

**RUMENDE LİPİT METABOLİZMASI**

Osman KÜÇÜK\*

Haydar ÖZPINAR\*\*

**ÖZET**

Büyük bir indirgeme (redüsiyon) ortamı olan rumende rasyonla alınan yağlar da indirgenirler. Yağlardaki indirgeme, mikroorganizmaların enzimleri tarafından önce hidroliz sonrada hidrolize sonucu açığa çıkan doymamış serbest yağ asitlerini hidrojenleştirme şeklindedir ki bu son olaya yağların biyohidrogenasyonu adı verilir. Biyohidrogenasyonun gerçekleşmesi için önce yağlar hidrolize olmak zorundadır. Rumende biyohidrogenasyondan sorumlu bakteriler selüloolitik özelliktedir ve düşük rumen pH sında aktiviteleri azalmaktadır. Linoleik asidin biyohidrogenasyonundaki ara ürünlerinden konjuge linoleik asidin (CLA) insan sağlığına önemli etkileri mevcuttur.

**SUMMARY**

As other nutrients, lipids, too, are reduced in abig reducing environment of rumen. Reduction of lipids by ruminal microbial enzymes starts with hydrolysis of esterified lipids and release of free fatty acids followed by hydrogenation of unsaturated fatty acids a proces called biohydrogenation. Hydrolysis of lipids is a required step for biohydrogenaion of unsaturated fatty acids. Bacteria responsible for biohydrogenation are mostly cellulolytics and their enzymatic activity is decreased upon low pH. Linoleic acid is converted into conjugated linoleic acid (CLA), whichh has a crucial importance in human health.

**1. GİRİŞ**

Konsantre yem ağırlıklı rasyondaki lipitler (gliserolipitler) rumende hidrolize olarak serbest yağ asitleri ve gliserole ayrışır. Gliserol daha sonra rumende propiyonik aside fermente olur. Kaba yem ağırlıklı besleme durumunda ise kaba yemlerde yüksek miktarda bulunan glaktolipitler, glaktoz ve serbest yağ asitlerine ayrışır. Serbest kalan glaktoz rumende butirik aside çevrilir. Rumende rasyonla alınan fosfolipitlerin akıbeti ise bilinmemektedir (Hazlewood ve Dawson, 1975). Rasyonla rumene alınan farklı tipteki lipitler mikrobiyal lipaz tarafından hidrolize edilerek serbest yağ asitlerine ayrıştırılırlar (Harfoot, 1981). Serbest kalan çoğu doymamış yağ asidi rumendeki mikroorganizmalar tarafından hidrojenleştirilerek (biyohidrogenasyon) doymuş hale getirilir ve son ürün olarak stearik asit (18:0) oluşturulur. Mikrobiyal enzimler tarafından yağların hidrolize edilip yağ asidinin serbest kalması biyohidrogenasyon için gerekli bir aşamadır (Harfoot, 1981).

Rumen mikroorganizmaları arasında çoğunlukla bakteriler yağların hidrolizinden sorumludur. En çok üzerinde araştırma yapılan ve en önemli lipolitik bakteri gram-negatif ve anaerobik olan *Anaerovibrio lipolitica*'dir. Bu bakterinin lipaz enzim aktivitesi en yüksek olarak pH= 7.4'te ve 20-22 °C de saptanmıştır (Henderson, 1971). Kaba yemlerde yüksek miktarda bulunan galaktolipit ve fosfolipitlerin bu bakteri tarafından hidrolize edilmediği dolayısıyla *Anaerovibrio lipolitica*'nın kaba yem ağırlıklı rasyonlarda hidroliz özelliğinin bulunmadığı bildirilmiştir (Prins ve ark., 1975). Rumen bakterilerinin küçük bir kısmı fosfolipaz etkisi göstermektedir. Bu bakterilerin en önemlisi pH=6.5-7.5'de aktif olan *Butyrivibrio fibrisolvens*'dir (Hazlewood ve Dawson, 1975).

