

Derleme (Review)

Biyodizel Üretimi Sırasında Yan Ürün Olan Gliserolün Ruminant Beslemede Enerji Kaynağı Olarak Kullanımı

Sibel ERDOĞAN*

Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Yemler ve Hayvan Besleme ABD, VAN
*e-posta: serdogan@yyu.edu.tr; Tel: +90 (432) 2251024/2701

Özet: Gliserol, renksiz, kokusuz ve tatlı yapışkan bir sıvıdır. Gliserol gliserin, propan-1,2,3-triol, 1,2,3-propanetriol, 1,2,3-trihidroksiopropan, gliserol ve glikol alkol olarak da adlandırılmaktadır. Bu tanımlamayla gliserol, polar organik bir trihidroksi alkol olup karbonhidrat ve lipid metabolizmasında ara üründür. Nemlendirici özelliği, enerji içeriği ve suda çözünürlük indeksinin yüksek olması nedeniyle gıda, ilaç ve kozmetik sanayide yaygın olarak kullanılmaktadır. Biyoyakıt endüstrisinin son yıllarda ilerlemesi ile biyodizel üretmek üzere kanola, ayçiçeği ve soya gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen yağlar ve hayvansal yağların katalizör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile reaksiyonu sonucunda yan ürün olarak ruminant hayvanlarda değerli bir enerji kaynağı olan gliserin elde edilmektedir. Gliserol ruminantlar için alternatif bir enerji kaynağı olarak görülse de gliserolün diğer enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında besleme değeri, bulaşıklık durumu ve bunun etkisi, rasyonlara ilave edilecek düzeyi ile ilgili olarak cevaplanmamış birçok soru bulunmaktadır. Bu derlemede biyodizel üretimi esnasında ortaya çıkan gliserolün, alternatif enerji kaynağı olarak uygun nitelikleri ve ruminant beslemede kullanım olanakları irdelenmiş ve bu konudaki güncel bilgiler özetlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Biyodizel, Gliserol, Enerji ve ruminant

Using Glycerol, a Byproduct of Biodiesel Production, in Ruminant Nutrition as a Energy Source

Abstract: Glycerol is colorless, odorless, hygroscopic, and sweet-tasting viscous liquid. Synonymous names for glycerol include glycerin, glycerine, propane-1,2,3-triol, 1,2,3-propanetriol, 1,2,3-trihydroxypropane, glyceritol, and glycol alcohol. Glycerol that is a trihydroxy sugar alcohol is an intermediate in carbohydrate and lipid metabolism. Due to its moisturizing properties, high energy content and high solubility index in water, glycerol is widely used in the food, pharmaceutical and cosmetic industry. Recently, with expansion of the biofuels industry including further processing of canola, sunflower and soybean oil to produce biodiesel there is a potential for increased availability of unrefined glycerol, a byproduct, as a valuable energy source for ruminant animals. Although glycerol may be an alternative energy source for ruminant animals there are unanswered question regarding the handling, inclusion rates, impact and contamination status, and feeding value compared with other energy sources. In this review, some of the attributes and issues pertinent of glycerol as a replacement for grain feeds and source of alternative energy in ruminant nutrition were reviewed and current knowledge on this issue was summarized.

Key words: Biodiesel, Glycerol, Energy and ruminant

Giriş

Biyokütle enerjisi içerisinde yer alan biyodizel üretimi, özellikle 2000'li yıllardan sonra dünyada ve ülkemizde hız kazanmıştır. Biyodizel, hammaddesini yaygın olarak tarımsal ürünlerden alan, her türlü atık yağdan üretilebilen ve diğer alternatif enerji kaynaklarına oranla arz miktarı kolaylıkla ayarlanabilen ve depolanabilen önemli bir yakıt olarak karşımıza çıkmaktadır. Biyodizel üretiminin rüzgar, güneş enerjisi gibi diğer alternatif enerji kaynakları üretimine kıyasla daha az maliyetli ve kolay üretilebiliyor özellikte olması, üretiminin giderek yaygınlaşmasına katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte, biyodizel üretiminin özellikle tarım, sanayi ve çevre sektörlerinin birlikte çalışmasına imkan vermesi, bu sektörlerle ilave istihdam ve gelir olanakları da sağlaması, biyodizel teknolojisinin hızlı gelişmesine neden

olmaktadır (Yaşar 2009).

