



## Süt Sığırlarının Beslenmesinde Metabolize Edilebilir Protein Sistemleri

**Mirza Yiğithan ÖĞÜT\***      **Nurcan ÇETİNKAYA**

*Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, 55139 Samsun, Türkiye.*

**Geliş/Received:** 28.02.2020

**Kabul/Accepted:** 31.05.2020

**Atıf yapmak için:** Öğüt, M.Y. & Çetinkaya, N. (2020). Süt Sığırlarının Beslenmesinde Metabolize Edilebilir Protein Sistemleri. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 5(2), 178-184.

**How to cite:** Öğüt, M.Y. & Çetinkaya, N. (2020). Metabolizable Protein Systems in Dairy Cattle Nutrition. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 5(2), 178-184.

\*ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4103-4736>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9977-2937>

**\*Sorumlu yazarın:**

Mirza Yiğithan ÖĞÜT  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner  
Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme  
Hastalıkları Anabilim Dalı, 55139 Samsun,  
Türkiye  
✉: [yigithanogut@gmail.com](mailto:yigithanogut@gmail.com)  
Cep telefonu : +90 (538) 404 64 79

**Öz:** Son yıllarda süt sığırlarında protein beslenmesinin anlaşılmasında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Metabolize edilebilir protein(MEP) ihtiyacı, hayvanın yaşama payı ve verim payını canlı ağırlık artışı, gebelik ve süt üretimi gibi net olarak karşılayan protein miktarıdır. MEP ince bağırsak tarafından emilen hem mikrobiyal hem de rumende parçalanmayan proteinden(RUP) oluşmaktadır. Bu nedenle, sadece rasyon ham protein(HP) değerini kullanarak ruminant rasyonlarının hazırlanması hatalı olmaktadır. Wende analizi ve deterjan analizi gibi geleneksel yem analizi yöntemleri, yem HP'yi tek bir birim olarak kabul eder; yem proteini fraksiyonlarının rumen parçalanabilirliğini, mikrobiyal protein sentezini, bağırsağa akış hızlarını ve bunların emilimini hesaba katmaz. Bu nedenle, süt ineklerinin protein ihtiyaçlarını karşılamak için hazırlanan rasyon sadece rasyon protein kaynağı olarak HP'yi değil aynı zamanda rumende sentezlenen mikrobiyal proteini(MP) de içermelidir. MP sistemleri her iki faktörü de göz önünde bulundurarak rumende parçalanabilir protein(RDP) ve RUP, ayrı ayrı rumen mikroplarının ve hayvanın protein ihtiyaçlarının karşılanmasında MP'in sentezini ve MEP'in hesaplanmasını içermekte ve böylece doğru olarak protein ihtiyaçlarını belirlenmektedir. Bu derleme makalesinde süt sığırlarının protein beslenmesi konusunda sadece rasyondaki HP dikkate alan basit besleme sisteminden sonra geliştirilmiş MEP sistemlerinde yer alan prensipleri ve kavramları son gelişmelerle birlikte incelemek amaçlanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Ham protein, metabolize edilebilir protein, protein değerlendirme sistemleri, süt sığırları.

## Metabolizable Protein Systems in Dairy Cattle Nutrition

**Abstract:** In recent years, significant improvements have been achieved in understanding protein nutrition in dairy cattle. The metabolizable protein(MEP) requirement is defined as the amount of protein that meets precisely the animal's maintenance and productions such as live weight gain, pregnancy and milk yield. This MEP consists of both microbial and also rumen undegradable protein(RUP) absorbed by the small intestine. Therefore, the preparation of ruminant diets using only the diet crude protein(CP) value is not correct. Conventional feed analysis methods, such as Wende analysis and detergent analysis, accept the feed crude protein(CP) as a single unit; it does not take into account rumen degradability of feed protein fractions, microbial protein synthesis, intestinal flow rates and their absorption. Therefore, the diet prepared to meet the protein requirements of dairy cows should include not only CP as a source of diet protein, but also microbial protein synthesized in the rumen. Microbial protein(MP) systems, taking into account both factors, rumen degradable protein(RDP) and RUP, the individual rumen microbes and the synthesis of MP to meet the protein requirements of the animal as well as the estimation of the MEP and thus accurately determine protein requirements. In this review article, the objective is to evaluate the principles and concepts with the latest developments in MEP systems developed after the simple feeding system which considers only CP in protein nutrition of dairy cattle.

**\*Corresponding author's:**

AUTHOR  
Ondokuz Mayıs University, Faculty of  
Veterinary Medicine, Department of Animal  
Nutrition and Nutritional Diseases, 55139  
Samsun, Turkey  
✉: [yigithanogut@gmail.com](mailto:yigithanogut@gmail.com)  
Cep telefonu : +90 (538) 404 64 79

