



ZM-208
GENEL
HAYVAN BESLEME

-Ders Notu-

Prof.Dr. Hasan Rüştü Kutlu
Prof.Dr. Murat Görgülü
Yrd.Doç.Dr. Ladine Baykal Çelik
Çukurova Üniversitesi
Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü
Yemler ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı
Adana

ADANA-2005

Genel Hayvan Besleme 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 ziraat mühendislerine 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 öğrencilerine hayvan besleme alanında temel ve genel bilgiler vermek amacı ile hazırlanmıştır. Ancak ders notunun hazırlanması aşamasında besin maddeleri, yemler ve hayvan besleme 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 "Genel Hayvan Besleme" 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.

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

Şubat 2005

Prof.Dr. Hasan Rüştü Kutlu

Prof.Dr. Murat Görgülü,

Yrd.Doç.Dr. Ladine Baykal Çelik

İçindekiler	Sayfa No
1. GİRİŞ	1
2. HAYVAN BESLEME BİLİMİ ve TARİHSEL GELİŞİMİ	2
2.1. Doğal (Naturalistik) Dönem	2
2.2. Analitik Dönem	3
2.3. Biyolojik Dönem	3
2.4. Moleküler Dönem	3
2.5. Yeni Dönem Besleme Çalışmaları	4
3. SİNDİRİM SİSTEMİ ve ANATOMİSİ	5
3.1. Sindirim Sistemi Anatomisi ve Fonksiyonu	5
3.1.1. Sindirim Sistemi Tipleri	5
3.1.1.1. Tek mideli Hayvanlar (Monogastric Hayvanlar)	7
3.1.1.2. Ruminantlar (Geviş getiren hayvanlar)	11
3.1.2. Farklı Türlerde Sindirim Sisteminin Kapasitesi	16
3.1.3. Sindirim Sıvılarının Roller	17
3.2. Sindirim Sistemi Aktivitesinin Kontrolü	20
3.3. Besin Maddelerinin Emilimi ve Taşınması	21
3.3.1. Emilim (Bağırsaklar)	21
3.3.2. Taşınma (Kan ve Lenf)	21
4. BESİN MADDELERİ ve METABOLİZMALARI	23
4.1. Su	23
4.1.1. Hayvan Beslemede Suyun Önemi	23
4.1.2. Hayvansal Organizmanın Su Kaynakları	23
4.1.3. Çiftlik Hayvanlarının Su Gereksinmesi	24
4.2. Karbonhidratlar ve Metabolizması	25
4.2.1. Hayvan Beslemede Karbonhidratlar	26
4.2.2. Karbonhidratların Metabolizması	31
4.2.2.1. Tek Mideli Hayvanlarda Karbonhidratların Metabolizması	31
4.2.2.2. Çok Mideli Hayvanlarda Karbonhidratların Metabolizması	33
4.2.3. Kan Glukoz Düzeyi (Glisemi)	36
4.3. Proteinler ve Metabolizması	37
4.3.1. Proteinlerin Yapısal Kompozisyonu ve Sınıflandırması	37
4.3.2. Proteinlerin Yapı Taşları Amino Asitler	38
4.3.3. Hayvan Beslemede Proteinlerin Önemi	39
4.3.4. Amino Asitler ve Protein Kalitesi	40
4.3.5. Amino Asitlerin Birbirleriyle ve Diğer Besin Maddeleri ile İlişkileri	42
4.3.6. Proteinlerin Metabolizması	42
4.3.6.1. Çiftlik Hayvanlarında Proteinlerin Sindirimi ve Emilimi	42
4.3.6.2. Hayvansal Organizmada Proteinlerin Biyosentezi	44

4.3.6.3. Hayvansal Dokularda Proteinlerin Yıkımı-Katabolizması	45
4.3.6.4. Hayvansal Dokularda Protein Değişimi	47
4.3.7. Ruminantlarda Protein Beslenmesinde NPN Kaynakları	48
4.4. Lipitler ve Metabolizması	49
4.4.1. Lipitlerin Yapısal Kompozisyonu ve Sınıflandırılması	49
4.4.2. Hayvan Beslemede Lipitlerin Önemi	50
4.4.3. Yağ Asitleri	51
4.4.4. Esansiyel Yağ Asitleri	52
4.4.5. Omega-3 Yağ Asitleri (α -Linolenik asit, EPA, DHA, DPA)	53
4.4.6. Konjuge Linoleik Asit (CLA)	53
4.4.7. Lipit Metabolizması	54
4.4.7.1. Çiftlik Hayvanlarında Lipitlerin Sindirimi ve Emilimi	54
4.4.7.2. Organizmada Yağ Depolanması ve Yağ Sentezi (Lipogenesis)	57
4.4.7.3. Organizmada Yağların Yıkılması-Katabolizması (Lipoliz)	57
4.4.7.4. Kolesterol ve İnsan Beslenmesi	59
4.5. Vitaminler ve Metabolizması	59
4.5.1. Hayvan Beslemede Vitaminlerin Önemi	60
4.5.2. Vitaminlerin Sınıflandırılması	60
4.5.3. Yağda Eriyen Vitaminler	60
4.5.3.1. Vitamin A	60
4.5.3.2. Vitamin D	61
4.5.3.3. Vitamin E	62
4.5.3.4. Vitamin K	62
4.5.4. Suda Eriyen Vitaminler	63
4.5.4.1. Tiamin (B_1 vitamini)	63
4.5.4.2. Riboflavin (B_2 vitamini)	63
4.5.4.3. Niasin	63
4.5.4.4. Pantotenik Asit	64
4.5.4.5. Pridoksin (B_6 vitamini)	64
4.5.4.6. Biyotin	64
4.5.4.7. Kolin	65
4.5.4.8. Folik Asit	65
4.5.4.9. Siyonokobalamin (B_{12} vitamini)	65
4.5.4.10. Askorbik Asit (vitamin C)	65
4.5.5. Vitaminlerin Emilimi	66
4.5.6. Vitamin Beslenmesinde Dikkat Edilecek Hususlar:	67
4.5.7. Çiftlik Hayvanlarının Vitamin Gereksinmesinin Karşılanması	68
4.6. Mineraller ve Metabolizması	69
4.6.1. Hayvan Beslemede Minerallerin Önemi	69

4.6.2. Minerallerin Sınıflandırılması	70
4.6.3. Makromineraller	71
4.6.3.1. Kalsiyum	71
4.6.3.2. Fosfor	72
4.6.3.3. Magnezyum	73
4.6.3.4. Potasyum	74
4.6.3.5. Sodyum ve Klor	74
4.6.3.6. Kükürt	74
4.6.4. Mikromineraller (izelementler)	75
4.6.4.1. Demir	75
4.6.4.2. Bakır	76
4.6.4.3. Çinko	77
4.6.4.4. Manganez	78
4.6.4.5. Kobalt	79
4.6.4.6. İyot	79
4.6.4.7. Selenyum	80
4.6.4.8. Flor	81
4.6.4.9. Molibden	81
4.6.4.10. Krom	82
4.6.4.11. Silisyum	82
4.6.4.12. Alüminyum, Arsenik, Kadmiyum, Kurşun ve Cıva	82
4.6.5. Minerallerin Emilimi	83
4.6.6. Mineral Beslenmesinde Dikkat Edilecek Hususlar:	83
4.6.7. Çiftlik Hayvanlarının Mineral Gereksinmesinin Karşılanması	84
5. YEM ve BESLEME	86
5.1. Yem	86
5.2. Yemlerin Besleme Değerinin Takdiri	87
5.2.1. Yemlerin Fiziksel Analizlere Göre Değerlendirilmesi	87
5.2.2. Yemlerin Kimyasal Analizlere Göre Değerlendirilmesi	88
5.2.3. Yemlerin Sindirilebilirliklerine Göre Değerlendirilmesi	91
5.2.4. Yemlerin Enerji İçeriklerine Göre Değerlendirilmesi	91
5.2.4.1. Brüt (Toplam) Enerji (BE) ve Saptanması	92
5.2.4.2. Sindirilebilir Enerji (SE) ve Saptanması	93
5.2.4.3. Metabolik (Metabolizabl-Çevrilebilir) Enerji (ME) ve Saptanması	93
5.2.4.4. Isı Enerjisi ve Saptanması	95
5.2.4.5. Net Enerji (NE) ve Saptanması	96
5.2.4.6. Enerji Birimlerinde Dönüşüm	96
5.2.5. Yemlerin Proteinin Biyolojik Değerine Göre Değerlendirilmesi (Tek Mideliler)	97
5.2.6. Yemlerin Proteininin Rumende Yıkılabilirliklerine Göre Değerlendirilmesi	97

5.2.7. Yemlerin Özel İçerik Maddelerine Göre Değerlendirilmesi	98
5.2.7.1. Vitaminler	98
5.2.7.2. Hormon ve Antibiyotikler	98
5.2.7.3. Zararlı ve Zehirli Maddeler	98
5.3. Yemlerin Besleme Değerini Etkileyen Faktörler	98
5.3.1. Yemlerin Üretim Aşamasında Etkili Olan Faktörler	99
5.3.1.1. Toprak	99
5.3.1.2. İklim	99
5.3.1.3. Gübreleme	100
5.3.1.4. Hasat Zamanı	100
5.3.1.5. Diğer Faktörler	100
5.3.2. Yemlerin Saklanma Aşamasında Etkili Olan Faktörler	101
5.3.3. Yemlerin Kullanılma Aşamasında Etkili Olan Faktörler	101
5.3.4. Yemlerin İşlenmesiyle İlgili Faktörler	101
5.3.4.1. Yoğun Yemlere Uygulanan İşlemler	102
5.3.4.2. Kaba Yemlere Uygulanan İşlemler	106
5.3.5. Yemlerin Sindirilebilirliği ile ilgili Faktörler	109
5.3.5.1. Hayvanın Türü	109
5.3.5.2. Hayvanın Yaşı	109
5.3.5.3. Yemin Bileşimi	110
5.3.5.4. Yemlerin İşlenmesi	110
5.3.5.5 İklim Koşulları	110
6. YEMLER	111
6.1. Yem Maddeleri	111
6.1.1. Kaba Yemler	111
6.1.1.1. Buğdaygil Yeşil Yemleri	113
6.1.1.2. Baklagil Yeşil Yemleri	113
6.1.1.3. Silajlar	114
6.1.1.4. Kuruotlar	115
6.1.1.5. Kök ve Yumru Yemler	115
6.1.1.6. Saman, Kılıf, Kabuk ve Kavuzlar	116
6.1.1.7. Kaba Yemlerin Kullanımı	117
6.1.2. Yoğun Yemler	117
6.1.2.1. Enerjice Zengin Yemler	118
6.1.2.2. Proteince Zengin Yemler	121
6.1.3. Mineral Ek Yemleri	122
6.1.4. Vitamin Ek Yemleri	124
6.1.5. Amino Asit Ek Yemleri	125
6.1.6. Yem Katkı Maddeleri	125

6.2. Karma Yem	126
6.2.1. Karma Yem ve Önemi	126
6.2.2. Ülkemizde Karma Yem Sanayiinin Gelişimi	127
6.2.3. Karma Yem Teknolojisi ve Özellikleri	129
6.2.4. Karma Yem Üretimi	130
6.2.4.1. Yem Fabrikasının Kuruluş Yeri ve Yapısı	130
6.2.4.2. Yem Fabrikasının Çalışma Tekniği	131
6.2.4.3. Karma Yem Fabrikasının Bölümleri	131
6.2.5. Ülkemizde Karma Yem Üretim Düzeyi ve Kullanımı	133
7. ÇİFTLİK HAYVANLARININ BESİN MADDE GEREKSİNİMİ	136
7.1. Besin Madde Gereksinmesinin Saptanması	136
7.1.1. Yaşama Payı	136
7.1.1.1. Yaşama Payı Enerji Gereksinmesi	137
7.1.1.2. Yaşama Payı Protein Gereksinmesi	143
7.1.2. Verim Payı Gereksinimleri	145
7.1.2.1. Gebelik	145
7.1.2.2. Süt	146
7.1.2.3. Canlı Ağırlık Değişimi	147
7.1.2.4. Büyüme (Besi/Semirtme)	148
7.1.2.5. Yumurta	152
7.1.2.6. Kıl, Tiftik ve Yapağı	154
7.2. Besin Madde Gereksinmesinin Karşıllanması	154
7.2.1. Yem Tüketimi ve Kontrolü	155
7.2.2. Yem Tüketimini Etkileyen Faktörler	156
7.2.2.1. Hayvanın Fizyolojik Durumu	156
7.2.2.2. Yem ve Yemleme	156
7.2.2.3. Çevre Koşulları	157
8. RASYON HAZIRLAMA	159
8.1. Rasyon Hazırlamada Temel Prensipler	159
8.2. Rasyon Hazırlama Teknikleri	159
8.2.1. Deneme Yanılma Yöntemi	160
8.2.2. Pearson Kare Yöntemi	160
8.2.3. Cebirsel Yöntem	161
8.2.4. Doğrusal (linear) Programlama Tekniği ile Rasyon Hazırlama	161
8.2.5. Endüşük Maliyetli (Least-cost formulation) Rasyon Formülasyonu	161

1. GİRİŞ

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 gereksindiği 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 etkiye bulunmak hayvan beslemenin temel prensiplerini iyi bilmek ve yetiştiriciliği yapılan hayvanlar için uygun yemler ve/veya yem karmaları kullanmak suretiyle mümkündür.

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? Hayvanların beslenme şekilleri, besin madde gereksinimleri ve yemler iyi bilinmeden hayvanların rasyonel bir şekilde beslenmesi mümkün değildir. Rasyonel beslemenin temel koşulu ise, yetiştiriciliği yapılan hayvanın iyi tanınması, beslenme özelliklerinin iyi bilinmesi, yem ve yem teknolojisi konularında yeterli bilgiye sahip olunmasıdır. Bunun yanı sıra yoğunluğunu giderek artıran araştırma çalışmaları sonucunda elde edilen yeni bilgilerin bu kişiler tarafından izlenerek uygulamaya aktarılması da en az temel koşul kadar zorunludur.

Mevcut ders notu içerisinde öncelikle hayvan besleme biliminin tarihsel gelişimi özetlenmiş, çiftlik hayvanlarının beslenme özellikleri açısından sınıflandırılması yapılmış, temel besin maddeleri hakkında gerekli bilgiler verilmiş, yemin tanımı yapılarak yemlerin besleme değerini etkileyen faktörler incelenmiş, çiftlik hayvanlarının beslenmesinde kullanılan yemler özetlenmiş, son bölümde ise çiftlik hayvanları için rasyon hazırlama prensipleri ve teknikleri üzerinde durulmuştur.

2. HAYVAN BESLEME BİLİMİ ve TARİHSEL GELİŞİMİ

Hayvansal üretimde et, süt, yumurta, yapağı gibi ürünlerin elde edilebilmesi için hayvanın fonksiyonlarını ve gereksinmelerini tam olarak bilmek ve ona göre uygun bir şekilde beslemek gerekmektedir. Tarımsal üretimin (hayvansal ve bitkisel üretim) temel unsuru insanların sağlıklı bir şekilde beslenmesidir.

