

NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZER-
TUDOMÁNYI KAR
ÉLELMISZER-TUDOMÁNYI INTÉZET

Ujhelyi Imre Állattudományi Doktori Iskola

Doktori Iskola-vezető:
Dr. Benedek Pál DSc
egyetemi tanár

Gazdasági állatok táplálóanyagellátásának javítása
Program

Témavezető:
Dr. Schmidt János
Professzor emeritus, az mta rendes tagja

**A biodízel gyártás során keletkező glicerinnel
takarmányozási célú felhasználása a hízósertésekénél**

Készítette:
Kovács Péter

Mosonmagyaróvár
2010

A BIODÍZEL GYÁRTÁS SORÁN KELETKEZŐ GLICERIN TAKARMÁNYOZÁSI CÉLÚ FELHASZNÁLÁSA A HÍZÓsertéseknél

Írta:
KOVÁCS PÉTER

Készült a Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság és Élelmiszertudományi Kar
Ujhelyi Imre Állattudományi Doktori Iskola
Gazdasági állatok táplálóanyagellátásának
javítása programja keretében

Témavezető: Dr. Schmidt János

TARTALOMJEGYZÉK

KIVONAT	6
ABSTRACT	6
1. BEVEZETÉS	7
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	10
2.1. A biodízel előállítás világpiaci helyzete	10
2.2. A biodízelgyártás folyamata és a glicerín	12
2.3. A glicerín hasznosulása az állati szervezetben	15
2.3.1. A glicerín jellemzése	15
2.3.2. A glicerín metabolizációja a szervezetben	15
2.4. A glicerín energiaértéke monogasztrikus állatokban	19
2.4.1. A glicerín energiatartalma	19
2.4.2. A glicerín metanol tartalma	21
2.5. A glicerín etetés hatása a hizlalási paraméterekre és a húsminőségre	22
2.5.1 A hizlalási teljesítmény alakulása glicerín etetésekor	22
2.5.2. A glicerín kiegészítés hatása a sertéshús minőségére	26
3. SAJÁT VIZSGÁLATOK	28
3.1. A kísérletek célkitűzése	28
3.2. Anyag és módszer	29
3.2.1. Az állatkísérletek metodikája	29
3.2.1.1. Emésztési és N-forgalmi vizsgálatok	29
3.2.1.2. Üzemi sertéshizlalási kísérlet	31
3.2.2. A kísérletek során felhasznált kémiai vizsgálati módszerek	34
3.2.2.1. A kémiai összetétel vizsgálatának módszerei	34
3.2.2.2. A zsírsavösszetétel meghatározása	34
3.2.2.3. A csepegési-, fagyasztási-, főzési- és sütési veszteség mérése	35
3.2.2.4. Egyéb húsminőségi paraméterek vizsgálata	36
3.2.3. A kísérleti eredmények statisztikai értékelése	37
3.3. Kísérleti eredmények és azok értékelése	38
3.3.1. A glicerín emészthető (DE) és metabolizálható (ME) energiaértékének megállapítása	38
3.3.2. A glicerín etetés hatása a táplálóanyagok emészthetőségére és a N-visszatartásra	42
3.3.3. A glicerín hatása a sertések hizlalási teljesítményére	43
3.3.4. A glicerín hatása a vágási kihozatalra, valamint a vágott áru kémiai összetételére és zsírsav profiljára	46
3.3.5. A csepegési-, fagyasztási-, főzési- és sütési veszteség alakulása	53
3.3.6. Egyéb húsminőségi paraméterek vizsgálata	55

4. ÖSSZEFOGLALÁS.....	60
5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	62
TÁBLÁZATOK ÉS ÁBRÁK JEGYZÉKE	63
RÖVÍDÍTÉSEK JEGYZÉKE.....	65
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	65
FELHASZNÁLT IRODALOM	66

KIVONAT

A biodízel gyártás során keletkező glicerín gazdaságos felhasználására világszerte kutatások folynak. Ilyen felhasználási lehetőség a takarmányként való hasznosítás is. Dolgozatomban arra a kérdésre kerestem választ, hogy miként illeszthető be a biodízel gyártás melléktermékeként keletkező glicerín, mint energiaforrás a hízósertések takarmányozásába. Továbbá azt is vizsgáltam, hogy a glicerín etetése hogyan befolyásolja a sertések hizlalási teljesítményét, valamint a sertéshús táplálkozási értékét és konyhatechnikai tulajdonságait.

Kutatási eredményeim azt bizonyítják, hogy a glicerint 5%-ban keverve a sertések takarmányba eredményesen helyettesíti a kukoricát a hizlalás folyamán. Ezenkívül sem a hús összetételére, sem pedig konyhatechnikai paramétereire nem gyakorol negatív hatást.

ABSTRACT

There has been a dramatic increase in the amount of biofuel production which has caused an increase of by-products, such as glycerol. Therefore a number of studies have investigated the economical utilization of glycerol. The subject of my thesis aims to determine the apparent DE and ME content of crude glycerol in pig nutrition and to examine the effects of feeding glycerol.

According to my results crude glycerol has a significant DE and ME content and it can effectively replace a part of corn in the diet of pig without decreasing the fattening performance. Furthermore dietary glycerol does not adversely influence the nutritional value and cooking properties of pork.

1. BEVEZETÉS

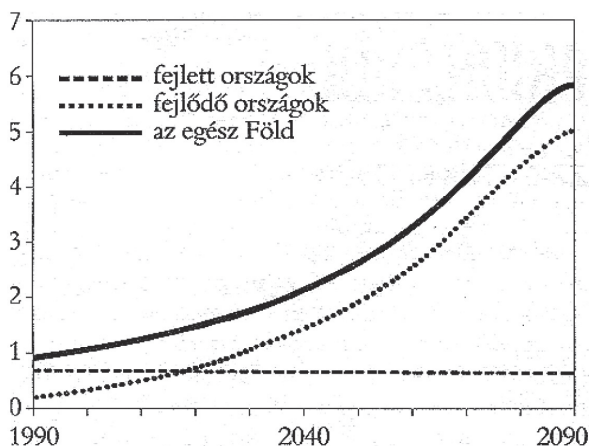
Földünkön a rendelkezésre álló nem megújuló (fosszilis) energiakészletek végesek és kifogyóban vannak, ugyanakkor, a világ gazdasági fejlődése következtében az energiaigény folyamatosan nő (Ekéné, 2004; Kállai, 2007).

Ennek két fontos, elkerülhetetlen vonzata van:

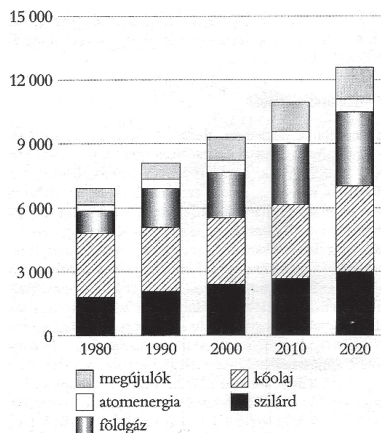
- az ár folyamatosan növekedni fog
- sürgősen megoldást kell találni alternatív megújuló energiaforrások kiaknázására (Vajda, 2001).

Amíg a fosszilis energiák használata nagymértékben terheli a környezetünket (levegőtiszta, víz, szél és bioenergia) az emberiség szolgálatába állítása során nem, vagy csak jelentősen mérsékelt mennyiségben, keletkeznek a természet körforgásában valamely állandó összetevő arányát megnövelő, a környezetet terhelő anyagcseretermékek (Alföldi, 2008; Németh és Sevela, 2007; Szulmanné, 2007).

Noha a növekvő energiafogyasztásban a megújuló energiaforrások már 2020-ig is emelkedő arányban szerepelnek, előretörésük azonban mégsem látványos, nem tükrözi a szinte kimeríthetetlen mennyiségben rendelkezésre álló lehetőségeket (Kacz és Neményi, 1998; Vajda, 2001). Németh és Sevela (2007) a XXI. század energiafogyasztásának növekedési ütemét az energiatakarékosság jegyében a XX. századnak a felére teszik, és azt prognosztizálják, hogy 2100-ban a fosszilis, a nukleáris és a megújuló energiahordozók aránya 30-30% lesz a világ energiafogyasztásában.



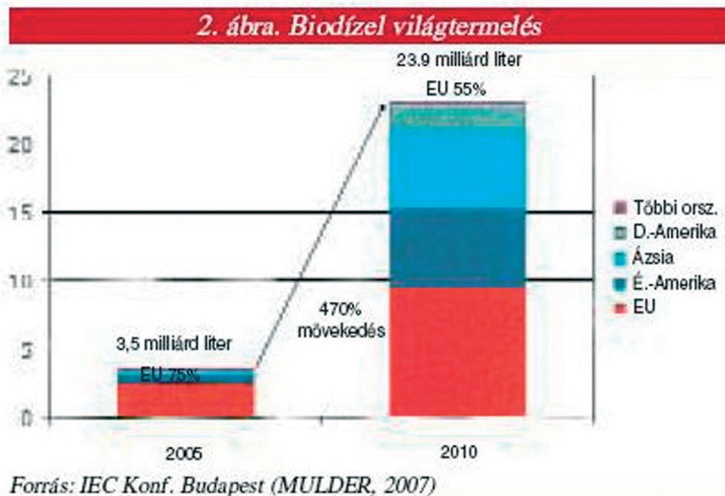
1. ábra: A világ energiafogyasztásának várható alakulása 1990-2090 között (a fejlett országok 1990-es adataira vonatkoztatva – Berényi, 2000)



2. ábra: A világ energiafelhasználása az egyes energiafélések szerint (Mtoe – Berényi, 2000)

A megújuló energiaforrások, köztük a biodízel előállítás és felhasználás a környezet megóvására is lehetséges megoldást nyújthatnak. (Barótfi, 1993; Bai, 2007; Szabó és Barótfi, 2009), hiszen az egyik legnagyobb CO₂ kibocsátók a gépjárművek, amelyek az összes CO₂ kibocsátás negyedét idézik elő.

Az Európai Unió 2003/30/EC dízel direktívája értelmében, a tagállamoknak 2010-ig az üzemanyagban 5,75%, 2020-ra 8% bioüzemanyag arányt kell elérni (Hancsók és mtsai, 2004; Farkas, 2006). A napjainkban is ható gazdasági válság azonban feltehetőleg hatással lesz a tervszámok elérésére a világ valamennyi országában, köztük Magyarországon is.



Forrás: IEC Konf. Budapest (MULDER, 2007)

3. ábra: Biodízel termelés a világon (Forrás: IEC Konferencia, Budapest (Mulder, 2007))

Magyarországon a MOL által gyártott üzemanyaghoz 2008 január 1-től 4,4%-ban kevernek biodízelt.

Kísérletekkel bizonyították, hogy a biodízel 20%-os arányban keverve a gázolajhoz még nem okoz semmiféle károsodást a jelenlegi konstrukciójú motorokban. Nagyobb arányban alkalmazva azonban már károsítja a tömítéseket és erősen korrodálja a fém alkatrészeket is (*Gyulai, 2009*). Ennek a műszaki problémának a megoldása jelenleg még várat magára.

A biodízel gyártás lényege, hogy a trigliceridet (zsír, olaj) katalizátor jelenlétében metanollal reagáltatva metilészter keverék és glicerín keletkezik (*Gerpen, 2005*).

Biodízelt többféle alapanyagból lehet előállítani. Magyarországon a repce (*Brassica napus var. arvensis*) és a napraforgó (*Helianthus annuus*) az a két olajnövény, amelyek terméséből a legnagyobb mennyiségben gazdaságosan állítható elő biodízel (*Sinóros és mtsai, 2007*), de a bioüzemanyag, előállítható szójából (*Glycine soya*), lenmagból, (*Linum usitatissimum*) kókuszolajból, pálmazsírból, és állati zsiradékból is. (*Fledderus, 2000*).

A biodízel gyártás során lejátszódó kémiai reakciókban 100 l olajból+10 l metanollal > 100 l biodízel +10 l glicerín képződik. (*Friedrich, 2004; Barcsik, 2008*). Más szerzők szerint 100 liter biodízel gyártása során 7,9 liter glicerín keletkezik (*Thompson és He, 2006*).

A nagy tisztaságú (99,9% glicerín tartalmú) glicerint széles körben alkalmazza a kozmetikai ipar (nagyon jó vízkötő képessége miatt kedvező a bőrre), a gyógyszeripar (lebomlása során értágító hatású vegyületek szabadulnak fel), de élelmiszeripari adalékanyagként (E422) is felhasználják. Alkalmazzák a vegyiparban is, ugyanakkor a felsorolt iparágak felvevő kapacitása véges.

Az USA-ban, Európában és a világon összességében rendkívül nagy mennyiségű glicerín keletkezik évente (*NBB Statistics, 2010; EBB Statistics, 2010*) amelynek a felhasználása világszerte gondot okoz. Egyes becslések szerint 2010-re 1 millió tonna glicerín előállítása várható (*Rick, 2006*). Ezért az utóbbi években egyre több kísérletet végeztek azzal a céllal, hogy megállapítsák, a glicerín milyen mértékben hasznosítható monogasztrikus állatok (baromfi, sertés) takarmányozásában. A növekvő mennyiségben termelődő glicerín gazdaságos hasznosításának egyik lehetősége ugyanis valamennyi gazdasági állatfaj takarmányozása során történő felhasználásában rejlik (*Bartelt, 2002; Südekum, 2002; Józsa, 2006; Barta, 2009*).

A kérődzők takarmányozásában a glicerint már évtizedek óta üzemi mértékben alkalmazzák, hiszen a glükoneogenezis során a glicerínből glükóz keletkezik, amely a nagy tejtermelésű tehenek esetében a glükóz szükséglet kielégítésének egyik fontos biokémiai reakciója (*Johnson, 1955; Saurer, 1973; Karcagi, 2009*). A Magyar Takarmánykódex (*Codex Pabularis Hungaricus, 2004*) a glicerinnel takarmányozási adalékanyagként történő felhasználását engedélyezi.

A folyamatosan növekvő glicerínkészletek minden valószínűség szerint csökkenteni fogják a glicerín árát, ami lehetővé teszi, hogy glicerint gazdaságosan lehessen a gazdasági állatok takarmányozására felhasználni. A glicerín takarmányozási célú hasznosítása Doppenberg és Van der Aar (*2007*) szerint azért is célszerű lenne, mert a bioetanol előállítás egyik mellékterméke (DDGS), továbbá a biodízelgyártás egyéb melléktermékei (pogácsák) fehérjében ugyan gazdagok, ugyanakkor relatíve alacsony az energiatartalmuk.

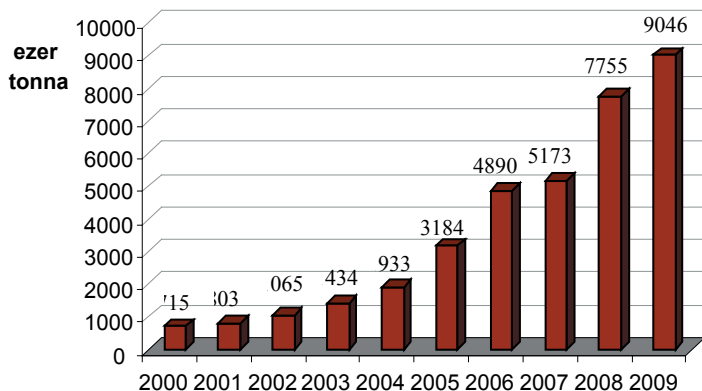
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A biodízel előállítás világszerte helyzete

A kőolajválság, a fosszilis energiától, hajtóanyagoktól való egyre erősödő függés, a fosszilis energiahordozók felhasználásából adódó környezeti károk és a globális felmelegedés mind komoly kihívásokat jelentenek a XXI. század népessége számára. A fenti problémák orvoslására reális, kézenfekvő megoldás lehet a megújítható, biológiai eredetű, alternatív energiaforrások használata. A bioüzemanyagok előállítása ma még drágább a fosszilis tüzelőanyagokénál, használatuk azonban világszerte egyre jobban terjed. A politikai és gazdasági intézkedések ösztönző hatásának köszönhetően a bioüzemanyagok globális termelése 2006-ban megközelítette az 50 millió tonnát, ebből 6 millió tonna volt a biodízel (Sinoros és mtsai, 2007).

A biodízel előállítás és –felhasználás napjainkban még túlnyomórészt Európára és kisebb mértékben az USA-ra koncentrálódik, bár az utóbbi években egyre nő azon országok köre, amelyek bekapcsolódnak a biodízel-gyártásba. 2006-ban a 6 millió tonna globális biodízel-termeléshez az EU 5 millió tonnával járult hozzá (Rick, 2006; Sinoros és mtsai, 2007).

A 4. ábrából az is kitűnik, hogy 2000 óta a fejlődés töretlen, és további jelentős növekedésre lehet számítani. Ennek hátterében az áll, hogy 2010-re az uniónak 16 millió tonna növényi olajokból előállított, a fosszilis dízel üzemanyagokba keverhető biogázolajra (RME, SME stb.) lesz szüksége ahhoz, hogy a 2003/30/EC direktívában vállalt 5,75%-os bekeverési mértéket tartani lehessen.



4. ábra: Az Európai Unió biodízel termelése 2000 és 2009 között (Forrás: EBB Statistics, 2010)

Mivel az EU tagországok jó részében már most is nehézségekbe ütközik a saját biodízel alapanyag előállítás, ezért az EU támogatja a biodízel és alapanyagainak vámmentes importját. Mindez segíthet a növekvő kereslet miatt kialakuló indokolatlan alapanyagár emelkedés és a nyersolaj világszerte árának korlátozásában is. A biodízel

felhasználás növekedése Magyarországon is várható. A 5. ábrán látható, hogy milyen kapacitású üzemek létrehozását tervezik az országban, de ez még napjainkban nem jelent effektíven működő üzemeket.

A biodízel előállítás egyik fontos környezetre gyakorolt pozitív hatása, hogy a fosszilis energiahordozókhoz képest mérsékelheti az üvegházhatású gázok kibocsátását. Meg kell azonban jegyezni, hogy a biodízel előállítás sem teljesen CO₂ semleges, hiszen az alapanyagok előállítása, szállítása, feldolgozása is jelentős mennyiségű fosszilis energia felhasználását igényli, gondoljunk csak a műtrágyák, növényvédőszerke előállítására, nem is beszélve a biodízel gyártás energiaigényéről (Hill és mtsai, 2006).



5. ábra: A Magyarországon tervezett biodízel kapacitások (Forrás: Hingyi és mtsai, 2006 alapján)

1. táblázat A biodízel felhasználás előnyei és hátrányai (Sinoros, 2007)

Előnyök

- kipufogógáz: kevesebb CO, SO₂, korom
- CO₂ semleges
- biológiailag teljesen lebomló
- a hagyományos dízel motorokat nem, vagy csak kis mértékben kell módosítani
- mind önmagában, mind gázolajjal elegyítve felhasználható
- cetánszáma nagy (a dízel motorok hatékonyságát javítja)
- biztonságosan kezelhető (nem képez robbanó elegyet)
- bekeverés esetén javítja a gázolaj kenőképességét
- a gázolajfogyasztás egy részét kiváltja
- alternatíva a mezőgazdaság és a vidék számára

Hátrányok

- korlátozottan áll rendelkezésre
- nagy víztartalom (biológiai lebomlás)
- metanoltartalom (méreg)
- nagyobb hajtóanyag felhasználás
- 5-10%-os teljesítménycsökkenés
- nagyobb viszkozitás (hidegindítási problémák)
- üzemanyag szűrők eltömődését okozhatja
- megtámadja a gumitömítéseket
- tárolási problémák lépnek fel kb. 5 hónap után
- előállítása nagy mennyiségű fosszilis energia befektetését igényli (műtrágya, növényvédőszeres > CO₂ kibocsátás)
- előállítása a mai technológia szintjén drágább mint a CO₂ kibocsátás csökkentésének egyéb lehetőségei

2.2. A biodízelgyártás folyamata és a glicerín

Glicerint háromféle úton lehet előállítani:

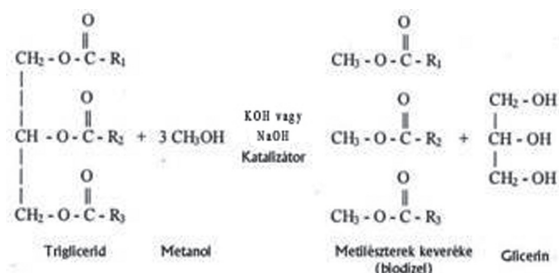
- Szintetikus úton (propilénből)
- Állati zsiradékból
- Növényi olajokból

A szintetikus előállítású glicerint nem használják takarmányozási célra.

Az állati vagy hulladék zsírokból származó glicerint bizonyos országokban (pl. Németország) nem engedélyezik takarmányozás céljára felhasználni, feltehetőleg azért, mert nagyobb a kockázata a nemkívánatos maradékanyagok (pl. dioxinok) előfordulásának (Südekum, 2007).

A növényi olajokból történő előállítás tulajdonképpen a biodízel gyártásnak felel meg, amelyben a glicerín nagyértékű melléktermékként keletkezik (Körbitz és mtsai, 2003).

A biodízel gyártás során tulajdonképpen egy triglicerid (zsír vagy olaj) lép reakcióba metanollal katalizátor jelenlétében, amely folyamat eredményeként metilészter-keverék (az ún. biodízel) és glicerín keletkezik. Ezt a folyamatot transzészterifikációnak nevezik, amely reakciót a 6. ábra mutatja be.



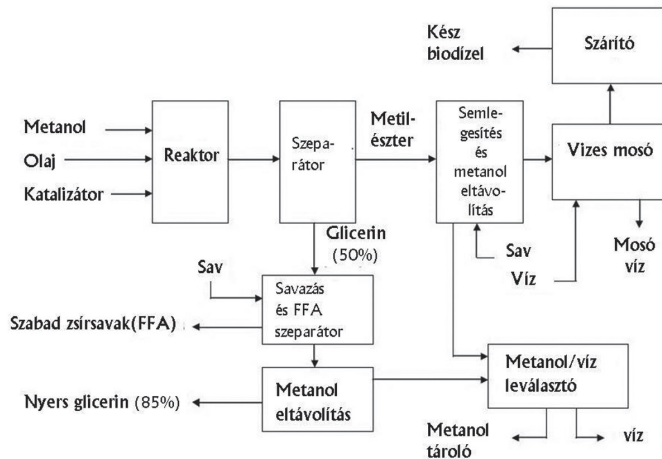
6. ábra: A biodízel gyártás kémiai reakciójának vázlata (Gerpen, 2005)

A biodizél gyártás során keletkező glicerín takarmányozási célú felhasználása a hízósertéseknel

Az R1 R2 és R3 hosszú szénláncú zsírsavláncok. A növényi olajokban és állati zsírokban általában ötféle zsírsav fordul elő a legnagyobb mennyiségben. Az ezekből keletkező ötféle metilészter egymáshoz viszonyított mennyisége határozza meg az üzemanyag fizikai tulajdonságait.

A biodizél gyártás folyamatának vázolata a 7. ábrán látható. Ebben az esetben alapanyagként alacsony szabad zsírsavtartalmú (FFA) alapanyag használható, vagyis ez szójaolaj, repceolaj vagy nagyobb tisztaságú éttermi hulladék étolaj lehet.

A 7. ábra szerint a gyártás első lépéseként az olajat, metanolt és a katalizátort a reaktorba adagolják, ahol kb. 1 óra alatt 60 °C-on lejátszódik a tranzészterifikáció. Ezután leválasztják a glicerint, a metilészter keveréket (biodizelt) pedig semlegesítik és eltávolítják belőle a metanolt.



7. ábra: A biodizél gyártás sematikus folyamatábrája (Gerpen, 2005 alapján)

A semlegesítés során savat adnak a biodizelhez, hogy az a katalizátormaradványt közbősítse, illetve az eljárás során keletkezett szappannal reakcióba lépve azt vízzoldható sává és zsírsavvá alakítsa (Gerpen, 2005):



A következő lépésben, a vízzel történő átmosás során, a biodizelből a sót eltávolítják, a szabad zsírsavak egy része pedig a biodizelben marad. Ezzel a művelettel a maradék katalizátort, szappant, metanolt, valamint szabad glicerint is eltávolítják a biodizelből. Ezután utolsó lépésként már csak a visszamaradt vizet távolítják el vákuumos szárítással.

A gyártási folyamatban a transzészterifikáció után leválasztott folyékony glicerint csak 50%-os glicerintartalmú. Ebben az anyagban van a metanol felesleg, valamint a katalizátor és a szappan nagyobb része. A metanoltartalom miatt ezt a glicerint még veszélyes anyagként kell kezelni. Ezért a glicerint finomításának első lépéseként általában sav hozzáadásával a szappant szabad zsírsavvá és sóvá alakítják. A zsírsavak a glicerintben nem oldódnak, ezért azokat le tudják választani.