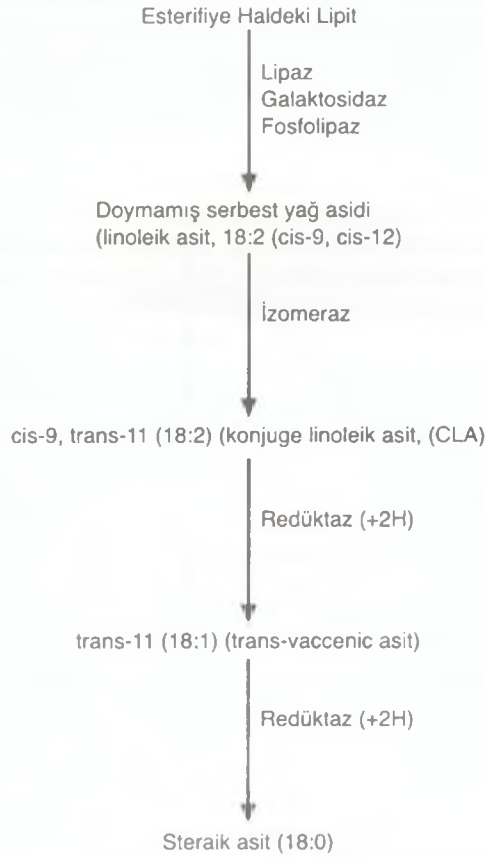
Rumendeki protozoaların yağ hidrolizindeki rolleri çok iyi bilinmemekle beraber Latham ve ark. (1972), konsantre yem ağırlıklı rasyonla besledikleri sığırlardan aldıkları rumen içeriğinde protozoa lipoliz aktivitesinin toplam mikroorganizmaların % 30'u kadarı olduğunu tespit etmişlerdir.

**2. BİYOHİDROJENASYON**

Doymamış yağ asitlerinin mikroorganizmalar tarafından hidrojen eklenecek doymuş hale getirilme işlemine biyohidrogenasyon adı verilir. Çoğunlukla rumende ve daha az miktarda ise

bağırsaklarda (sekum, kolon) gerçekleşen biyohidrojenasyon sonucunda sonucunda yemle alınan doymamış yağ asitlerinin büyük çoğunlu doymuş halde emilir yada dışkıyla atılır (Harfoot, 1981).

Biyohidrojenasyondan çoğunlukla rumendeki bakteriler ve az miktarda da protozoalar sorumludur (Singh ve Hawke, 1979). *Ruminococcus albus*'unda dahil olduğu birçok bakteri biyohidrojenasyon gerçekleştirme özelliğine sahiptir. Ancak, biyohidrojenasyon konusunda en çok çalışılan bakteri *Butyrivibrio fibrosolvens*'dir. Biyohidrojenasyon rumende yem parçaları üzerinde gerçekleşir. Serbest halde bulunan doymamış yağ asitleri rumende yem parçalarına yapışır ve akabinde bakteriler de yem parçalarına yapışarak yada rumen sıvısında serbest halde iken hücre dışı (extracellular) enzimleri salarak biyohidrojenasyon gerçekleştirmiş olurlar.