Mevcut sistem içinde bitkinin iyi beslenmesi hayvanın iyi beslenmesini, bitki ve hayvanın iyi beslenmesi de insanların kaliteli tarımsal ürünlerle beslenebilmesinin ana koşuludur.

Bu durumda besleme bilimi nedir? Sorusu karşımıza çıkmaktadır. Besleme bilimi insanlık tarihi kadar eski bir bilim dalıdır. Sözlük anlamı; **canlı hücreye hayatını devam ettirmesi ve verim verebilmesi için besin madde temini ve kullanımını sağlayan bir dizi olay** olarak tanımlanabilir.

Hayvan beslemenin modern tanımı ise, **hayvansal hücrelerin yaşama, büyüme, iş, verim ve üreme gibi hayati faaliyetlerinde yer alan bir çok metabolik reaksiyonların optimum seyri için dıştaki kimyasal ortamdan gerekenlerin sağlanması işidir**. Besleme; basit anlamda **hayvanların gereksinmesini karşılayacak yemlerin (rasyonun) ekonomik olarak hayvanlara sağlanması faaliyetidir**.

Bunun için;

- 1) hayvanların besin madde ihtiyaçları ve bunu etkileyen faktörlerin,
- 2) yemlerin besin madde kompozisyonlarının,
- 3) bu besin maddelerinin yararlılıklarının (sindirilebilirlikleri ve metabolize edilebilirlikleri),
- 4) yemlerin antibesinsel içeriklerinin iyi bilinmesi gerekir.

Besleme bilimi, sadece besin maddeleri, onların fonksiyonları, mevcudiyetleri ve aralarındaki interaksiyonlarla ilgilenmez, ayrıca, hayvan davranışları, sindirim fizyolojisi, biyokimya, analitik kimya konularını da kısmen içine alan bir bilim dalıdır. Doğrudan ilgili bu bilim dalları yanında, tarla bitkileri üretimi, toprak bilimi, endokrinoloji, farmakoloji, bakteriyoloji, genetik, metabolik hastalıklar konusundaki bilim dallarıyla da yakından ilgilidir.

Hayvan Besleme Biliminin gelişim seyri aşağıdaki dönemlere göre değerlendirilebilir.

- 1) Doğal (naturalistik) dönem (MÖ-400, MS 1750)
- 2) Analitik (kimyasal) dönem (1750-1900)
- 3) Biyolojik dönem (1900- ve sonrası)
- 4) Moleküler veya hücresel dönem (1955 ve sonrası)

2.1. Doğal (naturalistik) Dönem (MÖ 400-MS 1750)

Bu dönemde yiyecekler; kozmetik maddeleri, ilaç, sihirli maddeler, tabular olarak değerlendirilmiştir. Örnek; yağlar saç büyümesini uyarmak için kullanılmıştır. Kısmen gıdalar ve hastalıklar arasındaki ilgiler kavranmıştır.

Bir kısım dini ve tarihi yazıtlarda göz hastalıklarının tedavisinde karaciğer suyunun kullanıldığı bilinmektedir (vitamin A içeriği yüksek).

15. Yüzyılda **Santarious** İtalyada kendisini yemekten önce ve sonra tartmıştır. İlk canlı ağırlık kazancı bu tarihlerde belirlenmiştir. Ayrıca yemekten sonraki bir kısım ağırlık kaybını terleme ile açıklamıştır.

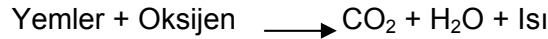
16. Yüzyılda **Skorbut hastalığı** ve **Vitamin C** ilişkisi ortaya konmuştur.

1535'te **Jacques Cartier'e** (Fransız denizci) Amerika yerlileri tayfalarında görülen hastalığın (skorbut) tedavisi için bir kısım yaprak çaylarını önermişler ve faydalı olduğunu gözlemişlerdir.

1747'de **James Lind** (İngiliz Deniz Kuvvetlerinde bir doktor) **skorbut hastalığı** için ilk bilimsel deneyi yapmış, hastalığın tedavisinde deniz suyu, sülfirik asit, sirke ve turunçgil suyu kullanmıştır. İngilizler bu tarihten sonra denizlerde üstünlük sağlamışlardır.

2.2. Analitik Dönem (1750-1900)

1770-1796 **Antoine Lavoisier** yemlerin metabolize edildiğini keşfetmiş ve böylece besleme ve kimya biliminin babası olarak anılmaya başlamıştır. **Lavoisier**, yaptığı bilimsel denemelerinde solunum, oksidasyon ve kalorimetre konularını incelemiştir.



Buz içeren bir kutuya kobay (guinea domuzu) koymuş, eriyen buzu kaydederek hayvanların çevreye yaydığı ısıyı belirlemiştir. 1840'ta **Justus Liebig (Alman)** yemlerin besleyiciliğinin azot içeriği ile ilgili olduğunu göstermiştir.

1871'de **Dumas (Fransız)** yağ, karbonhidrat, protein ve minerallerden sentetik süt yapmaya çalışmış, bebeklerde kullanmış; ancak bebeklerin öldüğünü gözlemiştir (Almanlar Paris'i kuşattığında).

1881-1906 yılları arasında **Lunin (Alman)** kazein, laktoz, yağ ve mineraller kullanarak yapay süt yapmış ve fareleri beslemiştir. Yapay süt ve normal süt gruplarında benzer sonuçlar almıştır.

1897'de **Christian Eijkman (Alman)** Java'da beriberi hastalığına karşı kahverengi pirincin etkili olduğunu saptamıştır. Öte yandan, parlatmanın bir avantajından insanlar o dönemde yararlanmaya başlamışlar; parlatma ile yağ içeriği fazla olan kepek uzaklaştırıldığından pirincin dayanıklılığı artırılmıştır. Daha sonra ise pirinç kepeğinin B₁ vitamini (thiamin) içerdiği saptanmıştır.

2.3. Biyolojik Dönem (1900 ve sonrası)

1912'de **E.V.McCollum (Amerikalı)** koyun keçi, sığır gibi hayvanlar yerine farelerle çalışmaya karar vermiş ve böylece fareler ilk defa deney hayvanı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Çünkü fareler deney hayvanı olarak; barındırılması ve beslenmesi kolay ve ucuz, aynı zamanda hızla sonuç veren hayvanlardır.

1912'de **Dr.Casmir Funk** hayati aminleri "**vitamin**" olarak nitelemiştir.

2.4. Moleküler Dönem (1955 ve sonrası)

Esansiyel besin maddeleri ve fonksiyonları ortaya konmuştur. Enzim ve hormonların bir parçası olarak vitamin ve minerallerin durumu aydınlatılmıştır.

2.5. Yeni Dönem Besleme Çalışmaları

Günümüz besleme çalışmalarını kapsayan bu dönemde, aşağıdaki konu başlıkları üzerinde araştırmalar yoğunlaşmıştır.

- 1)** Besin maddelerinin birbirleri ve bir kısım etkin maddelerle ilişkileri,
- 2)** Besin maddeleri ve dejeneratif hastalıklar arasındaki ilişkiler (kanser, kalp ve dolaşım hastalıkları)
- 3)** Yemler, yemlerin veya besin maddelerinin veriliş şekli ve vücut kompozisyonu arasındaki ilişkiler.

3. SİNDİRİM SİSTEMİ VE BESLEME

Sindirim sistemi besinlerin parçalanması, emilmesi ve değerlendirilmesi ile ilgili olduğu için besleme ile birlikte ele alınması gereken bir konudur. Sindirim sistemini oluşturan değişik organlar ve bezler, yemlerin yakalanması, çiğnenmesi ve yutulması ve besinlerin sindirimi ve emilimi fonksiyonlarını yerine getirmektedirler.

Sindirim; yemlerin emilim için hazırlanması şeklinde de kolay bir şekilde tanımlanabilir. Sindirim,

- 1) Çiğneme ve sindirim sisteminin değişik kısımlarındaki kasların kasılması gibi **mekanik olayları**,
- 2) Midedeki asit ve incebağırsakta safranin etkisi gibi **kimyasal olayları**,
- 3) Sindirim sisteminin değişik kısımlarından ve mikroorganizmalar tarafından salgılanan **enzimlerin** aktivasyonu gibi **enzimatik olayları** içerir.

Değişik sindirim olaylarının genel fonksiyonları, yemlerin emilebilecek kadar küçük molekül boyutlarına indirgenmesi veya çözünebilir hale getirilmesidir. Hayvanların parçalanmış ve emilebilir boyutlara indirgenmiş besin maddelerinden yararlanabilmesi onların sindirim sisteminden emilmesine bağlıdır.

Emilim (**absorbtion**), küçük moleküllerin sindirim sistemindeki zarlardan kan veya lenf dolaşımına geçmesine izin veren bir dizi olayları içerir. Bu olaylarda basit difüzyon, konsantrasyon farkı ve enerji kullanan bazı aktif taşıma mekanizmaları rol oynar.

3.1. Sindirim Sistemi Anatomisi ve Fonksiyonu

Sindirim sistemi, yemlerin alınması, sindirimi ve hayvan vücudu tarafından üretilen bazı artık maddelerin atılması için kullanılan iki ucu açık tüp şeklinde hayati bir yapıdır. Sindirim sisteminin esas fonksiyonu yaşam için gerekli besin maddelerinin sindirmek ve hayvana potansiyel olarak zararlı olabilecek bazı maddelerin organizmaya alınmasını engellemektir. Sindirim sisteminin genel fonksiyonları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- 1) Alınan yemlerin depolanması ve taşınması,
- 2) Yemlerin sindirimi,
- 3) Hidrolize edilen besin maddelerinin emilimi,
- 4) Sindirilemeyen maddelerin ve metabolik atıkların boşaltımı,
- 5) Mikrobiyal sızmalara ve zararlı maddelere karşı organizmayı koruma.

3.1.1. Sindirim Sistemi Tipleri

Çiftlik hayvanlarında sindirim sistemlerinin farklılığında anatomik ve sindirim stratejilerindeki farklılıklar önemli rol oynamaktadır. Çiftlik hayvanlarında sindirim sistemleri;

anatomik yapıları bakımından;

- 1) Tek Mideliler (kedi, köpek, domuz),
- 2) Çok Mideliler (Geviş Getirenler=Ruminantlar, sığır, koyun, keçi),
- 3) Kanatlı Hayvanlar (Tavuk, hindi, deve kuşu),
- 4) Ruminat olmayan herbivorlar (at, tavşan) diye 4 gruba ayrılırken,

tükettikleri yemler bakımından ,

- 1) Carnivore (etobur, kedi köpek),
- 2) Herbivore (otobur, at, tavşan, fil gibi)
- 3) Omnivore (et ve ot tüketen, domuz gibi) olarak 3 grupta sınıflandırılırlar.

Çiftlik hayvanlarını sindirim sistemindeki mikrobiyel aktivite bakımından da gruplamak mümkündür. Bu bakımdan,

- 1) Ön mide Fermentörleri (Pregastrik Fermentötler, sığır, koyun, keçi),
- 2) Kalınbağırsak Fermentörleri (At)
- 3) Körbağırsak Fermentörleri (tavşan, tavuk, deve kuşu) olarak 3 grupta sınıflandırılırlar.

Etobur hayvanların rasyonları et, balık ve böcek gibi bitkisel olmayan materyallerden oluşmaktadır. Bunlar kıllar, tüyler ve yıkıma dirençli diğer proteinler ve kemik dışındaki besleyici ve yüksek sindirilebilirliğe sahip olan ürünlerdir.

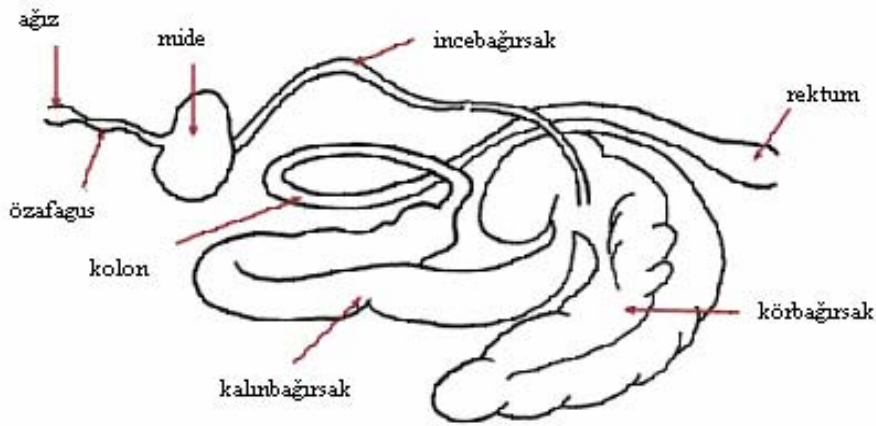
Etobur hayvanların sindirim sistemleri tek midelilerin temsil eder ve nispeten kısa ve kompleks olmayan bağırsağa sahiptirler. Kalınbağırsak da kompleks değildir ve torbalaşma yoktur.

Etobur hayvanların sindirim sisteminde fermantasyon (selüloz sindirimi, mikrobiyel faaliyetler) olayları daha çok kalın ve körbağırsaklarda gerçekleştiğinden bunlar **kalın ve körbağırsak fermentörleri** olarak adlandırılmaktadırlar. Fakat selüloz sindirimi diğer türlerle karşılaştırıldığında oldukça sınırlıdır. Çoğu omnivor ve etobur (karnivor) hayvan tarafından tüketilen selülozun besin olarak önemi olmamakla birlikte selüloz, sindirim sisteminde doluluk sağlamak sureti ile tokluk hissinin oluşmasına yardımcı olur.

Omnivor ve herbivor hayvanların kör ve kalınbağırsakları bitkisel dokulardan yararlanabilmek için avantaj sağlamaktadır. Domuz ve ratlar hem et, hem de otobur olan hayvanlar için en iyi iki örnektir. Domuzlar uzun fakat, basit bir incebağırsağa, orta boyutlu bir körbağırsak ve torbalaşmış bir kalınbağırsağa sahiptirler. Bu nedenle hem insan, hem de domuzlar **kalınbağırsak fermentörleri** olarak sınıflandırılırlar (Şekil 3.1). Bununla birlikte ratlar kısa fakat, basit bir incebağırsağa, genişlemiş bir körbağırsağa ve torbalaşmamış bir kalınbağırsağa sahiptirler. Bunlarda **körbağırsak fermentörleri** olarak sınıflandırılırlar. Bu iki türde fermantasyon olayları daha çok sindirim sisteminin aşağı kısımlarında değişen oranlarda gerçekleşir.

