

## Beslemenin Sığır Eti Konjuge Linoleik Asit Miktarına Etkisi

Hayati Köknaroğlu

Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Isparta

e-posta: hayati@ziraat.sdu.edu.tr; Tel.: +90 (246) 211 46 51

### Özet

Konjuge Linoleik Asit (KLA), linoleik asit'in çift bağdan oluşan izomerleridir. Bu izomerler insan sağlığı üzerinde pek çok olumlu etkiler gösterir. KLA genellikle bütün gıdalarda bulunmasına rağmen insanlar için ana kaynak ruminant hayvanlardan elde edilen et ve süt ürünleridir. Ruminant etlerinde KLA oranının yüksek olması bu hayvanların mide yapılarından kaynaklanmaktadır. Araştırmalar, ruminant hayvanların rasyonlarında yapılan bazı değişiklikler ile hayvansal ürünlerdeki KLA miktarının değiştirilebileceğini göstermiştir. Rasyona bitkisel veya balık yağı katılması, kaba yem/kesif yem oranının kaba yem lehine değiştirilmesi, bunların her ikisinin de birarada kullanılması veya rasyona korunmuş KLA eklenmesi ette KLA miktarını artırmaya yönelik uygulamalardır. Hayvansal ürünlerdeki KLA miktarını etkileyen temel faktör beslemedir.

**Anahtar kelimeler:** Konjuge linoleik asit, besleme, ruminant, et

### The Effect of Nutrition on Conjugated Linoleic Acid Content of Cattle Meat

#### Abstract

Conjugated Linoleic Acid (CLA) is isomers of linoleic acid with two conjugated unsaturated double bonds. These isomers have positive effects on human health. Even though CLA could be found in all foods, main source for human is milk, milk products and meat obtained from ruminants. The reason for ruminants to have higher CLA concentration in their products is the environment in the rumen. Research showed that feeding regimen had effects on CLA content of the animal products. Adding vegetable or fish oil to ration, changing C/R in favor of roughage or using combination of both, or inclusion of protected CLA to ration are methods to increase CLA content in meat. Nutrition is the main factor to increase CLA content in animal products.

**Keywords:** Conjugated linoleic acid, nutrition, ruminant, meat.

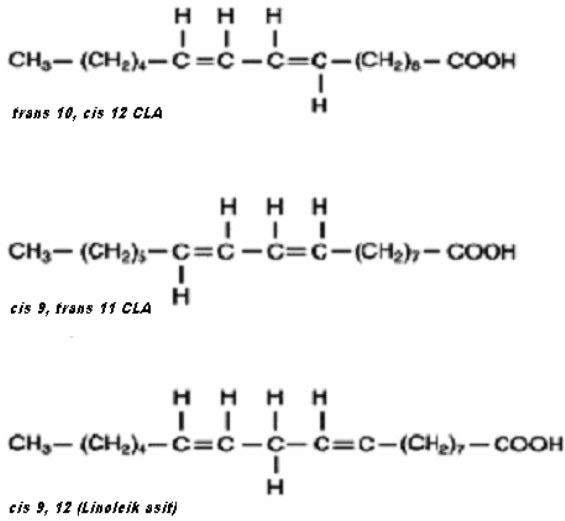
#### Giriş

Konjuge linoleik asit (KLA), linoleik asitin çift doymamış konjuge bağ içeren pozisyonel ve geometrik izomerlerinin karışımıdır (Bauman ve ark. 1999). Herbir çift bağ cis veya trans olabilir ama bu çift bağlardan biri trans ise bu biyoaktifdir (Jensen, 2002). Cis-9, trans-11 ve trans-10, cis-12 fizyolojik olarak önemli izomerlerdir ve ruminantlardan elde edilen ürünlerde sırasıyla toplam KLA'nın % 80-90 ve %3-5'ini oluştururlar (Parodi, 2003; Şekil 1). Diğer gıdalarda da bulunmasına karşın (Çizelge, 1), ruminantlardan elde edilen ürünlerde KLA miktarı yüksek düzeydedir ve bu ürünler diyetle bulunan KLA'nın ana kaynağıdır (Chin ve ark. 1992). KLA, linoleik asitin biyohidrojenasyonu (Harfoot ve Hazlewood 1988) sırasında ara ürün olarak ya da vücutta trans-vaksenik asitin (C18:1 trans-11)  $\Delta^9$  desaturaz enzimi etkisiyle (Corl ve ark., 2001; Griinari ve Bauman, 1999) oluşur. Son yıllarda yapılan çalışmalarda KLA'nın kanser, ateroskleroz ve şeker hastalıklarını engellediği, bağışıklık sistemi ve kemik kompozisyonunu etkilediği ve vücut yağ içeriğini azalttığına dair bilgiler vardır (Ip ve ark., 1994; Belury

ve ark., 2003; Nicolosi ve ark., 1997; Pariza, 1999; Mac Donald, 2000). Söz konusu etkilerin görülmesi için günde 400' mg dan daha fazla cis-9, trans-11 KLA tüketilmesi gerekirken, genel beslenme alışkanlıklarıyla vücuda alınan günlük ortalama cis-9, trans-11 miktarı 200 mg'ın altındadır (Ritzenhaler ve ark., 2001). İnsan sağlığı üzerine olumlu etkilere sahip KLA'nın hayvansal ürünlerde, özellikle de sığır eti ve sütte artırılması son günlerde üzerinde önemle durulan bir konudur.

