

RUMİNANTLARDA METABOLİK ENERJİ GEREKSİNİMLERİNİ HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

M. Mustafa ERTÜRK

Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü,
Antalya/TÜRKİYE

M. Rifat OKUYAN

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü,
Ankara/TÜRKİYE

Özet: Bu makalede, ruminant hayvanların enerji gereksinimlerinin belirlenmesinde, metabolik enerji sisteminin nasıl kullanılacağı, sağlayacağı yararlar ve hesaplama yöntemleri sunulmuştur.

Nişasta değeri birimi ile enerji gereksinimlerinin formüle edilmesinde, yaşama payı, canlı ağırlık artışı, süt üretimi, vücut dokularının mobilizasyonu ve gebelik için aynı enerjiden yararlanma etkinliği dikkate alınır. Bu nedenle hesaplanan enerji gereksinimi gerçek gereksinimden farklı olacaktır. Diğer bir deyişle, nişasta değeri sistemi, laktasyon dönemindeki veya gelişen-besideki genç hayvanların enerji gereksinimlerinin hesaplanmasında, besideki kastre edilmiş-ergin erkekler kadar iyi değildir.

Oysa, bir gereksinim metabolik enerji ile verildiğinde, bunun NE olarak ne kadarının yaşama payı, ne kadarının süt veya gelişme için kullanılacağını hesaplamak kolayca mümkün olmaktadır.

Calculation Methods of Metabolisable Energy Requirements In Ruminant Animals

Abstract: Calculation, usage and advantages of metabolic energy in ruminant nutrition have been reviewed in this article.

Since, same utilization efficiency is used for maintenance, gain, lactation, pregnancy, etc. in formulation of energy requirements through starch value, the calculated requirements would be different than the real. In other words, starch value is not as good for lactating or growing-fattening young animals as fattening-castrated-mature males,

However, the part of energy, utilized for maintenance, lactation or gain could be calculated easily from the metabolisable energy given as the requirement.

Giriş

Bir yem kalorimetre bombasında tamamen yandığı zaman enerji serbest kalacak ve bu enerji ısı olarak ölçülecektir.

Buna "yanma ısı" yada "brüt enerji" adı verilir ve "yemin toplam enerji içeriği" olarak belirtilir. Bu makalede brüt enerji yerine "Enerji Değeri" terimi kullanılacaktır. Bireysel olarak bir yemin enerji değeri, o yemin bileşimindeki maddelerin enerji değerlerinin toplamına eşittir. Pek çok yemin başta gelen bir unsuru olan karbonhidratlar, kg kuru maddede yaklaşık 17.5 MJ/kg'lık bir enerji değerine sahiptirler. Külü enerji içermezken, yağlar 2.0-2.5, proteinler 1.5 kat karbonhidratlardan daha fazla bir enerjiye sahiptirler. Yemin protein veya yağ içeriği yükselirken enerji içeriği de yükselir. Bir yemin enerji değeri kalorimetre cihazı ile belirlenebildiği gibi, o yemin yapılan kimyasal analizi sonucunda elde edilen değerlerden de yararlanılarak hesaplanabilmektedir (1, 2).

Genç hayvanlarda enerji yetmezliği büyümenin gerilemesine ve cinsel olgunluk çağına ulaşmanın uzamasına, süt veren ineklerde ise süt verimi ve canlı ağırlık düşmelerine yol açar. Uzun süren şiddetli yetmezlik üreme fonksiyonlarında gerilemelere neden olur (3). Hayvanlar için bir yemin sahip olduğu enerji değerinin tümü yararlı değildir. Enerjinin bir bölümü sindirilemez ve dışkı ile atılır ve yemin bu atılan bu enerjisi hayvan için kullanılmayan bir enerjidir. Yemin enerji değeri ile dışkının enerji değeri arasındaki fark "yemin sindirilebilir enerjisidir (SE)". Bu kavram, gübre enerjisi dışındaki yemin tüm enerjisinin hayvan tarafından sindirildiğini ve absorbe edildiğini belirtmektedir. Ancak bu ifade mutlak olarak doğru değildir ve bu durum "gerçek sindirilebilir enerji" kavramından farklı olarak "zahiri sindirilebilir enerji" olarak belirtilmektedir. Enerjinin sindirilebilirliği de zaten değişik yemler için geniş sınırlar içerisinde değişmektedir. Nitekim dane arpa da sindirilebilirlik 0.85 iken arpa samanında bu değer 0.45 dolayında olmaktadır (4). Sindirilebilir enerji belirtildiği gibi, organik maddenin sindirilebilirliği ile son derece ilişkili olup, yemden yeme değişen farklılıklar göstermektedir (5).