Koyun, midilli ve tavşan selülozlu yemleri sindirebilme bakımından oldukça farklılıklara sahip otobur hayvanlardır. Koyun ruminant hayvanlar grubuna girmektedir. Koyun, büyük ve kompleks bir mide, basit bir incebağırsak, nispeten geniş bir körbağırsak ve oldukça kısa bir kalınbağırsağa sahiptir. Bu nedenle selülozlu materyallerin sindirimi bakımından hem **ön mide fermentörleri**, hem de **körbağırsak fermentörleri** grubuna girmektedirler.

At küçük, basit bir mide, nispeten kısa bir incebağırsak, fakat, geniş bir körbağırsak ile çok geniş, torbalaşmış bir kalınbağırsağa sahiptir. Diğer taraftan tavşan orta büyüklükte bir mide, nispeten kısa ve basit bir incebağırsak, fakat geniş, torbalaşmış bir körbağırsak ve orta boyutta torbalaşmamış bir kalınbağırsağa sahiptir. Hem atta, hem de tavşanda sindirim sisteminin aşağı kısımlarında büyük miktarda fermantasyon gerçekleşmektedir.



Şekil 3.1. Kalın ve körbağırsak fermentörü grubunda yer alan hayvanlarda sindirim sistemi

Bütün bu hayvanlar arasında ruminant sınıfında değerlendirilenler selüloz ve diğer karbonhidratları daha iyi sindirebilme kabiliyetine sahip olduklarından diğer gruplardan ayrılmaktadırlar. At, gergedan ve fil gibi büyük otobur hayvanlarda selüloz sindirimi kalınbağırsaklarda gerçekleşmektedir. Bu hayvanların yemleri de ruminantlarınkı kadar selülozudur, fakat bunlar düşük kaliteli yemleri daha az sindirebilmelerine rağmen fazla yem tüketerek bu olumsuzluğu telafi etmektedirler.

Büyük oranda körbağırsak fermentasyonuna bağımlı olan tavşan gibi hayvanlarda bu özellikle birlikte dışkı tüketme (**kaprofaj=caprophagy**) de görülmektedir. Bu tip adaptasyonlarda iki tip dışkı gözlenir. Sadece daha ince olan dışkı hayvan tarafından tüketilir ve sindirim sisteminde yeniden değerlendirilir. Sindirim sistemindeki mikrobiyel aktivite ve kaprofaj tavşana vitamin ve amino asit gereksinimlerinin tam olarak karşılanmasını sağlar.

3.1.1.1. Tek Mideli Hayvanlar (Monogastrik Hayvanlar)

Tek mideli hayvanlarda sindirim sistemi ağız, dişler, mide, incebağırsaklar, kalın ve körbağırsaklardan oluşur (Şekil 3.2).

Ağız ve Dişler

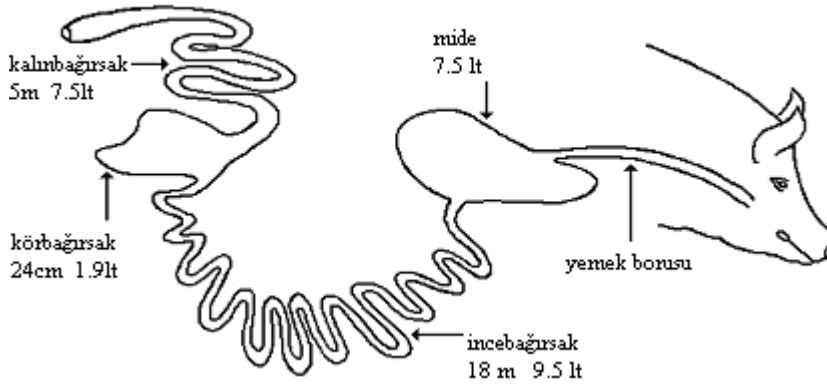
Ağız ve ağızla birlikte olan dudak, dil ve dişler yemlerin yakalanması ve çiğnenmesi için kullanılmaktadır. Bununla birlikte bu organların kullanım derecesi hayvan türüne ve yemlerinin doğasına bağlıdır. İnsan ve domuz gibi omnivorlar, kesici dişlerini esas olarak besinlerini parçalamak için kullanırlar. Azı dişler lifli olmayan besinlerin çiğnenmesine adapte olmuşlardır. Dil nispeten çok az kullanılır. Etobur hayvanlarda köpek dişleri besinleri yırtmak, koparmak için kullanılırken, azı dişler keskin ve kemiklerin parçalanması ve kısmi çiğneme için kullanılır.

At gibi otobur hayvanlarda ön dişler otları kırmak için ve azı dişler kısmen düz bir yüzeye sahip olup bitkileri öğütmek için kullanılır. Çeneler hem düşey, hem de yatay hareketlerle bitkilerin selülozlu yapılarının etkin bir şekilde parçalanması için kullanılır. Kemirgen hayvanların ön kesici dişleri hayvanın hayatı boyunca gelişmeye devam eder. Hayvan bu dişleri fındık, ceviz gibi sert kabuklu materyalleri kemirmek için kullanır.

Çiğneme olayında, tükürük eklenir. Tükürük özellikle çene altındaki, dil altındaki ve kulakların altındaki (parotid) çift taraflı 3 bez çiftinden salgılanır. Tükürük besinlerin kolayca

yutulabileceği lokma şekline gelmesine, ağzın nemli tutulmasına ve enzimatik sindirimin başlaması için bir enzim kaynağı olarak hizmet eder.

Çiğnemenin fonksiyonu yemleri parçalamak, öğütmek, yüzey alanını artırmak, sindirim enzimleri ile yemlerin temas alanını artırmak ve yutmayı kolaylaştırmaktır.



Şekil 3.2. Tek midelilerde sindirim sistemi

Mide

Tek midelilerde mukoza dokusu farklı tipte salgı bezleri içeren farklı bölümlerden oluşmuştur. Midenin **kardiak (cardiac)** bölgesindeki hücreler esas olarak mideyi mide salgılarına karşı korumak amacıyla **müküs** üretirler. Midede salgılanan müküs mide duvarını kaplayarak mide duvarının iç yüzeyindeki epitel dokuyu asit ve pepsinin etkisine karşı korur. Peptik salgı bölgesi **asit, enzim** ve **müküs** karışımından oluşan bir salgı üretir. Peptik salgı bölgesi iki tip hücreden oluşmuştur. Bunlar **peptik** hücreler ve pariyetal (**parietal**) veya oksintik (**oxyntic**) hücrelerdir. Peptik hücrelerden proteolitik enzimler (pepsinojen), pariyetal hücrelerden ise HCl asit salgılanmaktadır. Pilorik (pyloric) bölgede ayrıca müküs üreten hücreler de vardır.

Mide de salgılanan hidroklorik asit aşağıdaki fonksiyonları yerine getirir;

- 1) Proteinleri denatüre eder ve midede daha uzun süre kalmasını sağlayarak protein sindirimini iyileştirir.
- 2) Pepsinojenin pepsine dönüşümünü sağlar.
- 3) Pepsinin aktivitesini gösterebilmesi için mide asitliğini düşük tutar.
- 4) Yemlerle gelen patojen mikroorganizmaları öldürür.
- 5) Yemlerdeki minerallerin çözünmesine katkıda bulunur.

İncebağırsaklar

Farklı türlerde incebağırsağın oransal uzunlukları büyük oranda değişim göstermektedir. Domuzlarda nispeten uzundur (15-20 m), fakat köpeklerde oldukça kısadır (4 m). İncebağırsak 3 bölümden oluşmaktadır. Bunlar; duodenum, jejunum ve ileumdur.

Duodenum (onikiparmakbağırsağı), farklı sindirim salgılarının üretildiği incebağırsağın ilk ve kısa bir kısmıdır. Ayrıca pankreastan ve safra kesesinden bir kısım sindirim sıvıları da duodenumun midenin pilor bölgesine yakın kısmına boşaltılmaktadır. Bazı hayvan türlerinde

karaciğerdeki safra kanalları ve pankreasın boşaltıcı kanalları birleşerek genel bir safra yolu oluştururlar ve içeriklerini duodenuma boşaltırlar. Diğer türlerde ise safra ve pankreas salgısı ayrı kanallarla duodenuma açılır. Duodenumda dikkate değer oranda bir emilim gerçekleşir. İncebağırsaklar sindirim sisteminde emilimin en fazla gerçekleştiği yer olarak bilinir. Jejunum incebağırsağın orta bölümüdür. İleum ise incebağırsağın körbağırsakla kesiştiği yerde biten son bölümdür. Jejunumda bir miktar sindirim ve absorpsiyon gerçekleşmekte, ileumda ise çoğunlukla emilim söz konusu olmaktadır. İncebağırsakta bulunan sindirim sıvıları ve fonksiyonları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

İncebağırsak, özellikle de duodenum bölümü, daha önce de değinildiği gibi çok önemli düzeyde emilimin olduğu bir alandır. İncebağırsakların iç yüzeyi, emilim alanını artıran **villi** denilen çıkıntılı yapılarla kaplıdır. Her bir villi bir küçük arter (**arteriol**), bir küçük toplar damar (**venul**) ve lenf sistemine geçişi sağlayan bir lenf kanalcığı (**lacteal**) içerir. Küçük toplar damarlar doğrudan karaciğere giden portal dolaşıma boşalırlar. Lenf sistemi torasik kanal (**toracic duct**) vasıtasıyla geniş bir ven olan **vena cava**'ya boşalır.

Çizelge 3.1. İncebağırsağa Boşaltılan Sindirim Sıvıları ve Fonksiyonları.

Enzimler	Fonksiyonu	Kaynağı
Tripsin	Proteinleri parçalar	Pankreastan salgılanırlar
Kimotripsin	Proteinleri parçalar	Pankreastan salgılanırlar
Karboksipeptidazlar	Proteinleri parçalar	Pankreastan salgılanırlar
Pankreas amilazı	Karbonhidratları parçalar	Pankreastan salgılanırlar
Lipaz	Lipitleri parçalar	Pankreastan salgılanırlar
Disakkaridazlar	Disakkaritleri parçalarlar	İncebağırsaklardan salgılanır
Dipeptidazlar	Dipeptidleri parçalar	İncebağırsaklardan salgılanır

İncebağırsakların fonksiyonları;

- 1) Alınan besinlerin sindirim sisteminde akışını kontrol etmek. Dalga şeklindeki kontraksiyonlarla bağırsak içeriğinin sindirim sisteminin aşağı kısımlarına taşınmasını sağlar.
- 2) Kimyasal ve enzimatik sindirimi gerçekleştirmek. Bağırsaklardan ve ilgili bezlerden salgılanan sindirim sıvılarında bulunan örneğin safra gibi maddelerle yağların sindirimine katkıda bulunarak kimyasal sindirim, pankreastan ve bağırsak bezlerinden salgılanan enzimlerle de enzimatik sindirimin gerçekleştirilmesini sağlar.
- 3) Besin maddelerinin emilimlerini gerçekleştirmek. Basit şekerlerin, amino asitlerin, yağ asitlerinin, minerallerin ve suyun emilmesini sağlar.

Sindirim sistemleri çok farklı olan hayvan türleri arasında en az farklılık gösteren organ incebağırsaklardır. Fonksiyonu da bütün türlerde benzerdir. Ancak boyut olarak, beslenme şekline göre türler arasında bir kısım farklılıklar mevcuttur.

Diğer taraftan pankreas ve karaciğer ürettikleri sindirim salgıları nedeniyle sindirim açısından hayati önem taşımaktadırlar. Safra karaciğerden salgılanır ve yağları emülsifiye ederek pankreastan salgılanan lipazın daha etkin olarak lipitleri parçalamasına katkıda bulunur. Karaciğer, safra üretimi, bazı metabolitlerin sentezi ve toksik materyallerin detoksifikasyonu için çok önemli ve aktif bir organdır. Ayrıca bir çok vitamin (özellikle yağda eriyen vitaminler) ve iz elementlerin de depolandığı bir yerdir.

Kalın ve Körbağırsaklar

Kalınbağırsaklar, caecum (**körbağırsak**), colon (**kalınbağırsak**) ve rectum (**kalınbağırsağın anüs ile birleştiği kısım**)'dan oluşur. Bu organların oransal büyüklükleri farklı hayvan türlerinde büyük farklılıklar gösterir. Ergin bir domuzda kalınbağırsaklar 4-4.5 m dir ve incebağırsağa oranla dikkate değer oranda daha geniş bir çapa sahiptir. Körbağırsağın uzunluğu ve çapı da çok değişkendir. Genellikle otobur hayvanlarda, omnivor ve etobur hayvanlarınkinden daha geniştir ve sindirim açısından çok önemli bir organdır.

Genel olarak kalınbağırsak, suyun ve uçucu yağ asitlerinin emilim yeridir. Körbağırsak ve kalınbağırsakta dikkate değer miktarda mikrobiyel fermentasyon meydana gelmektedir. Atların körbağırsağından uçucu yağ asitleri, bazı peptidler, bazı mineraller (Na, Cl) ve diğer bazı küçük moleküller emilebilmektedir. Bu alan at ve tavşan gibi türlerde suda eriyen bazı vitaminler ve bazı proteinlerin sentezi için hayati önem taşımaktadır. Ancak bu alanlardan emilen besin maddelerinin, sindirim enzimleri ile muamele görmediklerinden organizmaya yararlılıkları çok sınırlı kalır. Sadece tavşanlar kaprofaji (kendi dışkısını tüketme) nedeniyle bu alandaki sentezden yararlanabilmektedir. Kalın ve körbağırsak aynı zamanda atıkların depolandığı bir alan olarak da hizmet ederler.

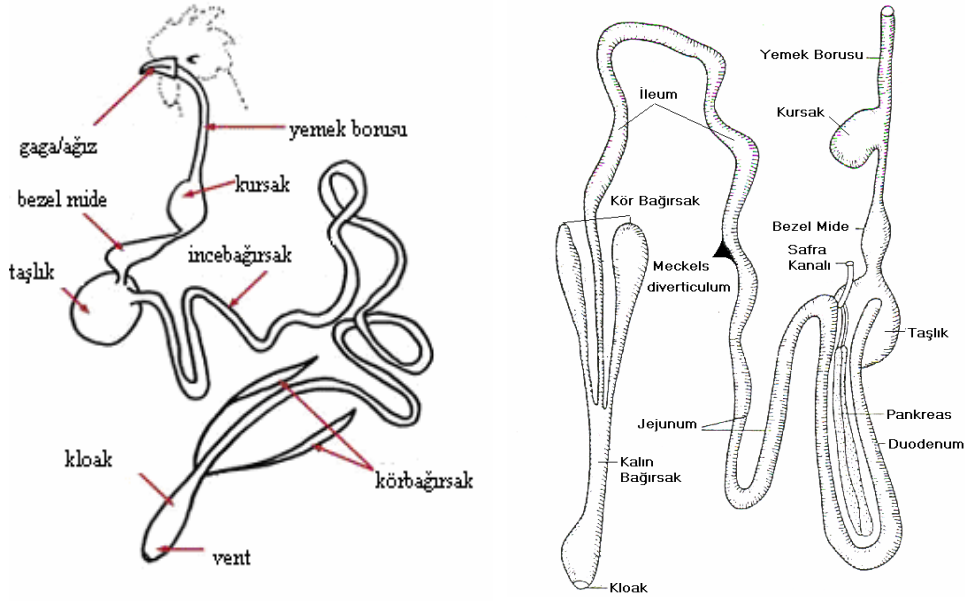
Kanatlı Hayvanlar

Kanatlı hayvanların sindirim sistemleri tipik basit mideli hayvanlardan anatomik bakımından çok önemli farklılıklar gösterir (Şekil 3.3). Kanatlılarda diş yoktur. Dişlerin yerini **gaga** ve **pençe** almıştır. Alınan yemler gaga ve pençeler tarafından kısmen parçalanır ve değişik boyutlarda yutulur.