Çizelge 1. Gıdalarda konjuge linoleik asit miktarları, g/100 g toplam yağ asitleri (Gnädig)

Gıdalar	KLA içeriği
Tereyağı	0.63-2.02
Süt	0.46-1.78
Sığır eti	0.67-0.99
Kuzu eti	1.62-2.02
Balık	0.04-0.28
Yoğurt	0.43-1.12
Peynir	0.50-1.70
Domuz eti	0.15
Hindi	0.96
Bitki yağları	Tanımlanamadı



Şekil 1. t-19, c-12 CLA, c-9, t-11 CLA ve Linoleik asit (c-9, c-12 C<sub>18:2</sub>)

Ruminant hayvanların rasyonlarında bazı değişiklikler yapılarak yağların yapısında bulunan KLA miktarı pratikte dört şekilde artırılabilir (Bauman ve ark. 2001):

1-Rumende KLA ve vaksenik asit (C<sub>18:1</sub>, trans-Δ<sup>11</sup>) üretimini artıracak çoklu doymamış yağ asidi bitkisel veya balık yağının ilave edilmesiyle,

2- Rumende biyohidrojenasyona neden olan bakterileri doğrudan ya da kaba/yoğun yem oranını artırarak rumen ortamını bakterilerin aleyhine olacak şekilde düzenleyerek,

3- Birinci ve ikinci yöntem birlikte ele alınarak uygulanır. Bu durumda yeme yağ ilave edilerek rumen biyohidrojenasyonun etkilenmesi sağlanır. Süt sığırlarının rasyonlarına yeşil otların ilavesinin KLA miktarını yaklaşık iki kat artırırken (Lock ve Garnsworthy, 2003) çoklu doymamış yağ asitlerinin ilavesiyle aynı etkinin gözlenmemesi bu duruma kanıt olarak gösterilmektedir.

4-Rasyona eklenen KLA, vaksenik asitin kalsiyum sabunları ve formaldehit ile korunarak rumendeki biyohidrojenasyondan korunur. Böylece KLA'nın direk bağırsağa geçmesi sağlanmış olur.

Bu çalışmada hayvansal ürünlerde, özelliklede sığır etinde konjuge linoleik asit miktarının artırılması için ruminantlarda yapılan araştırma sonuçları derlenerek elde edilen bulgular konu bütünlüğü içerisinde sunulmaya çalışılmıştır.

## Rasyona Yağ İlavesi ile KLA Miktarının Arttırılması

Soya yağı linoleik asit içeriği yüksek bir yağdır. Rasyonun soya yağı ile zenginleştirilmesi ette KLA miktarını arttırdığını bildiren araştırmacılar olduğu gibi (Engle ve ark. 2000), değiştirmedığını (Beaulieu ve ark. 2002), hatta düşürdüğünü ifade eden bilim adamları da vardır (Griswold ve ark. 2003). Rasyonlara yağ ilavesinin bu konuyla ilgili temel amacı rumendeki mikrobiyal (özellikle selülotik) aktiviteyi inhibe etmektir (Jenkins, 1993). Rasyonda yeterince çoklu doymamış yağ asitlerinin bulunduğu durumlarda, rumende üretilen KLA ve vaksenik asit miktarını sınırlandıracak düzeyde soya yağı ilavesinin herhangi bir olumlu etkisi yoktur (Griswold ve ark. 2003).

Mir ve ark. (2003) %80 arpa ve %20 arpa silajı içeren rasyona %, %3 ve %6 oranında ayçiçek yağı katarak besledikleri sığırların etlerinde KLA miktarının arttığını belirlemişlerdir. Aynı araştırmacılar başka bir çalışmada (Mir ve ark., 2000) süttan kesimden sonra 1:1 oranında dane arpa ve peletlenmiş yoncadan oluşan rasyona %6 oranında aspir yağı katarak kuzuları beslemişler ve aspir yağı ilavesinin diyafram, bacak kası, yağ dokusu ve karaciğer de KLA miktarını 2 ile 4 kat arttırdığını bildirmişlerdir. Noci ve ark. (2005) kesimden önce düveleri 142 gün boyunca rasyonun her kilogramına karşılık 0, 55 ve 110 g ayçiçek yağı ekleyerek beslediklerinde göz kası etinde KLA miktarının sırasıyla 4.3, 6.3 ve 9.1 mg/g olduğunu tespit etmişlerdir.

