



Çukurova Üniversitesi
Ziraat Fakültesi
Zootečni Bölümü



YEM DEĞERLENDİRME ve ANALİZ YÖNTEMLERİ

-Ders Notu-

Prof.Dr. Hasan Rüştü Kutlu

ADANA-2008

Yemler Bilgisi ve Yem Teknolojisi dersinin öneminin kavranılabilmesi için 21. Yüzyılda en büyük gücün gıda olacağı gerçeği bir kez daha hatırlanmalıdır. Dünya nüfusunun gelecek 20 senede iki katına çıkacağı beklenirken, tarım arazilerinin hızla insan yerleşimine ve sanayiye açılarak daralması ve tarımın doğrudan çevreye bağımlı olması nedeniyle tarımsal üretimin aynı düzeyde artması mümkün görülmemekte ve gıda, yüzyılımızın en büyük gücü olmaya aday görünmektedir. Temel gıda üretimi açısından zengin bir ülke, gelecek yüzyılda güçlü bir ülke olacak ve dünya siyasetine yön veren ülkelerden biri konumuna yükselecektir.

Çok farklı ekolojilerin harmonisine sahip cennet ülkemizin yer altı ve yer üstü zenginliklerini değerlendirerek ülkemiz ekonomisine katma değer yaratmak, biz ziraatçıların en önemli görevidir. Ülkemiz her ne kadar gıda üretimi açısından kendine yeterli 3-5 ülkeden biri olarak gösterilse de, mevcut hayvansal gıda üretimimiz ve tüketimimiz gelişmiş ülkelerdeki üretim düzeyinin çok altındadır. Ancak, potansiyel vardır ve bu potansiyeli harekete geçirerek çok daha fazla ve ekonomik üretim için zooteknistlere büyük görevler düşmektedir.

Verimli ve ekonomik bir hayvansal üretim için rasyonel beslemenin gerçekleştirilebilmesi; ancak yemin ve hayvanın tanınması ile mümkündür. Bu ders notu öncelikle Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü (Hayvansal Üretim Lisans Programı) öğrencilerine Yemler ve Yem Teknolojisi alanında temel bilgileri vermek amacı ile hazırlanmıştır. Ancak ders notunun hazırlanması aşamasında Yemler ve Yem Teknolojisi ile ilgili temel bilgilerin yanı sıra, bu alanda ortaya çıkan yeni gelişmelerin sağladığı güncel bilgi ve bulguların da ders notunda yer almasına özen gösterilmiştir. Bu nedenle "Yemler Bilgisi ve Yem Teknolojisi" Ders Notu'ndan öğrencilerin yanı sıra, hayvan yetiştiricileri ile hayvancılık, araştırma ve uygulama alanlarında çalışan kişilerin de yararlanabilecekleri umulmaktadır. Okuyucuların ders notunun olası eksiklik ve hataları ile ilgili görüş, öneri ve eleştirilerini esirgememeleri halinde ileride yukarıda açıklanan anlamda daha yararlı metinlerin hazırlanabileceği muhakkaktır.

Bu ders notunun hazırlanmasında, yemler bilgisi ve yem teknolojisi konularında hazırladıkları bilimsel yayınlarından ve konuyla ilgili sohbet ve tartışmalarından büyük destek aldığım değerli hocalarım, sayın Prof.Dr. Remzi Akyıldız'a, sayın Prof.Dr. Mustafa Ergül'e, sayın Prof.Dr. Ali Karabulut'a, değerli arkadaşım sayın Doç.Dr. Murat Görgülü'ye ve isimleri burada sayılamayacak kadar çok, konuyla ilgili tüm bilim adamlarına ve diğer teknik elemanlara şükranlarımı sunarım. Ayrıca, bu ders notunun yazımında ve düzeltmelerinde yardımcı olan Arş.Gör. İlknur Ünsal'a ve Zir.Yük.Müh. Emel Karakozak'a teşekkür ederim.

Mevcut ders notunun ülkemiz hayvancılığına katkı sağlayacak genç zooteknist adaylarına ve hayvansal üretimle ilgilenen herkese yararlı olması dileğiyle,

Prof.Dr. Hasan Rüştü Kutlu

1. GİRİŞ	1
2. YEMİN TANIMI ve SINIFLANDIRILMASI	3
2.1. Yemin Yanımı	3
2.2. Yemlerin Sınıflandırılması	4
3. YEMLERİN DEĞERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER	6
3.1. Yemlerin Değeri	6
3.1.1. Yemlerin Fiziksel Analizlere Göre Değerlendirilmesi	6
3.1.2. Yemlerin Kimyasal Analizlere Göre Değerlendirilmesi	7
3.1.3. Yemlerin Sindirilebilirliklerine Göre Değerlendirilmesi	10
3.1.4. Yemlerin Enerji İçeriklerine Göre Değerlendirilmesi	14
3.1.5. Yemlerin Protein İçeriklerine Göre Değerlendirilmesi	26
3.1.5.1. Yemlerin Proteinin Biyolojik Değerine Göre Değerlendirilmesi	26
3.1.5.1.1. Biyolojik Yöntemler	27
3.1.5.1.2. Kimyasal Yöntemler	29
3.1.5.2. Yemlerin Proteinin Rumende Yıkılabilirliğine Göre Değerlendiril.	29
3.1.6. Yemlerin Özel İçerik Maddelerine Göre Değerlendirilmesi	35
3.2. Yemlerin Değerini Etkileyen Faktörler	35
3.2.1. Yemlerin Üretim Aşamasında Etkili Olan Faktörler	36
3.2.1.1. Toprak	36
3.2.1.2. İklim	36
3.2.1.3. Gübreleme	37
3.2.1.4. Hasat Zamanı	37
3.2.1.5. Diğer Faktörler	37
3.2.2. Yemlerin Saklanma Aşamasında Etkili Olan Faktörler	38
3.2.3. Yemlerin Kullanılma Aşamasında Etkili Olan Faktörler	38
3.2.4. Yemlerin İşlenmesiyle İlgili Faktörler	39
3.2.5. Yemlerin Sindirilme Derecesini Etkileyen Faktörler	40
3.2.4.1. Hayvanın Türü	40
3.2.4.2. Hayvanın Yaşı	40
3.2.4.3. Yemin Bileşimi	41
3.2.4.4. Yemlerin İşlenmesi	41
4. YEM ANALİZLERİ	42
4.1. Yem Analiz Laboratuvarı	42
4.1.1. Laboratuvar Alet ve Ekipmanları	42
4.1.2. Laboratuvar Malzemeleri	43
4.1.3. Laboratuvar Ekipmanları	43
4.2. Laboratuvarda Yapılan Analizler	45
4.2.1. Fiziksel Analizler	45
4.2.1.1. Bazı Yemelerin Fiziksel Özellikleri	45
4.2.2. Kimyasal Analizler	46
4.3. Yemlerden Örnek Alma	46
4.3.1. Kaba Yemlerden Örnek Alma	47
4.3.2. Yeşil ve Sulu Yemlerden Örnek Alma	47
4.3.3. Yoğun (Kesif) Yemlerden Örnek Alma	48
4.3.4. Karma Yem ve Mineral Yem Karışımlarından Örnek Alma	49
4.4. Yemlerin Kimyasal Analize Hazırlanması	49
4.5. Yemlerin Kimyasal Analizi	50
4.5.1. Kuru Madde Tayini	50
4.5.2. Ham Kül (ve Organik Madde) Tayini	51
4.5.3. Ham Yağ Tayini	52
4.5.4. Ham Protein Tayini	54
4.5.5. ADF Tayini	57
4.5.6. NDF Tayini	60
4.5.7. Ham Selüloz Tayini	63

Tarımın temel iki üretim alanından biri olan hayvansal üretim, her şeyden önce insanoğlunun neslinin devamını sağlayan ve dengeli beslenmenin vazgeçilemez öğeleri olan et, süt ve yumurta gibi temel besin maddelerinin ekonomik üretimini kendine amaç edinmiştir. Hayvansal ürünler protein, mineral maddeler ve vitaminler başta olmak üzere insanın gereksinim duyduğu tüm besin maddelerini uygun oranlarda içeren, sindirimi kolay, kendisine has lezzet ve aromaya sahip göreceli olarak pahalı olan ürünlerdir. Bu nedenle bireysel ve toplumsal gelişmişliğin en önemli göstergesi, hayvansal ürünlerin yeterli miktarlarda üretilmesi ve tüketilmesidir.

Dünya ölçeğinde yapılan bir değerlendirmede, genel beslenme durumunun iyi olmadığı ve gelecek yüzyılda milyonlarca insanın açlık tehlikesi ile karşı karşıya kalacağı tahmin edilmektedir. Bunda en büyük etken nüfusun, besin maddeleri üretiminin iki misli hızla artmasıdır. Bu durum, dünyanın her yerinde hayvansal üretimin artırılması zorunluluğunu doğurmaktadır. Hayvansal üretimin artırılması ise genetik ıslah ve bakım-beslemenin iyileştirilmesi ile mümkündür. Sözü edilen bu uygulamalar içerisinde besleme düzeyi hayvanların verimini en fazla etkileyen unsurdur. Bu nedenle hayvanların besin maddeleri gereksinimleri, hayvanlara yedirilen yemlerin besleme değerleri ve çeşitli hayvan türleri için uygun rasyonların hazırlanması gibi, hayvan beslemenin özünü oluşturan konuların çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Nitekim her türlü hayvansal ürünün gerek miktar ve gerekse kalitesine olumlu yönde ve ekonomik bir şekilde etkide bulunmak uygun yemler ve/veya yem karmaları kullanmak suretiyle mümkündür.

Hayvanın çeşidine, yaşına ve verim yönüne göre ayrı rasyonlar gerektiği için, her rasyonun hazırlanış amacına uygun yemlerin kullanılması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bunun gerçekleşme derecesi, yöresel duruma, yani toprak, iklim, işletme ve çalışma ilişkilerine bağlıdır. Başarılı bir hayvansal üretim için, pazar durumunun dikkate alınması, hayvancılık konusunda eksiksiz teknik bilgi ve yeterli miktar ve kalitede yem üretimi ve bu yemlerin niteliklerinin çok iyi bilinmesi gerekir. Hayvanlardan, kalite ve miktar açısından yeterli ürün alabilmenin en verimli ve en ekonomik yollarından biri körpe bitki yaprakları ile beslemedir. Bu yaprakların, mümkün olduğu sürece yaş yedirilmesi; saklanacağı zaman, yaş ve körpe iken içerdikleri besin maddeleri en geniş ölçüde koruyacak şekilde saklanmaları gerekir. Çünkü alınması mümkün tüm önlemlere rağmen, sıcak iklim koşulları dışında, bütün yıl, yaş yeşil yemleri sürekli bulmak mümkün değildir. Bu nedenle hayvansal üretimin ve ekonomikliğin sürekliliği için yeşil yemleri, tekniğine uygun yaş veya kuru olarak saklamayı bilmek gerekir. Eldeki mevcut yem kaynakları ile amaçlanan verim düzeyine ulaşmak mümkün görülüyorsa; işletme içinde üretilen yem kaynakları dışında ticari olarak alımı-satımı yapılan yoğun besin madde içeriğine sahip ticari yemlerin alınması, tek veya eldeki yem kaynakları ile karışım halinde hayvanlara verilmesi gerekebilir. Satın alınacak yem kaynağı veya kaynaklarının değerlendirilmesi ve seçimi yine ileri düzeyde teknik bilgi gerektirir. Çünkü, hayvansal üretimde en önemli masraf yemdir ve toplam girdinin yaklaşık %75-80'ni oluşturmaktadır. Bu durum, ekonomik bir hayvansal üretim için, bu alanda çalışan kişilerin yemler hakkında yeterli bilgiye sahip olması gerektiğine işaret etmektedir. Yem nedir? hangi kriterler aracılığıyla yemin değeri

belirlenir? Tek tek her bir yemin hayvanlar üzerindeki faydalı veya zararlı etkileri nelerdir? Bunlar iyi bilinmeden hayvanların gerekli ve ekonomik bir şekilde beslenmesi mümkün değildir. Bunun da ötesinde tüm dünyada gelişen rekabetçi ekonomik koşullar, hayvansal üretim maliyetinin düşürülmesi için gerekli çabanın gösterilmesini zorunlu hale getirmektedir. Bu da ancak geleneksel yem maddelerinden optimum düzeyde yararlanmayı sağlayacak önlemlerin alınmasının yanı sıra, bu yem maddelerine alternatif olabilecek ucuz yeni yem maddelerinin bulunarak, niteliklerinin saptanıp hayvan beslemede kullanılması ile mümkündür.

Tüm bu uygulamaları gerçekleştirmenin birinci koşulu ise, bu alanda çalışacak kişilerin yemler ve yem teknolojisi konularında yeterli bilgiye sahip olmalarıdır. Bunun yanı sıra yoğunluğunu giderek artıran araştırma çalışmaları sonucunda elde edilen yeni bilgilerin bu kişiler tarafından izlenerek uygulamaya aktarılması da en az birinci koşul kadar zorunludur.

Mevcut ders notu içerisinde önce yemin tanımı ve sınıflandırılması yapılmış, yem değerlendirme sistemleri ve yem değeri üzerine etkili etmenler incelenmiş, yem analizleri anlatılmıştır.

2.1. YEMİN TANIMI

Hayvanların yaşamlarını sürdürebilmeleri ve çeşitli ürünleri verebilmeleri için su, karbonhidratlar, protein, yağ, vitaminler, mineral maddeler gibi besin maddelerine gereksinimleri vardır. Hayvanlar bu besin maddelerini yedikleri yemler ile içtikleri sudan sağlarlar. Yemlerin besin maddeleri sağlama dışında, dolgu maddesi oluşturma, hayvansal ürünlere istenen renk, koku ve tadı veren unsurları sağlama ve gerektiğinde hastalıktan koruyucu veya tedavi edici amaçlı ilaçların ağız yoluyla hayvanlara verilmesinde aracı olma gibi görevleri de vardır.

Yemin hayvan organizmasındaki görevlerinden hareketle çeşitli yem tanımlamaları yapılmıştır. Bu tanımlamaları da göz önüne alınarak yeni bir tanımlama yapılacak olursa; **pratikteki deneyimlerin gösterdiği sınırlar içinde kalan miktarlarda ve koşullarda hayvanlara yedirildiğinde, hayvanın sağlığına zararlı etkisi olmayan, hayvanların yaşamlarını sürdürmelerini ve verim vermelerini sağlayan, hayvanların yararlanabileceği formlarda organik ve inorganik besin maddeleri içeren ve ağız yoluyla alınan tüm maddelere YEM denir .**

Bu tanımlamaya göre, hayvanların yararlanacağı besin maddelerini içermeyen kum ve toprak gibi maddeler yem değildirler. Ayrıca tırnak, boynuz, deri unları, kömür tozu, hayvanların ihtiyacı olan bazı organik maddeleri içerdikleri halde sindirilemedikleri için hayvanlar tarafından yararlanılamazlar ve bu nedenle yem sayılmazlar. Ayrıca ıslatılmadan hayvana verildiğinde su çekerek şişen ve yemek borusunu tıkayabilen ya da rumeni zorlayabilen kuru pancar posası, fazla yedirildiklerinde hayvana zararlı etkileri olan acı bakla, yeşil yonca ve arpa gibi yemler de bu nitelikleri ile yem sayılmazlar. Bu yiyecekler belirli bazı işlemlerden geçirilerek ya da sınırlı miktarlarda hayvanlara yedirilerek zararlı etkileri ortadan kaldırıldığında, yem niteliği kazanırlar. Bunun yanı sıra, hayvanların rasyonlarına katılan renk maddeleri, stres azaltıcı ve oksidasyonu önleyici bileşikler de besin değeri taşımadıkları için yem olarak kabul edilmezler.

Yemler, ot, saman, mısır, arpa, süt vb. çeşitli bitkisel veya hayvansal kaynaklı tamamen doğal ürünler olabilecekleri gibi, bunların işlenme artıkları veya yan ürünleri ve bütünüyle teknoloji ürünü maddeler de olabilirler. Mısır glütteni, buğday kepeği, kan unu, süt tozu, yağlı tohum küspeleri gibi ürünler işlenme artıklarını oluşturmaktadır. İleri teknoloji ürünü olan ve tamamen yapay olarak elde edilen aminoasitler, çeşitli vitaminler ve mineraller gibi bazı sentetik maddeler de besin değerine sahip oldukları için yem olarak tanımlanabilir.

Yemler içeriklerinde buldukları besin maddelerinin konsantrasyonu derecesinde değer kazanırlar. Birim ağırlıkta yüksek oranda sindirilebilir besin maddesi içeren yemlere “yoğun (kesif) yemler” adı verilir. Birim ağırlıkta düşük oranda sindirilebilir besin maddeleri içeren yemlere ise “kaba yemler” adı verilir. Besin maddesi açısından zengin olan yemler kuru madde içeriği bakımından da zengindir. Ancak kuru madde

içeriğinin zengin olması o yemin yoğun yem olduğunu göstermez. Örneğin samanlar kuru maddece zengindirler; ancak sindirilebilirlikleri düşük olduğu için kaba yem olarak değerlendirilirler. Kuru madde içeriğince zengin kaba yemlere “kuru kaba yemler” denir. Yeşil ve sulu yemler, kuru madde ve birim ağırlıklarındaki besin madde içeriğince fakir olduklarından yeşil kaba yemler veya sulu kaba yemler olarak tanımlanırlar. Yemlerin sınıflandırılmasına ilişkin detaylı inceleme aşağıda sunulmuştur.

2.2. YEMLERİN SINIFLANDIRILMASI

Yemlerin sınıflandırılmasında ne yazık ki bugüne kadar belli bir ilke üzerinde anlaşılammıştır. Bu konuda yazılan kitapların bir kısmında yemler sahip oldukları benzer özelliklere göre (suca zengin yemler, kaba yemler, endüstri yan ürünleri vb) gruplandırılmış, bazılarında ise üretim ve pazarlanma durumları dikkate alınarak çiftlik yemleri ve ticaret yemleri olarak iki ayrı başlık altında incelenmiştir. Başka kaynaklarda ise her hangi bir sınıflamaya tabi tutulmadan yemler bağımsız başlıklar altında incelenmiştir. Sayıları çok fazla olduğundan yemleri sınıflandırmak çok güç olsa bile sonuçta kaçınılmaz bir zorunluluktur. Sınıflandırma yemleme uygulamalarında iki önemli yarar sağlamaktadır:

1. Yemlerin yakından tanınıp özelliklerini daha iyi bilinmesine yardımcı olur.
2. Aynı gruba giren yemlerin birbirinin yerine kullanılabilme olanaklarını ortaya koyar ve böylece rasyonların hazırlanmasında çeşitli kolaylıklar sağlar.

Temelde yemleri sınıflandırmanın esas amacı, nitelikleri birbirine yakın olan yemleri aynı grup altında toplayıp bunların kısmen ya da tamamen birbirinin yerine kullanabilme olanaklarını açığa çıkarmaktır.

Türkiye'de hayvancılık alanındaki resmi işlemlerde 1734 sayılı Yem Kanunu'nda yer alan sınıflandırma geçerlidir. Ülkemizde resmi olarak geçerli olan bu sınıflandırmada yemlerin elde edildiği kaynak esas alınmıştır. Bu durum, besin maddeleri içeriği bakımından aynı sınıf içerisinde yer almaması gereken bazı yemlerin bir arada yer almasına neden olmaktadır.

Yemler ne şekilde sınıflandırılırsa sınıflandırılırsın ulaşılmak istenen tek amaç bunların belli bir sıra ile inceleyerek özelliklerini tanıtmak, hayvanlar üzerindeki etkilerini ortaya koymaktır. Bundan sonraki bölümlerde de aynı amaca ulaşmak için şimdiye kadar yapılan sınıflandırmaları birleştirici bir yol izlenecektir.

Buna göre yemler aşağıdaki gibi sınıflandırılacak ve bu ders kapsamı içinde bu sınıflandırma esas alınarak yemler tek tek incelenecektir.

Bu sınıflandırma içine yem değeri, yani besleme değeri olmadığı halde yem katkı maddeleri de dahil edilmiştir. Çünkü modern çiftlik hayvanlarını beslenmesinde yemlerin kendileri kadar yem katkı maddelerinin de ekonomik önem taşıdıkları artık kesin kabul edilen bir gerçektir. Özellikle yüksek verimli süt inekleri, besi sığırları ve kanatlı hayvanlardan elde edilen gelirin artması, yem katkı maddelerinin kullanımı ile yakından ilişkilidir. Yem katkı maddeleri konusu, ilgili bölümde detaylı olarak anlatılacaktır.

1. KABA YEMLER

1.1. Sulu Kaba Yemler

1.1.1. Yeşil Yemler

1.1.1.1. Doğal ve Yapay Çayır-Mer'alar

1.1.2.1. Tek veya Karışık Yetiştirilen Yeşil Yemler

1.1.2. Kök ve Yumru Yemler

1.1.2.1. Kök yemler

1.1.2.2. Yumru Yemler

1.1.3. Yaş Meyveler ve Kabaklar

1.1.4. Ağaç Dal ve Yaprakları

1.1.5. Meyve Suyu ve Konserve Sanayi Artığı Posalar

1.1.6. Sanayi Artığı Şilempeler

1.1.7. Silajlar (=silo yemi =turşu)

1.2. Kuru Kaba Yemler

1.2.1. Kuruotlar

1.2.1.1. Baklagil kuruotları

1.2.1.2. Buğdaygil kuruotları

1.2.1.3. Baklagil-buğdaygil karışımı kuruotlar

1.2.2. Saman, Kılıf, Kabuk ve Kavuzlar

1.2.2.1. Baklagil samanları

1.2.2.2. Buğdaygil samanları

1.2.2.3. Kılıf, Kabuk ve Kavuzlar

1.2.3. Kıtık Yemleri (Kesler)

2. YOĞUN YEMLER

2.1. Dane Yemler

2.1.1. Buğdaygil Dane Yemleri

2.1.2. Baklagil Dane Yemleri

2.1.3. Yağlı Tohumlar

2.1.4. Diğer Tohum ve Kuru Meyveler

2.2. Endüstriyel Yemler

2.2.1. Yağ Sanayi Yan Ürünleri

2.2.2. Değirmencilik Sanayi Yan Ürünleri

2.2.3. Fermantasyon Sanayi Yan Ürünleri

2.2.4. Nişasta Sanayi Yan Ürünleri

2.2.5. Şeker Sanayi Yan Ürünleri

2.3. Hayvansal Kaynaklı Yemler

2.3.1. Süt ve Süt Ürünleri

2.3.2. Su ve Rendering Ürünleri

2.3.3. Hayvan Gübresi

2.4. Yemlik Yağlar

2.5. Tek Hücre Proteinleri

2.6. Protein Tabiatında Olmayan Azotlu Bileşikler

2.7. Mineral Ek Yemleri

2.8. Vitamin Ek Yemleri

2.9. Amino Asit Ek Yemleri

3. YEM KATKI MADDELERİ

3.1. Yemlerin Korunmasını Sağlayan Katkı Maddeleri

3.2. Yem Tüketimini Artırıcı Katkı Maddeleri

3.3. Sindirime Yardımcı Katkı Maddeleri

3.4. Büyümeyi Uyarıcı ve/veya Sağlık Koruyucu Katkı Maddeleri

3.5. Tüketici İsteğine Uygun Ürün Eldesi için Kullanılan Katkı Maddeleri

3.6. Metabolizmayı Değiştirici Etkiye Sahip Katkı Maddeleri

3.1. YEMLERİN DEĞERİ

Hayvansal üretimin amacı et, süt ve yumurta gibi çok değerli insan gıdalarını üretmektir. Hayvanlardan sağlanan tüm bu verimler, yemlerle tüketilen çeşitli besin maddelerinin değişik yollarla işlenerek tekrar bir araya getirilmiş formudur. Buna göre herhangi bir yemin değeri denildiğinde bunun hayvanın vücudunda belli amaçlarla değerlendirilme gücü anlaşılmalıdır. Özetle, bir yem yedirildiği hayvanın sağlığı, gelişmesi, verdiği ürünün miktar ve kalitesi üzerine ne kadar yüksek bir etki sağlıyorsa o kadar değerli kabul edilir.

Yemler hakkındaki bilgiler hayvan besleme bilgisi ile birlikte gelişmiştir. Günümüzden 1-1.5 asır kadar önce yemler hayvanlara tek başlarına verildiklerinde hayvanın tüm gereksinmelerini karşılayabileceği, bunun için sadece miktar ayarlamasının yeterli olabileceği zannediliyordu. Daha sonraki yıllarda yapılan çalışmalar, yemlerin içeriğindeki maddelere bağlı olarak etkilerinin farklı olacağını, belirlenen etkilerin tüketilen yem miktarına göre bazen zararlı olabileceğini göstermiştir. Öte yandan, değişik yemlerin içerdikleri besin maddeleriyle bazı yönlerden birbirlerini tamamlayabileceklerini, bu nedenle bunların tek başlarına değil en azından bir kaçının bir araya getirilerek hayvanlara verilmelerinin gerektiği de ortaya konmuştur. Bu nedenle yemler enerji ve protein içeren yemler olmak üzere 2 ana grupta toplanmış ve bu iki grup yem hayvana birlikte verilerek hem enerjiden hem de proteinden daha fazla yararlanma olanağı sağlanmıştır. Benzer ayırım proteince zengin yemler arasında da yapılmış ve bazı aminoasitlerce zengin olanlar aynı aminoasitce fakir olanlarla bir araya getirilerek her birinin tek başına sağladığı yarardan daha fazlasına ulaşılmaya çalışılmıştır.

Yukarıda belirtilen nedenlere bağlı olarak yemlerin hayvanlarda meydana getirecekleri etkilerin saptanmasına ve buna göre bir değerlendirme yapılmasına büyük gereksinim vardır. Çünkü bu şekilde yapılacak bir değerlendirme ile hayvanların yeteri düzeyde ve ekonomik olarak beslenmeleri mümkün olacaktır.

3.1.1. Yemlerin Fiziksel Analizlere Göre Değerlendirilmesi

Yemlerin beş duyu organla belirlenebilen özellikleri fiziksel özellikleridir. Yemlerin en önemli fiziksel özellikleri;

- 1) Görünüş,
- 2) Koku,
- 3) Tat,
- 4) Sertlik,
- 5) İrilik,
- 6) Kaba yemlerde yaprak, sap oranı, rasyonda kaba/kesif yem oranı,
- 7) ve sıcaklıktır.

Bakla ve bazı buğdaygiller doğal halleriyle çok sert olduklarından bir çok hayvan tarafından ağızda kolayca çiğnenip değerlendirilemezler. Çoğu zaman bu tür sert yemlerin parçalanamadıkları için değerlendirilemeden gübre ile dışarı atıldıkları gözlenir. mümkündür. İri boy bir mısır tanesinin veya büyük boyuttaki pelet yemlerin civcivler tarafından da tüketilmesi mümkün değildir. Aynı şekilde donmuş yemler de hayvanların sindirim sisteminde birçok zararlı etkiler oluştururlar. Ayrıca bunlar sindirimden önce vücut sıcaklığına kadar ısıtılmak zorunda olduklarından hayvanda enerji kaybına da neden olurlar.

Yemlerin fiziksel olarak yem değerlerinin tayininde kullanılan yöntemler en kaba fakat hızlı ve masrafsız yöntemlerdir. Genellikle duyu organlarıyla yapılan değerlendirmeler yemlerin özellikle satın alınmaları aşamasında çabuk karar vermede ve uygun fiyat takdirinde büyük kolaylık sağlar. Fiziksel analizde, önce yemin "görünüşü" incelenir. Daha sonra "renk" ve "koku" ve mümkünse "tat" özellikleri kontrol edilir. Kuruotlar da ayrıca elastikiyet kontrolü de yapılır. İyi kalitede bir kuruotun bir tutamının büküldüğü zaman kopmaması, kırılmaması gerekir.

Duyu organlar yanında, bazı araçlar kullanmak suretiyle de fiziksel analizler detaylandırılabilir. Bu araçların başında büyüteç, mikroskop, hektolitre kabı, elek, terazi, vs. gelir.

Büyüteç ve mikroskopla yapılan incelemede yemin yabancı madde ve yabancı tohum, zararlı maddeler ve böceklerle bulaşık olup olmadığı saptanır. Mikroskop ayrıca yemdeki zararlı mikroorganizmaların varlığı hakkında da bilgi verir.

Hektolitre kapları dane yemlerin hektolitre ağırlıklarını bulmada kullanılır. Hektolitre kabının hacmine bağlı olarak yemin 100 litresinin ağırlığı bulunmuş olur. Hektolitre ağırlığı ile yem tanelerinin dolgun veya zayıf oldukları ortaya çıkar. Dolgun tanelerin hektolitresi cılız tanelere göre oldukça yüksektir.

Elekler, yem tanelerinin iriliğini saptamak ve iriliğin oransal miktarını belirlemek amacıyla kullanılır. Bunların delik çapları 1-3 mm arasında değişir. Eleklerden elenen yemler kullanılan eleklerin gözenek çaplarına bağlı olarak sınıflandırılır ve % elek altı olarak değerlendirilir.

Terazi ile yine tane yemlerden 15 g tartılarak bu miktar yemdeki tane miktarı sayılır. Bu değerden yaralanılarak 1000 tane ağırlığı bulunur. Böylece tane ağırlığı hakkında bilgi edinilmiş olur.