Bazı böcek tüketen kuşlarda kursak olmamasına rağmen diğerlerinde farklı boyutlarda **kursak** mevcuttur. Alınan yemler doğrudan kursağa gider. Burada depolanır, ıslatılır ve kısmen fermente olur. Kursaktaki sindirim ve emilim yok denecek kadar azdır.

Kursaktan sonra besinler tek midelilerdeki asıl mideye tekabül eden **proventriculus** (bezel mide)'e geçer. Bezel midede asit salgısı ve proteolitik aktivite vardır. HCl salgısı memelilerden daha fazladır. Müküs sekresyonu da vardır. Bezel midede HCl asit ve sindirim enzimleri ile bulaşan besinler, çok hızlı bir şekilde bezel mideyi terk ederler ve kanatlılarda ikinci mide olan kaslı mideye geçerler. Bu nedenle kanatlı hayvanlarda bezel midedeki sindirim çok önemli düzeyde değildir.

Memelilerde dişlerin yaptığı mekanik sindirimin benzeri kanatlı hayvanlarda **taşlık** denen **kaslı midede** gerçekleşmektedir. Taşlığın en önemli görevi yemlerin parçalanmasını, ufulanmasını ve öğütülmesini sağlamaktır. Taşlıkta salgı yoktur; ancak bezel midede asit karakterdeki mide salgıları ile karışan besin maddeleri, 2-3.5 arasındaki pH'ya sahip bir içerik olarak kimyasal sindirime uğrarken, taşlığı kapsayan iki kuvvetli kasın hareketleri yardımı ile de fiziksel sindirime uğramaya başlar. Taşlığa gelen yemlerin hücre zarları da parçalanır ve böylece bezel mide kökenli sindirim enzimlerin etki güçleri de artırılmış olur. Kanatlı hayvanlara yemlerle birlikte küçük taş (grit) veya kum parçacıklarının verilmesi taşlığın parçalama görevini kolaylaştırmaktadır. Taşlık, ayrıca sindirim organları için bir baraj rolü oynamakta ve sindirilemeyen bazı maddeleri (kemik, odun, tüy) toplayarak ağız yoluyla dışarı atılmasını sağlamaktadır.



Şekil 3.3. Kanatlı hayvanlarda sindirim sistemi

İncebağırsaklarda memelilerin incebağırsaklarında bulunan enzimlerin çoğu bulunmaktadır. Ancak laktaz enzimi bulunmamaktadır. İncebağırsaklardaki pH hafif asittir. Buradaki proteolitik aktivite de bilinen proteolitik enzimlerin kombinasyonunun bir sonucudur.

Kanatlılardaki emilim mekanizmaları da memelilerinkinin aynısıdır. Kalın ve körbağırsaklar suyun emilim yeridir ve bir miktar mikrobiyel aktivite söz konusudur. Kanatlı hayvanlarda körbağırsak 2 tanedir. Buradaki mikrobiyal aktivite çoğu memelininkinden çok daha düşük düzeydedir. Kanatlılarda sindirilebilirlik selülozlu yemler almayan tek mideli hayvanlardakine benzerdir.

Kloak sindirim sisteminin ve üriner sistemin açıldığı bir odacıktır. Anüs sindirim sistemin ve üriner sistemin genel çıkış deliğidir.

3.1.1.2. Ruminantlar (Geviş getiren hayvanlar)

Ruminant hayvanlarda sindirim sistemi, ağız, dişler, 4 bölümlü mide, incebağırsaklar, kalın ve körbağırsaklardan oluşur (Şekil 3.4).

Ağız ve Dişler

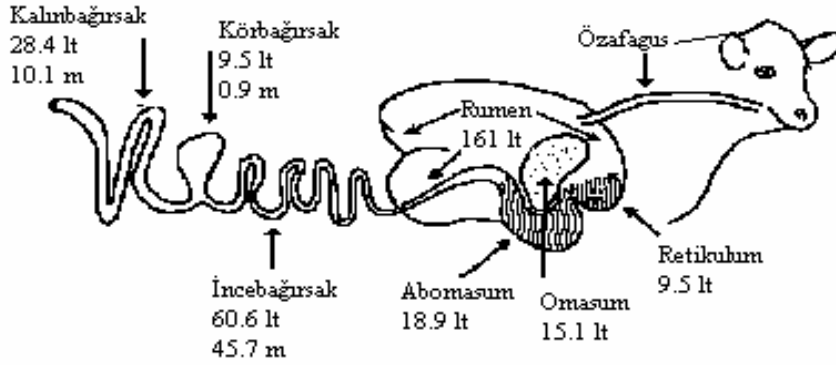
Ruminantlar diğer memelilerden farklı bir ağız yapısına sahiptirler. Üst çenede kesici dişler yoktur ve çok azında köpek dişleri bulunur. Bu nedenle ruminantlar yemleri yakalamak için dil ve dudakla birlikte üst çenedeki diş bloğu ile alt çenedeki kesicilere bağımlıdır. Ruminantlar kaba yem tüketenler, seçici davrananlar ve iki sınıfa da dahil olanlar olarak bölümlenebilirler. Bu farklı tipler yemleri yakalamayı kolaylaştırmak için dil hareketindeki ve dudak yapısındaki farklılıkları kullanırlar. Ruminant hayvanlar öyle bir azı dişi şekline ve aralığına sahiptirler ki bir seferde sadece çenenin bir tarafı ile çiğneme yapabilirler. Çenenin yatay hareketleri bitkisel liflerin parçalanmasına yardım eder. Ruminantlarda alt çenenin sağa-sola aşağı yukarı hareketi ve geniş azı dişi yüzeyleri alınan yemlerin çok etkin bir şekilde çiğnenmesini sağlar.

Geviş getirme (ruminasyon) ruminantlara özgü bir olaydır. Geviş getirme yarı sıvı mide içeriğinin yemek borusundan ağıza döndürülmesine, sıvıların yutulmasına, katı maddelerin yeniden çiğnenmesine ve yutulmasına izin veren, kusmanın kontrollü bir formudur.

Geviş getirme;

1. Regurjitasyon (rumendeki içeriğin yemek borusu aracılığıyla ağıza döndürülmesi),
2. Yeniden çiğneme ve tükürük üretimi,
3. Yeniden yutma,
4. Geri kalan mide içeriği için tekrar aynı olayların devamıdır.

Geviş getirme ön midelerin, yemek borusunun, diyaframın senkronize aktivitesiyle gerçekleştirilen bir olaydır. Ruminantlar yemlerin doğasına bağlı olarak günde 8 saat geviş getirirler. Kaba ve selülozlu yemlerde geviş getirme daha uzun sürer. Geviş getirmenin önlendiği durumlarda yem tüketiminde önemli düşüşler gözlenmektedir. Geviş getirme özellikle yabani hayatta hayvanların düşmanlarından korunmak için aceleyle yemlerini almalarına ve dinlenme sırasında onların yeniden çiğnenmesine izin vermesi yönüyle de önem taşımaktadır.



Şekil 3.4. Ruminantlarda sindirim sistemi

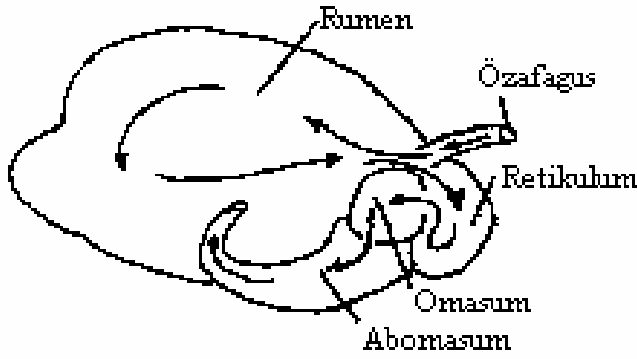
Ruminantlarda tükürük üretimi çok fazladır. Tükürük üretimi ergin bir inekte günde 150 litre ve ergin bir koyunda ise 10 litre gibi değerlere ulaşabilmektedir. Tükürük üretimi, yem tüketimi ve geviş getirme sırasında dinlenirken üretilenden daha fazladır. Ancak salgılama sürekli. Tükürük aynı zamanda rumen mikroorganizmaları tarafından kullanılabilir N (üre ve mukoproteinlerden), P ve Na kaynağı olarak da önem taşır. Alkali karakteri ile tükürük ruminantlarda güçlü bir tamponlayıcı güce sahiptir, rumen pH'sını istenilen sınırlarda tutulmasında önemli rol oynar.

Mide

Ruminantlarda mide kompleksinin sindirim sistemindeki oransal payı diğer türlerinkinden daha yüksektir. Ergin ruminantlarda toplam sindirim sistemi içeriğinin %65-85'i mide içeriğinden oluşabilmektedir (Şekil 3.5).

Ruminantların midesi;

1. Retikulum (**börkenek**),
2. Rumen (**işkembe**),
3. Omasum (**kırkbayır**)
4. Abomasum (**şirden**) olmak üzere 4 bölümden oluşur.



Şekil 3.5. Ruminantlarda mide kompleksi

Retikulum: Retikulum ve rumen birbirlerinden herhangi bir yapıyla tam olarak ayrılmamıştır. İç duvarı bal peteği şeklinde altıgen papillarla kaplı olan ön mide bölümüdür. Fakat, farklı fonksiyonlara sahiptirler.

1. Retikulum alınan yemlerin rumene veya omasuma taşınmasını sağlamakta ve geviş getirme sırasında rumen içeriğinin ağıza tekrar döndürülmesinde (**regurjitasyon**) rol almaktadır.
2. Mikroorganizmalar için rumenle birlikte iyi bir ortam oluşturur.
3. Yemlerle alınan yabancı cisimleri tutar. Hayvan tarafından alınan çivi, taş gibi yabancı cisimler bu bölümde tutulur.
4. Omasuma geçişi sağlayan bölümdür.

Rumen : Rumen büyük bir fermentasyon fişısı gibidir ve çok büyük bir mikrobiyel populusyona sahiptir. Ergin bir koyunda normal olarak 15-20 L, ergin bir sığırdaki ise 100-120 L bir hacme sahiptir. Ancak maksimum kapasiteleri bu miktarların 2 katına kadar çıkmaktadır. Rumen koşulları aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- a) Rumende oksijen oldukça düşük konsantrasyondadır. Rumende %65 CO_2 , %24 CH_4 , %7 N_2 , %0.6 O_2 , %0.2 H_2 ve %0.01 H_2S bulunmaktadır.
- b) Rumen sıcaklığı nispeten sabit olup 38-42°C arasında değişir.
- c) Rumen pH'sı da tükürükle sağlanan bikarbonat ve fosfat tampon sistemleri sayesinde 6-7 arasında kalmaktadır.
- d) Rumende bakteriler, protozoalar ve funguslar mevcuttur. 1 ml rumen sıvısındaki ortalama 16×10^9 bakteri bulunmaktadır. Bazı hallerde gr rumen içeriğinde 10^{10} - 10^{11} düzeyini aşabilmektedir. Protozoalar bakterilerden sayıca çok az olmalarına rağmen hemen hemen bakteriler kadar hacim işgal ederler. Nitekim, 100 ml rumen sıvısında 1600 mg bakteri yanında 1700 mg siliat bulunduğu bilinmektedir. Başka bir deyişle rumendeki mikroorganizma varlığının %48.61'ini bakteriler, %51.39'unu protozoalar oluşturmaktadır.

Rumendeki mikroorganizmalar, sindirim faaliyeti açısından ruminantlar için çok önemlidir. Rumendeki mikroorganizmaların fonksiyonları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

a) **Kaba yemleri sindirmek:** Memeliler β 1-4 glikozidik bağları parçalayacak enzimlere sahip değildirler. Bu nedenle çiftlik hayvanları selülozlu yemlerin sindiriminde mikroorganizmalara bağımlıdır.

b) **Protein sentezlemek:** Yemde bulunan protein tabiatında veya protein tabiatında olmayan azottan mikroorganizmalar kendi vücut proteinlerini sentezleyerek kaliteli mikrobiyal proteine dönüştürürler. Hayvanın protein gereksiniminin önemli bir kısmı mikrobiyal proteinle karşılanır. Bu nedenle ruminantlarda amino asitlerin esansiyelliği kavramı ortadan kalkmaktadır.

c) **B grubu vitaminler ve K vitamini sentezlemek:** Mikroorganizmalar hayvanlar tarafından sentezlenemeyen B grubu vitaminleri ve K vitamini sentezlerler ve konukçu oldukları hayvanın ihtiyacının bu şekilde karşılanmasına katkıda bulunurlar.