Hemen hemen tamamıyla metan gazından oluşan yanabilir gazların meydana gelmesiyle sindirim kanalında büyük bir enerji kaybı oluşur. Bu durum özellikle ruminantlarda meydana gelmektedir. Yaşama payı yem tüketimi düzeyinde, yemin enerji değerinin yaklaşık 0.08'i; daha yüksek tüketim düzeylerinde ise 0.06'sı sindirim gazları ile kaybolur. Enerji aynı zamanda, daha çok hayvan tarafından kullanılmayan ve artık organik ürünleri içeren idrar ile de vücuttan kaybolur. Yemin zahiri enerji değeri ile metan ve üriner enerji kayıpları arasındaki fark "metabolik enerji (ME)" olarak isimlendirilir. Bu terim hayvan tarafından kullanılan yem enerjisini belirtir. Sindirilebilir enerjinin yaklaşık 0.81 kadarı metabolik enerjidir.

Hayvanlar açlık durumunda olsalar bile, sürekli olarak çevrelerine ısı yayarlar ve kaybederler. Absorbe edilen besinlerin vücut tarafından kullanılmasından dolayı açlık durumundaki bir hayvan yem tüketirse ısı üretimi artar. Enerji

aynı zamanda yemin çığnenmesi ve sindirim kanalına itilmesi esnasında da kullanılır ve ısı olarak harcanır. Ruminant hayvanlarda sindirim kanalı mikroorganizmalarının aktiviteleri nedeniyle de oldukça fazla ısı kaybı meydana gelir. Bu kayıp yem enerjisinin yaklaşık 0.05-0.10'u kadar olabilir. Yemin tüketimi ve kullanımı sonucunda, ısı üretimindeki artış "ekstra ısı artışı (EIA)" olarak isimlendirilir. Bu ısıyı hayvan özellikle soğuk çevre koşulları hariç değerlendiremez. Bu kayıp yem enerjisi içinde mutlak olarak önlenemez bir enerji kaybı olarak göz önüne alınır. Metabolik enerjiden ekstra ısı artışlarının (EIA) çıkarılması, "yemin net enerjisi"ni verir. Yemin net enerjisi, yemin hayvan tarafından yaşama ve verim payı olarak kullanılan kısmıdır.

Yemin brüt enerjisinden, dışkı, üriner, ekstra ısı artışı ve metan enerjilerinin çıkarılması ile net enerjinin elde edildiği yukarıda belirtilmişti. Hayvanlar bu net enerjiden yaşama ve verim payı için gerekli enerjiyi karşılarlar. Bununla beraber hayvanlar net enerjiden, yaşama ve çeşitli verimleri için gereksinim duydukları enerjiyi, farklı oranlarda kullanırlar. Yani yemlerin net enerji değerleri, onların yaşama payı, büyüme, besi veya süt üretimi gibi kullanma amaçlarına bağlı olarak değişebilmektedir (6, 7).

Ruminantların beslenmesinde kullanılan nişasta değeri sistemi net enerjinin kullanılmasındaki bu farklı yararlanma etkinliğini dikkate almamakta, net enerjinin yaşama ve verim payı için kullanım etkinliğini aynı kabul etmektedir. Metabolik enerji sisteminde ise net enerjiden yaşama ve verim payı için gerekli olan enerji miktarı, farklı kullanma etkinlikleri dikkate alınarak hesaplanmakta, böylece hayvanların gereksinim duydukları enerji miktarı gerçeğe daha uygun olarak belirlenebilmektedir.

Ayrıca nişasta değerinin kullanıldığı sistemde yemlerin enerji değerleri ancak hazım denemeleri ile en kesin şekilde tespit edilir. Bu ise gerek hayvan besleme açısından gerekse yem üretiminin uygun normlara göre hazırlanmasının kontrolü açısından pratikte mümkün olmamaktadır. Yine aynı şekilde metabolik enerjiyi temel alan bir rasyon hazırlama sisteminde hayvanların enerji gereksinimleri yanında bu gereksinimleri karşılamak için kullanılacak yemlerin de metabolik enerji içeriklerinin bilinmesi gerekmektedir. Böylece yemlerin enerji içeriklerinin de pratikte kontrol edilmesi mümkün olacaktır.

Metabolik Enerjinin Ölçülmesi

Yemlerden sağlanan enerji veya hayvanların enerji gereksinimleri büyük respirasyon odaları veya kalorimetrelerle ölçülür. Ölçümler yem enerjisinin tüketimi esnasındaki hayvanın ısı üretiminden yararlanılarak yapılır ve aynı zamanda dışkı, idrar ve metan gazı ile meydana gelen enerji kayıplarında belirtilir. Bu yolla yağ veya protein olarak depo edilen

enerji de hesaplanabilmektedir. Eğer bir respirasyon odası kullanma imkanı yoksa, bununla birlikte metabolizma denemeleri ile dışkı ve idrar kayıpları da hesaplanmışsa yemin enerjisinin 0.08'i metan kayıpları kabul edilerek yemin metabolik enerjisi hesaplanabilir. Ayrıca elde sindirilebilir dereceleri ile ilgili veri bulunduğunda, aşağıdaki ilişki kurulabilir.