A savas kezelés és a zsírsavak leválasztása után a metanolt lepárlással távolítják el a glicerintből. Ezen a ponton a glicerint kb. 85%-os tisztaságú. Ha ez a glicerint tovább kerül a finomítóba, akkor vákuum desztillációval vagy ioncserélő folyamatban 99,5-99,7% tisztaságú glicerint nyerhető (Gerpen, 2005).

Az eddigiek alapján megállapítható, attól függően, hogy a glicerint a gyártás mely szakaszában kerül ki a rendszerből, különböző tisztaságú, és ezáltal különböző tulajdonságú anyagot kapunk.

Südekum és Schröder (2002) a repce metilészter gyártás során keletkező három különböző tisztasági fokú glicerint kémiai tulajdonságait vizsgálta. Az általuk kapott eredményeket a 4. táblázat foglalja össze.

Az alacsony tisztaságú glicerint csupán gyártásközi termék, amely magas metanoltartalma miatt a gazdasági állatok takarmányozására alkalmatlan, legfeljebb kísérleti célokra használható fel (Roe, 1982; Skrzydlewska, 2003). Ezenkívül magas zsirtartalma miatt technológiailag is nehezen kezelhető.

A közepes (85%-os feed-grade glicerint) minőségű glicerint, már alkalmas takarmányozási célokra. Németországban ez a nyers glicerint, valamint a nagy tisztaságú (99%-os) glicerint szerepel a biztonságosan etethető takarmányok között (Südekum, 2007).

2.táblázat Különböző tisztaságú glicerint összetétele (Südekum és Schröder, 2002 alapján)

Összetevők	A glicerint tisztasági foka		
	alacsony	közepes	nagy
Víz (g/kg)	268	11	25
A szárazanyag összetevői (g/kg száraz anyag)			
Glicerint	633	853	998
Nyerszsír	7,1	4,4	0
Foszfor	10,5	4,4	0
Kálium	22	23,6	0
Nátrium	1,1	0,9	0
Ólom(mg/kg)	3,0	2,0	0
Metanol	267	0,4	0

A takarmányozási minőségű glicerint esetében a sótartalom az, ami az etethető mennyiséget korlátozhatja (Rick, 2006). A jövőben alacsonyabb sótartalmú terméket kell kifejleszteni, így a magas sótartalom, mint limitáló tényező kiiktatható lenne, ennek következtében több glicerint takarmányozási célra történő felhasználása válna lehetővé (Doppenberg és Van der Aar, 2007).

A biodízel gyártás során keletkező glicerint takarmányozási célú felhasználása a hízósertésekénél

A 99%-os glicerint alkalmas lenne takarmányozásra, de a glicerint finomítása drága folyamat, ezért ezt a glicerint nem lehet takarmányozás céljára gazdaságosan felhasználni. Ilyen minőségű glicerint, csak a glicerint emészthető és metabolizálható energia-tartalmának meghatározását célzó kísérlet egy részében etettek.

2.3. A glicerint hasznosulása az állati szervezetben

2.3.1. A glicerint jellemzése

A glicerint (1,2,3 propántriol; C₃H₈O₃) háromértékű alkohol, mely a leggyakrabban a trigliceridek alkotójaként fordul elő. A glicerint édeskés ízű, sárgásbarna színű, viszkozus, higroszkópos folyadék (Németh, 2008). Főbb fizikai tulajdonságait az 3. táblázat mutatja be.

3. táblázat A glicerint fizikai tulajdonságai (Németh, 2008)

Molekulatömeg	92,09 g/mol
Sűrűség	1,26 g/cm ³
Viszkozitás	1,5 Pa.s
Olvasáspont	18 °C
Lobbanáspont	160 °C
Forráspont	290 °C (ezen a hőmérsékleten már bomlik is)

2.3.2. A glicerint metabolizációja a szervezetben

A glicerint az emésztési folyamatokkal összefüggő biokémiai reakciók folyamán átmeneti vegyületként fordul elő. A szervezet energiaigényétől függően kapcsolódik be, valamelyik felépítő (anabolitikus), raktározó vagy éppen lebontó (katabolitikus) folyamatba (Tao és mtsai,1983).

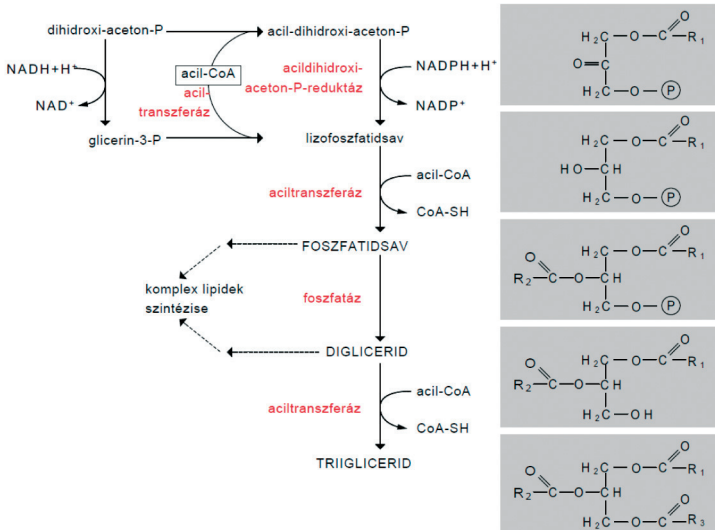
A glicerint metabolizmus legfőbb szerve a máj, de emellett a veséknek is fontos szerepe van a glicerint metabolizmusában (Lin, 1977; Baba és mtsai, 1995). A szervezetben ezenkívül még az emlőmirigy sejtek, a zsírszövet, a pneumociták, az aorta, a szív és a vázizmok használnak fel glicerint (Lee és mtsai, 2001).

A biodízel gyártás során keletkező glicerintakarmányozási célú felhasználása a hizósértéseknél

aminosavak, glicerint, propionsav) képződik. A glükoneogenezis energiát igénylő folyamat, több energiát igényel, mint a glükoplasztikus anyagokból glükózt szintetizáló glükogenezis. Legtöbb lépését a glikolízis enzimei katalizálják (Ádám, 2001).

A glükoneogenezisnek különösen a tejelő tehenek esetében van nagy jelentősége, hiszen ott a glükogénikus anyagok a laktóz termeléséhez szükségesek. A glicerint a tejelő tehenek esetében azáltal is növelheti a tejtermelést, hogy megnöveli a propionsavnak a mint glükogénikus anyagnak a mennyiségét a bendőben (Khalili és mtsa, 1997; Chung és mtsai, 2007, 2009). A glicerint kiegészítés javíthatja a fehérjehasznosítást is a tejfehérje szintézis során oly módon, hogy megelőzi az aminosavaknak a glükoneogenezisbe vonását (Doppenberg és Van der Aar, 2007).

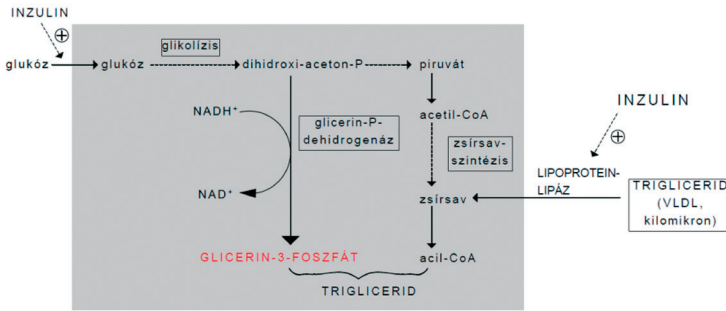
A glicerinnel azonban nemcsak a szénhidrátok anyagcseréjében van szerepe, hanem a lipidanyagcserében is. A lipogenezisben, a trigliceridek szintézisében (10. ábra), az aktivált zsírsavak vagy a dihidroxiaceton foszfáthoz, vagy a glicerint-3-foszfáthoz kapcsolódnak. A trigliceridek felépítése elsősorban a májban és a zsírszövetben történik. Glicerint-3-foszfát keletkezhet glükózból a glikolízis során, de a májban arra is van lehetőség, hogy a glicerintből képződjön a glicerint-kináz hatására. Ez az enzim a zsírszövetben hiányzik (Ádám, 2001).



10. ábra: A trigliceridek szintézise (Ádám, 2001)

A májban keletkezett trigliceridek lipoproteinekbe épülnek be, amely a keringésbe kerülnek és így szállítják a lipideket a perifériás szövetekhez (Husvéth, 2000).

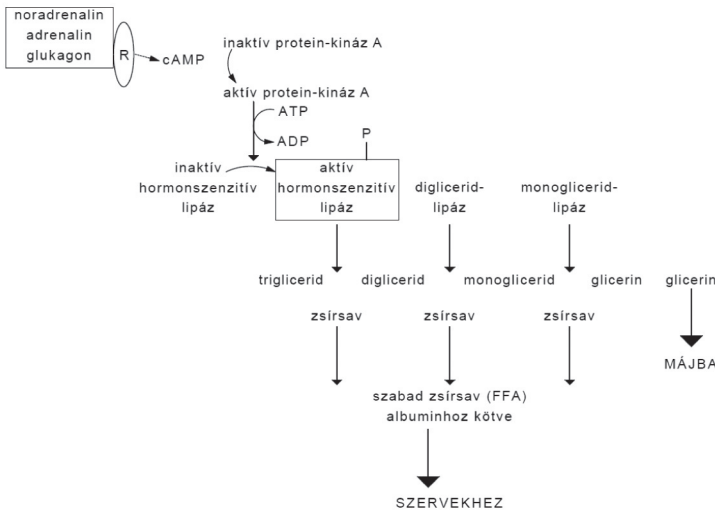
A zsírszövet a trigliceridek szintézisére, raktározására és mobilizálására szolgáló szövet (11. ábra). A beépülő zsírsavak egy része itt szintetizálódik, a többit pedig a lipoproteinek (VLDL, kilomikron) szállítják ide (Husvéth, 2000; Mézes, 2001).



11. ábra: A trigliceridekbe beépülő glicerín-3-foszfát és a zsírsavak forrásai az adipocitákban (Ádám, 2001)

Energia többlet esetén (9. ábra) tehát a glicerín a zsírszintézist segíti elő. Az így keletkezett zsír (triglicerid) vagy testzsírként raktározódik vagy kiválasztódik tejszírként (Doppenberg és Van der Aar, 2007).

Amennyiben a zsírszövetben raktározott zsírsavakra energiaforrásként szükség van a szervezetben, a triglicerideket a lipázok zsírsavakra és glicerínre bontják a lipolízis folyamán (12. ábra). A glicerint a zsírszövet nem tudja hasznosítani, ezért kidiffundál az adipocitákból és a vérkeringéssel a májba szállítódik, ahol glicerín-3-foszfáttá alakul. Itt felhasználódhat egyrészt triglicerid szintézisre, vagy bekapcsolódhat a glikolízis illetve a glukoneogenezis folyamatába (Ádám, 2001).



12. ábra: Zsírsavak mobilizálása a zsírszövetben triglicerid raktárakból (Ádám, 2001)

Mindezek alapján belátható, hogy a glicerinnak sokoldalú szerepe van az anyagcserefolyamatokban és a szervezet energia ellátottságától függ, hogyan alakul a metabolizmusa.

2.4. A glicerín energiaértéke monogasztrikus állatokban

2.4.1. A glicerín energiatartalma

Ahhoz, hogy a glicerint eredményesen illeszthessük be a monogasztrikus állatok takarmányozásába, annak fizikai és kémiai tulajdonságain túl, a glicerín emészthető és metabolizálható energiatartalmát is ismerni szükséges. Ennek ellenére ebben a kérdésben meglehetősen kevés kísérleti eredmény áll rendelkezésre az irodalomban.

A takarmányok összes energiatartalmát az égéshővel, vagyis a bruttó energiával (BE) fejezzük ki, amelyet legpontosabban kalorimetriás méréssel tudunk meghatározni (*Schmidt, 2003*).

Lammers és mtsai (2008a) a tiszta (99%-os) glicerín bruttó energiatartalmát 18,04 MJ/kg-nak mérték bombakaloriméterrel. Ezzel megegyezik a Doppenberg és Van der Aar (2007) által publikált adat, ugyanis ők a tiszta glicerín bruttó energiáját 18,06 MJ/kg-nak adták meg. Ők azonban nem mérték, hanem számítással határozták meg ezt az értéket. Abból indultak ki, hogy ha 1 mol glicerín energiaértéke 1,663 MJ, akkor 1 kg glicerín bruttó energiája 18,06 MJ/kg. Ha a tiszta glicerín felszívódása 100%-os lenne, akkor a bruttó energiával azonos lenne az emészthető energiatartalma. Doppenberg és Van der Aar (2007) a tiszta glicerín nettó energiatartalmát 14 MJ/kg-nak veszik, amit az alapján határoztak meg, hogy 1 mol glicerín lebontása 22 mol ATP-t eredményez.

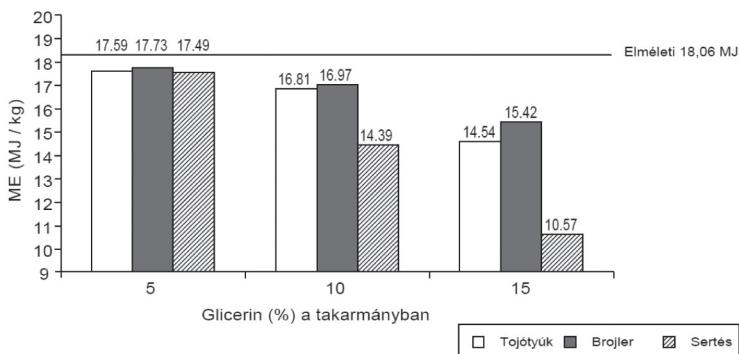
A tiszta glicerint azonban inkább csak a tudományos kísérletekben etettek, a gyakorlat számára fontosabb a feed grade (kb.85%-os) minőségű glicerín energiatartalmának az ismerete. Lammers és mtsai (2008a) sertésekkel végzett kísérletében 86,95%-os takarmányozási minőségű glicerint vizsgáltak, melynek bruttó energiatartalmát bombakaloriméterben 15,19 MJ/kg-nak mérték.

A sertésekkel folytatott kísérletekben a nyers glicerín emészthető (digesztibilis, DEs) és metabolizálható (MEs) energiatartalmát határozták meg. Ez azzal magyarázható, hogy az országok egy részében az emészthető, míg más országokban a metabolizálható energiában adják meg a sertések energiaszükségletét.

Lammers és mtsai (2008a) kiterjedt kísérleteket végeztek, a takarmányozási minőségű glicerín DE és ME tartalmának megállapítására. Három kísérletet malacokkal (átlagsúly:10,3±1,4 kg), kettőt pedig hízósertésekkel (104,7±8,0 kg) folytattak azzal a céllal, hogy meghatározzák a 86,95%-os nyers glicerín látszólagos DE és látszólagos ME energiaértékét. A kísérletekben különböző mennyiségű (5, 10, 15, és 20%) glicerint etettek. Mindkét energiaérték meghatározásakor a kísérleti periódusban (5 nap) elfogyasztott takarmány (kg) és az ebben az időszokban felvett látszólagos DE, illetve ME közötti regressziót vizsgálták. Az etetett glicerín energiaértékét a regressziós egyenes meredeksége adta meg. Az általuk elvégzett vizsgálatok szerint az 5 kísérlet átlagában

a vizsgált nyers glicerín két energiaértéke: 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, 1988). Ez az eredmény azt igazolja, hogy a sertés kitűnően hasznosítja a glicerint energiaforrásként.

A kutatók arra a kérdésre is keresték a választ, hogy van-e összefüggés az etetett glicerín mennyisége és metabolizálható energiataralmának alakulása között a monogasztrikus állatok esetében. Ebben a témában Bartelt és Schneider (2002a) végzett átfogó vizsgálatokat. Eredményeiket a 13. ábra szemlélteti.



13. ábra: A glicerín ME értéke baromfi és sertés esetében (Bartelt és Schneider, 2002a alapján)

Az ábráról leolvasható, hogy a glicerín energetikai hasznosítása a sertés esetében gyengébb, mint a baromfiban, de változik az értékesítés hatékonysága a felhasználás céljától függően is, brojlercsirkék esetében ugyanis valamivel kedvezőbb értékeket kaptak a tojtyúkokhoz képest. Az 5, 10 és 15%-os kiegészítések összehasonlításakor kitűnt, hogy a dózis növelésével romlik a hasznosulás. A glicerín ugyan hatékonyan szívódik fel a vékonybélből, de nagyobb mennyiség etetése esetén már jelentős a veszteség. Főleg a szervezetből vizelettel kiürülő mennyiség nő meg, ami miatt romlik a hasznosulás mértéke. Ennek oka feltehetőleg abban keresendő, hogy a glicerín-kináz enzim, amely a glicerín enzimátikus aktiválását végzi, csak korlátozottan áll rendelkezésre.

Doppenberg és Van der Aar (2007) szerint a glicerín energiaértékét a következő tényezők befolyásolják:

- a glicerínkiegészítés mennyisége
- állatfaj
- az állat fiziológiás állapota
- az etetett takarmány típusa (zsírban, rostban, vagy keményítőben gazdag)

2.4.2. A glicerín metanol tartalma

A glicerinnel végzett kutatások során felmerült a kérdés, hogy a biodízel gyártás során melléktermékként keletkező feed-grade (86%-os) takarmányozási minőségű glicerínben található maradékanyagok, (pl. metanol, NaCl, KCl, szabad zsírsavak) nem korlátozzák-e a glicerín etethetőségét?

A legtöbb aggodalmat a metanol váltotta ki, amelyet a trigliceridek metilezésére használnak a gyártás során. *Dorman és mtsai (1993)* desztillációval a metanol nagy részétől megtisztították a nyers glicerint, de így is maradt kb. 0,5% a feed-grade minőségű anyagban (*Südekum, 2007*).

A metanol forráspontja 64,5°C, következésképpen a maradék metanol a takarmánygyártási folyamatokban (pl. pelletálás során előálló 80°C hőmérsékleten) elpárolog. *Südekum és Schröder (2002)* hizómarhákkal végzett kísérletében, amelyben az abrakkeveréssel 26,7% metanol tartalmú glicerint 1 kg/állat/nap mennyiségben etettek, nem találtak negatív hatást a bendőfermentáció, illetve az energiavisszatartás során. A metanol valószínűleg fermentálódik a bendőben, és nem szívódik fel. A metanol gőz ugyanakkor a takarmánygyártó üzemben veszélyes lehet az ott dolgozók számára. *Kostic és Dart (2003)* szerint, 25 mmol/l plazma metanol tartalom az a küszöbérték, amely felett már humán toxikózisokkal kell számolni. Elam és mtsai, (2008) azt írták le, hogy az állatok esetében 150 mg/testtömeg kg metanol fogyasztás már veszélyes lehet, habár amikor patkányokkal szájon át 90 napig 150 mg/testtömeg kg metanol etettek, semmilyen kedvezőtlen változást nem tapasztaltak (EPA, 1986). Kiszámítható tehát, hogy amennyiben a takarmányozási minőségű glicerín metanol tartalma 0,01% és a takarmányozás esetén 3% glicerint keverünk a takarmányhoz, a plazma metanol szintje 0,0625 mmol/l szint alatt marad, ami a humán egészségügyi határérték 1/100-ad része (*Doppenberg és Van der Aar, 2007*). Roe (1955, 1982) valamint Prabhakaran és mtsai (1993) és más tanulmányok szerint a metanol felezési ideje 2-24 óra. A metanol 10-20%-a a nyelven, 3%-a a veséken keresztül ürül a szervezetből. Tulajdonképpen nem is a metanol mérgező, hanem annak oxidációja során keletkező metabolitjai a károsak. A hangyasav felhalmozódása például vércidózishoz, és eszméletvesztéshez vezethet. A folyamat kezdete alkohol-dehidrogenáz (ADH) függő. Ez az enzim az etanol részesíti előnyben, emiatt az etanol rendkívül hatékonyan alkalmazható a metanol mérgezés kezelésére azzal, hogy megakadályozza a metanol oxidációját (*Prabhakaran és mtsai, 1993*).

A fentiek alapján megállapítható, hogy a metanol mérgezés kockázata minimális a glicerint fogyasztó állatok, illetve az ilyen állatokból készült termékeket fogyasztó ember számára. A monogasztrikus állatok közül is inkább a dercés takarmányt fogyasztókra korlátozódik a veszély.

2.5. A glicerín etetés hatása a hízlalási paraméterekre és a húsminőségre

2.5.1 A hízlalási teljesítmény alakulása glicerín etetésekor

A biodízel gyártás melléktermékeként keletkező takarmányozási minőségű glicerín energiataralmának meghatározása során kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a feed-grade minőségű (86%-os) glicerín energiataralma sertéseknél a kukoricához (DEs=14,38 MJ/kg, MEs= 14,00 MJ/kg; *Schmidt 2003*) hasonló. Számos kísérlet témája volt, hogy a glicerín milyen dózisban etethető a monogasztrikus állatokkal. Erre vonatkozóan már brojlercsirkékkel (*Bartelt és Schneider, 2002a,b; Simon és mtsai, 1996; Simon és mtsai, 1997; Cerrate és mtsai, 2006; Dozier és mtsai, 2008*), tojótyúkokkal (Lammers és mtsai, 2008c; Swiatkiewicz és mtsai, 2009; Yalcin és mtsai, 2010) és sertésekkel is végeztek vizsgálatokat.

Az elmúlt években több kutató is vizsgálta a glicerín kiegészítés hatását a választott malacokra. Groesbeck és mtsai (2008) szójaolaj alapanyagú biodízel gyártásból származó glicerint (90,7%-os) etettek a kísérletükben, amelyet 182 db választott malaccal végeztek (átlagsúly a kísérlet kezdetén: $11,0 \pm 1,3$ kg volt). A 3 és 6%-os glicerín kiegészítésen túlmenően vizsgálták a glicerín-szójaolaj keverék hatását 6 illetve 12%-os dózisban (a keverékben két anyag 50-50%-ban volt jelen). A takarmányokban kukoricát helyettesítettek glicerinnel, illetve a glicerín és szója keverékével. A glicerín ME értékét a kukoricával azonosnak tekintették, azaz 14,33 MJ/kg-nak vették. A 26 napos kísérleti periódusban vizsgálták a napi súlygyarapodás 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 súlygyarapodása a kontrollhoz képest (528, 568, 570 g az említett sorrendben). Ugyanakkor a glicerín-szójaolaj keverék etetésekor a súlygyarapodás a kísérleti csoportokban ugyan tendenciózusan jobb volt, de a különbség nem volt szignifikáns ($P=0,06$) mértékű. Ugyancsak a napi súlygyarapodás növekedéséről számolnak be Ziljistra és mtsai (2009) választott malacokkal végzett kísérletükben. Ők a búzát helyettesítették 4 ill. 8 % glicerinnel. A 4 hetes etetési periódus után a 8 % glicerint fogyasztó csoport testsúlya 1,11 kg-mal nagyobb volt ($P=0,04$) a kontroll csoportnál. Mind Groesbeck és mtsai (2008), mind Ziljistra és mtsai (2009) kísérletében növekedett az átlagos napi takarmányfogyasztás. Valószínűleg a nagyobb mennyiségű takarmányfogyasztás eredményezte a kedvezőbb súlygyarapodást is. Kijora és mtsai már 1995-ben publikált kísérletükben leírták, hogy a glicerín édes íze kedvezően hatott a sertések takarmányfelvételére és súlygyarapodására.

Ezzel szemben Lammers és mtsai (2008b) 5 és 10%-os glicerín kiegészítés esetén nem találtak különbséget a súlygyarapodásban. Ennek egyik oka az is lehetett, hogy az ő esetükben a glicerín 84,5 % tisztaságú volt, míg Groesbeck és mtsai (2008) 90,7%-os tisztaságú glicerint etettek. Abban azonban a fent említett szerzők eredményei megegyeznek, hogy a takarmányhasznosítást nem befolyásolta a maximum 10%-ban adagolt glicerín.

Az Észak-Karolinai Állami Egyetemen Shields (2009) 3 hetes, $6,91 \pm 0,18$ kg átlagsúlyú malacokat vont be azokba a kísérletekbe, amelyekben a laktózt helyettesítette glicerinnel. Az első kísérletsorozatban a 126 malacot az első fázisban (első 3 hétben) két takarmányozási csoportba osztotta úgy, hogy az egyik 20% laktózt, a másik pedig 5% glicerint (86,95%-os) és 15% laktózt kapott a takarmányában. A kísérlet folytatásában, a második fázisban (4. és 5. héten) már három kezelést vizsgált, de ebben az esetben a kukoricát helyettesített 5 vagy 10 % glicerinnel. Az első fázisban etetett 5% glicerinnel nem volt hatása a testsúlyra. A legnagyobb átlagos testsúlyt ($20,66 \pm 1,5$ kg) azok az állatok érték el, amelyek mindkét fázisban fogyasztottak glicerint. A növekedés és a glicerín dózis között lineáris összefüggés állt fenn. Az első fázisban etetett 5% glicerinnel a többi hizalási paraméter tekintetében sem eredményezett statisztikailag értékelhető különbséget a kontrollhoz képest. Ugyanakkor a második fázisban etetett glicerinnel kiegészítés nemcsak ebben a fázisban, hanem a kísérlet egészére nézve (5 hét) is szignifikánsan növelte a napi súlygyarapodást, valamint a takarmányfelvételt is. Takarmányhasznosítás tekintetében azonban sem az első, sem a második fázisban adagolt glicerinnel nem hozott változást a kontroll csoportéhoz képest.