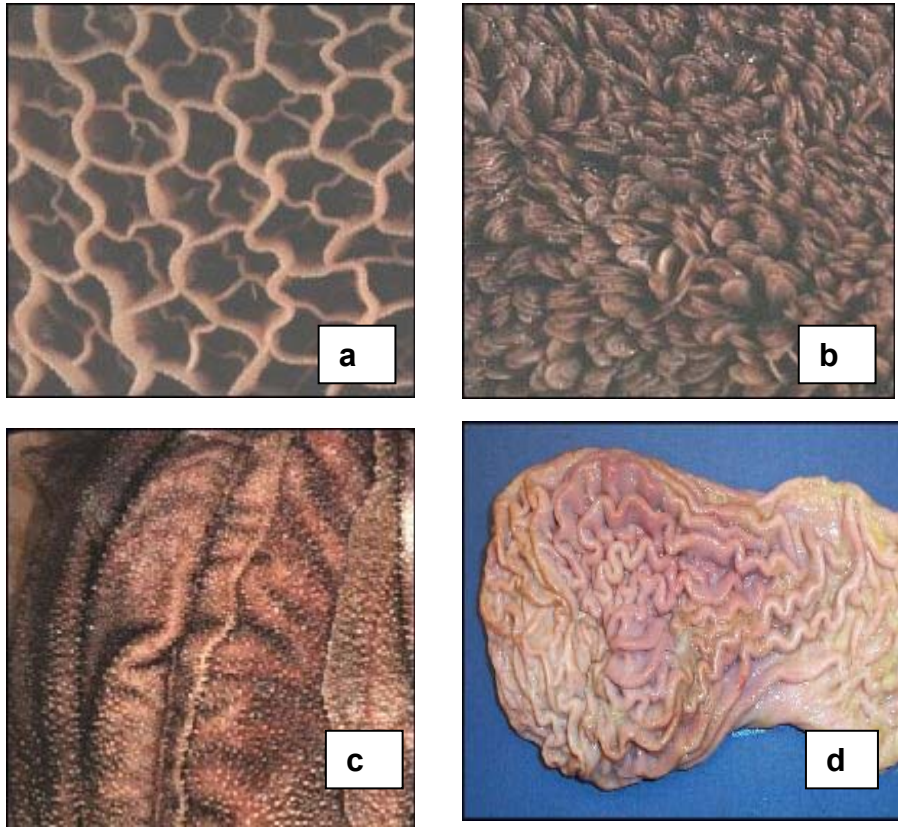
Geviş getiren hayvanların ön midelerindeki mikrobiyal aktivite önemli miktarda gaz üretmektedir. Üretilen bu gazlar elimine edilmek zorundadır. Bu nedenle geviş getiren hayvanlarda gaz çıkarma (**eruktasyon**) da önemli bir mekanizmadır. Bu mekanizma rumendeki gazları aşağı ve yukarı doğru zorlayan rumenin üst kesesinin kontraksiyonları ile birlikte gözlenmektedir. Bu kontraksiyonlar sırasında yemek borusu gevşemekte ve gazların çıkışına izin vermektedir. Gaz çıkarmada bir sorunla karşılaşılması şişme vakalarının (halk dilinde arpalama, daneleme) ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Geviş getiren hayvanlarda şişme rumendeki köpük oluşumunun bir sonucu olarak gözlenmektedir. Eğer yemek borusunun rumene girdiği kısımlarda köpük varsa gaz çıkarma inhibe edilmekte (önlenebilir) ve hayvanlarda şişen rumen akciğere baskı yaparak soluk alıp-vermeyi zorlaştırmaktadır. Şiddetli vakalarda ölüm söz konusu olabilir.

Omasum: Omasum alınan yemlerin partikül boyutlarının küçültülmesine yardımcı olur ve bunların sindirim sisteminin aşağı kısımlarına geçişini kontrol eder. Omasumda önemli düzeyde su emilimi söz konusudur. Ancak, fonksiyonları tam olarak anlaşılamamıştır ve bir kısım emilim olayları da burada meydana gelmektedir.

Abomasum: Abomasum fonksiyon bakımından tek midelilerdeki glandüler (bezel) mideyle eşdeğer kabul edilebilir. Pepsinojen ve HCl asit salgılanır.

Süt emen ruminantlarda, başka bir ifadeyle preruminant dönemdeki ruminantlarda ön mideler gelişmemiştir. Emilen süt yemek borusu oluğu vasıtasıyla rumen fermantasyonundan kurtularak doğrudan abomasuma ulaşır. Preruminant dönemde abomasum aktif midedir. Genç ruminantlarda midede rennin ve mide lipazı da salgılanmaktadır. Rennin sütü çok hızlı bir şekilde pıhtılaştırmakta ve Ca-kazeinat şeklinde çökeltilmektedir. Rennin genç ruminantların midesinden izole edilerek peynir yapımında kullanılmaktadır. Mide lipazı ise yağların sindirimini mide de başlatmaktadır.

Süt emen genç hayvanlar kesif ve kaba yem almaya başladıklarında ön mideler gelişmeye başlar kuzu ve oğlaklarda 8 haftalık yaşta, buzağılarda 6-9 aydan daha uzun sürede ergin boyutuna ulaşırlar. Genç ruminantlarda değişik çağlarda rumen-retikulumun omasum-abomasuma oranı Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

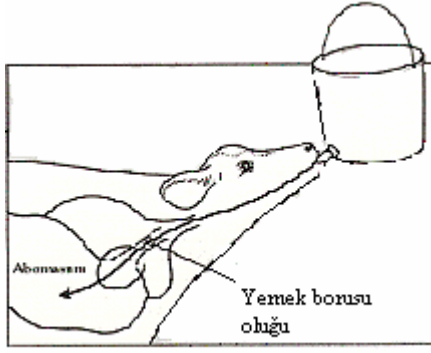


Şekil 3.6. Retikulum (a), rumen (b) ve omasum (c) epitellerinin ve abomasumun (d) görünümü

Çizelge 3.2. Genç Ruminantlarda Değişik Yaşlarda Rumen-Retikulum ve Omasum-Abomasumun Oransal Boyutları.

Yaş	Rumen-retikulum/omasum abomasum oranı	
	Rumen-Retikulum	Omasum-Abomasum
Doğumda	1	3
6 aylık yaşta	4	1
1 yaşında	8-10	1

Genç ruminantlarda daha önce de ifade edildiği gibi süt emme döneminde sütün doğrudan abomasuma geçişini retikular oluk (**reticular groove**) veya bazı araştırmacıların isimlendirdikleri şekliyle yemek borusu oluğu (**esophagal groove**) refleksi sağlar. Bu refleks yemek borusu, retikulum ve omasumun birlikte bir boru veya oluk oluşturmalarına neden olmaktadır. Bu yapının esas fonksiyonu emen hayvanlarda sütün retikulum ve rumene uğramadan mikrobiyal fermentasyondan kurtararak doğrudan omasuma geçmesini sağlamaktır (Şekil 3.7). Bu oluğun kapanması normal emme refleksiyle, bazı iyonlar ve sıvı içindeki bazı katı süspansiyonlarla uyarılabilir. Bu refleks yaşlı hayvanlar sıvı yem tüketmeye devam etmediği sürece kalıcı olmamaktadır. Hayvan yaşlandıkça ortadan kalkmaktadır.



Şekil 3.7. Yemek borusu oluşu

Bağırsaklar

Bağırsaklar nispeten uzundur. Sığırlar ve koyunlarda tipik değerler sırasıyla incebağırsak için 40 ve 24-25 m, körbağırsak için 0.7 ve 0.25 m ve kalınbağırsak için 10 ve 4-5 m'dir. İncebağırsaklarda enzimatik sindirim ve emilim söz konusudur. Protein ve karbonhidratların esas sindirim yeri incebağırsaklardır. Bunların sindiriminin son ürünleri de incebağırsaklarda emilir.

Ruminantlarda kalın ve körbağırsaklarda az miktarda mikrobiyal aktivite söz konusudur. Buralarda uçucu yağ asitleri, su emilmektedir. Az miktarda da küçük moleküller emilebilmektedir. Kör ve kalınbağırsakların en önemli fonksiyonlarından biri diğer türlerde olduğu gibi sindirim artıklarının depolanmasıdır.

3.1.2. Farklı Türlerde Sindirim Sisteminin Kapasitesi

Sindirim sisteminin oransal kapasiteleri türler arasında büyük farklılıklar gösterir (Çizelge 3.3). İnsanların sindirim sistemi diğer türlerle karşılaştırıldığında çok küçük kalmaktadır. Domuzlar basit mideli hayvanlar için çok büyük bir mide kapasitesine sahiptirler. Ruminantlar en geniş mideye sahip olan türlerdir. Mide kapasitesi yemin fiziksel yapısına, yem tüketiminden sonra geçen süreye göre çok değişkendir. Bağırsak uzunluğunun vücut uzunluğuna oranı ruminantlarda diğer türlere oranla çok daha büyüktür. Sindirim sistemi iç yüzeyinin vücut yüzeyine oranı bakımından da sığırlar en yüksek değeri vermektedirler (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.3. Farklı Türlerde Sindirim Sisteminin Oransal Kapasiteleri.

Hayvan	Oransal kapasite,%			Oranlar		
	Mide	İncebağırsak	Körbağırsak	Kalınbağırsak ve rectum	Bağırsak/vücut uzunluğu	Sindirim sistemi /vücut alanı
Sığır	71	18	3	8	20:1	3.0:1
Koyun	67	21	2	10	27:1	
Keçi						
At	9	30	16	45	12:1	2.2:1
Domuz	29	33	6	32	14:1	
Köpek	63	23	1	13	6:1	0.6:1
Kedi	69	15		16	4:1	0.6:1
İnsan	17	67		17		

Çizelge 3.4. Farklı Türlerde Sindirim Sisteminin Kapasiteleri.

Sindirim Organı	Koyun	Siğir	Domuz	At
Rumen, L	20-40	200-225	Yok	Yok
Retikulum, L	1.5	10-15	Yok	Yok
Omasum, L	0.5	4-8	Yok	Yok
Abomasum, L	6	10-15	Yok	Yok
Mide, L	Yok	Yok	7-8	7-10
İncebağırsak, L	10	60-70	10	45-55
İncebağırsak uzunluğu, m	25-27	40	18	21
Kalınbağırsak, L	6	40	10	110-130

3.1.3. Sindirim Sıvılarının Roller

Sindirim sıvıları bütün sindirim olaylarında çok önemli rollere sahiptirler. Tek mideli hayvanlarda ve kuşlarda tüketilen yemler körbağırsak ve kalınbağırsaklarda mikrobiyal fermentasyona uğramadan önce sindirim sıvılarının aksiyonlarına maruz kalırlar. Ruminantlarda sindirim sıvıları ön midelerdeki mikrobiyal sindirime ek olarak işlev yaparlar.

Sindirim sisteminde mevcut değişik enzimler, orijinleri, etkili olduğu maddeler ve son ürünlerine ilişkin bilgiler, Çizelge 3.5’de sunulmuştur.

Tükürükte az miktarda enzim mevcuttur. Bezel mide (abomasum veya proventriculus) proteolitik enzimlerin ve HCl asit salgısının ana kaynağıdır. Pankreas, proteinler, yağlar ve karbonhidratlar üzerinde etkili olan sindirim enzimlerinin önemli bir kaynağıdır. Duedonumun duvarlarındaki bezler de proteinler, yağlar ve karbonhidratlar üzerinde etkili olan enzimler salgılamaktadırlar. Mikroorganizmaların gelişip çoğalabildiği sindirim sistemi alanlarında mikrobiyal orijinli enzimler bulunmaktadır. Bezel midedeki enzimler peptik bezel bölgeden mide içerisine boşaltılmaktadır. Pankreatik salgılar safra kesesinden (eğer safra kesesi varsa) veya karaciğerden gelen kanalla birleşen bir kanal vasıtasıyla duedonuma boşalır.

Amilolitik enzimlerden tükürük amilazı bazı türlerin tükürüğünde az miktarda bulunmaktadır. Ancak alınan yiyecekler ağızda çok kısa bir süre kaldıklarından tükürük amilazının fazla bir önem taşımadığına inanılmaktadır. Ayrıca tükürük amilazının aktivitesini midede devam ettirebilme özelliği de mevcut değildir. Zira mide pH'sı amilazın aktivitesini midede devam ettiremeyeceği kadar düşüktür. Pankreas ve bağırsak mukozasında bir çok sakkaridaz üretilmektedir. Pankreatik amilaz nişasta, glikojen veya dekstrinlerin maltoza yıkımında daha büyük bir öneme sahiptir. Oligosakkaritler ve disakkaritler üzerinde etkili olan bir çok enzim incebağırsak mukozasında üretilmektedir. Bunlar maltaz, izomaltaz, laktaz ve sükrastır. Ancak bu enzimlerin hepsi tüm hayvanlarda bulunmaz. Laktaz süt emen genç memelilerde oldukça yüksektir. Fakat enzim üretimi süt tüketimi azaldıkça düşmektedir. Laktoz sadece sütte bulunduğu için memeliler dışında diğer türlerde laktazın önemi yoktur. Kanatlılarda bu enzimin yokluğu nedeniyle laktoz sindirilemez. Bunun gibi sükrast da ruminantlarda ve diğer bazı türlerde bulunmamaktadır. Doğal yemlerle sükröz ruminantların sindirim sistemine girmekte ve rumende fermente olmakta ve incebağırsaklara ulaşacak sükröz kalmamaktadır. Genç hayvanlar süt ikame yemleri ile fazla miktarda sükröz alırlarsa, sindirim sisteminin aşağı kısımlarında mikrobiyal fermentasyona uğrar ve genellikle ishal ortaya çıkar. Ayrıca ruminantlarda pankreatik amilaz üretimi de düşüktür. Bu ruminantlardaki sindirim sisteminin yapısıyla da uyuşum içindedir. Zira doğal ruminant yemleri çok fazla miktarda nişasta içermez ve yemlerle alınan nişastanın da büyük bir kısmı rumende mikrobiyal fermentasyona uğratılır. Mikroorganizmaların kendi depo polisakkaridleri gibi bazı nişasta benzeri maddeler sindirim sistemine girmektedir. Ancak bunun miktarı hayvan tane yemlere dayalı bir rasyonla yemlendiği

zaman girenden daha azdır. Ruminant hayvanlar sindirim sisteminde nişasta sindirimi bakımından domuz ve insana nazaran daha düşük bir kapasiteye sahiptirler.

Çizelge 3.5. Sindirim Sisteminde Mevcut Değişik Enzimler, Orijinleri, Etkili Olduğu Maddeler ve Son Ürünleri.

Tipi, adı	Orijini	Sindirdiği Madde	Oluşan ürünler	Açıklamalar
Amilolitik; Tükürük amilazı	Tükürük	Nişasta, dekstrinler	Dekstrinler, maltoz	Ruminantlarda yok, diğer türlerde de çok az bir önem taşımaktadır.
Pankreatik amilaz	Pankreas	Nişasta, dekstrinler	Maltoz, izomaltoz	Ruminantlarda düşük
Maltaz, İzomaltoz Laktaz	İncebağırsak İncebağırsak	Maltoz, izomaltoz Laktoz	Glükoz Glükoz, galaktoz	Ruminantlarda düşük Genç memelilerde yüksek, kanatlılarda yok
Sükraz Oligosakkaridaz	İncebağırsak İncebağırsak	sükroz Oligosakkaritler	Glükoz, fruktoz Farklı monosakkaritler	Ruminantlarda yok
Lipolitik; Tükürük lipazı	Tükürük	Trigliseridler	Digliserit + 1 Yağ asidi (YA)	Genç memelilerde çok az bir öneme sahip
Pankreatik lipaz Bağırsak lipazı Lesitinaz	Pankreas İncebağırsak Pankreas, incebağırsak	Trigliseridler Trigliseridler Lesitin	Monogliserit+2 YA Gliserol+3 YA Lizolesitin, serbest yağ asitleri	
Proteolitik; Pepsin*	Mide sıvısı	Doğal proteinler	Peptonlar, polipeptidler	Sütü pıhtılaştırır, asit pH da doğal proteinleri hidrolize eder
Rennin*	Abomasum	sütü pıhtılaştırır	Ca Kazeinat	Genç memelilerde önemlidir
Tripsin*	Pankreas	Doğal proteinler, Uç kısmında arjinin veya pepsin ve rennin lizin bulunan peptidler sindiriminin ürünleri		
Kimotripsin*	Pankreas	Doğal proteinler, Uç kısımlarında aromatik pepsin ve rennin aminoasitler (AA) bulunan sindiriminin peptidler ürünleri		
Elastaz	Pankreas	Doğal proteinler, Uç kısımlarında alifatik AA pepsin ve rennin bulunan peptidler sindiriminin ürünleri		
Karboksipeptidaz A	Pankreas	Uç kısımlarında küçük peptidler, nötral AA, aromatik veya asidik AA alifatik AA bulunan peptidler		
Karboksipeptidaz B	Pankreas	Uç kısmında Temel AA arjinin veya lizin bulunan peptidler		
Aminopeptidaz	İncebağırsak	Peptidler	AA	
Dipeptidaz	İncebağırsak	Dipeptidler	AA	
Nukleaz (birkaç tipte)	İncebağırsak pankreas	Nükleik asitler	Nükleotidler	
Nükleotidaz	İncebağırsak	Nükleotidler	Purin ve pirimidin bazları, fosforik asit, pentozlar	

*Bu enzimler inaktif formlarda salgılanırlar. Pepsinojen aktif formu olan pepsine HCl tarafından aktive edilir; rennin yine HCl asit tarafından aktive edilir; Tripsinojen bir bağırsak enzimi olan enterokinaz ve tripsin vasıtasıyla aktive edilir; Kimotripsinojen, karboksipeptidazlar ve aminopeptidazlar tripsin aracılığı ile aktive edilir.