Biyodizel üretiminin bir kısım ülkelerde önemli ölçüde üretilir olması ve diğer ülkelerde de giderek potansiyel bir önem kazanması nedeniyle yan ürün olarak elde edilen gliserolün değerlendirilmesine yönelik çalışmalar yoğunlaşmıştır. Gliserin, biyodizel üretiminde önemli bir yan üründür. Biyodizel sentezi sırasında toplam ürünün yaklaşık ağırlıkça % 10'una eşdeğer gliserin oluşmaktadır. Amerika Birleşik Devletlerinde 2006-2015 yılları arasında açığa çıkacak olan gliserol miktarının 635 bin ton gibi önemli bir rakama ulaşabileceği bildirilmektedir (Parsons ve ark. 2009).

Türkiye'de bu konu ile ilgili araştırmalar, Enerji Bakanlığı Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü'nün 2003 yılında biyodizel çalışmalarına ağırlık verilmesi ile yaygınlaşmıştır. Ülkemizde biyodizel konusunda resmi olarak faaliyet gösteren işleme ve dağıtım lisansına sahip 59 adet firmanın olduğu, fakat bu firmaların önemli bir bölümünün fiilen çalışmadığı bilinmektedir (Yaşar 2008). Biyodizel üretimi sırasında ortaya çıkan gliserolün hızla artması pazarlamada problemlerin ortaya çıkmasına sebep olmuş ve gliserol için alternatif kullanım alanlarının aranması söz konusu olmuştur. Bu bağlamda gliserolün pazarlanması için en büyük potansiyeli yem sanayisi oluşturmaktadır. Tüm hayvanların metabolizmasında önemli bir madde olan glikozun ön maddesi olan gliserol hemen her tür hayvanın beslenmesinde kullanılabilir. Bu derlemede biyodizel üretimi sırasında yan ürün olarak açığa çıkan ve ruminant beslemede dane yemler yerine ikame edilen alternatif enerji kaynağı olan gliserolün uygun nitelikleri ve ruminant beslemede kullanımı araştırılarak bu konudaki güncel bilgiler özetlenmiştir.

Biyodizel Üretimi Sırasında Yan Ürün Olarak Gliserol

Biyodizel orta uzunlukta (C16-C18) yağ asidi zincirlerini içeren, bitkisel ve hayvansal yağ kaynaklarından yağ işlenmesi esnasında üretilen uzun zincirli yağ asitlerinin metil ve bazı durumlarda etil esterleri olarak tanımlanmaktadır. Her 37.85 litre biyodizel üretiminden 3.40 litre ham gliserol elde edilir (Lardy 2008).

Biyodizel üretiminin birçok yöntemi olmakla birlikte en fazla kullanılan yöntem transesterifikasyon olup; yağ asitlerinin bazik bir katalizör eşliğinde alkol (metanol ve etanol gibi) ile esterleşmesi sonucunda üretilmektedir (Donkin ve Doane, 2007; Lardy, 2008; Sabancı ve ark. 2010).