A második kísérlet sorozatot 144 db választott malaccal végezték ($6,68 \pm 0,17$ kg) és ebben a kísérletben kétfázisú takarmányozást valósítottak meg. Az első fázisban hat csoportot alakítottak ki és két hétig fogyasztották az állatok a kísérleti takarmányokat. A kontrollcsoport ebben az esetben is 20 % laktóz tartalmú takarmányt fogyasztott glicerinnel kiegészítés nélkül. A 2.- 5. csoport a laktóz 2,5; 5,0; 7,5 illetve 10%-a helyett glicerint (ugyanolyan mint az előző kísérletsorozatban) fogyasztott. A 6. csoport állatai csak 10% laktózt kaptak, ezt a csoportot tekintették második kontrollnak (negatív kontroll). A takarmányok összeállításakor a laktóz és a glicerinnel DE értékét azonosnak vették. A takarmányozás második fázisában valamennyi malac azonos takarmányt fogyasztott. Ezzel azt kívánták megvizsgálni, hogy a glicerinnel hatása akkor is érvényesül-e, ha az állatok csak az első fázisban fogyasztják.

A második kísérletsorozat eredményei alapján megállapítható, hogy a testsúlyt kedvezően befolyásolta, ha az első fázisban a laktózt glicerinnel helyettesítették. Az első fázis végén a 10% glicerinnel fogyasztó csoport érte el a legnagyobb testsúlyt (10,39 kg), ami 0,9 kg-mal, és egyúttal szignifikánsan nagyobb volt a kontroll csoportéhoz képest. Ugyanakkor a második fázist követően, amikor azonos takarmányt fogyasztottak az állatok, már nem volt szignifikáns eltérés a csoportok között. A többi paraméter esetében is hasonló változás figyelhető meg. Az első fázisban a napi súlygyarapodás és a napi takarmányfelvétel is lineárisan nőtt a glicerinnel növelésével, de a takarmányegységesítése után, a kísérlet végén már nem volt kimutatható a csoportok közötti különbség. A takarmányhasznosításban ugyanakkor nem figyelhető meg különbség sem az első, sem a második fázisban.

A 20% és a 10% laktózt (negatív kontroll) fogyasztó csoportok eredményei nem tértek el egymástól, ugyanakkor a 10% laktózt etetéshez képest a 10% glicerinnel nagyobb testsúlyt és súlygyarapodást, valamint jobb takarmányhasznosítást eredményezett az 1. fázisban. Az eredmény alapján feltételezhető, hogy az eredményeket elsősorban a glicerinnel kiegészítés és nem a laktózt csökkentés befolyásolja a 2-5 csoportokban.

Az eddig elvégzett kísérletek eredményei azt igazolják, hogy a választott malacok a takarmányában a gabonamagvak egy része helyettesíthető glicerinnel anélkül, hogy az a hizalási teljesítményt negatívan befolyásolná, ugyanakkor a napi takarmányfelvétel javulása is várható, ami valószínűleg a glicerinnel édes ízének köszönhető.

A glicerinnel a hizósértések hizlalási teljesítményére gyakorolt hatását több kutató is vizsgálta. Mourot és mtsai már 1994-ban leírták, hogy 5% glicerinnel kiegészítés 35 - 102 kg közötti hizlalási időszakban nem befolyásolta a hizlalási teljesítményt. Kijora és mtsai (1995) hasonló kísérletet végeztek 48 db sertéssel, amely kísérletben, a biodízel gyártás melléktermékeként keletkező glicerint adagolták a takarmányhoz az árpa helyett. Az első kísérletben 5 és 10%-os, míg a másodikban 5, 10, 20 és 30 %-os dózisban adagoltak glicerint a takarmányba. Az előző szerzőkkel ellentétben azt tapasztalták mindkét kísérletben, hogy 10 % glicerinnel kiegészítés a glicerindózis növelésével nőtt a napi átlagos takarmányfelvétel. A szerzők szerint a glicerinnel édes ízével és a takarmány jobb konzisztenciájával magyarázható a kedvező hatás. Ezzel párhuzamosan a napi súlygyarapodás is javult. Az első kísérletben a kontroll csoportban 631 g, míg a 10% glicerinnel fogyasztó csoportban 754 g volt az átlagos napi súlygyarapodás. A második kísérletben az említett két csoport súlygyarapodása 731, illetve 819 g/nap volt. Ugyanakkor a második kísérletben etetett 20 és 30% glicerinnel már rontotta a súlygyarapodást (sorrendben 704 és 598 g/nap). A takarmányhasznosítás csak a 30%-os kiegészítés esetében volt szignifikánsan rosszabb a többi kezeléshez képest (3,96 kg vs. 2,95-3,0 kg takarmány sz.a /kg súlygyarapodás). Az eredmények alapján tehát maximum 10 %-ban javasolható a glicerinnel etetése. *Kijora és Kupsch (1996)* egy későbbi munkájukban ugyancsak hizósértésekkel végeztek vizsgálatokat, amelyben 10% mennyiségben adagoltak tiszta, illetve kétféle technikai tisztaságú glicerint. A glicerinnel ebben a kísérletben is kedvező hatást gyakorolt a súlygyarapodásra, hiszen valamennyi kísérleti csoport átlagában 7,5 %-al javultak a termelési eredmények. Ezt a hatást ugyanakkor a befejező periódusban már nem tapasztalták. A szerzők nem találtak különbséget a tiszta és a technikai minőségű glicerinnel hizlalási teljesítményre gyakorolt hatása között. Ennek részben ellentmond, hogy *Groesbeck és mtsai (2008)* véleménye, akik saját és más szerzők eredményei közötti eltérést a malacok esetében a glicerinnel eltérő tisztaságával magyarázták.

A biodízel gyártás során egyre nagyobb mennyiségben keletkező glicerinnel takarmányozási célú hasznosítását napjainkban is vizsgálják. Így *Latour és mtsai (2008)* ugyancsak sertéshizlalási kísérlet keretében mérték a glicerinnel takarmányozási értéket. A négy- fázisú takarmányozás során a kontroll csoport mellett 5; 10 és 15 % glicerinnel adagoltak a kísérleti csoportokban. Eltérés a korábbi kísérletekhez képest, hogy a hizlaló szakaszban és befejező szakasz első felében 84%-os glicerinnel, míg a hizlalási szakasz második felében étkezési minőségű (99,7 %-os) glicerinnel etettek. A hizlalási eredmények azt mutatták, hogy a napi súlygyarapodás az 5 és 10 % mennyiségű glicerinnel adagolása esetén javultak (876, 880 g/nap), míg 15 % kiegészítés a kontrollal azonos (851 g/nap) súlygyarapodást eredményezett. Ugyanakkor a napi takarmányfelvétel a dózis növelésével lineárisan (2,47-ről 2,67 kg/nap-ra) nőtt, ami 15% mennyiségben adagolt glicerinnel esetében már a takarmány hasznosítás szignifikáns ($P < 0,001$) mértékű romlását eredményezte. *Kijora és mtsai (1995)* megállapításához hasonlóan *Latour és mtsai (2008)* is maximum 10% glicerinnel etetését javasolják. Ezzel szemben *Duttlinger és mtsai (2008)* csak 5 % glicerinnel adagolása mellett foglaltak állást. Az általuk végzett hizlalási kísérletben ugyanis azt tapasztalták, hogy 5% glicerinnel etetése nem befolyásolja a hizlalási eredményeket.

Hansen és mtsai (2009) Ausztráliában egy 76,1% glicerinnel tartalmú anyaggal végeztek 64 db sertéssel hizlalási kísérletet. Kísérletükben 50,9 kg- os átlagsúlyról 105 kg-ra hiz-

lalták az állatokat. Az 5 takarmányozási kezelésből álló kísérletben 0; 4, 8, 12 és 16% glicerint adagoltak árpa és búza helyett. A glicerín DE értékét *Lammers és mtsai (2008a)* munkája alapján 13 MJ/kg-nak tekintették. Az etetett glicerín metanol tartalma 1,83% volt, ami szokatlanul magas. A napi takarmányfelvétel az első héten a glicerintartalom növelésével párhuzamosan csökkent, de ez a második hét végére megfordult – feltehetőleg ennyi idő kellett az állatoknak, hogy hozzászokjanak a glicerínhez. A kísérlet teljes egészét tekintve a 8 % kiegészítés a 4, illetve 12%-os dózisonál kisebb takarmányfelvételt eredményezett. A napi súlygyarapodást és a takarmányhasznosítást ezzel szemben egyik dózis sem befolyásolta szignifikánsan ($P \geq 0,05$). A szerzők a viszonylag gyenge hizlalási eredményt a kísérlet ideje alatt uralkodó magas hőmérséklettel (>40 °C) magyarázták, illetve a kísérlet 5. hetében bozóttűz is volt a kísérleti telep közelében, ami kedvezőtlen hatást válthatott ki. Véleményem szerint az irodalomban talált eredményeknél rosszabb teljesítményt a glicerín relatíve magas metanol tartalma is elősegíthette.

Lammers és mtsai (2008b) egy átfogó hizlalási kísérletet végeztek 84,5 %-os tisztaságú glicerinnel. A négyhetes malacok átlagsúlya a kísérlet indulásakor $7,9 \pm 0,4$ kg volt. Ötfázisú takarmányozással 132-134 kg élősúlyig hizlalták az állatokat, így lehetőségük volt vizsgálni, hogy milyen hatása van a teljesítményre az 5, illetve 10% glicerín kiegészítésnek, ha azt a teljes hizlalási időszakban fogyasztják az állatok. A kísérlet során az 5% glicerinnel 7-10 %, míg a 10 % glicerinnel 15-17 % kukoricát helyettesítettek. A glicerín 1,20 %-os Na tartalmának megfelelően a tápok Na tartalmát is csökkentették a glicerines csoportokban. A 138 napos hizlalási periódus eredményei szerint, sem az 5, sem pedig a 10 %-os glicerín kiegészítés nem befolyásolta a hizlalási eredményeket. A 132-134 kg élősúlyig végzett kísérletben 2,33-2,40 kg napi átlagos takarmányfelvétellel 905-913 g-os átlagos napi súlygyarapodást értek el a csoportok, ami más hizlalási kísérletek eredményeivel összevetve nagyon kedvezőnek mondhatók. Ezek az eredmények egybeesnek más korábbi kutatások megállapításaival (Kijora és mtsai 1995, 1997; Kijora és Kupsch 1996).

Della Casa és mtsai (2009) nagy végsúlyra történő hizlalás során vizsgálták a tiszta glicerín etetésének hatását. A 80 db $42,6 \pm 3,37$ kg átlagsúlyú állatot öt csoportra osztották. A kontroll csoport mellett a második és harmadik csoport 5, illetve 10 % glicerint fogyasztott a hizlalo és befejező fázisban (42,6-160 kg között), míg a negyedik és ötödik csoport állatai csak a befejező szakaszban (100-160 kg között) fogyasztottak 5 illetve 10 % glicerint tartalmazó takarmányt. Ebben a kísérletben is a kukoricát helyettesítették glicerinnel nedves takarmány etetési technológiával. *Lammers és mtsai (2008b)* eredményeitől eltérően ők úgy találták, hogy a hizlalás teljes ideje alatt etetett 5% glicerint tartalmazó takarmányt fogyasztó csoport a kontroll csoporttal azonos teljesítményt ért el, míg a 10% glicerín kiegészítés már szignifikánsan ($P < 0,01$) rontotta az eredményeket az élősúly, a napi súlygyarapodás, és ezáltal a takarmányhasznosítás tekintetében is a kontroll csoporthoz képest. A negyedik és ötödik csoportban, amely csak a befejező szakaszban (100 kg testsúly fölött) fogyasztott glicerint tartalmazó takarmányt, szintén az 5%-os kiegészítés volt szinkronban a kontroll csoporttal, míg a 10%-os dózis itt is szignifikánsan ($P < 0,01$) gyengébb eredményt adott. A 10 %-os glicerín dózis teljesítménycsökkentő hatása a szerzők szerint annak az eredménye, hogy a glicerín egy része kiválasztódik a vizelettel. A szérum glicerín tartalma nagyon gyorsan átjut a sejtmembránokon az aquagliceroporinon keresztül (*Jensen, 2002*) az ozmotikus vagy a koncentráció grádiens által. A citoplazmában a glicerint a glicerín-kináz glicerín-3-foszfáttá aktiválja, ami már nem képes a aquagliceroporinon keresztül transzportálódni. Ezért a sejtek által vissza-

tartott glicerinnel mennyisége a glicerinnel-kináz enzim aktivitásától függ, ami sejttípusonként (Coppack és mtsai, 1999) és állatfajonként is különböző. Doppenberg és Van der Aar (2007) is azt tapasztalták, hogy a glicerinnel dózis 5%-ról 15%-ra történő növelése sokkal nagyobb mértékben csökkenti a metabolizálható energiát a sertések esetében, mint a brojlerknél vagy a tojótyúkknál. Bartelt és Schneider (2002a) vizsgálatai során a ME 5; 10 és 15 % glicerinnel kiegészítés esetében a BE 97; 80 illetve 59 %-a volt a fenti sorrendben, ami annak a következménye, hogy a dózis növelésével nőtt a glicerinnel mennyisége a vizeletben és a bélsárban.

2.5.2. A glicerinnel kiegészítés hatása a sertéshús minőségére

A glicerinnel végzett sertéshízlalási kísérletek során a kutatók több esetben nemcsak a hízlalási paramétereket vizsgálták, hanem a vágási kihozatalt és a húsmínőséget is értékelték (Eikelenboom és mtsai, 1990).

Kijora és mtsai (1995, 1997), valamint Kijora és Kupsch (1996) 5 és 10% glicerinnel kiegészítés esetén azt találták, hogy a glicerinnel nincs szignifikáns hatása sem a vágási kihozatalra, sem a húsmínőségre, csak a víztartalom tekintetében volt megfigyelhető tendenciaszerű csökkenés.

A későbbi kutatási eredmények is alátámasztják ezeket a megállapításokat, hiszen Lammers és mtsai (2008b) a biodízel gyártás melléktermékeként keletkező 84,51%-os tisztaságú glicerinnel végzett sertéshízlalási kísérletben is azt tapasztalták, hogy a takarmányozásnak nem volt hatása a 10. bordánál mért hátszalonna vastagságra, a karaj átmérőre, a zsírintes színhúsra és a színhús %-ra sem 5 sem 10%-os dózis etetésekor. A 10. bordánál mért hátszalonna vastagság az ártányoknál volt nagyobb az emsékhez képest, ahogy ez várható volt korábbi irodalmi adatok alapján (Cline és Richert, 2001; Renaudeau és Mourot, 2007). Nagy végsúlyra (160 kg) történő hízlalás esetén sem befolyásolta a glicerinnel a vágási kihozatalt és a színhús tartalmat (Della Casa és mtsai 2009). Ugyanakkor ártányokkal végzett 97 napos hízlalást követően a vágási kihozatal növekedéséről számolnak be Duttlinger és mtsai (2008) 5% glicerinnel adagolásakor. Latour és mtsai (2008) vizsgálataiban a glicerinnel 5-15%-os dózisban adagolva növelte a 10. bordánál mért hátszalonna vastagságát ($P < 0,02$), és csökkentette a zsírintes színhús részarányát ($P < 0,02$).

Az egyes vizsgálatok eredményei közötti ellentmondásnak az lehet az oka, hogy a vágási paramétereket a takarmányon kívül más tényezők (pl. genotípus, a hízlalás intenzitása, vágás utáni kezelés stb.) is befolyásolják.

A további húsmínőségi jellemzők, pl. szín, csepegési és főzési veszteség, zsírsavösszetétel alakulása, érzékszervi tulajdonságok esetében is különböznek a kutatók eredményei. Mourot és mtsai (1994) 5% glicerinnel kiegészítés esetén a csepegési veszteség 2,27%-ról 1,76%-ra történő csökkenését tapasztalták míg a főzési veszteség tekintetében még jelentősebb változást figyeltek meg, az ugyanis 29,4%-ról 25,6%-ra csökkent. A későbbi kísérletek azonban nem erősítik meg ezeket az eredményeket, hiszen Lammers és mtsai (2008b), valamint Della Casa és mtsai (2009) is úgy találták, hogy a glicerinnel ezekre a paraméterekre, sőt Della Casa és mtsai (2009) inkább tendenciózus növekedésről számolnak be a glicerinnel csoportokban. Ezt látszanak megerősíteni Hansen és mtsai (2009) vizsgálatának eredményei is, ugyanis a takarmányok 4-16% mennyiségben glicerinnel történt kiegészítése növelte a csepegési veszteséget. A legjelentősebb mérté-

kü növekedést a 8%-os kiegészítés esetén tapasztalták, ahol 6,9%-ot mértek, szemben a kontroll csoport 5,6%-os veszteségével. A főzési veszteségben ugyanakkor nem találtak különbséget, az valamennyi csoportban 34% körül alakult.

A szín vizsgálatakor a világossági értékben (L^*) *Latour és mtsai (2008)* a glicerint adagjának növekedésével lineáris növekedést mértek, ami világosabb hússzínt jelent. Ugyanez volt a tapasztalat *Hansen és mtsai (2009)* kísérletében is 4-12% glicerint adagolásakor, ugyanakkor az említett szerzők a 16%-os dózis esetében nem tapasztalták a világosabb színt. *Lammers és mtsai (2008b)* azonban nem találtak különbséget a színt jellemző paraméterekben (L^* , a^* , b^*) 5 és 10% glicerint etetésekor.

A glicerint húsminőségre gyakorolt hatásának értékelésekor fontos szempont a zsírsavösszetételre kifejtett hatás is, hiszen a glicerint a szervezetben aktívan részt vesz a zsírsavcserében (*Kijora és mtsai, 1997*). A glicerint kiegészítés nem utolsósorban energiaforrást is jelent a szervezetnek, amely energia zsírtermelésre is fordítható, ha a szervezet energiamérlege pozitív. *Mourot és mtsai (1994)* fontos megállapítása volt, hogy glicerint adagolásakor nő az olajsav mennyisége a hátszalonna zsírjában a linolsav és a linolénsav tartalom rovására, aminek következtében a zsír telítetlenségi indexe csökken. *Lammers és mtsai (2008b)* szintén azt tapasztalták, hogy 10% glicerint etetésekor a linolsav koncentráció alacsonyabb volt, mint a többi kezelés esetében. Ugyanakkor ők az eikozapentaénsav (EPA) növekedéséről is beszámolnak. *Kijora és mtsai (1997)* ilyen változást nem tapasztaltak 10% glicerint etetésekor. *Della Casa és mtsai (2009)* kísérletben ugyancsak változott a zsírsavösszetétel glicerint kiegészítés hatására. Amikor a sertések a hizlalás teljes szakaszában nagyobb mennyiségű glicerint kaptak, akkor tendenciózusan csökkent a palmitin-, sztearin- és linolsav mennyisége a kontroll csoport zsírjához képest. *Cerneau (1994)* a palmitinsav növekedéséről és a linolsav csökkenéséről számol be. Ugyanakkor arra is utalni szükséges, hogy a szóban forgó kísérletben a zsírsav változások nemcsak kevés zsírsavra koncentráálódtak, hanem a változások mértéke is kicsi volt.

Az ismertetett eredmények nem adnak egyértelmű választ a glicerint etetésnek a zsírsavösszetételre gyakorolt hatásait illetően. Az eredmények közötti eltérések egyrészt abból adódhatnak, hogy a különböző kísérletekben etetett glicerintben eltérő mennyiségű és minőségű zsírsav maradt a biodízel gyártás során, továbbá az etetett abrakkeverékek zsírsavösszetétele is eltérő volt az egyes kísérletekben. A jövőben ebben a tekintetben további vizsgálatok szükségesek. Feltehetőleg segítene a kérdés megválaszolásában, ha pontosabban ismernénk a takarmánnyal megétetett glicerint metabolizmusának részleteit.

Mindez ideig csak egy olyan publikáció található az irodalomban, amelyben a sertésekkel végzett kísérlet során a glicerintnek a sertéshús érzékszervi tulajdonságaira gyakorolt hatását is elemezték. *Della Casa és mtsai (2009)* négy tulajdonság (szín, márványozottság, íz és porhanyósság) tekintetében találtak szignifikáns különbségeket a kezelések között. A márványozottság tekintetében a teljes hizlalási periódusban 10% glicerint fogyasztó állatok húsa, valamint csak a befejező szakaszban 5 és 10% glicerint fogyasztó csoportok húsa a kontrollhoz képest jobb minőségű volt, de ugyanakkor a hizlalás alatt végig 5% glicerint kiegészítés még a kontroll csoportnál is szignifikánsan gyengébb márványozottságot eredményezett. Az illatban és a lédúságban nem volt eltérés a kezelések között. A szerzők szerint a kapott eredmények alapján nem lehet egyértelmű megállapításokat megfogalmazni a glicerintnek az érzékszervi tulajdonságokra gyakorolt hatásáról.

3. SAJÁT VIZSGÁLATOK

3.1. A kísérletek célkitűzése

A biodízel gyártás melléktermékeként keletkező, nagy mennyiségű glicerint felhasználásának megoldása világszerte fontos feladattá vált. A keletkező mennyiség ugyanis már meghaladja a glicerint felhasználó iparágak (kozmetikai ipar, vegyipar, élelmiszeripar, gyógyszeripar stb.) kapacitását. Ezért az utóbbi időben egyre inkább előtérbe kerültek azok a kutatások, amelyek a glicerint, mint takarmánykomponenst vizsgálják a gazdasági állatok takarmányozásában. A tejlő tehének esetében a glicerint már évtizedek óta jó eredménnyel használják az állatok energiaellátásának javítására, a monogasztrikus állatfajoknál (brojlercsirke, tojótyúk, sertés) azonban még nem terjedt el a gyakorlatban.

Mind az Egyesült Államokban, mind Európában több kísérletben is vizsgálták, hogy a glicerint mint energiaforrás, hogyan illeszthető be a monogasztrikusok takarmányozásába. Ezidáig hazánkban még nem számoltak be ilyen irányú vizsgálatokról.

Dolgozatomban ezért azt vizsgáltam, hogy hazai viszonyok között a glicerint milyen feltételekkel használható fel a sertések takarmányozásában. A fogyasztók szempontjait is szem előtt tartva, vizsgálni kívántuk azt is, hogy a sertések takarmányának glicerinnel történő kiegészítése befolyásolja-e az ilyen módon előállított sertéshús kémiai összetételét, érzékszervi tulajdonságait, valamint konyhatechnikai jellemzőit.

A kísérletek során a következő kérdésekre kerestük a választ:

- Milyen a biodízel gyártás során keletkező nyers glicerintből előállított takarmányozási minőségű glicerint kémiai összetétele?
- Mekkora mennyiségben etethető a glicerint a hízósertésekkel negatív hatások nélkül?
- Mennyi a glicerint emészthető (DE) és metabolizálható (ME) energiatartalma a sertések takarmányozásában?
- Milyen hatást gyakorol a süldők takarmányának növekvő mennyiségű glicerinnel történő kiegészítése a táplálóanyagok emészthetőségére, valamint az állatok N-hasznosítására?
- Befolyásolja-e a glicerint az állatok hízlalási teljesítményét?
- Hatással van-e a glicerint a vágási tulajdonságokra (pl. színhús mennyisége, színhús: zsírszövet aránya)?
- Hogyan alakul glicerint kiegészítés esetén:
 - A hús nyersfehérje, nyerszsír, nyersshamu tartalma, valamint zsírsavösszetétele?
 - A csepegési, az olvadási és a főzési veszteség mértéke?
 - Milyen hatást gyakorol a glicerint, a hús érzékszervi tulajdonságaira?

3.2. Anyag és módszer

3.2.1. Az állatkísérletek metodikája

3.2.1.1. Emésztési és N-forgalmi vizsgálatok

A biodízel gyártás során keletkező nyers glicerintől előállított takarmányozási minőségű glicerint emészthető (DEs) és metabolizálható (MEs) energiatartalmát, továbbá ennek a glicerinnek a táplálóanyagok emészthetőségére és a sertések N-forgalmára gyakorolt hatását emésztési és N-forgalmi kísérletekben vizsgáltuk.

A vizsgálatok két eltérő súlykategóriában, nevezetesen 25-47 kg, továbbá 57-85 kg közötti testsúlyú állatokkal folytak. A kisebb súlyú süldőkkel két, a nagyobb súlyú hizósertésekkel egy kísérletet végeztünk. Egy-egy kísérlet 12 db állattal folyt, így a vizsgálatok összesen 36 db állattal kerültek elvégzésre. A 25-47 kg súlyú süldőkkel végzett kísérletben a süldőtápot, míg az 57-85 kg-os állatok esetében pedig a hizósertéstápot egészítettük ki glicerinnel. Az etetett glicerint valamint a süldő- és hizósertéstáp összetételét és táplálóanyag tartalmát laboratóriumi vizsgálataink alapján a 4. és 5. táblázat mutatja be.