**Keywords:** Crude protein, dairy cattle, metabolizable protein, protein evaluation system.

## GİRİŞ

Ruminantlar tek midelilerden farklı bir protein metabolizmasına sahiptir. Yem proteinleri mikroorganizmalar tarafından rumende amonyak ve yağ asitlerine parçalanırlar. Bakteriler amonyağı kullanarak çoğalırlar. Amonyanın MP sentezinde kullanım kapasitesi büyük oranda karbonhidrat fermantasyonunun ürettiği enerjiye bağlıdır. Ortalama 100 g organik maddenin rumende fermante olması sonucu 20 g MP sentezlenir. Rasyondaki azot miktarının düşük olduğu durumlarda, büyük miktarda üre rumene geri döner ve rumende mikroorganizmalar tarafından kullanılabilirler. İneklerin rasyonlarında tek azot kaynağı olarak NPN kullanarak günde 500-600 g yüksek kalitede süt proteini ve laktasyon boyunca 4000 kg süt üretimi alınabilmektedir (Wattiaux, 2017). Süt sığırlarında protein değerlendirme sistemleri rasyon HP' i için basit beslenme standartlarından, rumen amonyak ve rumende parçalanabilen protein (RDP) ve bağırsaktan emilebilir amino asit (AA) için ihtiyaçları öngörmek üzere tasarlanmış kompleks beslenme modellerine dönüştürülmüştür. Cornell net karbonhidrat ve protein sistemi-(CNCP) ve CPM-Dairy sistemi rasyonun içerdiği AA'leri dikkate alan ilk geliştirilmiş modellerdir (CNCP, 2003). NRC (1989) protein verilerinin sınırlı olması ve yeni verilerin ortaya çıkmasıyla, NRC (2001) komitesi yeni bir AA modeli geliştirmiştir. Bu modellerde metabolize edilebilir proteini kullanılmaktadır. Bu derleme makalesinde süt sığırlarının protein beslenmesi konusunda sadece rasyondaki HP dikkate alan basit besleme sisteminden sonra geliştirilmiş kompleks modelleri içeren MEP sistemlerinde yer alan prensipleri ve kavramları son gelişmelerle birlikte incelemek amaçlanmıştır.

### **Süt Sığırlarında Protein Metabolizması:**

Ruminantlarda protein metabolizması tek mideli hayvanlara göre oldukça kompleks bir yapı içerir. MP sentezinin sınırları süt sığırlarında rasyonun sindirilebilirliğine bağlı olarak 400-1500 g/gün arasında değişebilir. Bakterilerde proteinin yüzdesi %38-55 arasında değişir. Rasyondaki protein ruminal sindirime direnç gösterir ve sindirilmeden ince bağırsaklara geçebilir. MP'lerin çok azı rumende parçalanırken, büyük çoğunluğu abomasuma geçer. Abomasumdaki asidik ortam bütün mikrobiyal aktiviteyi durdurur ve sindirim enzimleri proteinleri AA'lere parçalamaya başlar. İnce bağırsaklara gelen AA'lerin yaklaşık %60'ı bakteriyel proteinden %40'ı rumende parçalanmamış proteinlerden oluşur (Wattiaux, 2017).

### **Rumende Parçalanmayan ve Parçalanmayan**

**Protein:** Rasyondaki RUP ve RDP'nin belirlenmesi oldukça önemlidir. Süt üretimindeki Azot (N) verimliliğinin optimum hale getirilmesi, rumende MP oluşumun desteklenmesi için yeterli miktarda RDP'nin sağlanması gerekmektedir. Laktasyondaki ineklerin

günlük tükettikleri yemlerin RDP değerlerinin *in vivo* olarak belirlenmesi gerekir. Fakat *in vivo* metotlar rutin kullanım için pratik değildir. *In vitro* metotları desteklemek amacıyla *in vivo* metotlar kullanılmalıdır.

*In situ* metotlar, yemlerin selüloz ve protein parçalanmasını değerlendirmede daha pratiktir. Bazı sınırlanmalara rağmen *in situ* naylon kese sonuçlarının *in vivo* belirlenen değerlerle ve protein parçalanmasının ekstrapolasyonlarıyla ilişkili olduğu belirtilmiştir. Protein değerlendirme modellerini oluşturmak için *in situ* metot tercih edilmektedir (NRC, 2001).

Bazı yemlerde protein parçalanmasını hesaplamak için standart metot olarak kullanılan *in situ* naylon kese metodu ile doğru sonuç alınmadığından alternatif metot arayışları devam etmektedir (Broderick vd., 2016).

RUP değerlerini belirlemek için yapılan çalışmalarla, abomasum ve duodenuma kanül takılmış süt sığırları ve düvelerde MP ve RUP çıkışının ölçümleri yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda ince bağırsağa AA geçişleri hesaplanmıştır. MP'leri, RUP'dan ayırt etmek için kullanılan marker'lar nükleik asitler (RNA ve DNA), diaminopimelik asit (DAPA), amino etil fosfonik asit (AEPA) ve 15N izotopudur. Bu marker'lardan en iyi sonuç veren rumene 15N izotopu infüzyon metodudur. Sindirim sisteminde geçişleri hesaplamak için çok çeşitli farklı sıvı ve katı faz marker'ları kullanılmıştır. Son çalışmalarda rumende yem çıkışı hesaplamalarının, değişen vakum-basınç cihazına duyulan ihtiyacı ortadan kaldıran retüküler örnekleme kullanarak da yapılabileceği gösterilmiştir (Krizsan vd., 2010). Süt sığırları ve düveler için ince bağırsağa AA geçişini hesaplamak için geliştirilen modelleri makalelerin verilmiştir (NRC, 2001). White vd. (2017) laktasyonda ve kurudaki süt sığırları üzerinde yapılan besleme denemesini çalışmalarını inceleyerek hesaplama modellerini güncellemişlerdir.

Broderick ve Colombini (2010) tarafından ruminal protein parçalanması ve parçalanmadan rumenden geçen protein konusunda son yıllarda yapılan *in vitro* çalışmaların bir derlemesi yapılmıştır. Protein parçalanmasını değerlendirmek için izole edilmiş proteazları kullanmanın avantajı, rumen kanülü takılmış hayvanlara olan ihtiyacı ortadan kaldırmıştır. Genel olarak çözünebilir azottan ölçülen *in vitro* proteaz parçalanma oranları *in situ* parçalanma oranlarıyla karşılaştırıldığında korelasyonlar daha düşük bulunmuştur.