3.1.2. Yemlerin Kimyasal Analizlere Göre Değerlendirilmesi

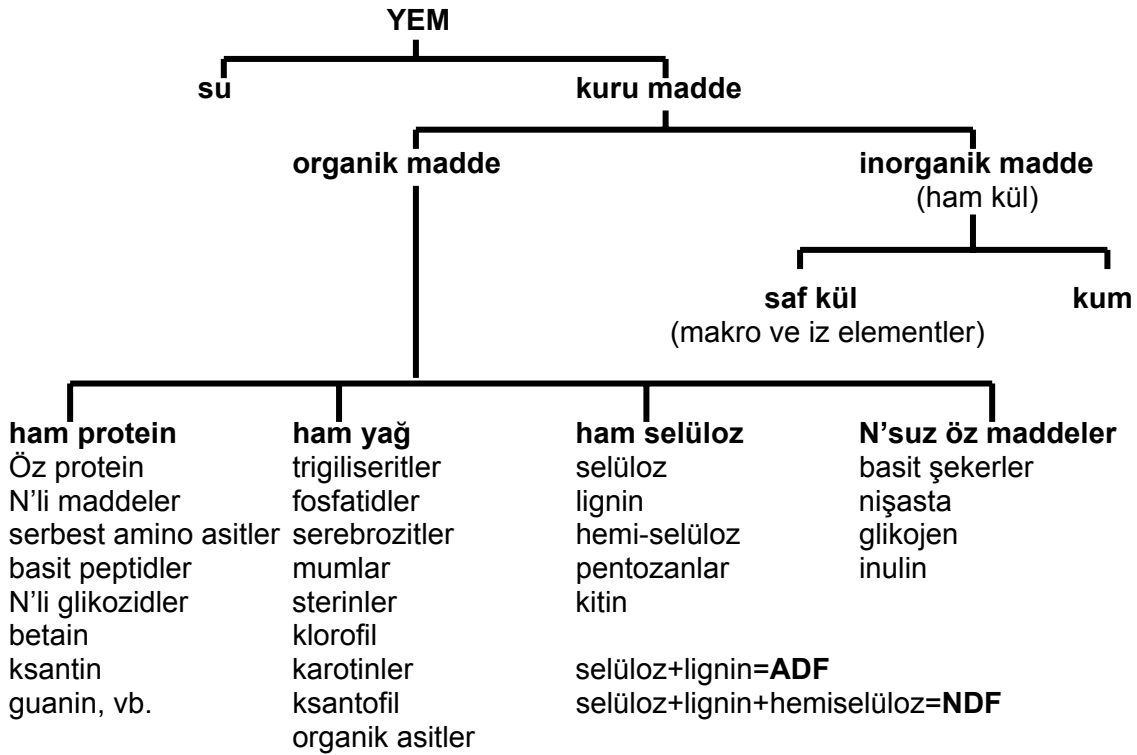
Yemlerin kimyasal yapıları çok yönlü bir görünüme sahiptir. Bu değişik yapının önemli bir kısmını bugün analizlerle belirlemek mümkündür. Fakat tüm kimyasal özelliklerinin saptanmasında bazı güçlükler vardır. Diğer taraftan yem değerinin saptanmasında sadece kimyasal analizler de yeterli değildir. Bu analizler fiziksel analizlerde olduğu gibi yem değeri hakkında belli ölçülerde bir tahmin yapmaya yardımcı olur. Yem değerini belirlemede kullanılan kimyasal analizler iki grup altında incelenir.

1. grupta besin maddeleri, ham protein, ham yağ, ham selüloz, ham kül ve nitrojensiz öz maddeler başlığı altında toplanır ve yem hakkında bu besin maddelerine bakılarak ilk özet bilgi edinilir. Bu analizler, **Weende** Sistemi'ne göre yapılır. Ancak bu analizlerde elde edilen sonuçların yemin besin madde bileşenleri bakımından kaba sonuçlar vermesi ve yemin gerçek besleme

değerini göstermediği bilindiğinden, daha hassas analizlere gereksinim duyulur.

2. grupta toplanan analizler ise ilk grupta belirlenenlere ek olarak yapılan çok daha hassas analizlerdir. Amino asit, vitamin, yağ asidi, çeşitli beslemeyi engelleyici zararlı ve yabancı madde analizleri gibi kaba olmayan, oldukça hassas analizler sayesinde yemin besleme değeri hakkında gerçek fikir sahibi olunabilir.

Yemlerin ham besin madde içerikleri aşağıdaki şekilde şematize edilebilir. Bu şemadan da görüleceği gibi bazı besin maddelerinin başında yer alan "ham" kelimesi aynı analiz yöntemi ile birden fazla maddenin beraberce belirlendiğini ifade eder. Şemadan da görüldüğü gibi ham protein içerisindeki gerçek proteinlerin yanında aynı yöntemler belirlenen ve sadece nitrojen içermeleri nedeniyle gerçek proteinlerle benzerlik gösteren NPN'li maddeler de bulunmaktadır. Aynı şekilde ham selüloz içerisinde hemiselüloz, selüloz ve lignin gibi maddeler de yer almaktadır.



Su: Herhangi bir yem maddesi doğal özelliklerine bağlı olarak belli düzeyde su içerirler. Su miktarı tane yem, kuruot ve samanlarda %10-12; yeşil ot ve silajlarda %40-80 arasında değişir. Tane yemlerde ve endüstri yan ürünlerinde (kepekler, küspeler, hayvansal kökenli yemler vb) su içeriğinin %10'dan fazla olmaması arzu edilir. Aksi takdirde depolama aşamasında oluşabilecek kızışmalar hem yemin bozulmasına hem de bu yemi tüketen hayvanlarda bir dizi sağlık sorunlarına yol açar. Ayrıca yemin su içeriğinin ekonomik yönden de olumsuz etkisi vardır. Fazla su içeren yemin satın alınmasında ödenen paranın belli kısmı su için ödenecek, bunun hayvana besinsel olarak bir yararı olmayacaktır.

Ruminat beslemede suca zengin yemlerle havada kuru yemler birlikte kullanıldığı için yem tüketimi kuru madde bazında tanımlanmaktadır. Bu nedenle çoğu zaman suca

zengin yemlerin besin madde içerikleri ve rasyondaki miktarları kuru madde bazında ifade edilmektedir.

Örneğin, 15 kg kuru madde alması gereken bir süt sığırının toplam rasyonunda kuru madde bazında %35 kuru maddeli %60 mısır silajı ve %88 kuru maddeli %40 kesif yem kullanılacaksa hayvana doğal halde, 25.7 kg mısır silajı ($15 \times 0.60 / 0.35 = 25.7$) ve 6.82 kg kesif yem ($15 \times 0.40 / 0.88 = 6.82$ kg) verilmesi gerekmektedir.

Kuru Madde (KM): Yemlerdeki su usulüne uygun olarak uçurulduktan sonra geriye kalan kısma “kuru madde” adı verilir. Kuru madde, o yeme ait tüm besin maddelerini içeren kısımdır. Herhangi bir yemin kuru maddesi ne kadar çok ise besin maddelerince zengin olma olasılığı o oranda yüksek olacaktır. Öte yandan, kuru madde analizi, yemdeki organik yapıda uçucu özellikte besin maddelerini içermez. Bu nedenle bu analiz sonucuna bakılarak yemin besleme değeri hakkında kesin fikir sahibi olunamaz. Yem içindeki organik ve inorganik maddelerin toplamı olan kuru maddenin belirlenmesi, hiçbir şekilde yemin besin madde içeriği açısından yapısını ortaya koymaz.

İnorganik Madde (Ham Kül; HK): Kuru madde usulüne uygun yakıldığında geriye kalan yanmamış maddelerin tümüne “ham kül” adı verilir. Ham kül içerisinde yemdeki doğal inorganik maddeler (makro ve iz mineraller) bulunabileceği gibi yeme sonradan karışmış toz, toprak, kum gibi maddelerde bulunabilir. Yeme sonradan karışmış bu materyaller hayvanlar için zararlıdır. Zaten büyük bir kısmı da organizmada hiç sindirime uğramadan gübre ile dışarı atılır. Yemin yapısındaki gerçek kül (makro ve iz mineraller) yanında yemdeki kum miktarını da veren ham kül tayini, bu özelliği nedeniyle yemdeki gerçek kül miktarı açısından fikir vermez.

HCL Asitte Çözünmeyen Kül: Bu analizle ham kül içinde gerçek kül yapısında olmayan maddeler tayin edildiğinden, hem yemin gerçek kül yapısı hem de kumlu maddeler içeriği hakkında daha detaylı bilgiler elde edilebilir. Böylece, ham kül analizinin yorumlanmasına yardımcı olur.

Organik Madde (OM): Organik maddeler, ham kül analizi sırasında kuru maddenin yanan bölümüdür. Bu maddelerin sindirilebilirliği arttıkça yem “yoğun yem” tersi durumunda da “kaba yem” özelliği kazanır. Kaba yemler daha çok sindirim sisteminde fiziksel doluluk sağlayarak hayvanda tokluk hissi oluşturmak amacıyla kullanılırlar. Organik maddeyi oluşturan temel besin maddeleri, ham protein, ham yağ, ham selüloz ve azotsuz öz maddelerdir. Toplam yem miktarından, ham kül analiz sonucu bulunan değerinin çıkartılması ile elde edilen bu değer, sadece yemin organik madde miktarını verir. Organik maddenin bileşenleri hakkında fikir vermez.

Ham Protein (HP): Organik maddeler içerisinde nitrojen içeren tüm maddelere “ham protein” denir. Ham protein, kimyasal analiz sonucunda saptanan azot değerinin 6.25 (proteinlerin %16’sı azot; $100/16$) katsayısı ile çarpılması sonucu bulunur. Bu şekilde bir işlemle gerçek protein özelliğinde olmayan maddeler de hesaba alındığından yemin gerçek protein değeri elde edilemez ve yanılgı oluşabilir. Özellikle protein yapısında olmayan azotlu maddelerce zengin kök yemlerde bu yanılgı daha yüksek olur. Gerçek protein değerinin saptanabilmesi için toplam amino asit tayini gerekir. Böyle bir analizle incelenen yemin amino asit yapısı da belirlenmiş olur. Ancak amino asit tayini oldukça pahalı ve uzun uğraş gerektirir.

Ham Yağ (HY): Ham yağ grubu içinde daha çok eterde çözünebilir maddeler vardır. Bu nedenle ham yağ yerine çoklukla “Eter Ekstrakt Maddeler” ifadesi de kullanılmaktadır. Ham yağ değeri sadece yemin yağ içeriğini değil, eter içinde çözünebilir

klorofil, yağda eriyen vitaminler, reçine, mumlar ve organik asitler gibi diğer materyalleri de içerir. Bu nedenle yemin gerçek yağ içeriği değil, toplam lipit içeriği hakkında bilgi verir.

Ham Selüloz (HS): Bitkisel kaynaklı yemlerin iskeletini oluşturan bu madde grubu, geviş getirenlerin dışındaki hayvanlar için güç sindirilebilen hatta hiç sindirilemeyen, dolayısıyla sadece sindirim sistemini doldurup fiziksel tokluk oluşturarak onun normal çalışmasına katkıda bulunan lignin, selüloz ve hemiselülozdan oluşan bir grup görünümündedir. **Lepper** metoduna göre analizi yapılır. Yemin toplam ham selüloz içeriğini fraksiyonlara ayırmadan verdiği için hassas bir analiz değildir. Gerçekte, ham selüloz değişik yem değerlendirme sistemlerinde örneğin Amerikan sisteminde (NRC), ADF ve NDF olarak detaylandırılmaktadır. İngiliz sisteminde (ARC), Modified Acid Detergent Fiber şeklinde başka bir değerlendirme söz konusudur. Bu metotta da hücre duvarı ve hücre içeriği ayrı olarak değerlendirilmekte ve yemin ham selüloz içeriğinin fraksiyonel yapısı ortaya konulabilmektedir. ADF ve NDF analizlerinin her ikisi de **Van Soest** metoduna göre yapılır

NDF (Neutral Detergent Fiber) hücre duvarının lifli karbonhidratlarını (selüloz ve hemiselüloz), lignin, ligninleşmiş ve sıcaklıkla zarar görmüş bir kısım proteinleri ve silisyum içerir. Bu fraksiyon, yemin özgül ağırlığı hakkında da fikir veren iyi bir göstergedir. Sindirim sisteminin hacimsel kapasitesi dikkate alındığında, NDF değeri ile hayvanın yemi tüketimi hakkında da fikir sahibi olunabilir.

ADF (Acid Detergent Fiber) ise NDF içerisinden hemiselüloz çıkartılarak elde edilir. Bu nedenle bu fraksiyon, yemin sindirilebilirliği hakkında ve hayvanın enerji alımı hakkında fikir veren iyi bir göstergedir.

Nitrojensiz Öz Maddeler: Yem içerisindeki N'siz öz maddeler nişasta ve şeker gibi kolay çözünebilen karbonhidratlardan oluşur. Şeker ve nişasta analizleri özel metotlarla ayrı ayrı saptanırken N'siz öz madde tayini için özel bir analiz yöntemi yoktur. Yemlerin besin madde yapısına ait şema incelenecek olursa söz konusu madde grubunun organik maddelerden ham protein, ham yağ ve ham selüloz değerlerinin çıkarılması ile elde edilir. Bir yeme ait N'siz öz madde miktarı aşağıdaki formülle bulunur;

N'siz Öz Madde= Kuru Madde-(Ham Protein+Ham Kül+Ham Yağ+Ham Selüloz)

Görüldüğü gibi bir yeme ait tüm besin madde analizleri yardımıyla N'suz öz madde değeri bulunmaktadır. Ancak diğer analizlerde yapılabilecek en küçük hata, o yeme ait N'siz öz madde değerini doğrudan etkileyecektir. Hem bu nedenle, hem de bileşimine giren fraksiyonlar hakkında bilgi vermediği için kaba bir analiz olarak kabul edilir.

3.1.3. Yemlerin Sindirilebilirliklerine Göre Değerlendirilmesi

Yemlerin klasik **Weende** analiz yöntemleriyle kimyasal kompozisyonlarının belirlenmesi onların potansiyel değerlerinin ortaya konması bakımından önemlidir. Ancak yemlerde bulunan besin maddelerinin yayılgılığı ve kullanım etkinlikleri onların sindirilebilirliklerinin bulunmasıyla mümkündür. Yemlerin sindirilebilirlikleri üzerinden değerlerinin belirlenmesi daha çok içerdikleri organik maddeler veya organik maddeye ait bir komponent üzerinde yürütülür. Çünkü mineral maddelerin sindirilebilirliklerinin saptanması çok güç ve ayrıca yanıltıcı sonuçlar da verebilmektedir. Yemlerin sindirilebilirliklerinin tayininde farklı metotlardan yararlanılır. Klasik sindirim denemeleri olarak bilinen *in vivo* teknikler yanında, hem laboratuvar hem de deney hayvanı gerektiren *in situ* teknik ve tamamen laboratuvar ortamında yürütülen *in vitro* teknikler yardımıyla da sindirilebilirlik çalışmaları yapılmaktadır. Klasik sindirim denemelerinde olduğu gibi, bu

tekniklerle de, yeme ait her hangi bir besin maddesinin sindirilebilirliği saptanabilir. Ancak bu tekniklerle daha çok yem organik maddesine ait nişasta, protein vb. kompenetlerden biri veya organik maddenin toplam sindirilebilirliği saptanır. In vitro teknikler yardımıyla yem organik maddesinin daha çok toplam sindirilebilirliği bulunmaya çalışılırken, *in suti* teknik yardımıyla ruminantların beslenmesinde kullanılan yemlerin kuru madde, organik madde veya organik maddeyi oluşturan protein, selüloz, nişasta vb. bireysel besin maddelerinin inin "rumende yıkılabilirlikleri" saptanır. Bu konudaki detaylı bilgi, "Yemlerin Protein İçeriklerinin Rumende Yıkılabilirliklerine Göre Değerlendirilmesi" başlığı altında verilecektir.

***In vivo* teknik**

Kelime manası ile canlı materyal üzerinde demek olan bu teknikte, yemler doğrudan deney hayvanı üzerinde sindirilebilirlik testine tabi tutulur. Sindirim sisteminde hiçbir şekilde sindirilmeyen ve değişime uğramayan bir indikatör yardımıyla, yemdeki besin maddelerinin sindirilebilir kısmı bu besin maddelerinin yem ve gübredeki miktarları arasında saptanan fark üzerinden hesaplanır. Sindirilebilirlik denemelerinde sindirilebilirliği belirlenecek yem hayvanlara ölçülü miktarlarda verilir ve elde edilen dışkı toplanarak ölçülür. Buna "klasik sindirim denemesi" adı verilir.

$$\text{Sindirilebilirlik} = \frac{\text{Tüketilen besin maddesi} - \text{Dışkıdaki besin maddesi}}{\text{Tüketilen besin maddesi}}$$

Yemdeki besin maddelerinin gübre yolu ile dışarı atılmaları ne kadar fazla ise o besin maddesinin, dolayısıyla yemin değerlendirilmesi o kadar düşük demektir. Diğer bir ifade ile her hangi bir yemin değerliliği hayvan vücudunda kalan miktarı ile doğru orantılıdır. Organizmada ancak sindirilebilen, yani emilip kana geçebilen besin maddeleri üzerinden işleme girer ve onu vücuda eklenebilir veya diğer amaçlarla değerlendirilebilir şekilde sokar. Bu amaçla kullanılacak madde ne kadar çoksa ondan yararlanma da o oranda yüksek olacaktır.

Öte yandan, yemler hayvan türüne bağlı olarak farklı düzeylerde sindirime uğrarlar. Bu açıdan en duyarlı hayvan kümes kanatlıları, en kolay sindirim yapan hayvanlar da ruminantlardır. Ruminantların bu üstünlüğü işkembelerinde bol miktarda bulunan mikroorganizmalardan kaynaklanır. Bu canlılar kendi yaşamlarını sürdürebilmek için yemlerin en kalın hücre çeperlerini dahi kolayca parçalayabilirler. Çeperleri parçalanmış hücrelerdeki besin maddelerinden ruminantların yararlanması da böylece kolaylaşmış olur.

***in vitro* Teknik**

Yemlerin sindirilebilirliği, sindirim işlemlerinin taklit edildiği *in vitro* rumen sistemleri kullanılarak da hesaplanabilmektedir. *In vitro* sistemler daha doğru ve güvenilir olabilmektedir. Çünkü *in vivo* mikroorganizmalar ve enzimler, sindirim hızı ve düzeyini etkileyen belirlenemeyen faktörlere karşı daha hassastırlar. Kimyasal yöntemler daha hızlı ve daha iyi sonuçlar verirler. Buna karşın kimyasal yöntemler, rumen ortamında oluşan biyolojik sindirim süreçlerini yansıtmazlar. Herhangi bir *in vitro* rumen sisteminin başarısı, rumendeki olayları yansıtmaya derecesine bağlıdır.

Tilley-Terry Metodu: Bu metot ilk kez, Tilley ve Terry isimli araştırmacılar tarafından bulunmuştur. Bu metot, iki aşamadan ibaret olduğu için iki aşamalı *in vitro* metod (*two-stage in vitro method*) olarak da adlandırılmaktadır. Bu metotta, hayvandan alınan rumen sıvısı süzülür. Yem örneği, rumen sıvısı ve tampon çözeltiler kullanılarak anaerobik şartlarda fermente edilir. Fermentasyon işlemi 48 saat sürer. Bu süre sonunda

fermantasyon işlemi durdurulur. Örnek, santrifüj edilerek alınır. Bu ilk aşamayı oluşturmaktadır. Santrifüj işleminden sonra geriye kalan kalıntılar asit-pepsin ile 48 saat (pH=2) sindirime tabi tutulur. Bu ikinci aşama sonucunda yemin sindirilebilirliği saptanır. Bu metotla yapılan analizlerin uzun süre gerektirmesi, yapılması gereken işlemlerin fazlalığı dezavantajdır. Ayrıca bu metotla yapılan analiz, sindirim, rumenden alınan inokulumun sulandırılması, kullanılan tampon maddelerin tipi, örneklerin partikül büyüklüğü ve rumen sıvısı alınan hayvana verilen rasyon gibi faktörlerden etkilenmektedir.

Gaz Üretimi Yöntemi (Gas Production): Gaz üretimi tekniği yemlerin enerji değerlerinin veya sindirilebilirlik karakteristiklerinin belirlenmesinde kullanılan bir diğer *in vitro* metottur. Bu yöntem diğer *in vitro* tekniklere oranla kaba yemlerin enerji değeri ve *in vivo* sindirilebilirliği hakkında daha iyi tahminler yapılmasına olanak sağlamaktadır. Düşük maliyetli olması, kolay tekrarlanabilmesi gibi özellikleri nedeniyle kullanımı yaygınlaşmıştır. Fermentasyonla üretilen gaz, genellikle net mikrobiyel metabolizma ile ilgilidir. Bu nedenle sindirilebilirlik hesaplamalarında, üretilen gazın kullanılması mümkün olmaktadır. Üretilen gaz miktarlarının ölçülmesiyle yem maddelerinin sindirim hızı ve düzeyi belirlenebilmektedir. Bu yöntemde de süzölmüş rumen sıvısı kullanılmaktadır. Öğütülen yemler özel bir şırınga içerisine konur ve şırıngaya rumen sıvısı çekilir. Rumen sıvısının laboratuara getirilmesi ve şırıngaya çekilmesi işlemlerinde rumen sıvısının oksijenli ortamla temas etmemesinin sağlanması önemlidir. Şırıngaya rumen sıvısı çekildikten sonra şırınganın ağzı kauçukla kapatılır. İçerisine yem ve rumen sıvısı konan şırıngalar özel bir alete (rotor) yerleştirilerek inkübasyon süresince rotorun dönmesi sağlanır. Bu şekilde şırınga içerisindeki yem ve rumen sıvısı birbirine karıştırılmış olur. Şırınganın iç sıcaklığı su banyosu yardımıyla yaklaşık 39°C' de tutulmaya çalışılır. Sıcaklık düzeylerindeki değişimler mikrobiyel aktiviteyi olumsuz yönde etkilemektedir. İnkübasyon işlemi sonrasında, oluşan gaz miktarı şırınganın üzerindeki skaladan okunur ve elde edilen veriler, ilgili formüllerde yerine koyularak değerlendirilir. Gaz üretim tekniği ile yapılan *in vitro* yöntemlerden en yaygın olarak kullanılanı "Hohenheim *in vitro* Sindirilebilirlik Testi"dir.

Enzimatik Metotlar: Enzimatik metotlarda, protein veya karbonhidratların sindirilebilirlik tayinleri için çeşitli mikroorganizmalardan elde edilen proteazlar veya diğer enzimler kullanılmaktadır. Proteazları kullanılan mikroorganizmalar arasında *Bacterioides amylophilus*, *Streptomyces griseus* ve *Ficus globrata* sayılabilir. Bu mikroorganizmaların proteazları farklı özellikler taşımaktadır. *Streptomyces griseus* proteazı alkalın proteazlardır ve hem endopeptidaz, hem de ekzopeptidaz aktiviteye sahiptir. Ficin enzimi (*Ficus globrata* enzimi) ise endopeptidaz aktiviteye sahiptir. Karbonhidratların sindiriminde de yine aynı şekilde mikroorganizma enzimleri kullanılmaktadır. Enzimatik tekniklerde kullanılan enzim ve pH düzeyi sonuçları etkileyebilmektedir. Proteindeki yapı değişiklikleri pH'ya bağımlı olarak gerçekleşmektedir. Enzimatik tekniklerle yüksek nişasta içerikli örneklerin yıkılabilirliği tayin edilirken elde edilen sonuçlar, *in situ* sonuçlarla uyuşum içerisinde olmamaktadır. Bu durum düşük nişasta içerikli örneklerle çalışıldığında da gözlenmektedir. Bunun tahıllarda bulunan nişastanın, enzimlerin proteine etkilerini azaltmasından kaynaklanabileceği, bu nedenle nişasta içeriği %23 veya daha fazla olan yemler kullanıldığında α -amilaz enziminin kullanılması önerilmektedir.

***in situ* Teknik**

Bu teknikte, belli miktar yem, özel bir naylon kese (torba) içinde rumen ortamında belli süre ile inkübe edilir ve belli süre sonunda dışarıya alınır. Yani yemin üzerinde çalışılan fraksiyonunun rumende yıkılabilir veya yıkılamaz miktarı, yerinde belirlenir. Naylon kese tekniğinde kesenin gözenek büyüklüğü, örnek miktarının kese yüzey alanına

oranı (mg/cm^2), yem örneklerinin partikül büyüklüğü, keselerin rumene yerleştirilme şekli, araştırmada kullanılan hayvana verilen rasyon, kullanılan hayvan türü, yemleme sıklığı ve kese içerisinde inkübasyon sonrası geriye kalan kalıntılara bakterilerin tutunma düzeyi gibi faktörler, elde edilen yıkılabilirlik düzeylerine etkilemektedir. Kesenin gözenek boyutu yem partiküllerinin dışarı çıkışına izin vermezken, oluşan gazların ve sindirilen besin maddelerinin dışarı çıkışına izin vermektedir. Önerilen gözenek boyutları değişik araştırmacılar tarafından 20-60 μm olarak tavsiye etmektedir.

Naylon kese tekniğinde rumende yıkılabilirliği etkileyen diğer önemli bir konu, torbaya konan yem miktarıdır. Fazla örnek konması bekleme süresini (lag time) artırır. Yani yem konduktan sonra mikroorganizmaların ve onların enzimlerinin yem partiküllerini yıkmaya başlayıncaya kadar geçen süreyi uzatır ve yemin yıkım hızı ve yıkılabilirliği düşer. Bunun için önerilen örnek miktarı/kese yüzey alanı oranının 10-20 mg/cm^2 değerleri arasındadır.

Yem örneklerinin partikül büyüklüğü enzimlerin ve mikroorganizmaların etki alanını etkilediği gibi keseyi doğrudan terk eden yem partikülü miktarını da etkiler. Yem tipine ve çeşidine göre farklı partikül büyüklükleri önerilmektedir. Protein ve enerji ek yemler için 2 mm, bütün halindeki tahıl taneleri ve lifli yan ürünler için 5 mm, kuru otlar için (kuru madde içeriği %80>) 5 mm, %60-70 düzeyinde kuru madde içeren silajlar için 5 mm'lik partikül büyüklüklerini önerilmektedir.

Naylon kese tekniğinde yıkılabilirliğin belirlenmesinde inkübasyon sürelerinin iyi ayarlanması gerekir. Keselerin rumendeki inkübasyon süreleri yıkım eğrilerinin şekline bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle kesin süreler vermek zordur. Araştırmacılar bir çok protein ek yemleri için keselerin 2, 6, 12, 24 ve 36 saat rumende inkübasyona bırakılmalarının yeterli olabileceğini ifade etmiştir. Kuru ot, saman ve diğer lifli materyaller için gereksinim duyulan süre biraz daha uzun olmaktadır. Bu tip yem materyallerinin 12, 24, 48 ve 72 saat inkübasyona bırakılmalarının uygun olduğunu bildirmektedir. Ayrıca mikrobiyel bulaşma da diğer bir hata kaynağını oluşturur. Bu nedenle inkübasyonda kontrol olarak, boş torbalarında inkübe edilmesi gerekir.

Tekniğin uygulanması uygun zaman aralıkları için naylon keseye konan örnekler, rumen sıvısı içine batacak şekilde kanül aracılığıyla rumene konarak yapılır. Örnekler topluca konup inkübasyon zamanları dolduğunda çıkarılabileceği gibi, aynı zamanda dışarı çıkarmayı sağlayacak planlama ile farklı zamanlarda konarak aynı zamanda dışarı da alınabilir. Bu iki uygulamadan uygun olanı, hepsinin aynı zamanda dışarı alınmasıdır. Dışarı alınan torbalar çamaşır makinasında belli bir süre yıkanır. Bunun için önerilen süreler 15-30 dk arasında değişmektedir. Ayrıca musluk suyunda torbaları sıkmadan berraklaşmaya kadar yıkamayı öneren araştırmacılar da vardır. Torbalar yıkama sonunda 60°C'da 48 saat kurutulurken, naylon kese içinde kalan artıklarda kuru madde, organik madde, protein, selüloz vb. gibi besin madde kayıpları, analizle saptanır.

Naylon kese tekniği ile protein kaynağı için elde edilen yıkılabilirlik Orskow ve McDonald (1979) tarafından geliştirilen aşağıdaki eşitlik ile belirlenmektedir.

$$\text{Yıkılabilirlik} = \frac{\text{Başlangıç azotu} - \text{inkübasyon sonrası kalan azot}}{\text{Başlangıç azotu}}$$

Rumende besin maddelerinin yıkılabilirliği ile zaman arasında bir regresyon yapıldığında aşağıdaki ilişki belirlenmektedir.

Rumende besin maddelerinin yıkılabilirliği ile zaman arasında bir regresyon yapıldığında aşağıdaki ilişki belirlenmektedir.

$$P = a + b(1 - e^{-ct})$$

P: t süresinde meydana gelen yıkım oranı (%)

a: Kolayca yıkılabilen kısım. (%)

b: Potansiyel yıkılabilir kısım (%)

t: İnkübasyon süresi (saat)

c: b kısmının yıkım hızı (%/saat)

Yemlerin veya besin maddelerinin yıkılabilirlikleri, hayvanın türü, yemlerin partikül büyüklüğü ve çevre sıcaklığı gibi faktörlerle değişen rumenin **boşalma hızına (outflow rate; k parametresi)** bağlı olarak değişebilmektedir. Bu nedenle denemede kullanılan hayvan türüne ve yemlemeye bağlı olarak belli bir rumen boşalma hızı için yıkılabilirlik belirlenmektedir. Bu etkin yıkılabilirlik (effective degradability) olarak nitelenmekte ve aşağıdaki eşitlik ile saptanmaktadır.

$$P = a + bxc / c+k, \quad k; \text{ rumenin boşalma hızı}$$

Etkin yıkılabilirlik eşitliğinde **a** parametresi üzerinde durulan besin maddesine ait **kolayca yıkılabilir fraksiyon (KYF)** dur.

Üzerine durulan besin maddesine ait **Rumende Yavaş Yıkılabilir Fraksiyon (YYF)** ise şu eşitlikle saptanabilir. $YYF = bxc/(c+k)$

Rumenin boşalma hızı (%/saat) hayvanın besleme düzeyine göre önemli düzeyde değişir. Burada kolayca yıkılabilir kabul edilen a parametresi, sıfır zamanda yıkama ile oluşan kaybı ifade etmektedir. Yani çözünebilir proteinlere karşılık gelen bir değerdir. Bu yaklaşım çözünebilirlik ile yıkılabilirliği eş anlamlı hale getirmektedir. Daha önceki bölümlerde de tartışıldığı gibi çözünebilir bir kısım proteinler, rumeni yıkılmadan terk edebilirler. Bu durum tekniğin hata kaynaklarından biridir.