$$ME = 0.81 SE$$

Bir yemin sindirilebilir besin maddelerini, ME değerlerine dönüştürmek için değişik faktörler kullanılmaktadır. Buna göre (4),

$$ME \text{ (Mj/kg)} = 0.0152 \text{ SHP} - 0.0343 \text{ SHY} - 0.0128 \text{ SHS} - 0.0159 \text{ SNÖM}$$

SHP: Sindirilebilir ham protein, (g/kg)
SHY: Sindirilebilir ham yağ, (g/kg)
SHS: Sindirilebilir ham sellüloz, (g/kg)
SNÖM: Sindirilebilir nitrojensiz öz maddeler, (g/kg)

Yukarıdaki formüllerle yoğun yemlerin ME içerikleri hesaplanabilmektedir. Ayrıca yemin bileşimi kimyasal analizlerle bulunur, sindirilme katsayıları yem bileşim cetvellerinden alınır ve basit bir hesaplama ile sindirilebilirlik değerleri de bulunabilir. Bileşimleri ve kompozisyonlarındaki değişiklikler nedeniyle kaba yemler için bu yaklaşım uygun değildir.

Yemlerin metabolik enerji değerleri (MEY), kuru maddede metabolik enerji yoğunluğu olarak gösterilmektedir (Mj/kg KM).

Rasyon metabolik enerjisi (MER), yemlerin bireysel olarak yem karmasına yaptıkları katılımın toplanması ile hesaplanır ve (Mj) cinsinden metabolik enerji olarak ifade edilir.

Rasyonun Metabolik Enerji Yoğunluğu

Bir rasyonun enerji yoğunluğu (M/D), her kg rasyon kuru maddesindeki metabolik enerjidir ve kg kuru maddede Mj olarak (Mj/kg KM) ifade edilir. Hesaplanması kolaydır ve besi sığırları ve kuzular için rasyon hazırlamada gereklidir.

Örnek olarak, 6 kg kuru ot ve 3 kg tahıl içeren bir rasyonun enerji yoğunluğunun hesaplanması aşağıdaki gibidir.

Rasyonun enerji içeriği:	Kuru madde tüketimi(kg)	ME (Mj)
6 kg kuru ot (850 g/kg KM, 8 Mj/kg KM)	5.1	40.8
3 kg tahıl (830 g/kg KM, 13 Mj/kg KM)	2.5	32.4
	7.6	73.2

$$\text{Metabolik enerji yoğunluğu} = \frac{\text{Rasyonun toplam ME'si (MER)}}{\text{Toplam kuru madde tüketimi (KMT)}}$$

$$\text{Böylece, M/D} = \frac{(\text{MER})}{(\text{KMT})} = \frac{73.2}{7.6} = 9.6 \text{ Mj/kg KM}$$

Metabolik Enerji Gereksinimleri

Bir gereksinimi metabolik enerjiye göre formüle etmek için, gereksinim duyulan net enerji miktarı ile o gereksinimi karşılamakta kullanılan yemin metabolik enerjisinin etkinlik derecesinin birlikte bilinmesi gerekir. Bunu aşağıdaki gibi ifade edebiliriz.

$$\text{kME} = \text{NE veya ME} = \frac{\text{NE}}{k}$$

Hayvanlar kan dolaşımı ve solunum gibi mutlak gerekli işlevler için enerjiye ihtiyaç duyarlar. Buna ilaveten süt gibi ürünlerle büyüme süresince, değişik vücut dokularında depolanan enerjiyi sağlamak için de enerjiye gereksinimleri vardır.

Süt Sığırları İçin Metabolik Enerji Sisteminin Kullanımı

Yaşama Payı Gereksinimi: Yaşama payı için kullanılan enerji, iş için kullanılır ve vücuttan kayba uğrayan ısı olarak dışarı verilir. Aç durumda bırakılan hayvanlarda bu durum vücut dokularının oksidasyonu sonucu meydana gelir ve hayvanın yaşamını devam ettirecek enerji için minimal ihtiyaç olan "açlık metabolizması" şeklinde tanımlanır. Bu bir kalorimetre aygıtı ile ölçülebilirse pratikte genellikle yine kalorimetre ölçümlerine dayanarak hazırlanmış ve genel olarak gelişme dönemindeki sığırlar için kullanılan aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır (4).

$$\text{Açlık metabolizması (Mj/gün)} = 5.67 + 0.061 \text{ CA}$$

CA: Canlı ağırlık, kg

Yaşama payı için net enerji ihtiyacının bazal metabolizma ve fiziksel aktivite ile çevresel streslere karşı vücut sıcaklığının dengelenmesi amacıyla gerek duyulan enerji miktarından kaynaklandığı bilinmektedir (8).

Hayvanların buldukları koşullarda yaşamlarını sürdürebilmek ve bazı zorunlu fiziksel aktivitelerini karşılamak amacıyla açlık metabolizmasına ek olarak ekstra bir enerji

gereksinimleri olduğunun göz önünde bulundurulması gerekir. Bu durum bir aktivite artışı olarak ifade edilir ve genellikle bu artışın açlık metabolizmasının 0.10'u kadar olduğu kabul edilir (4).