### **Mikrobiyal Protein ve Rumende Parçalanmayan**

**Proteinin Sindirilebilirliği:** Rumenden alt sindirim sisteme geçen MP bakteri, protozoa ve mantar karışımıdır. Rumende 200'den fazla bakteri türü, 20'den fazla protozoa türü ve en az 12 mantar türü bulunur. MP'in ince bağırsağa geçen HP'in %50'sinden fazlasını oluşturduğu çok sayıda

araştırmayla ortaya konmuştur. Bu yüzden, mikroorganizmaların HP'nin fraksiyonunun kimyasal bileşimini ve bunların hayvana sağlanan AA kaynağına katkısını bilmek önemlidir (Schwab & Broderick, 2017). Sok vd. (2017) sığırlarda yapılan çalışmalarda elde edilen verileri kullanarak, sıvı ve katı fazda bulunan bakteriler ve protozoalar için ortalama AA kompozisyonunun değerlerini belirlemişlerdir. Bir çok besleme modelinde kullanılan bakterilerin %80 HP değerinden daha yüksek ortalama %82.4'lük bir HP değeri olduğu ortaya konmuştur.. Protozoa ve bakterilerde bulunan 10 esansiyel AA'ten 5'inin AA seviyelerinin farklı olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada belirlenen en önemli farkın, bakterilerde protozoalardan %42 daha düşük lizin konsantrasyonu un olduğunun ileri sürülmesidir. Schwab ve Broderick (2017), tarafından sıvı ve katı fazla ilgili bakteriler arasında bulunan küçük farkların bakteri ve protozoa arasındaki farklardan daha az olduğu belirtilmiştir. Schwab ve Broderick (2017), ayrıca rasyondaki AA'lerin 3 ana ruminal mikroorganizma popülasyonu üzerine etkisini daha iyi anlamak için daha fazla araştırma yapılmasına ihtiyaç duyulduğunu önermişlerdir.

Rumende sentezlenen MP'in bağırsak sindiriminin doğrudan belirlenmesinde birkaç yöntem kullanılmaktadır. Storm vd. (1983) koyunların abomasumlarına kademeli olarak intragastrik infüzyonla dondurularak kurutulmuş ruminal bakterilerin preparatlarını vermişlerdir. Bireysel AA'lerin gerçek sindirilebilirliği, ileuma geçen bakteriyel AA'lerin geçişinin ölçülmesiyle hesaplanmıştır. AA'lerin sindirilebilirliği %65 ve %88 arasında değişmiş ve ortalama olarak %85 olarak hesaplamıştır. Aynı metotları kullanarak koyunlarda konvansiyonel rasyonlarla beslemede, Tas vd. (1981) mikrobiyal AA sindirilebilirliğini %87 olarak hesaplamışlardır. Genellikle MP'in süt sığırları için en iyi kalitede olduğu kabul edilir. Bunun nedeni MP'in yüksek sindirilebilirliğinin olması ve yağsız vücut dokusu ile sütün protein yapısına benzer bir esansiyel AA kompozisyonunda olmasındandır. RUP'un AA kompozisyonu ve bağırsak sindirilebilirliği, RUP'un hayvan için besin değerini ortaya koyan en önemli parametrelerdir.

**Metabolize Edilebilir Protein Sistemi:** Süt sığırlarında protein beslemesi, rasyon HP'ini dikkate alan basit beslenme standartlarından, rumen amonyak, peptitler, RDP ve bağırsaktan emilebilir AA için ihtiyaçlarını dikkate alan kompleks beslenme modellerini içeren standartlara dönüştürülmüştür. Ancak rumen fermentasyonunun kompleksliği ve süt sığırının doku proteini ve AA metabolizması ile ilgili yeterli nicel verilerin bulunmaması nedeniyle, gelişmiş protein beslenme modellerinin oluşturulması gecikmiştir. CNCPS (O'Corner vd., 1993; Fox vd., 2004) ve CPM-Dairy sistemi

(Boston vd., 2000; Tedeschi vd., 2008) rasyonun AA'ini dengelenmesi için ortaya konulan ilk iki modeldir.

NRC (1989) protein verilerinin sınırlı olması ve yeni verilerin ortaya çıkmasıyla, NRC(2001) komitesi yeni bir AA modeli geliştirmiştir. NRC (2001)'de rasyonda RDP ve RUP ihtiyaçları MEP olarak ifade edilmektedir. NRC (2001)'de mikrobiyal HP net enerji (NE) tüketimi yerine toplam sindirilebilir organik madde tüketiminden hesaplanmaktadır. Bu iki fraksiyonun miktarlarının sabit olmadığını ve kuru madde tüketimi ve rasyon kompozisyonundan etkilendiğini varsayan yemlerin RDP ve RUP içeriğini hesaplamak için bir sistem kullanılmaktadır. Farklı sindirilebilirlik hesaplamalarının nedeni her bir yemin RUP fraksiyonuna bağlıdır. Endojen protein akışları hesaplanıp ve duodenal protein içindeki Esansiyel Amino Asit (EAA)'in profili belirlenerek EAA'in geçişi ve bunların MEP içindeki miktarı belirlenmektedir.

NRC (2001) komitesi mevcut verilerin AA ihtiyaçlarını hesaplamak için bir model oluşturmada yetersiz olduğunu açıklamıştır. Ancak, MEP'in EAA değerinin ideal profilini belirlemek için çalışmalar yapılarak ileri modellerin geliştirilmesi gerekliliğini belirtmiştir. NRC (2001) MEP'deki lizin ve metiyonin konsantrasyonunu hesaplayan bir model geliştirerek, modelde süt proteini ve süt verimindeki ölçülen değişikliklerle ilişkili doz-yanıt grafiklerini kullanarak ideal lizin ve metiyonin konsantrasyonlarının hesaplanabileceğini bildirmişlerdir.