A 4. táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a takarmányozási minőségű glicerint, 86,76% glicerint mellett 0,5% nyerszsírt és 5,4% nyershamut is tartalmazott, amely utóbbinak döntő része (5,2%) NaCl. A kísérletekben etetett takarmányozási minőségű glicerint metanoltartalma mindössze 0,05% volt.

4. táblázat: Az emésztési és nitrogénforgalmi kísérletekben felhasznált takarmányozási minőségű glicerint összetétele (az adatok eredeti szárazanyag tartalmú glicerintre vonatkoznak)

Szárazanyag	92,71	%
Glicerint tartalom	86,76	%
Metanol	0,05	%
Nyerszsír	0,50	%
Nyershamu	5,4	%
ebből		
Nátrium	20,540	g/kg
Klór	31,67	g/kg
Kálium	0,24	g/kg
Bór	<0,50	mg/kg
Kalcium	88,7	mg/kg
Réz	3,23	mg/kg

Vas	13,4	mg/kg
Magnézium	19,4	mg/kg
Foszfor	12,8	mg/kg
Cink	0,84	mg/kg
Ezüst	<0,05	mg/kg
Alumínium	0,21	mg/kg
Bárium	<0,50	mg/kg
Kobalt	<2,00	mg/kg
Króm	<0,50	mg/kg
Mangán	<0,20	mg/kg
Nikkel	<0,40	mg/kg
Ólom	<2,00	mg/kg

Az állatokat egyedi anyagcsereketrechen helyeztük el, amely lehetővé tette a takarmányfogyasztás, valamint az ürített bélsár és vizelet mennyiségének megállapítását. A kísérletek 3-3 szakaszból álltak, mely szakaszokban glicerint nem tartalmazó kontroll takarmányt, valamint 5 és 10 % glicerinnel kiegészített kontroll takarmányt fogyasztottak az állatok.

5. táblázat: Az anyagcsere kísérletek során etetett takarmányok összetétele és táplálóanyagtartalma

Takarmány, illetve táplálóanyag		Süldőtáp (25-45kg)	Hízósertéstáp (55-80kg)
Kukorica	%	61,00	40,80
Búza	%	9,66	33,50
Extr. szójadara (45% nyersf.)	%	25,00	20,00
Takarmánymész	%	1,20	1,00
MCP	%	1,00	0,90
Só	%	0,30	0,40
L-lizin-HCl	%	0,18	0,13
DL-Metionin	%	0,12	0,10
L-Threonin	%	0,04	0,03
Zeolit	%	1,00	2,64
Vitamin és mikroelem premix	%	0,50	0,50
Összesen		100,00	100,00
Táplálóanyag tartalom			
Szárazanyag	%	89,81	90,96
Nyersfehérje	%	17,78	16,14
Nyerszsír	%	2,47	2,00
Nyersrost	%	3,12	2,99
Nyershamu	%	5,95	7,07
DE*	MJ/kg	14,00	13,92
ME*	MJ/kg	13,48	13,45
Lizin**	%	1,04	0,90
Metionin**	%	0,41	0,37
Metionin+cisztin**	%	0,73	0,68
Treonin**	%	0,72	0,64
Triptofán**	%	0,20	0,20
Ca	%	0,68	0,77
P	%	0,59	0,60

* A kémiai vizsgálataink alapján számított érték

** Táblázati érték

A kísérleti szakaszokban etetett glicerint kiegészítésként kapták az állatok. Erre a módszerre azért volt szükség, mert a glicerint látszólagos MEs értékét pontosan csak így lehet meghatározni.

A sertéseket tíz napig szoktattuk az anyagcsereketrehez. A kísérleti szakaszok, amelyek során gyűjtöttük és mértük az ürített bélsár és vizelet mennyiségét, öt naposak voltak, amelyeket minden kezelés takarmányának vizsgálatakor egy ugyancsak öt napos előzetes szakasz előzött meg. Annak érdekében, hogy az állatok testsúlyának kísérlet alatti növekedése ne befolyásolja a kísérleti eredményeket, az eltérő glicerintartalmú takarmányokat a latin négyzet szabályai szerint rotálva etetettük az egyes szakaszokban.

A kísérlet során gyűjtött bélsármintákat leszárítottuk, majd meghatároztuk az egyes minták kémiai összetételét, valamint energiatartalmát. A vizeletminták esetében pedig az energiatartalom mellett a nitrogéntartalom került meghatározásra. A vizeletminták energiatartalmát úgy állapítottuk meg, hogy a vizelethez ismert mennyiségű és ismert energiatartalmú porított cellulózt (10 ml vizelethez 2,0 g porított cellulóz) adagoltunk, majd a keveréket 60°C-on megszáritottuk. A vizelettel ürülő energia mennyiségét a keverék energiatartalmának meghatározását követően állapítottuk meg.

3.2.1.2 Üzemi sertéshizlalási kísérlet

Az üzemi sertéshizlalási kísérlet több célt szolgált. Egyrészt ennek eredményei (súlygyarapodás, takarmányhasznosítás) alapján kívántunk arra következtetni, hogy az emésztési és N-forgalmi kísérletekben a glicerintre megállapított emészthető (DEs) és metabolizálható (MEs) energiatartalom reális érték-e, másrészt azt is vizsgálni kívántuk, hogy a glicerint milyen hatást gyakorol a vágott áru minőségére és néhány fontosabb konyhatechnikai tulajdonságára.

A kísérletet 100 db hizósertéssel a Bezenyei Sertés Kft. telepén állítottuk be. A 100 db norvég lapály x duroc genotípusú egyed 50-50 db állatból álló kontroll, illetve kísérleti csoportra osztottuk, amely csoportokban azonos volt az emse-ártány arány és közel azonos volt a két csoport induló átlagsúlya (30,0±3,8 illetve 30,2±2,5 kg) is.

A két csoportot négy-négy hizlaló rekeszben helyeztük el egy beton ráccspadozatos hizlaló istállóban, ahol az etetés szárazzárás önetetővel, az itatás pedig szópókás önetítő segítségével történt.

A sertések 70-75 kg-os súly eléréséig süldőtápot, azt követően pedig a kísérlet befejezéséig hizótápot fogyasztottak. Ezek összetétele és tápanyagtartalma a 6. és 7. táblázatban található. A kísérleti csoport tápjai 5% glicerint tartalmaztak, amellyel a tápok kukorica hányadának egy részét helyettesítettük. Azért a kukorica helyettesítése mellett döntöttünk, mert hazánkban a kukorica a legnagyobb mennyiségben rendelkezésre álló abraktakarmány, másrészt mert annak emészthető energiatartalma nagyon közel esik (14,18 MJ/kg tak., Sauvant és mtsai, 2002) a glicerintnek általunk meghatározott DE értékéhez. A kukorica hányad csökkentéséből eredő nyersfehérje csökkenést, kukoricaglutén kiegészítéssel kompenzáltuk.

6. táblázat: Az üzemi sertéshízlalási kísérletben etetett süldőtáp (30-75 kg) összetétele és táplálóanyag tartalma

Takarmány, illetve táplálóanyag		Kontroll	5% glicerin
		Csoport	
Kukorica	%	42,3	37,10
Árpa	%	31,0	31,00
Extr. szójadara	%	23,0	23,00
Kukoricaglutén	%	-	0,40
Glicerin	%	-	5,00
Takarmánymész	%	1,3	1,30
MCP	%	1,1	1,10
Só	%	0,4	0,20
L-lizin-HCl	%	0,2	0,20
DL-Metionin	%	0,2	0,20
Süldő premix	%	0,5	0,50
Összesen		100,00	100,00
Táplálóanyag tartalom (számított)			
Szárazanyag	%	88,69	89,42
Nyersfehérje	%	17,40	17,30
Nyerszsír	%	2,16	2,02
Nyersrost	%	3,34	3,24
Nyershamu	%	5,84	6,03
DEs*	MJ/kg	13,90	14,02
Lizin**	%	1,05	1,02
Metionin**	%	0,48	0,48
Metionin+cisztin**	%	0,80	0,79
Treonin*	%	0,67	0,66
Triptofán*	%	0,21	0,20
Ca	%	0,76	0,77
P(összes)	%	0,62	0,62
P(értékesíthető)**	%	0,36	0,36

* A kémiai összetétel alapján számított érték

** Táblázati érték

A biodízel gyártás során keletkező glicerín takarmányozási célú felhasználása a hizósertésekénél

7. táblázat: Az üzemi sertéshízlalási kísérletben etetett hizótáp (75-105 kg) összetétele és táplálóanyag tartalma

Takarmány, illetve táplálóanyag		Kontroll	5% glicerín
		Csoport	
Kukorica	%	35,00	29,90
Árpa	%	36,09	36,09
Extr. szójadara	%	10,70	10,70
Extr. napraforgódara	%	8,00	8,00
Kukoricaglutén	%	-	0,30
Búzakorpa	%	7,00	7,00
Glicerín	%	-	5,00
Takarmánymész	%	1,30	1,30
MCP	%	0,68	0,68
Só	%	0,40	0,20
L-lizin-HCl	%	0,23	0,23
DL-Metionin	%	0,10	0,10
Hízó I. premix	%	0,50	0,50
Összesen		100,00	100,00
Táplálóanyag tartalom (számított)			
Száranyag	%	88,41	88,96
Nyersfehérje	%	15,77	15,56
Nyerszsír	%	2,19	2,04
Nyersrost	%	4,30	4,18
Nyershamu	%	5,28	5,47
DEs*	MJ/kg	13,59	13,57
Lizin**	%	0,85	0,84
Metionin**	%	0,38	0,38
Metionin+cisztin**	%	0,70	0,69
Treonin**	%	0,57	0,56
Triptofán**	%	0,19	0,19
Ca	%	0,69	0,69
P(összes)	%	0,55	0,54
P(értékesíthető)**	%	0,29	0,29

* A kémiai összetétel alapján számított érték

** Táblázati érték

Az állatokat a kísérlet kezdetén, a hizótápra történő áttéréskor (70-75-kg-os súlyban, a hizálás 57. napján), valamint a kísérlet befejezésekor egyedileg lemértük. A kísérletet a 105-110 kg-os élősúly eléréseig folytattuk. A kísérlet befejezésekor mindkét csoport valamennyi állatát a Kapuvári Hús Zrt. vágóhídján levágtuk és a vágást követően az SEUROP módszer szabályai szerinti minősítésnek vetettük alá.

3.2.2. A kísérletek során felhasznált kémiai vizsgálati módszerek

3.2.2.1. A kémiai összetétel vizsgálatának módszerei

A kísérletekben etetett takarmányok, a bélsár minták, valamint a sertéshús szárazanyag, nyersfehérje, nyerszsír, nyersrost, valamint nyershamu tartalmát a Magyar Takarmánykódexben (2004) javasolt módszerekkel állapítottuk meg. A glicerinnel nyerszsír tartalmát a glicerinnel vízzel történő kioldása után a Soxhlet-eljárással (Soxtec berendezéssel) vizsgáltuk. Az etetett takarmányok, a glicerinnel, az ürített bélsár, és a vizelet energiatartalmát IKA C2000 basic típusú bombakaloriméterrel mértük.

A kísérletekben etetett kétféle glicerinnel, glicerinnel-tartalmát az ISO EN 14106 (2003) a repce metilészter előállításából származó glicerinnel-készítmény metanol tartalmát pedig az ISO EN 14110 szabványban leírtak szerint vizsgáltuk.

A felhasznált glicerinnel ásványi anyag tartalmát a Synlab UIS Ungarn Kft. végezte a következők szerint: a mintákat 550 °C hőmérsékleten hamvasztatták, majd a hamut 10% HCl-oldatban melegítés közben oldották. A vizsgálatokat Perkin Elmer gyártmányú, Optima 3000 típusú radiális ICP-OES készülékkel végezték.

3.2.2.2. A zsírsavösszetétel meghatározása

Vizsgálataink kiterjedtek annak megválaszolására is, hogy a glicerinnel kiegészített takarmány megváltoztatja-e a sertéshús zsírsavösszetételét. Ehhez az állatok levágását követően a Darnó-hús húsfeldolgozó üzemében, csoportonként 10-10 állatból mintát gyűjtöttünk az alábbi szövetekből:

- karaj
- comb
- hátszalonna
- hártya

A minták zsírsavösszetételét Agilent Technologies 6890N Network típusú gázkromatográfjal (Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, USA) vizsgáltuk. Az elválasztó oszlop típusa Supelco SpTM 2560 Fused Silica kapilláris oszlop (100m x 0,25mm x 0,2µm) volt. Vivőgáz: H₂, nyomás 176,8 kPa. Detektor: FID. Áramlás: 35 ml/min. hidrogén, 30 ml/min. nitrogén, 300 ml/min. levegő. Splitarány: 10:1. Hőmérséklet: mintabevitel (injektor) 240°C, termosztát 170-215°C, detektor 250°C. Minta mennyiség: 1 µl. A zsír elszappanosítása metanolban oldott 1mol/dm³ NaOH-dal, az észterezés 10%-os metanolban oldott bór-trifluoriddal, a minta felvitele pedig hexánnal történt. A vizsgálatokhoz a SupelcoTM 37 Component FAME Mix Catalog No. 47885-U standardot használtuk.

3.2.2.3. A csepegési-, fagyasztási-, főzési- és sütési veszteség mérése

A végfelhasználók, mint a vendéglátás, üzemi konyhák és nem utolsó sorban a háztartások számára is fontos kérdés, hogy miként alakulnak a glicerín kiegészítéssel előállított sertéshús konyhatechnikai és érzékszervi tulajdonságai. A felsorolt paraméterek egy részét (csepegési veszteség, sütési veszteség, nyíróerő, kémhatás, szín és érzékszervi bírálat) az Országos Húsipari Kutató Intézet munkatársai vizsgálták csoportonként öt-öt karajmintából, amelyet a 11. borda tájékáról vágunk ki. A laboratóriumi vizsgálatok másik része (fagyasztási-, felengedési és főzési veszteség) a Takarmányozástani Tanszék laboratóriumában került elvégzésre.

CSEPEGÉSI VESZTESÉG

A pontosan lemért tömegű karajszeleteket polietilén tasakban 4°C-on tároltuk a kereskedelemben szokásos védőgázos csomagoláshoz hasonló módon, úgy, hogy a hús nem érintkezett teljes felületén a fóliával. A tasakból kiemelt hússzeletet leitatás után megmértük. A csepegési veszteség a bemért tömeg és a végső tömeg különbsége, amit a nyers tömegről vonatkoztatva százalékosan fejeztünk ki. Minél kisebb ez az érték, annál jobb a hús víztartó képessége.

FAGYASZTÁSI (ILL. OLVASZTÁSI) VESZTESÉG

A vizsgálatokat két eltérő hőmérsékleten, nevezetesen -12 és -20 °C között, valamint -40 °C-on tárolt hússal végeztük. A kétféle fagyasztási módot azért vizsgáltuk külön-külön, mert a két különböző hőmérsékleten más módon játszódik le a fagyás folyamata. A -12 °C-tól, mínusz 20 °C-os fagyasztási móddal a háztartások, vendéglátóhelyek fagyasztóládáiban történő fagyasztási környezetet modelleztük, amely nagy volumenű tesz ki a fagyasztott hússok között. Ennél a fagyasztási módnál a hús lassan éri el a kívánt maghőmérsékletet és a hosszú folyamat eredményeként az intra- és extracelluláris folyadék (víz) fagyásakor nagy jégkristályok keletkeznek, amelyek a sejtmembránt károsítják, és ennek következtében nagyobb lesz az olvadási lévesztés a felengedés után.

A sokkoló (-40°C) ipari fagyasztás esetén, amelynek során gyorsan eléri a termék a kívánt maghőmérsékletet (utána már magasabb hőmérsékleten, -20°C-on kisebb energiaköltséggel lehet a húst tárolni), aminek következtében apró jégkristályok keletkeznek amelyek kevésbé károsítják a sejtmembránt, és szabályos felengedéskor kisebb a fagyasztási veszteség és az ebből következő gazdasági kár. Mindkét fagyasztási módot csoportonként öt-öt sertéskaraj mintával vizsgáltuk.

A kísérlet során mindkét fagyasztási mód esetében mértük a fagyasztott hússok felengedési veszteségét. A fagyasztás után 24 óra alatt 40°C-os hűtőben olvasztottuk vissza mind a kétféle fagyasztott mintát. Megmértük a minták súlyát fagyott állapotban, majd a felengedést követően. A két érték %-os különbsége adja a felengedési veszteséget (Honikel, 1998).

FŐZÉSI VESZTESÉG

A kioldott mintákat használtuk fel a főzési veszteség mérésére. Kb. 10 dkg-os szeleteket zárt műanyag tasakokban a 75 °C-os maghőmérséklet elérését követően 2 órán át 75 °C-os vízfürdőben főztük (Jekkel és mtsai, 2007; Bíró és mtsai, 2008).

A minták súlyát a főzés előtt, majd a főzést követően is megmértük. A két érték %-os különbsége adja a főzési veszteséget.

SÜTÉSI VESZTESÉG

A mintákból szeleteket vágunk, tömegüket lemértük. A karajszeleteket kontakt grill sütőben egyenként 72 °C maghőmérsékletig sütöttük. A hőmérsékletet maghőmérővel ellenőriztük. A sült mintákat szobahőmérsékletűre (20 °C) hagytuk kihűlni, majd leitattuk, és ismét lemértük. A kezdeti és a sütés utáni tömeg különbsége a sütési veszteség, amit százalékosan adtunk meg. A nagyobb sütési veszteség nagyobb (intramuszkuláris) zsírtartalomra utal.

3.2.2.4. Egyéb húsmínőségi paraméterek vizsgálata

FELÜLETI SZÍN

A színméréseket MINOLTA Chromameter CR-300 típusú hordozható színmérő készülékkel, a nyers karajok friss vágási felületén, hat párhuzamos méréssel végeztük. A színmérés CieLab rendszerben, diffúz megvilágítás alkalmazásával, (D65 fényforrás, pulzáló xenon ívlámpa), 0° látószög és 8 mm átmérőjű mérőfej-nyílás mellett történt. (A készülék mind a beeső, mind a visszavert fényt méri).

A műszer háromdimenziós fényskalán méri a minta felületéről visszavert színjellemzőket. Az x tengelyen a piros (+a*) és a zöld (-a*) színt, az y tengelyen a sárga (+b*) és a zöld (-b*), a z tengelyen pedig, a világossági fokot (L*) méri. A méréseket nappali fényviszonyok mellett végeztük. A mért színjellemzők segítségével meghatározható a színárnyalat (a*/b*) és a színintenzitás (színerősség, vagy színtelítettség) $Chroma = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$.

Annak megválaszolására, hogy a kontroll és a glicerines csoport húsmintáit jellemző értékek közötti különbségek a fogyasztó számára is érzékelhetőek-e, meghatároztuk a színeltérést (ΔE^*_{ab}) Ehhez Lukács (1982) következő összefüggését használtuk fel:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

A kapott ΔE^*_{ab} értékből az alábbi táblázat adatainak segítségével lehet megállapítani, hogy milyen mértékű az eltérés a két minta között:

ΔE^*_{ab}	Szemmel érzékelhető eltérés
$\Delta E^*_{ab} \leq 0,5$	Nem érzékelhető
$0,5 < \Delta E^*_{ab} \leq 1,5$	Alig észrevehető
$1,5 < \Delta E^*_{ab} \leq 3,0$	Észrevehető
$3,0 < \Delta E^*_{ab} \leq 6,0$	Jól látható
$6,0 < \Delta E^*_{ab}$	Nagy

ÉRZÉKSZERVI BÍRÁLAT

A 72 °C maghőmérsékletig sült sertéskaraj szeletekből 7 tagú szakképzett bírálóbizottság érzékszervi vizsgálatot végzett. Mindkét mintasorozat esetében értékeltük az illatot, ízt, állományt (keménység-puhaság) és az összbenyomást (általános elfogadhatóság). A bírálatot leíró jelleggel, illetve 0-10 pontos skálán, pontozással végeztük.

NYÍRÓERŐ

A hús porhanyósságát, azaz a nyíróerő értékét, TA-XT2i típusú (Stable Micro Systems) állománymérő berendezéssel, Warner-Bratzler pengével mértük. A 72 °C maghőmérsékletig sütött hússzeleteket szűrőpapírral leitattuk, majd szobahőmérsékletűre (20°C) hűtöttük. A hús rostjaira merőlegesen 11 mm átmérőjű hengereket vágunk. Mindegyik húsrészből öt párhuzamos mérést végeztünk. Minél nagyobb értéket mérünk, annál keményebb, minél kisebbet, annál puhább, „porhanyósabb” a hús. A műszeres keménységmérés számszerű adatokkal szolgál a hús állományáról. Az eredményeket mindig az érzékszervi bírálat eredményeivel összehasonlítva értékelhetjük.

3.2.3. A kísérleti eredmények statisztikai értékelése

A statisztikai vizsgálatokat a GenStat.11® szoftver (GenStat Procedure Library Release PL19.1, VSN International Ltd.) segítségével végeztük el.

- A glicerín energiaértékének meghatározása során leíró statisztikát készítettünk. A glicerín DEs és MEs tartalmát a takarmányfogyasztás és az emészthető energia (DE) bevétel, illetve a takarmányfogyasztás és metabolizálható energia (ME) bevétel közötti regressziós összefüggés meredeksége alapján határoztuk meg.
- A glicerinnak az emésztési együtthatókra gyakorolt hatását egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA) vizsgáltuk, ahol a takarmányozási kezelés (kontroll, vagy kísérleti) volt a vizsgálat alapja.
- Az üzemi hízlalási kísérletben az állatok testsúlyát, valamint a vágási minősítés eredményét egytényezős varianciaanalízissel vizsgáltuk, ahol a kezelés jelentette a vizsgálat alapját.
- A különböző szövetek kémiai összetételének, illetve zsírsavösszetételének eredményeit kéttényezős varianciaanalízissel (ANOVA) értékeltük, amelyben a kezelésnek, a mintavétel helyének és e kettő kölcsönhatásának a szerepét vizsgáltuk.

A húsminőségi paraméterek vizsgálatakor az alábbi módon végeztük a statisztikai vizsgálatot:

A csepegési, fagyasztási, főzési és sütési veszteség, valamint a szín és a nyíróerő értékelésekor egytényezős, az érzékszervi vizsgálat esetében kéttényezős varianciaanalízist alkalmaztunk. A páronkénti összehasonlításhoz a Scheffe próbát használtuk. A kéttényezős varianciaanalízis esetében a kezelés × bíráló kölcsönhatást tekintettük véletlen tényezőnek, illetve összehasonlítási alapnak.

3.3. Kísérleti eredmények és azok értékelése

3.3.1. A glicerín emészthető (DE) és metabolizálható (ME) energiaértékének megállapítása

A glicerín emészthető és metabolizálható energiatartalmára vonatkozóan valamilyeni állatfaj, így a sertés, esetében is csak kevés kísérleti eredmény áll rendelkezésre. Ezért kísérleti munkánk egyik lényeges célkitűzése a glicerín látszólagos emészthető és metabolizálható energiatartalmának megállapítására volt.

Az emésztési és N-forgalmi kísérletekben etetett takarmányadag látszólagos emészthető és metabolizálható energiatartalmával összefüggő adatokat a 8. táblázatban tüntettük fel. Tekintettel arra, hogy az 1. és 2. kísérletben a sertések azonos takarmányadagot fogyasztottak, továbbá mert a sertések testsúlya is közel azonos volt, a két kísérlet eredményeit összevontan értékeltük.

8. táblázat: A kísérletek során etetett takarmány adag látszólagos emészthető és metabolizálható energiatartalma

		Glicerín kiegészítés (%)		
		0	5	10
1. és 2. kísérlet (25-47kg)				
BE felvétel	MJ/nap	17,49	18,50	19,16
Bélsár energia-tartalma	MJ/nap	2,33±0,30	2,31±0,38	2,31±0,31
DE-felvétel	MJ/nap	15,16±0,30	16,19±0,38	16,85±0,31
Vizelet energia-tartalma	MJ/nap	0,34±0,08	0,46±0,06	0,55±0,18
ME felvétel	MJ/nap	14,82±0,25	15,73±0,36	16,30±0,30
3. kísérlet (57-85kg)				
BE felvétel	MJ/nap	34,87	36,55	38,10
Bélsár energia-tartalma	MJ/nap	3,99±0,41	4,13±0,52	4,03±0,68
DE-felvétel	MJ/nap	30,88±0,41	32,42±0,52	34,07±0,68
Vizelet energia-tartalma	MJ/nap	0,79±0,21	0,82±0,17	0,98±0,22
ME felvétel	MJ/nap	30,09±0,45	31,60±0,67	33,09±0,63

Az adatok alapján megállapítható, hogy a kontroll szakaszban etetett süldő- és hízósertéstáp emészthető és metabolizálható energiatartalma jól egyezik e két takarmány táplálóanyag tartalma alapján *Hoffmann és Schimann (1980)* regressziós összefüggésével számított DE és ME tartalommal (5. táblázat).