Casutt ve ark. (2000) hayvansal ürünlerdeki KLA miktarını artırmak için linoleik asitçe zengin yağların ve yağlı tohumların (ayçiçek veya aspir) kullanılmasının daha etkili olacağını belirtmişlerdir. Ruminantlarda, yemlerle alınan doymamış yağ asitleri rumendeki bakteriler tarafından biyohidrojenizasyonla doyurulur (Harfoot ve Hazlewood 1988). Rumendeki biyohidrojenasyonun (Şekil 2) ilk adımı, izomerasyonla cis-12 çift bağın trans-11 şekline dönüşmesi ve böylece konjuge di veya trienoik yağ asitinin oluşmasıdır. İkinci adım, cis-9 çift bağının redüksiyonu ile trans-11 (vaksenik asit) yağ asitinin oluşumudur. Üçüncü adım ise, trans-11 (vaksenik asit) çift bağının hidrojenasyona uğrayıp stearik asite dönüşmesidir (Kepler ve Tove, 1967). Şekil 2'den de görüldüğü gibi rasyona rumen mikrobiyal aktivitesini etkilemeyecek şekilde linoleik asitçe zengin yağlar eklendiğinde, rumene gelen linoleik asit miktarı ve bundan dolayı da ara ürün olan KLA ve vaksenik asit oranı artar. Görüldüğü gibi rasyona ilave edilen bitkisel yağlar rumendeki bakteriyel izomerizasyon ve/veya biyohidrojenasyona kaynak

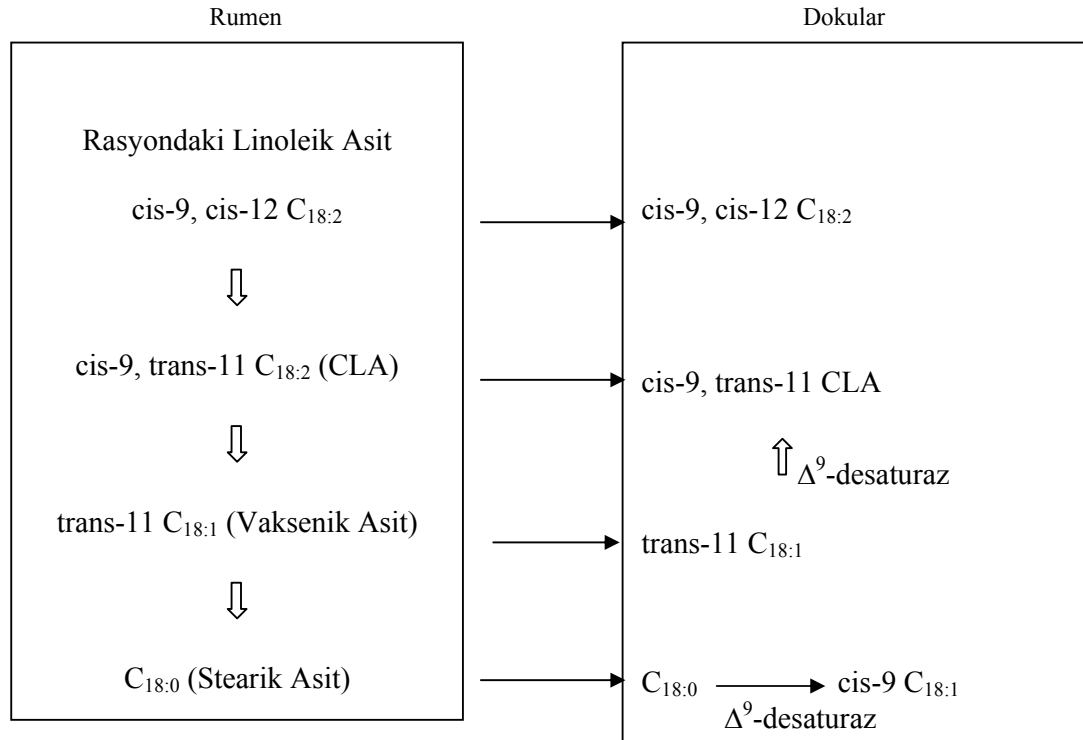
oluşturan çoklu doymamış yağ asitleri sağladıkları için etteki KLA miktarını etkilemektedirler. Ama bunun yanında eğer yağ rumendeki izomerizasyon ve/veya biyohidrojenasyona dayanıklı ise ne rumende ne de kaslarda KLA üretilmez (Scollan ve ark. 2003).