Süt sığırlarında protein ve AA kullanımını tanımlayan bir çok besleme modeli ve bu modelleri değerlendiren çalışmalar yapılmıştır (Schwab vd., 2005; Pacheco vd., 2006; Tedeschi vd., 2014; Tedeschi vd., 2015). Tedeschi vd. (2014), 6 temel besleme modeli (çoğunlukla ampirik sistemler) ve 5 karmaşık besleme modeli (çoğunlukla mekanik sistemler) incelemesinden, daha karmaşık modellerin bazılarının süt üretimini tahmin etmek için üretim koşullarına göre değişeceğinden uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

Son yıllarda protein beslenmesi ile ilgili model geliştirme çalışmaları yapılmıştır. Pacheco vd. (2006) tarafından NRC(2001) modelinde hem RUP hem de MP fonksiyonlarının gerçek bağırsak sindirilebilirliğinin artırılması gerekliliğini belirtmiştir. Birçok protein modeli hala yaşama payı ve verim fonksiyonları için MEP ve AA kullanımının sabit verimlilikte olduğunu varsayılmakta olup bunun doğru olmadığı kanıtlanmıştır (Arriola Apelo vd., 2014). Örneğin; süt sığırları tarafından MEP kullanımının etkinliği MEP'deki EAA dengesinden etkilenmektedir (Chen vd., 2011; Osorio vd., 2013). NorFor besleme modeli (Volden, 2011) MEP ve metabolize edilebilir AA için değişken kullanım verileri ortaya koymuştur. Laktasyondaki süt sığırlarında AA'in

ara metabolizması üzerine; EAA'lerin iç organ dokuları ve meme bezine affinitesini ölçmeye odaklanan geniş bir araştırma yapılmıştır. Affinite ölçümleri EAA'in süt protein sentezi oranlarını düzenleyen sinyal yollarını aktive etme potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir (Arriola Apelo vd., 2014; Castro vd., 2016).

**Metabolize Edilebilir Protein Kavramı:** Uzun yıllar boyunca, rasyon proteininin karmaşık ruminal mikrobiyal ortamdaki yanıtı ile ilgili çok az bilgi bulunduğundan laktasyondaki süt sığırları için rasyonlarının hazırlanmasında HP değeri kullanılmıştır. Rumende sentezlenen yüksek kaliteli MP'nin, rumen fermentasyonundan kaçan RUP kalitesindeki eksiklikleri tamamlayacağı belirtilmiştir. Bununla birlikte, yüksek verimli süt sığırlarında MP sentezi, gerekli proteinin bir kısmını sağlar ve hayvanın protein ihtiyacının karşılanması için rasyona konulan protein kaynağının RUP oranının yüksek olması gerekir. HP sistemi, rumen mikroorganizmaların ihtiyaçları ile hayvanın ihtiyaçları arasında ayırım yapamaz. Bu nedenle, HP sistemine dayalı beslemeler hayvanda protein eksikliğine neden olabilir. Bu durum, mevcut protein değerlendirme sisteminin, eskilere göre birçok avantaja sahip olan MEP sistemine geçilmesi gerektiğini göstermektedir. MEP sistemi, rasyon yağlarının ve fermentasyon son ürünlerinin enerji miktarında azaltma yaparak mikrobiyal büyüme için mevcut olan fermente metabolize edilebilir enerjinin (FME) daha rasyonel bir şekilde tanımlanmaktadır (Beever & Cottrill, 1994). MEP sisteminin bir diğer avantajı, AA'lerin ince bağırsaktan net emiliminin, hayvanın ihtiyacına göre hesaplanabilmesine olanak sağlamasıdır (Beever & Cottrill, 1994). MEP sistemi ayrıca laktasyondaki hayvanlarda istenilen süt verimini almak için HP'e göre daha iyi bir hesaplama yöntemidir (Schwab & Ordway, 2004). Bu nedenle, konvansiyonel HP sisteminin MEP sistemi ile değiştirilmesi, bu sistemin ruminantların biyolojisine iyi uyması nedeniyle protein kullanımını ve rasyon formülasyonunu tanımlamak ve geliştirmek için daha iyi bir yöntem gibi görünmektedir (NRC, 2001).

Ruminantlarda protein beslenmesinde üç temel amaç vardır. İlk olarak, maksimum karbonhidrat ve MP sentezi için rumen mikroorganizmalarının (amonyak, AA'ler ve peptitler) RDP ihtiyaçlarını karşılamaktır. İkincisi, minimum RUP tüketimiyle yaşama payı, büyüme, optimum sağlık ve üreme için hayvanın MEP ihtiyaçlarını karşılamaktır. Son olarak, minimum rasyon HP'i ile istenen seviyede protein ve yağ içeren bir süt verimi için süt sığırının MEP ve AA ihtiyaçlarının karşılanmasıdır. İlk MEP sistemleri kavramı, Burroughs vd. (1974) ABD'de, Tarımsal Araştırma Konseyi (ARC) (ARC, 1984) ve Ulusal Araştırma Konseyi (NRC) (NRC, 1985) beslenme modelleriyle daha da değiştirilmiştir. Bununla birlikte, sistem 1992 Tarım ve Gıda Araştırma Konseyi'nin,