Hayvanlar ksılan, selüloz ve hemiselüloz gibi kompleks karbonhidratları sindirebilecek enzimleri üretemezler. Sindirim sisteminde bu karbonhidratlara ilişkin herhangi bir sindirim faaliyeti mikrobiyal enzimatik bir aktiviteye bağlıdır. Büyük miktarlarda kompleks karbonhidratları içeren yemleri tüketen herbivor hayvanların niçin bu materyalleri sindirecek enzimlere sahip olmadıkları evrim açısından cevaplandırılması zor bir soru olarak karşımızda durmaktadır.

Proteolitik enzimler proenzim olarak salgılanmakta ve aktif forma sonradan dönüştürülmektedir. Tripsinojen incebağırsak mukozasından salgılanan bir enzim olan enterokinaz vasıtasıyla aktif formu olan tripsine dönüştürülmekte, tripsin de kimotripsinojen ve prokarboksipeptidazları aktive etmektedir. Pepsin çok düşük pH'lar dışında inaktiftir. Süt emen genç hayvanların midesindeki pH 4-4.5 düzeylerinde olduğu için pepsin nispeten inaktiftir. Gerçekten süt emen buzağılar katı materyaller almaya başlayınca kadar pepsin salgılanmasının çok düşük olduğu bilinmektedir. Süt emen genç hayvanlarda rennin çok önemli proteolitik bir enzimdir. Renninin en önemli fonksiyonu bağırsaklara sürekli olarak süt girişine izin veren pıhtılaşmış sütü oluşturmaktır (pepsin ve HCl'te sütü pıhtılaştırmaktadır). Bu şekilde duodenumun aşırı yüklenmesinden de sakınılmış olmaktadır. Rennin üretimi süt tüketimi azaldıkça düşmektedir.

Birçok enzimde olduğu gibi proteolitik enzimlerin de aktiviteleri oldukça spesifiktir. Pepsin, aromatik amino asitlerin (fenilalanin, triptofan veya tirozin) bulunduğu bağlar üzerinde etkilidir. Lösin ve asidik amino asitlerin bulunduğu bağlarda da etkili olmaktadır. Ancak bir kaç amino asit serbestleştirir. Tripsin, arjinin ve lizinin karboksil gruplarının bulunduğu peptid bağları üzerinde özel aktiviteye sahiptir. Kimotripsin fenilalanin, triptofan ve tirozinin bulunduğu peptid bağları üzerinde çok daha büyük etkiye sahiptir. Tripsin ve kimotripsinin aksiyonunu proteinlerin küçük peptidlere parçalanması bakımından ilave bir aksiyondur. Bu enzimler **endopeptidazlar** olarak adlandırılırlar. Çünkü bunlar protein molekülünün iç bağları üzerinde etkilidirler. Protein molekülünün uç kısımlarındaki amino asitler üzerinde etkili olan enzimler ise **ekzopeptidazlar** olarak nitelendirilmektedir.

Karboksipeptidaz A, protein molekülünün uç kısımlarında bulunan karboksilli amino asitleri serbestleştirir. Fakat karboksipeptidaz B, sadece uç kısımlarında arjinin ve lizin bulunan peptidler üzerine etkili olmaktadır.

Genç memeliler büyük moleküllü proteinleri absorbe edebilmektedirler. Bu proteinler kolostrumun immünoglobulinleridir. Genç memelilerde bu immünoglobulinlerin sindirimi bazı türlerde proteolitik enzim salgısının geciktirilmesiyle; diğer bazı türlerde de tripsin inhibitörleri, diğer proteinlerin yıkımını tam olarak ortadan kaldırmaksızın immünoglobulinlerin yıkımını önlenmektedir.

Mideden salgılanan enzimlere ek olarak HCl asit de midedeki sindirim olaylarında önemli bir role sahiptir. HCl midedeki pH'yı az veya çok optimize ederek hem pepsin, hem de rennini aktive eder. HCl, pepsin ve rennin süt proteinlerini koagüle ederler ve bir miktarda sindirimini sağlarlar.

İncebağırsaklarda karaciğerden salgılanan safra önemli birkaç fonksiyona sahiptir. Ancak bütün hayvanlar safra kesesine sahip değildirler. Örneğin rat, at, bazı geyik ırkları ve deve safra kesesi bulunmamaktadır. İnsan ve diğer domuz, tavuk, sığır ve koyun gibi bazı hayvan türleri safranin geçici olarak depolandığı bir keseye sahiptirler. Safra incebağırsak pH'sını alkalide tutmak ve yağların emülsifikasyonunu sağlamak için önemli rolü olan farklı safra tuzlarını (glikokolatlar ve torokolatlar) içerir. Safra tuzları incebağırsaklardan kolayca emilmekte ve hızlı bir şekilde karaciğere yeniden ulaşmaktadır. Safrada bazı pigmentlerde mevcuttur ve bu pigmentler safranin, idrar ve dışkının renginin oluşmasından büyük oranda sorumludurlar. Bu

pigmentler karaciğerde metabolize edilen hemoglobinin porfirin çekirdeğinden kaynaklanan artık ürünlerdir. Safra aynı zamanda bir çok metalik elementin, inaktive edilmiş hormonun ve zararlı maddelerin boşaltım yoludur.

Yağların sindirimi safranin emülsifiye gücü ve lipazın enzimatik aktivitesinin bir sonucudur. Pankreatik lipaz trigliseritlerin 1 ve 3. pozisyonundaki yağ asitlerini hidrolize ederek 2 molekül yağ asidi ve 2-monogliserit serbestleştirir. Safra tuzları ve hidrolize edilmiş yağlar miseller oluşturur. Bu misellerle yağ damlacıklarının yüzeyi büyük oranda (10.000 kat kadar) artar. Miseller incebağırsak epitellerinden emilir ve büyük bir kısmı vena cava'ya boşalan lenf sistemine geçer. Yağların emilimi üzerine etkili bu aktivite, özellikle yaşla birlikte değişim gösterir. Kanatlı hayvanlarda kuluçka sonrası safra salgılaması ve lipaz aktivitesi oldukça düşüktür. Sindirim sisteminin gelişimine paralel olarak 10 günlük yaştan itibaren bu aktivite artarak yağların sindirimi ve emilimi de kolaylaşmaktadır.

3.2. Sindirim Sistemi Aktivitesinin Kontrolü

Bir hayvanın sindirim sistemi, sinirsel uyarı ve inhibisyonlar ile sindirim sisteminin bazı peptid hormonları tarafından kontrol edilen kompleks bir sistemdir. Parasempatik sinirler vag siniri vasıtasıyla yemek borusu, mide, incebağırsak ve kalınbağırsağın üst kısımlarına uyarılar temin ederler. Omuriliğin kuyruk sokumundaki kısmı kalınbağırsağın, rektumun uç kısımlarını ve anüsün iç sfinkter kaslarını uyarır. Sindirim sisteminin kontrolünde sindirim sisteminin peptid hormonları da yalnız başlarına veya sinirsel uyarılarla birlikte etkili olurlar. Sindirim sisteminin bir hormonu veya hormon benzeri peptidler sindirim sistemindeki salgılama aktivitesini, hareketleri ve emilimi uyarır veya engelleyebilirler. Sindirim sistemi peptidlerinin en önemlileri Çizelge 3.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. Gastrointestinal Aktivite ile İlgili Gastrointestinal Peptid Hormonları ve Fonksiyonları.

Hormon	Orijin	Serbestleştiren mekanizması	Fonksiyonu
Gastrin	Midenin ve ruminantlarda abomasumun pilor kısmı	Vag siniri uyarısı, midedeki yemler, midenin gerilmesi	Midede asit salgısını uyarmak
Sekretin	Duodenal mukoza	Duedonumun asitleşmesi, duodenumdaki peptonlar	Pankreas salgısının hacim ve bikarbonat içeriğinin artırılması, bazı türlerde de safra salgısının uyarılması
Kolesistokinin	Duodenal mukoza, beyin	Uzun zincirli yağ asitleri, amino asitler, peptonlar	Safra kesesinin ve pankreasın kontraksiyonunu uyarmak, pankreas enzimlerinin sentezini uyarmak, midede asit üretimini inhibe etmek, insülin serbestleşmesini uyarmak, tokluğu geliştirmek
Somatostatin	Abomasum, duodenum, sindirim sistemindeki sinirler	Vag sinirinin uyarısı, yarı sindirilmiş besinlerin kompozisyonundaki değişimler	Gastrin, sekretin ve kolesistokinin serbestleşmesini inhibe etmek, incebağırsaklarda iyon taşınmasını inhibe etmek
Pankreatik polipeptidler	Pankreas	Sinirsel uyarı, duodenuma besinlerin girmesi, insülin ve hipoglisemi	Pankreas salgısının azaltılması veya inhibisyonu

Dikkat edilirse pankreasta üretilen pankreatik polipeptidler ve vücudun değişik kısımlarındaki sinir dokularında üretilen damarlar üzerinde etkili olan bağırsak peptidleri dışında bunların büyük bir kısmı midede ve duodenal dokularda üretilmektedir. Bu konudaki en önemli husus, hormonal ve nörohormonal kontrolün sindirim sisteminin salgıcı ve hareketle ilgili fonksiyonlarını belli bir düzende koordine etmesidir. Koordine edilmiş kas aktivitesi sindirim sistemi içeriğinin iyi bir şekilde karışması ve sistemin aşağı kısımlarına doğru içeriğin taşınmasını sağlamaktadır. Ayrıca, bağırsak hormonları besinlerin sindirim ve emilimi ile ilgili farklı bezlerin salgılarını uyarır veya engeller. Ayrıca böbrek üstü bezlerinin bazı hormonları ve paratiroid hormonu gibi hormonlarda bazı minerallerin emilmesi ve boşaltılmasında önemli rollere sahiptirler. Pankreastan salgılanan insülin, glükagon, adrenakortikal hormon, tiroid hormonu ve hipofizin diğer bazı hormonları da glükoz kullanımı üzerinde önemli rollere sahiptirler.

3.3. Besin Maddelerinin Emilimi ve Taşınması

Sindirim sisteminde fiziksel ve kimyasal sindirime uğrayan besin maddelerinin organizma içine alınabilmesi ve sonra da farklı amaçlarla kullanılabilmesi için öncelikle emilmesi gerekmektedir. Emilim olayı bağırsaklardan, emilen besin maddelerinin organizma içinde taşınması da kan ve lenf yoluyla gerçekleşmektedir.

3.3.1. Emilim (Bağırsaklar)

Besin maddelerinin emiliminin büyük bir kısmı duodenum ve jejunum bölgelerini içeren incebağırsağın üst kısımlarında vuku bulmaktadır. Bir çok türde besin maddelerinin sindirim sistemini terk etme süresi bir kaç saati geçmemektedir. Dolayısıyla besin maddelerinin sindirim ve emiliminin de sınırlı olacağı açıktır. İncebağırsaklardan besin maddelerinin emilimi, emilim yüzeylerinin artmasıyla artar. İncebağırsak epitellerinde villi ve mikrovilliler emilim yüzeylerini büyük boyutlara çıkarmaktadırlar.

İncebağırsak mukozası organizmada metabolizma hızı en yüksek olan dokulardan biridir. Örneğin insanda günde 250 g kuru madde değişimi olmaktadır. Ayrıca sindirim sistemindeki ölü doku kalıntıları da büyük boyutlara ulaşabilmektedir. Ratlardan elde edilen veriler kullanılarak süt sığırları için yapılan bir yaklaşımda sindirim sistemindeki ölü hücre miktarının günlük olarak 2.500 g'a ulaşabileceği bildirilmiştir (Church and Pond, 1988).

Besin maddelerinin incebağırsak boşluğundan incebağırsak epiteline, oradan kan veya lenf sistemine taşınması pasif diffüzyon, aktif taşıma veya pinositozla gerçekleşmektedir. Pinositoz olayı amiplerdeki benzer şekilde besin maddesinin çevresinin sarılarak yutulmasını içerir. Bu olay yeni doğan memelilerde kolostrumdaki büyük moleküllü immun maddelerinin emilmesine de izin verir.

Besin maddelerinin vücut içinde taşınmasında esas araç kandır. Bütün dokular bir arter ve bir vene sahiptirler. Dokulara sağlanan kanın hacmi dokunun metabolik aktivitesi ile yakından ilgilidir. Diğer sınırlı bir taşıma yolu da lenf sistemidir.

3.3.2. Taşıma (Kan ve Lenf)

Bağırsak epitellerinden emilen besin maddeleri venüllerle portal vene geçer ve karaciğere taşınır. Lenf sistemine girenler ise torasik ana lenf kanalı vasıtasıyla ven dolaşımına boşaltılır. Karaciğer bir çok hayati ve kompleks reaksiyonların meydana geldiği metabolizmanın merkezinde olan bir organdır. Portal venle karaciğere gelen kan daha sonra kalbin sağ kulakçığına ve oradan da sağ karıncığa geçer. Buradan da oksijenlenmek üzere akciğere

pompalanır. Akciğerden sol kulakçığa gelen bağırsaklardan emilen, karaciğer ve diğer dokularda sentezlenen farklı besin maddelerini taşıyan temiz kan sol karıncıktan aort aracılığı ile bütün vücuda pompalanır. Vücuda dağılan temiz kan kapiller damarlar vasıtasıyla bütün hücreleri besler ve aynı kapiller sistem hücrelerin artık ürünlerini daha ileri düzeyde metabolize edileceği veya boşaltılacağı yerlere taşınmak üzere vene aktarır. Böbrekler artık ürünlerin filtrasyonunda büyük önem taşımaktadır. Bunun yanında diğer bazı metabolitler de safra vasıtasıyla incebağırsağa yeniden boşaltılmaktadır. İncebağırsaklarda vuku bulan boşaltım ve emilim çift yönlü olarak devam eder. Sindirim sisteminden dökülen ölü hücrelerin boşaltımı da organizmadan önemli miktarda protein, mineral ve diğer besin maddelerinin boşaltılmasını sağlar.