Kırmızı etlerdeki KLA miktarını artırma yollarından biri de rasyona balık yağı eklenmesidir. Balık yağı çoklu doymamış yağ asitlerinden 20 ve 22 karbonluları içerir ve bu yağlar rumendeki biyohidrojenasyonda KLA veya vaksenik asite dönüştürülmez. Dolayısıyla rasyona balık yağı katılması, biyohidrojenasyonun son adımını ve linoleik asitin stearik asite dönüşmesini engeller. Rumenden biyohidrojenasyona uğramadan geçen vaksenik asitin dokularda  $\Delta^9$  desaturaz enziminin etkisiyle KLA'e dönüşmesi kaslardaki KLA miktarını artırır (Wachira ve ark. 2000; Shingfield ve ark. 2003; Griinari ve Bauman, 1999). Enser ve ark (1999) rasyona balık yağı eklediklerinde Şarole sığırlarının longissimus lumborum kaslarında KLA miktarının arttığını bildirmişlerdir.

#### Kaba / Yoğun Yem Oranının KLA Miktarı Üzerine Etkisi

Kucuk ve ark. (2001), değişik oranlarda yoğun yem

içeren rasyonlarla beslenen koyunlarda, artan kaba yem miktarı ile birlikte duodenumdaki KLA miktarında artışlar gözlemlenmiştir. Nitekim, French ve ark. (2000)'da rasyondaki yoğun yem oranındaki artışa bağlı olarak sığırların etlerinde KLA miktarının arttığını belirlemişlerdir. Rasyondaki yeşil yem oranı %12'den %36'ya yükseltildiğinde duodemundaki vaksenik asit miktarının arttığı bildirilmiştir (Sackman ve ark. 2003). Rumende linoleik asitten KLA oluşumuna neden olan biyohidrojenasyon adımları Şekil 2'de verilmiştir. Bu reaksiyon rumendeki *Butyrivibrio fibrisolvens* adı verilen bakteri tarafından üretilen linoleik asit izomeraz tarafından katalize edilir (Kepler ve Tove, 1967). Bundan dolayı sindirim sisteminden emilecek KLA miktarı, rasyonla birlikte alınan linoleik asit miktarı, *Butyrivibrio fibrisolvens* popülasyonu ve bu popülasyonun aktivitesi tarafından belirlenir. French ve ark. (2000) yemlerle alınan linoleik asit miktarı aynı olmasına karşın rasyonun kaba yem oranındaki artışa bağlı olarak KLA miktarının yükseldiğini belirlemişlerdir. Bunun nedeni de artan kaba yem miktarının *Butyrivibrio fibrisolvens* bakterisinin gelişmesi için uygun koşulları oluşturmasıdır.



Şekil 2. Rumen biyohidrojenasyonu ve dokulardaki  $\Delta^9$ -desaturaz enziminin ruminant yağlarında cis-9, trans-11 KLA üretimindeki rolleri (Bauman ve ark, 1999).

Kaba yem miktarının artması ile biyohidrojenasyon artmış ve rumen pH'sı da yükselmiştir. Yüksek düzeyde yoğun yemle beslenmeleri nedeniyle düşük rumen pH'sına sahip hayvanlarda biyohidrojenasyon (Kalscheur ve ark. 1997) ve lipolizis gerilemektedir (Latham ve ark. 1972). Yoğun yem tüketimine bağlı olarak biyohidrojenasyonun gerilemesinin bir diğer nedeni de tüketilen yemin rumende kalış süresinin kısalmasıdır. Böylece yemlerin yapısında bulunan yağlarla rumende bulunan bakterilerin temas süresi kısalmış olur (Merchen, 1993). Sharp ve Birkelo (1996) sığırları fermantasyon yan ürünü olan yoğunlaştırılmış mısır distiller sıvısıyla beslediklerinde rumen pH'sının arttığını gözlemişlerdir. Köknaoğlu ve ark. (2005) sığırları ahırda mısır veya yoğunlaştırılmış mısır distiller sıvısıyla beslediklerinde yoğunlaştırılmış mısır distiller sıvısıyla beslenen sığırların etlerinde KLA miktarının daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Bunun sebepleri pH'nın yükselmesi ile bakterilerin çalışması için uygun ortamın sağlanması, yemin rumende kalış süresinin uzaması ve bakterilerle temasının artması olarak açıklanabilir.

### Otlatmanın KLA üzerine etkisi

Piasentier (2003), merada otlayan kuzuların etlerinde daha fazla KLA bulunduğunu belirlemiştir. Shantha ve ark. (1997) 150 gün boyunca merada otlayan ve ek olarak da mısırla yemlenen sığırların *semimembranosus* kaslarındaki KLA miktarlarını karşılaştırılmalı olarak incelemişler ve mısır eklenen grupta KLA miktarının daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. French ve ark. (2000) sığırları 85 gün boyunca Çizelge 3'te verilen kaba ve yoğun yemlerden oluşan rasyonlarla yemlediklerinde etteki KLA miktarının, rasyonda yeşil ot miktarının artması ile doğrusal bir artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Yeşil otlar linolenik asit (C18:3) bakımından zengindirler (Çizelge 2).