İngiltere Parlamentosu sistemi olarak bilinen Teknik Komite Raporunda (AFRC, 1992) tam olarak açıklanmaktadır. İnce bağırsakta sindirilmiş gerçek protein (PDI) adı verilen benzer bir sistem Fransa'da, Hollanda'da Hollanda MEP sistemi (DVE/OEB sistemi) geliştirilmiştir. Tüm bu sistemlerde temel ilke, bir ruminantın protein ihtiyaçlarının en mantıklı olarak iki kısımda dikkate alınmasıdır, bunlar: rumen mikroorganizmalarının ve hayvanın protein ihtiyacıdır. Süt sığırları için MEP'in besleyici değeri, esansiyel AA'ler, özellikle lizin ve metiyonin profiliyle belirlenir (Whitehouse vd., 2009). Yapılan çalışmaları, süt veriminin ve protein değerinin MEP'deki AA'lerin profilini iyileştirerek, rasyondaki fazla protein miktarını azaltarak ve rasyondaki fermente edilebilir karbonhidrat miktarını artırarak artırılabilirliğini göstermiştir (Rius vd., 2010; Aboozar, 2012; Lee vd., 2012).

**Süt Sığırlarında Metabolize Edilebilir Protein İhtiyaçları:** MEP ihtiyaçları, iki kaynaktan yani sindirilebilir MP ve RUP'dan karşılanmaktadır. NRC (2001), süt sığırlarında MEP ihtiyaçlarının hesaplanmasında faktöriyel yaklaşım benimsenmiştir.

Ortalama 16 aylık olan Nellore düvelerinde, boğalarda ve kastre edilmiş boğalarda MEP ihtiyaçları değerlendirilmiştir (Robson vd., 2007). Nellore sığırlarının yaşama payı için MEP ihtiyaçlarının 4,0 g/kg CA<sup>0.75</sup> olduğu hesaplanmıştır.

**Yem Proteinin Metabolize Edilebilir Proteine Dönüşümü:** Raggio vd. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı protein seviyelerine sahip rasyonlardan MEP'in kullanılabilirliği belirlenmiştir. Izoenerjik üç rasyonla MEP miktarlarını hesaplamışlardır. % HP seviyeleri %12,7, %14,7 ve %16,6 olan bu rasyonlardan gelen MEP değerleri sırasıyla 1992, 2264 ve 2501g/gün olarak belirlenmiştir. Çin Holştayn ineklerinde MEP miktarını değerlerini %HP içerikleri %11,9, %13,0, %14,2 ve %15,4 olan dört farklı rasyon için değerlendirilmiştir (Wang vd., 2007). Her bir KM'de MEP miktarı farklı HP seviyeleri için sırasıyla %8,3, %8,9, %9,7 ve %10,4'üne karşılık 1,75 kg/gün, 1,91 kg/gün, 2,09 kg/gün ve 2,16 kg/gün bulunmuştur. Das (2012) tarafından CNCP sistemi kullanarak, %HP değerleri sırasıyla %13,5, %15 ve %16,5 olan 3 farklı Total Mixed Ration (TMR)'in hesaplanan MEP içeriğinin sırasıyla %7,7, %8,69 ve %9,28 bulunduğu yayınlanmıştır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde rasyonun HP düzeyi ile MEP kullanılabilirliği arasında doğrusal bir artışın olduğu görülmektedir.

Kanola küspesi (sarı çekirdekli ve kahverengi çekirdekli) ve preslenmiş kanola küspesinin MEP seviyeleri hesaplanarak üç ana MEP sistem (PDI, DVE/OEB ve NRC) ile karşılaştırılmıştır. Sarı çekirdekli kanola küspesinin MEP değeri üç model ile de en yüksek bulunmuştur(sırasıyla DVE/OEB, 312 ve 192 ve 128

g/kgKM; NRC, 287 ve 193 ve 168 g/kgKM; PDI, 264 ve 168 ve 137 g/kgKM). Biyoetanol işleme ünitelerinden elde edilen yan ürünlerin MEP değerleri hem DVE/OEB hem de NRC sistemleri ile değerlendirilmiştir ve iki modelden hesaplanan MEP değerleri birbirine çok yakın bulunmuştur (Nuez Ortin & Yu, 2010).

Chase (2011), altı ticari süt sığırtı rasyonunda bulunan MEP değerini değerlendirmiştir. %14,3, %15,9, %15,7, %15,8, %15,5 ve %16,2 HP' ine sahip olan rasyonlar ile beslendiğinde sırasıyla 2600, 3322, 2710, 2744, 2720 ve 2779 g/gün MEP değerleri hesaplanmıştır ve süt sığırtılarından 35-50kg süt/gün verim alınmıştır. Süt rasyonlarının MEP değerleri sırasıyla %10,5, %12,2, %11,1, %11,2, %11,1 ve %12,1 hesaplanmıştır. Huhtanen vd. (2011), kanola küspesi, muamele edilmiş kanola küspesi, soya küspesi ve soya küspesi+ balık unu için MEP değerlerini sırasıyla 92, 90, 95 ve 96 g/kg hesaplamışlardır.

Das vd. (2014) *in situ* naylon kese metodu kullanarak dokuz tropik ruminant yeminin MEP seviyesini belirlemişlerdir. Mısır gevreği, yer fıstığı küspesi, hardal küspesi, pamuk tohumu küspesi, yağsız pirinç kepeği, buğday kepeği, İskenderiye üçgülü, mısır ve sorgumun MEP seviyelerini sırasıyla 95,26, 156,41, 135,21, 125,06, 101,68, 107,11, 136,81 ve 76,65 g/kgKM olarak hesaplamışlardır. Ayrıca, yemin MEP değerinin protein parçalanma özelliklerine tamamen bağlı olduğundan HP içeriğindeki kadar sabit olmadığını ortaya koymuşlardır.