**Şekil 1. Linoleik Asidin (18:2 cis-9, cis-12) Biyohidrojenasyonu**

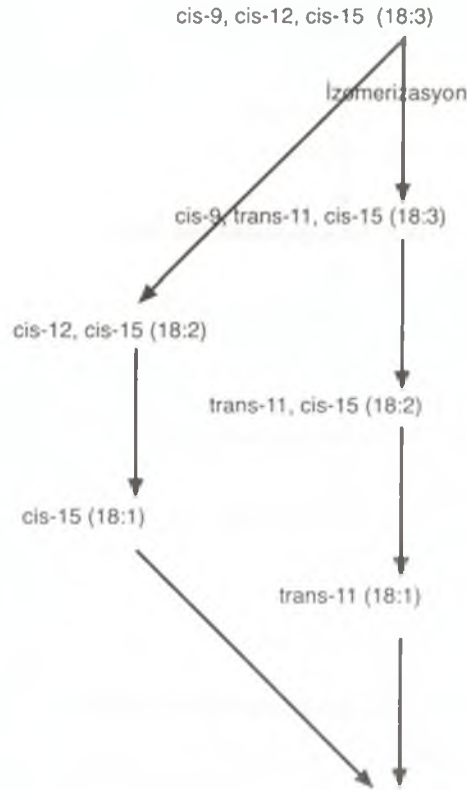
Biyohidrojenasyonun amacı tam olarak anlaşılamamıştır. Doymamış yağ asitlerinin mikroorganizmalar üzerindeki toksik etkilerini mikroorganizmaların doymamış yağ asitleri doymuş hale çevirerek detoksifiye ettikleri düşünülebilir (Czerkawski ve Clapperton, 1984). Ayrıca rumendeki mikroorganizmaların yağ içeriklerinin çoğunlukla doymuş olduğu ve mikroorganizmaların zaman ve enerji kazanmak için yeniden sentezlemektense doymamış yağ asidini doymuş hale getirerek bünyesine ihtiyacını karşılamak için aldığını düşünülebilir (Harfoot, 1981). Biyohidrojenasyonun rumendeki diğer bir amacı da fazla miktardaki metabolik hidrojenin kurtulma olabilir. Ancak, bu hidrojenin önemli miktarda olmadığı avunulmaktadır (Czekawski ve Clapperton, 1984; Van Soest, 1994).

Biyohidrojenasyon mekanizması en çok çalışılan yağ asitleri linoleik (18:2) ve linolenik asitler (18:3). Linoleik asidin biyohidrojenasyonunda tek yol varken linolenik asit 2 farklı yol izleyerek doymuşluğa ulaşır (Şekil 1,2) (Harfoot ve Hazlewood, 1988).

Konsantre ağırlıklı rasyonlar (% 70-93 konsantre) üzerinde yapılan araştırmalarda linoleik asidin rumende biyohidrojenasyona uğrama oranının ortalama % 80 (% 70-95) linoleik asidin

biyohidrojenasyonu ise ortalama % 92 (% 85-100) olarak bulunmuştur (Doreau ve Ferlay, 1994)

Biyohidrojenasyonun devamı ve tamamlanması rumen şartlarına, rasyonun Yağ kompozisyonuna, kaba yem miktarına, rumendeki mikroorganizmaların türlerine ve rumen pH sına bağlıdır (Jenkins, 1993; Küçük, 2000; Küçük ve ark., 2001). Rumendeki biyohidrojenasyon rasyonda kaba yem miktarı ve pH'dan çok etkilenir. Rumendeki biyohidrojenasyondan sorumlu bakterilerin çoğunluğu selülitik karakterde olduğundan bu tür bakterilerin üremesinin engellendiği bir ortamda biyohidrojenasyon da engellenmiş olur. Konsantre yem ağırlıklı rasyonlarla beslemede rumen pH'ı düşmekte ve bu şartlarda biyohidrojenasyon ve biyohidrojenasyonun gerçekleşmesi için şart olan basamak lipoliz aksamaktadır (Latham ve ark., 1972; Doreau ve Ferlay, 1994; Hussein ve ark., 1996; Küçük ve ark., 2001). Rumende biyohidrojenasyona katılan bakteriler (selülitikler) düşük pH ile birlikte (özellikle 5.9'un altındaki pH ile) büyümeleri sekteye uğrar ve dolayısıyla hem lipoliz hem biyohidrojenasyon engellenmiş olur. Biyohidrojenasyonun rumende sadece serbest yağ asitleri üzerinde gerçekleştiği bilinse de doymamış yağ içeren CA tuzlarının (rumendeki hidrolize karşı korunmuş yağ asitleri) biyohidrojenasyona kısmen direnç gösterdiği bulunmuştur (Wu ve ark., 1991; Ferlay ve ark., 1993)