Sindirim sistemi, gaz tabiatında olmayan maddelerin kana çok kolaylıkla geçilebileceği bir yoldur. Bu nedenle organizmanın kendisi için toksik olacak maddeleri reddedecek veya bunları elemine edecek mekanizmaları dikkatli bir şekilde seçmesi gerekir. Bu amaçla çok daha geçirgen olan bağırsaklara ulaşmadan önce toksik maddelerin kusma ile, sindirim sistemini hızlı terk etme ile veya midede sindirim yoluyla elemine edilmesi gerekir.

4. BESİN MADDELERİ ve METABOLİZMALARI

Besin maddeleri, yemlerde bulunan sindirilen, emilen ve metabolize edilerek hayvanların gereksinimlerini karşılayan, hayatın devamı için gerekli olan elementler veya bileşikler olarak tanımlanabilir. Bu anlamda tanımlamaya uygun 6 grup temel besin maddesi mevcuttur.

Bunlar;

- 1) Su
- 2) Karbonhidratlar,
- 3) Yağlar,
- 4) Proteinler,
- 5) Vitaminler,
- 6) Minerallerdir.

Hayvan besleme bilimi ve ilgili temel bilimler bu besin maddelerinin fonksiyonları, hayvanlar tarafından nasıl kullanıldıkları konusu üzerinde durmaktadır. Hayvan besleme ve ilgili bilim dallarındaki gelişmeler bu farklı besin maddelerinin hayvanlar tarafından farklı amaçlarla kullanıldığını ortaya koymuştur.

4.1. Su

Hayvan beslemede en temel besin maddesi olmasına rağmen, üzerinde en az durulanıdır. Su hayvanlarda vücudun %45-85'ini oluşturmaktadır. Genç hayvanların vücudunda su oranı daha yüksektir. Hayvanlar yaşlandıkça vücutlarındaki su oranı azalır. Genç hayvanların dokularında protein birikimi fazladır. Kas doku %75 oranında su içermektedir. Hayvan yaşlandıkça vücutta yağ birikimi artmakta ve su oranı azalmaktadır. Canlı organizmanın temel bileşeni olan su, yaşamın devamı için mutlaka tüketilmesi gereken temel besin maddelerinin başında gelir.

4.1.1. Hayvan Beslemede Suyun Önemi

Su olmadan yaşam düşünölemeyeceğı gibi hayvanların suya gereksinimleri karşılanmadan rasyonel bir beslemeden de söz etmek mümkün değildir. Su, hayvan organizmasında pek çok temel fonksiyona sahiptir. Bunlar şu şekilde özetlenebilir;

- 1) Vücudun önemli bir yapı taşı olması,
- 2) Vücuttaki biyokimyasal olaylarda ortam oluşturması,
- 3) Vücut sıcaklığının kontrolünü sağlaması,
- 4) Besin maddelerinin ve metabolizma son ürünlerinin taşınmasında ve boşaltımında görev almasıdır.

4.1.2. Hayvansal Organizmanın Su Kaynakları

Hayvanların su ihtiyaçları, suyun daha önce tanımlanan fonksiyonları nedeniyle hayvanların performansını önemli düzeyde etkilemektedir. Su tüketiminde ve su kalitesindeki bir aksama hayvanların performanslarını düşürmektedir. Su ihtiyacı serbest ve taze su temin edilerek karşılanmalıdır. Bunun en kısa yolu hayvana içme suyu temin etmektir. Su tüketiminin

düşmesi yem tüketimi ve besin madde sindirilebilirliğini düşürmektedir. Bu da performansa yansımaktadır.

Çiftlik hayvanları su ihtiyaçlarını genel olarak 3 kaynaktan sağlamaktadır. Bu kaynaklar;

- 1) İçme suyu,
- 2) Yemlerdeki su,
- 3) Metabolik sudur.

Bütün yemler su içermektedir. Genelde havada kuru yemler (arpa, buğday mısır, kesif yem, kuru ot gibi) %10-12 nem içerirler, ancak yeşil otlar, silaj, bir kısım suca zengin sanayi artıkları (bira posası, meyve posaları, pancar posası gibi) %90'lara varan nem içeriğine sahiptir. Bu kaynakların yem olarak kullanıldığı hayvanlarda önemli miktarda su yemlerle tüketilmektedir.

Normal besin madde metabolizması sırasında önemli miktarda su üretilmektedir. Aşağıda eşitlik olarak karbonhidrat ve yağ yıkımı sırasında üretilen su miktarı örnek olarak verilmiştir.

Karbonhidrat yıkımı;

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{Enerji}$ (Yıkılan glukozun %60'ı kadar su üretilmektedir).

Yağların yıkımı;

$C_{16}H_{32}O_2 + 6O_2 \longrightarrow 23CO_2 + H_2O + \text{Enerji}$ (Yıkılan yağın %113'ü kadar su üretilmektedir).

Proteinlerin yıkımı sırasında da yıkılan proteinin yaklaşık %40'ı düzeyinde su üretilmektedir.

Metabolik suyun hayvanlar bakımından önemi kendini bir kısım adaptasyonlarda çok açık olarak göstermektedir. Bu koşullar içinde çöl koşullarında yaşayan hayvanları ve kış uykusuna yatan hayvanları saymak mümkündür. Bu hayvanlar vücutlarında depoladıkları yağı kıtlık dönemlerinde yakmak suretiyle hem enerji, hem de önemli miktarda su üretmektedirler.

4.1.2. Çiftlik Hayvanlarının Su Gereksinmesi

Çiftlik hayvanlarının suya olan gereksinimleri; hayvanın kendisine, değişik çevre faktörlerine ve suyun kalitesine bağlı olarak değişim gösterir. Çiftlik hayvanlarında su gereksinmesini etkileyen faktörler şu şekilde özetlenebilir;

- 1) Yem tüketimi,
- 2) Yem tipi veya yemin nem içeriği,
- 3) Çevre sıcaklığı,
- 4) Yemin kimyasal yapısı,
- 5) Su kalitesi.

Genel bir kural olarak çiftlik hayvanları normal koşullarda tükettikleri 1 birim yem kuru maddesi için 2-3 birim su tüketirler. Yem tüketimindeki artış su tüketimini de artırır.

Yemdeki su içeriğinin yüksek olması hayvanın gereksinim duyacağı içme suyu miktarını düşürmektedir.

Çevre sıcaklığındaki artış vücut sıcaklığını ve solunumu artırır, ter bezi bulunan hayvanlarda (kanatlı hayvanlarda ter bezi yoktur) terlemeyle su kaybı olur. Yüksek çevre sıcaklığı ile vücuttaki sıcaklık artışının kontrol edilmesinde dışardan alınan ve vücut sıcaklığından 5-10°C daha düşük sıcaklığa sahip olan su, vücut sıcaklığının düşürülmesinde önemli rol oynar.

Rasyondaki tuz, mineral ve protein düzeyindeki artışlar hayvanların su tüketimini artırır. Alınan bu besin maddeleri kandaki ozmotik basıncın artmasına neden olurlar ve hayvanın su tüketmesini uyarırlar. Ayrıca bu besin maddelerinin fazlası vücuttan su ile (idrar) atılmaktadır.

Çiftlik hayvanlarında performans üzerinde alınan su kadar suyun kalitesi de önemli rol oynar. Çiftlik hayvanları için su kalitesindeki temel kısıtlayıcı faktörler, nitrat ve sülfat düzeyleridir. Ayrıca bir kısım ağır metallerin sudaki düzeyleri önemli bir rol oynamaktadır.

Sudaki 100-200 ppm nitrat hayvanlar için toksiktir. Yine 1g/L sülfat düzeyi hayvanlarda ishale neden olmaktadır.

4.2. Karbonhidratlar ve Metabolizması

Karbonhidratlar alkol, keton ve aldehit fonksiyonları içeren ve C, H, O'den oluşan maddelerdir.

Sütteki laktoz, karaciğer ve kastaki glikojen dışında karbonhidratların tamamı bitkisel orijindir. Basit şekerler $C_nH_{2n}O_n$ çoğu kompleks karbonhidratlar ise $C_nH_n-2O_{n-1}$ şeklinde tanımlanabilirler. Yapılarında aldehid, keton ve alkol fonksiyonları içerirler.

Bitkisel dünyada güneş enerjisi, CO_2 , H_2O kullanılarak ve O_2 ile birlikte fotosentez yoluyla sentezlenmektedirler.



Karbonhidratların Önemi;

- 1) Karnivorlar dışındaki hayvanların tükettikleri yemlerin en önemli kısmını karbonhidratlar oluşturmaktadır.
- 2) Hayvan yemi olarak kullanılan bitkilerin %75'inden fazlasının en önemli yapı taşlarıdır.
- 3) Hayvan dokusunda çok az miktarda depolanmakla birlikte (glikojen) enerji metabolizmasında önemli bir görevi yerine getirirler.
- 4) Bakteriyel hücre zarlarının önemli bir unsurudurlar.
- 5) Bitkilerdeki çözünmez (yapısal) karbonhidratlar (örneğin selüloz) bitkilerde destek görevi yaparak yapısal bir sağlamlık verir.
- 6) Bitkilerdeki depo karbonhidratlar (örneğin nişasta) enerji deposu olarak hizmet ederler.

Kimyasal yapıları itibarıyla karbonhidratlar;

- 1) Monosakkaritler (basit şekerler)
- 2) Oligosakkaritler (2-8 molekül basit şeker içerenler),

3) Polisakkaritler (8 molekülden fazla basit şeker içerenler) olarak sınıflanabilirler.

Ayrıca yapılarındaki basit şekerlerin tipine göre de;

a) Homopolisakkaritler (sadece bir çeşit basit şeker içerenler, nişasta, glikojen gibi).

b) Heteropolisakkaritler (Yapısında birden farklı basit şeker içerenler, hemiselüloz ve pektin gibi) olarak gruplandırılmaktadır.

Yine bitkisel dünyadaki fonksiyonları ve hayvanlar için kullanılabilirliği bakımından karbonhidratlar,

a) Yapısal karbonhidratlar (Selüloz, hemiselüloz, lignin, NDF, ADF),

b) Yapısal olmayan (depo) karbonhidratlar olarak gruplandırılmaktadır.

Daha öncede ifade edildiği gibi karbonhidratlar fotosentez ile üretilmekte ve bitkilerde depolanmaktadır. Bitkisel karbonhidratlar, hücre içeriği (şekerler ve nişasta) ve hücre duvarı elemanlarından (selüloz, hemi selüloz) oluşmaktadır.

4.2.1. Hayvan Beslemede Karbonhidratlar

Hayvan besleme açısından karbonhidrat kaynaklarının kolayca sindirilebilir karbonhidratlar (nişasta, şekerler) ve yapısal karbonhidratlar olarak sınıflandırmak daha anlamlıdır.

Kolayca sindirilebilir karbonhidratlar tek midelilerin ana enerji kaynağıdır. Glukoza kadar parçalanırlar ve emilirler. Örneğin kanatlı rasyonlarında gereksinim duyulan enerji/protein oranı sağlanarak yağ ve protein kaynakları sağlanırsa hayvanlar gelişmektedir. Burada amino asitler ve yağın gliserol fraksiyonu hayvanın ihtiyaç duyduğu glukozun sentezinde (glukoneojenez=neoglukojenez) kullanılmaktadır. Ancak serbest yağ asitleri ve protein verilmesi durumunda hayvanlar yağdan gelen gliserol yokluğunda sadece amino asitlerle gereksinim duyulan glukozu karaciğerlerinde üretememektedirler. Hayvanlarda büyüme gerilemektedir.

Ruminantlarda kolayca yıkılabilir karbonhidratlar hem hayvanın kendisi hem de, rumendeki mikroorganizmalar için enerji kaynağıdır. Mikroorganizmalar bunları asetik asit, propionik asit ve butirik aside ve daha ileri aşamada laktik aside parçalarlar. Rumende yıkılmayanlar ise normal enzimatik sindirime uğrayarak basit şekerler olarak emilir. Ruminant rasyonlarında kolay yıkılabilir karbonhidratların fazla kullanılması rumende asitliğin artmasına, pH'nın düşmesine neden olur. Asidozis ve şişme vakalarıyla karşılaşılabilir. Rasyondaki azotun ve rasyonun enerjisinin etkin kullanımı için rasyonda belli düzeyde rumende fermente edilebilir organik madde olması gerekir. Bu organik maddelerin en önemlisi kolay yıkılabilir karbonhidratlardır.

Yapısal karbonhidratlar (selüloz, hemi selüloz), hayvanlar alemindeki yüksek canlıların enzimlerine dirençlidir. Yani bunları sindirecek enzimlere sahip değildirler. Bu nedenle tek mideli hayvanlarda yapısal karbonhidratlar kalın ve körbağırsaklarda ve çok midelilerde ise ön midelerde ve kalın ve körbağırsaklarda mikrobiyal selülozlarla yıkılmaktadır.

Tek midelilerde ve kanatlılarda bağırsaklardaki fermantasyon yemdeki selülozun kullanımı için çok önemli bir avantaj sağlamamaktadır. Yemde selüloz miktarının fazla olması toplam sindirimi, yemin enerji içeriğini düşürür ve yemin kaba bir yapı almasına neden olarak fiziksel sınırlama nedeniyle yem tüketimini düşürür.

Selülozlu gıdaların tüketimi son zamanlarda insan beslenmesi açısından da ilgi alanı olmuştur. Alınan selülozun insanlarda kan lipit düzeyini düşürdüğü için aterosiklorozise (damar içinde plak oluşumu, damar sertliği) karşı ve sindirim sisteminin boşalma hızını artırdığı için kalınbağırsak kanseri riskine karşı koruyucu etki yaptığı ifade edilmektedir.

Ruminantların ön midesindeki mikrobiyal aktivite yemdeki selülozlu materyallerin sindirimini sağlar. Buradaki sindirim etkinliği mikroorganizmaların azot gereksinmesinin ve fermente edilebilir karbonhidrat gereksinmesinin karşılanmasına bağlıdır. Ön midelerde yıkılan yapısal karbonhidratlar ruminantlar için önemli enerji kaynaklarıdır. Ayrıca rumende sürekli organik asitler üretildiğinde rumendeki asitliğin tamponlanmasında da önemli rolleri vardır. Yapısal karbonhidrat içeriği yüksek yemler daha çok çiğneme süresine ve daha fazla geviş getirmeye neden olurlar. Çiğneme ve geviş getirme sırasında önemli miktarda tükürük üretilmektedir. Tükürük rumen asitliğinin tamponlaşmasında ve rumen koşullarının özellikle selülozu sindiren mikroorganizmalar için istenen düzeylerde (pH 6'nın üstünde olmalı) tutulmasını sağlar.