Metabolik enerji yaşama payı için kullanıldığında etkinlik (k_y), rasyonun enerji yoğunluğu ile ilişkilidir ve aşağıdaki şekilde hesaplanır (4).

$$k_y = 0.55 + 0.016 M/D$$

Burada M/D, her kg kuru madde için Mj olarak enerjiyi verir.

ME yoğunluğu 8-14 Mj/kg KM arasında, buna göre k_y , 0.67-0.77 arasında değişir. Ancak pratikte böyle ekstrem değerlere sadece nadir olarak rastlanır ve k_y için küçük bir hata ile tek bir değer olarak 0.72 kabul edilir (4).

Örnek olarak 400 kg canlı ağırlığındaki bir sığırın yaşama payı için ME gereksiniminin hesaplanması aşağıdaki gibidir.

$$\text{Açlık metabolizması (AM)} = 5.67 + (0.061 \times 400) = 30.1 \text{ Mj/gün}$$
$$k_y = 0.72 \text{ olduğundan,}$$

$$\text{ME gereksinimi} = 30.1/0.72 = 42 \text{ Mj/gün olacaktır.}$$

Yaşama payı için ME'den yararlanma etkinliği olarak 0.72 sabit sayısı dikkate alındığında, açlık metabolizmasına 0.10'luk aktivite artışı ve 0.05'lik emniyet payı dahil edildiğinde, yaşama payı ME gereksinimi basit bir lineer denklem ile aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$M_y = 8.3 + 0.091 CA$$

M_y : Mj/gün olarak yaşama payı enerji gereksinimi
CA: Canlı ağırlık, kg

Süt Üretimi için Metabolik Enerji Gereksinimi: Süt üretimi için net enerji gereksinimi (E_s), salgılanan sütün enerjisine eşittir. Bu süt verimi (Y) ve sütün enerji değerine (ED_s) bağlıdır. Salgılanan sütün enerji değeri;

$$ED_s = 0.0386 TY + 0.0205 SYHKM - 0.0236 \text{ dir.}$$

TY: Tereyağı kapsamı, (g/kg)

SYHKM: Süt yağı harici katı madde kapsamı, (g/kg)

Süt üretimi için metabolik enerjiden yararlanma etkinliği (k_s) olarak 0.62 sabit sayısı ve 0.05 emniyet payı dikkate alındığında, metabolik enerji gereksinimi (M_s) aşağıdaki denklemle ifade edilir.

$$M_s = 1.694 \text{ EDs (Mj/kg süt)}$$

Örnek olarak 590 kg canlı ağırlığındaki, 36 g/kg tereyağı kapsamı ve 86 g/kg süt yağı haricindeki katı maddeye sahip 20 kg süt veren bir inek için ME gereksiniminin hesaplanması aşağıdaki gibidir.

$$\text{Toplam yaşama payı ME gereksinimi} = 8.3 + 0.091 \times 590 = 62 \text{ MJ}$$

1 kg sütün net enerji değeri,

$$\text{EDs} = 0.0386 \times 36 + 0.0205 \times 86 - 0.0236 = 2.92 \text{ Mj/kg}$$

Bu değer metabolik enerji olarak,

$$\frac{2.92}{0.62} = 4.71 \text{ Mj/kg'dır. Emniyet payıda dahil edildiğinde ise;}$$

$$4.71 + 0.24 = 4.95 \text{ Mj/kg süt}$$

$$20 \text{ kg süt için} = 20 \times 4.95 = 99 \text{ Mj}$$

Toplam metaboik enerji gereksinimi = 99 + 62 = 161 Mj/gün olarak bulunacaktır.

Metabolik enerji gereksinimlerinin hesaplanmasında canlı ağırlık değişimlerinin önemi: Eğer rasyonun enerjisi yetersiz durumda ise, bu eksiklik vücut rezervlerinden karşılanır ve sonuçta canlı ağırlık kaybı meydana gelir. Vücut dokusu 20 Mj/kg'lık bir enerji değerine sahiptir ve 0.82'lik bir etkinlik ile bu enerji süt üretimi için kullanılır. Böylece mobilize olmuş her kg vücut dokusu,

$$20 \times 0.82 = 16.4 \text{ Mj}$$

süt enerjisine dönüşecektir. Bu ise emniyet payı dahil edildiğinde;

$$\frac{16.4 \times 1.05}{0.62} = 28 \text{ Mj'luk bir rasyon metabolik enerjisine}$$

denktir. Yani, 1 kg canlı ağırlık kaybı 28 Mj'luk rasyon ME'sine denktir (4).

