparilag feldolgozott alapanyagok minősítése során jól bevált gyakorlat az úgynevezett **NIR (Near Infrared Spectroscopy)** elven működő gyors analízátorok alkalmazása, melyek a beltartalmi paraméterekre vonatkozóan néhány percen belül szolgáltatnak eredményt. Metanoltartalom meghatározásra is léteznek már NIR kalibrációk. Azon takarmánygyártók esetében, melyek nagy mennyiségben használnak fel glicerint, érdemes lenne ezen a lehetőségen is elgondolkodni. Telepi szinten egy ilyen költséges

beruházás nem térülne meg, viszont a minőségellenőrzést, minták laborvizsgálatra küldését nem ajánlott elhagyni, vagy olyan beszerzési forrást (forgalmazót vagy takarmánygyártót) kell választani, aki az alapanyag-beszerzésre - mint legfőbb kritikus pontra - különösen nagy hangsúlyt fektet.

5. Alapkísérletünk eredményeiből a kevés elemszám ($n=10$) egzakt következtetések nem vonhatók le, viszont a további munkára vonatkozóan számos javaslat megfogalmazható:

- Célszerű lenne a kísérletet rosszabb kondíciójú állományra (lehetőség szerint minél több előhasi kocát bevonva) kiterjeszteni, nagyüzemi körülmények között megismételni.
- Javaslom továbbá hosszabb távú etetési kísérletek beállítását, melyek során a kocák eredményeit több reprodukciós cikluson keresztül végig lehetne kísérni.
- Érdemes lenne a „*feed*” és „*food grade*”, szilárd és folyékony glicerinnel történő kiegészítés termelési eredményekre gyakorolt hatását vizsgáló összehasonlító kísérletet végezni.
- Egyedi anyagcsereketrecben elhelyezett állatok esetében lehetőség lenne a potenciális veszélyforrások állategészségügyi hatásainak célzott vizsgálatára.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A XXI. század fokozódó nyersanyag igényével párhuzamosan a bioüzemanyaggyártás volumene is növekedett. Ennek következményeként nagy mennyiségben keletkeznek olyan melléktermékek, melyek költséges fehérjehordozók kiváltására vagy haszonállataink energiaellátásának javítása érdekében egyre gyakoribb és nagyobb mennyiségben alkalmazott összetevői a takarmányreceptúráknak. Ilyen melléktermék a biodízelgyártás során keletkező, a tejelő szarvasmarhák takarmányozásában antiketogén hatása miatt már évtizedek óta glükóz prekursorként használt glicerín. A glicerint célzott energiakiégészítésként nagy mennyiségben alkalmazzák monogasztrikus haszonállataink (baromfi és sertés) takarmányaiban is.

A megfelelő energiaellátás a sertéstakarmányozás gyakorlatában nemcsak sertéshizlalás során, hanem tenyészkocák esetében laktáció alatt is rendkívül fontos. Az esetek többségében a szoptatás időszakát (még *ad libitum* takarmányozás mellett is) a kocák jelentős élősúlycsökkenésével, kondícióromlásával párosuló negatív energiamérleg jellemzi, mely negatívan befolyásolja a koca reprodukciós- és egyben élettéljesítményét. A tenyészkondíció megőrzése érdekében a megfelelő energiakiégészítés nélkülözhetetlen.

A szoptató koca-takarmányok energiakiégészítésének alternatívájaként kínálkozik a glicerín, melynek minősége azonban (ahogy ez az iparilag feldolgozott alapanyagok illetve melléktermékek esetében gyakori) tételenként változó, nagyban gyártástechnológia függő. Az állományra állategészségügyi szempontból potenciális veszélyforrást jelentenek a technológiai folyamatokból visszamaradó metanol- és ásványisó- (NaCl, KCl) maradványok.