ARC (1984) rumenin boşalma hızının (k), yaşam payında beslenen hayvanlarda 0.02/h, yaşama payının 2 katından az düzeyde beslenen buzağılarda, 15 kg dan az süt veren ineklerde, koyunlarda ve et sığırlarında, 0.05/h ve yaşama payının 2 katından fazla düzeyde beslenen hayvanlarda 0.08 olarak alınmasının uygun olacağını bildirmektedir.

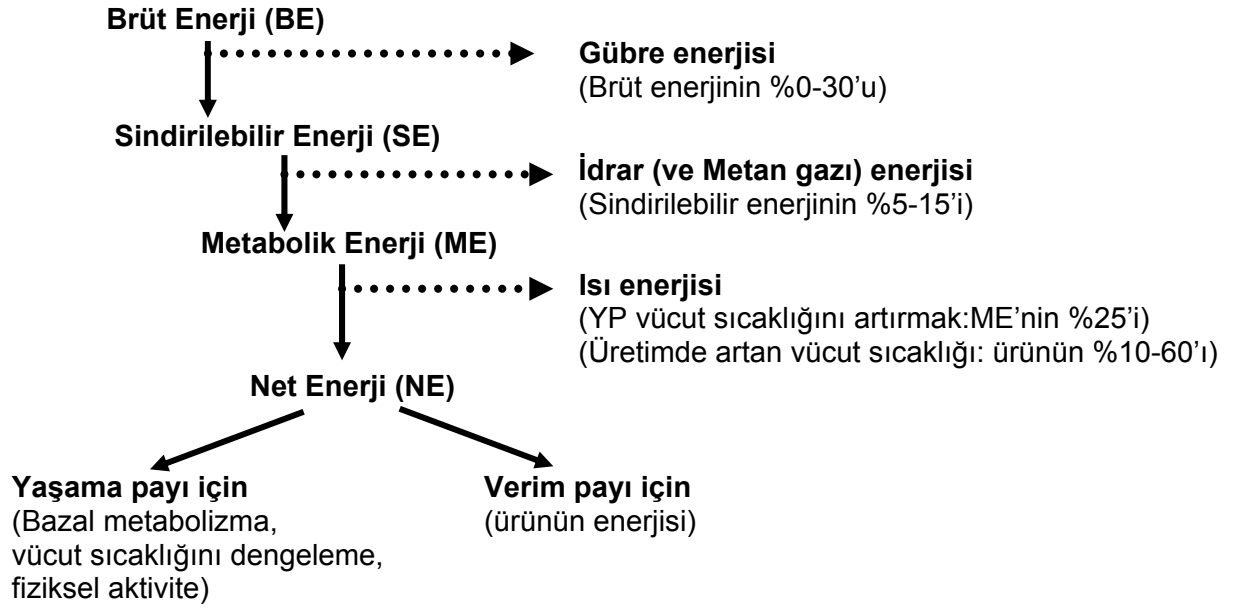
Bunu bir örnekle ifade edersek;

a: 0.30, b: 0.70, c:0.02 ise, $P = 0.3 + 0.7 \times 0.02 / (0.02 + 0.05) = 0.50$ olarak o besin maddesine ait etkin yıkılabilirlik saptanmış olur. Üzerinde durulan besin maddesinin protein olduğunu varsayarsak; rasyonun protein içeriği ile bu proteine ait etkin yıkılabilirlik değerini çarptığımızda; rumen mikroorganizmalarının kullanabileceği ham protein miktarını bulmamız mümkündür. Yukarıda verilen kolayca yıkılabilir kısımlar ve yavaş yıkılabilir kısımlar belirlenerek yemin ham protein içeriğindeki bu kısımlar oransal olarak bulunur.

3.1.4. Yemlerin Enerji İçeriklerine Göre Değerlendirilmesi

Yemlerin enerji değerleri belirlenirken kullanılan temel birimler kalori (**cal**) veya Joule (**J**) dür. **1 cal**: 1 gr suyun sıcaklığını 14.5 °C den 15.5 °C a çıkarmak için gerekli olan enerjiyi ifade eder. **1 cal**: 4.184 joule'dür Yemlerdeki enerji değerlerinin belirlenmesinde etkili olan faktör hayvan tarafından mevcut enerjinin kullanılabilirliğidir. Bu olaylar sırasında çeşitli kademelerde enerji kayıpları da meydana gelir. Sindirim denemeleri yardımıyla saptanan enerji çevirimi ve ara basamaklardaki kayıplar aşağıdaki gibi şematize edilebilir.

İnsanların tükettikleri besinlerde 1 kalori olarak tanımlanan gerçekte 1 kcal dir. Bu bakımdan insan ve hayvan yemleri enerji değerleri karşılaştırılırken bu ayırma dikkat edilmelidir.



Yemleri enerji içeriklerine göre değerlendirirken enerjini tüm bu şekillerini göz önüne almak gerekir. Bunlardan her birinin hesaplanması veya bulunması için ayrı ayrı teknikler uygulanır. Bu nedenle ortaya çıkacak hatalara bağlı olarak her yem için farklı değerlendirmeler yapmak söz konusu olabilmektedir. Yemler için brüt enerjini başlangıç noktası olabileceği, yapılacak bir değerlendirmede bu tür enerjini esas alınması gerektiği savunulabilir. Fakat asıl amaç yemin hayvandaki verime dönüşen enerji gücünü saptamak olduğuna göre, bu durumda net enerjinin ele alınması daha akla yakın gelmektedir. Ancak hayvan türüne göre yemlerin sindirilebilirliğinin değişmesi ve bunun da yemin enerji değerini etkilemesi, her bir yem için her bir hayvan türünde geçerli net enerjini hesaplanması gerekliliğini doğurmaktadır. Çok pahalı ve zor olan net enerji sistemi, günümüzde sadece bazı ülkelerde ruminant hayvanlar için kullanılmaktadır. Ülkemizde ruminant ve kümes hayvanlar için kullanılan sistem metabolik enerji (ME) sistemidir. Ancak kanatlıların beslenmesinde net enerji sistemine geçiş yönünde uluslararası çalışmalar devam etmektedir.

Brüt (Toplam) Enerji (BE)

Bir gram yem maddesinin tamamen yanmasıyla açığa çıkan ısı enerjisi varlığıdır. Yani, yemin kalorimetrede belirlenen yanma ısısının değerini ifade eder. Yemde mevcut enerjinin hayvan için kullanışlı olup olmadığı hakkında bilgi vermez. O nedenle de genelde kullanılmaz. Brüt olarak, yağlar enerji içerikleri bakımından karbohidratlar ve proteinlerden daha fazla enerji içerirler. Proteinler de karbohidratlardan daha fazla enerji içerirler. Yüksek enerji içeriği bakımından gözlenen farklılıklar bu maddelerin içerdikleri karbon ve hidrojen sayılarının oksijen sayılarına oranlarından kaynaklanmaktadır. Karbon ve hidrojen sayısının oksijen sayısına oranı büyük olan bileşiklerin enerji içerikleri de yüksek olmaktadır. Ruminantların beslenmesinde kullanılan yemlerde 1 kg kuru maddede ortalama 18.5 MJ brüt enerji bulunduğu (4.4 Mcal/kg) kabul edilmektedir.

Nehrin ve Haenlein (1973): yemlerdeki brüt enerjinin hesaplanması için aşağıdaki formülü önermişlerdir.

$$BE(kcal/100gr)=5.72(HP, \%) + 9.5 (HY, \%) + 4.79 (HS, \%) + 4.03 (\text{azotsuz öz madde, } \%)$$

Sindirilebilir Enerji (SE)

Bir yem maddesinin içerdiği toplam (brüt) enerjinin bir miktarı gübreye dışarı atılmaktadır. Dışarı atılan bu bölümün toplam enerjiden çıkarılmasıyla kalan bölüme sindirilebilir enerji varlığı denir. Sindirilebilir enerjiye yakın ve fazla bir avantajı olmayan diğer bir yaklaşım da toplam sindirilebilir besin maddeleridir (TDN). Sindirilebilir enerji ve TDN birbirlerine avantajları olmayan yaklaşımlardır. Ancak SE de brüt enerji de olduğu gibi hayvan için yararlı enerji hakkında bilgi vermez. Sindirim ve metabolizma sırasında bir kısım enerji kaybedilir.

TDN (Total Digestible Nutrient, Top. Sin. Besin Maddesi): Yemin yapısında bulunan sindirilebilir besin maddelerinin toplamını ifade eder; ancak yağın kat sayısı 1 yerine 2.5 olarak alınmaktadır.

$$TDN=SHP + SHS + SAÖM + 2.25 SHY$$

(SHP: sindirilebilir ham protein, SHS: sindirilebilir ham selüloz, SAÖM: sindirilebilir azotsuz öz maddeler, SHY: sindirilebilir ham yağ).

Bir yemin TDN değeri, besin maddeleri % olarak formülde yazılarak % olarak saptanır. TDN değerinin hesaplanmasında yağlar için 2.25 kat sayısının kullanılması yağların karbonhidrat ve proteinlerden daha fazla enerji içermesinden kaynaklanmaktadır. TDN sindirilebilir enerjiye dönüştürülebilir. Bu amaçla aşağıdaki eşitlikler kullanılabilir.

$$1 \text{ kg TDN} = 4.4 \text{ Mcal SE (Ruminant)}$$

SE, belirleme bakımından avantajlıdır. Fakat yine yemlerin sindirimi ve metabolizması sırasındaki bir kısım kayıpları dikkate almadığı için yetersiz kalır.

Sindirilebilir enerjinin yemleme sistemi bazındaki en büyük olumsuzluğu yüksek selülozlu yem materyallerinin enerji değerlerini, yüksek yıkılabilirliğe sahip olan tane yemlere oranla daha yüksek tahmin etmesidir. Bu pratik koşullarda mümkün değildir ve aslında doğru da değildir.

Metabolik (Metabolizabl-Çevrilebilir) Enerji (ME)

Sindirilebilen enerji içindeki bir miktar enerjide gerek idrar ve gerekse Metan gazı ile dışarı atılmaktadır. Kayıp olan bu miktarın sindirilebilir enerjiden çıkarılmasıyla geriye kalan enerjiye metabolik (metabolizabl = çevrilebilir) enerji adı verilir.

Ülkemizde kanatlı ve ruminantlar beslenmesinde kullanılan yemlerin enerji açısından değerlendirilmesinde kullanılan resmi sistemi budur. ME'de SE'de olduğu gibi yemleme sistemleri bazında görülen eksikliklerin çoğuna sahiptir. Çünkü idrar ve metan gazı enerji kayıpları, SE'den kısmen tahmin edilebilir ve bu kayıplar SE ile büyük bir korelasyon içerisindedirler.

NRC (1989), idrar ve metan gazı ile kaybedilen miktarı %18 olarak alırken, ARC (1984) bu kayıpları %19 olarak almaktadır. Bundan hareketle ME düzeyi 0.82 (veya 0.81) X SE eşitliği ile hesaplanabilmektedir. Kanatlı ve diğer tek midelilerde metan üretimi

olmadığından metabolize edilebilirlik, sindirilebilir enerji (SE)'nin %96'sı olarak kabul edilmektedir. Buna göre;

$$1 \text{ kg TDN} = 4.4 \text{ Mcal SE} = 4.4 \times 0.81 = 3.56 \text{ Mcal ME (Ruminant)}$$

$$1 \text{ kg TDN} = 4.4 \text{ Mcal SE} = 4.4 \times 0.96 = 4.22 \text{ Mcal ME (Kanatlı)}$$

Öte yandan, TDN ve SE sistemi besin maddelerinin kullanım etkinlikleri konusunda bilgi vermez. SE'ye bağımlı olarak hesaplanan ME'de enerjinin üretim için kullanım etkinliklerini göz önünde bulundurmadığı için bazı eksiklikler taşır.

Metabolik Enerjinin Kullanım Etkinliği

Metabolik enerjinin organizmada ne düzeyde kullanıldığı ve net enerjiye (yaşamın devamı ve/veya hayvan vücudunda biriken ürünün veya verim olarak dışarıya atılan ürünün enerjisi) ne oranda dönüştüğün belirlenebilmesi için hayvan vücudunda üretilen ısının ve hayvan vücudunda depo edilen veya dışarıya atılan ürününü enerji içeriğinin bilinmesi gerekir. Isı enerjisi olarak organizmayı terk eden enerjinin ölçüm yöntemleri, "Isı Enerjisi", net enerji olarak kullanılan yaşam için gerekli enerji ve/veya ürün enerjisinin ölçüm yöntemleri ise, "Net Enerji" kapsamında anlatılacaktır.

Öte yandan, metabolik enerjini kullanım etkinliği, yaşama payı ve verim payı gereksinmelerine göre de değişir. Hayvanlar tarafından tüketilen metabolik enerjinin ve metabolik enerjinin yaşama ve verim için kullanım etkinlikleri bilinir ise organizmadaki enerji birikimi ve ısı üretimi saptanabilir. Örneğin 10 MJ enerji alan bir hayvanın vücudunda 7 MJ enerji birikimi olmuş ise metabolik enerjinin kullanım etkinliği $7/10=0.70$ tir veya tersinden ısı artışı $3/10=0.30$ olarak saptanabilir. Hayvan enerji almıyor ise enerji dengesi negatiftir. Enerji alımı arttıkça hayvan vücudunda enerji biriktirmeye başlar. Enerji birikiminin sıfır olduğu noktadaki enerji alımı hayvanın yaşaması için gerekli enerji miktarıdır. Bunun üzerinde enerji alımı, canlı ağırlık kazancı, süt verimi, yapağı verimi ve iş verimi olarak kendini gösterir. Ancak metabolik enerjinin bu verim türleri için kullanım etkinlikleri farklıdır.

Metabolik enerjinin kullanım etkinliği k ile nitelenmekte ve kullanılış yönüne göre indis almaktadır.

$k=NE/ME$ şeklinde formülüne edilmektedir. ME'nin kullanım yönüne göre k faktörleri aşağıda verilmiştir.

k faktörü (uluslararası notasyon)	ME kullanım etkinliğinin yönü
$k_{yp} (k_m)$	yaşama payı için kullanım etkinliği
$k_p (k_p)$	protein birikimi için kullanım etkinliği
$k_y (k_f)$	yağ birikimi için kullanım etkinliği
$k_{cak} (k_g)$	canlı ağırlık kazancı için kullanım etkinliği
$k_{sv} (k_l)$	süt verimi için kullanım etkinliği
$k_{gb} (k_c)$	fötüs gelişimi için kullanım etkinliği
$k_{i\dot{s}} (k_w)$	iş için kullanım etkinliği
$k_{yapağı} (k_{wool})$	yapağı üretimi için kullanım etkinliği

Metabolik enerjinin kullanım etkinliği kullanım yönüne, rasyonun dengesine, yemlerin birliktelik etkisine, çevre faktörlerine bağlı olarak da değişebilmektedir. Metabolik enerjinin kullanım etkinliği rasyonun metabolize edilebilirliğine ($q=ME/BE$) bağlı olarak tahmin edilebilmektedir. Bunlara ilişkin değerlendirmeler kısmen önceki bölümlerde yapılmıştır.

Yaşama payı metabolik enerji kullanım etkinliği değişik araştırmacılarca 0.60-70 arasında ifade edilmektedir. Laktasyon için kullanım etkinliği MAFF (1984)'e göre 0.62 olarak ifade edilmektedir. Vücut dokularından elde edilen metabolik enerjinin kullanım etkinliği 0.80-0.85 olarak tanımlanmaktadır. Yağ birikimi için metabolik enerjinin kullanım etkinliği 0.70'lerde ifade edilirken, protein birikimi için kullanım etkinliği 0.3-0.35 arasında ifade edilmektedir.

Metabolik Enerjinin Saptanması

Yemlerin ME İçeriklerinin saptanmasında, yemlere ait ham besin madde analiz sonuçları veya sindirilebilir besin madde analiz sonuçları kullanılır.

Kaba yemlerin sadece ruminantlar tarafından; ancak belli düzeylerde sindirilebilmesi nedeniyle, bu yemlerin ME enerji içerikleri, sadece ruminantlar için geçerlidir. Yoğun yemlerin metabolik enerji içerikleri öncelikle sindirim sistemi farklılığından dolayı hayvan çeşidine bağlı olarak değişir. Aynı yemin farklı hayvanlardaki ME değeri farklıdır. Ruminant hayvanlarda ME hesaplanmasında metan gazı ile kaybolan enerji dikkate alınırken, ruminant olmayan hayvanlarda metan üretimi dikkate alınmayabilir. Bu durumda aynı yemin tek mideliler için metabolik enerji değeri ruminantlarından daha yüksektir. Bu nedenle bir yeme ait ME içeriği hesaplanırken hayvanların sindirim sistemi ve fizyolojisindeki farklılıkların dikkate alınması gerekir.

Ruminant Hayvanlar

Ruminantlar için ham besin madde içeriklerinden veya sindirilebilir besin madde içeriklerinden farklı regrasyon eşitlikleri ile yemlerin ME içeriklerinin belirlenmesi mümkündür. Ham besin madde analiz sonuçlarına göre yoğun yemlerin ME içerikleri saptanırken, sindirilebilir besin madde içeriklerine göre de kaba yemlerin ME değerleri hesaplanabilir.

Yoğun yemler için ham besin maddelerinden ME hesaplama (Alderman, 1985);

$$ME \text{ (Mcal/kg)} = (11.78 + 0.0654 \text{ HP} + 0.0665 \text{ HY}^2 - 0.0414 \text{ HY} \cdot \text{HS} - 0.118 \text{ HK}) / 4.184$$

HP, ham protein, %

HY, ham yağ, %

HS, ham selüloz, %

HK, ham kül, %

Kaba yemler için sindirilebilir besin maddelerinden ME hesaplama (Blaxter, 1965);

$$ME \text{ (Mcal/kg)} = (15.20 \text{ SHP} + 34.20 \text{ SHY} + 12.8 \text{ SHS} + 15.95 \text{ SNÖM}) / 4.184$$

SHP, sindirilebilir ham protein, %

SHY, sindirilebilir ham yağ, %

SHS, sindirilebilir ham selüloz, %

SNÖM, sindirilebilir N'siz Öz Madde, %

Öte yandan, bir yemin metabolik enerji düzeyi onun amino asitlerinin protein sentezinde mi yoksa enerji sentezinde mi kullanıldığına göre de değişir. Eğer enerji amacıyla kullanılıyorsa deaminasyon ve idrarla önemli bir miktar azot ve karbon kaybı söz konusu olmaktadır. Üre formunda 1 g azot boşaltımının maliyeti ortalama olarak 23 kJ brüt enerjiye eşdeğerdir. Aynı durum ürik asit azotu için 28 kJ dır.

Yemlerin öğütülmesi ve peletlenmesi dışkıda atılan enerji miktarını artırır. Ancak bu arada metanla kaybedilen enerji miktarı düşer ve dışkı da gerçekleşen kayıp kısmen telafi edilir. Yemleme düzeyine bağlı olarak yemin sindirilebilirliği ve metabolik enerji

değeri değişebilmektedir. Yemleme düzeyinin artışına bağlı olarak dışkıyla enerji atılışı artarken, metan ve idrarla enerji kaybı azalmaktadır. Ancak çok ince öğütülmüş kaba yemlerde ve kaba ve kesif yemin karıştırıldığı durumlarda yemleme düzeyinin artırılması, yemin metabolik enerji değerini düşürür.

Tek Mideli (Kanatlı) Hayvanlar

Kanatlıların beslenmesinde kullanılan yoğun yemlerin ME veya AME (apparent metabolizable enerji) tayinleri için geliştirilmiş çok değişik eşitlikler vardır. Son yıllarda kanatlı hayvanlar için ME veya diğer bir ifade ile AME yerine TME (True-gerçek-metabolizable enerji) değeri kullanımı tavsiye edilmektedir. TME'nin (A)ME'den farkı, gübrede yer aldığı halde direk yem kaynaklı olmayan endogen idrar ve metabolik gübre enerjisinin gübre ile atılan toplam enerjiden çıkarılmasıdır. Ancak günümüzde halen yaygın olarak kullanılan değerler ME veya AME değerleridir. Yaygın olarak kullanılan 3 farklı eşitlik vardır. Birinci ve ikinci eşitlikler, yem maddelerinin ME değerinin tahmininde kullanılırken, 2. eşitlik genç kanatlılar için hazırlanan toplam (karma) yemin AME değerinin tahmininde, 3. eşitlik ise gelişmesini tamamlamış ergin kanatlılar için hazırlanan toplam (karma) yemin AME değerinin tahmininde kullanılmaktadır.

1. Eşitlik (Yem maddeleri için ME değeri;
Carpenter and Clegs, 1956)

$$ME \text{ (kcal/kg)} = (38 \times (1HP + 2.25HY + 1.1Nişasta + 1.05Şeker)) + 53$$

2. Eşitlik (Yem maddeleri için ME değeri, Hartel, 1977)

$$ME = 4.38SHP\% + 9.26SHY\% + 4.12SNÖM\%$$

$$ME = 4.39SHP\% + 9.25SHY\% + 4.15SN\% + 3.75SŞ\% + 4.86SAÖM(-NŞ)\%$$

SHP; sindirilebilir ham protein

SHY; sindirilebilir ham yağ

SN; sindirilebilir nişasta

SŞ; sindirilebilir şeker

SAÖM; sindirilebilir azotsuz öz madde

SAÖM(-NŞ); nişasta ve şeker dışındaki sindirilebilir azotsuz öz madde

3. Eşitlik (Genç kanatlılar için hazırlanan karma yemde AME değeri;
Avrupa Topluluğu, Larbier and Leclercq, 1994)

$$ME \text{ (kcal/kg)} = (35.2HP\%) + (78.5HY\%) + (41Nişasta\%) + (35.5Şeker\%)$$

4. Eşitlik (Ergin kanatlılar için hazırlanan karma yemde ME değeri;
Avrupa Topluluğu, Larbier and Leclercq, 1994)

$$AME \text{ (kcal/kg)} = (36.9HP\%) + (81.8HY\%) + (39.9Nişasta\%) + (31.1Şeker\%)$$

$$ME \text{ (kcal/kg)} = 37,07 * H.PROTEİN + 82 * H. YAĞ + 39,89 * NİŞASTA + 31,1 * ŞEKER \quad TSE$$

Isı Enerjisi

Organizmadaki metabolik faaliyetler sonucu açığa çıkan enerjidir. Bu enerji, vücut sıcaklığın artmasına neden olur veya vücut sıcaklığının sabit tutulması için harcanır. Dokularda besin maddelerini metabolize olması aşmasında ortaya çıktığı gibi, ruminantlarda rumendeki fermentasyon olayları sırasında da ortaya çıkar. Ruminantlarda

sindirilebilir enerjini %6-10'nu ısı enerjisi olarak açığa çıkar. Hayvan, soğuk stresi altında ise vücut sıcaklığını dengelenmesi için harcar. Normal koşullarda veya yüksek sıcaklıklarda ise bu enerji vücuttan dışarıya saçılır ve kayıp enerji olarak organizmayı terk eder. Ayrıca, organizmayı ısı biçiminde terk eden başka bir enerji de çiğneme olayları ve besin maddelerinin taşınması sonucu ortaya çıkan kayıp enerjilerdir.

Isı Enerjisinin Saptanması

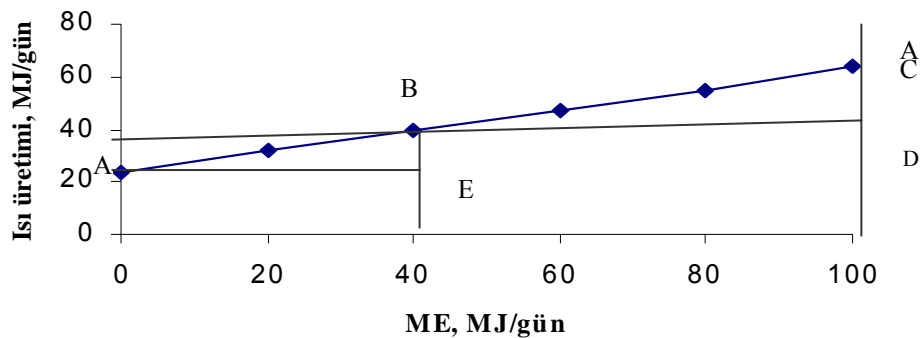
Yemlerin metabolize olmaları aşamasında organizmada üretilen ısı enerjisi miktarı doğrudan fiziksel olarak ölçülebilir. Bunun için **hayvan kalorimetresine** gereksinim vardır. Bu şekilde ölçüm yapılması **doğrudan kalorimetrik yöntem** olarak bilinir. Ayrıca **solunum odaları** vasıtasıyla da yemlerin ısı üretimi belirlenebilir. Solunum odaları kullanılarak ısı üretiminin belirlenmesine **dolaylı kalorimetrik yöntem** de denmektedir.

Doğrudan Kalorimetrik Yöntem: Hayvanlar vücutlarında ürettikleri ısıyı ancak çok kısa süre tutabilirler. Bu nedenle 24 saatten uzun bir sürede yapılacak bir ölçümle belirlenen ısı üretimi hayvanın ürettiği ısıya eşittir. Hayvanlar vücutlarında ürettikleri ısıyı özellikle vücut yüzeylerinden radyasyon, kondüksiyon ve konveksiyon yoluyla ve suyun evaporasyonu yoluyla deriden ve akciğerlerden kaybederler. Hayvan kalorimetresi temel olarak hava girişi olmayan tamamen izole edilmiş bir odadır. Evaporasyonla meydana gelen ısı kaybı içeriye verilen havanın nemi ile dışarı alınan havanın nemi aracılığı ile hesaplanabilir. İçerideki radyasyon, konveksiyon ve kondüksiyon yoluyla gerçekleşen ısı üretimi ise, odanın duvarlarında dolaştırılan suyun giriş ve çıkış sıcaklıkları vasıtasıyla saptanmaktadır.

Isı artırımını belirlenmek istenen yem, iki yemleme düzeyinde test edilmelidir. Zira bazal metabolizmadan kaynaklanan ısı üretimi de söz konusudur. Bazal metabolizmanın üzerindeki yem alımı ısı üretiminin artmasına neden olmaktadır. Üretilen ısı miktarındaki artış, ekstra olarak verilen yemin ısı üretimi olarak dikkate alınır (Şekil .2).

Şekil 3.1.'de verilen yemin 40 ve 100 MJ enerji alımı koşullarında ısı artış farkı CD, 24 MJ ise oransal ısı üretim değeri CD/BD yani 0.40 tır. Bazal metabolizmayı baz alarak ta oransal ısı üretimini belirlemek mümkündür. BE, 16 MJ ve oransal ısı üretimi, BE/AE, $16/40=0.40$ tir.

Eğer tek bir yemin ısı üretiminin belirlenmesi söz konusu ise ve o yemin tek başına kullanılması mümkün değil ise o zaman bir bazal rasyon kullanılmaktadır. Bazal rasyonun üzerindeki ısı artışı hesaplamada dikkate alınmaktadır. Hayvan kalorimetresinin kurulması ve kullanılması zordur. Bu nedenle son zamanlarda daha çok dolaylı kalorimetrik yöntem kullanılmaktadır



Şekil 3.1. Yemlerin ısı artırım değerinin ölçülmesinde fark yöntemi (A bazal metabolizma, B ve C; 40 ve 100 MJ ME tüketiminde ısı üretimleri).

Solunum Odası (Dolaylı Kalorimetrik Yöntem): Bu yöntemde, ortamdaki gaz değişimi esas alınır. Solunum odaları, modern analiz araçlarıyla ve sensörlerle donatılmıştır. Gaz değişiminin belirlendiği bu odalar, tamamen kapalı tipte olabildiği gibi açık tipte de olabilmektedir. Kapalı tipte bir hava girişi ve üretilen gazları absorbe eden sistemler kullanılmaktadır. Oksijen, odanın girişinde bir sayaçla içeriye verilmektedir. Deneme sonunda (24 saat) oluşan karbondioksit, su buharı ve metan miktarı değişik metotlarla belirlenmektedir. Bu arada idrar örnekleri de toplanarak idrar azotu saptanmaktadır. Tamamen kapalı sisteme alternatif olarak açık tip solunum odaları da kullanılmaktadır. Bu sistemde odaya girişte ve çıkışta, dikkate alınacak gazların ölçümü yapılarak karbondioksit ve metan üretimi ile oksijen kullanımı hesaplanmaktadır.

Vücutta okside edilen karbonhidrat yağ ve proteinler ısıya dönüştürülebilir.

Glukoz gibi karbonhidratların oksidasyonunun genel reaksiyonu;

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 2.82 \text{ MJ}$$

Yağların (tripalmitin) oksidasyonunun genel reaksiyonu;

$$C_3H_5(OOC.C_{15}H_{31})_3 + 72.5O_2 \longrightarrow 51 CO_2 + 49 H_2O + 32.02 \text{ MJ}$$

Normal sıcaklık ve basınç koşullarında 1 mol O₂ 22.4 L hacim işgal eder. Bu nedenle 1 L oksijenin kullanılmasıyla; $2820/(6 \times 22.4) = 20.98$ kJ ısı üretilir. Karbonhidrat karışımları için ortalama değer 21.12 kJ/L olarak kabul edilir. Yağ karışımları için L oksijen kullanımı başına üretilen ısı miktarı 19.61 kJ olarak alınmaktadır.

Hayvanlar normal olarak sadece karbonhidratlara, yağlara ve proteinlere has ayrı ayrı enerji elde etmezler. Oksijeni bu besin maddelerinin karışımını oksitlemek amacıyla kullanırlar. Eğer oksijen tüketiminden ısı üretimini belirlemek istiyorsak ayrı ayrı besin maddeleri için gereksinim duyulan oksijen miktarını bilmek gerekmektedir. Bu amaçla besin maddelerinin **solunum kat sayılarından (SK)** yararlanılmaktadır. Solunum katsayısı hayvan tarafından üretilen karbondioksitin, kullanılan oksijen miktarına oranıyla saptanmaktadır. Karbonhidratların SK'sı $6CO_2/6O_2 = 1$, yağlarınki $51CO_2/72.5O_2 = 0.70$ tir. Eğer bir hayvanın SK bilinirse okside edilen besin maddeleri oranını da standart tablolardan temin etmek mümkündür. Örneğin SK 0.9 ise bu durumda okside edilen karışımın %67.5'unun karbonhidrat, %32.5'unun yağ dan oluştuğu ve oksijenin ısı eşdeğerinin 20.60 kJ/L olduğu hesaplanabilir. Çizelge 3.1'de buna ilişkin değerler verilmiştir.