Yukarıda verilen örnekte, 0.5 kg günlük canlı ağırlık kaybı olduğunu düşünürsek, toplam ME gereksinimi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\text{Toplam ME gereksinimi} = 161 \text{ Mj/gün (canlı ağırlık kaybı olmadığında)}$$

0.5 kg canlı ağırlık kaybı için kullanılan enerji,

$$28 \times 0.5 = 14 \text{ Mj/gün}$$

Böylece;

$$\text{toplam ME gereksinimi} = 161 - 14 = 147 \text{ Mj/gün olur.}$$

Laktasyondaki ineklerde oldukça yüksek olan vücut dokusunun kullanılma etkinliği, laktasyonda olmayan ineklerle karşılaştırıldığında yine (ks) değeri olan 0.62'ye benzer olduğu görülmektedir. Böylece ağırlık artışı için metabolik enerji gereksinimi, emniyet payınında dahil edilmesiyle,

$$M_a = \frac{20}{0.62} \times 1.05 = 34 \text{ Mj/kg canlı ağırlık şeklinde olacaktır.}$$

Yani 1 kg canlı ağırlık artışı, 34 Mj rasyon metabolik enerjisine eşit olmaktadır (4)

Yukarıda verilen örnekte eğer günlük 0.5 kg canlı ağırlık artışı söz konusu ise bu sefer toplam ME gereksinimi;

0.5 kg canlı ağırlık artışı için gereken enerji

$$34 \times 0.5 = 17 \text{ Mj/gün,}$$

$$\text{toplam ME gereksinimi} = 161 + 17 = 178 \text{ Mj/gün olacaktır.}$$

Kuru madde tüketimi: Süt ineklerinin yemlenmesinde doğru rasyon hazırlanması için, hayvanların yetiştirildiği şartlarda mümkün olan kuru madde tüketim miktarlarının bilinmesine gerek vardır. Kuru madde tüketim düzeyi, vücut ölçüsü, süt verimi ve laktasyon evresine bağlı olarak etkilenir. Normal bir yemleme sistemi ve zamanlaması kadar, kuru otun işlenmesi ve korunması metodu ve sindirilebilirliği gibi, kuru madde tüketimini etkileyen bir takım yem özellikleri vardır. Bununla birlikte, tüketim düzeyinin besin maddelerinin değerlendirilmesine etkisi yönünden de yemler arasında önemli ölçüde farklılıklar vardır. Bu etki kaba ve yoğun yemleri birlikte içeren rasyonlarda, yalnız kaba yem veya yalnız yoğun yemden oluşan rasyonlara göre daha fazladır (9). Van Soest (10), hücre duvarının hem tipinin hemde miktarının artan tüketimle birlikte yemlerin sindirilme derecelerindeki değişimi etkilediklerini bildirdirmiştir.

Başarılı bir şekilde bu faktörlerin etki miktarlarını belirlemek güçtür ve tahmini tüketim büyük ölçüde yemleyicinin tecrübe ve muhakemesine bağlıdır. Aşağıdaki denklem, karma bir rasyonla yemlenen laktasyonun ortasında ve sonunda bulunan bir ineğin kuru madde tüketiminin belirlenmesinde yararlanılmaktadır.

$$KMT = 0.025 CA + 0.1 Y$$

KMT: Kuru madde tüketimi, kg/gün

CA: Canlı ağırlık, kg

Y: Süt verimi, kg/gün

Laktasyonun başlarında bulunan (ilk 10 hafta) bir süt ineği için, kuru madde tüketiminin bu denklemde verilen değerlerden muhtemelen 2-3 kg/gün daha azalacağı bilinmektedir (4).

Gelişen ve besideki sığırlar için Metabolik enerji sisteminin kullanılması

Metabolik enerji sistemi, rasyonun ME tüketimi ve rasyonun ME yoğunluğundan yararlanılarak canlı ağırlık artışının tahminine olanak sağlayan bir methodur. Bu sistem aynı zamanda istenilen performans seviyesine göre rasyon hazırlanmasını mümkün kılar.

Verilen rasyon ile beklenen canlı ağırlık artışının tahmini için aşağıdaki bilgiler gereklidir.

- Canlı ağırlık, kg
 - Verilen yemlerin bireysel olarak ağırlıkları, kg/gün
 - Yemlerin kuru madde (KM), g/kg; metabolik enerji içerikleri, Mj/kg KM
- ve hesaplamalar için:
- Rasyondan gelen toplam ME (MER), Mj/gün
 - Rasyon kuru madde içeriği (KMT), kg/gün
 - Rasyonun enerji yoğunluğu (M/D), Mj/kg KM
 - Yaşama payı ME gereksinimi (My), Mj/gün
 - Verim payı ME gereksinimi (Mv), Mj/gün
 - Beklenen canlı ağırlık artışı (CAA), kg/gün

Yaşama payı metabolik enerji gereksiniminin hesaplanması: Daha önce belirtildiği gibi, kullanılan minimum net enerji, ağırlık metabolizmasına eşittir ve aşağıdaki denklemden hesaplanabilir.