Soya ve kanola gibi bitkisel yağ kaynaklarından biyodizel üretimi için, bitkisel yağlar, alkali katalizör (sodyum hidroksit, kostik soda ya da potasyum hidroksit, potasyum) varlığında, kısa zincirli alkol olan genellikle metanol bazen de etanol ile reaksiyona sokulur ve bu şekilde biyodizel ve ham gliserol elde edilmektedir. Biyodizel yerçekimi kuvveti ile veya santrifüj ile gliserolden ayrılır. En basit biyodizel üretim metodu karıştırmalı bir reaktörde yağ ve alkolün karıştırılması olup, alkol/yağ molar oranları 4/1 ile 20/1 oranlarında değişirken en çok 6/1 oranı uygulanmaktadır (Donkin ve Doane 2007). Biyodizel ve gliserin bünyesinde kalan metanol fazlası ise evaporator veya flash ünitelerinde uzaklaştırılmakta ve metanolü alınan biyodizel fazı daha sonra hafif sıcak ve asidik suyla yıkanarak bünyesindeki gliserin, sabun, metanol, tuz gibi maddelerden saflaştırılarak kurutulmaktadır. Kurutmadan sonra biyodizel depolama tankına, gliserin ise gliserin saflaştırma ünitesine gönderilmektedir. Transesterifikasyon prosesine ve transesterifikasyon sonrası rafine işlemine bağlı olarak, elde edilen gliserin fazının (ham gliserin) saflığı farklılık gösterebilmekte ve saflık % 98'lere ulaşabilmektedir. % 90-95 saflıktaki gliserine teknik gliserin adı verilirken, % 99 ve üzeri saflıktaki gliserin farma gliserin olarak adlandırılmaktadır. % 99 ya da daha yüksek saflıkta ham gliserin, bir daha arıtılmadan kozmetik ve ilaç endüstrisinde kullanıma hazır hale geldiği ancak bünyesinde artık katalizör, metanol tuz gibi ham gliserolün kalitesini düşüren bileşikler olduğu bu şekilde hayvan beslemede kullanılmasının bazı problemlere neden olabileceği bildirilmektedir (Thompson ve He 2006). Yapılan bir çalışmada soyadan biyodizel üretim sırasında üretilen ham gliserolün son değerlendirilmesinde % 76.2 gliserol ve % 7.98 yağ, % 0.05 protein ve % 2.73 kadar da kül ve 11 ppm Ca, 6.8 ppm Mg, 53 ppm P ve % 1.2 Na içerdiği ifade edilmektedir (Thompson ve He 2006; Elam ve ark. 2008). Çizelge 1'de biyodizel yan ürünü olan gliserolün kimyasal analizi incelendiğinde, gliserolün ham protein ve ham yağ içeriğinin çok düşük ve sodyum ve klorun ham kül içeriğini oluşturan iki mineral olduğu görülmektedir.

Çizelge 1. Gliserolün kimyasal analizi (Lardy, 2008)

Su	%9.22
	KM üzerinden, %
Ham gliserol	95.8
Methanol	0.03
Ham protein	0.45
Ham yağ	0.13
Kül	3.51
Sodyum	1.39
Klor	2.05
Potasyum	<0.005

Gliserin genellikle hayvan yemi olarak kullanımı güvenli olarak kabul edilmektedir. Farklı saflık ve özellikteki gliserolün hayvan beslemede kullanılması ile ilgili olarak en önemli endişe yapısındaki metanol miktarıdır. Transesterifikasyon işlemlerinde yağ ile reaksiyon oluşturan metanol uygun teknoloji kullanılmadığı takdirde biyodizel üretiminde yan ürün olarak ortaya çıkan ham gliserol içerisinde % 26.7 (Schröder ve Südekum 1999) ve % 37.5 (Thompson ve He 2006) gibi yüksek oranlarda bulunabilmektedir. Elam ve ark. (2008) yaptıkları besi çalışmasında, % 12.5 oranında metanol içeren gliserolü kuru madde üzerinden % 10 oranında rasyona katılmasının besi performansına ve karkas parametreleri üzerine herhangi bir olumsuz etki göstermediğini bildirmişlerdir. Yemlik olarak kullanılacak ham gliserolde bulunabilecek metanol miktarı (metanolün hayvan beslemede toksik bir bileşik olması) çıkarılan yönetmeliklerle sınırlandırılmış olup, ABD yemlik gliserolde bulunabilecek metanol miktarını 150 mg/kg (CFR 2004), Almanya ise 5000 mg/kg düzeyinde sınırlandırmıştır (Sellers 2008).