**Süt Sığırtılarında Metabolize Edilebilir Proteinin Verime Etkisi:** Whitlock vd. (2002) meme gelişimi üzerindeki etkisini görmek için prepubertal Holştayn düvelere (ortalama CA 134 kg) artan protein oranları içeren rasyonları TMR olarak vermişlerdir. Üç deneme rasyonu, benzer enerji düzeyi ile 2,85 Mcal/kgKM ME, ancak % HP değerleri düşük, orta ve yüksek olarak sırasıyla %13,7 %16,2 ve %18,8 olarak hazırlanmıştır. Bu rasyonların %HP seviyelerine göre hayvana sırasıyla %10,6, %11,6 ve %12,65 oranında MEP sağlamışlardır. Meme gelişimi, artan rasyon MEP düzeyi ile daha yükselmiştir.

Raggio vd. (2004) üç farklı MEP düzeyindeki rasyonun altı adet birden fazla doğum yapmış laktasyondaki holştayn süt sığırtılarında süt verimi ve bileşenleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Süt verimi, artan MEP seviyeleriyle doğrusal olarak artmıştır. Süt HP konsantrasyonu ve her bir süt proteini fraksiyonunun miktarları, artan MEP seviyeleriyle doğrusal olarak artmıştır. Süt HP konsantrasyonu doğrusal olarak artarken gerçek protein konsantrasyonu azalmıştır. Süt yağı konsantrasyonu doğrusal olarak azaldığı ve en yüksek MEP seviyesinde yağ veriminin düştüğü belirlenmiştir.

Wang vd. (2007) 40 adet Çin Holştayn süt sığırtında dört MEP düzeyinin süt üretimi ve N kullanımı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Hayvanlara %8,3, %8,9, %9,7 ve %10,4 olmak üzere 4 farklı MEP

seviyelerinde rasyonlar verilmiştir. %9,7 ve %10,4 MEP düzeylerinde süt verimi ve süt proteini yüzdesinin arttığı ortaya konulmuştur. Sonuç olarak Çin Holştayn süt sığırtılarında 30 kg süt/gün verim almak için %9,7 MEB içeren rasyonun en uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Huhtanen vd. (2008) silajda çözünür N bileşenlerinin MEP konsantrasyonu üzerindeki etkisini değerlendirmek için meta-analiz yöntemleri geliştirmişlerdir. Yöntemde, artan silaj protein çözünürlüğünün, düşük süt proteini verimi ve N kullanım etkinliği ve artan MUN konsantrasyonu ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Silaj azotundaki çözünür amonyak olmayan azotun oranı, MEP verimi üzerinde ve dolayısıyla gerçek silaj konsantrasyonu üzerinde etkili olmamıştır.

Rius vd. (2010) laktasyondaki süt sığırtılarında azot veriminin belirlenmesinde enerji etkileşimi ve öngörülen MEP değerlerini araştırmış ve iki faktör arasında yüksek bir korelasyon bulmuşlardır.

## SONUÇ

Sonuç olarak süt sığırtılarında protein ve AA beslemesinde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Türkiye dahil dünya çapında çoğu yem üretici ve hayvan besleme uzmanı, proteince zengin yemleri ve hayvan ihtiyaçlarını değerlendirirken hala sadece HP' i dikkate almaktadır. Ancak, protein ve AA beslenmesi konusunda yapılan araştırmalar düşük proteinli rasyonlarla beslemeye odaklanmıştır ve bu durumun değişmesi gerekmektedir. Odaklanmanın nedenleri arasında düşük yem maliyeti, gelişmiş üretim verimliliği ve rasyon protein kullanımı, daha yüksek üretim ve çevre sorunları yer almaktadır. Hayvanları belirli bir zamanda doğru miktarda spesifik rasyonlarla besleyerek, üretim maliyetleri de önemli ölçüde azaltılabilir. Bu nedenle, süt sığırtılarında protein rasyonunu RDP, RUP ve MEP cinsinden dengelemek, besin maddelerinin verimli kullanımı ve süt üretimini en üst düzeye çıkarmak için mümkün olan en iyi yoldur. Bu nedenle besleme stratejilerinden protein ve AA ihtiyaçlarını belirleyen modellerin iyileştirilmesi, MP sentezinin etkinliğinin artırılması ve metabolizmada geri dönüştürülen azotun yakalanması ve protein ve AA katkılarının daha güvenilir hale gelmesi konusunda araştırmalar yapılması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

**Aboozar, M. (2012).** Impacts of dietary metabolizable protein on performance and ruminal parameters of Holstein cows at early lactation, *Research Opinions in Animal and Veterinary Sciences*, 2(2), 102-108. DOI: [http://www.roavs.com/pdf-files/Issue\\_2\\_2012/115-121.pdf](http://www.roavs.com/pdf-files/Issue_2_2012/115-121.pdf)