Çizelge 2. Bazı yemlerde bulunan 18 karbonlu yağ asidi içerikleri (Palmquist 1988).

Yem maddeleri	Yağ asidi içeriği (%)		
	C18:1	C18:2	C18:3
Kurutulmuş yonca	6.5	18.4	39.0
İngiliz çimi	2.2	14.6	68.2
Yeşil ot	3.4	13.2	61.3
Mısır	30.9	47.8	2.3
Arpa	20.5	43.3	4.3
Soya yağı	22.8	50.8	6.8

Poulson ve ark. (2004) kesime kadar sadece merada otlatılan veya kesif yemle beslenen sığırların *longissimus* ve *semitendinosus* kaslarındaki KLA

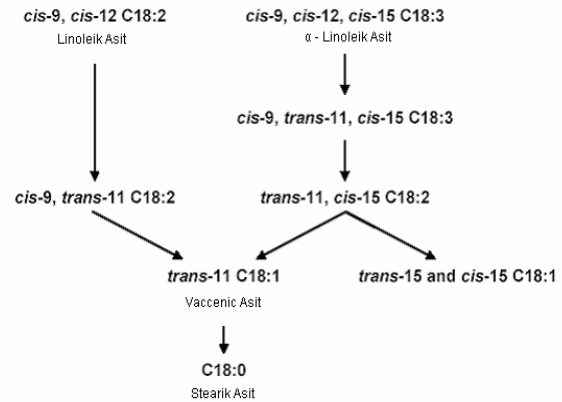
miktarını karşılaştırdıklarında merada otlatılan sığırların bu kaslarda 6.6 kat daha fazla KLA içerdiklerini saptamışlardır.

Çizelge 3. Rasyonu Oluşturan Kaba ve Yoğun Yem Miktarları (kg) (French ve ark. 2000)

Kaba yem	Yoğun yem
Ad libitum çayır silajı	4
Kuru ot 1	8
Yeşil ot 6	5
Yeşil ot 12	2,5
Yeşil ot 22	-

Büyüme döneminde yoğun yemle beslenen ama daha sonra besi döneminde merada otlatılan sığırların etlerindeki KLA miktarının hem büyüme hemde besi döneminde yoğun yemle beslenen sığırlarinkinden 4 kat daha fazla olduğu bildirilmiştir (Poulson ve ark. 2004). Buna benzer sonuçlar yine Realini ve ark. (2004) tarafından da bildirilmiştir. Başka bir araştırmada ise merada 200 gün otlatıldıktan sonra feedlotda besiye alınan sığırların tümüyle feedlotda kesif yemle beslenen sığırlardan daha yüksek miktarda etlerinde KLA bulduklarını bulunmuştur (Sonon ve ark. 2004).

Rumende linolenik asit biyohidrojenasyona uğradığı zaman KLA ara ürün olarak ortaya çıkmaz. Linolenik asit biyohidrojenasyon sonucu stearik asite dönüştürüldüğü zaman ara ürün olarak vaksenik asit ortaya çıkar (Şekil 3). Vaksenik asit bağırsaklarda emildiğinde Şekil 2'de görüldüğü gibi dokularda  $\Delta^9$ -desaturaz enzimi etkisiyle KLA ya dönüştürülür. Yeterli miktarda linoleik asit (C18:2) bulunduran yeşil yemlerin etlerde yüksek düzeylerde KLA oluşturmasının nedeni budur.



Şekil 3. Linoleik ve linolenik asitin rumende biyohidrojenasyon şeması (Harfoot ve Hazlewood, 1997)

Gillis ve ark. (2003), sığır etlerinde bulunan KLA'nın %86'dan fazlasının vaksenik asitin desaturasyonu sonucu oluştuğunu bildirmişlerdir.