Annak felmérése érdekében, hogy ezek a veszélyforrások milyen mértékben vannak jelen a hazai gyakorlatban, állattartó telepekről és takarmánygyártóktól különböző minőségű („*feed*” és „*food*” *grade*) valamint halmazállapotú (szilárd és folyékony) glicerínmintákat gyűjtöttünk, melyeknek meghatároztuk a glicerín- és metanoltartalmát, valamint egy kijelölt minta esetében NaCl, KCl, makro- és mikroelem-meghatározást is végeztünk. Vizsgálataink során a minták glicerintartalma 64,04% és 100%, metanoltartalma pedig <0,01% valamint 2,68% között változott. A laborvizsgálati eredményeket összehasonlítottuk a termékspecifikáción deklarált értékekkel, és megállapítottuk, hogy a termékek az esetek 44,4%-ában a garantáltnál lényegesen nagyobb mennyiségben tartalmaztak metanolt. Ez a jelenség főként a telepről származó minták esetében volt jellemző, **a telepi minták mindegyike a határértéket meghaladó mennyiségben tartalmazott metanolt.** A kijelölt

minta esetében a rendelkezésre álló szakirodalmi adatokkal megegyező NaCl-tartalmat (5,22%) mértünk és arra a következtetésre jutottunk, hogy **a sótartalmat a glicerintakarmányreceptúrákba illesztésénél nem szabad figyelmen kívül hagyni**. Eredményeink ismeretében megállapítottuk, hogy a vizsgált kockázati tényezőket a glicerintakarmányreceptúrákba való illesztését megelőzően minden esetben fel kell mérni, rendszeres minőségellenőrzéssel nemcsak takarmánygyártói, hanem telepi szinten ki kell zárni.

A glicerintakarmányok analitikai vizsgálatainak eredménye ismeretében szoptató kocákkal végzett alapkísérletünk beállítása során egy garantáltan metanol és egyéb anyagoktól (pl. ásványi só, nehézfémek) mentes glicerinforrást kerestünk. Így esett választásunk a porított, szilárd hordozóra vitt 72,9% glicerint tartalmazó, 99,9%-os tisztaságú kiegészítőtakarmányra („Synergy”, Phode Laboratories, Franciaország), melyet kísérletünk során a szoptató kocák takarmányokban 10 kg/t mennyiségben kukoricadara kiváltására alkalmaztunk. Alapkísérletünk eredményeink értékelése során megállapítottuk, hogy a glicerinkiegészítés a kocák laktáció alatti élősúlyvesztésére, hátszalonna-vastagságának csökkenésére valamint a kondíció alakulására nem volt statisztikailag igazolható hatással. A kocáktól vett vérminták glükóz, koleszterin és triglicerid koncentrációja esetében sem állapítottunk meg szignifikáns különbséget a kontroll és a kísérleti csoport között. A kísérleti csoport laktáció alatti takarmányfogyasztása lényegesen kisebb volt ($76,3 \pm 32,19$ kg) a kontroll csoport ($105,8 \pm 7,02$ kg) takarmányfogyasztásához képest (NS). A kevés elemszám ($n=10$) miatt azonban az eredmények nem hozhatók egyértelműen összefüggésbe a kísérleti takarmány glicerintartalmával, nincsenek erre vonatkozóan egzakt bizonyítékok. A kísérlet ismétlését, az elemszám növelését tehát mindenféleképpen indokoltnak tartjuk.

A hazai telepekről és termékforgalmazóktól gyűjtött glicerintakarmányok analitikai vizsgálatait valamint a szoptató kocákkal végzett alapkísérleteinket követően összegzésként megállapítható, hogy glicerintakarmány alkalmazásának potenciális veszélyforrásai (metanol- és sótartalom) jelen vannak a hazai, főként telepi gyakorlatban. Ez indokoltá teszi a jelenleginél lényegesen szigorúbb minőségellenőrzést, kiemelten abban az esetben ha tenyészkocáink energiaigényét kívánjuk fedezni glicerintakarmányok alkalmazásával.

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Köszönettel és hálával tartozom konzulenseimnek Dr. Tóth Tamás egyetemi docensnek és Prof. Dr. Egri Borisznak, akik szakmai iránymutatásukkal segítették munkámat dolgozatom elkészítése során, valamint megteremtették a laboratóriumi vizsgálatokhoz és az alapkísérlethez szükséges feltételeket.

Hálával tartozom Nagy Gyulának és Nagy Katalin PhD hallgatónak, akik a kísérletek beállításához szükséges telepi feltételeket biztosították és a kutatómunkához precíz körülményeket teremtettek.