Gliserolün enerji değeri

Ruminantlarda enerji kaynağı olarak gliserolün kullanılabileceği ve rasyonun nişasta içeriğine göre değişmekle birlikte kuru maddede % 10-20 gibi bir düzeyde ilave edilebileceği Schröder ve Südekum (1999) tarafından bildirilmiştir. Bununla birlikte, düşük nişasta içeren rasyonlara ilave edilen gliserolün organik madde ve hücre duvarı bileşenlerinin sindirilebilirliği üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı; aynı şekilde yüksek düzeyde nişasta içeren rasyonlara gliserol ilavesi yapıldığında yalnızca hücre duvarı bileşenlerini sindirilebilirliğinde azalmaya neden olduğu belirtilmiştir. Laktasyon başlangıcında % 40 kaba yem+% 60 konsantre yem içeren rasyonlarla beslenen süt sığırlarının rasyonlarına ilave edilen gliserol rumende karbonhidrat ve yağ metabolizmasına katılır. Schröder ve Südekum (1999) laktasyon başlangıcında yüksek nişastalı diyetlerde rasyona ilave edilen gliserolün enerji değerinin 1.98-2.27 Mcal/kg olduğunu, DeFraen ve ark. (2004) ise laktasyonun ilk döneminde rasyona ilave edilene gliserolün enerji değerini 1.92 Mcal/kg olduğunu bildirmiştir. Gliserolün enerji değerini belirlemede ortaya çıkan asıl belirsizlik kısmı ruminantlarda rasyona ilave edilen gliserolün seviyelerinin potansiyel etkisi ve diğer rasyon bileşenleri ile bilinmeyen etkileşimlerinden kaynaklanmaktadır. Gliserolün enerji değeri yaklaşık olarak mısır nişastasının enerji değerine eşdeğerdir. Diyet yüksek oranda mısır ve yüksek nişasta içeriğine sahipse (rasyon kuru maddesinin % 55) bu durumda mısır yerine ikame edilen gliserolün enerji değeri için yapılan tahminlemeler düşmektedir (Schröder ve Südekum 1999). Rasyon kuru maddesinin %40'ı gibi düşük nişasta içeriğine sahip rasyonlarda gliserol kullanıldığında gliserolün enerji değeri için yapılan tahminlemeler daha büyüktür. Bu nedenle daha fazla bilgi elde edilene kadar süt sığırları rasyonlarında nişasta düzeylerine bağlı olarak uygun başlangıç noktası gliserolün enerji değerinin mısır nişastasının enerji değerine eşit olduğu şeklinde ifade edilebileceği bildirilmektedir (Donkin ve Doane 2007). İn vivo çalışmalar sonucunda, yem ve su tüketimi, rumende besin maddelerin yıkılımı ve toplam sindirilebilirliği etkilemeksizin farklı saflıktaki gliserolün ruminant rasyonlarında kolay fermente olabilir karbonhidratlar yerine rasyon kuru maddesinin % 10'u düzeyinde ikame edebileceği bildirilmiştir (Schröder ve Südekum 1999).

Rumende gliserol metabolizması

Gliserol rumen metabolizmasında uçucu yağ asitlerine dönüşmektedir. Daha önceleri rumende gliserolün neredeyse tamamının propiyonik aside dönüştüğü ifade edilirken (Johns 1953; Garton ve ark. 1961); sonrasında yapılan çalışmalarda rumende asetik asit ve propiyonik asit (Wright, 1969) ve propiyonik ve bütirik asit konsantrasyonlarında artış olduğu (Czerkowski ve Breckenridge 1972) bildirilmiştir. Rasyonlarında gliserol bulunan ineklerden alınan rumen sıvısının kullanılması durumunda in vitro gliserol fermentasyonunda asetat aleyhine propiyonat ve bütirat lehinde artışlar olduğu ifade edilmiştir (Remond ve ark. 1993). 14 C atomu işaretlenmiş gliserol kullanılan çalışmalarda gliserolün çoğunun propiyonat sentezinde kullanıldığı ve rasyonlara % 15-25 düzeyinde gliserol ilave edilen çalışmaların çoğunda rumende 6 saat sonra gliserolün yıkımlandığı bildirilmiştir (Bergner ve ark. 1995).

Remond ve ark. (1993), in vitro fermentörler kullanarak gliserolün rumende maksimum yıkılma oranlarını saatte 0.52-0.62 gram olarak belirlemişlerdir. Başka bir çalışmada ise gliserolle yemlemeye alıştırılmış sığırlarda gliserolün iki saat içerisinde % 85 den daha fazla kısmının rumende yıkıldığı ifade edilmiştir (Kijora ve ark. 1998). Aynı şekilde rumene giren gliserolün önemli bir kısmının direkt olarak absorbe edildiğine dair bildirişlerde yer almaktadır (Remond ve ark. 1993). Gliserol karaciğerde glikoz ara metabolitlerine dahil olur ve glikoliz ve glukoneogenesis trioz fosfat adımı içerisinde gliserolden sorumlu enzimleri gereksinim duyar. Laktasyondaki süt sığırlarında glikoz ihtiyacı yüksek olduğu için, absorbe edilen gliserol ve rumen fermentasyonunda oluşan propiyonat benzer amaçlarla değerlendirilebilir.