### **KLA'nın Kalsiyum Sabunları veya Formaldehitle Korunarak Rasyona Katılması**

Rasyondaki doymamış yağ asitleri rumen mikroorganizmaları tarafından biyohidrojenasyona uğratarak doymuş hale getirilirler. Doymamış yağ asitlerinin bağırsaklardan emilimini arttırmak için ya bu yağ asitlerinin kalsiyum sabunlarının kullanılması gerekir ya da formaldehit muamele edilerek rumendeki biyohidrojenasyondan korunması gerekir. Ayrıca, doymamış yağ asitlerini rasyona fazla miktarda katarak da bir miktarının rumendeki biyohidrojenasyondan kaçıp bağırsaklarda emilmesi sağlanabilir. Yüksek oranda yoğun yemle beslenen hayvanlarda rasyondaki 18 karbonlu yağ asitlerinin rumende %68 ile 84 oranında biyohidrojenasyona uğradığı gözlenmiştir (Zinn ve ark., 2000; Duckett ve ark., 2002; Sackmann ve ark., 2003). Doymamış yağ asitlerini formaldehit ile muamele etmek rumendeki biyohidrojenasyonu %54 düzeyine düşürmüştür (Zinn ve ark., 2000). Gassman ve ark. (2000) KLA tuzlarını (%48 KLA izomerleri içeren) %1 ve %2.5 içeren rasyonlarla beslenen sığırların etlerinde KLA miktarlarının, KLA tuzları ile beslenmeyen sığırlarinkinden daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Gillis ve ark. (2004) yapısında %31 KLA içeren korunmuş KLA tuzunun %2 oranında ilave edildiği rasyonla beslenen et sığırlarının yağ dokularında toplam KLA miktarını, kontrol ve %4 mısır yağı kullanılan gruplardakilere göre daha yüksek belirlemişlerdir. Ayrıca, sığır yağ dokusundaki vaksenik asit konsantrasyonunun da kontrol grubundan daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

### **Sonuç**

Sığır etlerinde KLA miktarını arttırmak için KLA sentezini sağlayacak maddeler verilmelidir. Rasyona linoleik asitçe zengin maddelerin katılması etteki KLA miktarını arttırmak için en etkili yoldur. Otlatma ve kurutulmuş yeşil otların hayvan beslemeye entegre edilmesi sığırların etlerindeki KLA miktarını arttıracaktır. Sığır etlerindeki KLA miktarını arttırmak tek başına yeterli olmayacaktır bunun yanında sistemin ekonomik olması da önemli bir rol oynayacaktır. Sağlık için bu kadar faydası olan KLA'yı üretilen et miktarını ve kalitesini etkilemeden tüketiciye sunmak büyük faydalar getirecektir.

### **Kaynaklar**

- Bauman, D. E., Corl, B. A., Baumgard, L. H., Griinari, J. M., (2001). Conjugated linoleic acid (CLA) and the dairy cow. In: Recent Advances in Animal Nutrition 2001 (Garnsworthy, P.C. and Wiseman, J. eds.) Nottingham University Press, Nottingham.
- Bauman, D. E., L. H. Baumgard, B. A. Corl, Griinari, J. M. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. Proceedings of the American Society of Anim. Sci.
- Beaulieu, A. D., J. K. Drackley, and N. R. Merchen. 2002. Concentrations of conjugated linoleic acid (*cis*-9, *trans*-11-octadecadienoic acid) are not increased in tissue lipids of cattle fed a high concentrate diet supplemented with soybean oil. J. Anim. Sci. 80:847–861.
- Belury, M.A, 2003. Conjugated linoleic acids in type 2 diabetes mellitus: implications and potential mechanisms. In J. Sebedio, W.W. Christie and R. Adolf (ed) Advances in Conjugated Linoleic Acid Research, Vol. 2, pp 302-315. AOCS Press, Champaign, IL.
- Casutt MM, M.R.L. Scheeder, D.A. Ossowski, F. Sutter, B.J. Sliwinski, A.A. Danilo and M. Kreuzer. 2000. Comparative evaluation of rumen-protected fat, coconut oil and various oilseeds supplemented to fattening bulls. 2. Effects on composition and oxidative stability of adipose tissues. Arch Anim Nutr 53:25–44.
- Chin, S.F., Liu, W., Storkson, J.M., Ha, Y.L., Pariza, M.W. 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. J. Food Compos. Anal. 5: 185–197.
- Corl, B.A., L.H. Baumgard, D.A. Dwyer, J.M. Griinari, B.S. Phillips and Bauman, D.E. 2001. The role of delta(9)-desaturase in the production of cis-9, trans-11 CLA. J. Nutr. Biochem 12: 622-630.
- Duckett, S. K., J. G. Andrae, and F. N. Owens. 2002. Effect of high oil corn or added corn oil or added corn oil on ruminal biohydrogenation and conjugated linoleic acid formation in beef steers fed finishing diets. J. Anim. Sci. 80:3353–3360.
- Engle, T. E., J. W. Spears, V. Fellner, and J. Odle. 2000. Effects of soybean oil and dietary copper on ruminal and tissue lipid metabolism in finishing steers. J. Anim. Sci. 78:2713–2721.
- Enser, M., N. D. Scollan, N. J. Choi, E. Kurt, K. Hallett, and J. D. Wood. 1999. Effect of dietary lipid on the content of conjugated linoleic acid (CLA) in beef muscle. Animal Science 69:143–146.