- Arriola Apelo, S.I., Knapp, J.R. & Hanigan, M.D. (2014).** Invited review: Current representation and future trends of predicting amino acid utilization in the lactating dairy cow. *Journal of Dairy Science*, *97*, 4000-4017. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7392>
- Beever, D.E. & Cottrill, B.R. (1994).** Protein systems for feeding ruminant livestock: A European assessment. *Journal of Dairy Science*, *77*(7), 2031-2043. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77148-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77148-4)
- Boston, R.C., Fox, D.G., Sniffen, C.J., Janczewski, R., Munsen, R. & Chalupa, W. (2000).** Modelling Nutrient Utilization in Farm Animals, In: McNamara, J. P., France, J., & Beever D. (Ed), *The conversion of a scientific model describing dairy cow nutrition and production to an industry tool: The CPM Dairy project*, 361-377p, CABI Publishing, Oxford, UK.
- Broderick, G.A. & Colombini, S. (2010).** In vitro methods to determine rate and extent of ruminal protein degradation, In: Crovetto, G. M. (Ed), *In Energy and Protein Metabolism and Nutrition*, 691-702p, EAAP Publication No. 127 Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands.
- Broderick, G.A., Colombini, S., Costa, S., Karsli, M.A. & Faciola, A.P. (2016).** Chemical and ruminal in vitro evaluation of Canadian canola meals produced over 4 years. *Journal of Dairy Science*, *99*, 7956-7970. DOI: [10.3168/jds.2016-11000](https://doi.org/10.3168/jds.2016-11000)
- Burroughs, W., Trenkle, A. & Vetter, R.L. (1974).** A system of protein evaluation for cattle and sheep involving metabolizable protein (amino acids) and urea fermentation potential of feedstuffs. *Veterinary Medicine Small Animal Clinician*, *69*(6), 713. DOI: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4494868>
- Castro, J.J., Arriola Apelo, S.I., Appuhamy, J.A.D.R.N. & Hanigan M.D. (2016).** Development of a model describing regulation of casein synthesis by the mammary target of rapamycin (mTOR) signaling pathway in response to insulin, amino acids, and acetate. *Journal of Dairy Science*, *99*, 6714-6736. DOI: [10.3168/jds.2015-10591](https://doi.org/10.3168/jds.2015-10591)
- Chase, L.E. (2011).** Maintaining milk yield while lowering dietary protein content. *WCDS Advances in dairy technology*, *23*, 153-164. DOI: [https://wcds.ualberta.ca/wcds/wp-content/uploads/sites/57/wcds\\_archive/Archive/2011/Manuscripts/Chase.pdf](https://wcds.ualberta.ca/wcds/wp-content/uploads/sites/57/wcds_archive/Archive/2011/Manuscripts/Chase.pdf)
- Chen, Z.H., Broderick, G.A., Luchini, N.D., Sloan, B.K. & Devillard, E. (2011).** Effect of feeding different sources of rumen-protected methionine on milk production and N-utilization in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *94*, 1978-1988. DOI: [10.3168/jds.2010-3578](https://doi.org/10.3168/jds.2010-3578)
- CNCP. (2003).** The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. CNCPS Version 5.0., Cornell University, 130 Morrison Hall, Ithaca, New York.
- Das, L.K. (2012).** Metabolizable protein availability from different feeds and the effects of its graded levels in the diet on nutrient utilization in growing Sahiwal calves. M.V.Sc. Thesis, Division of Dairy Cattle Nutrition, National Dairy Research Institute, Karnal, Haryana, India
- Das, L.K., Kundu, S.S., Kumar, D. & Datt, C. (2014).** The evaluation of metabolizable protein content of some indigenous feedstuffs used in ruminant nutrition. *Vet World*, *7*(4), 257-261. DOI: <http://www.veterinaryworld.org/Vol.7/April-2014/14.pdf>
- Fox, D.G., Tedeschi, L.O., Tylutki, T.P., Russell, J.B., Van Amburgh, M.E., Chase, L.E., Pell, A.N. & Overton, T.R. (2004).** The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Animal Feed Science and Technology*, *112*, 29-78. DOI: [10.1016/j.anifeeds.2003.10.006](https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2003.10.006)
- Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousiainen, J. (2008).** Effects of silage soluble nitrogen components on metabolizable protein concentration: A meta-analysis dairy cow production experiments. *Journal of Dairy Science*, *91*(3), 1150-1158. DOI: [10.3168/jds.2007-0323](https://doi.org/10.3168/jds.2007-0323)
- Huhtanen, P., Hetta, M. & Swensson, C. (2011).** Evaluation of canola meal as a protein supplement for dairy cows: A review and a meta-analysis. *Canadian Journal of Animal Science*, *91*, 529-543.
- Krizsan, S.J., Ahvenjärvi, S., Volden, H. & Broderick, G.A. (2010).** Estimation of rumen outflow in dairy cows fed grass silage-based diets by use of reticular sampling as an alternative to sampling from the omasal canal. *Journal of Dairy Science*, *93*, 1138-1147. DOI: [10.3168/jds.2009-2661](https://doi.org/10.3168/jds.2009-2661)
- Lee, C., Hristov, A.N., Heyler, K.S. & Cassidy, T.W. (2012).** Effect of metabolizable protein supply and amino acid supplementation on nitrogen utilization, milk production, and ammonia emission from manure in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *95*(9), 5253-5268. DOI: [10.3168/jds.2012-5366](https://doi.org/10.3168/jds.2012-5366)
- NRC. (2001).** Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Nuez Ortin, W.G & Yu, P. (2010).** Modeling the metabolic characteristics of proteins in dairy cattle from co-products of bioethanol processing: Comparison of the NRC 2001 model with DVE/OEB system. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *91*(3), 405-411. DOI: [10.1002/jsfa.4199](https://doi.org/10.1002/jsfa.4199)
- Osorio, J.S., Ji, P., Drackley, J.K., Luchini, D. & Loor, J.J. (2013).** Supplemental Smartamine M or MetaSmart during the transition period benefits postpartal cow performance and neutrophil function. *Journal of*