Okside edilen karışımlar proteinleri de içerir. Katabolize edilen protein miktarı idrarda boşaltılan azottan tayin edilebilir. 1 gr protein için yaklaşık 0.16 gram azot idrar yoluyla boşaltılır. Proteinlerin yanma ısıları amino asit oranlarına göre değişmekle birlikte ortalama 22.2 kJ/g olarak alınmaktadır. Ancak organizmada azotun tamamı okside edilememektedir. Bu nedenle hayvan organizmasında protein oksidasyonu ile üretilen ısı miktarı; 1 g protein için 18.0 kJ olarak kabul edilir. 1 g protein oksidasyonu için 0.77 L CO₂ üretilir ve 0.96 L O₂ kullanılır. Buradan, protein için SK 0.80 olarak saptanabilir.

Vücutta ısı sadece katabolizma sırasında değil aynı zamanda sentez olayları sırasında da oluşur. Bu oluşum sırasında da tamamen oksitlenmenin gerçekleştiği koşullara benzer bir gaz değişim ilişkisi vardır. Ancak karbonhidrat ve yağların tam oksitlenmediği durumlarda ısı üretimi bozulur. Bu daha çok ketozis gibi metabolik problemlerin olduğu durumlarda gözlenir. Yağ asitleri tam olarak karbondioksit ve suya oksitlenemez ve keton ve keton benzeri maddeler olarak vücuttan bir miktar karbon ve

hidrojen uzaklaştırılır. Ayrıca ruminantlarda normal koşullarda karbonhidratların tam oksidasyonu da gerçekleşmez ve karbonhidrat metabolizmasının son ürünü olarak bir kısım enerji metan olarak kaybedilir. Ruminantlarda ısı üretiminin ölçümünde üretilen 1 L metan için 2.42 kJ enerji düzeltilmesi yapılır.

Ruminantlar için ısı üretimi (IÜ) bütün parametreleri içeren bir eşitlik olarak aşağıdaki Brouwer eşitliği ile saptanabilir.

$$I\ddot{U}(kJ)=16.18 V_{O_2} + 5.16V_{CO_2} - 5.90 N - 2.42 CH_4$$

Çizelge 3.1. Solunum kat sayısı ve üretilen ısının kaynağı arasındaki ilişki ve üretilen ısı miktarları.

Solunum Katsayısı	Üretilen ısının kaynağı ve oranı, %		1 L O ₂ ile üretilen ısı (kJ)
	Karbonhidrat	Yağ	
0.70	0.00	100.00	4.686
0.71	1.10	98.90	4.690
0.72	4.76	95.24	4.702
0.73	8.40	91.60	4.714
0.74	12.00	88.00	4.727
0.75	16.50	83.50	4.739
0.76	19.20	80.80	4.751
0.77	22.80	77.20	4.764
0.78	26.30	73.70	4.776
0.79	29.90	70.10	4.788
0.80	33.40	66.60	4.801
0.81	36.90	63.10	4.813
0.82	40.30	59.70	4.825
0.83	43.80	56.20	4.838
0.84	47.20	52.80	4.850
0.85	50.70	49.30	4.862
0.86	54.10	45.90	4.875
0.87	57.50	42.50	4.888
0.88	60.80	39.20	4.899
0.89	64.20	35.80	4.911
0.90	67.50	32.50	4.924
0.91	70.80	29.20	4.936
0.92	74.10	25.90	4.948
0.93	77.40	22.60	4.961
0.94	80.70	19.30	4.973
0.95	84.00	16.00	4.985
0.96	87.20	12.80	4.998
0.97	90.40	9.60	5.010
0.98	93.60	6.40	5.022
0.99	96.80	3.20	5.035
1.00	100.00	0.00	5.047

Net Enerji (NE)

Metabolik enerji ile ısı enerjisinin farkıdır. Net enerji, organizmanın yaşamını devam ettirmesi, ürün (et, süt, yumurta) verebilmesi ve mekanik iş için kullandığı enerjidir. Hayvanın türü ve verim yönüne göre her bir yem maddesinin net enerji varlık düzeyi değişim gösterir. Net enerji, klasik olarak hayvansal ürünlerde biriktirilen enerjinin net miktarıdır. Tutulan enerji eğer hayvan yaşama payının altında beslenirse negatif olur. Yani hayvan ürün vermek için gereksinim duyduğu enerjinin bir kısmını deposundan karşılıyor demektir. Net enerji sistemi besin maddelerinin sindirim sistemi ve dokular düzeyinde

kullanım etkinliklerini de dikkate almaya çalışan bir sistemdir. Net enerjinin yemlerin değerlendirilmesinde kullanılması oldukça karmaşıktır. Zira yemlerde hayvanlar için mevcut bulunan ME'nin kullanım etkinliği, hayvanın fizyolojik durumuna (yaşama, büyüme, laktasyon, gebelik) ve rasyonun doğasına bağlı olarak değişkenlik gösterir.

Mevcut net enerji sisteminde bu problemler yemler için iki net enerji değeri saptanarak kısmen aşılmaya çalışılmıştır (NEyaşama payı, NEverim payı şeklinde). Ayrıca bu sistemde hayvanın besin madde gereksinimleri de NEyaşama payı, NEverim payı şeklinde bulunmuştur. Buradaki verim indisi (NEverim) canlı ağırlık kazancı, laktasyon, gebelik veya yapağı üretimini tanımlamaktadır.

Net Enerjinin Saptanması

Metabolik enerjiden, metabolizma olayları sırasında açığa çıkan ısı enerjisinin çıkarılması ile ortaya çıkan enerji olan, net enerjinin hesaplanmasında, ısı enerjisinin saptanmasında olduğu gibi solunum odaları kullanılarak **karbon-azot bilanço denemelerinden** yararlanılabilir. Ayrıca, doğrudan hayvan üstünde **karşılaştırmalı kesim tekniği** uygulanarak da, yemlerin organizmada biriktirdiği ürünlerin enerji değerlerinden hareketle, o yeme veya yemlere ait net enerji değerleri tahmin edilebilir.

Karbon-Azot Bilanço Denemeleri: Organizmada biriken enerji miktarı tüketilen metabolik enerjiden üretilen ısı enerjisi çıkarıldığında hesaplanabilir. Buna alternatif bir yöntemde daha önce ikinci bir yol olarak tanımlanan organizmadaki birikimden yararlanılmaktadır. Bu şekilde daha kestirmeden enerji birikimi saptanabilmektedir.

Büyümekte olan hayvanlarda enerjinin ana depolanma formları yağ ve proteindir. Karbonhidrat birikimi çok sınırlıdır ve nispeten sabittir. Organizmada biriken protein ve yağ miktarı karbon-azot bilanço denemesiyle tahmin edilebilir. Bunun için vücuda alınan azot ve karbon ile vücuttan uzaklaştırılan miktarlar saptanır ve aradaki fark organizmada biriktirilen olarak dikkate alınır. Bunlar belirlendikten sonra bunların miktarları ile enerji değerleri çarpılmak suretiyle biriken enerji miktarı saptanabilir.

Organizmaya alınan azot idrar ve gübre ile boşaltılırken, karbon bunlara ek olarak metan ve CO₂ olarak da vücudu terk etmektedir. Bu nedenle denge denemeleri solunum odalarında yapılmalıdır. Organizmada biriktirilen protein miktarı 6.25 kat sayısı ile çarpılarak saptanır. Organizmadaki 1 kg protein birikimi 160 g azot birikimi ve 512 g karbon birikimini ifade etmektedir. Bu kabullerle proteinde biriken karbon miktarı da hesaplanabilmektedir. Karbon birikiminin geri kalanı yağ birikimi olarak dikkate alınır ve kg yağ doku 746 g karbon içermektedir. Koyun ve sığır karkasında biriken yağ için 39.3 MJ/kg ve protein için 23.6 MJ/kg değerleri önerilmektedir. Karbon-azot dengesi tekniğinin avantajı oksijen tüketimi veya solunum katsayısının belirlenmesine gerek kalmaması ve enerji birikiminin yağ ve protein birikimi şeklinde alt gruba ayrılabilmesidir.

Karşılaştırmalı Kesim Tekniği: Kalorimetrik yöntemlerde ve gaz değişiminden yararlanılan solunum odalarında çok az sayıda hayvanla çalışılmakta ve bir kısım hassas cihazlar gerektirmektedir. Bu nedenle enerji birikiminin ölçülmesinde farklı yöntemler kullanılmaya çalışılmaktadır. Bunlardan birisi yemleme denemeleridir. Burada alınan metabolik enerji tatmin edici düzeyde ölçülebilir. Enerji birikimi ise canlı ağırlık kazancından faydalanılarak saptanmaya çalışılır. Bununla birlikte canlı ağırlık kazancının ve hayvandaki canlı ağırlık kazanç formlarının belirlenmesinde bir kısım zorluklar vardır. Bunların içinde sindirim sistemi doluluğu, idrar, safra gibi depo organlarının boyutları vardır. Ayrıca farklı dokuların kemik kas ve yağ içerikleri de önemli düzeyde değişmektedir. Ancak süt üretimi ve yumurta üretiminde ürünle uzaklaştırılan enerji kolayca saptanabilir.

Yemleme denemeleriyle enerji tutulumunun saptanmasında kullanılan en önemli teknik **karşılaştırmalı kesim tekniği**'dir. Bu teknikte denemeye alınan hayvanlardan bir grubu deneme başlangıcında kesilir ve bombalı kalorimetreye tüm karkastan, kıyma yapılmış karkastan veya karkas kas kemik ve yağ dokuları ayrıldıktan sonra alınan örneklerde enerji tayini yapılır. Aynı işlem belli bir süre yemlenen hayvanlarda deneme sonunda tekrarlanarak vücuttaki enerji birikimi saptanır. Buna ilişkin bir örnek çizelge 3.2'de sunulmuştur.

Çizelge 3.2. Tavuklarda karşılaştırmalı kesim tekniği ile enerji birikimi ve ısı üretiminin saptanması.

Özellikler	Deneme başı	Deneme sonu	Farklılık
Canlı ağırlık, g	2755	2823	68
Brüt enerji, kJ	27429	28170	679
Metabolik enerji tüketimi, kJ		2255	
Isı üretimi, kJ (2255-679)		1576	
Solunum odasında ısı üretimi, kJ		1548	

Karşılaştırmalı kesim tekniği ile enerji tutulumu ve ısı üretiminin saptanması özellikli aletlere gereksinim göstermez. Ancak büyük hayvanlar ile çalışılırken, zahmetli, fazla iş gücü isteyen, maliyetli bir tekniktir. Kısmi karkas parçalama teknikleri kullanılması iş gücü ve maliyet gereksinimlerini azaltabilir. Ancak sonuçların güvenilirliği açısından kullanılan yaklaşımların vücudun genel kompozisyonu ile ilgili ilişkisinin yüksek olması gerekir. Hayvan canlı iken vücudundaki doku miktarlarının tayin edilmesine izin veren teknikler kullanılabilirse, bu teknik oldukça basit bir teknik olarak algılanabilir. Vücuttaki su miktarı, K miktarı ve karkas yoğunluğunun belirlenmesiyle karkas kompozisyonu canlı hayvan üzerinde tespit edilmeye çalışılmaktadır. Bu amaçlarla ultrasonografi, x-ray ve bir kısım görüntü işleme teknikleri denenmektedir. Ancak bütün bunların güvenilirlikleri konusunda elde kesin sonuçlar mevcut değildir.

Enerji Birimlerinde Dönüşüm

Yemlerin enerji içerikleri ve ruminant hayvanların enerji gereksinimleri için verilen NE, SE, ME birbirlerine dönüştürülebilir.

$$ME=0.82 SE$$

$$NE_{yp} = 1.37ME - 0.138ME^2 + 0.0105ME^3 - 1.12 \text{ (Garrett, 1980a).}$$

$$NE_{vp} = 1.42ME - 0.174 ME^2 + 0.0122ME^3 - 1.65 \text{ (Garrett, 1980a).}$$

Ayrıca NE_{yp} ve NE_v gereksinimleri ME enerji cinsinden ME'nin kullanım etkinlikleri göz önüne alınarak hesaplanabilir.

$$kyp=NE_{yp}/ME, kcak=NE_{cak}/ME, klak=NE_{lak}/ME$$

kyp : metabolik enerjinin yaşama payı için kullanım etkinliği,

$kcak$: metabolik enerjinin canlı ağırlık kazancı için kullanım etkinliği,

$klak$: metabolik enerjinin laktasyon için kullanım etkinliğidir.

Bununla birlikte kyp ve $kcak$ içinde ayrıca geliştirilmiş eşitlikler mevcuttur. Bu eşitliklerde rasyonun metabolik enerji konsantrasyonu ve metabolize edilebilirlik de bir faktör olarak alınabilmektedir.

$$kyp=0.55 + 0.016 ME, ME \text{ rasyonun metabolik enerji düzeyi (MJ/kg)}$$

$kcak=0.0435 ME$ şeklinde rasyon metabolik enerji içeriğine bağlı olarak ifade edilirken, metabolize edilebilirliğe (q) bağlı olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$kyp=0.30q + 0.546, kcak=0.78q + 0.06 \text{ ve } klak=0.28q + 0.466. (q=ME/BE \text{ dir.})$$

İngilizlerin ARC (1984) sistemi ruminantların tükettikleri yemler için ortalama bir değer olarak kuru madde bazında brüt enerji (BE) miktarını 18.4 MJ veya 4.4 Mcal olarak kabul etmektedir. Süt sığırlarında ME enerjinin yaşama payı, canlı ağırlık kazancı, fötüs gelişimi ve süt verimi için kullanım etkinlikleri benzerdir. Bu nedenle süt sığırları için enerji gereksinimleri NE_{lak} şeklinde tek bir değerlendirme ölçüsüne sahip olmaktadır.

Metabolik enerjinin kullanım etkinliği metabolizma ve sindirim sırasında ortaya çıkan ısı enerjisiyle ilgilidir. Bu yemlerin "ısı artırım (heat increment) değeri" olarak tanımlanır. Yemlerin ısı artırım değerleri farklıdır. Bir başka deyişle yemlerin metabolik enerjilerinin kullanım etkinlikleri farklılık gösterir. Hayvanlar vücutlarında sürekli ısı üretirler ve bu ısıyı çevrelerine yayarlar veya soğuk iklimlerde vücut sıcaklığını korumak amacıyla kullanırlar. Hayvanlar yaşama payı düzeyinde beslendiklerinde bazal metabolizma için gerekenden daha fazla ısı üretirler. Bu ısı artırımını olarak nitelenir. Hayvan soğuk bir çevrede olmadığı sürece bu ısının bir değeri yoktur.

Isı artırımının ana nedeni emilen ve metabolize edilen besin maddelerinin etkin kullanılmamasıdır. Örneğin ATP üretmek için glukoz yıkıldığında serbestleşen enerjinin ancak %69'u kullanılmakta, %31'i ısı enerjisi olarak kaybedilmektedir. Vücut dokularının sentezinde de benzer etkin kullanamama söz konusu olmaktadır.

Isı artırımının diğer bir kaynağı da sindirim olaylarıdır. Sindirim sırasında yemlerin çiğnenmesi, sindirim sistemi hareketleri, konsantrasyon farkına rağmen besin maddelerinin emilimi önemli miktarlarda enerji gerektirir ve vücudun önemli miktarda ısı yüklenmesine neden olur. Ayrıca ruminantlarda sindirim sistemindeki mikrobiyal aktivite de önemli derecede ısı üretimine neden olur. Mikrobiyal aktivite sonucu üretilen ısının toplam enerjinin %5-10 düzeyinde olduğu bildirilmektedir. Son yapılan çalışmalarda organlar düzeyinde ısı üretimi saptanabilmektedir. Bu çalışmalarda ruminantlardaki ısı üretiminin yaklaşık %30-40'ının sindirim sistemi aktivitesinden kaynaklandığı bildirilmektedir.

Ruminantların besin madde gereksinmelerinin ve yemlerinin enerji değerlerinin belirlenmesinde ilk olarak kullanılan birim nişasta değeridir. Nişasta değeri Almanya'da Kellner tarafından geliştirilmiştir. Kellner'in net enerji sistemine dayanan bu yaklaşımı son yıllara kadar Avrupa ülkeleri ve ülkemizde kullanılmıştır. Bu sistemde yemlerin net enerji içerikleri 1 kg saf susuz nişastaya göre ortaya konmaktadır. Yemlerin kendi orijinal net enerji içerikleri kullanılmamaktadır. Yemlerin net enerji içerikleri 1 kg saf susuz nişastanın gelişmesini tamamlamış öküzlere 2.36 Mcal NE ye eşdeğer yağ birikimi sağladığı bulgusundan hareketle göreceli olarak saptanmıştır. Örneğin arpa 1.91 Mcal NE/kg içeriyor ise bunun nişasta değeri 1.91/2.36 oranından 0.81 kg nişasta/kg arpa veya 81 kg nişasta/100 kg arpa olarak değerlendirilmektedir. Bir yemin nişasta eşdeğeri kg/100 kg olarak ifade edilirse nişasta değeri (ND) olarak, g/kg olarak ifade edilirse nişasta birimi (NB) olarak değerlendirilmektedir. Yani örneğimizde arpanın nişasta değeri 81 iken, nişasta birimi değeri 810 dur. Yemlerin nişasta birimi olarak değerleri 2.36 ile çarpılarak net enerjiye dönüştürülebilir. Kellner'in net enerji sisteminde yemlerin selüloz içeriklerine, enerjinin kullanım amacına (yaşama payı, canlı ağırlık kazancı, süt verimi gibi) göre de bir kısım düzeltme faktörleri geliştirilmiştir.

Enerji değerlendirme sistemleri arasında aşağıdaki çevirimler kullanılabilir.

ME=0.82 SE

1 ND (1 kg nişasta değeri)=5.082 Mcal SE=2.356 Mcal NE

1 kg SOM=1.05 kg TDN

1 ND=1.15 kg TDN=1.10 kg SOM

1 kg SOM=4.62 Mcal SE
 1 kg TDN=4.409 Mcal SE=3.615 Mcal ME (ME=0.82 SE)
 1 ND=1.15 kg TDN=1.15*3.615 Mcal ME= 4.16 Mcal ME
 veya 1ND=5082 kcal SE x 0.82 = 4160 kcal ME=2360 kcal NE

3.1.5. Yemlerin Protein İçeriklerine Göre Değerlendirilmesi

Yemlerin protein içeriklerine göre değerlendirilmesi, hayvanın sindirim sistemine göre farklılık gösterir. Tek mideli hayvanlarda yemlerin protein içeriklerine göre değerlendirilmesinde proteini oluşturan amino asitlerin miktarı, yani biyolojik değeri veya kalitesi önem taşırken, geniş getiren hayvanlarda yemlerin protein içeriklerine göre değerlendirilmesinde proteinin rumende yıkıma direnci önem taşımaktadır.

3.1.5.1. Yemlerin Proteinin Biyolojik Değerine Göre Değerlendirilmesi

Yemlerin içerdikleri proteinlerin biyolojik değerine, yani proteinin organizmada ürüne çevrilebilme gücüne göre değerlendirilmesi ilk sırada protein içerisindeki değişik amino asitlerin türüne ve miktarına bağlıdır. Hayvanlar genel olarak gereksinim duydukları amino asitlerin bir kısmını kendi vücutlarında sentezleyebildikleri halde bazılarını mutlaka dışarıdan yemlerle birlikte almak zorundadırlar. Dışarıdan yemlerle alınması zorunlu olan bu amino asitlere esansiyel amino asit adı verilmektedir. Ancak, ruminant hayvanların iştahlarındaki mikroorganizmalar bu amino asitleri azotlu maddelerden itibaren sentezleyebilmektedirler. Bu nedenle daha çok tek mideli çiftlik hayvanları için amino asitler esansiyel özellik ifade eder. Tek mideli çiftlik hayvanları için esansiyel olan amino asitler Çizelge 3.3'de sunulmuştur. Esansiyel amino asit içeriği ayrıca proteinin biyolojik kalitesinin de bir ölçüsüdür. Esansiyel amino asitlerce zengin ve dengeli protein, biyolojik olarak kaliteli protein olarak adlandırılır.

Çizelge 3.3. Tek mideli çiftlik hayvanları için esansiyel olan ve olmayan amino asitler.

Esansiyel Amino asitler	Esansiyel Olmayan Amino asitler
Arjinin	Alanin
Histidin	Aspartik asit
İsolösin	Citruline
Lösin	Sistin
Lizin	Glutamik asit*
Metionin	Glisin*
Fenilalanin	Hidroksiprolin
Treonin	Prolin*
Triptofan	Serin
Valin	Trozin

* kanatlı hayvanların optimum gelişimi için esansiyel amino asitlere ek olarak gereklidir.

Ancak pratik koşullarda amino asit içeriklerine dayalı olarak yemleri değerlendirmek, pratikte bazı zorluklar doğurur. Bir defa yemdeki bu amino asitlerin miktarları çok büyük değişiklik gösterir. Bu bakımdan hemen hemen yem sayısı kadar değişik değerler ortaya çıkabilir. Diğer yandan amino asitlerin toplam miktarları hayvanlar için tek başına bir değer ifade etmez. Önemli olan bunlardan esansiyel olanların belli miktarlarda bir arada bulunabilmeleridir. Başka bir güçlük de amino asitlerin hayvan vücudunda işlenmeleri esnasında ortaya çıkar. Bu durumda bazı amino asitlerin şekil değiştirmeleri veya parçalanmaları ortamda aniden bir yetersizliğin oluşmasına yol açar, bu da başlangıçtaki değerlere göre yapılan tahminleri yanıltır. Dikkate alınması gereken

bir diğer nokta da değişik ürünler için değişik amino asitlere gereksinim duyulmasıdır. Vücut gelişimi için başka, süt için başka, yumurta için başka amino asit yapısına gereksinim vardır.

Öte yandan, özellikle vücut gelişmesinde, yem proteinin organizmadaki etkisi ile ağırlık artışı arasında çok sıkı ve paralel bir ilişki bulunduğundan, proteinin biyolojik değerine bağlı olarak yemleri kabaca sınıflandırmak yaygın bir uygulamadır. Bu amaçla üzerinde durulan yemin proteinin biyolojik kalitesi bazı biyolojik veya kimyasal yöntemlerle saptanır, esansiyel amino asit profili hakkında göreceli olarak veya mutlak değer olarak bilgi sahibi olunur. Proteinlerin biyolojik değerlerinin saptanması ile ilgili olarak kullanılan yöntemler aşağıda sunulmuştur.

3.1.5.1.1. Biyolojik Yöntemler

Yem proteininin biyolojik değerinin belirlenmesinde kullanılan biyolojik yöntemler aşağıda verilmiştir.

Biyolojik Değer

Yemdeki proteinlerin biyolojik yararlılıkları hayvandan beklenen performansın elde edilmesi için büyük önem taşır. Organizmadaki protein metabolizması sürekli. Sürekli protein sentezi ve ölü hücrelerin yıkımı söz konusudur. Yemlerde bulunan proteinlerin sindirimi, protein kaynaklarına ve hayvan türüne göre önemli bir değişim gösterir. Ancak hayvan beslemede kullanılan yemlerin proteinlerinin sindirilebilirlikleri %75-80 arasında değişmektedir. Yemlere uygulanan sıcaklık, farklı kimyasallar (formaldehit) ve yemlerin içerdiği bir kısım maddeler (tanen gibi) protein yıkılabilirliğini etkilemektedir.

Emilen amino asitlerin etkin bir şekilde kullanılması ise esas olarak emilen esansiyel ve esansiyel olmayan amino asitlerin kompozisyonuna ve kullanılma yönüne bağlıdır. Daha öncede ifade edildiği gibi yemlerin proteinlerinin değerlendirilmesinde yemin protein düzeyi, sindirilebilirliği kullanılabilir. Yine yemlerin içerdiği esansiyel amino asit miktarı da değerlendirmede bir kriter olabilir. Ancak bütün hayvan türlerinde esas olan üretim fonksiyonları için proteinlerden etkin bir şekilde yararlanılabilmesidir.

$$\text{Biyolojik Değer} = \frac{\text{Tüketilen N} - (\text{DışkıN} + \text{İdrar N})}{\text{TüketilenN} - \text{DışkıN}} * 100$$

Proteinin biyolojik değeri sindirim sisteminden sindirilen ve emilerek üretici vücut fonksiyonları için vücutta tutulan azot (protein) miktarını ifade eder. Öte yandan, dışkı azotunun tamamı yem orijinli değildir bir kısmı metabolik dışkı azotudur. İdrar azotunun da bir kısmı endojen orijinlidir. Biyolojik değer hesaplanmasında dışkı ve idrardaki endojen azotun (sindirim salgıları vb. gelen) da dikkate alınması mümkündür. Yumurta proteinin BD %100; et proteinlerinin %72-79; tahıl proteinlerinin %50-65 ve jelatinin %12-16 arasındadır. Hayvansal kaynaklı proteinler bitkisel kaynaklı proteinlere oranla daha yüksek biyolojik değere sahiptirler. Ancak jelatin esansiyel amino asitlerce fakir olduğundan istisna teşkil eder. Endojen kaynaklı azotun da dikkate alındığı Biyolojik Değer formülü aşağıda verilmiştir.

$$\text{Biyolojik Değer} = \frac{\text{Tüketilen N} - (\text{DışkıN} - \text{MetabolikDışkı N}) - (\text{İdrar N} - \text{Endojen İdr.N})}{\text{TüketilenN} - (\text{DışkıN} - \text{Metabolik DışkıN})} * 100$$

Protein kaynaklarının yararlılığı onun biyolojik değeri ve sindirilebilirliği ile ilgilidir. Bu iki değerle elde edilen yeni değer tutulan azot miktarını belirler ve **Net Protein Kullanımı** (net protein utilization, NPU) olarak nitelenir. Yemin ham protein içeriği ve NPU ile elde edilen değer ise **Net Protein Değeri** (net protein value, NPV) olarak nitelenmektedir.

$$\text{NPU}(\%) = \text{BD}(\%) * \text{SD}(\%) / 100 \quad (\text{SD, sindirim derecesi})$$

$$\text{NPV}(\%) = \text{HP}(\%) * \text{NPU}(\%) / 100 \quad (\text{HP, yemin ham protein içeriği})$$

Protein Etkinlik Oranı (Protein Efficiency Ratio, PER)

Protein etkinlik oranı rasyondaki proteinin değerinin belirlenmesi için hayvanın büyümesini kullanır ve birim protein tüketimi için kazanılan canlı ağırlık olarak tanımlanır. Elde edilen PER değeri hayvanın yaşı, cinsiyeti, deneme süresi ve rasyon protein düzeyi ve enerji düzeyine bağlı olarak değişir. Gereksinmenin üzerinde proteinle yemleme durumunda iyi kaliteli proteinlerle de düşük PER değerleri elde edilmesi söz konusu olabilir. Zira kaliteli protein tüketiminin artması canlı ağırlık kazancının da aynı oranda artması anlamına gelmez. PER değerinin hesaplandığı eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\text{PER} = \frac{\text{Canlı ağırlık kazancı, g}}{\text{Tüketilen protein, g}}$$

Net Protein Tutulumu (Net Protein Retention, NPR)

PER değeri bazen standart bir test proteinine oranla ifade edilir. Bu değiştirilmiş PER metodunda standart test proteinini alan grup ile protein içermeyen yemi alan grup karşılaştırılır. Bu değerlendirmeye Net Protein Tutulumu (Net Protein Retention, NPR) denmektedir.

$$\text{NPR} = \frac{\text{Test proteini ile sağlanan canlı ağırlık} - \text{Proteinsiz yem ile kaybedilen canlı ağırlık}}{\text{Toplam Protein Tüketimi}}$$

Protein İkame Değeri (Protein Replacement Value, PRV)

Bu protein değerlendirme yönteminde yumurta, süt gibi yüksek kaliteli bir test proteini ile testi yapılacak protein kaynağı ile aynı koşullarda azot denge denemesine tabi tutulmaktadır. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki eşitlikle değerlendirilmektedir.

$$\text{PRV} = \frac{\text{A} - \text{B}}{\text{Azot Tüketimi}}$$

A: Standart proteinle sağlanan azot dengesi, mg N/bazal kJ,

B: test edilen proteinin azot dengesi, mg/bazal kJ

3.1.5.1.2. Kimyasal Yöntemler

Kimyasal yöntemlerle yem proteininin biyolojik değerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler aşağıda verilmiştir.

Kimyasal Değer (Chemical Score, CS)

Kimyasal değer takdirinde proteini değerlendirilecek yemin en düşük düzeyde içerdiği esansiyel amino asit içeriği test proteini olarak alınan yumurta ve süt proteininde aynı amino asidin düzeyi ile değerlendirilir. Bu metotla elde edilen sonuçlar fare ve insanlarda biyolojik değer ile uyumlu sonuçlar verirken, kanatlılarda uyumlu sonuçlar vermemektedir. Bu metotla elde edilen değerler daha çok proteinleri sınıflandırma için uygundur. Metot sadece en yetersiz olan esansiyel amino asidi dikkate alırken, diğer amino asitlerin durumunu dikkate almamaktadır. Bu yönü en önemli dezavantajdır.

$$CS(\%) = \frac{\text{Yemin esansiyel AA içeriği}(\%)}{\text{Yumurta veya süt esansiyel AA içeriği}(\%)}$$

Örneğin buğdayın lizin içeriği %2.7 ve yumurtanın %7.2 dir. Buna göre; buğday proteininin kimyasal değeri; $2.7/7.2 = \%37.5$ tir.