Köszönettel tartozom továbbá Dr. Zsédely Eszternek a Takarmányozástani Intézeti Tanszék intézeti mérnökének a vizsgálatok során nyújtott segítségéért. Végül, de nem utolsó sorban köszönöm az említett Tanszék laboratóriumában dolgozóknak, Németh Valéria laborvezetőnek, Tóthné Erdős Gyöngyi tanszéki technikusnak, Tölts Sándorné, Vedródi Istvánné és Teschner-Kovács Zsófia laboránsoknak a glicerín- illetve takarmányminták vizsgálata során végzett munkáját.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. **Association of American Feed Control Officials (2010):** Official Publication. Association of American Feed Control Officials, Inc., West Lafayette, IN, USA.
2. **Ádám, V., Faragó, A., Machovich, R., Mandl, J., Dux, L., Sümegi, B. (2001):** Orvosi biokémia, Medicina Könyvkiadó, Budapest. pp. 92-140, 143-190.
3. **Baba, H.X., Zhang, J., Wolfe, R.R. (1995):** Glycerol glükoneogenesis in fasting humans. *Nutrition*, 11: 149-153.
4. **Babinszky, L., Gundel, J., Dégen, L. (1987):** Eltérő energiafelvétel hatása a vemhes- és szoptató kocák teljesítményére, valamint a fehérje- és zsírbeépülésre. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 36.6. pp. 537-545.
5. **Balog, K. (2005):** Energiaellátás, energiatakarékosság világszerte, BME OMIKK, 44:45–50.
6. **Bartelt, J., Schneider, H. D. (2002):** Glycerine in der Tierernährung. *UFOP Schriften, Heft 17*. Bonn, Germany, pp. 15–36.
7. **Bordás I. (2006):** Toxikológia jegyzet, Országos Kémiai Biztonsági Intézet, Budapest. p. 50.
8. **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. *Poultry Science*, 41: 881–882.
9. **Cerrate, S., Yan, F., Wang, Z., Coto, C., Sacakli P., Waldroup, P. W. (2006):** Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. *International Journal of Poultry Science*, 5:1001–1007.
10. **Close, W. H., Cole, D. J. A. (2000):** Energy: responses and requirements. In: *Nutrition of Sows and Boars*. Nottingham University Press, Nottingham, UK. pp. 29-69
11. **Dasari, M. (2007):** Crude glycerol potential described. *Feedstuffs*, Vol.79, No.43. pp. 1-3.
12. **Eissen, J. J., Kanis E., B. Kemp. (2000):** Sow factors affecting voluntary feed intake during lactation. *Livestock Production Science*, 64:147–165.
13. **Fekete, S. (2009):** Állatorvosi takarmányozástan és dietetika I. kötet. Szent István Egyetem Állatorvos-tudományi Kar, Budapest p. 567., 576.
14. **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. *Canadian Journal of Animal Science* 53:289-296.

15. **Gerpen, J. (2005):** Biodiesel processing and production. *Fuel Process Technology*, 86:1097-1107.
16. **Goldfrank, L.R., Flomenbaum, N.E. (1998):** Goldfrank's toxicologic emergencies, 6. kiadás Appleton & Lange, Stamford (CT). pp. 1049-1060.
17. **Gonçalves, V. L. C., Pinto, B. P., Silva, J. C., Mota C. J. (2008):** Advances in Catalysis, 673: 133-135.
18. **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
19. **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. *Journal of Animal Science*. 86:2228-2236.
20. **Halas, V., Babinszky, L. (2000):** A takarmányzsír etetésének hatása a szoptatókocák energiaforgalmára, valamint a kocák és malacaik teljesítményére: irodalmi feldolgozás. *Állattenyésztés és Takarmányozás* 1: 69-82.
21. **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. *Animal Production Science*, 49:154-161.
22. **Horn P., Pászthy Gy., Bene Sz., Wekerle L., Fekete, B.: (2011):** Sertésenyésztés. pp. 57-59.
23. **Huszenicza Gy., Fébel H., Gáspárdy A., Gaál T. (2002):** A nagy tejtermelésű tehén takarmányozásának, tejtermelésének és szaporodóképességének kapcsolata. Irodalmi áttekintés. 1. Az ellés utáni időszak anyagforgalmi jellemzői. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 124: 719-725.
24. **Ingvartsen, K. L. (2006):** Feeding- and management-related diseases in the transition cow: Physiological adaptations around calving and strategies to reduce feeding-related diseases. *Animal Feed Science and Technology*, 126(3-4):175-213.
25. **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. *American Journal of Medicine*, 84:145-52.