- Dairy Science*, 96, 6248-6263. DOI: [10.3168/jds.2012-5790](https://doi.org/10.3168/jds.2012-5790)
- Pacheco, D., Schwab, C.G., Berthiaume, R., Raggio, G. & Lapierre, H. (2006).** Comparison of net portal absorption with predicted flow of digestible amino acids: Scope for improving models. *Journal of Dairy Science*, 89, 4747-4757. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72524-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72524-3)
- Raggio, G., Pacheco, D., Berthiaume, R., Loblely, G.E. & Pellerin, D. (2004).** Effect of level of metabolizable protein on splanchnic flux of amino acids in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87(10), 3461-3472. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73481-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73481-5)
- Rius, A.G., McGilliard, M.L., Umberger, C.A. & Hanigan, M.D. (2010).** Interactions of energy and predicted metabolizable protein in determining nitrogen efficiency in the lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93(5), 2034-2043. DOI: [10.3168/jds.2008-1777](https://doi.org/10.3168/jds.2008-1777)
- Robson, G.L.V., Filho, S.C.V., Diniz, R.V.F., Luciana, N.R., Veiga, P.P.R. & de Souza M.A. (2007).** Effects of increasing dietary crude protein levels on nitrogen balance and metabolizable protein requirements for maintenance in Nellore cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(4), 1212-1217. DOI: <https://www.scielo.br/pdf/rbz/v36n4s0/30.pdf>
- Schwab, C.G. & Ordway, R.S. (2004).** Balancing diets for amino acids: Implications of production efficiency and feed costs. Proceedings of Pennsylvania State Dairy Cattle Nutrition Workshop, Grantville, PA. 1-16p.
- Schwab, C.G., Huhtanen, P., Hunt, C. & Hvelplund, T. (2005).** Nitrogen requirements of cattle, In: Pfeffer, E. & Hristov, A. (Ed), *Nitrogen and Phosphorus Nutrition of Cattle*, 13-70p, CABI Publishing, Wallingford, UK. Schwab, C.G., L.D.
- Schwab, C.G. & Broderick, G.A. (2017).** A 100-Year Review: Protein and amino acid nutrition in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100, 10094-10112. DOI: [10.3168/jds.2017-13320](https://doi.org/10.3168/jds.2017-13320)
- Sok, M., Ouellet, D.R., Firkins, J.L., Pellerin, D. & Lapierre, H. (2017).** Amino acid composition of rumen bacteria and protozoa in cattle. *Journal of Dairy Science*, 100, 5241-5249. DOI: [10.3168/jds.2016-12447](https://doi.org/10.3168/jds.2016-12447)
- Storm, E., Brown, D.S. & Ørskov, E.R. (1983).** The nutritive value of rumen micro-organisms in ruminants. 3. The digestion of microbial amino and nucleic acids in, and losses of endogenous from, the small intestine of sheep. *British Journal of Nutrition*, 50, 479-48. DOI: [10.1079/BJN19830116](https://doi.org/10.1079/BJN19830116)
- Tas, M.V., Evans R.A. & Axford, R.F.E. (1981).** The digestibility of amino acids in the small intestine of the sheep. *British Journal of Nutrition*, 45, 167-174. DOI: [10.1079/BJN19810089](https://doi.org/10.1079/BJN19810089)
- Tedeschi, L.O., Chalupa, W., Janczewski, E., Fox, D.G., Sniffen, C., Munson, R., Kononoff, P.J. & Boston R. (2008).** Evaluation and application of the CPM Dairy Nutrition model. *The Journal of Agricultural Science*, 146, 171-182. DOI: [10.1017/S0021859607007587](https://doi.org/10.1017/S0021859607007587)
- Tedeschi, L.O., Cavalcanti, L.F.L., Fonseca. M.A., Herrero, M. & Thornton, P.K. (2014).** The evolution and evaluation of dairy cattle models for predicting milk production: An agricultural model intercomparison and improvement project (AgMIP) for livestock. *Animal Production Science*, 54, 2052-2067.
- Tedeschi, L.O., Fox, D.G., Fonseca, M.A. & Cavalcanti, L.F.L. (2015).** Invited Review: Models of protein and amino acid requirements for cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 44, 109-132. DOI: [10.1590/S1806-92902015000300005](https://doi.org/10.1590/S1806-92902015000300005)
- Volden, H. (2011).** NorFor–The Nordic Feed Evaluation System. EAAP Publication No. 130, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands.
- Wang, C., Liu, J.X., Yuan, Z.P., Wu, Y.M., Zhai, S.W. & Ye, H.W. (2007).** Effect of level of metabolizable protein on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90(6), 2960-2965. DOI: [10.3168/jds.2006-129](https://doi.org/10.3168/jds.2006-129)
- Wattiaux, M.A. (2017).** Protein Metabolism in Dairy Cows. Babcock Institute for International Dairy Research and Development. University of Wisconsin-Madison <https://federated.kb.wisc.edu/images/group226/52745/5.ProteinMetabolismInDairyCows.pdf>. Erişim tarihi: 27.02.2020.
- White, R.R., Roman-Garcia, Y., Firkins, J.L., Kononoff, P., VandeHaar, M.J., Tran, H., McGill, T. & Garnett, R. (2017).** Hanigan MD. Evaluation of the National Research Council (2001) dairy model and derivation of new prediction equations. 2. Rumen degradable and undegradable protein. *Journal of Dairy Science*, 100, 3611-3627. DOI: [10.3168/jds.2015-10800](https://doi.org/10.3168/jds.2015-10800)
- Whitehouse, N., Schwab, C., Luchini, D., Tylutki, T. & Sloan, B. (2009).** Comparison of optimal lysine and methionine concentrations in metabolizable protein estimated by the NRC (2001), CPM-Dairy (v.3.0.10) and ATMS. Cattle (v.2.1.1) models. *Journal of Animal Science*, 92 (Suppl. 1), 103. (Abstr.)
- Whitlock, B.K., Vandehaar, M.J., Silva, L.F.P. & Tucker, H.A. (2002).** Effect of dietary protein on prepubertal mammary development in rapidly growing dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 85(6), 1516-1525. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74221-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74221-5)