Şekil 2. Linoleik Asidin (18:3 cis-9, cis-12, cis-15) Biyohidrojenasyonu

### 3. CLA VE İNSAN SAĞLIĞI

Rumenik asit olarak da bilinen ve biyohidrojenasyonun ara ürünlerinden biri olan konjuge linoleik asit (Conjugated linoleic acid, CLA, Şekil 1) linoleik asidin pozisyonel ve geometrik izomeridir. CLA'daki konjuge olmuş çift bağlar 9. ile 11., 10. ile 12., yada 11. ile 13. karbon arasında *cis* yada *trans* konfügurasyonunda olabilir. Linoleik asidin *cis*-9, *trans*-11 izomeri daha çok antikarsinogenik özelliği ile bilinmektedir (Devery ve ark., 2001; Durgam ve Fernandes, 1997). Buna karşın, *trans*

10, *cis*-12 CLA, *cis*-9, *trans*-11 CLA'dan daha güçlü antioksidan olma özelliğiyle de tanınır (Leungve Liu, 2000).

Özellikle ruminant hayvanların rumeninde oluşan ve bağırsaklardan emilerek dokularda depo edilen CLA'nın insanlar tarafından et, süt ve ürünleri olarak tüketilmesi sonucunda insan sağlığı üzerindeki olumlu etkisi son yıllarda ilgi odağı olmuştur. Bu teorinin çıkış noktası CLA'nın deney hayvanlarında kanser oluşumu ve gelişimini önleme özelliğinin ispat edilmiş olmasıdır (Pariza ve ark., 1990). CLA'nın ayrıca lipogenezi azalttığı, antioksidant olarak görev yaptığı, diabeti önlediği ve immun sistemi stimüle ettiği özellikleri ortaya konmuştur (Ha ve ark., 1990; Heckart ve ark., 1999; Ryder ve ark., 1999). İnsan sağlığı üzerindeki bu olumlu etkisinden dolayı CLA'nın ruminant ürünlerindeki (et süt ve ürünleri) miktarını artırmak amacıyla birçok araştırma yapılmıştır. Bu bağlamda özellikle süt sığırları rasyonlarına biyohidrojenasyondan korumak amacıyla korunmuş olarak yada direk abomazuma infüze edilmiş CLA'nın ve diğer yağ asitlerinin sütteki CLA düzeyini artırılması amaçlanmıştır. Süt ineklerinin rasyonlarına katılan 18:2 süt yağındaki CLA miktarını artırmış bu konuda 18:3 ün daha az etkili olduğu saptanmıştır (Dhiman ve ark., 1997; Kelly ve ark., 1997).

CLA ile besleme (özellikle *trans*-10, *cis*-12 CLA ile) sütteki CLA miktarını artırmakta ancak süt yağı sentezini düşürmektedir. Loo ve Herbein (2003), süt sığır abomazumuna infüze ettikleri *cis*-9, *trans*-11 CLA'nını süt yağında *cis*-9, *trans*-11 CLA miktarını % 44 artırdığını bulmuşlardır. Benzer şekilde Giesy ve ark. (2002) artan miktarda rasyona ilave edilen CLA'nın (0-100g/gün) süt yağında *cis*-9, *trans*-11 CLA ve *trans*-10, *cis*-12 CLA'yı artırdığını gözlemlemişlerdir. Ancak Giesy ve ark. (2002) süt sığırlarında Ca tuzları formunda rasyona katılan 50 ve 100 g/gün CLA'nın süt yağını sırasıyla % 29 ve % 34 olarak azalttığını kaydetmişlerdir.

Bir başka araştırmada Baumgard ve ark. (2002), 13.6 g/gün CLA (*trans*-10, *cis*-12 CLA) abomasum yoluyla süt sığırlarına vermiş ve sütteki *trans*-10, *cis*-12 CLA miktarının 0.1 den 4.9 mg/g'a yükseldiğini gözlemlemişlerdir. Ancak, aynı araştırmacılar (Baumgard ve ark., 2002), süt yağında % 42 oranında bir azalmayı da gözlemlemişler ve bu düşüşün spesifik olarak 4-16 karbonlu süt yağları (molar bazda toplam düşüşün % 63'ü kadar) üzerinde etkili olduğunu vurgulamışlardır. CLA ile beslemede karşılaşılan süt yağı ve veriminde benzer düşüşleri (Perfield ve ark. 2002), da rapor etmiş ancak diğer süt bileşenlerinin CLA ile beslenmeyle etkilenmediğini ifade etmiştir.