$$\text{Açlık metabolizması (AM)} = 5.67 + 0.061 CA$$

Kapalı yerde bulunan besi sığırları için, söz konusu olan aktivite artışının dikkatine alınmamasından dolayı bu yaşama payı net enerji gereksinimi (E_y) olarak ifade edilir. Yaşama payı için ME'den yararlanma etkinliği (k_y) 0.72 ve emniyet payı olan 0.05 dikkate alındığında, yaşama payı ME gereksinimi,

$$M_y = 8.3 + 0.091 CA \text{ şeklinde ifade edilir.}$$

Canlı ağırlık artışı için gereksinim duyulan metabolik enerjinin hesaplanması: Ağırlık artışı için net enerji gereksinimi (E_a) artan miktarın enerji içeriği kadardır ve canlı ağırlık artışı (CAA) ile birim artışın enerji değerinin (E_D)

çarpımına eşittir. Sığırlar için artışın enerji değeri, kg olarak canlı ağırlıkla (CA) ve Mj olarak da depolanan enerji (E_A) ile ilişkilidir ve aşağıdaki denklemden hesaplanır (4).

$$E_{A} \text{ (Mj/kg)} = 6.28 + 0.3 E_{A} + 0.0188 \text{ CA, buradan}$$

$$E_{A} = \text{CAA} \times E_{A} \text{ olduğu için,}$$

$$E_{A} = \frac{\text{CAA} (6.28 + 0.0188 \text{ CA})}{(1 - 0.3 \text{ CAA})} \text{ olur.}$$

Canlı ağırlık için metabolik enerjiden yararlanma etkinliği (k_A), farklı tipteki rasyonlara göre önemli derecede değişir. Tüm rasyonu etkileyen bu varyasyonlar, rasyonun enerji yoğunluğu ile ilişkili olduğu için, k_A aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$k_{A} = 0.0435 \text{ M/D}$$

Yemlerin ME yoğunlukları 7-14 Mj/kg KM arasında bulunduğu kabul edilirse, k_A 0.30-0.60 arasında değişir (4).

Örnek olarak 400 kg canlı ağırlığında, günde 0.75 kg canlı ağırlık kazanan, 10 Mj/kg KM'lik enerji yoğunluğuna sahip bir rasyonla beslenen bir tosunun ME gereksinimlerinin hesaplanması aşağıdaki gibidir.

$$\text{Yaşama payı ME gereksinimi, } M_{Y} = 42 \text{ Mj/gün}$$

$$E_{A} = \frac{0.75 (6.28 + (0.0188 \times 400))}{(1 - (0.3 \times 0.75))} = 13.4 \text{ Mj}$$

$$k_{A} = 0.0435 \times 10 = 0.435$$

Canlı ağırlık artışı için gereksinim duyulan ME,

$$M_{A} = \frac{13.4}{0.435} = 30.8 \text{ Mj}$$

Günlük toplam ME = 42 + 30.8 = 72.8 Mj olacaktır.

Beklenen canlı ağırlık artışının hesaplanması: Canlı ağırlık artışı için kullanılan metabolik enerjiden yararlanma etkinliği (k_A), rasyonun enerji yoğunluğuna bağlıdır.

$$k_{A} = 0.0435 \text{ M/D}$$

Emniyet payı ile büyüme için kullanılan net enerji (E_A) aşağıdaki gibi hesaplanır (4).

$$E_A = \frac{ME_v \times 0.0435 \text{ M/D}}{1.05} \quad \text{buradan}$$

$$E_A = ME_v \times 0.414 \text{ M/D} \text{ elde edilir.}$$

Depolanan enerjiden (E_A) elde edilebilecek canlı ağırlık artışı (CAA), sıra ile hayvanın canlı ağırlığı (CA) ve ağırlık artışı olarak depolanan net enerji (E_A) ile ilişkili olan, ağırlık artışının enerji değerine (ED_A) bağlıdır. Bu ilişki aşağıdaki eşitlik ile ifade edilmektedir (4).

$$CAA = \frac{E_A}{(6.28 + 0.3 E_A + 0.0188 CA)}$$

Buna göre, aşağıda belirtilen rasyonla beslenen 250 kg ağırlığındaki bir sığırın beklenen canlı ağırlık artışının tahmini şu şekilde hesaplanır.

	KMT(kg)	ME(Mj)
Verilen Rasyon:		
4.1 kg kuru ot (870 g/kg KM, 9 Mj/kg KM)	3.6	32.1
1.7 kg arpa (840 g/kg KM, 12.5 Mj/kg KM)	1.4	17.9
	5.0	50.0

Rasyon toplam ME, MER = 50.0 Mj/gün

$$\text{Rasyon enerji yoğunluğu, M/D} = \frac{50.0}{5.0} = 10 \text{ Mj/kg KM}$$

$$\text{Yaşama apayı ME gereksinimi} = 3.3 + 0.091 \times 250 = 31 \text{ Mj/gün}$$

$$\text{Verim için kullanılacak ME, MEV} = 50.0 - 31.0 = 19.0 \text{ Mj}$$

$$\begin{aligned} \text{Buradan depolanan NE, } E_A &= ME_v \times 0.0414 \text{ M/D} \\ &= 19 \times 0.0414 \times 10 \\ &= 7.9 \text{ Mj, buradan} \end{aligned}$$

$$CAA = \frac{E_A}{(6.28 + 0.3 E_A + 0.0188 CA)}$$

denkleminde E_A yerine konulduğunda beklenen canlı ağırlık artışının günlük 0.6 kg olduğu bulunacaktır.