- French, P., C. Stanton, F. Lawless, E. G. O'Riordan, F. J. Monahan, P. J. Caffrey, and A. P. Moloney. 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *J Anim Sci.* 78:2849-2855.
- Gassman, K. J., D. C. Beitz, F. C. Parrish, and A. Trenkle. 2000. Effects of feeding calcium salts of conjugated linoleic acid to finishing steers. *J. Anim. Sci.* 78(Suppl. 1):275-276. (Abstr.).
- Gnädig, S., Y. Xue, O. Berdeaux, J.M. Chardigny, J-L. Sebedio. Conjugated Linoleic Acid (CLA) as Functional Ingredient. <http://www.incoll4.edu.un/lib/ebooks>.
- Gillis, M.H., S.K. Duckett, J.S. Sackman and D.H. Keisler, 2003. Effect of rumen-protected conjugated linoleic acid (CLA) or linoleic acid on leptin and CLA content of bovine adipose depots. *J. Anim. Sci.*, 81 (Suppl.2): 12 (Abstr.).
- Gillis, M.H., S. K. Duckett, and J. R. Sackmann. 2004. Effects of supplemental rumen-protected conjugated linoleic acid or corn oil on fatty acid composition of adipose tissues in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 2004. 82:1419-1427
- Griinari, J.M. and D.E. Bauman, 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In M.P. Yurawecz, M.M. Mossoba, J.K.G. Kramer, M.W. Pariza and G.J. Nelson (ed) *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*. Vol. I., pp: 180-200. AOCS Press, Champaign, IL.
- Griswold, K.E., G.A. Apgar, R.A. Robinson, B.N. Jacobson, D. Johnson and H.D. Woody, 2003. Effectiveness of short-term feeding strategies for altering conjugated linoleic acid content in beef. *J. Anim. Sci.* 81: 1862-1871.
- Harfoot, C. G., and G. P. Hazlewood. 1997. Lipid metabolism in the rumen. In: P. N. Hobson and C. S. Stewart (ed.) *The Rumen Microbial Ecosystem*. pp 382-426. Chapman & Hall, London, UK.
- Harfoot, C.G. and G.P. Hazlewood, 1988. Lipid metabolism in the rumen. In P.N. Hobson (ed) *The Rumen Microbial Ecosystem* pp: 285-322, Elsevier, London.
- Ip C., Singh M., H. J. Thompson and J. Scimeca. 1994. Conjugated linoleic acid suppresses mammary carcinogenesis and proliferative activity of the mammary gland in the rat. *Cancer Research*, 54: 1212-1215.
- Jenkins T C (1993) Lipid metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 76: 3851-3863.
- Jensen, R.G., 2002. The composition of bovine milk lipid: January 1995 to December 2000. *J. Dairy Sci.*, 85: 295-350.
- Kalscheur, K. F., B. B. Teter, L. S. Piperova, and R. A. Erdman. 1997. Effect of forage concentration and buffer addition on duodenal flow of *trans*-C18:1 fatty acids and milk fat production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:2104-2114.
- Kepler, L. M., and S. B. Tove. 1967. Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. *J. Biol. Chem.* 242:5586-5692.
- Köknaoğlu, H, Ts. Purevjav, T. J. Knight, D. C. Beitz, and M. P. Hoffman. 2005. Effect of condensed corn distiller soluble supplementation on the fatty acid composition of ribeye steaks from pasture-fed and feedlot steers. *J. Anim. Sci.* Vol. 83, Suppl. 1. Page 205.
- Kucuk, O., B. W. Hess, P. A. Ludden, and D. C. Rule. 2001. Effect of forage:concentrate ratio on ruminal digestion and duodenal flow of fatty acids in ewes. *J. Anim. Sci.* 2001. 79:2233-2240.
- Latham, M. J., J. E. Storry, and M. E. Sharpe. 1972. Effect of low roughage diets on the microflora and lipid metabolism in the rumen. *Appl. Microbiol.* 24:871-877.
- Lock, A. L. and, P. C. Garnsworthy 2003. Seasonal variation in milk conjugated linoleic acid and  $\Delta^9$ -desaturase activity in dairy cows. *Livestock Production Science* 79: 47-59.
- Mac Donald, H.B. 2000. Conjugated linoleic acid and Disease Prevention: A Review of current knowledge. *J. American Coll. Nutr.*, 19(2):111-118.
- Merchen, N. R. 1993. Digestion, absorption and excretion in ruminants. In: D. C. Church (ed.) *The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition*. p 172. Waveland Press, Englewood Cliffs, NJ.
- Mir, P.S., T.A. McAllister, S. Zaman, S.D. Morgan-Jones, M.L. He, J.L. Aalhus, L.E. Jeremiah, L.A. Goonewardene, R.J. Weselake and Z. Mir. 2003. Effect of dietary sunflower oil and vitamin E on beef cattle performance, carcass characteristics and meat quality. *Can. J. Anim. Sci.* 83: 53-66.
- Mir Z, Rushfeldt ML, Mir PS, Paterson LJ, Weselake RJ. 2000. Effect of dietary supplementation with either conjugated linoleic acid (CLA) or linoleic acid rich oil on the CLA content of lamb tissues. *Small Rum Res* 36:25-31.
- Nicolosi, R. J., E. J. Rogers, Y. D. Kretchevsky, J. A. Scimec and P. J. Huth. 1997. Dietary conjugated linoleic acid reduces plasma lipoproteins and early aortic atherosclerosis in hypercholesterolemic hamsters. *Artery* 22: 266-277.
- Noci, F., P. O'Kiely, F.J. Monahan, C. Stanton, and A.P. Moloney. 2005. Conjugated linoleic acid concentration in *M. longissimus dorsi* from heifers