Biyohidrojenasyon ara ürünlerinden bir diğeri olan 18:1 (*trans*-11) (trans-vaccenic asit) (Şekil 1,2) İnce bağırsaktan emildikten sonra dokularda CLA (*cis*-9 *trans*-11) oluşumunda prekürsör görevi yapmaktadır. Dolayısıyla, 18:1 (*trans*-11) en az CLA kadar önemlidir. Küçük ve ark. (2001), koyun rasyonlarında kullandıkları kaba yem miktarını artırdıkça rumende oluşan *cis*-9 *trans*-11 CLA'nın arttığını ancak 18:1 (*trans*-11) in azaldığını bulmuşlardır.

#### 4. SONUÇ

Rasyonla alınan yağların rumende mikroorganizmalar tarafından metabolize edilmesi (hidroliz ve biyohidrojenasyon) öncelikle ruminantların doymamış ve esansiyel yağ asitlerini (linoleik ve linolenik asit) absorbe etmeleri bakımından önemlidir. Ayrıca, ruminantların dokularında depo ettikleri doymamış yağ asitleri (özellikle CLA) tüketim yoluyla insan sağlığını olumlu yönde etkilemektedir. Günümüzde fazla miktarda doymuş yağ içeren yağların tüketilmesiyle birlikte insanlarda kalp hastalıklarında artış gözlemlenmektedir. İnsan sağlığını dolaylı olarak ilgilendirdiği için mikroorganizmaların rumendeki metabolik aktiviteleri önem taşımaktadır.

#### 5. KAYNAKLAR

- BAUMGARD, L.H., E. MATITASHVILI, B. A. CORL, D. A. DWYER, AND D. E. BAUMAN 2002. *trans*-10, *cis*-12 Conjugated Linoleic Acid Decreases Lipogenic Rates and Expression of Genes Involved in Milk Lipid Synthesis in Dairy Cows. J. Dairy Sci. 85:2155-2163.
- CZERKAWSKI, J. W. AND JJ. L. CLAPPERTON 1984. Fats as energy-yielding compounds in the ruminant diet. In: J. Wiseman (Ed.), pp. 249-263. Fats in Animal Nutrition. Butterworths, Boston.