Gelişen ve besideki sığırların gereksinim duydukları rasyon metabolik enerjisinin hesaplanması için aşağıdakilerin bilinmesi gerekmektedir.

- a. Hayvanın canlı ağırlığı (CA), kg
 - b. Günlük canlı ağırlık artışı (CAA), kg/gün
 - c. Rasyonun enerji yoğunluğu, MJ/kg KM
- ve hesaplamalar için;
- d. Yaşama payı ME gereksinimi (M_Y), Mj/gün
 - e. Canlı ağırlık artışı olarak depolanan enerji (E_A), Mj/gün
 - f. Canlı ağırlık artışı için Me gereksinimi (M_A), Mj/gün
 - g. Toplam ME gereksinimi, Mj/gün

Bu hesaplamalar aşağıdaki eşitliklerin kullanılması ile yapılır.

$$\text{Yaşama payı ME gereksinimi, } M_Y = 8.3 + 0.091 \text{ CA}$$

$$\text{Depolanan enerji, } E_A = \frac{\text{CAA} (6.28 + 0.0188 \text{ CA})}{(1 - 0.3 \text{ CAA})}$$

Canlı ağırlık artışı için ME,

$$M_A = \frac{E_A}{k_A}$$

Burada, k_A 0.0435 M/D eşitliği kullanılıp, 0.05 emniyet payı dahil edildiğinde canlı ağırlık artışı için gereksinim duyulan ME,

$$M_A = \frac{E_A}{0.0414 \text{ M/D}}$$

$$M_A = \frac{24.1 \times E_A}{\text{M/D}} \text{ şeklinde olacaktır.}$$

$$\text{Toplam ME gereksinimi (Mj/gün)} = M_Y + M_A$$

Belirli bir ağırlık artışına gereksinim duyulduğu zaman, besi sığırları için ME gereksinimlerinin, rasyonun enerji yoğunluğuna (M/D) göre değiştiği görülmektedir. Kuru ot gibi ME bakımından çok fakir olan yemler (M/D = 8), arpa gibi ME bakımından zengin olan (M/D = 13) tahıllara göre ağırlık artışında çok az etkilidir. Bu durum yukarıda belirtildiği gibi k_A üzerine rasyonun enerji yoğunluğunun etkisinden kaynaklanmaktadır (4).

Buna göre 250 kg canlı ağırlığındaki bir sığır için, istenen 0.8 kg/gün canlı ağırlık artışını sağlayacak olan rasyonun hazırlanması aşağıdaki gibidir.

Kuru ot ve karma yem kullanıldığında,

Kuru ot (850 g/kg KM, 8 Mj/kg KM)

Karma yem (880 g/kg KM, 12.5 Mj/kg KM)

Kuru madde tüketimi, KMT = 6.6 kg/gün

Yaşama payı ME gereksinimi = 8.3 + 0.091 x 250 = 31 Mj/gün

$$\text{Verim için NE gereksinimi, } E_A = \frac{\text{CAA (6.28 + 0.0188 CA)}}{(1 - 0.3 \text{ CAA})}$$
$$= 11.6 \text{ Mj/Gün}$$

Verim payı için gereksinim duyulan ME miktarının karşılanması, rasyonun enerji yoğunluğunun sınırlarına bağlı olduğundan, rasyonun enerji yoğunluğu (M/D), kullanılan miktarlara göre, kuru ot için 8.0 Mj/kg KM'den karma yem için olan 12.5 Mj/kg KM sınırları arasında değişiklik gösterecektir. Buna göre,

	KMT(kg)	ME(Mj)
6.0 kg kuru ot (850 g/kg KM, 8 Mj/kg KM)	5.1	40.8
1.5 kg karma yem (880 g/kg KM, 12.5 Mj/kg KM)	1.3	16.5
	6.4	57.3

Burada M/D = 8.95 Mj/kg KM

ME_v = 57.3 - 31.0 = 26.3 Mj/gün

E_A = 26.3 x 0.0414 x 8.95 Mj/gün

= 9.7 Mj/gün

İhtiyaç duyulan E_A, 11.6 Mj/gün olduğundan, beklenen 0.8 canlı ağırlık artışı bu rasyonla karşılanamaz. Eğer aşağıdaki rasyon kullanılırsa,

	KMT(kg)	ME(Mj)
5.5 kg kuru ot (850 g/kg KM, 8 Mj/kg KM)	4.68	37.4
2.15 kg karma yem (880 g/kg KM, 12.5 Mj/kg KM)	1.89	23.6
	6.57	61.0

M/D = 9.3 Mj/kg KM

ME_v = 61.0 - 31.0 = 30.0 Mj/gün

E_A = 30.0 x 0.0414 x 9.3 Mj/gün

= 11.6 Mj/gün

olacak ve günlük 5.5 kg kuru ot ve 2.15 kg karma yem verildiğinde, 250 kg'lık bir sığırdada günde 0.8 kg'lık bir canlı ağırlık sağlanacaktır.