Esansiyel Amino Asit İndeksi (EAAİ)

Kimyasal değerde sadece en yetersiz esansiyel amino asidin dikkate alınmasıyla ortaya çıkan olumsuzluk esansiyel amino asit indeksi ile önlenmeye çalışılmıştır. Burada değeri belirlenecek yemin bütün esansiyel amino asitleri ile yumurta veya sütün esansiyel amino asitleri karşılaştırılmaktadır. Elde edilen bu indeks karışım halinde verilen proteinlerin değerinin de takdirine izin vermektedir. Ancak bu bir indeks değeri olduğu için farklı amino asitler bakımından farklı içeriğe sahip olan protein kaynakları için benzer indeks değerler saptanabilir. Bu yönü indeksin dezavantajıdır.

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{axbxc\dots j}{a_yxbyxc_y\dots j_y}}$$

n, değerlendirmeye giren esansiyel amino asit sayısı,
a, b, c...j: esansiyel amino asitlerin düzeyi (%)

Hem kimyasal değer, hem de EAAI brüt amino asit kompozisyonuna bağlı olarak saptanmaktadır. Protein değerlendirme sistemlerinde en sağlıklı yaklaşım, hayvanın kullanımına hazır amino asitlerin belirlenmesidir. Bunun için yemlerdeki aminoasitlerin bireysel olarak *in vivo* sindirilebilirliklerinin belirlenmesi gerekir.

3.1.5.2. Yemlerin Proteinin Rumende Yıkılabilirliğine Göre Değerlendirilmesi

Ruminantlar için yemin protein düzeyi son zamanlara kadar ham protein ve sindirilebilir protein olarak ifade edilmiştir. Yemin içinde bulunan protein tabiatlı veya protein tabiatında olmayan azot (NPN), ruminantlar tarafından kullanılabilir. Bu nedenle NPN maddeler için **protein eşdeğerinden** bahsedilebilir. Bu esasen, ham protein olarak da nitelenmektedir. Yemlerin protein içerikleri yemde mevcut bulunan azot

miktarının 6.25 (100/16) ile çarpılmasıyla **ham protein** olarak saptanmaktadır. **Gerçek proteinin** saptanması için ham proteinden NPN maddelerin miktarının çıkarılması gerekir. NPN maddeler gerçek proteinler çöktürüldükten ve NP (non-protein) maddeler süzülükten sonra kalıntı **gerçek protein** olarak Kjeldal prosedürü ile tayin edilir. Ancak ruminantlarda NPN maddeler de rumendeki mikrobiyel populasyon sayesinde protein sentezinde kullanılabilir. Bu durum ortaya konduktan sonra sindirilebilir proteinin yemlerin protein içeriklerinin ve hayvanların protein gereksinmesinin belirlenmesinde yetersiz kaldığı üzerinde durulmaya başlanmıştır. Buradaki esas problem dışkıdaki sindirilemeyen azotun büyük bir kısmının mikrobiyel orijinli olması ve çok azının yemin gerçek proteininden kaynaklanmasıdır. Ayrıca emilmiş görünen azotun amino asit azotu şeklinde mi, yoksa rumen duvarından amonyak azotu şeklinde mi emildiği de net olmamaktadır. Bu ise ölçülen sindirilebilirliğin yemin gerçek sindirilebilirliği ile çok az ilgili olduğu anlamına gelmektedir. Kalın ve kör bağırsaklardaki mikrobiyel aktivite ile üretilen ve mikrobiyel orijinli dışkı proteini de sindirilebilirlik yönünden diğer bir hata kaynağıdır. Zira sindirim sisteminin bu kısımlarında protein sindirimi ve emilimi söz konusu değildir ve pratik olarak bunun tavşan gibi kaprofüjik hayvanlar dışında fazlaca bir anlamı yoktur. Diğer taraftan ruminantlarda tükürük ile rumene gelen ve dolaşım siteminden rumen duvarları vasıtasıyla rumene diffüze olan azotun kullanılıyor olması da diğer bir handikaptır. Burada tartışılan konular; sindirilebilir proteinin yetersizliği metabolik protein, rumende yıkılabilir ve yıkıma dirençli protein kavramlarının ele alındığı yeni bir protein değerlendirme sistemini tartışmaya açmıştır.

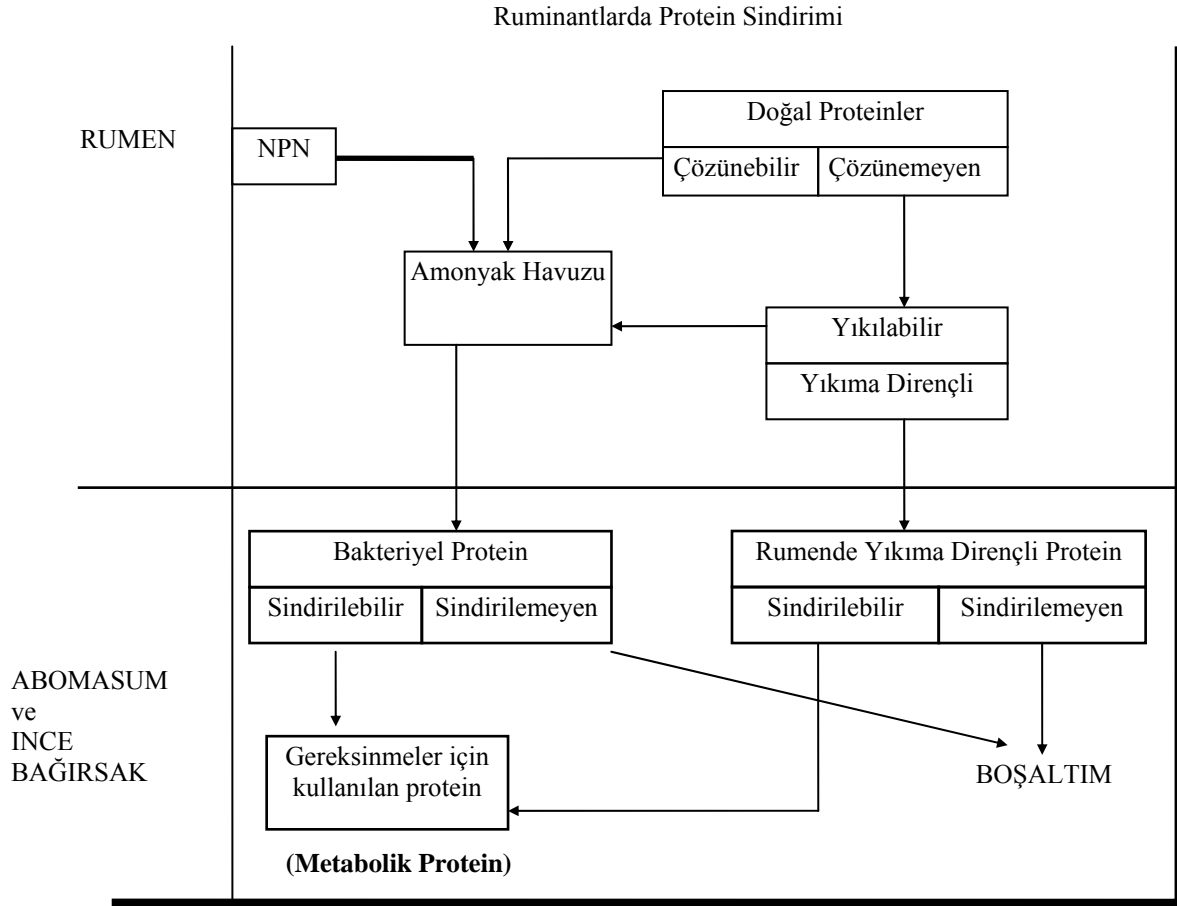
Protein sindirilebilirliği bazen yemlerin asit-pepsin çözeltisinde 37°C'da 48 saat inkübe ederek belirlenebilmektedir. İnkübasyon sonrası çözünemeyen protein fraksiyonu Kjeldal prosedürü ile belirlenmektedir. Burada elde edilen sindirilebilirliğin sınırlı bir değeri vardır. Çünkü sindirim sistemindeki birden fazla proteolitik enzim yerine bu metotta sadece pepsin kullanılmaktadır, ayrıca burada elde edilen sindirilebilirlik öğütme inceliğine, enzim konsantrasyonuna, yemlerin kurutulma koşullarına göre değişkenlik göstermektedir.

Rumende Yıkılabilir Protein ve Rumende Yıkıma Dirençli Protein

Ham protein ve sindirilebilir ham protein kavramlarındaki yetersizlikleri en aza indirmek için ARC (1984) ve NRC (1985) yeni bir sistem önermiştir. Bu sistemde mikroorganizmalar ve onların beslenmesi hayvandan ayrı olarak değerlendirilmektedir. Bu sistemde NPN maddeleri de değerlendirme içine katılabilmektedir. Rumen mikroorganizmaları yemde mevcut bulunan karbonhidratları asetik asit, propionik asit ve butirik aside fermente ederek hayvanın enerji ihtiyacının önemli bir kısmının bu yolla karşılanmasını sağlamaktadırlar. Yemin enerjisinin (karbonhidratlarının) uçucu yağ asitlerine etkin bir şekilde dönüştürülebilmesi, mikroorganizmaların çok hızlı bir şekilde gelişmeleri ve mikrobiyel protein üretmeleri ile mümkün olmaktadır. Mikrobiyel gelişim için gerekli olan azot amino asit ve amonyak formunda yemdeki protein ve NPN maddelerin yıkımından sağlanmaktadır. Bu nedenle mikrobiyel büyüme için kullanılabilecek azotun rasyondaki mevcudiyeti büyük önem taşımakta ve yemin azotunun bir kısmının rumende kolayca yıkılması ve mikroorganizmaların kolayca kullanabileceği amonyak formuna dönüşmesi gerekir. Bu noktada yemde mevcut proteinler için **rumende yıkılabilir protein (RYP)** ve **rumende yıkıma dirençli protein (RYDP)** kavramları ortaya çıkmaktadır. Ayrıca rumene tükürük ve kandan da bir miktar azot girmekte ve mikroorganizmalar bunları da kullanabilmektedir.

Rumen mikroorganizmaları sadece RYP kullanabilirler. Halbuki hayvanlar yem proteinlerinden sentezlenen mikrobiyel protein (MBP) ve RYDP kullanabilirler. Yani sindirim sisteminin aşağı kısımlarında rumende gelişen mikroorganizmalar ve protozoalar

rumende yıkılmayan proteinlerle birlikte sindirilir ve amino asitleri emilerek hayvanın amino asit ihtiyaçları karşılanır. Bu nedenle yemlerin ham protein içeriklerinin ne kadarının RYP ve RYDP olduklarının bilinmesi gerekir. Mikroorganizmalar esansiyel amino asitleri sentezlemektedirler. Bu nedenle ruminantlarda rasyonla sağlanan amino asit karışımı ile kan dolaşımına geçen amino asit karışımı arasında bir benzerlik kurmak mümkün değildir. Bu durumda tek midelilerde tartışılan protein kalitesi sorunu, normal koşullarda ruminantlar için önemini yitirmektedir. Bakteri ve protozoa proteininin biyolojik değeri %80 olarak kabul edilmektedir. Ancak bakteriyel proteinlerin sindirilebilirliği %74 iken protozoa proteininin sindirilebilirliği %91'dir.



Ruminantlarda protein kalitesi rumen koşullarına göre değişebilir. Örneğin düşük pH'larda protozoa sayısı sifira kadar düşebilmektedir. Bu durumda protein kullanım etkinliği bakteriyel proteinin protozoal proteine oranla sindiriminin düşük olması nedeniyle kötüleşebilir. Düşük kaliteli proteinler mikrobiyel aktivite sayesinde kaliteli proteine dönüştürülebilir: Bu durum hayvana ve yemleme ekonomisine önemli bir avantaj sağlayabilir. Ancak yemlemede kaliteli ve rumende yıkılabilirliği yüksek proteinler kullanılması durumunda; kaliteli proteinlerin kaybı söz konusu olabilir. Bu ise dikkat edilmesi gereken önemli bir husustur. Rumende oluşan amonyak eğer mikroorganizmaların kullanabileceğinden fazla olursa rumen duvarlarından emilerek karaciğer taşınır ve orada üreye dönüştürülerek idrar yoluyla boşaltılır.

Azotun rumende etkin kullanımı, azot kaynağının buradaki yıkım etkinliği yanında rasyonda kolayca yıkılabilir karbonhidrat formundaki enerjinin senkronize bir şekilde mikroorganizmalara temin edilmesine de bağlıdır. Proteinlerin rumendeki yıkım hızları ve

yıkılabilirlikleri proteinlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine, diğer rasyon unsurlarının koruyuculuk özelliklerine ve gördükleri muamelelere göre değişir. Genellikle proteinlerin çözünürlüğü ile rumende yıkılabilirliği arasında önemli pozitif ilişkiler olduğu ifade edilmektedir. Ancak bir kısım örneğin kazein rumende kolayca yıkılabilirken, çözünemez bir protein değildir. Albümin ise rumende yıkıma dayanıklı iken, çözünemez bir proteindir. Bu nedenle proteinlerin yıkılabilirliğinin daha çok amino asit dizilişlerinden etkilendiği ifade edilmektedir.

Rumendeki mikrobiyel protein üretimi, mikrobiyel gelişimle ilgili olduğu için aynı zamanda mikrobiyel protein sentezi için fermente edilebilir organik maddeye veya enerjiye de ihtiyaç vardır. Bakteriyel protein sentezi için gereksinim duyulan ham protein miktarı hayvanın enerji alımına bağlıdır. Bu miktar;

NRC (1996) tarafından 13 g/100 g TDN (veya 36-37 g/Mcal ME) olarak tanımlanmıştır.

ARC (1984) tarafından 7.8 g HP/MJ ME (veya 32.65 g HP/Mcal FME),

AFRC (1993) ise besleme düzeyine bağlı olarak 9-11 g HP/MJ FME tanımlamıştır.

FME, fermente edilebilir metabolik enerjidir ve değişik yemler için aşağıdaki şekilde hesaplanır.

FME (MJ/kg KM) : ME-MEyağ – ME_{ferm}

Fermente edilebilir metabolik enerjinin dikkate alınması, mikroorganizmaların fermente edilemeyen maddelerin enerjisini kullanamamasından kaynaklanır. Bu amaçla toplam metabolik enerjiden çıkarılması gereken enerjiler rasyondaki yağın ve fermentasyon ürünlerinin enerjisidir.

AFRC (1993) yağ için ME düzeyini 35 MJ/kg olarak değerlendirmektedir. Silajdaki fermentasyon ürünü asitlerin toplam miktarı tam bilinmediğinden silaj için %10'luk ve alkol sanayi artıklarında ise %5'lik bir ME kaybı dikkate alınması gerektiğini ifade etmektedir. Buna göre ilgili eşitlikler aşağıda verilmiştir.

Silaj için, FME (MJ/kg KM) : 0.90ME – MEyağ
:0.90ME – 35xHY(kg)

Alkol sanayi artıkları için, FME (MJ/kg KM) : 0.95ME – MEyağ
: 0.95ME – 35xHY(kg)

Enerji ile ilgili yaklaşımlar yemin azotunun etkin kullanılması ile ilgilidir. Eğer rasyon yeterli fermente edilebilir organik madde, diğer bir ifadeyle enerji sağlamıyor ise, rumende yıkılabilirliği yüksek olan proteinlerin azotunun kullanımı kötüleşir. Ancak unutulmaması gereken diğer bir husus da yemin enerjisinin etkin kullanımı için de rasyonda yukarıda verilen oranlarda rumende yıkılabilir proteinin sağlanmasıdır.

INRA (1988) yukarıda vurgulanan nedenlerden dolayı ruminantlarda protein gereksinmesinin tanımlanmasında iki farklı yaklaşım ortaya koymuştur. INRA'nın sistemi PDI sistemi olarak bilinir ve ince bağırsaklarda sindirilen gerçek protein miktarını ifade eder. Yani metabolik proteinin diğer bir ifade şeklidir. Ancak PDI sisteminde metabolik proteini etkileyen en önemli faktör olan mikrobiyel protein sentezini etkileyen enerji mevcudiyeti ve rumende yıkılabilir azot mevcudiyeti göz önüne alınarak, yemler için iki ayrı protein değeri tayin edilmiştir. Bunlardan birisi rumendeki fermente edilebilir organik madde mevcudiyeti ile ilgili olan PDIE'dir. Bu, rumende yıkılmayan ancak ince bağırsaklarda sindirilebilen protein ile rumende yıkılabilir azot ve diğer besin maddeleri

yetersizliği söz konusu olmadığı zaman rumende mevcut enerji ile sentezlenebilen mikrobiyel proteini içermektedir. Diğeri ise PDIN'dir ve yine rumende yıkılmayan ancak bağırsaklarda sindirilebilen yem proteini ile enerji ve diğer besin maddeleri sınırlı olmadığı zaman rumende sentezlenen mikrobiyel proteini içermektedir.

Bilindiği gibi sindirilen ve emilen proteinler hayvanın dokular düzeyinde yaşama ve verim payı için gereksinim duyduğu amino asitlerin karşılanması için önem taşımaktadır. Yemin azotundan yararlanma bakımından emilen proteinden yaşama payı, canlı ağırlık kazancı, gebelik ve süt verimi için kullanım etkinlikleri de büyük önem taşımaktadır. Proteinin bu aktiviteler için kullanım etkinlikleri dikkate alındığında, dokular düzeyinde ihtiyaç duyulan **net protein** tanımlanmış olur. Hayvanların protein gereksinmelerinin tanımlanmasında bu etkinliklerde göz önünde bulundurulmaktadır.

Rumende yıkılabilir protein kavramı yemlerin rumendeki yıkılabilirliklerinin belirlenmesini zorunlu kılmaktadır. Daha önce de belirtildiği şekilde, diğer besin maddeleri için geçerli olduğu gibi, protein yıkılabilirliği de *in vivo* ve *in situ* tekniklerle belirlenebilmektedir.

in vivo, (klasik sindirim denemesi) teknikte duedonumdaki amonyak tabiatında olmayan azot, mikrobiyel azot ve toplam azot alımı vasıtasıyla azot yıkılabilirliği saptanmaktadır.

$$Yıkılabilirlik = 1 - \frac{\text{amonyak tabiatında olmayan duedonal azot} - \text{mikrobiyel azot}}{\text{yemle alınan azot}}$$

in vivo teknikte duedonal akışın (boşalma hızının) ve mikrobiyel azotun doğru bir şekilde ölçülmesi gerekir. Duedonal akışın belirlenebilmesi için bir kısım işaretleyiciler (marker) kullanılması gerekir. Duedonal akış hayvandan hayvana önemli düzeyde değişmektedir. Mikrobiyel azot ise, 35S, 32P, ve 15N ile işaretlenmiş amino asitler, diaminopimelik asit (DAPA), aminoetilfosporik asit (AEPA) gibi işaretleyiciler ile tanımlanabilmektedir. Mikroorganizmalardaki işaretleyici konsantrasyonu rumen sıvısı örneklerinde ölçülür. Burada rumen sıvısından izole edilen mikroorganizmaların duedonumdakileri temsil ettiği kabul edilir. Ancak bunun geçerliliği tartışmalıdır. Zira rumende yem partiküllerine ve rumen epiteline tutunmuş mikroorganizmalar da vardır.

Ayrıca duedonal azot içinde bir kısım endojen azot da bulunmaktadır. Bunun da dikkate alınması gerekir. Buradaki endojen azotun belirlenmesi oldukça güçtür ve genellikle bazı kabullerden hareket edilir.

$$Yıkılabilirlik = 1 - \frac{\text{amonyak tabiatında olmayan duedonal azot} - (\text{mikrobiyel azot} + \text{endojen azot})}{\text{yemle alınan azot}}$$

AFRC (1993) rumen mikroorganizmalarının gerçekte yakalayıp kullandıkları yıkılabilir protein düzeyini, *in situ* teknikte tanımlanan yıkılabilirlik parametrelerine bağlı olarak aşağıdaki şekilde tanımlamıştır. Bu değişkeni **rumende etkin yıkılabilir protein (REYP, effective rumen degradable protein)** olarak nitelemiştir. Dolayısıyla buradan saptanan protein mikrobiyel protein (MBP) sentezine eşit olmaktadır.

$$REYP \text{ (g/ kg KM)} = 0.8(KYP) + YYP$$

ARC (1980) rumende ortaya çıkan azotun %80 etkinlikle mikrobiyel proteine dönüştüğünü kabul etmektedir. AFRC (1993) de bu kabulü kullanmaktadır. Mikrobiyel protein sentezi daha önceleri de değinildiği gibi besleme düzeyine bağlıdır. Besleme düzeyi de toplam enerji alımının yaşama payı enerji gereksinmesinin kaç katı olduğunu

ifade eder ve 1, 1.5, 2, 2.5, 3.... gibi değerler alır. Besleme düzeyine (BD) bağlı olarak birim MJ FME için üretilen mikrobiyel protein miktarı (y) yaklaşık aşağıdaki şekilde tahmin edilebilir.

$$y \text{ (g MBP/MJ FEM)}=8.23+0.83 \text{ BD (AFRC, 1993'ten adapte edilmiştir).}$$

$$\text{MBP (g/gün)}=\text{FME (MJ ME/gün)} \times y \text{ (gMBP/MJ FME)}$$

Rumende etkin yıkılabilir protein miktarı ile fermente edilebilir metabolik enerji ile üretilmesi muhtemel mikrobiyel protein arasında bir dengenin olması gerekir. Mevcut protein değerlendirme sisteminde amaç bu dengenin oluşturulması olmalıdır.

$$\text{MBP (g/gün)}=\text{REYP (g/gün)}$$

Rasyonda REYP miktarı gereksinimin altında ise mikrobiyel protein sentezi ile REYP miktarı aynı olur. Rasyondaki REYP düzeyi yüksek ise mikrobiyel protein sentezi için FME birinci dereceden sınırlayıcı faktör olur. Fazla REYP kan amonyak ve üre düzeyinin artmasına ve azotun üre olarak kaybedilmesine neden olur.

By-Pass protein olarak da adlandırılan "rumende yıkıma dirençli protein (**RYDP**)" miktarı, ham protein miktarından rumende yıkılabilir kısmı çıkarılarak saptanır.

$$\text{RYDP (g/kg/KM)}=\text{HP} - \text{RYP}$$

Rumende yıkılabilir kısım detaylandırılır ise;

$\text{RYDP}=\text{(g/kg/KM)}=\text{HP} - (\text{KYP}+\text{YYP})$ şeklinde hesaplanabilir. Rumende yıkıma dirençli proteinlerin ince bağırsaktaki sindirilebilirliği %85 olarak kabul edilmektedir. Ancak, AFRC (1993) **rumende yıkıma dirençli sindirilebilir protein (RYDSP)** miktarının **asitte çözünmeyen azot miktarına** (acid detergent insoluble nitrogen, **ADIN**) bağlı olarak aşağıdaki şekilde saptanabileceğini ifade etmektedir.

$$\text{RYDSP (g/kg KM)}=0.9 \text{ (RYDP)}-6.25 \text{ (ADIN)}$$

Daha önceleri vurgulandığı gibi hayvanların sindirimden sonra kullanabildikleri azotun iki kaynağı vardır. Bunlardan birincisi **sindirilebilir mikrobiyel protein (SMBP)**, ikincisi ise rumende yıkıma dirençli sindirilebilir proteindir. Bunların toplamı metabolik proteini vermektedir.

Sindirilebilir mikrobiyel proteini; AFRC (1993), mikroorganizmaların gerçek protein içeriğinin %80 olduğu, bunun sindirilebilirliğinin de %75 olduğu kabulü ile aşağıdaki şekilde hesaplamaktadır.

$$\text{SBMP (g/gün)}=0.75 \times 0.85 \text{ MBP (g/gün)}=0.6375 \text{ MBP}$$

Aşağıda yaşama payının 2 katı düzeyinde beslenen yüksek verimli süt sığına verilen yemin, AFRC (1993)'e göre protein değerinin takdiri sunulmuştur.

Hayvan: süt sığına, $y(\text{gMBP/MJFME})=11$

Değerlendirmeye esas yemin özellikleri;

HP (g/kg KM) :	550
HY (g/kg) :	20
ME (MJ/kg KM):	12.5
a :	0.20
b :	0.65
c :	0.06
k :	0.05

ADIN (g/kg KM):	0.20	
YYP(g/kg) :	$bxc/(c+k)=0.650 \times 0.06 / (0.06 + 0.05)$	=354
REYP (g/kg KM):	$HP \times (0.8xa + YYP) = 550 \times (0.8 \times 0.2 + 0.354)$	=283
RYDP(g/kg) :	$HP - KYP - YYP = 550 - 550 \times 0.2 - 550 \times 0.354$	=245
FME (MJ/kg KM):	$12.5 - 35 \times 0.02$	=11.8
REYP/FME :	$283 / 11.8$	=23.98
	23.98 > y enerji sınırlayıcı	
SMBP (g)	: $0.6375 (11.8 \times 11)$	=82.7
RYDSP g/kg KM)	: $0.9 (RYDP) - 6.25(ADIN) = 0.9 \times 245 - 6.25 \times 0.2$	=219.3
Metabolik Protein (MP):	$SMBP + RYDSP = 82.7 + 219.4$	=302.0
REYP	=283 g/kg KM	
RYDSP	=219 g/kg KM	
MP	=302 g/kg KM	

3.1.6. Yemlerin Özel İçerik Maddelerine Göre Değerlendirilmesi

Yemlerin özel içerik maddelerinden, yem içerisinde çok az miktarlarda bulunmalarına rağmen etkileri büyük olan vitamin, hormon, antibiyotik, zararlı ve zehirli (anti-besinsel) maddeler kastedilmektedir.

Vitaminler: Yemlerde bulunan vitaminler gerek tür ve gerekse miktar bakımından çok değişkendirler. Bu nedenle yemlerin vitamin içerikleri bakımından belli rakamlar vermek güçtür. Aynı çeşit yem için dahi kesin rakamlar vermek mümkün değildir. Çünkü elde edildiği bölgeden, üretim tekniğine ve depolama koşullarına kadar bir çok faktör yemlerin vitamin içeriğini etkileyebilir. Eldeki bilgiler ölçüsünde bir değerlendirme yaparak vitamin içeriğine göre yem değerlendirilebilir; ancak pek sağlıklı sayılmaz.

Hormon ve Antibiyotikler: Bitkisel kökenli yemlerde de bulunan bu maddeler yemlerin işlenmesi sırasındaki işlemlerden pek etkilenmedikleri için yem değerlendirilmesinde çok sağlıklı bilgiler vermezler.

Zararlı ve Zehirli Maddeler: Bu isim altında toplanan maddeler daha çok alkaloidler; zehirli mantarlar, zehirli protein bileşikler, glikozitler, pamuk tohumundaki *gossypol*, keten tohumundaki *linamarin* ve bazı anti-vitaminik maddelerdir. Ayrıca yem maddelerinde üreyen mikotoksinler de yemin değerlendirilmesinde kullanılan önemli toksik maddelerdir. Aynı şekilde soya tanesindeki *üreaz* ve *anti-tripsik faktör* de yem değerini düşüren etkenlerdendir. Keten tohumundaki *linamarin* maddesinin, soya tanesindeki *üreaz* ve *anti-tripsik faktör* aktivitesinin ısı işlem uygulaması ile *gossypolun* ise metal iyon muamelesi ile zararsız düzeye indirilmesi mümkündür.

3.2. YEMLERİN DEĞERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Yemler, üretimden hayvanlara yedirildikleri ana kadar geçen süre içerisinde besleme değerleri ve diğer niteliklerini etkileyen çeşitli faktörlerin etkisi altındadırlar. Yemlerden beklenen düzeyde bir yararın sağlanabilmesi için her şeyden önce söz konusu yemin hayvan tarafından istekle tüketilmesi gerekir. Yemlerin tüketilmeleri ve bunu takiben hayvan vücudunda değerlendirilmeleri üzerine bir çok faktör etkili olur. Bu faktörlerin etki düzeyi insanların müdahalesi ile değiştirilebilir

3.2.1. Yemlerin Üretim Aşamasında Etkili Olan Faktörler

Yemlerin üretimi aşamasında, toprak, iklim, gübreleme, hasat zamanı ve diğer bazı faktörler yemlerin besleme değerini etkiler.

3.2.1.1. Toprak

Bitkisel kaynaklı yemler toprağa bağımlı olarak yetiştirildiği için, besin maddeleri içerikleri toprakta bulunan yararlanılabilir besin maddeleri durumuna bağlıdır. Bunun yanı sıra bitkinin yetiştiği yöredeki fiziksel etmenler ve özellikle bitkinin su ve havadan yararlanma durumu da yem değerini etkilemektedir. Aynı bitki değişik topraklarda farklı bileşim göstermekte bu da besleme değerini bir ölçüde etkileyebilmektedir. Nitekim bazı bölgelerde, topraktaki herhangi bir mineral madde eksikliği veya fazlalığı bitkiye ve dolayısıyla hayvana yansiyabilmektedir.

Topraktaki besin maddeleri eksikliği bitkinin besleme değerinin yanı sıra ürün miktarını da olumsuz yönde etkiler. Bileşim bakımından tane ve tohumlar, yeşil yemlere göre daha az bu tür etmenlerden etkilenirler. Örnek vermek gerekirse, fosforca yetersiz toprakta yetişen yeşil yem bitkilerinin fosfor içeriği düşük olacağından bu tür yemlerle beslenen hayvanlarda fosfor yetmezliği görülür. Fosforla gübreleme bitkinin fosfor içeriğinin yanı sıra ürün miktarını da artırır. Yine benzer olarak toprağın çinkoca fakir olması hem ürün miktarını hem de bitkinin çinko içeriğini olumsuz yönde etkiler. Ülkemizin Orta Anadolu ve Doğu Akdeniz bölgeleri topraklarında sıkça rastlanan çinko noksanlığı buna tipik bir örnektir. Çinko gübrelemesi bu bölgelerde üretimi yapılan bitkilerin, özellikle buğdayın, verimini önemli oranda artırmaktadır.