Gliserolün Ruminant Rasyonlarında Enerji Kaynağı Olarak Kullanılması

Süt ineklerinde doğumdan önceki ve sonraki 3'er haftalık döneme geçiş dönemi (transition period) adı verilmektedir. Bu dönemin doğumdan önceki ilk 3 haftasına prepartum dönem, doğumdan sonraki ilk 3 haftasına postpartum dönem, doğumdan önceki ve sonraki birkaç günlük zamana ise peripartum dönem denilmektedir (Grummer 1995). Süt ineklerinde gebeliğin son dönemleri ile laktasyonun başlangıcında, enerji ve besin madde ihtiyaçlarında önemli artışlar olmaktadır. Buna karşın bu dönemlerde yem tüketimindeki ciddi azalmalara bağlı olarak ihtiyaçlar karşılanamamakta, sonuçta negatif enerji ve besin madde dengesi oluşmaktadır. Yüksek süt verimli ineklerde laktasyonun başlangıcında negatif enerji dengesinin düzeltilmesi amacıyla yağ dokudan yağlar mobilize olmaktadır. Hayvanın genetik kapasite olarak yüksek süt verme özelliğine sahip olması, doğuma yüksek kondisyonda girmesi yağ mobilizasyonunu artıran en önemli etkidir. Yağ mobilizasyonu ile açığa çıkan yağ asitlerinin bir kısmı karaciğerde yağ sentezine katılarak karaciğer yağlanması gibi metabolik bir hastalığa neden olur. Bununla birlikte yağ asitlerinin enerji kaynağı olarak metabolizmada kullanılması için gerekli olan okzaloasetik asit yeteri kadar bulunmadığı için yağlar keton cisimciklerine dönüşerek kanda birikmeye başlar. Ketosiz daha çok yüksek verimli süt ineklerinde görülen subakut ve kronik seyirli bir karbonhidrat metabolizması bozukluğudur (Rosenberger 1994). Geçiş döneminde görülen bu hastalıkların önlenmesi ya da azaltılmasında beslemenin payı oldukça büyük olup bu hastalıklardan korunmaya yönelik olarak doğum öncesi ve sonrası dönemleri kapsayan günlerde enerji ve glikoz açığını azaltmak amacıyla glikojenik özellikli maddelerin kullanımı giderek artmaktadır.

Gliserolün, ruminant beslemede, çoğunlukla yüksek verimli süt ineklerinde doğum sonrası gözlenen negatif enerji dengesinin şiddetinin azaltılmasında glikoz kaynağı olarak kullanımı üzerinde durulmaktadır (Kaiser ve ark. 2002; DeFrain ve ark. 2004; Chung 2007; Chung ve ark. 2007; Osborne ve ark. 2009). 1955 yılında ilk olarak ketosiz metabolik hastalığın tedavisinde gliserol kullanımı denenmiş ve 1970'lerde ise ketosiz tedavisinde gliserol gibi propilen glikol kullanımının olabileceği de bildirilmiştir (Fisher ve ark. 1971; 1973). Son zamanlarda negatif enerji döngüsünde veya laktasyonun ilk periyodunda metabolik problemleri önleyici olarak gliserol kullanımı yine gündeme gelmiştir. Goff ve Horst (2001) yüksek verimli süt ineklerinin geçiş dönemlerinde ketosiz tedavisi ve bu metabolik hastalığın önlenmesi için gliserolün günlük 3 litre ve DeFarin ve ark. (2004) günlük 0.86 kg kullanımını önermişlerdir. Yüksek verimli süt ineklerinde son yıllarda yağlı karaciğer ve ketozisten korunmaya yönelik olarak doğum öncesi ve sonrası dönemleri kapsayan günlerde enerji ve glikoz açığını azaltmak amacıyla glikojenik özellikli maddelerin kullanımı giderek artmaktadır. Glikojenik amaçla kullanılan preparatlar arasında en çok bilineni Propilen glikoldür. Metabolizmada doğrudan glikoza dönüşebildiği gibi rumende propiyonik aside dönüşerek de glikoz sentezine katılabilmektedir (Nielsen ve Ingvarsten 2004). Glikojenik bir madde olan gliserol de metabolizmada glikoz sentezine katkıda bulunarak enerji