Sonuç

Ruminant hayvanların beslenmesinde, enerji ihtiyaçlarının hesaplanmasında kullanılan nişasta değeri sisteminin net enerji seviyesinde olması ve enerjiyi, hayvanın yaşama, büyüme, besi ve süt üretimi için aynı etkinlik derecesinde dikkate alması, bunun sonucunda da hesaplanan enerji gereksiniminin gerçek gereksinimden farklı olabileceği nedeniyle, bu sakıncayı giderecek yeni birimlerle çalışma zorunluluğu kendini göstermiştir. Aynı zamanda enerji içerikleri nişasta değeri sistemine göre belirtilmiş yemlerin enerji içeriklerinin pratikte kontrol edilmesinin mümkün olmayışı da bu sistemin sakıncalarından biridir.

Yukarıda belirtilen sakıncaları ortadan kaldıran, ruminant beslemede bu nedenle artık pek çok ülkede kullanılmakta olan metabolik enerji sistemine göre besleme normlarının hazırlanması ülkemiz için de gerekli bir nokta olmaktadır. Net enerjiden yaşama ve çeşitli verimler için gereksinim duyulan enerji miktarını farklı etkinlik derecelerinde dikkate alan, böylece gereken miktarların en uygun olarak hesaplanabildiği metabolik enerji sisteminin ülkemiz koşullarında uygulanabilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak bu konuda çalışmaların en kısa zamanda yoğunlaştırılması ve bu sistemin en iyi biçimde uygulanabilmesi amacıyla öncelikle ülkemiz koşullarında üretilen yem hammaddelerinin enerji içeriklerinin metabolik enerji birimleri ile tespit edilmesi, hayvanların gereksinimlerinin karşılanmasında ve rasyon hazırlamada metabolik enerji birimlerinin kullanılması gerekmektedir.

Kaynaklar

1. Schiemann, R., Jentsch, W., Wittenburg, H. Zur Abhängigkeit der verdaulichkeit der energie und Nährstoffe von der Höhe der Futteraufnahme und der Ratios Zusammensetzung bei Milchkuhen. Arch. Tierernähr. 21, 223-240, 1971. In: Sauvant, D., Aufrere, J., Michalet-Doreau, B., Giger, S., Chapoutot, P., 1987. Valeur nutritive des aliments concentrés' simples: Tables et prévision. Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. (70) 75, 89.
2. Webster, J. Calf Husbandry, Health and Welfare. Lyfrgell Y Gwyddorau Science Library. IX-202 s., 1983.

3. Okuyan, M.R. Tuncel, E., Bayındır, Ş., Yıldırım, Z. (Çeviri). Süt sığırlarının besin maddeleri gereksinimleri. Sayı: 3. Geliştirilmiş 5. Baskı. Ulusal Bilimler Akademisi, 87 s. Bursa, 1978.
4. Anonim, Energy allowance and feeding systems for ruminants. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Department of Agriculture and Fisheries for Scotland. Department of Agriculture for Northern Ireland. Reference Book 433, 85 s, London, 1984.
5. Sauvant, D., Aufrere, J., Michalet-Doreau, B., Giger, S., Chapoutot, P. Valeur nutritive des aliments concentres' simples: Tables et pre'vision. Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A. (70) 75, 89, 1987.
6. Lofgreen, G.P., ve garret, W.N. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. J. Anim Sci. 27: 793-806, 1968. In: Okuyan, M.R. Tuncel, E., Bayındır, Ş., Yıldırım, Z., 1978 (Çeviri). Süt sığırlarının besin maddeleri gereksinimleri. Sayı: 3. Geliştirilmiş 5. Baskı. Ulusal Bilimler Akademisi, 87 s. Bursa.
7. Moe, P.W., Flatt, W.P., Tyrrell, H.F. The net energy value of feeds for lactation. J. Dairy Sci. 55: 945-958, 1972.
8. Graham, N.McC. Maintenance and Growth. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux, 80-101, London, 1980.
9. Tyreell, H.F. ve Moe, P.W. Symposium-production efficiency in the high producing cow. Effect of intake on digestive efficiency. J. Dairy Sci. 58:1151-1163, 1975.
10. Van Soest, P.J. Revises Estimates of The Net energy values of feeds. Proc. Cornell Nutr. Conf., s.11-23, 1973.