Toprağın doğal çayırlar üzerinde de belirgin etkisi vardır. Nitekim çayırın botanik bileşiminden toprak özelliklerinin belirlenebilmesi mümkündür. Asit reaksiyonlu topraklarda saz ve carex türü düşük değerli bitkiler hakimdir. Öte yandan, topraktaki mineral noksanlığına bağlı olarak çayır ve mer'alarda otlayan hayvanlarda mineral noksanlığı veya fazlalığı da oluşabilmektedir. Bazı bölgelerde yetişen bitkiler toprak yapısı nedeniyle selenyum bakımından zengin olduğundan hayvanlarda selenyum zehirlenmeleri, bazı bölge topraklarında flor zengin olduğundan çayır mer'alarda otlayan hayvanlarda florisis görülmektedir. Ülkemizde florisis vakaları için Doğu Beyazıt tipik bir örnektir. Ayrıca Ülkemizin Orta Anadolu ve Doğu Akdeniz bölgeleri topraklarında sıkça rastlanan çinko noksanlığı ve Karadeniz bölgemizde görülen iyot noksanlığı da çayır ve mer'aların bu minerallerce fakir kalmasına neden olmaktadır. Özetle toprak karakteri, üzerinde yetişen bitki çeşitlerini ve mineral içeriklerini belirleyerek yem değerini doğrudan etkilemektedir.

3.2.1.2. İklim

Öte yandan, iklimin farklı yemler üzerindeki etkisi değişik olmaktadır. Nitekim tane yemler iklimden daha az etkilendikleri halde, yeşil yemler üzerine iklimin etkisi fazladır. İklim, toprak ve diğer bazı etmenlerin de etkisiyle mısır, sorgum ve başka bazı bitkilerde fazla nitrat birikmesine neden olabilir. Bitki bünyesindeki nitrat düzeyi %0.07'yi geçtiğinde toksik etki yapmakta, %0.22 düzeyinde ise öldürücü olmaktadır. Ayrıca, yağışın fazla olduğu yıllarda yeşil bitkilerin su oranı arttığı için besin maddeleri oranı da düşmektedir. Bu koşullar altında bazıları hariç, genel olarak bitki bünyesinde mineral madde ve özellikle fosforik asit birikimi artar. Kurak dönemlerde ise ürün miktarı azaldığı gibi mineral madde içeriği düşer. Buna karşın organik madde içeriği yükselir. Bitkinin gelişme dönemi

içerisinde havanın sürekli serin gitmesi halinde ise yaprak/sap oranı düşeceğinden bitkinin protein içeriği oransal olarak düşük olur.

3.2.1.3. Gübreleme

Gübreleme yem bitkilerinin besleme değerini diğer etmenlere göre daha yüksek oranda etkileyebilmektedir. Düzenli ve doğru gübreleme ile, ürün miktarı artırılabilir gibi, besin maddeleri içeriği yüksek, kaliteli yem bitkileri elde etmek mümkündür. Gübreleme ve sulama yaprak/sap oranını artıracığı için protein içeriği üzerine de olumlu etki yapar.

Gübreleme ile, daha önce belirtilen toprak reaksiyonunun bitki bileşimi üzerindeki olumsuz etkisinin de giderilmesi söz konusudur. Nitekim kireçleme ile toprak reaksiyonunun düzeltilmesi sonucu bitki besin maddelerinin ve ürün miktarının artırılması mümkündür.

Buna karşın hatalı ve tek taraflı gübreleme ile bitki bileşiminin bozulması sonucu besleme değerinin düşmesi de mümkündür. Bunun nedeni bitkilerin gübrelemeye tepkilerinin farklı olmasıdır. Örneğin, buğdaygil-baklagil karışımlarının tek taraflı azotlu gübre ile gübrenmesi halinde karışımdaki baklagil oranı azalacağından protein düzeyi düşecektir. Buğdaygil yem bitkilerinin azotla gübrenmesinin kuru madde, sindirilebilir protein, mineral madde içeriği ve lezzetliliği artırdığı ileri sürülmektedir.

3.2.1.4. Hasat Zamanı

Yeşil yem bitkilerinin ilk sürgün verdiği dönemde bünyesindeki organik maddeler basit bileşikler halindedir. Gelişme çağı ilerledikçe bu bileşikler büyük moleküllü bileşikler haline dönüşürler. Böylece, azotlu bileşikler, amino asit, amid maddeler ve proteine, basit şekerler ise nişasta ve selüloza dönüşürler. Bu nedenle genç bitkilerin protein içeriği yüksek, selüloz içeriği ise düşüktür. Bitki olgunlaştıkça selüloz içeriği arttığı gibi bitki hücre duvarlarında odunlaşma (lignification) da artar. Bu nedenle bitki olgunlaştıkça sindirilme derecesi ve dolayısıyla besleme değeri düşer. Bitkilerin olgunlaşmaya bağlı olarak sindirilme derecesinin düşmesi enerji içeriğini de olumsuz yönde etkilemektedir.

Tane yemlerin hasat zamanı, besleme değerini önemli ölçüde etkilemez. Ancak, taneler normal olgunluğa ulaşmadan kuraklık, dolu vurma, yatma, hastalık gibi nedenlerle vaktinden önce hasat edilebilirler. Bu gibi durumlarda tanelerde, normal olgunluktaki tanelere göre, basit yapıdaki bileşikler daha fazla olduğundan besleme değeri oransal olarak düşer.

3.2.1.5. Diğer Faktörler

Bitki çeşidi ve gelişme şekli besleme değeri üzerine etkilidir. Baklagillerin buğdaygillerden protein ve mineral maddeler, buna karşılık buğdaygillerin de karbonhidratlar bakımından daha zengin oldukları bilinmektedir.

Aynı bitkinin yaprak/sap oranı, yani az ve bol yapraklı oluşu, yem değerini etkiler.

Bitkilerin gelişme hızı besin maddeleri ve dolayısıyla yem değeri üzerinde etkilidir. Gelişmenin yavaş olması halinde protein, mineral madde ve vitamin içeriği yüksek yeşil yem elde edilebilir. Buna karşılık hızlı gelişmede protein içeriği genellikle yüksek olmakla birlikte, mineral madde içeriği daha düşük olur.

Çayır ve mer'aların botanik bileşimi o alandan elde edilecek yemin değerini geniş ölçüde etkiler.

Gölgede yetişen bitkileri hayvanlar isteyerek yemezler. Bunun yanı sıra lağım suları ile sulanan çayırları ve su basan çayırları da severek yemezler.

Yem içerisinde bulunan zararlı ve zehirli maddeler (zehirli bitkiler, zararlı olan yabancı ot tohumları, böcek, küf, mantar, mikotoksinler vb.) yemin değerini düşürür ve hatta kullanılamaz hale getirebilirler.

Yem içerisinde, yemin türüne göre doğal olarak bulunan beslemeyi engelleyici unsurlar da yemin değerini ve kullanılabilirlik düzeyini düşürür.

3.2.2. Yemlerin Saklanma Aşamasında Etkili Olan Faktörler

Daha önce de belirtildiği gibi otlatılarak hayvanlara yedirilen yemler dışında kalan bütün yemler kısa veya uzun süre saklandıktan sonra hayvanlara verilir. Mer'a otları, hayvanlar tarafından koparıldığı anda değerinden hiçbir şey kaybetmeden yenir. Ahırda yedirilen yemler yeşil ve taze olsalar bile ahıra gelinceye kadar besleme değerlerini bir ölçüde yitirirler. Yaş olarak bir süre bırakılmışlarsa canlı hücrelerin normal solunumu ile ısınma meydana gelir, bunun sonucunda bitki üzerinde mikroorganizmaların çoğalması için uygun ortam sağlanmış olur. Bu şekilde kızılmış yeşil yemler hayvanın midesinde zararlı fermentasyona neden olabilir. Yeşil yemlerin biçimden hemen sonra ya da pörsütüldükten sonra verilmesi de, besleme değerinde farklılıklara neden olur.

Kuru yemlerin saklanması sırasında nem ve sıcaklık etkisi ile bazı besin maddeleri zarar görebilirler. Depolanan yem yeterli ölçüde kuru değilse küflenme, kızışma ve yanma gibi nedenlerle zarar görebilir. Bu zararın düzeyine bağlı olarak yemin besleme değeri ve rasyonda kullanım miktarı düşer. Diğer taraftan bazı tane yemlerin hasattan hemen sonra hayvana verilmesi halinde görülen zararlar birkaç aylık dinlenme devresinden sonra görülmemektedir.

3.2.3. Yemlerin Kullanılma Aşamasında Etkili Olan Faktörler

Yemlerin kullanılış biçiminin hayvanların yemden yararlanması ya da diğer yemlerin neden oldukları zararların önlenmesi bakımından etkisi vardır. Nitekim arpa, buğday gibi tane yemler atlara tek başına verildiğinde koliklere neden oldukları halde, bu yemlerle birlikte bir miktar kuruot, öğütülmüş yulaf, buğday kepeği gibi hacimli yemler verildiğinde bu olumsuzluk büyük ölçüde önlenir. Bazı yemler (bakla, burçak, fiğ, pelit gibi) kabız yapıcı, bazıları da (pancar, pancar yaprağı, melas gibi) ishal yapıcı etkiye sahiptirler. Bu tür ters etkili yemler karışık olarak verildiğinde ishal ve kabızlık gibi olumsuzluklar ortadan kalkar.

Hayvanlara verilen günlük yem miktarı ile kaba-yoğun yem oranının da yemden yararlanma üzerine etkisi vardır. Hayvanın tükettiği günlük kuru madde miktarının az olması, yemin sindirilme derecesini bir ölçüde artırır. Nitekim hayvana gereğinden fazla yem verilmesi ve aynı zamanda rasyonda fazla miktarda yoğun yem bulunması halinde rasyonun sindirilme derecesi düşer.

Yem bitkisinin tazesinin sindirilme derecesi, kurutulmuş olana göre daha yüksektir. Çünkü, aynı bitkinin kuruotunun geniş getirme ve sindirim organları arasında taşınması için daha fazla enerji gerekir.

3.2.4. Yemlerin İşlenmesiyle İlgili Faktörler

Bir kısım yemler hasat edildikten hemen sonra, bazıları ise bir süre saklandıktan sonra kullanılırlar. İster hasat edildiği sırada kullanılacak olsun, isterse bir süre saklandıktan sonra yedirilecek olsun, bazı yemler hayvana verilmeden önce çeşitli işlemlerden geçirilirler. Temelde bu işlemlerin uygulanma amaçları; yemin fiziksel formu ve büyüklüğünü değiştirmek, yemi bozulmadan depolamak, yemin bazı yararlı kısımlarını ayırmak, yemin lezzet ve sindirilebilirliğini artırmak, yemin besin madde içeriğini artırmak, yemde bulunan zararlı ya da zehirli maddeleri yok etmektir. Bu amaçlara ulaşmak için yeme yapılan işlemler, aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Isıtma (ısı işleme) veya Kaynatma: Acı ve zehirli madde içeren bir çok yemlerin ısıtılması veya kaynatılması bu gibi maddelerin parçalanmasına veya etkilerinin azaltılmasına yol açar. Keten tohumundaki *linamarin*, patatesteki *solanin* ve baklagillerde *legumin* maddeleri ısıtıldıklarında zararlı etkilerini kaybetmektedirler. Yalnız burada kaynatma suyunun hayvanlara verilmemesine kesinlikle dikkat etmek gerekir.

Kavurma: Özellikle karbonhidratlarca zengin yemler (tane yemler) kavrulduktan sonra tüketildiklerinde tükrükle temas esnasında bir şekerleşmeye neden olduklarından, bu halleriyle hayvanlar tarafından çok daha sevilerek tüketilirler. Ayrıca böyle yemlerde karbonhidratların sindirilme dereceleri de yükselir.

Fermentasyon: Bazı yemlerin fermentasyona bırakılarak süt, tereyağ ve sirke asitleriyle zenginleştirilmeleri onların lezzetini artırır. Örneğin kolza küspesi patatesle birlikte asitleşmeye bırakıldığında sığırlar tarafından sevilerek yenir.

Melaslama: Melas tatlı lezzeti ve uygun mineral madde içeriği ile saman, kuruot ve küspe gibi yemlerle karıştırıldığında yemin daha fazla sevilerek tüketimini sağlar. Özellikle saman ve kuruotun enerji eksiklikleri bununla tamamlanır ve enerji değeri yükseltilmiş olur. Melasın bu amaçla kullanılması için önce 1/3-1/4 oranında sulandırılması gerekir.

Tuzlama: Hayvanlar özellikle kış aylarındaki fazla kuruot ve saman tüketimiyle vücutlarına fazla miktarda potasyum aldıklarından bunun sodyumla dengelenmesi gerekir. Bu amaçla kullanılacak en uygun kaynak tuzdur. Yem üzerine serpilene tuz, sodyuma duyulan gereksinmeyi karşıladığı gibi yemin lezzetini de artırır.

Eleme: İçerisinde yabancı madde, kabuk ve kavuz bulunan yemler elendiklerinde daha çok sevilerek tüketilirler. Bunu en belirgin olarak elenmiş ve elenmemiş yulaf tüketiminde gözlemlemek mümkündür. Ayrıca eleme işlemi ile kabuk veya kavuzların uzaklaştırılması yemin sindirilebilirliğini ve besin değerini olumlu yönde etkiler.

Peletleme: Öğütülerek karıştırılmış yemlerin, özel pelet bağlayıcılar veya melas katılarak; yüksek sıcaklık, buhar ve basınç altında tavlandıktan sonra rulo yardımıyla ileri sürülüp gözenekli kalıplardan çıkarılması ve kurutulmasına peletleme denir. Peletleme, öğütme, sıcaklık, buhar ve basınç işlemlerinin tümünü içerdiğinden yemin besleme değerinde bir ilerleme sağlanmaktadır.

Ezme-Kırma-Öğütme-Doğrama: Yemlerin çeşitli yollarla ufaltılmaları sonucu oluşan yüzeysel büyüme nedeniyle sindirim enzimlerinin daha geniş yüzeyde, daha etkin rol oynamaları sağlanır. Tüm tane yemler için geçer ki olan bu işlem, sindirilebilirliği önemli oranda artırır.

Çimlendirme: Bazı tane yemlerin hayvanlara verilmeden önce hafifçe çimlendirilmesi özellikle kanatlı hayvanlar tarafından bu yemlerin daha iyi

değerlendirilmesini sağlar. Burada sindirimi kolaylaştıran faktör, ortamdaki nişastanın kolay çözülebilir şekere dönüşmesi ve bitkinin kendi öz sindirim enzimlerini faaliyete geçirilmesi sonucu hücre çeperinin daha kolay yıkılmasıdır.

Asit veya Alkali ile Muamele: Fazla selüloz içeren yemler (saman, kavuz, kapçık) asit ve alkalilerle belli bir süre bekletildiğinde ortamdaki selüloz sindirim sistemindeki olaylarda daha kolay parçalanmaya uğrar. Böylece söz konusu yemlerden daha yüksek düzeyde yararlanılmış olur. Böyle bir işleme tabi tutulmuş çavdar samanındaki selülozun sindirilme derecesinin %50' en %80' çıktığı görülmüştür.

Biyoteknolojik İşlemler: özellikle selüloz düzeyi yüksek, sindirilebilirliği düşük saman gibi düşük yem değerine sahip yemler, kültür mantarları ile aşılanarak sindirilebilirlikleri yükseltilebilir. Bu konuda yapılan bir çalışmada, buğday samanının *Pleuretus florida* ekimi ile 40 gün gibi bir süre içinde selüloz içeriğinin %20 azaldığı, ham protein içeriğinin ve sindirilebilirliğinin ise %20 arttığı saptanmıştır.

Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı gibi yemlerin hayvanlara yedirilmelerinden önce çeşitli işlemlerden geçirilmeleri yem değerlerini olumlu etkilemektedir. Ancak, bunlara uygulanacak işlemlerin bilimsel verilere uygun olması zorunludur. Aksi halde yem değerinde beklenen ilerleme sağlanamaz. Yemlere uygulanan çeşitli işlemlerin uygulanma biçimi ve yemler üzerine etkileri ileride "Yemlere Uygulanan Teknolojik İşlemler" bölümünde (Bölüm 10) ayrıntılı olarak incelenecektir.

3.2.5. Yemlerin Sindirilme Derecesini Etkileyen Faktörler

3.2.5.1. Hayvanın Türü

Sindirim sistemi ve fizyolojisi bakımından çiftlik hayvanları geviş getirenler ve tek mideliler olmak üzere iki ana grupta toplanabilirler. Bu nedenle geviş getirenler ile tek mideliler aynı yemi farklı derecelerde sindirirler. Hatta bu açıdan geviş getirenlerin kendi aralarında da farklılıklar vardır. Yemlerin sindirilme derecesi açısından hayvanlar arası farklılığa neden olan en önemli unsur, yemin ham selüloz içeriğidir. Ham selülozu az olan yemler bütün hayvanlar tarafından birbirine yakın oranlarda sindirilmektedir. Ham selülozu yüksek olan yemleri ise en iyi sindiren geviş getiren hayvanlardır. Bunları sırasıyla at, eşek, tavşan ve domuz izler. Kanatlı hayvanlar selülozu hemen hemen hiç sindiremezler. Aynı türün değişik ırkları arasında, yemleri sindirme açısından önemli bir farklılık yoktur.

3.2.5.2. Hayvanın Yaşı

Yemlerin sindirilebilme derecesi üzerine önemli düzeyde etkili bir diğer etmen de yaştır. Özellikle geviş getiren hayvanlarda, yaşa ve besleme şekline bağlı olan sindirim sisteminin gelişimi, yemlerin sindirilme derecesini büyük oranda etkiler. Erken yaşlardaki geviş getiren hayvanlarda ön mideler tam gelişmediğinden selülozun sindirimi oldukça zordur. Rumenin gelişimine paralel olarak bu hayvanlarda selülozun sindirimi derecesi de yükselir. Tek mideliler sınıfında incelenen kanatlı hayvanlarda ise erken yaşlarda (ilk 2 hafta) yağın, özellikle doymuş yağların, sindirimi, safra ve lipaz aktivitesindeki yetersizlik nedeniyle oldukça düşük düzeydedir. Ancak hayvanın yaşı ilerledikçe, sindirim sistemi aktivitesinin normal seyrine kavuşması nedeniyle yağların sindirimi kolaylaşır.

3.2.5.3. Yemin Bileşimi

Yemin besin maddeleri bileşiminin sindirilme derecesine küçümsenemeyecek etkileri vardır. Geviş getiren hayvanların rasyonlarına giren yemlerin kolay çözünebilir karbonhidratlar bakımından zengin olmaları, kuru madde ve organik maddelerin sindirimini olumsuz yönde etkiler. Bu durumda rumen mikroorganizmaları selülozu bırakıp kolay sindirilebilir karbonhidratlara hücum etmekte ve böylece hem selülozdan, hem de etrafı selülozla çevrili hücrelerdeki besin maddelerinden yeterli ölçüde yararlanılamamaktadır. Çünkü ortamda yüksek düzeyde bulunan kolay sindirilebilir karbonhidratlar nedeniyle rumen pH'sı çok aşağılara düşer ve bu ortamda selülozu sindirebilen bakterilerin etkinliği kaybolur. Bu durum kolay çözünebilir karbonhidratlarla selülozun "negatif birliktelik etkisi (negative associative effect)" olarak da anılır. Öte yandan, ortamda bulunan belirli miktardaki kolay çözünebilir karbonhidratlar selülozun sindirimini uyarabilir. Çünkü kolay çözünebilir karbonhidratlar rumen içi mikroorganizma faaliyetini uyaracağından, selülozun sindirilebilirliğini de olumlu yönde etkilenir. Buna da "pozitif birliktelik etkisi (positive associative effect)" adı verilir.

Bir yemin protein içeriğinin yüksek olması, kolay çözünebilir karbonhidratların tersine sindirime olumlu etki yapar. Protein düzeyinin düşük olması halinde, mikroorganizma faaliyetleri azalmakta ve dolayısıyla yemin sindirilme derecesi düşmektedir. Ancak gerek metabolik olaylar ve gerekse ekonomik açıdan protein düzeyinin aşırı derecede yüksek olması da istenmez. Protein çözünlülüğünün yüksek olması ise tek mideliler için yararlı olduğu halde, geviş getirenler için iyi değildir. Kolay çözünebilir proteinler, rumende mikroorganizmalar tarafından hızla amonyağa parçalanarak amonyak formunda büyük azot kayıpları meydana gelmektedir.

Yeme lezzet ve tat veren çeşni maddelerinin sindirim üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı; ancak hayvanların iştahını açması nedeniyle daha fazla yem yemelerini sağladığı saptanmıştır. Ancak kanatlı beslemede kullanılan enzim gibi sindirime yardımcı yem katkı maddelerinin yemlerin sindirilebilirliğini artırdığına dair pratik bulgular mevcuttur. Bu konuyla ilgili detaylı bilgiler ilgili konuda verilecektir.

3.2.5.4. Yemlerin İşlenmesi

Önceki konuda, yemlerin değerini etkileyen faktörler içinde yer alan ve hayvanlara verilmeden önce yemlerin işlenmesiyle ilgili tüm faktörler, temelde etkilerini yemlerin sindirilebilirliklerini artırmak suretiyle gösterirler. Bu nedenle, yemlerin işlenmesiyle ilgili yem değerini etkileyen tüm faktörler, yemlerin sindirilebilirliğini etkileyen faktörler olarak da kabul edilirler.

Yemler hakkında daha fazla bilgi edinebilmek için yemlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri ile biyolojik yararlılıklarının belirlenmesi gerekir. Bunun için uygun alet ve ekipmanlarla donatılmış yem analiz laboratuvarı ve özel analiz üniteleri gerekir.

Yemlerin değerinin belirlenebilmesi için yapılan analizler şu şekilde sıralanır;

1. Fiziksel Analizler: Yemin dış yapı özelliklerine bakılarak değerlendirilmesini kapsayan analizlerdir. Saflık, irilik, sertlik, renk, koku, 1000 dane ağırlığı, bozulma gibi özellikleri incelenir.

2. Kimyasal Analizler: Yemin besin madde içeriğinin belirlenmesi için bir takım kimyasallar kullanılarak yapılan analizlerdir. Protein analizi, yağ analizi, ADF, NDF analizi vb. gibi

3. Biyolojik Analizler: Sindirim ve metot denemeleri gibi hayvanlar üzerinde yürütülen özel denemeler biyolojik analizlerdir.

4.1. YEM ANALİZ LABORATUVARI

Laboratuvarında kullanılan her türlü kap veya küçük aletler özel maşa veya raflar içinde, koşullara uygun ise dolaplarda saklanacağı için laboratuvar özel hazırlanmalıdır. Laboratuvar masaları asit ve alkali maddelerden kolaylıkla etkilenmeyen ve ısıya dayanıklı kolay temizlenebilen malzemelerden yapılmış olmalıdır. Yemlerin bir takım fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenebilmesi için laboratuvarında bulunması gereken alet ve ekipmanlar ile malzemelerin belli başlıları aşağıda sıralanmıştır.

4.1.1. Laboratuvar Alet ve Ekipmanları

- | | |
|--------------------------------|---------------------------|
| 1. Hassas laboratuvar terazisi | 12. Vakum/Hava motoru |
| 2. Büyüteç, Mikroskop | 13. Isıtıcı |
| 3. Hektolitre kabı | 14. pH metre |
| 4. Hızlı nem ölçer | 15. Santrifüj |
| 5. Değirmen | 16. Spektrofotometre |
| 6. Kurutma dolabı | 17. pH metre |
| 7. Yakma fırını | 18. Aminoasit analizer |
| 8. Eter Ekstraktör | 19. Gaz kromatografi |
| 9. Kjeldahl cihazı | 20. Saf su aygıtı |
| 10. Flame fotometre | 21. Soğutucu ve dondurucu |
| 11. Kalorimetre | 22. Otoklav |

4.1.2. Laboratuvar Malzemeleri

Metal: Çeşitli sehparlar, maşalar, pensler, spatüller, kurutma kapları

Tahta: Pipetlikler, huni sehparları, tüp sehparlar, kap süzme tablaları

Cam: Huniler, cam balonlar, balon jojeler, erlenler, beherler, ölçme silindirleri, pipetler, kavanozlar, desikatör, petri kapları, kjeldahl tüpü

Porselen: Çeşitli havanlar, spatül, süzgeç-ayırma hunileri, porselen kroze

Plastik: Örnek toplama kapları, tıpa, ölçü silindirleri, piset

4.1.3. Laboratuvar Ekipmanları

1.Terazi: Alınacak örnek miktarı ve yapılacak analizin hassasiyetine göre çeşitli tiplerde teraziler vardır. Bunlar;

1. Adi terazi (bakkal terazisi)
2. Eczacı terazisi
3. Hassas makro veya mikro analiz terazileri

Mekanik sistemle çalışan hassas makroteraziler 200 g kadar tartım yapmaktadır ve hassasiyetleri 0.1 mg'dır. Yine mekanik hassas mikroterazilerin kapasitesi ise 20 g olup hassasiyeti 0.001 mg'dır. Ancak bugün 200 gr kadar tartım yapabilen ve hassasiyeti 0.001 mg olan digital elektronik teraziler olduğu gibi 10 g'a kadar tartım yapabilen ve hassasiyetleri 0.001 mikrogram olan süper mikroteraziler de vardır.

Ne çeşit terazi olursa olsun, doğru ölçüm yapabilmek ve teraziyi uzun süreli kullanabilmek için belirli noktalara dikkat etmek gerekir. Bu noktalar aşağıda verilmiştir;

1. Terazi sağlam, sallanmayan ve yatay bir masada olmalıdır
2. Terazinin bulunduğu ortam sabit sıcaklıkta olmalıdır
3. Terazi her kullanımdan sonra temizlenmeli ve sıfırlanmalıdır
4. Tartım amacıyla kefeye konulacak kap oda sıcaklığında olmalı ve tartılacak materyal kefenin ortasına yerleştirilmelidir
5. Tartılacak materyal özel pens veya maşalarla terazinin kefesine yerleştirilmelidir.
6. Terazide ağırlık yüklenirken düğmeler yavaşça çevrilmelidir
7. Terazide tartılacak materyal yerleştirildikten sonra terazinin cam kapakları kapatılmalıdır
8. Tartma işlemi bittikten sonra ağırlıklar boşaltılmalı ve terazi sıfırlanmalıdır.

2. Kurutma Dolabı (Etüv): Bunlar istenilen sıcaklığa ayarlanabilen otomatik sisteme sahip çeşitli şekil ve kapasitelerdeki aletlerdir Kuru madde ve su miktarını belirlemek, sulu yemleri ön kurutmaya tabi tutmak ve analizleri için gerekli olan kurutmayı sağlamak için kullanılır.

3. Yakma Fırını: Temelde yüksek sıcaklığa dayanıklı rezistanların bulunduğu ve üzerinde yakma kaplarının konulduğu tuğlaları bulunan basit bir fırın sistemidir. Yemlerin organik kısımlarını yakmak amacıyla kullanılır.

4. Eter Ekstraktör: Ham yağ analizinde kullanılır. Söz konusu yem bu alet içinde bir çözücü madde ile işlem görür. Alet 3 bölümden oluşur. En altta ocakların bulunduğu su banyosu, en üstte soğuk su sirkülasyonunu sağlayan soğutma düzeneği, orta kısımda ise yemin çözücü (eter) ile ekstrakte olduğu kısım vardır. Bu sistemde sözü edilen yem kartuş denilen ligninden yapılmış bir kap içinde ekstraksiyon kısmına yerleştirilir.

Bu ekipmanın modernize edilmiş tipleri de son yıllarda kullanıma girmiştir. Tamamen kapalı ekstraksiyon sistemine sahip olan eter ekstraktörler de eter kaçağı önlenmekte, geri kazanım %95'in üzerinde olmakta, daha kısa sürede daha fazla sayıda örnek ham yağ için analiz edilebilmektedir.

5. Kjeldahl Cihazı: Bu alet ham protein analizi için kullanılır. İki kısımdan oluşur;

1. Yaş yakma
2. Destilasyon

Destilasyondan sonra büret yardımıyla titrasyon yapılır ve örnekteki azot miktarı belirlenir.

Yaş yakma kısmında çeşitli hacimlerde kjeldahl balonları veya tüplerinin yerleştirildiği yer ve yakma sonunda balonda veya tüpte oluşan çeşitli gazları dışarı atan sistem ve tüp veya balonları ısıtan ısıtma sistemi vardır.

Destilasyon kısmı, yaş yakma sonunda sülfürik asit + amonyum sülfat haline dönüşmüş bütün azotlu bileşiklerin normalitesi belli çözelti içinde tutulduğu kısımdır. Bu kısımda ısıtma, soğutma ve toplama sistemi vardır.

Titrasyon kısmı ise, titrasyonda normalitesi belli çözelti içindeki azot miktarı diğer çözelti ile titre edilir ve renk değişimi aracılığıyla azot miktarı belirlenir.

6. Flamefotometre: Ca, Mg, K, Na gibi mineral maddelerin belirlenmesinde kullanılır.

7. Kalorimetre: Toplam enerji analizinde kullanılır. Sıcaklık değişimine bağlı olarak analiz edilen örneğin toplam enerji değeri belirlenir.

8. Spektrofotometri: Mineral madde veya çeşitli organik maddelerin analizinde kullanılır. Değişik dalga boylarında çalışır. Renk değişimi aracılığıyla ölçüm yapmaktadır.

9. HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi): Sahip olduğu gelişmiş pompa sistemiyle yüksek basınçlara çıkarak, istenilen akış hızında ayırma yapabilen bir kromatografi sistemi olup uçucu olmayan ve sıcaklıkla kolayca bozulabilen maddelerin analizinde kullanılır. Yem, gıda ve vücut sıvılarında düşük konsantrasyonlardaki kimyasal bileşenlerin analizinde kullanılır. Amino asitler, proteinler, nükleik asitler, hidrokarbonlar, karbonhidratlar, ilaçlar, terponoidler, pestisitler, antibiyotikler ve steroidler HPLC de analiz edilen maddelerdendir.

10. Gaz kromatografi: Yandığı veya ısıtıldığı zaman kimyasal özelliği bozulmayan madde tayininde kullanılır. Aminoasit tayini, uçucu yağ asitleri tayini gibi,

Bu ekipmanlara ek olarak, laboratuvar olanakları ölçüsünde çok daha detay analizler yapabilen değişik cihazlar eklenebilir.