26. **Johnson, R.B. (1954):** The treatment of ketosis with glycerol and propylene glycol. *Cornell Veterinarian*, 44: 6-21.
27. **Karinen, R. S., Krause A. O. I. (2006):** Applied Catalysis A: General. 306:128.
28. **Karsai F., Kutas, F. (1982):** A zsíryanagforgalom. In: Állatorvosi Kórélettan, (szerk.) Karsai F., Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. p. 403.
29. **Kerr B. J., Weber T. E., Dozier W. A. III., Kidd M. T. (2009):** Digestible and metabolizable energy content of crude glycerin originating from different sources in nursery pigs. *Journal of Animal Science*. 87:4042–4049.
30. **Kutas, F. (1989):** Az intermediér anyagcsere és szabályozása. Állatorvostudományi Egyetem Jegyzetei, Budapest. p.141, 152.
31. **Kijora, C., Bergner, H., Kupsch, R.D., Hageman, L., (1995):** Glycerol as a feed component in diets of fattening pigs. *Archives of Animal Nutrition*, 47:345–360.
32. **Kovács, P. (2010):** A biodízel gyártás során keletkező glicerín takarmányozási célú felhasználása a hízősertésekénél. Palatia Nyomda és Kiadó Kft. p.21.
33. **Lammers, P. J., Kerr, B. J., Weber, T. E., Dozier, W. A., Kidd, M. T., Bregendahl, K., Honeyman M. S. (2008):** Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. *Journal of Animal Science*, 86:602–608.
34. **Latour, M., Kelly, D., Sholly, D., Legan, B., Richert, B. (2008):** Effects of feeding increasing levels of glycerol with or without distillers dried grains with solubles in the diet on grow-finish pig growth performance and carcass quality. *Journal of Animal Science*, 86. E-Suppl. 2. 606.
35. **Leng, R.A. (1970):** Glucose synthesis in ruminants. *Advances in Veterinary Science Comparative Medicine*, 14: 209-60.
36. **Leeson. S., Diaz, G., Summers, J.D. (1995).** Aflatoxins. In: Leeson, S., Diaz, G., Summers, J.D. (Eds.), *Poultry Metabolic Disorders and Mycotoxins*. University Books, Canada, Ont. pp. 248–279.
37. **Lessard, P., Lefrancois, M.R., Bernier, J.F. (1993):** Dietary addition of cellular metabolic intermediates and carcass fat deposition in broilers. *Poultry Science*, 72: 535–545.
38. **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. *Journal of Nutrition*, 106: 1668–1677.
39. **Magyar Takarmánykódex II-III. kötet (2004):** Ajánlás szoptatókoca takarmánykeverékek táplálóanyag összetételére. p. 53.