A biodízel gyártás során keletkező glicerintakarmányozási célú felhasználása a hizósertéseknel

A különbség a számított és a kísérletben megállapított energiatartalom között a DE és ME tekintetében az 1. és 2. kísérletben mindössze 1,6 illetve 0,07%, a 3. kísérletben pedig 0,87 és 1,7% volt.

A látszólagos emészthető energiatartalom valamennyi szakasz eredményeit figyelembe véve a bruttó energia (BE) 86,7 és 89,4%-a között, a látszólagos ME tartalom pedig a BE 84,7 és 86,8%-a között változott.

Az elvégzett három kísérlet során a vizsgált glicerintartalomra vonatkozóan megállapított látszólagos emészthető energiatartalmat a 9. táblázatban tüntettük fel.

Az eredményekből arra lehet következtetni, hogy a sertések súlya a kísérletekben vizsgált súlyhatárok között nem befolyásolta a glicerintartalom látszólagos emészthető energiatartalmát. A kisebb (25-47 kg), valamint a nagyobb (57-85 kg) súlyú állatokkal végzett emésztési kísérletekben megállapított DE tartalom nem különbözik egymástól szignifikáns mértékben. Hasonló megállapításra jutottak Lammers és mtsai (2008a) is akik, kísérleteik egy részét 8,4-11,0 kg-os malacokkal, két kísérletet pedig 99,9-109,6 kg súlyú hizósertésekkel végezték. Eredményeikből arra lehet következtetni, hogy az állatok testsúlya nem befolyásolta egyértelműen a glicerintartalom hasznosítást, ezért az a megállapításunk, hogy az állatok testsúlya nem befolyásolta a glicerintartalom értékesülését, lényegét tekintve megegyezik *Lammers és mtsai (2008a)* kísérleti eredményeivel.

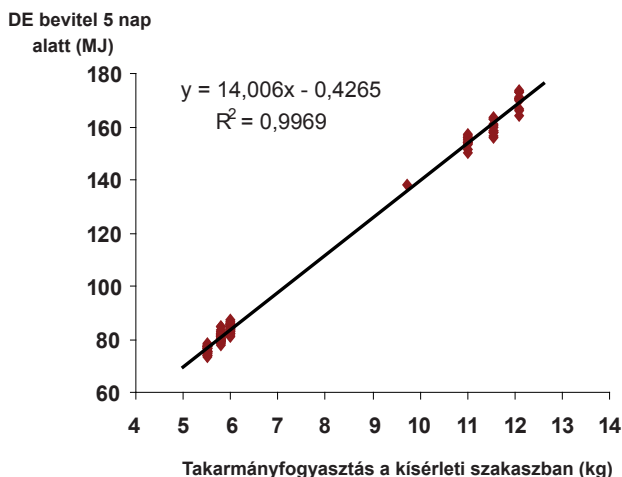
9. táblázat: A testsúly és a glicerintartalom dózisének hatása a glicerintartalom látszólagos emészthető és metabolizálható energiatartalmára

	DE MJ/kg	SEM	R ²	ME MJ/kg	SEM	R ²
A sertések súlya						
25 -47 kg	13,94	0,05	0,923	13,80	0,07	0,867
57 - 85 kg	13,97	0,05	0,913	13,60	0,05	0,913
A glicerintartalom adagja						
5%	13,89	0,04	0,905	13,65	0,05	0,895
10%	13,97	0,04	0,948	13,74	0,05	0,949

A kísérletek eredményeit olyan csoportosításban is feldolgoztuk, amelynek alapján arra lehet következtetni, hogy a glicerintartalom dózisa befolyásolja-e a glicerintartalom DE-tartalmát. Ezek az eredmények ugyancsak a 9. táblázatban találhatóak.

Az adatok arra utalnak, hogy a takarmány glicerintartalmát 10% részarányig növelve nem csökken a glicerintartalom emészthető energiatartalma, azaz a dózis növelése nem rontotta a glicerintartalom emészthetőségét.

A három kísérlet eredményeit összevontan is értékeltük. Ennek eredményeit a 14. ábra mutatja be.



14. ábra: Összefüggés a takarmányfogyasztás és a takarmány emészthető energiatartalma (DEs) között sertésben

A nyert regressziós összefüggés értelmében a vizsgált 86,76%-os glicerín látszólagos DE tartalma 14,01 MJ/kg. Az összefüggés nagyon szoros ($R^2=0,9969$). Az eredmény azt jelenti, hogy a vizsgált glicerín DE-tartalma a bruttó energiatartalmának (15,31 MJ/kg) 91,46%-a. Amennyiben az fenti eredményt (14,01 MJ/kg) 100 % glicerín tartalomra számítjuk át, a tiszta glicerín DE tartalma 16,14 MJ/kg. Kísérleteink a glicerín látszólagos DE tartalma tekintetében jó egyezőséget mutat Lammers és mtsai (2008a) eredményeivel, akik a 86,95%-os glicerín látszólagos DE tartalmát kg-ként 13,99 MJ-nak (3343,8kcal-nak) találták, ami a vizsgált glicerín bruttó energiatartalmának ($BE=15,167\text{MJ/kg}$) 92,2%-a. Egyezik kísérletünk eredménye *Noblet és Milgen (2004)* véleményével is akik szerint a takarmányok BE:DE aránya általában, 70 és 90% között változik.

A glicerín látszólagos ME tartalmával kapcsolatos eredmények ugyancsak a 9. táblázatban találhatók. Az adatok, a látszólagos DE-tartalomhoz hasonlóan arra utalnak, hogy az állatok súlya, valamint a glicerín dózisa a glicerín látszólagos ME-tartalmát sem befolyásolja, ugyanis sem a különböző súlyú állatokkal végzett kísérletekben a glicerínre megállapított ME-értékek, sem az eltérő glicerín dózisok etetésekor nyert ME értékek nem különböztek egymástól szignifikáns mértékben.

Bartelt és Schneider (2002a) brojler csirkékkel, tojótyúkokkal, valamint sertésekkel végzett kísérleteik során azt tapasztalták, hogy a glicerín dózisének növelése a glicerín jó emészthetősége ellenére is csökkentette annak metabolizálható energiatartalmát. A hatás a sertésnél jelentősebb volt, mint a tojótyúkok, valamint a brojlercsirkék esetében. A csökkenés oka szerintük az, hogy a glicerín dózis növekedésekor nő a glicerín vizelettel történő ürítése. *Kijora és mtsai (1995)* ugyancsak azt tapasztalták hízósertésekkel végzett kísérletükben, hogy a takarmány glicerintartalmának növekedésekor nőtt a vér és a vizelet glicerintartalma. *Doppenberg és Van der Aar (2007)* szerint a felszívódott glicerín hasznosulását ilyenkor feltehetően az korlátozza, hogy nem áll elegendő glicerín-kináz rendelkezésre a glicerín glicerín-3-foszfáttá alakításához. A glicerín-kináz hiányában feltehetően a glicerín sejtekbe történő transzportjának mér-

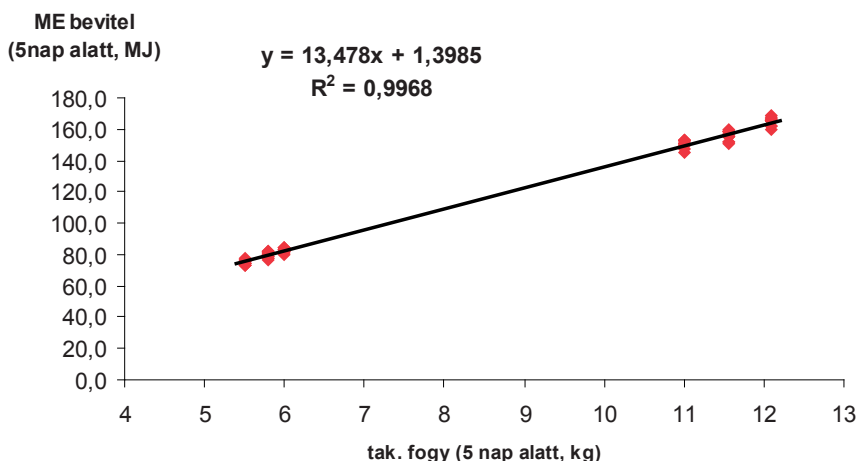
téke is csökken, emiatt, azonos mértékű felszívódást feltételezve, a vérben nagyobb mennyiségben van jelen, így megnő a vizelettel történő kiválasztás mértéke is.

Lammers és mtsai (2008a) kísérleteik során egy kísérletben tapasztalták csupán, hogy a 20% glicerint tartalmazó takarmány etetések a 11,0 kg súlyú malacok rosszabbul hasznosították a glicerint, mint amikor a takarmány csak 5, illetve 10% glicerint tartalmazott. A 110 kg súlyú hízósertésekkel végzett kísérletben a glicerín dózisa ugyanakkor nem befolyásolta a glicerín ME-tartalmát.

Saját vizsgálati eredményeink *Lammers és mtsai (2008a)* tapasztalatait támasztják alá, hiszen a glicerín ME tartalma az 5, illetve a 10% glicerint tartalmazó takarmány etetések nem különbözött egymástól szignifikánsan. A vizelet energiátartalma ugyan növekedett kísérletünkben a glicerín dózisének növelésével, de a növekmény az elfogyasztott glicerín energiátartalmához képest nem volt több 10% glicerín etetések, mint 5% glicerintartalmú takarmány esetében (8. táblázat). Kísérleti eredményeink - megegyezően *Lammers és mtsai (2008a)* adataival - arra utalnak, hogy a takarmány glicerintartalmának 5%-ról 10%-ra történő növelésekor nem romlik a glicerín látszólagos metabolizálható energiátartalma. Egyébként *Dozier és mtsai (2008)* brojlercsirkékkel végzett kísérleteiben ugyancsak nem csökkent a glicerín AME tartalma, amikor a glicerín dózist 3%-ról 9%-ra növelték. *Kerr és mtsai (2009)* 10 kg-os súlyú malacokkal vizsgálták a különböző összetételű nyers glicerinek látszólagos DE és ME-tartalmát. A különböző összetételű glicerín tételekre megállapított BE, DE és ME értékek jelentős mértékben függtek a vizsgált készítmények glicerín-, valamint zsírtartalmától, a BE tartalom ugyanis 13,26-25,17, a DE tartalom 12,63-21,85, míg az ME tartalom 10,6-21,76 MJ/kg érték között változott.

A vizsgált tételek ME tartalma a glicerín bruttó energiájának átlagosan 85,4%-át tette ki. Ebben a tekintetben a vizsgált glicerín tételek csak kismértékben tértek el egymástól. Az általunk megállapított 88,0%-os ME/DE arány tehát nem tér el lényegesen a *Kerr és mtsai (2009)* által talált értéktől.

A glicerín látszólagos ME-tartalmát is vizsgáltuk az elvégzett három kísérlet eredményeinek összevonásával. A számítások eredményét a 15. ábrán szemléltetjük.



15. ábra: Összefüggés a takarmányfogyasztás és a takarmány metabolizálható energiátartalma (MEs) között

A kapott regressziós összefüggés értelmében a vizsgált glicerin látszólagos ME tartalma 13,48 MJ/kg, amely érték a bruttó energiatartalom 88,02%-a, a látszólagos DE-tartalomnak pedig 96,23%-a. Ez az összefüggés is megfelelő szorosságú ($R^2=0,9968$). A vizsgált glicerinre megállapított ME értéket 100% glicerin tartalomra átszámolva, a tiszta glicerin ME tartalma 15,53 MJ/kg.

A felsorolt értékek is jól egyeznek *Lammers és mtsai (2008a)* eredményeivel, akik a 86,95%-os glicerin látszólagos ME energiatartalmát kg-ként 13,42 MJ-nak (3,207 kcal-nak) állapították meg, ami, a vizsgált glicerin bruttó energiatartalmának (15,167 MJ/kg) 88,5%-a. A glicerin ME tartalma az említett szerzők kísérletében a DE 95,9%-a volt, míg a mi kísérletünk során az utóbbi érték 96,2%-ot tett ki.

Kísérleti eredményeink azt igazolják, hogy a glicerin jelentős látszólagos emészthető, valamint metabolizálható energiatartalommal rendelkezik. Alátámasztják ezt azok a sertéshízlalási kísérletek is, amelyekben jó eredménnyel helyettesítettek különböző takarmány alapanyagokat glicerinrel. Így *Kijora és mtsai (1995)* az árpát helyettesítettek eredményesen 5, illetve 10% glicerinrel. *Lammers és mtsai (2008b)* kísérletében 5 és 10% glicerintartalmú takarmányt fogyasztó sertések átlagos napi súlygyarapodása nem különbözött szignifikánsan a kontroll állatok súlygyarapodásától. *Della Casa és mtsai (2009)* 5% glicerint tudtak a kukorica helyettesítésére a kontroll állatokkal megegyező eredménnyel a sertéshízlalás során felhasználni. *Ziljistra és mtsai (2009)* ugyancsak kedvező súlygyarapodási és takarmányhasznosítási eredményeket értek el, amikor búzát helyettesítettek 4, illetve 8% glicerinrel hízósertések takarmányában.

Ezek az erdmények azt igazolják, hogy ME alapon számolva glicerinrel helyettesíthető a takarmány kukorica és búza hányadának az etetett glicerin mennyiség ME tartalmával arányos része.

3.3.2. A glicerin etetés hatása a táplálóanyagok emészthetőségére és a N-visszatartásra

A takarmányozási minőségű glicerin látszólagos emészthető és metabolizálható energiatartalmának meghatározásakor a kapott eredmények alapján megállapítottuk, hogy a sertések a glicerint jól hasznosítják.

Vizsgáltuk ugyanakkor kísérletünkben azt is, hogy a glicerin kiegészítés milyen hatást gyakorol a többi táplálóanyag emészthetőségére. Az ezzel kapcsolatos kísérleti eredmények a 10. táblázatban találhatóak. Ezek azt igazolják, hogy a glicerin, a nyersfehérje, a nyerszsír, a nyersrost és a N-mentes kivonható anyagok emészthetőségére nem volt hatással. Ugyanez állapítható meg a N-forgalom vonatkozásában is (10. táblázat), következésképpen a glicerin kiegészítés nem befolyásolta a sertések N-visszatartását sem.

10. táblázat: A glicerintiegészítés hatása a táplálóanyagok emészthetőségére és a N-visszatartásra sertésben

Kezelés	Emésztési együttható, %				N-visszatartás %
	Nyersfehérje	Nyerszsír	Nyersrost	N-mentes kivonat	
25-47 kg					
Kontroll	84,57±2,21	72,60±5,63	53,22±7,14	92,39±1,20	59,35±4,31
+5% glicerint	83,57±2,17	69,74±6,84	53,23±7,42	92,71±0,57	58,41±2,64
+10% glicerint	83,21±2,10	73,43±3,91	53,35±6,57	93,36±0,49	57,09±3,43
57-85 kg					
Kontroll	90,93±1,47	79,89±5,98	66,04±5,19	92,74±0,75	53,92±5,07
+5% glicerint	89,60±2,27	81,89±3,82	62,30±5,50	93,10±0,79	53,33±6,83
+10% glicerint	89,74±1,72	80,26±5,88	63,85±8,32	93,82±1,22	51,97±5,02

az adatok között nem találtunk szignifikáns különbséget

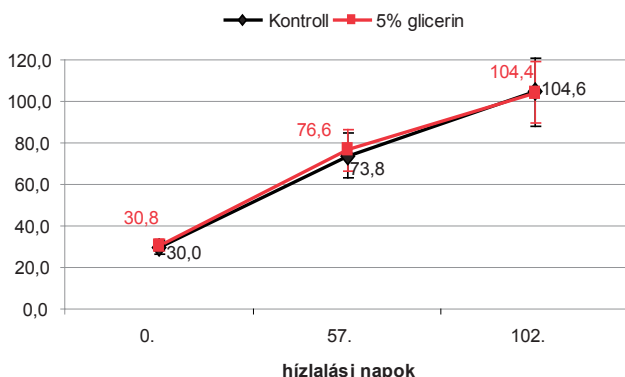
Hasonló eredményeket kaptak *Hanczakowska és mtsai (2010)* is, amikor 50 kg-os sertésekkel vizsgálták a nyers (76,8% glicerint és 1,8% metanol) és a finomított (85,2% glicerint és 0,3% metanol) glicerint hatását az emésztési együtthatókra. Egyedül a nyersrost emészthetőségének vizsgálatakor tapasztalták, hogy a finomított glicerint relatíve 25,7%-kal javította annak emészthetőségét. A 76,8%-os glicerint etetésekor viszont csupán 5%-os relatív javulást mértek, de ez nem bizonyult szignifikánsnak.

3.3.3. A glicerint hatása a sertések hízlalási teljesítményére

Annak ellenőrzésére, hogy az emésztési és N-forgalmi kísérletek eredményei alapján a vizsgált glicerint sertésekre vonatkozóan megállapított emészthető energiataralma (DEs) reális, illetve pontos érték-e, egy üzemi méretű sertéshízlalási kísérletet állítottunk be a Bezenye Sertés Kft. telepén 100 db norvég lapály x duroc genotípusú állattal.

A kísérlet során nyert hízlalási eredményekre vonatkozó adatok a 16. ábrán és a 11. táblázatban szerepelnek.

Az ábra adatai alapján megállapítható, hogy a kísérlet indulásakor a két csoport átlagos élősúlya gyakorlatilag azonos volt. A hízlalás első időszakában – süldőtáp fogyasztásakor – a takarmányban 5% glicerint fogyasztó kísérleti csoport kedvezőbb napi átlagos súlygyarapodást (803,5 g) ért el a kontroll csoporthoz (768,4g) viszonyítva. Ennek eredményeként a kísérleti csoport sertéseinek átlagsúlya 2,8 kg-mal nagyobb volt a kontroll csoport állatainak súlyánál, a különbséget azonban a biometriai analízis során nem találtuk szignifikánsnak.



16. ábra: A sertések átlagsúlyának alakulása a hízalás folyamán (0-57. nap:1. szakasz; 57-102. nap: 2. szakasz)

A takarmány-, az energia-, valamint a fehérjehasznosítás a hízalás első időszakájában ugyancsak a kísérleti csoportban volt a kedvezőbb.

11. táblázat: A takarmányhasznosítás alakulása a hízalás egyes szakaszaiban

		Kontroll	5% glicerín
Hízalás 1. szakasza (süldőtáp)	Takarmány (kg)	3,44	3,19
	DEs (MJ)	47,68	44,50
	Nyersfehérje (g)	590,65	543,58
Hízalás 2. szakasza (hízótáp)	Takarmány (kg)	4,43	4,70
	DEs (MJ)	60,20	63,78
	Nyersfehérje (g)	698,61	731,32
Teljes kísérlet alatt	Takarmány (kg)	3,85	3,76
	DEs (MJ)	52,86	51,77
	Nyersfehérje (g)	635,25	614,76

A hízalás második időszakájában csökkent az állatok súlygyarapodása, romlott takarmány-, energia- és fehérjehasznosításuk. Megjegyzendő, hogy a kísérleti csoport súlygyarapodása nagyobb mértékben csökkent a kontroll csoporténál (12. táblázat).

A teljes kísérleti időszak átlagában a két csoport gyakorlatilag azonos átlagos súlygyarapodást és hízalásvégi átlagsúlyt ért el, hiszen a két csoport átlagos napi súlygyarapodása csak 9,8 g-mal, végsúlyuk csak 0,2 kg-mal tért el egymástól, amely különbség természetesen nem volt szignifikáns mértékű. A takarmány-, az energia-, és a fehérjehasznosítás tekintetében a kísérleti csoport mutatott a fenti sorrendben 2,1; 2,3; illetve 3,2%-kal jobb eredményt a kontrollhoz viszonyítva. A kísérlet eredményei alapján összefoglalóan megállapítható, hogy az 5% glicerín eredményesen pótolta a vele látszólagos emészthető energia alapon helyettesített kukoricát.

12. táblázat: A napi súlygyarapodás alakulása a hizlalási kísérlet során

Súlygyarapodás (g/nap)	Kontroll	5% glicerín
Hizlalás 1. szakasza (süldőtáp)	768,4	803,5
Hizlalás 2. szakasza (hízótáp)	684,4	617,8
Teljes kísérlet alatt	731,4	721,6

Hizlalási kísérletünk eredménye egyezik több korábbi vizsgálat eredményével, hiszen több kísérletben is igazolták, hogy a glicerín eredményesen használható fel a hizósertések takarmányozásában. Ugyanakkor nem teljesen egységes az irodalom abban a tekintetben, hogy mennyi a sertésekkel etethető optimális glicerín mennyiség. Azt valamennyi glicerinnel végzett hizlalási kísérletben megállapították, hogy 5% glicerín nem rontja a hizlalási eredményeket, azaz sem a súlygyarapodás, sem pedig a takarmány-, energia-, illetve a fehérjehasznosítás nem alakul kedvezőtlenebbül, mint a kontroll csoportban (Mourot és mtsai, 1994; Duttlinger és mtsai, 2008; Della Casa és mtsai, 2009). Shields (2009) már malacokkal is jó eredménnyel etetett 5% glicerint tartalmazó startertápot. Groesbeck és mtsai (2008) választott malacokkal szignifikánsan jobb súlygyarapodást ért el, amikor azok takarmánya 3 vagy 6% glicerint tartalmazott. A kísérletek egy kisebb részében még 10% glicerint tartalmazó takarmánnyal is a kontroll csoporttal azonos hizlalási teljesítményt értek el az állatok (Kijora és mtsai, 1995; Lammers és mtsai, 2008b; Latour és mtsai, 2008). A teljesség érdekében említeni szükséges, hogy olyan kísérlet is ismert, amelyben a takarmány 10% glicerinnel történő kiegészítése csökkentette a sertések súlygyarapodását (Della Casa és mtsai, 2009; Hanczakowska és mtsai, 2010). Más kísérletekben csak a 10%-nál nagyobb glicerín hányad mérsékelte a hizlalási teljesítményt. Így Latour és mtsai (1995) kísérletében csak a 15%, Kijora és mtsai (1998) vizsgálatai során pedig csak a 20 és 30% glicerint tartalmazó takarmány etetésekor romlott a sertések súlygyarapodása.

A glicerinnel végzett kísérletek túlnyomó többségében takarmányozási minőségű glicerint etettek az állatokkal. Ennek indoka a tiszta glicerín és a „feed grade” glicerín ára közötti igen jelentős - közel 100 Ft/kg - különbség. Kijora és Kupsch (1996) egy sertéshizlalási kísérletükben azt vizsgálták, hogy miként alakulnak a hizlalási eredmények attól függően, hogy a sertések tiszta, vagy takarmányozási minőségű glicerint fogyasztanak. A kísérlet azzal a megnyugtató eredménnyel zárult, hogy a szerzők nem találtak különbséget a két különböző tisztaságú glicerint fogyasztó állatok eredményei között. Említeni szükséges azonban azt is, hogy Groesbeck és mtsai (2008) véleménye szerint a malacok esetében fontos lehet az etetett glicerín tisztasága.

A glicerinnel végzett hizlalási kísérletek egy részében arról számolnak be a szerzők, hogy a glicerín egy meghatározott koncentrációig növeli a takarmányfogyasztást és a kedvező súlygyarapodási eredmények erre vezethetők vissza (Kijora és mtsai, 1995; Latour és mtsai, 2008; Zijlstra és mtsai, 2008; Shields, 2009). A takarmányfogyasztás növekedése valószínűleg a glicerín édeskés ízével magyarázható, de szerepe lehet benne a glicerines takarmány kedvezőbb konzisztenciájának is. A glicerín takarmányfogyasztást növelő hatása azonban függ a takarmányozás technológiájától. Így pl. szabott adag etetésekor a kedvező ízhatás nem tud érvényre jutni.

A 10%-ot meghaladó glicerinnemesség már csökkentette a takarmányfelvételt és ezáltal a sertések súlygyarapodását is (*Kijora és mtsai, 1995*). A csökkenő takarmányfelvétel minden valószínűség szerint a biodízel előállításból származó glicerinnagy NaCl-tartalmával áll összefüggésben, ami sok esetben meghaladja az 5%-ot. Az a tapasztalat, hogy a 10% glicerintartalom a kísérletek egy részében már mérsékelte az állatok súlygyarapodását, részben az említett sótartalomnak tulajdonítható, de nem zárható ki az okok közül az sem, hogy a glicerint egyes esetekben nem reális látszólagos emészthető, illetve metabolizálható energiataralommal vették számításba a takarmányadag összeállításakor.