4.2. LABORATUVARDA YAPILAN ANALİZLER

4.2.1. Fiziksel Analizler

Yemlerin beş duyu organla belirlenebilen özellikleri fiziksel özellikleridir. Fiziksel analizler yemin sertliği, iriliği, partikül büyüklüğü, rengi, kokusu, tadı, sıcaklığı, kaba yemlerde yaprak/sap oranı, rasyonda kaba/kesif yem oranı ve rengine bakılarak belirlenir.

Duyu organları ile yapılan fiziksel analizlerde yemin önce görünüşü incelenir. Rengi, kokusu, tadı incelenir. Mikroskop, büyüteç, elek, terazi gibi malzemeler kullanılır. Mikrobiyolojik incelemelerde ise, yemin yabancı madde, yabancı tohum, zararlı madde, böcek, haşerat bulaşıklığı olup olmadığı tespit edilir. Yem iriliğinin belirlenmesinde elekler kullanılır. Elekten geçiş %'si bulunur. Granül büyüklüğü ve dağılımı için çok daha hassas ölçüm yapan ekipmanlar vardır. 1000 dane ağırlığı için terazide 15 gr yem tartılır ve bu miktar yemdeki dane miktarı sayılır ve oranlama yoluyla bulunur. Ayrıca özel ekipmanlar yardımıyla partikül büyüklüğü ve yem içerisindeki dağılımı da bu kapsamda incelenir.

4.2.1.1. Bazı Yemlerin Fiziksel Özellikleri

Dane yemler: Genellikle buğdaygil ve baklagil dane yemleri diye ikiye ayrılır. Yulaf, arpa, mısır ve buğday gibi dane yemler rasyonda en çok kullanılan dane yemlerdir. Mısır, fiziksel özellikleri kolayca belirlenen bir yem hammaddesidir. Sindirim derecesi yüksektir. İyi bir mısır, açık sarı renkte ve parlaktır. Daima hafif kokuludur, çünkü mısır fazla yağ içerir. Bu yağlar parçalanarak yağ asidi açığa çıkar, koku ağırlaşır ve kesafeti (yoğunluğu) artar. İyi kaliteli mısır %14'den fazla nem içermemelidir. Fazla kırık olmamalıdır.

Yeşil yemler: Taze tam yeşil renk görünümünde bitkiye özgü kokuya sahip olmalıdır. Kötü fiziksel özellikli yeşil yemlerde renk belirleyici bir faktördür. Küf mantarlarıyla bulaşık yemler sarıdan siyaha kadar değişen renkteki lekelerle kaplıdır. Mantarlarla bulaşık yeşil yemler tozumsu maddeyle örtülüdür. Kullanılmaması gerekir. Çiğ, kırağı, yağmur gibi faktörlerden dolayı yeşil yemler çabuk kızılaşmalarından havalandırılmaları şarttır. Bu tür yemlerde ne kadar çok ekşi ve zehirli ot bulunursa o kadar çok değeri düşer.

Kök ve yumru yemler: Bu yemler karbonhidratlarca zengindirler. Toz, toprak, mantar ve çamurla bulaşık olup olmadıkları çimlenip çimlenmedikleri dikkate alınır.

Kuru otlar: Renk en önemli unsurlardan biridir. Kuru otlar tam yeşil görünmelidir. Renk bozukluğu (soluk yeşil veya kahverengi) otların iyi saklanmadığını gösterir. Renginde bozukluk olan kuru ot ıslanmış ve yağmur yemiş olabilir. Koku, kuru otun fiziksel özelliğinin belirlenmesinde önemli ikinci unsurdur. Kendine has hoş kokulu olmalı, otların küf kokması iyi saklanmadığını ve hastalıkla bulaşık olduğunu gösterir. Kuru otun elastikiyet kontrolünde ise iyi bir kuru ot yumuşak ve elastik olmalıdır. Avuç içine alınıp sıkıştırıldığında kırılıp yaprakları ufalanmamalıdır. Bir miktar toz, çamur içerebilir. Toz ve çamur arttıkça değeri düşer. Zehirli bitki içermemelidir.

Silo yemleri: Silo yeminin fiziksel özelliğinin belirlenmesinde renk ve yapı kontrol edilir. Renk zeytin yeşili veya koyu yeşil tercihen bitkiye has renkte olmalıdır. Bozuk silo yeminin rengi çok koyu veya sarımsıdır. Yapısal olarak bitkinin görünümü siloya konulduğu andaki yapıya benzer olmalıdır. Yapısı bozulmuş silo yeminde bitkinin çeşitli kısımları birbirine karışmış kaygan ve yapışkandır. Silo yemi, normal renkte hoş, ekşi aroma, süt asidi kokusunda olmalıdır. Keskin koku siloya hava girdiğini ve sirke asidi

oluşturduğunu gösterir. Silo yeminin kokusu tereyağı asidi şeklinde de olabilir, bu durum istenmez.

4.2.2. Kimyasal Analizler

Yemlerin kimyasal yapıları çok yönlü bir görünüme sahiptir. Bu değişik yapının önemli bir kısmı kimyasal analizlerle belirlenir. Bu özellikleri belirlemede bazı güçlükler vardır. Laboratuvar donanımı gerektirir. Yem değerinin saptanmasında sadece kimyasal analizler yeterli bir bilgi vermez. Yem değeri biyolojik analizlerle de bulunur.

Kimyasal analizler:

1. Kuru madde analizi
2. Ham kül analizi (organik madde tayini)
3. Ham yağ analizi
4. Ham protein analizi
5. Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif (acid detergent fibre, ADF) analizi
6. Nötral Deterjanda Çözünmeyen Lif (neutral detergent fibre, NDF) analizi
7. Ham Selüloz Analizi

Bunlar ham besin madde analizleridir. Yani bir yemin temel kimyasal analizleridir. Ham sözcüğü, aynı analiz ile birden fazla maddenin birlikte belirlendiğini ifade etmektedir. Ham protein, gerçek proteinle aynı yöntemle belirlenen ve sadece azot içermesi nedeniyle gerçek proteine benzeyen azotlu maddeleri de içerir. Bu analizler ile yem hakkında bu besin maddelerine bakılarak ilk özet bilgi edinilir. Bu analizlerden kuru madde, ham kül, ham yağ ve ham protein, **Weende** Metodu'na göre yapılır. ADF, NDF ve ham selüloz analizleri **Van Soest** Metodu'na göre yapılır. Genelde bu analizlerde elde edilen sonuçların yemin besin madde bileşenleri bakımından kaba sonuçlar vermesi ve yemin gerçek besleme değerini göstermediği bilindiğinden, daha hassas analizlere gereksinim duyulur. Amino asitler, vitaminler, yağ asitleri, makro ve mikro mineral madde analizleri ve toksinlerin analizleri yapılabilir.

4.3. YEMLERDEN ÖRNEK ALMA

Dikkat edilecek husus; alınan örneğin eldeki yemi karakterize edecek nitelikte olmasıdır. Bilgi ve titizlik isteyen konudur. Örnek alınan yemler iyi şekilde muhafaza edilmelidir ki alınan örnekler üzerinde istenilen analizler yapılarak sonuçlanıncaya kadar bu yemin bir başka yemle karışması veya bozulması önlenmelidir. Bu nedenle alıcını teslim alacağı yerde örnek alınması, en doğrusu ise anlaşma halinde satıcının bulunduğu yerde de örnek alınabilir. Yem örneği, 3 tane esas 1 tane şahit olmak üzere 4 tane alınır. Alınan örnek üzerine bir takım bilgilerin yazılması gerekir. Bunlar;

- 1-Örneğin adı, varsa mahalli adı
- 2-Alınan örneğin miktarı
- 3-Örneğin alındığı yer (Gemide ise geminin adı, Ambarda ise numarası)
- 4-Örneğin alındığı durum (Gemide, vagonda, yığın halinde, dökme gibi)
- 5-Örneğin nasıl alındığı (5 ton Arpadan her 10 çuvalda bir sonda ile vb. gibi)
- 6-Örnek alanın isim ve unvanı, imzası

7-Örneğin alındığı tarih

8-Alıcının ve satıcının isimleri

9-Söz konusu örnek melas ise karşılaşılan her türlü farklılık ve değişiklikler (yoğunluk, sıcaklık) not edilir.

10-Hangi analizlerin yapılacağı not edilir.

Bu şekilde hazırlanan örneklerin birisi analizlerin yapılacağı laboratuvara, diğerlerinden biri alıcıya, biri ise satıcıya teslim edilir. Şahit olarak alınan örnek itilafı durumlarda kullanılmak üzere 3. şahıslarda saklanır.

Analiz edilecek örnek laboratuvara gelir gelmez gönderenin adı, örneğe iliştirilen bilgiler, örnek ağırlığı, nakil sırasında bozulup bozulmadığı, geldiği tarih ve istenilen analizler analiz defterine işlenir. Örnek etiketlenir ve numaralanır. Örnek yetersizse bildirilir ve daha fazla örnek istenir. Paket açılınca göze çarpan özellikler belirlenir. Laboratuvara gelen örneğin tamamı analiz için kullanılmaz, bir kısmı şahit olarak saklanır. İstenilen analizler yapılarak rapor edilir ve imzalanır.

4.3.1. Kaba Yemlerden Örnek Alma

Büyük hacimli yemler olduklarından bunlardan az miktarda örnek almak özen ister. Kaba yemler içinde hayvan beslemesinde en çok kullanılanı kuru otlur. Kuru otlar aynı çayırdan biçilmiş aynı zamanda ve aynı yöntemle kurutulmuş olsa dahi birçok farklılıklar gösterebilirler. Bunlar bitkiden kaynaklanabildiği gibi kuruturken, taşınırken ve diğer dış faktörlerin etkisiyle oluşan özelliklerdir. Yığın ve ambalaj şeklinde depo edilirler.

Yığın Şeklindeki Otlardan Örnek Alma: Yığında oluşabilecek fiziksel değişiklikleri dikkate alarak yığının en az 10-20 yerinden en az 0,5 kg'lık örnekler alınır. Ot yığının bozmadan örnek almak için 20cm² alanında ve 30 cm derinliğinde bir yer tırpanı yardımıyla dipten çekilmek suretiyle örnek alınır.

Alınan bu örneklerin hepsi bir araya getirilerek karıştırılır ve bunlardan en az 2'şer kg'lık 3 esas 1 şahit örnek alınır.

Ambalaj Halindeki Otlardan Örnek Alma: Her ambalaj 25 kg dan fazla ve örnek alınacak partide 50 veya daha fazla ambalaj varsa her 10 ambalajdan birinden örnek alınır. 50 den az ambalaj var ise her 5 ambalajdan birinden örnek alınır.

Partide 5 ambalaj var ise her ambalajdan örnek alınır. Ambalajlar 25 kg dan az ise her 10 ambalajdan genel esaslara uygun örnek alınır.

Saman ve diğer kaba yemlerden de kuru otlardan olduğu gibi örnek alınır.

4.3.2. Yeşil ve Sulu Yemlerden Örnek Alma

Yeşil Otlardan Örnek Alma: Eğer yeşil otlar biçilmişse kuru otlardan örnek alma prensipleri uygulanır. Alınan örneklerden 5-10kg'luk esas örnekler alınarak hiç bekletilmeden laboratuvara gönderilir. Şayet yeşil yemler biçilmemiş ve tarlada ise tarlanın bitki florası dikkate alınarak 1'er m² lik farklı sayıda alanlar işaretlenir. Flora homojen bir görünümde ise az sayıda, aksi halde çok sayıda alan işaretlenerek örnekler alınır. Otlar dipten kesilir ve en az 5-10 kg'lık esas örnek alınır.

Silo Yemlerinden (Silaj) Örnek Alma: Örnek alma işlemi oldukça zordur. Silo yemi alımı ve satımı söz konusu ise silo kabı açılır. Bir bıçak veya benzer bir alet yardımı ile en az 30cm derinlikten (en iyisi 50cm) silo kabını karakterize edecek miktarda örnek alınır. Örnekler ağız iyice kapanabilen kavanozlara veya teneke kaplara konur ve ilgili yerlere gönderilir. Şayet alım satım olayı yok ve araştırma amaçlı yapılıyorsa her gün hayvanlar için çıkarılan silo yemlerinden gerekli miktarda örnek alınarak analiz yapılır.

Silo yemleri dışarıdaki şartlardan etkilendiğinden bu yemler hakkında olumlu kararlar verebilmek için örnek alınırken rengi, kokusu, dış görünüşü ve tadının hemen üzerine not edilmesinde fayda vardır.

Kök ve Yumru Yemlerden Örnek Alma: Kök ve yumru yemler yığın halinde veya vagon halinde iseler, yığın veya vagonun çeşitli yerlerinden örnekler alınır. Alınan bu örnekler temiz bir yere kare şeklinde serilir ve göz kararı 4 parçaya ayrılır ve 2' si örnek olarak seçilir ve yığından alınan örnek çuvala konur ve tesadüfi olarak örnek alınır.

Esas örnek patateslerde en az 10 kg, pancarlarda 15 kg olmalıdır. Kök ve yumru yemlerden örnek alınırken alınan örnek normal büyüklükte olmalıdır. Çok cılız ve normalin çok üstünde büyük olanlar geneli temsil edemezler.

Yaş Posalardan Örnek Alma: Yığın halindeki posalardan yığının tamamını karakterize edecek, tarz ve miktarlarda, yığının çeşitli yerlerinden örnekler alınır. Sulu durumda iseler homojen örnek almak için yığın iyice karıştırılır.

Sıvı Yemlerden Örnek Alma: Varil, fıçı, damacana gibi kaplarda ise her 10 kaptan birinden örnek alınır. Kaplara koyulma sırasında kaplar arası farklar görülür ise her 5 kaptan alınır. Sarnıç veya vagona vb özel araçlarda ise çeşitli yerlerinden örnek alınır. Farklı yerden alınan bu örnekler karıştırılır ve en az 2-3 kg esas örnek hazırlanır ve bundan 3+1 örnekleme yapılarak laboratuvara gönderilir.

4.3.3. Yoğun (Kesif) Yemlerden Örnek Alma

Dane Yemlerden Örnek Alma: Ambalajlanmış ise o partinin içerdiği yem miktarına göre örnek alınır. Bir partide 15 ton ve daha fazla yem varsa ambalajların %10'u, 50 tona kadar %5'i (veya ambalajların 15'i), 50 ton'dan fazla ise %3'ü (ambalajların en az 25'i) yığının çeşitli yerlerinden çekilerek alınır. Bu ambalajlar açılarak veya sonda yardımıyla yığın halindeki dane yemlerden alındığı gibi örnek alınır.

Yığın halinde ise en az 20 yerinden sonda, kürek, kepçeyle örnekler alınır. Yem yığının büyüklüğüne göre alınacak yem örneğinin belirlenmesinde, 15 tondan fazla yem varsa 15'er tonluk parçalara ayrılarak her parçadan ayrı yarı örnekler alınır, bir araya getirilir.

200 gr lık 3 adet,800 gr lık şahit olmak üzere 1400gr yem ayrılır.

Küspelerden Örnek Alma: Preslenerek kalıp, yaprak veya öğütülmüş olarak piyasaya sürülür. Kalıplar dört köşeli olup 2,2-3 kg dır. Bu tip küspelerden örnek alınırken yem yığınının içerdiği kalıp miktarı önemlidir. 100 kalıp varsa bunlardan 20 kalıp, 100'den fazla varsa en az 30 kalıp örnek alınır. Bu kalıplar ufalanarak karıştırılır ve bu karışımdan her biri 1'er kg'lık 3+1 örnek alınır. Ambalajlı küspede ambalajın en az %2'si en çok %5'i ayrılır. Şayet ambalaj içindeki küspe öğütülmüş ise sonda ile ambalajın üstünden, ortasından, dip kısmından, kalıp halinde ise ambalaj açılarak kalıbın çeşitli yerlerinden ufalanmak suretiyle örnek alınır.

4.3.4. Karma Yem ve Mineral Yem Karışımlarından Örnek Alma

Toz veya peletlenmiş halde bulunurlar. Ambalajlanmış olarak alınır ve satılırlar. Örnek alınacak partide 100 ambalaj bulunuyorsa 5 tanesi, 200 ambalaja kadar 10 tanesi daha fazla varsa %5'i örnek almak için tesadüfen ayrılır. Ayrılan ambalajlar dökülür, karıştırılır ve örneği temsil edecek şekilde örnek alınır.

4.4. YEMLERİN KİMYASAL ANALİZE HAZIRLANMASI

Yemler laboratuvara gelir gelmez yapılacak iş örneği hakkında tüm bilgilerin analiz defterine yazılmasıdır. Bu işlemi takiben, yem örneği, fiziksel, kimyasal ve gerekiyorsa biyolojik analizler için ayrılır. Bunlar ağız kapalı bir kavanoza bırakılır ve kapatılır. Kavanoz üzerine etiket yapıştırılarak bilgiler yazılır. Şayet yem örneği anında analize alınacaksa bu işlemlere gerek yoktur. Ancak analiz daha sonra yapılacaksa söz konusu örneklerin serin ve kuru yerde saklanması gerekir. Kimyasal analizler için ayrılan örnek iyi öğütülmüş olmalıdır. Bunun için 1 mm'lik elekten geçecek şekilde öğütülür. Çünkü kimyasal analizlerde kullanılan çözeltilerin yemlere etki etmesi için örneğin iyi öğütülmesi şarttır. İncelik analiz sonucuna etki eder. Şayet öğütülen yemin hepsi öğütülmemiş ve bir kısmı elek üzerinde kalmış ise elek üzerinde kalan kısım geri alınarak tekrar öğütülür. Aksi takdirde öğütülen ve öğütülmeyen kısım kimyasal yapı bakımından farklı olduğundan analiz sonucunu etkiler.

4.5. YEMLERİN KİMYASAL ANALİZİ

Bölümümüz Yem Analiz laboratuvarında Wende ve ANKOM Analiz yöntemleri kullanılarak yapılan kimyasal analizlere ait metotlar aşağıda sunulmuştur.

4.5.1. Kuru Madde Tayini

1. İlke

Yaş veya havada kuru yem örneklerinin ağırlığı belli bir miktarının, belirli bir sıcaklık derecesinde ısıtılarak suyu uçurulduktan sonraki ağırlığı alınır. Kuru madde analizi ilk ağırlık ile kurutulduktan sonraki ağırlık arasındaki farkın bulunup, yüzde olarak hesaplanması temeline dayanır.

2. Araç ve Gereçler

- Hassas laboratuvar terazisi
- Cam veya Alimünyumdan yapılmış kapaklı kuru madde kabı
- 105 °C ye ayarlanabilen etüv
- Desikatör

3. Çalışma Tekniği

Kurutma kapları temizlenir ve kapağı açık olarak etüvde 1 saat kurutulur. 1 saat sonunda kaplar maşa ile desikatöre alınır. 10-15 dakika sonra desikatördeki kapların daraları alınır (kapların numaraları da kaydedilir). Darası alınan kaplara analizi yapılacak yem örneğinden 3-5 gr kadar yem örneği konur, hemen kapağı kapatılarak tartılır (suyu az olan yemlerden 3 gr, suyu fazla olan yemlerden 250 gr civarında örnek tartılır). Yemle birlikte tartılan kurutma kapları kapakları açık olarak (her kabın kapağı karıştırılmaması için kabın önüne konur) 105 °C ye ayarlanmış etüve konur ve bu sıcaklıkta 3-5 saat tutulur. Bu uygulama, suyunu kolay bırakan yem örnekleri için kısa sürede sonuç alınması için 135 °C de 2 saat etüvde tutularak da gerçekleştirilebilir. Kurutma süresi sonunda kaplar kapakları kapatılarak ve maşa ile desikatöre alınır ve oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra tartılır.

4. Hesaplama

Tartım sonuçları aşağıdaki formülde yerine konularak yem örneğinin % kuru maddesi hesaplanmış olunur.

$$\% \text{ Kuru madde} = \frac{(c - a) \times 100}{b - a}$$

a: kap darası

b: kap + yem örneği ağırlığı

c: kurutma işleminden sonraki kap + yem örneği ağırlığı

Not 1: 100- % kuru madde ile yemin % su miktarı bulunur.

Not 2: Aynı numune üzerinde en az 2 paralel uygulanmalı ve paralellerin ortalaması alınmalıdır. Paraleller arasındaki fark, mutlak değer olarak 0,3'den fazla olmamalıdır. Yapılan işlemler analiz cetveline kaydedilir.

4.5.2. Ham Kül (ve Organik Madde) Tayini

1. İlke

Bir yem maddesinin 550°C de yakılmasından sonra geriye kalan inorganik maddelerden oluşmuş kül miktarının % olarak ifade edilmesidir. Yemdeki ham kül miktarı yemin mineral madde kapsamı hakkında bilgi verir.

2. Araç ve Gereçler

- Hassas laboratuvar terazisi
- Yakma kabı (kroze: yüksek sıcaklıktan etkilenmeyen porselen kap)
- Yakma fırını
- Desikatör

3. Çalışma Tekniği

Önceden yakılmış, desikatörde soğutulmuş ve darası alınmış krozelere yem numunesinden 3 gr civarında konularak tartılır. Krozeler 550°C ye ayarlı yakma fırınına konulur. Krozeler bu sıcaklıkta kömürleşme olmayacak şekilde, kül açık griden beyaza kadar değişen bir renge ulaşana kadar (bu süre yemlerin yapısına bağlı olarak yaklaşık 3-4 saat kadardır. Yanması kolay olan bitkisel kaynaklı yemler de 3 saatlik süre yeterli olmasına rağmen, ham kül içeriği yüksek hayvansal kaynaklı yemlerde bu süre 4 saat ve üzerine çıkabilmektedir) yakma fırınında tutulur. Yakma sonunda fırının elektriği kesilerek soğumaya bırakılır. Yaklaşık 100 °C ye soğutulduktan sonra krozeler maşa yardımıyla doğrudan desikatöre alınır. Desikatörde yeterince soğutulduktan sonra tartılır.

4. Hesaplama

Aşağıdaki formülde tartım sonuçları yerine koyularak % ham kül ve % Organik Madde hesaplanmış olur.

$$\% \text{ ham kül} = \frac{c - a}{b - a} \times 100 \quad \% \text{Organik madde} = \% \text{Kuru madde} - \% \text{Ham kül}$$

- a: kroze darası (k.darası)
- b: kroze darası + numune
- c: kroze darası + kül

NOT 1: Yakma fırınında sıcaklık birden bire değil yavaş yavaş yükseltilmelidir.

NOT 2: Yanma süresinin sonunda kroze içindeki yanmış yem örnekleri kömür halinde kalmış ve rengi esmerimsi ise krozeler fırından çıkartılarak soğutulur. Yanmış örnek üzerine %3 lük hidrojen peroksit (veya 2-3 damla saf su) damlatılarak iyice ıslatıldıktan sonra etüvde kurutulur. Kurumuş olan örnek daha sonra kül fırınında bir müddet daha yakılır.

NOT 3: Aynı numune üzerinde en az 2 paralel uygulanmalı ve paralellerin ortalaması alınmalıdır. Paraleller arasındaki fark, %0.2 - %10 ham kül kapsayan numunelerde mutlak değer olarak 0.2'den, %10.1 ve daha fazla ham kül kapsayan numunelerde paraleller ortalamasının %2' sinden fazla olmamalıdır. Yapılan işlemler analiz cetveline kaydedilir.

4.5.3. Ham Yağ Tayini

1. İlke

Öğütülmüş ve kurutulmuş yem maddesi, petrol eteri ile ekstrakte edilir ve bu ekstrakt ham yağ olarak belirtilir. Ekstrakte edilen bileşenlerin çoğu triasilgliseritlerdir. Bu işlem sırasında etil eter vb çözücülerde çözünebilir diğer yağların bir kısmı da ekstrakte edilir. Bu nedenle ham yağ analizi olarak adlandırılır.

2. Araç ve Gereçler

- Hassas laboratuvar terazisi
- 105°C ye ayarlanabilen etüv
- Desikatör
- 90°C sıcaklıkta çalışabilen ekstraksiyon sistemi (ANKOM XT10, XT15, XT20)
- Ekstraksiyon için filtrelili özel torba (kimyasal olarak inert özellikte, ısıya dirençli, ağzı sıcak mühürlemeyle kapatılabilen, çözeltinin nüfus etmesine izin verirken 1 mikron ve üzerindeki boyutta partüküllerin dışarı çıkmasını engelleyen filtrelili torba, ANKOM XT4)
- Filtrelili torbaların ağzını tam olarak kapatabilen sıcak mühür (ANKOM 1915)
- Çözücü dirençli kalem (ANKOM F08, torbaların numaralandırılması için)

3. Reaktifler

Petrol eteri (kaynama noktası: 36-65 °C) hekzan ve etil eterde çözücü olarak kullanılabilir

4. Çalışma Tekniği

2 mm lik elekten geçirilmiş numuneden 1-2 g filtrelili torbaya koyup tartılır (a). Filtrelili torbayı ağız kısmına yaklaşık 4 mm mesafeden sıcak mühürleme ile kapatılır. Eğer %15'ten fazla yağ içermesi beklenen et örneği ile veya %25' ten fazla yağ içermesi beklenen bitkisel gıda örneği ile çalışılacaksa, numune dolu filtrelili torbaları etüve yerleştirmek için kuru madde kapları kullanılır.

Sıcaklık nedeniyle dışarı sızan yağ böylece toplanmış olur. Bu işlemden önce kuru madde kaplarının tara ağırlığı belirlenir (d). İçerisine numune tartıp ağzını kapatılan torbalar 105°C de üç saat etüvde bekletilir. Etüvden çıkarılan torbalar desikatörde soğutulup tartılır (b). Tartılan torbalar yağ analizi cihazının haznesine sipiral aparatına dizerek yerleştirilir (sipiral aparat 15 torbalık olup numune kaba yem ise bu sayı eterin numunelere iyi nüfuz etmesi için azaltılmalıdır). Uygun sıcaklık ve süre ayarı yapıldıktan sonra ekstraksiyon cihazı çalıştırılır. Ekstraksiyon işlemi bittikten sonra torbalar 15-30 dakika 105°C'lik etüvde bekletilir. Etüvden alınıp desikatöre konulan ve soğuyan torbalar tartılır (c).

5. Hesaplama

$$\% \text{ Ham Yağ} = \frac{100 (W_2 - W_3)}{W_1}$$

W₁ : Numune ağırlığı

W₂ : Ekstraksiyondan önce kurutma sonrası numune ve torba ağırlığı

W₃ : Ekstraksiyondan sonra kurutma sonrası numune ve torba ağırlığı

W₄ : kuru madde kabı ağırlığı

%15'ten fazla yağ içermesi beklenen et örneği ile veya %25' ten fazla yağ içermesi beklenen bitkisel gıda örneği ile çalışılacaksa aşağıdaki formül uygulanır.

$$\% \text{Ham Yağ} = \frac{100 [(W_2 - W_4) - (W_3)]}{W_1}$$

Not: Aynı numune üzerinde en az 2 paralel uygulanmalı ve paralellerin ortalaması alınmalıdır. Paraleller arasındaki fark, %0.3 - %10 ham yağ kapsayan numunelerde mutlak değer olarak 0.3'den, %10.1-%33.3 ham yağ kapsayan numunelerde paraleller ortalamasının %3' ünden fazla olmamalıdır. Yapılan işlemler analiz cetveline kaydedilir.

4.5.4. Ham Protein Tayini

1. İlke

Yem maddesinin derişik H₂SO₄ ile yakılmak suretiyle yemde bulunan azotun önce amonyum sülfata sonra alkali (sodyum hidroksit) ile amonyağa dönüştürülerek, titrasyonla amonyaktaki azot miktarının hesaplanmasıdır.

2. Araç ve Gereçler

- Hassas laboratuvar terazisi
- Kjeldahl tüpü
- Kjeldahl aygıtı
- Erlenmayer
- Büret

3. Reaktifler

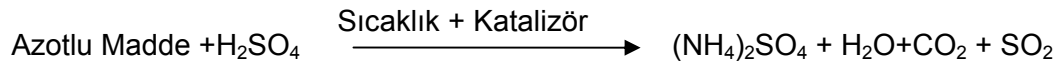
- a. 1,84 lük (%96'lık) H₂SO₄
- b. %40 lık NaOH çözeltisi (400 gr NaOH saf su ile 1lt ye tamamlanılarak hazırlanır)
- c. 0.1 N HCl asit çözeltisi (8.07 ml HCl saf su ile 1 lt ye tamamlanılarak hazırlanır, mutlaka **Faktör Tayini** yapılmalıdır*)
- d. %4 lük borikasit çözeltisi (40 gr borik asit saf su ile 1lt ye tamamlanır ve ısıtılarak çözdürülür. Üzerine renk vermesi için 3 ml bromekrosel green mavi + metil kırmızısı çözeltisinden eklenir)
- e. Bromekrosel gren mavi + metil kırmızısı çözeltisinin hazırlanışı: 0,2 gr metil kırmızısı 100 ml alkolde çözdürülür. 1 gr bromekrosel green 500 ml alkolde çözdürülür ve bu iki solüsyon karıştırılır.
- f. Katalizör (950 gr potasyum sülfat (K₂SO₄) + 50 gr bakır sülfat (CuSO₄))

4. Çalışma Tekniğı

Ham protein analizi aşağıdaki sırada verilen üç aşamada tamamlanır;

- Yaş yakma
- Destilasyon
- Titrasyon

Yaş Yakma: Yem numunesi, konsantre sülfürik asit (H₂SO₄), katalizör ve ısı etkisiyle yakılır. Numunedeki azot, sülfürik asitin sülfat kökü ile bağlanarak amonyum sülfat ((NH₄)₂SO₄) oluşur.



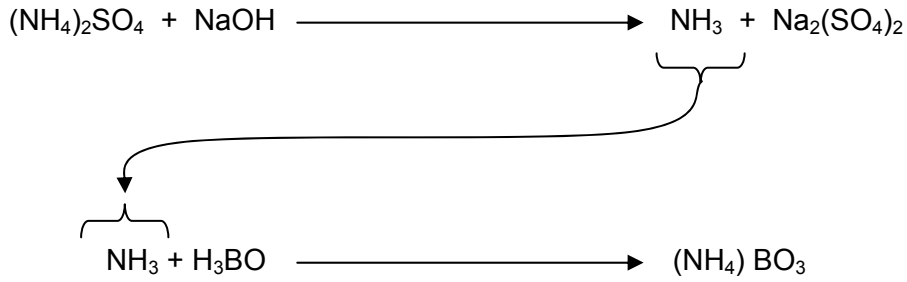
Yaş yakma aşağıdaki adımları içerir;

1. Yem numunesinden ortalama 1g tartılarak Kjeldahl tüpüne konur.
2. Üzerine reaksiyonu hızlandırmak için 2 g kadar katalizör konur (1g lık tablet katalizör kullanılıyorsa her tüpe 2 adet, 2 g lık tablet kullanılıyorsa her tüpe 1 atılır).