metabolizmasının düzenlenmesine yardımcı olmaktadır. Bu dönemde rasyon kuru maddesinin % 5 ile 8'i arasında gliserol kullanımının uygun olduğu söylenebilir. Negatif enerji döngüsünde gliserol kullanımını öneren birçok kanıt bulunmasına rağmen laktasyondaki süt ineklerinin gliserol kullanımı ile ilgili sınırlı bilgi vardır. Bazı çalışmalarda günlük 150-472 g arasında gliserol kullanılmasının yetersiz olduğu ifade edilmiştir (Fisher ve ark. 1971; 1973; Khalili ve ark. 1997). Rasyon kuru madde esasına göre % 5 ve daha üzeri gliserol kullanımı ile ilgili çalışmalar oldukça azdır. Schröder ve Südekum (1999) süt sığırlarında besin maddelerinin toplam sindirilebilirliğini, rumendeki yıkılabilirliği, rumendeki mikrobiyel sentezi ve tüketimi üzerine herhangi bir olumsuz etki yapmaksızın rasyonda var olan nişastanın yarısı kadar gliserol ikamesinin mümkün olabileceğini ve süt sığırları rasyonlarında % 10'a kadar kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Laktasyonun ortasında rasyona % 3.6 gliserol ilavesi yapılan başka bir çalışmada süt verimi ve bileşimi üzerinde gliserolün herhangi bir etkisi gözlenmemiş, ancak az da olsa rumende asetik asit düzeyi düşmüş, bütirik ve propiyonik asit düzeyi artmıştır. Sütte yağ asidi profilinde bazı değişiklikler gözlenmiştir (Khalili ve ark. 1997). Aynı şekilde buzağılama sonrasında rasyon kuru maddesinin % 5.4'ü olacak şekilde gliserol kullanımının yem tüketimi ve süt verimi üzerinde herhangi bir etkisi görülmemiştir (DeFrain ve ark. 2004). Bodarski ve ark. (2005), buzağılamadan 3 hafta önce başlayarak buzağılamadan sonra 70 gün devam eden ve rasyon kuru maddesinin yaklaşık olarak % 3.1'ini oluşturan gliserolün (500 ml) süt verimi ve süt proteinini artırdığını belirtmişlerdir. Reichel ve ark. (2006) doğum öncesi 10. günden başlayarak doğum sonrası 100. güne kadar günde 100 g gliserol uygulamasının süt üre nitrojeni düzeyini azalttığını ve süt yağı üzerinde de artma yönünde bir eğilim gözlediklerini bildirmişlerdir. Yapılan tüm bu çalışmalar dikkate alındığında süt sığırlarında geçiş döneminde gliserol kullanımının süt verimi ve süt bileşimi üzerinde zararlı etkileri olmaksızın bazı yararlı etkilerinin de olduğu ve rasyon kuru maddesinin en az % 10 düzeyinde gliserol kullanılabileceği görülmektedir.

Donkin ve Doane (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, rasyonlarında gliserol bulunan süt sığırlarında 8 haftalık deneme süresi dikkate alındığında kuru madde tüketimi ve süt üretimi bakımından farklılıkların olmadığı bildirilmiştir. Ancak deneme periyodunun ilk 7 günlük periyodunda % 15 gliserol verilmesi durumunda yem tüketiminde bir azalma olduğu ve 7 günlük dönemde rasyon içerisindeki gliserol oranının kademeli olarak artırılması ile tüketimdeki bu negatif etkinin düzeltilebileceği ifade edilmiştir. Aynı çalışmada farklı oranlarda gliserol ilave edilen rasyonlarla beslenen süt sığırlarında süt verimi ve süt kompozisyonunun değişmediği ancak süt üre nitrojeninin düşmesine neden olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca diyet kuru maddesinin % 10 ve % 15 düzeyinde gliserol içeren rasyonları tüketen süt sığırlarında canlı ağırlık kazancı % 5 gliserol içeren ve katkısız bazal rasyonlarla beslenen süt sığırlarına göre daha fazla olduğu da ifade edilmiştir (Donkin ve Doane 2007).