3.3.4. A glicerinnemesség hatása a vágási kihozatalra, valamint a vágott árú kémiai összetételére és zsírsav profiljára

A hizlalási kísérletben három és fél hónap alatt érték el az állatok a tervezett vágósúlyt (105 kg). A kontroll, illetve az 5% glicerintartalmú tápot fogyasztó kísérleti csoport átlagos élősúlya a kísérlet befejezésekor az előbbi sorrendben 104,6±16,2, illetve 104,4±14,7 kg volt. A vágást követően elvégzett SEUROP minősítés során mindkét csoport azonos, azaz „E” minősítést ért el. A színhús mennyisége a kontroll csoportban 59,9%, a kísérleti csoportban pedig 59,4% volt. A karkasz minősítési adatait a 13. táblázat mutatja be.

13. táblázat: A glicerinnemesség hatása a hizósertések vágási minősítésének eredményeire

Paraméter	Kontroll	Kísérleti
	csoport	
Hasított súly (kg)	83,9±13,4	82,2±12,8 NS
Szalonna vastagsága		
Háton (mm)	13,3±3,3	13,6±4,5 NS
Ágyékon (mm)	15,7±3,7	16,5±5,0 NS
Karaj izom átmérő (mm)	55,3±6,0	55,2±7,5 NS
Színhús (%)	59,9±2,0	59,4±2,7 NS
Minőségi osztály	E	E

NS: nem szignifikáns

Az adatokból látható, hogy a vizsgált paraméterekben (hasított súly, szalonna és karaj izom vastagság) nem volt statisztikailag igazolható különbség a kontroll és a kísérleti csoport állatai között.

Eredményeink jó egyezőséget mutatnak az irodalomban található adatokkal, ugyanis *Kijora és mtsai (1995, 1997)*, valamint *Kijora és Kupsch (1996)* kísérletében az 5 és 10%-os glicerinnemesség kiegészítés nem gyakorolt szignifikáns hatást sem a vágási kihozatalra, sem a húsminőségre, csak a víztartalomban volt tendenciaszerű csökkenés megfigyelhető.

Az újabb irodalmi adatok is alátámasztják eredményeinket, ugyanis *Lammers és*

mtsai (2008b) 5 és 10% glicerín (84,5%-os) etetésekor azt állapították meg, hogy a takarmányozásnak nem volt hatása a 10. bordánál mért hátszalonna vastagságra, a karaj átmérő nagyságára, a zsírmentes színhús és a színhús kihozatal %-ára.

Della Casa és mtsai (2009) kísérletében a nagy élősúlyra (160 kg) történő hizlalás során a glicerín sem a hizlalás teljes időszaka alatt, sem csak a befejező szakaszban etetve nem befolyásolta a vágási kihozatalt, illetve a színhús %-ot.

A hivatkozott szerzőktől eltérően, ártányokkal végzett 97 napos hizlalást követően a vágási kihozatal növekedéséről számoltak be *Duttlinger és mtsai (2008)* 5% glicerín adagolásakor. *Latour és mtsai (2008)* vizsgálati eredményei is eltérnek az eddig idézett szerzők tapasztalataitól, ugyanis kísérletük során a glicerín 5-15%-os dózisban adagolva a 10. bordánál mért hátszalonna vastagságát a kontroll 21,9 mm-es értékéhez képest 23,5-26,8 mm-re, növelte ($P < 0,02$), miközben a zsírmentes színhús részaránya 52,1%-ról 49,8-51,8%-ra csökkent ($P < 0,02$). *Hanczakowska és mtsai (2010)* ettől eltérően arról számolnak be, hogy 10% glicerín adagolásának hatására csökkent a hátszalonna vastagsága és ezzel együtt nőtt a karaj izom átmérője. Az ismertetett kísérletek eredményei közötti eltérések feltehetőleg arra vezethetők vissza, hogy a vágási paramétereket a takarmányozáson túl a genotípus, a hizlalás intenzitása, a vágáskori súly és még számos egyéb tényező is befolyásolja, amelyek a publikált kísérletekben nem mindig voltak azonosak. Leginkább a fajta, illetve a hibrid, valamint a vágási súly van hatással a vágási kihozatalra és a hús minőségére, de lényeges a takarmányozás hatása is az említett paraméterekre. A hivatkozott kísérletek mindegyikében más volt a fajta, eltértek egymástól a vágási súlyok és több esetben a sertések takarmányozása is:

- *Lammers és mtsai (2008b)*: Cambrough22 x L337 sires keresztezett, vegyes ivarú állomány, 105 kg-os vágási súly
- *Della Casa és mtsai (2009)*: olasz duroc x olasz nagyfehér hússertés keresztezett, vegyes ivarú állomány, 160 kg-os vágási súly
- *Duttlinger és mtsai (2008)*: dél-minnesotai hússertésekkel végeztek kísérletet, a vágási súly 100 kg volt
- *Latour és mtsai (2008)*: keresztezett - közelebbről meg nem nevezett -, vegyes ivarú állomány, 105 kg-os vágási súly
- *Hansen és mtsai (2009)*: nagy fehér x lapály keresztezett emse állomány, 105kg-os vágási súly

A felsorolt különbségeket még tovább növeli a takarmányozás, mert az egyes kísérletekben kukoricát (*Lammers és mtsai, 2008b; Della Casa és mtsai, 2009*), árpát (*Kijora és mtsai, 1995*), búzát (*Ziljstra és mtsai, 2009*), árpát és búzát (*Hansen és mtsai, 2009*) vagy laktózt (*Shields, 2009*) helyettesítettek glicerinnel, és különbözött - bár csak kisebb mértékben - az egyes kísérletekben etetett takarmányok energia- és fehérjetartalma is.

Fontos megemlíteni, hogy a vágás során a szigorú állatorvosi ellenőrzés sem állapított meg semmiféle makroszkópos patológiai elváltozást azokban a szervekben (máj, vesék) amelyek a glicerín etetés következtében esetleg nagyobb terhelésnek voltak kitéve a glicerint nem fogyasztó állatokhoz képest. Ez megerősíti *Kijora és mtsai (1995)* hasonló megfigyeléseinek eredményét.

A levágott állatokból mindkét csoportban 10-10 karaj- illetve combmintát is gyűjtöttünk, és meghatároztuk ezeknek a kémiai összetételét. A kapott eredményeket a 14. táblázat mutatja be.

Az adatok alapján megállapítható, hogy a glicerint tartalmazó húsok szárazanyag-, valamint hamutartalmát, ugyanakkor a combhúsban a nyersfehérjeteralom csökkent és ezzel párhuzamosan a zsírtartalom statisztikailag is igazolható mértékben ($P < 0,05$) növekedett. A karaj esetében nem találtunk a két csoport között különbséget.

Eredményeinkkel ellentétben Della Casa és mtsai (2009) 5 és 10% glicerint tartalmazó takarmány etetésekor nem találtak szignifikáns különbséget a kontroll és a glicerines csoportok húsának fehérje, zsír és hamutartalma között.

14. táblázat: A vizsgált húsminták kémiai összetételének alakulása (g/100g hús)

	Kontroll		5% glicerint		l.s.d.	F-próba		
	karaj	comb	karaj	comb		K*	M**	K x M
Száraz a.	27,53	28,57	27,10	27,78	1,59	0,279	0,128	0,751
Nyersfehérje	24,08b	23,74b	23,36ab	22,10a	1,31	0,014	0,086	0,322
Nyerzsír	1,75a	2,54b	2,04ab	3,33c	0,68	0,027	<0,001	0,293
Nyershamu	1,67	2,22	1,65	2,31	0,94	0,906	0,074	0,870

a,b,c: Azonos soron belül különböző betűvel jelölt értékek min $P < 0,05$ szinten szignifikánsan különböznek.

*K= kezelés (kontroll vagy 5% glicerint)

**M=mintavételi hely (karaj vagy comb)

Említeni szükséges azonban, hogy Della Casa és mtsai (2009) az állatokat 160 kg-os súlyban vágják le, míg a disszertáció tárgyát képező kísérletben 105 kg súlyúak voltak a sertések a kísérlet befejezésekor. A 160 kg-os súlyban történő vágás esetében a jelentős zsírtermelés következtében már elmosódhatnak az egyes kezelések között a hús minőségében korábban kialakult különbségek.

Mind a kontroll, mind a kísérleti csoportban a combhúsban találtunk nagyobb zsírtartalmat, ami a sertésre jellemző tulajdonság.

A 14. táblázat adatai hasonlóságot mutatnak a Greenfield és mtsai (2009) által publikált adatokkal, akik a karaj átlagos fehérjetartalmát $23,2 \pm 0,8$ g-nak, a zsírtartalmát pedig $1,75 \pm 0,21$ g-nak találták 100 g húsban, amikor a sertéshús táplálóanyag tartalmát vizsgálták Ausztrália különböző államaiból származó mintákban. Az általuk mért hamutartalom ugyanakkor valamivel alacsonyabb volt ($1,22 \pm 0,04$ g/100g hús) mint az általunk mért érték. A combhúsban a glicerint etetés által okozott szignifikáns zsírtartalom növekedés nem olyan mértékű, amely a magyar fogyasztók megítélését kedvezőtlenül befolyásolná, hiszen a combban mért zsírtartalom ($33,3$ g/kg) a kereskedelmi forgalomban kapható sertéshús átlagos zsírtartalmát nem haladja meg. Ugyanez mondható el a karaj fehérjetartalmának csökkenésére vonatkozóan is, ugyanis a glicerines csoportban mért alacsonyabb (23,4%-os) fehérjetartalom még így is a hivatkozott ausztrál átlag fölött van.

Dedk (2003) különböző genotípusú sertések (magyar nagyfehér, magyar lapály, két különböző hibrid) húsát vizsgálta. A karaj intramuszkuláris zsírtartalma $16,22$ - $28,43$ g/kg hús között változott. A kísérletünkben hízlalt norvég lapály x duroc genotípusú

A biodízel gyártás során keletkező glicerín takarmányozási célú felhasználása a hizósértéseknél

sértések karajának zsírtartalma a magyar lapály és a magyar nagyfehér (19,14 és 20,92 g/kg, sorrendben) genotípusokkal mutat hasonlóságot.

A vizsgálati eredményeink alapján megállapítható, hogy a takarmány 5%-át kitevő takarmányozási célú glicerín etetése csak a sertéshúsokra jellemző normál szórásartományon belüli mértékben változtatja meg a karaj és a combhús kémiai összetételét.

A sertéshús alacsony zsírtartalmú és értékes fehérjeforrást jelentő élelmiszer-nyersanyag napjainkban, amely tulajdonságokat a biodízel gyártás során melléktermékként keletkező takarmányozási minőségű glicerín 5%-ban történő etetése sem változtat meg.

Napjainkban az élelmiszerek tápanyag tartalmának értékelésekor fontos szempont a zsírsavösszetétel is, ezért kísérletünkben négy különböző szövetből (karaj, comb, hátszalonna és háj) vett mintának vizsgáltunk meg a kontroll és a glicerint fogyasztó csoport esetében is a zsírsavösszetételét.

A zsírsav vizsgálatok eredményeit a 15a. és 15b. táblázat foglalja össze. Ezek alapján megállapítható, hogy a mintavétel helye nagyobb befolyást gyakorol a zsírsavösszetételre, mint a glicerín etetés. Ez a háj esetében a legszembetűnőbb, amely a többi mintavételi helyről származó zsírnál szignifikánsan több telített zsírsavat (SFA) és ugyan-csak szignifikánsan kevesebb MUFA zsírsavat tartalmaz.

15/a táblázat: A zsírsavösszetétel alakulása a vizsgált szövetekben az összes zsírsav %-ban

	Karaj		Comb		l.s.d	F-próba		
	Kontroll	5%glicerín	Kontroll	5%glicerín		T	Minta (M)	T x M
C14:0	1,31	1,29	1,28	1,37	0,123	0,417	0,001	0,140
C16:0	23,77	23,41	23,16	23,57	1,144	0,552	0,001	0,679
C17:0	0,31a	0,48b	0,34a	0,62b	0,164	0,007	0,001	0,042
C18:0	12,10	11,86	11,17	11,44	1,011	0,623	0,001	0,083
ΣSFAv	37,91 a	37,51 a	36,36 a	37,44 a	1,865	0,751	0,001	0,337
C16:1	2,87	2,81	3,01	2,78	0,241	0,380	0,001	0,010
C18:1 n-9	43,35 c	41,72 b	43,64 c	39,72 a	1,340	0,020	0,001	0,001
C18:1 n-7	2,76 ab	2,85 ab	2,90 b	2,70 a	0,149	0,645	0,001	0,003
ΣMUFAx	49,40 bc	47,97 b	50,02 c	45,91 a	1,438	0,057	0,001	<0,001
C18:2 n6	7,72 a	8,97 a	8,74 a	11,43 b	1,407	0,104	0,001	0,001
C18:2 c9t11	0,07 a	0,11 ab	0,08 a	0,13 b	0,045	0,032	0,125	0,212
C18:3 n3	0,99 a	1,12 b	1,03 a	1,25 c	0,084	0,001	0,001	0,014
C20:2 n6	0,28 a	0,30 a	0,31 a	0,38 b	0,045	0,054	0,001	0,025

C20:3 n6	0,17	0,18	0,16	0,17	0,013	0,673	0,001	0,826
C20:4 n6	1,09	1,23	1,14	1,15	0,241	0,601	0,001	0,762
C20:5 n3	0,04 b	0,04 b	0,04 b	0,03 a	0,009	0,640	0,001	0,476
C22:4 n6	0,23	0,25	0,22	0,25	0,039	0,322	0,001	0,541
C22:5 n3	0,15	0,16	0,15	0,15	0,029	0,810	0,001	0,667
C22:6 n3	0,04	0,05	0,05	0,05	0,014	0,433	0,001	0,685
ΣPUFAy	10,91 a	12,55 a	12,04 a	15,11 b	1,720	0,075	0,023	0,003

Σn-6	9,70 a	11,18 a	10,78 a	13,63 b	1,662	0,114	0,028	0,004
Σn-3	1,22 a	1,37 b	1,26 a	1,48 c	0,092	0,001	0,001	0,019
n-6/n-3	7,96	8,12	8,49	9,26	0,979	0,470	0,001	0,055

a,b,c A különböző betűvel jelölt értékek min. $P < 0,05$ szinten szignifikánsan különböznek azonos soron belül * T= takarmány (kontroll vagy 5%glicerin) **SFA=telített zsírsavak MUFA=egyszeresen telítetlen zsírsavak PUFA=többszörösen telítetlen zsírsava

15./b táblázat: A zsírsavösszetétel alakulása a vizsgált szövetekben az összes zsírsav %-ban

	Hátszalonna		Háj		l.s.d	T	F-próba	
	Kontroll	5%glicerin	Kontroll	5%glicerin			Minta (M)	T x M
C14:0	1,30 a	1,40 ab	1,50 b	1,44 b	0,123	0,417	0,001	0,140
C16:0	24,20 a	23,98 a	27,81 b	27,29 b	1,144	0,552	0,001	0,679
C17:0	0,64 ab	0,60 a	0,74 ab	0,78 b	0,164	0,007	0,001	0,042
C18:0	13,92 b	12,76 a	19,11 c	19,73 c	1,011	0,623	0,001	0,083
ΣSFAv	40,54 a	39,21 a	49,72 b	49,78 b	1,865	0,751	0,001	0,337
C16:1	2,01 b	2,31 c	1,74 a	1,53 a	0,241	0,380	0,001	0,010
C18:1 n-9	40,30 b	42,10 c	32,67 a	33,22 a	1,340	0,020	0,001	0,001
C18:1 n-7	2,02 b	2,21 c	1,78 a	1,77 a	0,149	0,645	0,001	0,003
ΣMUFAx	44,98 b	47,33 c	36,69 a	37,09 a	1,438	0,057	0,001	<0,001
C18:2 n6	11,17	10,05	10,97	10,46	1,407	0,104	0,001	0,001
C18:2 c9t11	0,13	0,12	0,11	0,11	0,045	0,032	0,125	0,212
C18:3 n3	1,40 b	1,44 b	1,09 a	1,14 a	0,084	0,001	0,001	0,014
C20:2 n6	0,48 b	0,44 b	0,32 a	0,35 a	0,045	0,054	0,001	0,025
C20:3 n6	0,08	0,08	0,07	0,07	0,013	0,673	0,001	0,826

A biodízel gyártás során keletkező glicerín takarmányozási célú felhasználása a hizósértéseknél

	Hátszalonna		Háj		l.s.d	F-próba		
	Kontroll	5%glicerin	Kontroll	5%glicerin		T	Minta (M)	T x M
C20:4 n6	0,24	0,22	0,25	0,24	0,241	0,601	0,001	0,762
C20:5 n3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,009	0,640	0,001	0,476
C22:4 n6	0,10	0,09	0,09	0,09	0,039	0,322	0,001	0,541
C22:5 n3	0,06	0,05	0,06	0,06	0,029	0,810	0,001	0,667
C22:6 n3	0,01	0,01	0,02	0,02	0,014	0,433	0,001	0,685
ΣPUFAy	13,76 a	12,61 a	13,04 a	12,60 a	1,720	0,075	0,023	0,003
Σn-6	12,28	11,09	11,86	11,38	1,662	0,114	0,028	0,004
Σn-3	1,48 b	1,51 b	1,18 a	1,22 a	0,092	0,001	0,001	0,019
n-6/n-3	8,32 b	7,32 a	9,98 c	9,34 c	0,979	0,470	0,001	0,055

a,b,c A különböző betűvel jelölt értékek min. $P < 0,05$ szinten szignifikánsan különböznek azonos soron belül * T= takarmány (kontroll vagy glicerines) **SFA=telített zsírsavak MUFA=egyszeresen telítetlen zsírsavak PUFA=többszörösen telítetlen zsír

Ugyanakkor a glicerín etetés a háj zsírsavösszetételét egy zsírsav esetében sem módosítja szignifikáns mértékben. Az SFA és MUFA zsírsavak tekintetében a hátszalonna is szignifikánsan több telített zsírsavat és kevesebb egyszeresen telítetlen zsírsavat tartalmaz a karaj és a comb zsírjában. A hátszalonna esetében a glicerín az SFA zsírsavak közül csak a sztearinsav (C18:0) mennyiségét befolyásolja (csökkenti) szignifikánsan, ugyanakkor növeli valamennyi vizsgált MUFA zsírsav részarányát a hátszalonna zsírjában.

A glicerín a hátszalonna PUFA zsírsavai közül egyik vizsgált zsírsavra sem volt szignifikáns hatással.

A karaj zsírsavösszetételét a glicerín kiegészítés ugyancsak kismértékben érintette, hiszen csak három zsírsav esetében találtunk szignifikáns változást, nevezetesen a heptadekánsav (C17:0) és az α -linolénsav (C18:3 n3) arányát szignifikánsan növelte, míg az olajsavat (C18:1 n9) szignifikánsan csökkentette az 5% glicerín etetése.

A glicerín etetés a többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA) arányát leginkább a comb zsírja esetében befolyásolta, nevezetesen növelte. A vizsgált PUFA zsírsavak közül a glicerín etetés szignifikánsan növelte a linolsavnak (C18:2 n6), a konjugált linolsav c9t11 változatának (C18:2 c9t11), az α -linolénsavnak (C18:3 n3), valamint az EPA (C20:5) részarányát a zsírban. A felsorolt változások azt eredményezték, hogy a glicerín etetés a PUFA zsírsavak összes mennyiségét szignifikánsan megnövelte.

A humán táplálkozás szempontjából kiemelkedően fontos n-3 zsírsavak, mint az α -linolénsav (C18:3 n3), és ennek a szervezetben képződő metabolitjai, nevezetesen az EPA (C20:5) és a DHA (C22:6) arányát a glicerín csak kismértékben, vagy egyáltalán nem befolyásolta. Így az α -linolénsav csak a karajban és a combban nőtt meg kissé (de szignifikánsan), az EPA és a DHA arányában bekövetkező változások pedig mar-

ginálisak. Ezekből következően az élettanilag fontos n-6/n-3 arány csak egy esetben (hátszalonna) javult (szűkült) szignifikánsan. Ezért bár az n-3 zsírsavak szerepe nagyon lényeges a szervezetben (*Simopoulos, 1991; Antal és Gaál, 1998; Connor, 2000*) és a hazai lakosság ezekből a zsírsavakból a szükségesnél kevesebbet fogyaszt, a glicerinnel takarmánykénti használata ezen a helyzeten nem változtat.

Az említett zsírsav-összetételbeli változásokkal kapcsolatban azonban azt is említéni szükséges, hogy bár a glicerinnel etetés hatására több zsírsav aránya változik szignifikánsan az egyes zsírsav csoportokban, a változás mértéke csak kicsi, a legtöbb zsírsav esetében alig haladja meg a legkisebb szignifikáns különbség (l.s.d.) határát.

Az állati eredetű termékek zsírsavösszetételét több tényező is befolyásolja, amelyek közül az etetett takarmány összetétele az egyik leginkább meghatározó. A takarmányok közül is legnagyobb szerepe a zsír- illetve olaj-kiegészítésnek van, amit számos kísérletben igazoltak (*Teye és mtsai, 2006; Mitchaothai és mtsai, 2007*). Mivel kísérletünkben az etetett takarmányozási minőségű glicerinnel nagyon kicsi volt a zsírtartalma (0,5%), ezért valószínűsíthető, hogy ez csak kevés befolyást gyakorolt a zsírsavprofiljára. Ugyanakkor a szervezetben a de novo szintézis útján maga a glicerinnel is bekapcsolódhat a zsírszintézisbe. Amikor ugyanis a takarmányadag energiatartalma a szükségesnél nagyobb, akkor a szervezet a glicerinnel triglicerid szintézisre használja fel (8. ábra).

Amennyiben a zsírsav vizsgálati eredményeinket más hazai adatokkal összevetjük, viszonylag jó egyezőséget tapasztalunk. Így pl. ha a hátszalonna zsírsavösszetételét összehasonlítjuk *Perédi és Sütő (2003)* vizsgálati eredményeivel, akik 16 hazai, kereskedelmi forgalomban kapható, sertészsír tulajdonságait értékelték, akkor azt állapíthatjuk meg, hogy az általunk mért zsírsav értékek jól egyeznek az említett szerzők által publikált adatokkal. Említésre érdemes különbség csak néhány zsírsav esetében áll fenn az említett szerzők és a mi adataink között. Így pl. a pentadekánsvból (C17:0) nálunk átlagosan 0,64% volt a hátszalonnában, míg az általunk vizsgált zsírokban a C17:0 részaránya 0,2-0,5% között alakult. Hasonló különbséget figyeltünk meg az α -linolénsav (C18:3 n-3) tekintetében is. A hátszalonnában mi 1,40%-ot mértünk ebből a zsírsavból, míg a *Perédi és Sütő (2003)* által vizsgált zsírokban 0,2-1,0% között alakult az aránya az összes zsírsav %-ban.

Az egyes szövetek közötti zsírsavprofilbeli eltérések egyik oka, hogy az egyes zsírsavak a szervezetben eltérő funkciókat töltenek be, és ezáltal más a különböző zsírsavak metabolizmusa és raktározása is.

A nemzetközi irodalomban csak kevés olyan dolgozat található, amely a glicerinnel a zsírsavösszetételre gyakorolt hatását vizsgálja, és ezek eredményei sem egyértelműek. *Della Casa és mtsai (2009)* nagy súlyra (160 kg) hízlalt sertések esetében a combbőr alatti zsírrétegéből, valamint a combizom zsírából vett minták vizsgálata alapján azt találták, hogy 10% glicerinnel etetésekor növekedett a zsírban az olajsav (C18:1 n9) és a c-vakcénsv (C18:1 n7) együttes mennyisége a kontroll csoport állataihoz képest. 5% glicerinnel etetésekor viszont egy zsírsav esetében sem találtak szignifikáns változást. A mi kísérletünk eredménye nem esik egybe az említett szerzők megállapításaival, mert a mi kísérletünkben az 5% glicerinnel szignifikánsan csökkentette mind az olajsav, mind pedig a c-vakcénsv mennyiségét.

Lammers és mtsai (2008b) 5 és 10% glicerinnel etetésekor a linsav szignifikáns csökkenését figyelték meg a karaj zsírában, amely megállapítástól a mi eredményeink

ugyancsak eltérnek, ugyanis mi a glicerines csoport karajának zsírjában a kontroll állatok karaj mintáihoz képest nem találtunk szignifikáns változást.

Az ellentétes eredmények oka valószínűleg a különböző kísérletekben etetett abrakkeverék eltérő zsírsavösszetételében keresendő. Feltételezhető ugyanis, hogy az etetett abrakkeverék zsírsavprofilja befolyásolja a de novo zsírsavszintézis eredményeit. Ennek részletes vizsgálatához szükség lenne az etetett abrakkeverék zsírjának összetételére. Sajnos a hivatkozott publikációkban erre vonatkozó adatok nem szerepelnek, mint ahogy mi sem vizsgáltuk az etetett abrakkeverék zsírsavösszetételét.

3.3.5. A csepegési-, fagyasztási-, főzési- és sütési veszteség alakulása

A húsmínőséget meghatározó tulajdonságok (Horn, 2000) közül a sertéshízalási kísérletünkben vizsgáltuk a karaj minták csepegési-, fagyasztási-, főzési-, illetve sütési veszteségét is.