3. Kjeldahl tüpünün kenarına bulaşan yemi tüp içine indirecek şekilde tüpe 20 ml sülfürik asit (H₂SO₄) ilave edilir. Sülfürik asit miktarı protein içeriği %20 den fazla olan örnekler için 1.5 kat artırılabilir.
4. İçerisine örnek, katalizör ve sülfürik asit eklenen kjeldahl tüpleri yaş yakma bölümüne yerleştirilir.
5. Yaş yakma süresince buharlaşan H₂SO₄'ü ortamdan uzaklaştırmak için vakum sistemi (scrubber ünitesi) çalıştırılır.
6. Tüp içeriği berrak yeşilimsi renk oluşana kadar (yaklaşık 2-3 saat) yaş yakma işlemine devam edilir ve istenilen renk elde edilince tüp yaş yakma ünitesinden alınarak soğumaya bırakılır.

NOT: Her yaş yakma seti için en az bir adet kör kullanılmalıdır.

Destilasyon: Destilasyonda amaç yaş yakma sonucu oluşan amonyum sülfatın (NH₄)₂SO₄ sodyum hidroksitle (NaOH) muamele edilerek NH₃ (amonyak) oluşturulması ve takibinde borik asit tarafından tutularak amonyumborata (NH₄) BO₃ dönüştürmektir.



Destilasyon aşağıdaki adımları içerir;

1. Yaş yakma sonrası, soğutulan tüplere 50 ml saf su ilave edilerek tekrar soğumaya bırakılır ve daha sonra destilasyon ünitesinin tüp kısmına yerleştirilir,
2. Cihazın destile içeriği toplayıcı kısmına da içerisinde 25 ml %4'lük borik asit çözeltisi bulunan erlenmayer yerleştirilir,
3. Cihazın destilasyon zaman düğmesi ayarlanarak destilasyon işlemi başlatılır.
4. Destilasyon işlemi bitiminde kjeldahl tüpü cihazdan alınır ve içeriği çeşme suyunun açık olduğu lavaboya yavaşça dökülür (tüpün cihazdan alınması aşamasında tüpün çok sıcak olduğu ve çıplak elle temas edilmemesi gerektiği unutulmamalıdır).
5. Destilasyon işlemine başlamadan önce içeriği pembe, destilasyon bitiminde mavi olan erlen ise cihazdan alınır, erlen cihazdan alınırken erlenin içine degen hortumun ucu piset yardımıyla temizlenir.
6. Cihazdan ayrılan erlenmayer emniyetli bir alanda titrasyon için beklemeye alınır.

Titrasyon: Destilasyon ünitesinden alınan erlenmayer içerisindeki mavi renkli sıvı (amonyumborata (NH₄) BO₃,) 0.1 N HCl asit çözeltisi ile titre edilir. Renk, pembe-soğan kabuğu rengine dönüşünce titrasyona son verilir. Titrasyonda harcanan HCl miktarı kaydedilir.

5. Hesaplama

$$\text{Toplam N} = \frac{1.4007 \times (\text{Tit.har.HC I} \times \text{Fak} - \text{Kör.için harcanan HCl} \times \text{Fak}) \times 0,1}{\text{örnek miktar ı}}$$

% Ham Protein = toplam N x 6.25 = HP (yem numuneleri için)

% Ham Protein = toplam N x 6.38 = HP (süt için)

Not: Aynı örnek üzerinde en az 2 paralel uygulanmalı ve paralellerin ortalaması alınmalıdır. Paraleller arasındaki fark; %40 ve daha az ham protein içeren örneklerde paraleller ortalamasının %2.5'den, %40.1 ve daha fazla ham protein içeren örneklerde mutlak değer olarak 1'den fazla olmamalıdır.

FAKTÖR TAYİNİ

Sadece HCl asit için faktör yapılır. 50 ml saf suda 0.15 ile 0.20 gr arasında (bu aralıkta tartımların birbirine çok yakın değerler olmasına dikkat edilir) ayrı erlenmayerlerde Na₂CO₃ çözündürülür. Üzerlerine 3 damla metil kırmızısı damlatılır bu aşamada renk sarıdır. Sarı renkteki çözeltiler titrasyonda kullanılan 0.1 N HCl çözeltisi ile renk pembeye dönüşene kadar titre edilir. Titrasyonda harcanan HCl miktarı kaydedilir.

Faktör = Na₂CO₃ (gr) /sarfiyat (ml) x 0.1 x 0,053 formülü ile hesaplanır. İki adet faktör hesaplanır ve ortalaması alınır.

0.1 = HCl asitin normalitesi

0.053 = Sabit sayı

4.5.5. ADF (Acid Detergent Fibre) Tayini (ANKOM)*

1. İlke

Öğütülmüş ve kurutulmuş yem maddesinin NDF (nötral deterjanda çözünmeyen lif) içeriğinden hemi-selüloz içeriğinin çıkartılması ile elde edilir. Yemin kalitesi hakkında fikir verir. Yüksek ADF içerikli yemlerin sindirilebilirliği ve enerji değeri düşüktür.

2. Araç ve Gereçler

- 0.01mg hassasiyette terazi
- 100 – 105°C arası sabit sıcaklığa ayarlanabilen etüv
- 600 ±15°C ye ayarlanabilen yakma fırını
- ANKOM NDF/ADF Lif Analiz Cihazı
- ANKOM F57 Torba
- Heat Sealer-Isıticılı Torba Mühür Cihazı (ANKOM 1915)
- Desikatör
- Çözücü dirençli kalem (ANKOM F08)
- Manyetik karıştırıcı ve balık.
- 250 ml 'lik Beher, 2L 'lik Erlenmayer

3. Reaktifler

- ANKOM FAD20C Kodlu Kimyasal
- Sülfirik asit (1 N)

4.Çalışma Tekniği

- ✓ **Çözelti hazırlanması:** Cihazın çalıştırılması için en az 1500 ml çözeltiye gereksinim bulunmaktadır. Her 24 adet örnek için cihaz en az 1900-2000 ml çözeltiye ihtiyaç duymaktadır. Eğer 20 den daha az örnek analiz yapılacaksa örnek torbası başına 100 ml çözelti düşünülmelidir.
- ✓ Bir seferde analiz edilecek 24 örnek için çözelti hazırlanacaksa; 2000 ml 1 N lik sülfirik asit çözeltisinde 40 gr FAD20C kodlu kimyasal çözdürülür. Çözdürme işlemi sırasında söz konusu kimyasal bulaşıcı özellikte olduğu için karıştırma ve ısıtma işlemleri uygulanmalıdır.
- ✓ F57 torbalarının üzerleri numaralandırılıp darası alındıktan sonra her birisinin içine 0,5 gr 1 mm lik elekten geçirilmiş (santrifüj tipi değirmen kullanılıyorsa 2 mmlik elek kullanılmalı) havada kuru yem örnekleri konulur. Bir tane de kör için boş torba tartılır.
- ✓ F57 torbaları üst kenara 4 mm uzaktan heat sealer aleti yardımıyla kapatılır. F57 torbaları sallandığında içerisindeki yem örnekleri düzenli olarak dağılmalıdır. Hazırlanan örnekleri katlı torba rafının (bag suspender, Lif Analiz cihazının içindeki aparat) içerisine her gözde üç F57 torbası olacak şekilde yerleştirilmelidir (katlı torba rafı maksimum 24 örnek almaktadır). Analiz sırasında 8 katı kullanılabilir. Kör için kullanılan torba en üst kata konulur. Örnekler katlı torba rafına konulduktan sonra üzerine ağırlık yerleştirilir.

- ✓ %5 den daha fazla yağ içeren örnekler torbalanmış olarak 500 ml'lik ağzı kapalı kaplara konular ve örneklerin üzerini kaplayacak kadar aseton eklenir. Ağız kapanan kap 10 kez kibarca çalkalanır ve örnekler bu kap içerisinde 10 dakika tutulur. Süre bitiminde aseton dökülür ve aynı işlem temiz asetonla tekrarlanır. İşlem sonunda torbalar asetonun uzaklaşması için serilir. Asetonu uzaklaştırılan torbalar hafifçe sallanarak numunelerin torba içinde topaklaşması önlenir.
- ✓ Daha sonra örnekler havada 5 dakika kurumaya bırakılır. Kuruyan F57 torbaları katlı torba rafına orta deliklere karşılık gelecek şekilde dizilip cihaza yerleştirilir, raf üzerine ağırlık konulur.
- ✓ Tahliye kolu (yan musluk) kapalı konuma getirilir ve çözelti makine içine doldurulur. 24 adet örnek için 1900-2000 ml önceden hazırlanan ADF solüsyonu kullanılır (Eğer analizi yapılacak örnek sayısı 20 den daha az ise her örnek için 100 ml çözelti düşünülmelidir. Ancak cihaz içine her çalıştırmada en az 1500 ml çözelti konulması gerektiği unutulmamalıdır).
- ✓ Hazırlanan çözelti cihaz içerisine dökülür; **HEAT** ve **AGITATE** düğmeleri aktif hale getirilir. Katlı torba rafının düzenli olarak çalıştığı kontrol edildikten sonra zaman sayacı **60 dakikaya** ayarlanıp cihazın üst kapağı kapatılır ve **START** düğmesine basılır.
- ✓ Süre dolduğunda cihaz uyarı vermeye başlayacaktır. Bu aşamada agigate ve heat düğmeleri kapatılır. Cihazın yan tarafındaki tahliye kolu yavaşça çevrilip içerideki çözelti tahliye edilir. Cihazın içindeki çözelti basınç altında olduğundan tahliye kolu çevrilmeden önce cihazın üst kapağı hafifçe açılmalıdır. Çözelti tahliyesi yapılırken hortumun içerden gelen basınç etkisiyle hareket edip çözeltinin lavabo dışına taşmamasına dikkat edilmelidir.
- ✓ Çözelti tahliyesi yapıldıktan sonra tahliye kolu kapatılır. Daha sonra cihazın kapağı tamamen açılarak içerisine 80-90°C sıcaklığında 2000 ml (katlı torba rafının üzerini örtecek kadar) çeşme suyu eklenir. Üst kapak kapatılır ama çok sıkıştırılmaz. Daha sonra sadece **AGITATE** düğmesi aktif hale getirilir. Zaman sayacı **5 dakikaya** ayarlanır ve süre bitiminde cihaz içerisindeki su tekrar boşaltılır.
- ✓ Yukarıda yapılan sıcak su ile kaynatma-yıkama işlemi iki defa daha yapılır ve böylece toplam 3 kez tekrarlanmış olur.
- ✓ Cihaza son olarak katlı torba rafının kolay alınmasını sağlamak amacı ile 2000 ml soğuk çeşme suyu ilave edilir. Çeşme suyu tahliye edildikten sonra katlı torba rafı çıkartılır. Torbalar katlı torba rafından dikkatli bir şekilde alınır ve hafifçe sıkılır.
- ✓ Torbalar 250 ml'lik behere konur ve üzerlerini kaplayacak şekilde aseton eklenir. Beherde torbalar 3 dakika kaldıktan sonra çıkartılır ve asetonun uzaklaşması için yavaşça sıkılır.
- ✓ Torbalar dış ortamda bir süre bekletildikten sonra 105 °C'ye ayarlı etüvde 2-4 saat kurutulur. Süre bitiminde torbalar desikatöre alınır oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletildikten sonra tartımları yapılır.

5. Hesaplama

$$\%ADF \text{ (havada kuru)} = \frac{[W3 - (W1 \times C1) \times 100]}{W2}$$

$$\%ADF \text{ (kuru madde bazında)} = \frac{[W3 - (W1 \times C1) \times 100]}{W2 \times KM}$$

$$\%ADF_{OM} \text{ (Kuru madde bazında)} = \frac{[W4 - (W1 \times C2) \times 100]}{W2 \times KM}$$

W1: Torbaların darası

W2: Örnek ağırlığı

W3: "örnek + torba" nın kurutulduktan sonraki ağırlığı

W4: Organik madde ağırlığı (torba içerisindeki örnekler 600°C'de 8 saat tutulduktan sonra geri kalan kısmın ağırlığı)

C1: Kör ağırlığı (boş torbanın kurutulduktan sonraki ağırlığı/darası)

C2: Köre göre düzeltilmiş kül (boş torbanın organik madde analizinden sonraki ağırlık/boş torbanın orijinal ağırlığı)

Not: Aynı örnek üzerinde en az 2 paralel uygulanmalı ve paralellerin ortalaması alınmalıdır. Paraleller arasındaki fark %20'ye kadar ADF içeren örneklerde mutlak değer olarak 0.3' den %20.1 ve daha fazla ADF içeren örneklerde paraleller ortalamasının %3' den fazla olmamalıdır.

* :VANSOSET,P.J.,ROBERTSON,J.B.,LEWIS,B.A.,1991.Method for Dietary Fiber,Neutral Detergent Fiber, and Nostarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. J. Dairy Sci.,74:3583-3597 metodundan modifiye edilmiştir.

4.5.6. NDF (Neutral Detergent Fibre) Tayini (ANKOM)*

1. İlke

Öğütülmüş ve kurutulmuş yem maddesi içinde hücre duvarının lifli karbonhidratları (selüloz ve hemiselüloz), ligni, ligninleşmiş ve sıcaklıkla zarar görmüş bir kısım proteinler ve silisyum içeren kısmın bulunmasıdır. Yemin hacmi-kabalığı hakkında fikir verir. Yüksek NDF içerikli yemlerin hacim kaplama özelliği yüksektir.

2. Araç ve Gereçler

- 0.1 mg hassasiyette terazi
- 100 – 105°C arası sabit sıcaklığa ayarlanabilen etüv
- 600 ±15°C ye ayarlanabilen yakma fırını
- ANKOM NDF/ADF Lif Analiz Cihazı
- ANKOM F57 Torba
- Heat Sealer-Isıticılı Torba Mühür Cihazı (ANKOM 1915)Desikatör
- Çözücü dirençli kalem (ANKOM F08)
- Manyetik karıştırıcı ve balık.
- 250 ml 'lik Beher, 2L 'lik Erlen (2 adet)

3. Reaktifler

- ANKOM FND20C Kodlu Kimyasal
- Sodyum sülfid
- Trietilen glikol
- Alfa-amilaz (ANKOM özel üretim, FAA alpha Amylase, yüksek sıcaklığa dayanıklı)

4. Çalışma Tekniği

- **Çözelti hazırlanması:** Cihazın çalıştırılması için en az 1500 ml çözeltiye gereksinim bulunmaktadır. Her 24 adet örnek için cihaz en az 1900-2000 ml çözeltiye ihtiyaç duymaktadır. Eğer 20 den daha az örnek analiz yapılacaksa örnek torbası başına 100 ml çözelti düşünülmelidir.
- Bir seferde analiz edilecek 24 örnek için çözelti hazırlanacaksa; 1800 ml saf suda 120 gr FND20C çözdürülür ve içerisine 20 ml trietilen glikol eklenir. Daha sonra çözelti saf su ile 2000 ml'ye tamamlanır. Bu şekilde hazırlana çözeltinin içerisine 20 gr sodyum sülfid ve 4 ml alfa amilaz eklenerek analiz çözeltisi hazırlanmış olunur.

- F57 torbalarının üzerleri numaralandırılıp darası alındıktan sonra her birisinin içine 0,5 gr 1 mm lik elekten geçirilmiş (santrifüj tipi değirmen kullanılıyorsa 2 mmlik elek kullanılmalı) havada kuru yem örnekleri konulur. Bir tane de kör için boş torba tartılır.
- F57 torbaları üst kenara 4 mm uzaktan heat sealer aleti yardımıyla kapatılır. F57 torbaları sallandığında içerisindeki yem örnekleri düzenli olarak dağılmalıdır. Hazırlanan örnekleri katlı torba rafının (bag suspender, Lif Analiz cihazının içindeki aparat) içerisine her gözde üç F57 torbası olacak şekilde yerleştirilmelidir (katlı torba rafı maksimum 24 örnek almaktadır). Analiz sırasında 8 katı kullanılabilir. Kör için kullanılan torba en üst kata konulur. Örnekler katlı torba rafına konulduktan sonra üzerine ağırlık yerleştirilir.
- %5 den daha fazla yağ içeren örnekler torbalanmış olarak 500 ml'lik ağzı kapalı kaplara konulur ve örneklerin üzerini kaplayacak kadar aseton eklenir. Ağzı kapanan kap 10 kez kibarca çalkalanır ve örnekler bu kap içerisinde 10 dakika tutulur. Süre bitiminde aseton dökülür ve aynı işlem temiz asetonla tekrarlanır. İşlem sonunda torbalar aseton uzaklaşması için serilir. Aseton uzaklaştırılan torbalar hafifçe sallanarak numunelerin torba içinde topaklaşması önlenir. Daha sonra örnekler havada 5 dakika kurumaya bırakılır.
- Kuruyan F57 torbaları katlı torba rafına orta deliklere karşılık gelecek şekilde dizilip cihaza yerleştirilir, raf üzerine ağırlık konulur.
- Tahliye kolu (yan musluk) kapalı konuma getirilir ve çözelti makine içine doldurulur. 24 adet örnek için 1900-2000 ml önceden hazırlanan ADF solüsyonu kullanılır (eğer analizi yapılacak örnek sayısı 20 den daha az ise her örnek için 100 ml çözelti düşünülmelidir. Ancak cihaz içine her çalıştırmada en az 1500 ml çözelti konulması gerektiği unutulmamalıdır.
- Hazırlanan çözelti cihaz içerisine dökülür ve **HEAT** ve **AGITATE** düğmeleri aktif hale getirilir. Katlı torba rafının düzenli olarak çalıştığı kontrol edildikten sonra zaman sayacı **75 dakikaya** ayarlanıp cihazın üst kapağı kapatılır ve **START** düğmesine basılır.
- Süre dolduğunda cihaz uyarı vermeye başlayacaktır. Bu aşamada agigate ve heat düğmeleri kapatılır. Cihazın yan tarafındaki tahliye kolu yavaşça çevrilip içerideki çözelti tahliye edilir. Cihazın içindeki çözelti basınç altında olduğundan tahliye kolu çevrilmeden önce cihazın üst kapağı hafifçe açılmalıdır. Çözelti tahliyesi yapılırken hortumun içerden gelen basınç etkisiyle hareket edip çözeltilinin lavabo dışına taşmamasına dikkat edilmelidir.
- Çözelti tahliyesi yapıldıktan sonra tahliye kolu kapatılır. Daha sonra cihazın kapağı tamamen açılarak içerisine 80-90°C sıcaklığında 2000 ml (katlı torba rafının üzerini örtecek kadar) çeşme suyu ve 4ml alfa amilaz eklenir. Üst kapak kapatılır ama çok sıkıştırılmaz. Daha sonra sadece **AGITATE** düğmesi aktif hale getirilir. Zaman sayacı **3 dakikaya** ayarlanır ve süre bitiminde cihaz içerisindeki su tekrar boşaltılır.
- Yukarıda yapılan sıcak su + 4 ml alfa amilaz ile kaynatma-yıkama işlemi iki defa daha yapılır ve böylece toplam 3 kez tekrarlanmış olur.
- Cihaza son olarak katlı torba rafının kolay alınmasını sağlamak amacı ile 2000 ml soğuk çeşme suyu ilave edilir. Çeşme suyu tahliye edildikten sonra katlı torba rafı çıkartılır. Torbalar katlı torba rafından dikkatli bir şekilde alınır ve hafifçe sıkılır.

- Torbalar 250 ml'lik behere konur ve üzerlerini kaplayacak şekilde aseton eklenir. Beherde torbalar 3 dakika kaldıktan sonra çıkartılır ve asetonun uzaklaşması için yavaşça sıkılır.
- Torbalar dış ortamda bir süre bekletildikten sonra 105 °C'ye ayarlı etüvde 2-4 saat kurur. Süre bitiminde torbalar desikatöre alınır oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletildikten sonra tartımları yapılır.

5. Hesaplama

$$\%NDF \text{ (havada kuru)} = \frac{[W3 - (W1 \times C1) \times 100]}{W2}$$

$$\%NDF \text{ (kuru madde bazında)} = \frac{[W3 - (W1 \times C1) \times 100]}{W2 \times KM}$$

$$\%NDF_{OM} \text{ (Kuru madde bazında)} = \frac{[W4 - (W1 \times C2) \times 100]}{W2 \times KM}$$

W1: Torbaların darası

W2: Örnek ağırlığı

W3: "örnek +torba" nın kurutulduktan sonraki ağırlığı

W4: Organik madde ağırlığı (torba içerisindeki örnekler 600 °C'de 8 saat tutulduktan sonra geri kalan kısmın ağırlığı)

C1: Kör ağırlığı (boş torbanın kurutulduktan sonraki ağırlığı/darası)

C2: Köre göre düzeltilmiş kül (boş torbanın organik madde analizinden sonraki ağırlık/boş torbanın orijinal ağırlığı)

Not: Aynı örnek üzerinde en az 2 paralel uygulanmalı ve paralellerin ortalaması alınmalıdır. Paraleller arasındaki fark %20'ye kadar NDF içeren örneklerde mutlak değer olarak 0.3' den %20.1 ve daha fazla NDF içeren örneklerde paraleller ortalamasının %3' den fazla olmamalıdır.

* :**VANSOSET**,P.J.,ROBERTSON,J.B.,LEWIS,B.A.,1991.Method for Dietary Fiber,Neutral Detergent Fiber, and Nostarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. J. Dairy Sci.,74:3583-3597 metoddan modifiye edilmiştir

4.5.6. Ham Selüloz Tayini

1. İlke

Yem maddesi arka arkaya belirli konsantrasyonlardaki sülfirik asit ve sodyum hidroksit ile kaynatılır, süzülür ve asetonla yıkanır. Kalıntı kurutulur ve yakılır. Yakma sonucu ağırlık farkı ham selüloz miktarını verir.

2. Araç ve Gereçler

- 0.1 mg hassasiyette terazi
- 100 – 105°C arası sabit sıcaklığa ayarlanabilen etüv
- 600 ±15°C ye ayarlanabilen yakma fırını
- ANKOM NDF/ADF Lif Analiz Cihazı
- ANKOM F57 Torba
- Isıtcılı Torba Mühür Cihazı (ANKOM 1915)
- Desikatör
- Çözücü dirençli kalem (ANKOM F08)
- Manyetik karıştırıcı ve balık.
- 250 ml 'lik Beher, 2L 'lik Erlenmayer (2 adet)

3. Reaktifler:

- 0.255±0.005 Normallik Sülfirik asit (H₂SO₄) çözeltisi.
- 0.313±0.005 Normallik Sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi.
- Petrol eteri

4. Çalışma Tekniği

- F57 torbalarının üzerleri numaralandırılıp darası alındıktan sonra her birisinin içine 0,5 gr 1 mm lik elekten geçirilmiş (santrifüj tipi değirmen kullanılıyorsa 2 mm'lik elek kullanılmalı) havada kuru yem örnekleri konulur. Bir tane de kör için boş torba tartılır.
- F57 torbaları üst kenara 4 mm uzaktan heat sealer aleti yardımıyla kapatılır. F57 torbaları sallandığında içerisindeki yem örnekleri düzenli olarak dağılımalıdır.
- Hazırlanan örnekleri katlı torba rafının (bag suspender, Lif Analiz cihazının içindeki aparat) içerisine her gözde üç F57 torbası olacak şekilde yerleştirilmelidir (katlı torba rafı maksimum 24 örnek almaktadır). Analiz sırasında 8 katı kullanılabilir. Kör için kullanılan torba en üst kata konulur. Örnekler katlı torba rafına konulduktan sonra üzerine ağırlık yerleştirilir.

- %5 den daha fazla yağ içeren örnekler torbalanmış olarak 500 ml'lik ağzı kapalı kaplara konular ve örneklerin üzerini kaplayacak kadar aseton eklenir. Ağzı kapanan kap 10 kez kibarca çalkalanır ve örnekler bu kap içerisinde 10 dakika tutulur. Süre bitiminde petrol eteri dökülür ve aynı işlem temiz asetonla tekrarlanır. İşlem sonunda torbalar petrol eterinin uzaklaşması için serilir. Petrol eteri uzaklaştırılan torbalar hafifçe sallanarak numunelerin torba içinde topaklaşması önlenir.
- Daha sonra örnekler havada 5 dakika kurumaya bırakılır. Kuruyan F57 torbaları katlı torba rafına orta deliklere karşılık gelecek şekilde dizilip cihaza yerleştirilir, raf üzerine ağırlık konulur.
- Her 24 adet örnek için 1900-2000 ml çözelti kullanılır (analizi yapılacak örnek sayısı 20 den daha az ise her örnek için 100 ml çözelti düşünülmeli; ancak cihaz içine her çalıştırmada en az 1500 ml çözelti konulması gerektiği unutulmamalıdır).
- Örneklerin dizildiği katlı raf cihaza yerleştirilir cihazın yan tarafındaki tahliye kolunun kapalı olup olmadığı kontrol edildikten sonra 0.255 ± 0.005 Normallik Sülfirik asit (H_2SO_4) çözeltisi cihaza eklenir.ve üst kapağı sıkıca kapatılır. Cihazın **HEAT** ve **AGITATE** düğmeleri aktif hale getirilir ve süre **40 dakikaya** ayarlanır (cihaz analizden önce kullanılmış ve hala sıcak ise selüloz analizine başlamadan önce cihaz soğuk su ilavesi ile soğutulur ve içindeki su tahliye edildikten sonra kullanıma hazırlanır).
- 40 dakikanın sonunda asit çözeltisi cihazdan tahliye edilir. Cihazın içindeki çözelti basınç altında olduğundan tahliye kolu çevrilmeden önce cihazın üst kapağı hafifçe açılmalıdır. Çözelti tahliyesi yapılırken hortumun içerden gelen basınç etkisiyle çözeltinin lavabo dışına taşmamasına dikkat edilmelidir.
- Asit çözeltisi tahliyesi edildikten sonra tahliye kolu kapatılır. Daha sonra cihazın kapağı tamamen açılarak içerisine 2000 ml (katlı torba rafının üzerini örtecek kadar) $80-90^\circ C$ ye ısıtılmış çeşme suyu eklenir. Kapak kısmı kapatılır ama çok sıkıştırılmaz. Daha sonra sadece **AGITATE** düğmesi aktif hale getirilir. Zaman sayacı 5 dakikaya ayarlanır ve süre bitiminde cihaz içerisindeki su tekrar boşaltılır sıcak su ile yıkama işlemi bir kez daha tekrarlanır.
- Asit çözeltisi için yapılan işlemler 0.313 ± 0.005 Normallik **alkali çözeltisi** (Sodyum hidroksit, NaOH) için de yapılır.
- Alkali çözeltisi (NaOH) tahliyesi edildikten sonra tahliye kolu kapatılır. Daha sonra cihazın kapağı tamamen açılarak içerisine 2000 ml (katlı torba rafının üzerini örtecek kadar) $80-90^\circ C$ ye ısıtılmış çeşme suyu eklenir. Kapak kısmı kapatılır ama çok sıkıştırılmaz. Daha sonra sadece **AGITATE** düğmesi aktif hale getirilir. Zaman sayacı **5 dakikaya** ayarlanır ve süre bitiminde cihaz içerisindeki su tekrar boşaltılır.
- Asit çözeltisi ($0.255 N$ 'lik H_2SO_4) ve alkali çözeltisi ($0.313 N$ 'lik NaOH) ile kaynatma işlemleri sonunda katlı raf cihazdan çıkartılır. Torbalar katlı torba rafından dikkatli bir şekilde alınır ve hafifçe sıkılır.
- Torbalar 250 ml'lik behere konur ve üzerlerini kaplayacak şekilde aseton eklenir. Beherde torbalar 3 dakika kaldıktan sonra çıkartılır ve asetonun uzaklaşması için yavaşça sıkılır.

- Torbalar dış ortamda asetonun uçması için bir süre bekletildikten sonra tartılıp önceden kurutulmuş ve tartılmış krozelere konular 105 °C'ye ayarlı etüvde 2-4 saat kurutulur Süre bitiminde krozeler desikatöre alınır oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletildikten sonra tartımları yapılır ve bu ağırlık A1 olarak kaydedilir (torba +lif+kroze).
- Ağırlığı A1 olarak kaydedilen içerisinde torbaların olduğu krozeler 600 ± 15°C'ye ayarlı kül fırınında 2 saat süreyle yakılır. Süre sonunda krozeler desikatöre alınır, soğuduktan sonra tartılır ve tartım A2 olarak kaydedilir(kroze +kül).
- Boş torbanın organik maddesi ayrıca hesaplanır ve A3 olarak kaydedilir.

5.Hesaplama:

$$W_2 = [(A1)-(A2)] - [A3]$$

$$W_2 = [(torba +lif+kroze) - (kroze +kül)] -[(krozel +boş torba)-(kroze +boş torba külü)]$$

$$\% \text{ Ham selüloz} = \frac{100 \times (W_2)}{W_1}$$

W_1 : Numune ağırlığı

W_2 : organik madde ağırlığı

NOT 1: Aynı örnek üzerinde en az 2 paralel uygulanmalı ve paralellerin ortalaması alınmalıdır. Paraleller arasındaki fark %0.2-10 arasında ham selüloz içeren örneklerde mutlak değer olarak 0.3' den %10.1 ve daha fazla ham selüloz içeren örneklerde paraleller ortalamasının %3' den fazla olmamalıdır. Yapılan işlemler analiz cetveline kaydedilir.

* :**VANSOSET**,P.J.,ROBERTSON,J.B.,LEWIS,B.A.,1991.Method for Dietary Fiber,Neutral Detergent Fiber, and Nostarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. J. Dairy Sci.,74:3583-3597 metodundan modifiye edilmiştir.