Yine son yıllarda gliserolün giderek maliyetleri artan tane yemlere alternatif olarak, beside kullanılabileceği yönünde gelişmeler olmuştur (Mach ve ark. 2009, Parsons ve ark. 2009). Mach ve ark. (2009) yaptıkları çalışmalarında kuru madde üzerinden % 12'ye kadar gliserol ilave edilen rasyonlarla beslenen Siyah Alaca erkek danalarda yem tüketimi ve canlı ağırlık bakımından farklılık gözlemlenemediklerini bildirirken, Drouillard (2008) rasyonlarda % 10'dan fazla ilave edilmesi durumunda yem tüketiminin olumsuz etkileneceğini bildirmiştir. Coşkun ve ark. (2010), üç farklı özellikte gliserolün 50 g/gün dozunda yemlerin üzerine dökülerek yürüttükleri araştırmalarında, çalışmanın her döneminde kontrol grubu ile gliserol verilen gruplar arasında canlı ağırlık bakımından önemli bir farklılığın oluşmadığını bildirmişlerdir. Yine farklı bir çalışmada, % 16'ya kadar gliserol ilave edilen farklı rasyonlarla beslenen besi sığırlarında % 2, 4 ve 8 düzeylerinde gliserol alan gruplarda günlük canlı ağırlık artışlarının daha yüksek olduğu, % 12 ve % 16 düzeyinde gliserol içeren rasyonları tüketen besi sığırlarında ise yem tüketimindeki azalmadan dolayı günlük canlı ağırlık artışlarında bir düşüş kaydedildiği ifade edilmiştir (Parsons ve ark. 2009).

Sonuç

Son yıllarda dünyada ve ülkemizde artmakta olan biyodizel üretiminin yan ürünü olan gliserolün hayvan besleme sektöründe de kullanımının ekonomik açıdan katkısı olacağı şüphesizdir. Dizel tüketiminin % 23'ünün yenilenebilir kaynaklardan karşılanması halinde 11 500 000 ton yağlı tohuma ihtiyaç duyulmakta ve bu kadar yağlı tohum bitkisi ile 7.5 milyon ton yağlı tohum küspesi ve biyodizel üretimi ile 350 bin ton gliserol elde edilecektir. Biyodizel üretimin yaygınlaşması sonucunda kanola, aspir ve soya üretiminin artacağı ve üretim sırasında yan ürün olarak elde edilen gliserolün ise süt ve besi sığırlarının beslenmesinde önemli bir hammadde olacağı kaçınılmazdır.

Kaynaklar

- Bergner H, Kijora C, Ceresnakova Z, Szakacs J (1995). In vitro studies on glycerol transformation by rumen microorganisms. *Arch. Tierernähr.* 48:245-256.
- Bodarski R, Wertelecki T, Bommer F, Gosiewski S (2005): The Changes Of Metabolic Status and Lactation Performance in Dairy Cows Under Feeding TMR With Glycerin (Glycerol) Supplement at Periparturient Period. *Electronic Journal of Polish Agricultural Univ. Animal Husbandry.* 8: 4.
- CFR (Code of Federal Regulations) (2004). Glycerine, Office of Federal Register, National Archives and Records Administration, Washington, USA.
- Chung YH (2007). The role of gluconeogenic precursors and methyl donors in periparturient Holstein dairy cows on milk yield and metabolic profiles (PhD). The Pennsylvania State University, The Graduate School, Department of Dairy and Animal Science, USA.
- Chung YH, Rico DE, Martinez CM, Cassidy TW, Noiroit V, Ames A, Varga GA (2007). Effects of feeding dry glycerin to early postpartum Holstein dairy cows on lactational performance and metabolic profiles. *J. Dairy Sci.* 90:5682-5691.
- Coşkun B, Polat ES, Gürbüz E, İnal F (2010). Farklı saflıktaki gliserolün kuzularda besi performansı üzerine etkisi. *Eurasian Journal of Veterinary Science.* 26(2):75-79.
- Czerkawski, JW, Breckenridge G (1972). Fermentation of various glycolytic intermediates and other compounds by rumen micro-organisms, with particular reference to methane production. *Br. J. Nutr.* 27:131–146.
- De Frain JM, Hippen AR, Kalscheur KF, Jardon PW (2004). Feeding glycerol to transition dairy cows. Effects on blood metabolites and lactation performance. *J. Dairy Sci.* 87:4195–4206
- Donkin SS, Doane P (2007). Glycerol as a feed ingredient in dairy rations. *Tri-State Dairy Nutrition Conference*, 24-25 April, 97-103.
- Drouillard JS (2008). Glycerin as a feed for ruminants: Using glycerin in high concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 86: E-Suppl. 2/J: 392.
- Elam NA, Eng KS, Bechtel B, Harris JM, Crocker R (2008). Glycerol from biodiesel production: Considerations for feedlot diets. *South West Management and Nutrition Conference Proceedings*, Arizona, USA.
- Fisher LJ, Erfle JD, Sauer DF (1971). Preliminary evaluation of the addition of glucogenic materials to the rations of lactating cows. *Can. J. Anim. Sci.* 51:721–727.
- Fisher LJ, Erfle JD, Lodge GA, Sauer FD (1973). Effects of propylene glycol or glycerol supplementation of the diet of dairy cows on feed intake, milk yield and composition, and incidence of ketosis. *Can. J. Anim. Sci.* 53:289–296.
- Garton GA, Lough AK, Vioque E (1961). Glyceride hydrolysis and glycerol fermentation by sheep rumen contents. *J. Gen. Microbiol.* 25:215–225.
- Goff JP, Horst RL (2001). Oral glycerol as an aid in the treatment of ketosis/fatty liver complex. *J. Dairy Sci.* 84(Suppl. 1):153. (Abstr.).
- Grummer RR (1995). Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J. Anim. Sci.* 73:2820–2833.
- Johns AT (1953). Fermentation of glycerol in the rumen of sheep. *New Zealand J. Sci. Technol.* 35:262-269.
- Johnson RB (1955). The treatment of ketosis with glycerol and propylene glycol. *Cornell Vet.* 44:6–21.
- Kaiser G, Stokes S, Goff J (2002). Effect of oral glycerol drench on transition dairy cattle. *Proceedings of Mid-South Ruminant Nutrition Conference*, Arlington, USA, 31-36.
- 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. *Ag. Food Sci. Finland.* 6:349–362.
- Kijora C, Bergner H, Gotz KP, Bartelt JP, Szakacs J, Sommer A (1998). Research note: investigation on the metabolism of glycerol in the rumen of bulls. *Arch. Tierernähr.* 51:341-348.
- Lardy G (2008). Biodiesel benefits for cattle producers: Feeding byproducts of biodiesel production. *Western Organization of Resource Councils* 220 South 27th Street, Suite B Billings, Montana 59101 406/252/9672, 28.
- Mach N, Bach A, Devant M (2009). Effects of crude glycerin supplementation on performance and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 87:632–638.