- DEVERY R., MILLER A., AND STANTON C 2001. Conjugated linoleic acid and oxidative behaviour in cancer cells. *Biochem Soc Trans.* 29:341-344.
- DHIMAN, T. R., L. D. SATTER, M. W. PARIZA, M. P. GALLI, AND K. ALBRIGHT 1997. Conjugated linoleic acid (CLA) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid. *J. Dairy Sci.* 80:184 (Suppl 1) (Abstr).
- DOREAU, M. AND A. FERLAY 1994. Digestion and utilization of fatty acids by ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 45:379-396.
- DURGAM V. R., FERNANDES G. 1997. The growth inhibitory effect of conjugated linoleic acid on MCF-7 cells is related to estrogen response system. *Cancer Lett.* 116:121-130.
- FERLAY, A., J. CHABROT, Y. ELMEDDAH, AND M. DOREAU 1993. Ruminal lipid balance and intestinal digestion by dairy cows fed calcium salts of rapeseed oil fatty acids or rapeseed oil. *J. Anim. Sci.* 71:2237-2245.
- GIESY, J. G., M. A. MCGUIRE, B. SHAFII, AND T. W. HANSON 2002. Effect of Dose Of Calcium Salts of Conjugated Linoleic Acid (CLA) on Percentage and Fatty Acid Content of Milk Fat in Midlactation Holstein Cows. *J. Dairy Sci.* 85:2023-2029.
- HA, Y. L., J. STORKSON, AND M. W. PARIZA 1990. Inhibition of benzo- (a)pyrene-induced mouse forestomach neoplasia by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid. *Cancer Lett.* 50:1097-1101.
- 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 Applied Science, New York.
- HAZLEWOOD, G. P., AND R. M. C. DAWSON 1975. Isolation and properties of phospholipid hydrolysing bacterium from ovine rumen fluid. *J. Gen. Microbiol.* 89:163-174.
- HECKART, M. L., J. M. EGGERT, A. P. SCHINCKEL, S. E. MILLS, AND S. S. DONKIN 1999. Feeding conjugated linoleic acid (CLA) decreases lipogenesis and alters insulin responsiveness in porcine adipose tissue explants. *J. Anim. Sci.* 77:119 (Suppl.) (Abstr).
- HENDERSON, C. 1971 A study of lipase produced by *Anaerovibrio lipolitica*, a rumen bacterium. *J. Gen. Microbiol.* 65:81-89.
- HUSSEIN, H. S., N. R. MERCHEN, AND G. C. FAHEY, JR. 1996. Effects of chemical treatment of whole canola seed on digestion of long-chain fatty acids by steers fed high or low forage diets. *J. Dairy Sci.* 79:87-97. Jenkins, T. C. 1993. Lipid metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 76:3851-3863.
- KELLY, M. L., J. R. BERRY, D. A. DWYER, D. E. BAUMAN, M. E. VANAMBURGH, AND J. M. GRIINARI. 1997. Effect of dietary fatty acid sources on conjugated linoleic acid (CLA) levels in milk from lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:243 (Suppl 1) (Abstr).
- KÜÇÜK, O., B. W. HESS, P. A., LUDDEN, D. C. RULE 2001. Effect of frage: concentrate ratio on ruminal digestion and duodenal flow of fatty acids in ewes. *J. Anim. Sci.* 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
- LEUNG Y.H., LIU R. H. 2000. trans-10, cis-12-conjugated linoleic acid isomer. *J Agric Food Chem.* 48:5469-5475.
- LOOR J. J. AND J. H. Herbein 2003. Reduced Fatty Acid Synthesis and Desaturation Due to Exogenous trans 10, cis 12-CLA in Cows Fed Oleic or Linoleic Oil. *J. Dairy Sci.* 86:1354-1369.
- PARIZA, M.W. AND Y. L. HA 1990. Conjugated Linoleic Dienoic Derivatives of Linoleic Acid: Mechanism of Anticarcinogenic Effect in Mutagens and Carcinogens in the Diet. pp. 217. Wiley-Liss, Inc. New York.
- PERFIELD II. J. W., G. BERNAL-SANTOS, T.R. OVERTON, AND D. E. BAUMAN 2002. effects of Dietary Supplementation of Rumen-Protected Conjugated Linoleic Acid in Dairy Cows during

- Established Lactatin. J. Dairy Sci. 85:2609-2617.
- PRINS, R. A. LANKHORST, P. VAN DER MEER, AND C. J. VAN NEVEL 1975. Some characteristics of *Anaerovibrio lipolitica*, a rumen lipolytic organism. Ant. van Leeuwenhoek J. Microbiol. Serol. 41:1-11
- RYDER, J., D. BAUMAN, C. PORTOCARRERO, X. SONG, M. YU, D. BARBANO, J. ZIERATH, AND K. HOUSEKNECHT 1999. Anti-carcinogenic effects of dietary conjugated linoleic acid (CLA): isomer-specific effects on glucose tolerance and skeletal muscle glucose transport. J. Anim Sci. 77:119 (Suppl) (Abstr).
- SINGH, S., AND J. C. HAWKE 1979. The in vitro lipolysis and biohydrogenation of monogalactosyldiglyceride by whole rumen contents and its fractions. J. Sci. Food Agric. 30:603-612.
- VAN SOEST, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell Univ. Press. Ithaca, New York.
- WU, Z., O. A. OHAJURUKA, AND D. L. PALMQUIST 1991. Ruminal synthesis, biohydrogenation, and digestibility of fatty acids by dairy cows. J. Dairy Sci. 74:3025-3034.