40. **Mackenzie, D. D. S., Revell, D. K. (1998):** Genetic influences on milk quantity. In: *The Lactating Sow*. (Ed.) Verstegen, M. W. A., Moughan, P. J., Schrama J. W., Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands. pp. 97-112.
41. **Mourot, J., Aumaitre A., Mounier A., Peinau P., Fracois, A.C. (1994):** Nutritional and physiological-effects of dietary glycerol in the growing pigs – consequences on fatty tissues and postmortem muscular parameters. *Livestock Production Science* 38(3): 237-244.
42. **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. *Biochemical Pharmacology*, 28:645-9.
43. **Mézes, M. (1997):** Takarmányártalmak, takarmánytoxikológia, tantárgyi összefoglaló; Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Takarmányozástani Tanszék. p. 17.
44. **National Reserach Council (2012):** Nutrient Requirements of Swine. The National Academies Press, Washington. p. 232-233.
45. **Neville, W.J., McPherson, J.W., King, G.J. (1970):** The contraceptive action of glycerol in gilts. *Journal of Animal Science*, 31:227.
46. **Neville, W. J., McPherson, J.W., Reinhart, B. (1971):** The contraceptive action of glycerol in chickens. *Poultry Science*, 50:1411-1415.
47. **Noblet, J., Dourmad, J. Y., Etienne, M. (1990):** Energy utilization in pregnant and lactating sows: Modeling of energy requirements. *Journal of Animal Science*, 68:562–572.
48. **Normenkomission für Einzelfuttermittel, Zentralkommission der Deutschen Landwirtschaft (2012):** Positivliste für Einzelfuttermittel. p. 47.
49. **Rathi M., Sakhuja V., Jha V.(2006):** Visual blurring and metabolic acidosis after ingestion of bootlegged alcohol. *Hemodialysis International*. 10:8-14.
50. **Renner, R., Elcombe, A. (1964):** Factors affecting utilization of carbohydrate free diets by nutrition. 2. Level of glycerol. *Journal of Nutrition*, 84:327-330.
51. **Sauvant, D., Perez, J.M., Tran, G. (2002):** Tables de composition et de valeur nutritive des matieres premieres destinées aux animaux d'élevage: porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. D Sauvant, J.M. Perez and G. Tran, ed. INRA Editions, Paris. p. 301.
52. **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. *Journal of Animal Science*, 88:2648-2656.

53. **Simon, A., Bergener, H., Schwabe, M. (1996):** Glycerol-feed ingredient for broiler chickens. *Archives of Animal Nutrition* 49:103–112.
54. **Schmidt, J., Zsédely, E. (2012):** Untersuchungen zum Einfluss von Glycerin auf die Wachstumsleistung von Broiler und den Nährstoffgehalt des Broilerfleisches sowie zur Ermittlung des Gehaltes an scheinbar umsetzbarer Energie von Glycerin in der Broilerfütterung. *Archiv für Geflügelkunde*, 76:113–120.
55. **Schmidt, J. (1995):** Gazdasági állataink takarmányozása, Mezőgazda Kiadó, Budapest. p. 52.
56. **Schröder, A., Südekum, K. (1999):** Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets for ruminants. in Porcine 10th International Rapeseed Congress. Canberra, Australia.
57. **Tao, R.C., Kelley, R.E., Yosimura, H., Benjamin, F. (1983):** Glycerol: its metabolism and use as an intravenous energy source. *Journal Parenteral Enteral Nutrition*, 7. 479-488.
58. **The Soap and Detergent Association (1990):** Glycerine: an overview, pp. 2-8.
59. **Thompson, J.C., He, B.B. (2006):** Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks, *Applied Engineering in Agriculture*, 22:261-265.
60. **Tyson, K.S.; Bozell, J.; Wallace, R.; Petersen, E. & Moens, L. (2004):** Biomass oil analysis: research needs and recommendations. Technical Report. p. 61.
61. **Zijlstra, R.T., Menjivar, K., Lawrence, E., Beltranena, E. (2009):** The effect of feeding crude glycerol on growth performance and nutrient digestibility in weaned pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 89:85–88.
62. **Várnagy, L. (2009):** Mérgezőségek. Takarmány és ivóvíz eredetű mérgezőségek: Konyhasómérgezés. In: Egri, B. (Szerk.) Az állategészség-védelem alapjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 214-215.
63. **Wapnir, R. A., Sia, M. C., Fisher, S. E. (1996):** Enhancement of intestinal water absorption and sodium transport by glycerol in rats. *Journal of Applied Physiology*, 81(6):2523-2527

Internetes hivatkozások:

URL₁: <http://www.prweb.com/releases/china-biodiesel-market/report-2014-2017/prweb11977915.htm>

URL₂: http://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2014/biofuels_agr_outlook-2014-6-en

URL₃: http://www.nak.hu/images/Mezogazdasag/Garay_R%C3%B3bert.pdf

URL₄: http://www.nak.hu/images/Mezogazdasag/Dr._F%C3%A9bel_Hedvig.pdf

URL₅: <http://www.answers.com/topic/glycerol>