- Nielsen NI, Ingvarsten KL (2004). Propylene glycol for dairy cows. A review of the metabolism of propylene glycol and its effects on physiological parameters, feed intake, milk production and risk of ketosis. *Anim Feed Sci Technol*, 115: 191-213.
- Osborne VR, Odongo NE, Cant JP, Swanson KC, McBride BW (2009). Effects of supplementing glycerol and soybean oil in drinking water on feed and water intake, energy balance, and production performance of periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92:698-707.
- Parsons GL, Shelor MK, Drouillard JS, 2009. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. *J. Anim. Sci.* 87: 653-657.
- Reichel P, Hybsky S, Kovac G, Zavadona Z, Huska M, Poulikova I (2006). Feeding glycerol to transition dairy cows effects on rumen fluid, blood metabolites and lactation performance. *Slov. Vet. Res.* 43: 137-139.
- Remond B, Souday E, Jouany JP (1993). In vitro and in vivo fermentation of glycerol by rumen microbes. *Anim. Feed Sci. Technol.* 41:121–132.
- Rosenberger G (1994). *Krankheiten des Rindes*. 3. unveränderte Auflage, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin.
- Sabancı A, Ören MN, Yaşar B, Öztürk HH, Atal M (2010). Türkiye’de biyodizel ve biyoetanol üretiminin tarım sektörü açısından değerlendirilmesi. http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/cf0ed8641cfcbf_ek.pdf. 1-19
- Schröder A, Südekum KH (1999). Glycerol as a byproduct of biodiesel production in diets for ruminants. 10th Int. Rapeseed Congr., Canberra, Australia
- Sellers RS, 2008. Glycerin as a feed ingredient, official definition(s) and approvals. American Feed Industry Association, Arlington, VA. *J Anim Sci.* 86: E-Suppl. 2.
- Thompson JC, He BB, 2006. Characterisation of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks. *Appl. Eng. Agric.* 22: 261-265.
- Wright DE (1969). Fermentation of glycerol by rumen microorganisms. *N.Z. J. Agric. Res.* 12:281-286.
- Yaşar B (2008). Türkiye’de biyodizel üretim maliyeti ve yaşanan sorunlar. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 17-19 Aralık, İstanbul, 197-204.
- Yaşar B (2009). Alternatif enerji kaynağı olarak biyodizel üretim ve kullanım olanaklarının Türkiye tarımı ve AB uyum süreci açısından değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (basılmamış doktora tezi).