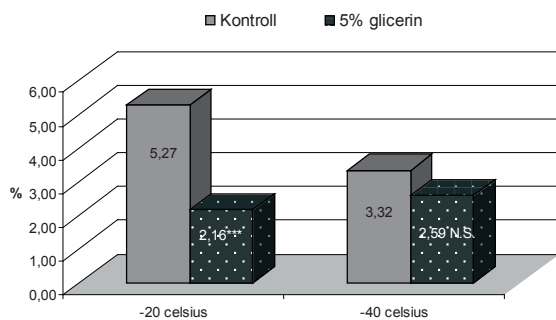
A csepegési veszteség a kontroll és a kísérleti állatok mintáinál sorrendben 4,42 illetve 3,66% volt, ezt a különbséget azonban statisztikailag nem találtuk szignifikánsnak.

A kísérletből származó karajminták esetében tanszékünkön azért végeztünk fagyasztási (felengedési) veszteségre vonatkozó méréseket is, mivel sem a hazai, sem a nemzetközi irodalomban nem találtunk erre vonatkozó vizsgálati adatokat glicerín etetésekor. Kétféle fagyasztási módot vizsgáltunk. Egyrészt $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ közötti hőfokon tároltuk a mintákat, mely fagyasztási móddal a háztartások, vendéglátóhelyek fagyasztóládáiban történő fagyasztást modelleztük, ami egy általános tárolási módnak tekinthető. Ennél a fagyasztási módnál a hús lassan éri el a kívánt maghőmérsékletet, és a hosszú folyamat eredményeként az intra- és extracelluláris folyadék (víz) fagyásakor nagy jégkristályok keletkeznek, amelyek a sejtfalat károsítják (kiszúrják) és így nagyobb lesz az oladási lévesztés defrosztálás után. A másik eljárás, a sokkoló ($-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os), vagy más néven ipari fagyasztás esetén gyorsan eléri a termék a kívánt maghőmérsékletet, és ennek következtében apró jégkristályok keletkeznek, amelyek nem károsítják a sejtfalat, és ezáltal szabályos defrosztálás esetén kisebb a veszteség. (Amikor a termék a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -t elérte, már magasabb hőmérsékleten, $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on is tárolható az energiaköltség csökkentése céljából).

A 19. ábra jól szemlélteti, hogy a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on történő fagyasztáskor, a glicerines csoport húsmintáiban $P < 0,001$ szinten szignifikánsan kisebb (2,16%) volt a felengedési veszteség,

mint a kontroll csoport mintáiban (5,27%). Ennek oka feltehetőleg az, hogy a glicerín javítja a hús víztartóképeségét, habár erre vonatkozóan nem találtunk irodalmi adatokat.

A sokkoló ($-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os) fagyasztás esetében nem volt statisztikailag igazolható az eltérés a két csoport között.



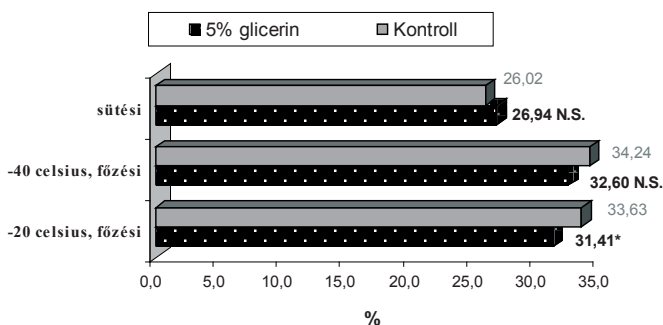
NS: nem szignifikáns

***A kontrollhoz viszonyítva $P < 0,001$

19. ábra: A felengedési veszteség alakulása a kétféle fagyasztás során

A sokkoló fagyasztás a várakozásoknak megfelelően, a kontroll csoport esetében szignifikánsan ($P < 0,01$) kisebb veszteséget eredményezett (3,32% szemben az 5,27%-kal) a -200 °C-os fagyasztáshoz képest. A glicerines minták esetében ezt nem tapasztaltuk.

A sütési veszteség 26% körül alakult. A főzési veszteséget a kétféleképpen fagyasztott karajszeleteknél 31,4 és 34,2% közöttinek mértük (20. ábra). Szignifikánsan kisebb veszteséget csak a -20 °C-os fagyasztás után felengedett húsok főzésekor találtunk a glicerines csoport javára. Ez is feltehetőleg azt igazolja, hogy a glicerines csoport húsmintáinak jobb a víztartóképesége, ami által csökken a főzési veszteség (Aaslyng és mtsai, 2003).



NS: nem szignifikáns A kontrollhoz viszonyítva * $P < 0,05$

20. ábra: A sütési és főzési veszteség alakulása a sertéskarajmintákban

Az irodalomban fellelhető eredmények ezekben a kérdésekben is megoszlanak. Mourou és mtsai (1993) a teljes hízalás során (35-102 kg), míg Cerneau és mtsai (1994) csak a befejező szakaszban (80-110 kg) etettek 5% glicerint. A csepegési veszteség 0,5%-kal Mourou és mtsai (1993) kísérletében, míg a főzési veszteség mindkét fent említett szerző kísérletében szignifikánsan kisebb volt a glicerines csoportban. A későbbi kísérletek tapasztalatai azonban nem igazolták az említett szerzők eredményeit,

ugyanis *Lammers és mtsai (2008b)*, valamint *Della Casa és mtsai (2009)* is úgy találták, hogy a glicerinnel nincs hatása ezekre a paraméterekre, sőt *Della Casa és mtsai (2009)* inkább a veszteség tendenciós növekedésről számolnak be a glicerines csoportokban. Ez utóbbit látszanak megerősíteni *Hansen és mtsai (2009)* vizsgálati eredményei is. A főzési veszteségben azonban *Hansen és mtsai (2009)* sem találtak különbséget, az valamennyi csoportban 34% körül alakult, ami hasonló a mi eredményeinkhez. *Lammers és mtsai (2008b)* azzal magyarázzák a korábbi vizsgálatok tapasztalataitól eltérő eredményeiket, hogy kísérletükben az állatok a vágás előtt 30 óráig nem kaptak takarmányt, szemben *Mourot és mtsai (1994)* kísérletével, ahol a sertések csak a vágás előtti éjszaka során koplaltak. *Eikelenboom és mtsai (1990)* szerint azonban, ha a sertések a vágás előtt 24 órát koplalnak, akkor csökken a hús csepegési vesztesége.

3.3.6. Egyéb húsminőségi paraméterek vizsgálata

A hús minőségét jellemző tulajdonságok közül a szín vizsgálatok (21. ábra) azt találtuk, hogy 5% glicerinnel adagolás szignifikánsan befolyásolja a színt leíró egyes értékeket. A világossági fok (L^*) szignifikánsan ($P < 0,05$) nagyobb volt a kísérleti csoportban, tehát ezek a húsminták világosabbak, halványabbak voltak a kontroll mintákhoz képest. Ezt igazolja az is, hogy a pirosságot jelző a^* érték a kontroll csoportban szignifikánsan ($P < 0,01$) nagyobb volt a glicerines mintákhoz képest (6,54 szemben az 5,25-tel). A sárgaságot mutató b^* , valamint a színárnyalat (a^*/b^*) tekintetében nem találtunk különbséget a két csoport között. A színintenzitás (Chroma) ugyancsak a kontroll csoportban volt nagyobb ($P < 0,01$).

Eredményeink megegyeznek *Latour és mtsai (2008)* megállapításával, akik azt találták, hogy a glicerinnel dózisának növelésével (0→15%) lineárisan nőtt az L^* értéke. Ugyanezt írták le *Hansen és mtsai (2009)* is 4-12% glicerinnel kiegészítés esetén.

Az említett szerzőkkel ellentétben *Lammers és mtsai (2008b)*, illetve *Della Casa és mtsai (2009)* szerint a glicerinnel kiegészítés nem befolyásolja a hús színét.



NS: nem szignifikáns

A kontrollhoz viszonyítva * $P < 0,05$

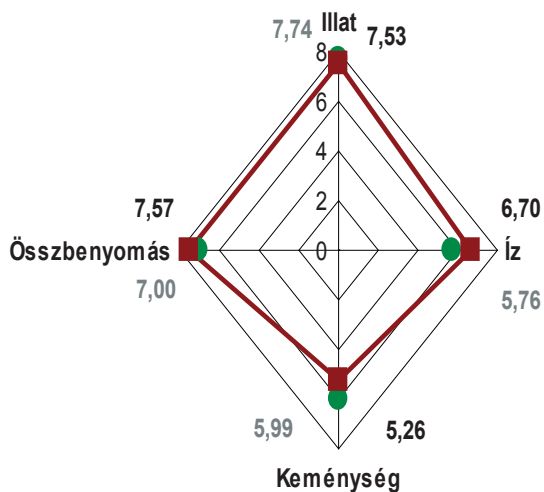
** $P < 0,01$

21. ábra: Színjellemzők átlagértékeinek alakulása

A színeltérés (ΔE^*ab) kiszámolásával arra a kérdésre is választ tudunk adni, hogy az általunk vizsgált kontroll és glicerines csoport színjellemező értékei között mért különbségek a fogyasztó számára is érzékelhető színbeli eltérést jelentenek-e. A színmérezt jellemező értékekből kiszámolt ΔE^*ab értéke a kontroll és a glicerines csoport átlag értékeinek összehasonlításakor 3,47, ami a *Lukács (1982)* által megadott táblázat szerint a jól látható kategóriába esik, tehát szabad szemmel is látható a kétféle csoportból származó húsminta színe közötti különbség.

A húsminőség vizsgálata során sült karajszeletekkel érzékszervi bírálatot is végeztünk. A kapott eredményeket a 22. ábra és a 16. táblázat mutatja be.

A 22. ábra adataiból megállapítható, hogy a glicerines minták íz és összbenyomás pontértékei valamivel kedvezőbbek a kontroll csoport értékeinél. Illat szempontjából a bírálók nem találtak számottevő különbséget a két csoport mintái között.



22. ábra: A glicerín hatása a sült karaj érzékszervi jellemzőire

16. táblázat A kontroll (K) és a kísérleti (G) minták leíró érzékszervi jellemzői

Minta	Íz	Mellékízek	Rágósság	Illat
K1	Sült sertés	Fémes	Alig puha	
K2	Főtt sertés	Fémes, savanykás	Alig puha	
K 3	Főtt-sült sertés	Savanyú	Alig puha	
K 4	Sült sertés	Savanyú	Puha	
K 5	Sült sertés	Savanyú	Puha	
K-átlag	Sült sertéshús, „disznóíz”	Savanyú és „disznó” utóíz, ízetlen	Kissé porhanyós, száraz, rágós, kevésbé porhanyós, keményebb, mint a G-csoport	Sült, tökéletes, kellemes, aromás

A biodízel gyártás során keletkező glicerín takarmányozási célú felhasználása a hízósertéseknel

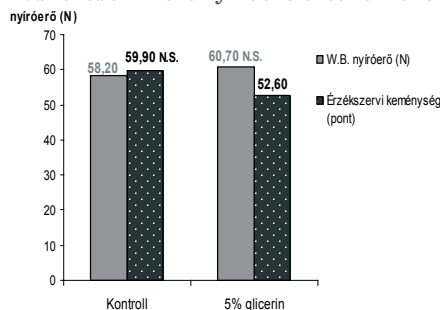
Minta	Íz	Mellékízek	Rágósság	Illat
G 1	Jó sült hús	Nincs	Alig puha	
G 2	Jó sült hús	Nincs	Puha	
G 3	Nagyon jó sült	Nincs	Kissé puha	
G 4	Kiváló	Nincs	Puha	
G 5	Főtt sertéshús	Nincs	Puha	
G-átlag	Finom, sült, jobb, kellemesebb, mint K	Mellékíz, „disznóíz” nincs	Elég porhanyós, kissé zsírosabb, lédúsabb (zaftosabb), puhább, omlósabb, mint K	Finomabb sült illat, kellemesebb, gazdagabb, mint K

Az íz az egyik legfontosabb érzékszervi tulajdonság a húсок esetében. Ennek kialakulásában fontos szerepe van a zsírnak, illetve zsírsavaknak (Wood és mtsai, 2003; Teye és mtsai, 2006), mivel az íz - és zamatanyagok általában zsírban oldódnak. A takarmánnyal felvett zsírsavak a sertések esetében közvetlenül a szöveti lipidekbe is beépülnek (Wood és mtsai, 2003), és ezáltal hozzájárulnak a húсок ízének kialakításához (Melton, 1990).

Korábbi vizsgálatok szerint a nagy n-3 zsírsav tartalomhoz halíz társul (Wood és Enser, 1997). Az általunk vizsgált glicerines csoport karaj mintáiban nagyobb volt a PUFA (12,55 % vs. 10,91%), és ezen belül az n-3 zsírsavak aránya (1,37 vs. 1,22%) a kontroll húсокhoz képest, a bírálók mégis ezeknek a mintáknak az ízét ítélték kedvezőbbnek. Ez minden bizonnyal arra vezethető vissza, hogy a két csoport n-3 zsírsavtartalma között csak kicsi különbség.

A hús ízének alakulását a konyhatechnikai műveletek is befolyásolják, de Meinert és mtsai (2007) szerint ezek a hatások elsősorban a nyers hús minőségétől függenek. Kísérletünkben nagyon hasonlóan alakult a kontroll és a glicerines csoportokból vett minták minősége az általunk megvizsgált tulajdonságokban, ami indokolja az érzékszervi tulajdonságokban megnyilvánuló hasonlóságot is.

Az állomány tekintetében a kísérleti minták az érzékszervi bírálat szerint puhábbak, porhanyósabbak voltak, a műszeres nyíróerő mérési vizsgálat eredményei azonban ezt nem támasztották alá (23. ábra). A műszeres nyíróerő mérés során a glicerines minták vizsgálatakor valamivel nagyobb értékeket kaptunk, tehát a Warner-Bratzler nyíróerő szerint a kísérleti csoport mintái kevésbé voltak porhanyósak a kontroll mintákhoz viszonyítva. A statisztikai elemzés szerint azonban a két csoport műszeresen mért nyíróerő értéke között nincs szignifikáns eltérés.



N.S.: A kontrollhoz képest nincs szignifikáns különbség

23. ábra: A műszeres és érzékszervi porhanyósság átlagértékei

Az irodalomban mindössze egy publikáció találtunk, amelyben sertésekkel végzett kísérlet során a glicerinnel a sertéshús érzékszervi tulajdonságaira gyakorolt hatását is elemezték. *Della Casa és mtsai (2009)* négy tulajdonság (szín, márványozottság, íz és porhanyósság) tekintetében találtak szignifikáns különbségeket a vizsgált kezelések között. Így például a márványozottság tekintetében a teljes hizlalási periódusban 10%, valamint csak a befejező szakaszban 5 és 10% glicerint fogyasztó csoportok mintáiban mértek a kontrollhoz képest magasabb értékeket, de ugyanakkor a hizlalás alatt végig 5% glicerinnel még a kontroll csoportnál is szignifikánsan alacsonyabb márványozottsági értéket adott. Az illat és íz intenzitásában, valamint a lédúságban nem volt eltérés a kezelések között. A szerzők szerint a kapott eredmények alapján nem lehet egyértelmű megállapításokat megfogalmazni a glicerinnel az érzékszervi tulajdonságokra gyakorolt befolyásáról.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A világ fosszilis energiakészleteinek csökkenése, az energia árának folyamatos emelkedése, továbbá az olaj- és a gázellátás bizonytalanságai, megnövelték a megújítható energiaforrások jelentőségét szerte a világon. Növelik ez utóbbi energiaforrások jelentőségét a fosszilis energiahordozóknak a környezetre gyakorolt káros hatásai is.

A megújítható energiaforrások közé tartozik a növényi olajokból (repce-, napraforgó-, szója-, len- és kókuszolaj, pálmazsír) előállítható biodízel is. A biodízel termelés folyamatosan nő a világon, így az Európai Unióban is. Az Unióban 2000 és 2009 között a biodízel előállítás 715 ezer tonnáról 9 millió tonnára növekedett, ami a világ biodízel termelésének mintegy 83 %-a volt (EBB Statistics, 2010).

A biodízel előállítás egyik lényeges mellékterméke a glicerín, ugyanis 1 liter biodízel előállításakor 100 g (Friedrich, 2004), mások szerint 79 g glicerín keletkezik (Thompson és He, 2006). Egyes becslések szerint a világon 2010-re 10 millió tonna glicerín előállítása várható (Rick, 2006). Ez már olyan mennyiség, amelyet a vegyipar, a kozmetikai ipar, a gyógyszeripar, valamint az élelmiszeripar nem képes teljes egészében felhasználni. A glicerín felesleg levezetésére jó lehetőség a glicerín takarmányozási célú hasznosítása. A glicerín takarmányozás céljára történő felhasználását indokolja az a tény is, hogy a bioetanol előállítás mellékterméke (DDGS), valamint a biodízel termelés egyéb melléktermékei (repcedara vagy repcepogácsa) fehérjében gazdagok, ugyanakkor relatíve alacsony az energiatartalmuk (Doppenberg és Van der Aar, 2007).

A takarmányozás céljára felhasznált glicerín mennyiség érdemi növelése viszont csak akkor várható, ha a glicerint nem csak a tejelő tehének, hanem a sertések és a baromfifajok takarmányozásában is felhasználjuk.

Azok a biokémiai folyamatok, amelyek során a glicerín a szervezetben hasznosul, ismertek és nemcsak a kérődzőkben, hanem a monogasztrikus állatokban is végbemennek.

Dolgozatomban ezért azt vizsgáltam, hogy hazai viszonyok között a glicerín milyen feltételek között használható fel a sertések takarmányozásában. A fogyasztók szempontjait is szem előtt tartva, vizsgálni kívántuk azt is, hogy a glicerín etetés befolyásolja-e az ilyen módon előállított sertéshús kémiai összetételét, érzékszervi tulajdonságait, valamint konyhatechnikai jellemzőit.

A kísérletek során ezért a következő kérdésekre kerestük a választ:

- Milyen a biodízel gyártás során keletkező nyers glicerínből előállított takarmányozási célú glicerín kémiai összetétele?
- Mekkora mennyiségben etethető a glicerín a hízósertésekkel negatív hatások nélkül?
- Mennyi a glicerín emészthető (DE) és metabolizálható (ME)-energiatartalma a sertések takarmányozásában?
- Milyen hatást gyakorol a süldők takarmányának növekvő mennyiségű glicerinnel történő kiegészítése a táplálóanyagok emészthetőségére, valamint az állatok N-hasznosítására?
- Befolyásolja-e a glicerín az állatok hízlalási teljesítményét?
- Hatással van-e a glicerín etetés a vágási tulajdonságokra (pl. színhús mennyisége, színhús:zsírszövet aránya)?
- Hogyan alakul a sertéshús minősége a glicerín etetés hatására?

Első vizsgálataink során a kísérletekben felhasználásra kerülő 86,76% glicerint tartalmazó takarmányozási célú glicerín összetételét határoztuk meg.

Kétféle súlykategóriájú (25-47 és 57-85kg) sertésekkel végzett emésztési kísérletekben gyűjtött adatok alapján megállapítottuk, hogy az etetett glicerín látszólagos emészthető energiataralma (DE) 14,01 MJ/kg, míg látszólagos metabolizálható energiataralma (ME) 13,48 MJ/kg. A glicerín energiataralmát nem befolyásolta sem az állatok súlya, sem az alkalmazott dózis (5 és 10%).

Az emésztési kísérletek adatai alapján azt is megállapítottuk, hogy a glicerínkiegészítés a táplálóanyagok emészthetőségére, valamint az állatok N-visszatartására nincs negatív hatással.

Egy üzemi kísérlet során az 5 % glicerint tartalmazó takarmány hatását vizsgáltuk a hízósertések hizlalási teljesítményére. A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy az 5%-ban adagolt glicerín nem befolyásolja kedvezőtlenül az állatok teljesítményét, és a vágási kihozatalt sem.

A húсок (comb, karaj) kémiai összetételének vizsgálatakor azt tapasztaltuk, hogy 5% glicerín etetés esetén csökkent a combhús fehérjetartalma és megnövekedett a zsírtartalma a kontroll csoporthoz képest, de az értékek még így is belül maradtak a sertés-húсокra jellemző szóráson.

A zsírsavösszetétel vonatkozásában megállapítható, hogy a glicerín etetés néhány, a zsírban kisebb mennyiségben előforduló zsírsav esetében eredményezett szignifikáns különbséget a kontroll állatok zsírjához képest. A zsírban nagyobb arányban előforduló zsírsavak közül a glicerín csak a zsír olajsav arányát módosította (csökkentette) szignifikánsan.

A csepegési- és olvadási veszteségek vizsgálata alapján megállapítható, hogy a lékiválás a glicerint fogyasztó állatok esetében kevesebb volt. A sütési, illetve főzési veszteségek tekintetében nem találtunk különbséget a két csoport között.

A húsminőséget jellemző egyéb tulajdonságok esetében (pH, szín, nyíróerő) csak a szín tekintetében alakult ki szignifikáns különbség, nevezetesen a glicerínkiegészítés világosította a hús színét, ami kedvező változás, mert hazánkban a fogyasztók általában a világos színt részesítik előnyben.

A sült karajszeletek érzékszervi tulajdonságaiban a bírálók nem tapasztaltak kedvezőtlen változást a glicerines csoportban.

Összefoglalva a kapott eredményeket, megállapítható, hogy a biodízelgyártás melléktermékeként keletkező takarmányozási minőségű glicerín jó eredménnyel használható fel energiaforrásként a hízósertések takarmányozásában. Amennyiben 5%-ban keverik a takarmányhoz, sem a hizlalási paramétereiket, sem pedig a hús minőségét nem befolyásolja kedvezőtlenül.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Az elvégzett kísérletek adatai alapján a következő új tudományos eredmények fogalmazhatók meg:

1. A 86,76% glicerintartalmú takarmányozási minőségű glicerin látszólagos emészthető energiatartalma kg-ként 14,01 MJ, látszólagos metabolizálható energiatartalma pedig 13,48 MJ, ami a vizsgált glicerin bruttó energiatartalmának 91,5, illetve 88%-a. A 100% glicerintartalomra számított látszólagos DE 16,14 MJ, a látszólagos ME pedig 15,54 MJ kg-ként.
2. A glicerin értékesülését (ME és DE tartalmát) az állatok súlya 25 - 85 kg között, továbbá a glicerin dózisa 5 és 10% között nem befolyásolja.
3. Az 5 illetve 10% mértékű glicerinkiegészítés nincs hatással sem a takarmány táplálóanyagainak emészthetőségére, sem pedig a süldők N-visszatartására.
4. A glicerin a takarmány 5%-ban etetve nem befolyásolja a hízlalás eredményeit (súlygyarapodás, takarmány-, energia-, és fehérjehasználást), azaz a glicerin látszólagos emészthető energiatartalom alapján helyettesíteni tudja a hízósertések takarmányában a kukoricát.
5. Az 5% arányban etetett glicerin csak kismértékben befolyásolja a de novo zsírsavszintézist és ennek következtében a karaj, a comb zsírjának valamint a hátszalonna és a háj zsírsavösszetételét.
6. A glicerin etetés csökkenti a -12 és -20 °C közötti hőmérsékleten történő tárolást követő felengedés során keletkező léveszteséget.