- offered sunflower oil-based concentrates and conserved forages. *Meat Science*, 69, 509–518
- Palmquist, D.L. 1988. The feeding value of fats. Chpt 12 in. *World Animal Science – B4. Feed Science*. E.R. Orskov, ed. Elsevier Science Publishers. New York, NY.
- Pariza, M.W., 1999. The biological activities of conjugated linoleic acid. In M. P. Yurawecz, M. M. Mossoba, J. K. G. Kramer, M. W. Pariza and G. J. Nelson (ed) *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, Vol. I., pp: 12-20. AOCS Press, Champaign, IL.
- Parodi, P., 2003. Conjugated linoleic acid in food. In J. Sebedio, W.W. Christie and R. Adolf (ed) *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, Vol. 2, pp: 101-121. AOCS Press, Champaign, IL.
- Piasentier, E. 2003. The effect of grazing on the quality of lamb meat. *Internationale Fachtagung für Schafhaltung*, Innsbruck
- Poulson, C. S., T. R. Dhiman, A. L. Ure, D. Cornforth and K. C. Olson. 2004. Conjugated linoleic acid content of beef from cattle fed diets containing high grain, CLA, or raised on forages. *Livestock Production Science*, 91:117–128.
- Realini, C. E., S. K. Duckett, G. W. Brito, M. Dalla Rizza, and D. De Mattos. 2004. Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Science*, 66: 567–577.
- Ritzenthaler, K. L., M. K. McGuire, R. Fallen, T. D. Schultz, N. Dasgupta, and M. A. McGuire. 2001. Estimation of conjugated linoleic acid intake by written dietary assessment methodologies underestimates actual intake evaluated by food duplicate methodology. *J. Nutr.* 131:1548–1554.
- Sackman, J.R., S.K. Duckett, M.H. Gillis, C.E. Bealin, A.H. Parks and R.B. Eggelston, 2003. Effects of forage and sunflower levels on ruminal biohydrogenation of fatty acids and conjugated linoleic acid formation in beef steers fed finishing diets. *J. Anim. Sci.* 81: 3174-3181.
- Scollan, N. D., M. Enser, S.K. Gulati, I. Richardson and J.D. Wood. 2003. Effects of including a ruminally protected lipid supplement in the diet on the fatty acid composition of beef muscle. *British Journal of Nutrition*. 90: 709–716.
- Shantha, N.C., W.G. Moody and Z. Tabeidi. 1997. Conjugated linoleic acid concentration in semimembranosus muscle of grass- and grain-fed and zeranol-implanted beef cattle. *J. Muscle Foods*. 8:105-110
- Sharp, G. A., and C. P. Birkelo. 1996. Effect of increasing levels of condensed corn distillers solubles on performance of growing steers. 1996 Beef Report Cattle 96-3. Dept. of Animal and Range Sci., South Dakota State University
- Shingfield, K. J., S. Ahvenjarvi, V. Toivonen, A. Arola, K. V. V. Nurmela, P. Huhtanen, J. M. Griinari. 2003. Effect of dietary fish oil on biohydrogenation of fatty acids and milk fatty acid content in cows. *Brit.Soc. Anim. Sci.* 77:165-179.
- Sonon, R. N., D. C. Beitz, A. H. Trenkle, J. R. Russell, and R. Rosmann. 2004. Conjugated linoleic acid (CLA) concentrations in beef tissues from cattle finished on pasture initially with limited grain. *J. of Anim Sci.* 79: 134.
- Wachira, A. M., L. A. Sinclair, R. G. Wilkinson, K. Hallett, M. Enser, and J. D. Wood. 2000. Rumen biohydrogenation of n-3 polyunsaturated fatty acids and their effects on microbial efficiency and nutrient digestibility in sheep. *J. Agric. Sci.* 135:419-428.
- Zinn, R. A., S. K. Gulati, A. Plascencia, and J. Salinas. 2000. Influence of ruminal biohydrogenation on the feeding value of fat in finishing diets for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 78:1738–1746.