TÁBLÁZATOK ÉS ÁBRÁK JEGYZÉKE

Táblázatok

Táblázat száma	Táblázat címe	Oldal-szám
1. táblázat	A biodízel felhasználás előnyei és hátrányai	10
2. táblázat	Különböző tisztaságú glicerín összetétele	16
3. táblázat	A glicerín fizikai tulajdonságai	17
4. táblázat	Az emésztési és nitrogénforgalmi kísérletekben felhasznált takarmányozási minőségű glicerín összetétele	47
5. táblázat	Az anyagcsere kísérletek során etetett takarmányok összetétele és táplálóanyag tartalma	48
6. táblázat	Az üzemi sertéshízalási kísérletben etetett süldőtáp (30-75kg) összetétele és táplálóanyag tartalma	51
7. táblázat	Az üzemi sertéshízalási kísérletben etetett hízőtáp (75-105kg) összetétele és táplálóanyag tartalma	52
8. táblázat	A kísérletek során etetett takarmány adag látszólagos emészthető és metabolizálható energiátartalma	61
9. táblázat	A testsúly és a glicerín dózisának hatása a glicerín látszólagos emészthető és metabolizálható energiátartalmára	63
10. táblázat	A glicerín kiegészítés hatása a táplálóanyagok emészthetőségére és a N-visszatartásra sertésben	70
11. táblázat	A takarmányhasznosítás alakulása a hízalás egyes szakaszaiban	72
12. táblázat	A napi súlygyarapodás alakulása a hízalási kísérlet során	73
13. táblázat	A glicerín hatása a hízősertések vágási minőségének eredményeire	76
14. táblázat	A vizsgált húsminták kémiai összetételének alakulása	80
15./a,b táblázat	A zsírsavösszetétel alakulása a vizsgált szövetekben az összes zsírsav %-ában	83-84
16. táblázat	A kontroll (K) és a kísérleti (G) minták leíró érzékszervi jellemzői	95

Ábrák

Ábra száma	Ábra címe	Oldal-szám
1. ábra	A világ energiafogyasztásának várható alakulása 1990-2090 között (a fejlett országok 1990-es adataira vonatkoztatva)	2
2. ábra	A világ energiafelhasználása az egyes energiafélések szerint	2
3. ábra	Biodízel termelés a világon	3
4. ábra	Az Európai Unió biodízel termelése 2000 és 2009 között	8
5. ábra	A Magyarországon tervezett biodízel kapacitások	9
6. ábra	A biodízel gyártás kémiai reakciójának vázlata	12
7. ábra	A biodízel gyártás sematikus folyamatábrája	13
8. ábra	A glicerín átalakulása a szervezetben	18
9. ábra	A glicerín metabolizmus vázlatos ábrázolása	19
10. ábra	A trigliceridek szintézise	21
11. ábra	A trigliceridekbe beépülő glicerín-3-foszfát és a zsírsavak forrásai az adipocitákban	22
12. ábra	Zsírsavak mobilizálása a zsírszövetben trigliceridraktárakból	23
13. ábra	A glicerín ME értéke baromfi és sertés esetében	26
14. ábra	Összefüggés a takarmányfogyasztás és a takarmány emészthető energiatartalma (DEs) között sertésben	64
15. ábra	Összefüggés a takarmányfogyasztás és a takarmány metabolizálható energiatartalma (MEs) között	67
16. ábra	A sertések átlagsúlyának alakulása a hizlalás folyamán	72
19. ábra	A felengedési veszteség alakulása a kétféle fagyasztás során	90
20. ábra	A sütési és főzési veszteség alakulása a sertéshús mintákban	92
21. ábra	Színjellemzők átlagértékei	94
22. ábra	A glicerín hatása a sült karaj érzékszervi jellemzőire	95
23. ábra	A műszeres és érzékszervi keménység átlagértékei	98

RÖVÍDÍTÉSEK JEGYZÉKE

- DDGS (drived distillers grains with solubles): szárított gabonatörköly
- DEs - emészhető energia tartalom sertésnél
- MEs - metabolizálható energia tartalom sertésnél
- RME – repce metilészter
- SME – napraforgó metilészter

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Mindenekelőtt tisztelettel megköszönöm témavezetőmnek, Schmidt János Profeszsor Úrnak, hogy PhD tanulmányaim folyamán végig segítette és irányította munkámat. Külön köszönöm a disszertáció elkészítésében nyújtott segítségét és útmutatásait.

Szeretném külön köszönetemet kifejezni Dr. Zsédely Eszternek, Dr. Tanai Attilának, és Dr. Koltai Juditnak akik jó szándékkal és tudásukkal, segítették e munka elkészülését. Köszönöm a Tanszék valamennyi dolgozójának a disszertáció elkészültét segítő, precíz háttérmunkáját. A húsvizsgálati kísérletek elvégzésében nyújtott segítségért köszönettel tartozom az Országos Húsipari Kutató Intézetnek, személy szerint Dr Zsarnócai Gabriellának és munkatársainak.

Egyúttal hálás vagyok szüleimnek, öcsémnek és feleségemnek, akik szeretettel, megértéssel, türelemmel, és segítőszándékkal vettek körül, így megfelelő körülményeket teremtettek, tanulmányaimhoz és kutató munkához.

Ajánlom ezt az „írást” gyermekeimnek Bálintnak, Pétinek és Esztikének! Tudjátok, bármilyen reális célt el tud érni az ember, „csak” elhatározás és kitartás kell a megvalósításához!

Záró gondolatként kérem engedtessek meg nekem, hogy *Reményik Sándor, Érdemes?* című versét idézzem:

Irodalom? Világirodalom?
Himalája. - Ez a vers ha megél,
Egy porszem lesz, - vagy az sem lesz talán, -
Mit táncoltat a szél.
S ha netalántán a hegyekre fújja:
Ugyan micsoda súly egy porszem súlya?
Mindegy. Megírtam.
És azzal fekszem le ma éjszakára:
Megnőtt egy porszemmel a Himalája.
Feci quod potui, faciant meliora potentes.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Aaslyng, M.D. - Bejerholm, C. - Ertbjerg, P. - Bertram, H.C. - Andersen, H. J. (2003): Cooking loss and juiciness of pork in relation to raw meat quality and cooking procedure. *Food Quality and Preference*, 14. 277-288.
2. Antal, M. - Gaál, Ö. (1998): Többszörösen telítetlen zsírsavak jelentősége a táplálkozásban. *Orvosi Hetilap*, 139. 1153-1158.
3. Ádám, V. - Faragó, A. - Machovich, R. - Mandl, J. - Dux, L. - Sümegi, B. (2001): *Orvosi biokémia*, Medicina Könyvkiadó, Budapest, 92-140; 143-190.
4. Baba, H.X. - Zhang, J. - Wolfe, R.R. (1995): Glycerol glükoneogenesis in fasting humans. *Nutrition*, 11. 149-153.
5. Barcsik, J. (2008) A biodízel előállításról. *Agrárunió*, 8-9. szám
6. Barna, M. (2006): A zsírsavak szerepe a táplálkozásfüggő megbetegedések megelőzésében, különös tekintettel az elégtelen n-3 zsírsav-ellátottságra. *Metabolizmus*, 4. 267-272.
7. Barótfi, I. (1993): *Energiagazdálkodási kézikönyv*, Széchenyi nyomda, Budapest, p.12-38.
8. Barta, A. (2009): A sertéságazat versenyképességének javítása. *Gazdálkodás*, 53. 2. 178-187.
9. Bartelt, J. - Schneider, H.D. (2002a): Glycerine in der Tierernährung. *UFOP Schriften*, pp.15-36 .Bonn, Bernany,
10. Bartelt, J. - Schneider, H.D. (2002b): Investigation on the energy value of glycerol in the feeding of poultry and pig. *Union for the Promotion of Oilseeds-Schriften Heft 17*. pp.15-36.
11. Berényi, D. (2000) Az energiaprobléma, civilizációnk központi kérdése. *Ezredforduló*, 2. 3-8.
12. Berrada, W. - Naya, A. - Iddar, A. - Bourhim, N. (2002): Purification and characterization of cytosolic glycerol-3-phosphate dehydrogenase from skeletal muscle of jerboa (*Jaculus orientalis*). *Molecular and Cellular Biochemistry*, 231. 117-127.
13. Biró, J. - Stettner, G. - Bázár, Gy - Hancz, Cs. (2008) Különböző olaj-kiegészítések hatása a tilápia főbb termelési és húsminőségi mutatóira. *Animal welfare, Etológia és tartástechnológia*, 4. 2. 592-597.
14. Brisson, D. - Vohl, M.C. - St-Pierre, J. - Hudson, T.J. - Gaudet, D. (2001): Glycerol: a neglected variable in metabolic processes? *BioEssays*, 23. 534-542.
15. Cerneau, P. - Mourot, J. - Peyronnet, C. (1994): Effet du glycéról 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.
16. Cerrate, S. - Yan, F. - Wang, Z. - Coto, C. - Sacakli, P. - Waldroup, W.P. (2006): Evaluation of glycerin from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. *International Journal Poultry Science*, 5. 1001-1007.
17. Chung, Y.H. - Rico, D.E. - Martinez, C.M. - Cassidy, T.W. - Noirot, V. - Ames, A. - Varga, G. A. (2007): Effects of feeding dry glycerin to early postpartum Holstein dairy cows on lactational performance and metabolic profiles. *Journal of Dairy Science*, 90. 5682-5691.

18. Cline, T.R. - Richert, B.T. (2001): Feeding growing-finishing pigs. in: A. J. Lewis and L. L. Southern (szerk.) Swine Nutrition. 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, FL., pp: 717-723.
19. Connor, W.E. (2000): Importance of n-3 fatty acids in health and disease. The American Journal of Clinical Nutrition, 71. (suppl) 171S-175S.
20. Coppack, S.W. - Persson, M. - Judd, R.L. - Miles, J.M. (1999): Glycerol and nonesterified fatty acid metabolism in human muscle and adipose tissue in vivo. American Journal of Physiology, 276. 39. E233-E240.
21. Deák, T. (2003): Különböző fajtájú hizósértések növekedési ritmus jellemzőinek elemzése. PhD disszertáció, Veszprémi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely. pp:153-161.
22. Della Casa, G. - Bochicchio, D. - Faeti, V. - Marchetto, G. - Poletti E. - Rossi, A. - Garavaldi, A. - Panciroli, A. - Brogna, N. (2009): Use of pure glycerol in fattening heavy pigs. Meat Science, 81. 238-244.
23. 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, pp.73-87.
24. Dorman, D.C. - Dye, M. P.- Nassise, J.- Ekuta, B. - Bolon, M.- Medinsky, A. (1993): Acute methanol toxicity in minipigs 1. Fundamental and Applied Toxicology, 20. 341-347.
25. Dozier, W.A. - Kerr, J.B. - Corso, M.T. - Kidd, T.E - Weber, R.K. - Bergendhal, K. (2008): Apparent metabolizable energy of glycerol for broiler chickens. Poultry Science, 87. 317-322.
26. Duttlinger, W. - Tokach, M.D. - Dritz, S.S. - DeRouchey, J.M. - Nelssen, J.L. - Goodband, R.D. - Prusa, K. J. (2008): Effects of increasing dietary glycerol and dried distillers grains with solubles on growth performance of finishing pigs. Journal of Animal Science, 86. E-Suppl. 2. 607.
27. Eikelenboom, G., - Bolink, A.H. - Sibesma, W. (1990): Effect of feed with drawal before delivery on pork quality and carcass yield. Meat Science, 29. 25-30.
28. Ekéné, Z. I. - Baros, Z. (2004): A megújuló energiaforrások felhasználásának társadalmi vonatkozásai a világban Európában és hazánkban. MSZET kiadványai, 2. 113-123.
29. Farkas, F. (2006): Tessedik Sámuel Mezőgazdasági Főiskolai Kar. Biodízel - múlt és jelen Agroinform 15. 9.
30. Fledderus, J. - Borggreve, G.J. - Bikker, P. SFR VML 39. (2000): The effect of high inclusion rate of palmkernel meal, rapeseed meal or sunflower meal in pig feeds. Schothorst Feed Research Report 560, internal publication
31. Friedrich, S. (2004): A world wide review of the commercial production of biodiesel - a technological, economic and ecological investigation basert on case studies. Schriftenreihe Umweltsutz und Ressourcenökonomie, Vol. 41. Institut für Technologie und nachhaltiges Produktmanagement, Wirtschaftsuniversität Wien, Austria, 150 pp.
32. Gerpen, J. (2005): Biodiesel processing and production. Fuel Process Technology, 86. 1097-1107
33. Greenfield, H. - Arcot, J. - Barnes, J.A. - Cunnungham, J. - Adorno, P. - Stobaus,

- T. - Tume, R.K. - Beilken, S.L. - Muller, W.J. (2009): Nutrient composition of Australian retail pork cuts 2005/2006. *Food Chemistry*, 117. 721-730.
34. 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 glycerol on pellet mill production and nursery pig growth performance. *Journal of Animal Science*, 86. 2228-2236.
35. Gyulai, I. (2009) Biomassza-dilemma. *Magyar Természetvédők Szövetsége* 27.
36. Hancsók, J. - Kovács, F. - Krár, M. (2004): Növényolaj-zsír-sav-metilészterek környezetbarát előállítására. *Olaj Szappan Kozmetika*, 53. 5. 189-195.
37. Hanczakowska, E. - Weglarzy, K. - Szymczyk, B. - Hanczakowski, P. (2010): Effect of adding crude or refined glycerol to pig diets on a fattening performance, nutrient digestibility and carcass evaluation. *Annals of Animal Science*, 10. 67-73.
38. 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.
39. Hill, J. - Nelson, E. - Tilman, S. - Polasky, S. - Tiffani, D. (2006): Environmental, economic and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.*, 103. 11206-11210.
40. Hoffmann, L. - Schiemann, R. (1980): Von der Kalorie zum Joule: Neue Größenbeziehungen bei Messungen des Energieumsatzes und bei der Berechnung von Kennzahlen der energetischen Futterbewertung. *Archiv für Tierernährung*, 30. 733-742.
41. Honikel, K.O. (1998): Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49. 447-457.
42. Horn, P. (2000): Állattenyésztés 3. Sertés, nyúl, prémes állatok, hal. *Mezőgazda Kiadó, Budapest*, pp. 80-84.
43. Husvéth, F. szerk. (2000): A gazdasági állatok élettana az anatómia alapjaival. *Mezőgazda Kiadó, Budapest*, 347; 407-443.
44. ISO EN 14106 (2003): Fat and oil derivatives. Fatty acid methyl esters (FAME). Determination of free glycerol content.
45. ISO EN 14110 (2003): Fat and oil derivatives. Fatty acid methyl esters (FAME). Determination of methanol content.
46. Jekkel, G. - Milisits, G. - Locsmándi, L. - Andrásyné Baka, G. - Szabó, A. - Bázár, Gy. - Biróné Németh, E. (2007): Eltérő ketrecméret, padozat és telepítési sűrűség hatása a növendéknyulak néhány húsminőségi tulajdonságára XLIX. *Georgikon Napok, 2007 szeptember 20-21., Keszthely*
47. Jensen, M.O. (2002): Energetics of glycerol conduction through aquaglyceroporin. GlpF. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.*, 99. 6731-6736.
48. Johnson, R.B. (1955): The treatment of ketosis with glycerol and propylene glycol. *Cornell Veterinarian*, 44. 6-21.
49. Józsa, M.J. (2006): Kis- és középvállalkozások sertéshústermelésének értékelése a Nyugat-Dunántúli régióban. PhD disszertáció NYME-MÉK, Újhelyi Imre

- Állattudományi Doktori Iskola, Mosonmagyaróvár , 25-33.
50. Kacz, K. – Neményi, M. (1998): A megújuló energiaforrások. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest., 1-160.
 51. Karcagi, R.G.(2009): Zsírikgészítések alkalmazása a bőtejelő tehének takarmányozásában az ellés körüli energiahiányos időszakban. PhD Értekezés. Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Állat-Agrárkörnyezet-Tudományi Doktori Iskola, Keszthely, 10.
 52. Kállai, B. (2007): Élelmiszer vagy üzemanyag., Agrárium Agrár- és piacgazdaság Magyar Agrárkamara lapja, 17. 24-25. Agrárenergetika. Kiadó
 53. Kerr, B.J., - Weber, T.E., - Dozier, W.A. III., - Kidd, M.T. (2009): Digestible and metabolizable energy content of crude glicerín originating from different sources in nursery pig. *J. Anim. Sci.* 87. 4042-4049.
 54. 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. *Agricultural Food Science Finland*, 6. 349–362.
 55. Kijora, C. - Bergner, H. - Kupsch, R-D. - Hagemann, L. (1995): Glycerol as a feed component in diets of fattening pigs. *Archives of Animal Nutrition*, 47. 345-360.
 56. Kijora, C. - Kupsch, S-D. (1996): Evaluation of technical glycerols from „Biodiesel” production as a feed component in fattening pigs. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 98. 7-8. 240-245.
 57. Kijora, C. - Bergner, H. - Kupsch, R-D. - Wenk, C. – Prabucki, A.L. (1997): Comparative investigation on the utilization of glycerol, vegetable oil in fattening of pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition (Berl.)*, 77. 127-138.
 58. Kostic, M.A. - Dart, R.C. (2003): Rethinking the toxic methanol level. *Journal of Toxicology: Clinical Toxicology*, 41. 793-800.
 59. Körbitz, W.- Friedrich, St. - Wageringer, E. - Wörgetter, (2003) Worldwide review on biodiesel production, Prepared for IEA Bioenergy Task 39, Subtask „Biodiesel“ Austrian Biofuels Institute, Vienna, Austria.
 60. Lammers, P.J. - Kerr, B.J. - Weber, T.E. - Dozier, W.A. III. - Kidd, M.T. - Bregendahl, K. - Honeyman, M.S. (2008a): Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. *Journal of Animal Science*, 86. 602-608.
 61. Lammers, P.J. - Kerr, B.J. - Weber, T.E. - Bregendahl, K. - Lonergan, S.M. - Prusa, K.J. - Ahn, D.U. - Stoffregen, W.C. - Dozier, W.A. III. - Honeyman, M.S. (2008b): Growth performance, carcass characteristics, meat quality, and tissue histology of growing pigs fed crude glycerín-supplemented diets. *Journal of Animal Science*, 86. 2962-2970.
 62. Lammers, P.J. - Kerr, B.J. - Weber, T.E. - Bregendahl, K. – Kidd, M.T. - Dozier, W.A. III. - Honeyman, M.S. (2008c): Nitrogen-corrected metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. *Poultry Science*, 87:104-107.
 63. 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.
 64. Lee, D. P. - Deonarine, A. S. - Kienetz, M. - Zhu, Q. - Skrzypczak, M. - Chan, M. - Choy P. C. (2001): A novel pathway for lipid biosynthesis: The direct acylation of

- glycerol. *Journal of Lipid Research*, 42. 12. 1979.
65. Lin, E. C. C. (1977): Glycerol utilization and its regulation in mammals. *Annual Review of Biochemistry*, 46. 765-795.
 66. Lukács Gy. (1982): Színmérés. Műszaki Kiadó, Budapest
 67. Melton, S.L. (1990): Effects of feeds on flavor of red meat: A review. *Journal of Animal Science*, 68. 4421-4435.
 68. Meinert, L. - Andersen, L.T. - Bredie, W.L.P. - Bjerregaard, C. - Aaslyng, M.D. (2007): Chemical and sensory characterisation of pan-fried pork flavour: Interactions between raw meat quality, ageing and frying temperature. *Meat Science*, 75. 229-242.
 69. Mézes, M. (2001): A hús- és zsírttermelés élettani és biokémiai alapjai. Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Takarmányozástani Tanszék
 70. Mitchaothai, J. - Yuangklang, C. - Wittayakun, S. - Vaspuen, K. - Wongsutthavas, S. - Srenlanul, P. - Hovenier, R. - Everts, H. - Beynen, A.C. (2007): Effect of dietary fat type on meat quality and fatty acid composition of various tissues in growing-finishing swine. *Meat Science*, 76. 95-101.
 71. Mourot, J. - Aumiatre, A. - Mounier, A. - Peiniau, P. - Francois, A. - Peyronnet, C. - Jamet, J.P (1993): Effets du glycerol alimentaire sur les performances de croissance et la qualite de la viande chez le porc large white. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 25. 29-36.
 72. Mourot, J. - Aumaitre, A. - Mounier, A. - Peiniau, P. - Francois, A.C. (1994): Nutritional and physiological effects of dietary glycerol in the growing pig. Consequences on fatty tissues and post mortem muscular parameters. *Livestock Production Science*, 38. 237-244.
 73. Németh, Á. - Sevella, B. (2007) Kutatások a biodízel melléktermékének hasznosítására. *Magyar Kémiai Folyóirat* 113. 2. 58-60.
 74. Németh, Á. (2008): Biotechnológiai/biokonverziós módszerek kutatása a glicerin származékok előállítására. PhD dolgozat, Budapesti Műszaki- és Gazdaságtudományi Egyetem Alkalmazott Biotechnológiai és Élelmiszertudományi Tanszék, Budapest, pp:5.
 75. Noblet, J. - van Milgen, J. (2004): Energy value of pig feeds: Effect of pig body weight and energy evaluation system. *Journal of Animal Science*, 82. (E suppl.) E229-238.
 76. Nosticzius, Á. (2001): Biokémia. Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Kémia Tanszék, Mosonmagyaróvár, pp:64-89 .
 77. Perédi, J. - Sütő, Z. (2003): A hazai étkezési sertészsír fontosabb jellemzői. *Olaj Szappan Kozmetika*, 52. 1-5.
 78. Prabhakaran, V. - Ettlér, H. - Mills, A. (1993): Methanol poisoning: two cases with similar plasma concentrations but different outcomes. *Journal of the Canadian Medical Association*, 148. 6. 981- 984.
 79. Renaudeau, D. - Mourot, J. (2007): A comparison of carcass meat quality characteristics of Creole and Large White pigs slaughtered at 90 kg BW. *Meat Science*, 76. 165-171.
 80. Rick, M. (2006): The European biodiesel story and it's by products. Biofuels: implications for the feed industry. Nutrition Conference, Ede, The Netherlands.

81. Roe, O. (1955): The metabolism and toxicity of methanol. *Pharmacology Review*, 7. 3. 399-412.
82. Roe, O. (1982): Species differences in methanol poisoning. *CRC Critical Reviews in Toxicology*, 10. 275-286.
83. Saurer, F.D., - Erfle, J.D.- Fischer, L.J. (1973): Propylene glycol and glycerol as a feed additive for lactating dairy cows: an evaluation of blood metabolite parameters. *Canadian Journal of Animal Science*, 53. 265-271.
84. Sauvant, D. - Perez, J.M. - Tran, G. (2002): Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage: porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. D Sauvant, J.M. Perez and G. Tran, ed. INRA Editions, Versailles
85. Shields, M.C. (2009): Evaluation of the nutritional value of glycerol, a byproduct of biodiesel production for Swine. MSc thesis, North Carolina State University, Raleigh, NC
86. Schmidt, J. (2003): A takarmányozás alapjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest
87. Simon, A.H. – Bergener, T. – Schwabe, M. (1996): Glycerol-feed ingredient for broiler chickens. *Archives of Animal Nutrition*, 49. 103-112.
88. Simon, A.H. – Bergener, T – Schwabe, M. (1997): Glycerol supplementation in broiler with low crude protein content. *Archiv für Tierernährung*, 50. 3. 271-282.
89. Simopoulos, A.P. (1991): Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *American Journal of Clinical Nutrition*, 54. 438-463.
90. Sinóros, Sz. B. – Megyes, A – Sulyok, D. – Rátónyi, T. (2007): A biodízel-termelés mint kitörési pont a növénytermesztésben. *Agrárunió* 8. 5. 27-30.
91. Skrzydlewska, E. (2003): Toxicological and metabolic consequences of methanol poisoning. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 13. 277-293.
92. Südekum, K-H. – Schröder, A. (2002): Glycerine in der Tierernahrung. *UFOP-Schriften Heft 17*, Bonn Germany, 37-67
93. Südekum, K-H. (2007): By-products from biodiesel production: glycerine and rapeseed products in rations for farm animals. in: Doppenberg, J. Van der Aar, P. (szerk), *Biofuels: implications for the feed industry*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, pp.61-72.
94. Szulmanné, Binet M. (2007): Folyékony bioüzemanyagok (bioetanol, biodízel) - a műszaki és iparjogvédelmi háttér áttekintése. *Iparjogvédelmi és Szerzői Jogi Szemle*, 112. 5. 5-30.
95. Swiatkiewicz, S. – Koreleski, J (2009): Effect of crude glycerin level in the diet of laying hens on egg performance and nutrient utilization. *Poultry Science*, 88. 3. 615-619.
96. Szabó, M. – Barótfi, I. (2009): Környezettudatos energiatermelés és -felhasználás. *Környezet és Energia Konferencia, Debrecen, 2009. május 8-9. MTA DAB Megújuló Energetikai Munkabizottság*, pp:316 .,
97. 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.
98. Thompson, J.C., - He, B.B. (2006): Characterisation of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstock. *Applied Engineering in Agriculture*, 22. 261-265.

99. Teye, G. A. - Sheard, P.R. - Whittington, F. M. - Nute, G.R. - Stewart, A. - Wood, J.D. (2006): Influence of dietary oils and protein level on pork quality. 1. Effects on muscle fatty acid composition, carcass, meat and eating quality. *Meat Science*, 73. 157-165.
100. Vajda, Gy. (2001): Energiapolitika. *Magyar Tudományos Akadémia*, 45-340.
101. Wood, J.D. - Enser, M. (1997): Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *British Journal of Nutrition*, 78 (Suppl 1). 49-60.
102. Wood, J.D. - Richardson, R.I. - Nute, G.R. - Fisher, A.V. - Campo, M.M. - Kasapidou, E. (2003): Effect of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, 66. 21-32.
103. Yalçın, S. - Erol, H. - Özsoy, B. - Onbaşlar, İ. - Yalçın, S. - Üner, A. (2010): Effects of glycerol on performance, egg traits, some blood parameters and antibody production to SRBC of laying hens. *Livestock Science*, 129. . 129-134.
104. Zajkás, G. (2004): Magyarország Nemzeti Táplálkozáspolitikája. OÉTI, Budapest
105. Zijlstra, R.T. – Menjívar, K. – Lawrence, E. – Beltranene, E. (2009): The effect of feeding crude glycerol on growth performance and nutrient digestibility in weaned pigs. *Journal of Animal Science*, 87. 85-89.