Yapısal karbonhidrat içeriği yüksek yemler rumen koşullarının fizyolojik sınırlarda (pH 6-7) kalmasını sağlayarak hayvanın yem tüketiminde kalmasına yardımcı olurlar. Rumen pH'sındaki dalgalanmalar hayvanın yem tüketiminde de dalgalanmalara neden olur.

Yapısal karbonhidratlar sağlıklı rumen koşulları ve maksimum yem tüketiminin gerçekleşmesi için gereklidir. Ayrıca süt hayvanları için süt yağı yapı taşı olan asetat üretimine neden olarak süt yağının belli bir düzeyde tutulmasını sağlarlar.

Monosakkaritler:

Basit şekerler suda eririler. Bitkiler (örneğin kaba yemler) çok az miktarda serbest şeker içerirler (%1-3). Monosakkaritlerin sondan bir önceki karbon atomlarında bağlı bulunan OH grubunun pozisyonuna göre D ve L formları vardır. Doğadaki şekerlerin tamamı D formundadır.

Pentozlar:

Riboz: Bütün yaşayan hücrelerde bulunur. ADP, ATP gibi enerjice zengin maddelerin, riboflavin, DNA'nın, RNA gibi nükleik asitlerin yapısında bulunmaktadır.

Ksiloz, Arabinoz: Bu şekerler, hemi selülozun, reçinenin yapısında bulunur. Hemi selüloz grubunda değerlendirilen pektinler, arabanlar 5 karbonlu şekerlerden oluşmaktadır.

Heksozlar:

Glukoz: En önemli basit şekerdir. Bağırsaklardaki karbonhidrat sindiriminin en önemli son ürünüdür. Tek mideli ve kanatlı hayvanlarda nişasta sindirimi sonucunda glukoz serbestleşir ve emilir. Bu hayvanlarda enerji metabolizmasındaki esas enerji kaynağıdır.

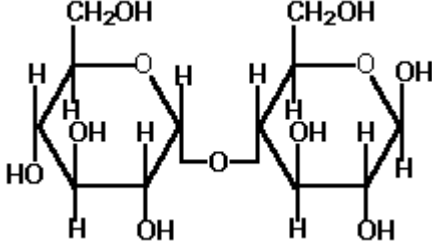
Fruktoz: En tatlı basit şekerdir. Doğadaki tek keto heksozdur. Baldaki şekerlerin %75'ini fruktoz oluşturmaktadır. Fruktozun, balın kristalleşmesinin önlenmesinde önemli görevi vardır. Yine glukoz ile birlikte sakkarozu (sukroz=çay şekerini) oluşturmaktadır. Yeşil otlarda, semende ve yeni doğmuş hayvanlarda serbest olarak bulunmaktadır.

Galaktoz: Glukoz ile birlikte süt şekerini (laktozu) oluşturmaktadır. Ayrıca sinir sistemindeki galaktolipitlerin yapısında da yer almaktadır.

Galakturonik Asid: Pektinin yapısına girer. Kanatlı hayvanlarda yapışkan dışkı sorunun ortaya çıkmasına rol alan COO- grubu taşıyıcıdır.

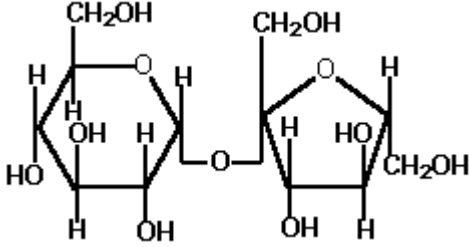
Disakkaritler:

Maltoz: Maltoz iki glukoz molekülünün α -1-4 glikozidik bağla oluşturduğu bir disakkarittir. α -1-4 glikozidik bağ nişastanın yapısal bağıdır. Maltoz malt şekeridir. Arpanın çimlendirilmesi sırasında nişastanın parçalanmasından elde edilmektedir. Memeli enzimleriyle kolayca sindirilmektedir. Nişastalı bitkilerde kök ve yumrularda bulunmaktadır (Şekil 4.1).



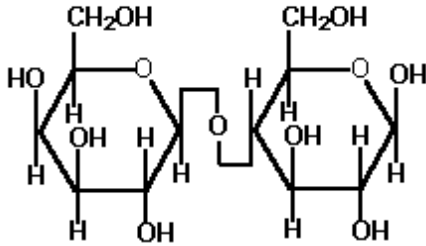
Şekil 4.1. Maltoz

Sukroz (sakkaroz): Çay şekeridir. Glukoz ve fruktozdan oluşmuştur. Şeker pancarı ve şeker kamışında bol miktarda bulunmaktadır (Şekil 4.2).



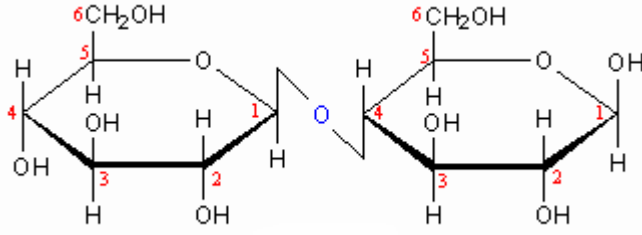
Şekil 4.2. Sukroz

Laktoz: Glukoz ve galaktozun birleşmesinden meydana gelen bir disakkarittir. Süt şekeri olarak bilinir. Sadece sütte bulunur. Laktaz enzimi ile parçalanır. Kanatlılar, bu enzim yokluğu nedeniyle laktozu sindiremezler (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Laktoz

Sellobioz: Selülozun alt birimi olan bir disakkarittir. β -1-4 glikozidik bağla bağlanmış iki glukoz molekülünden oluşmuştur. β -1-4 glikozidik bağ selülozun yapısal bağıdır. Memelilerde sellobiozu parçalayacak enzim bulunmamaktadır. Mikrobiyel sellobiaz tarafından parçalanmaktadır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Sellobioz

Homopolisakkaritler:

Nişasta: Bitkilerde karbonhidratların depo formudur. Bütün bitkilerdeki nişasta birbirinin aynısı değildir. Bitkilerdeki doğal nişasta granül formundadır. Granül büyüklüğünün artması yıkıma direnci artırır. Mısır nişastasının granül büyüklüğü 10-20 μ iken patates nişastasının granül büyüklüğü 20-100 μ 'dur. Patates nişastası mısır nişastasından daha zor sindirilir. Nişastanın iki formu mevcuttur.

1. Amiloz: α -1-4 glikozidik bağların oluşturduğu düz bir zincire sahiptir. Suda çözünabilir. Birçok bitkideki nişastanın %15-30'unu amiloz oluşturur.

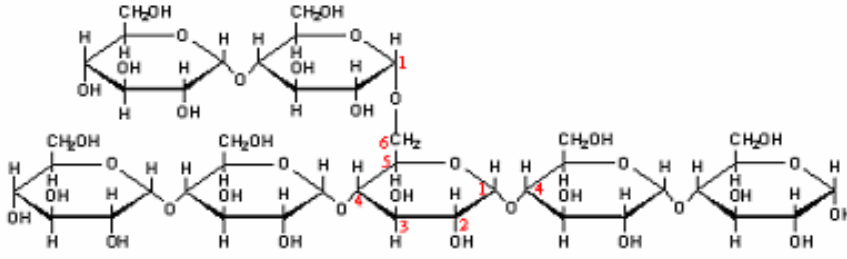
2. Amilopektin: α -1-4 glikozidik bağların oluşturduğu düz glukoz zinciri α -1-6 glikozidik bağla dallanma göstermiştir (Şekil 4.5). Sıcak suda çözünmez, amilozdan daha büyük bir molekül büyüklüğü vardır. Nişastanın %70-85'ini oluşturur.

Nişastanın hayvan beslemede daha etkin kullanılabilmesi için kimi teknolojik uygulamalarla fiziksel özellikleri değiştirilmektedir. Bu işlemler;

1) Kuru metotlar (öğütme ve kuru ezme): Nişastaca zengin yem hammaddelerinin öğütülmesi partikül boyutunu küçültür, yüzey alanını artırır ve sindirimi iyileştirir.

2) Yaş Metotlar (ekstrüzyon ve buharda ezme): Nişastaca zengin yem hammaddelerinin (mısır, arpa, buğday, sorgum gibi) ekstruderden geçirilmesi ve buharda ezilmesi, jelatinleşmeyi ve nişasta sindirimini artırır. **Jelatinleşme**, nişastanın sıcaklık ve nemle muamele edilmesiyle granül yapısının bozularak şekilsiz forma dönüşmesidir. Nişastanın nem ve sıcaklıkla muamelesi glukoz molekülleri arasındaki hidrojen bağlarını kırar, granül yapıyı şekilsiz forma sokar. Sıcaklık ve nemle muamele nişastanın yıkılabilirliğini ve sindirilebilirliğini artırır.

Granül yapısının küçüklüğü nedeniyle arpa, buğday, yulaf, çavdar nişastasının sindirilebilirliği çok yüksektir. Mısır ve sorgum nişastası bu kaynaklardan biraz daha zor sindirilebilen kaynaklardır. Ancak patates nişastası çok zor sindirilen nişasta grubunda değerlendirilir. Bu nedenle hayvan beslemede kullanılmadan önce sıcaklık ve nemle muamele edilmelidir.



Şekil 4.5. Amilopektin

Selüloz: Dünyada en yaygın ve bol bulunan organik maddedir. β -1-4 glikozidik bağlarla bağlanmış bir glukoz polimeridir. Çok sağlam bir yapısı vardır. Pamuk, doğada en yaygın olarak bilinen saf selüloz kaynağıdır.

Memeliler ve kanatlılar β -1-4 glikozidik bağları parçalayacak enzimlere sahip değildir. Selüloz mikrobiyel selüloz ile sindirilebilmektedir. Bitkisel dünyada formu ve boyutu bakımından çok farklılıklar göstermektedir ve bitki hücre duvarının en önemli yapı taşıdır.

Glikojen: Hayvansal nişasta olarak bilinir. α -1-4 bağlarıyla bağlı glukoz moleküllerinden oluşmuştur. Amilopektin gibi çok dallanmalar gösterir. Bu dallanmalar α -1-6 dallanmalarıdır. Ancak yan dalların zincir uzunluğu kısadır. Hayvanlarda karaciğer ve kas dokuda depolanarak, sınırlı da olsa hayvanın glukoz ve enerji ihtiyacının karşılanmasında önemli rol oynar. Suda çözünür.

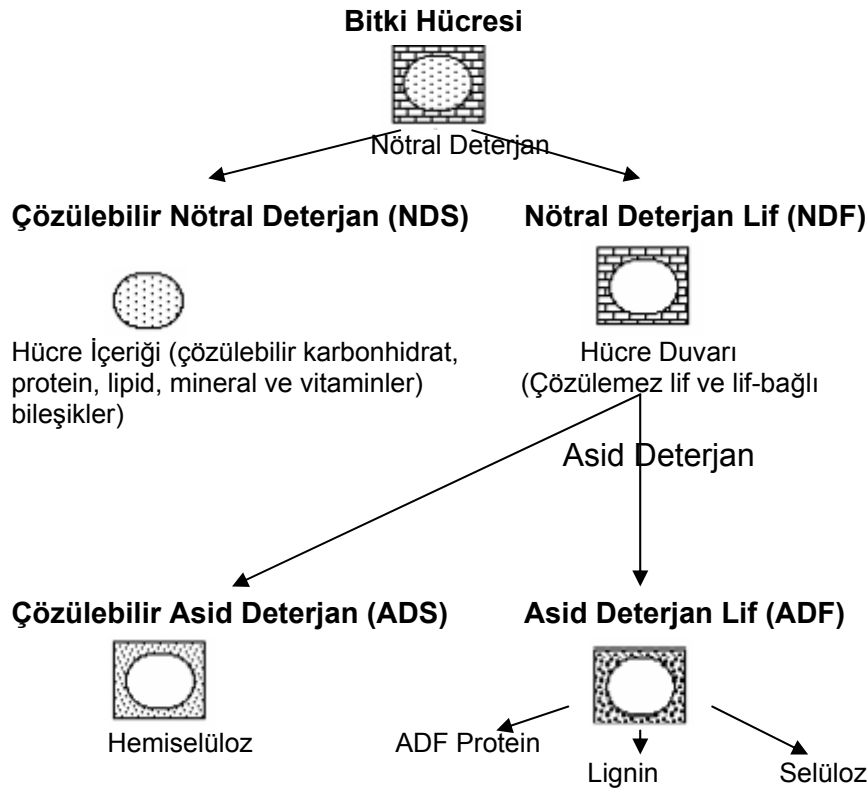
Heteropolisakkaritler:

Pektin: Bitki hücre duvarının yapı taşıdır. İskeletini galakturonik asit oluşturur. Galakturonik asit iskeleti diğer şekerlerle yan dallanmalar gösterir. Bu şekerler arasında arabinoz ve galaktoz bulunmaktadır. Şekerler arasındaki bağlar α -1-4 glikozidik bağlardır. Memeli ve kanatlı enzimlerine karşı dirençlidir. $-\text{COO}$ grubu taşıyıcısı galakturonik asit içerirler. Bu, kanatlılarda yapışkan dışkı sorununa neden olan etmen olarak bilinir. Baklagil kaba yemlerinde buğdaygil kaba yemlerinden daha fazladır. Yapışkan dışkı kanatlı hayvanlarda, bir kısım pentozanlar ve beta glukozanlarca zengin yemleri aldıklarında ortaya çıkan kıvamlı ve yapışkan dışkılamadır. Pektin sıcak nötr çözeltilerde çözünmektedir.

β -glukanlar: Buğdaygillerde hücre duvarlarında çok az miktarda bulunurlar. Fakat arpa ve yulaf kepekleri önemli miktarda β -glukan içerirler. Suda kısmen çözünürler, kıvamlı bir yapı oluştururlar. Tamamen çözünmeleri için alkali çözelti gerekmektedir. Sulu ortamda kıvamlı ve jelleşme gösteren bir yapı alması tesadüf β -1-3 dallanma göstermelerine bağlanmaktadır. Kanatlılarda ve memelilerde β -glukanları sindirecek enzim bulunmamaktadır. β -glukanlar bir çok bitki tohumundaki ksiloglukanları, mannoglukanları ve glukoz tabiatındaki sakızları içermektedir.

Hemiselüloz: Hücre duvarı elementlerinden biridir. Arabinoz ve ksilozdan oluşan polimerler içerir ve şekerler arasındaki bağlar β -1-4 glikozidik bağlardır. Yıkıma karşı selülozdan daha az dirençlidir. Hemiselüloz ana zinciri genelde β -1-4 bağları taşıyan ksilan polimerinden oluşur. Ancak farklı glikozidik bağlarla dallanma söz konusudur. Arabinoz ve ksiloz arasında 1-3 dallanması, ksiloz ve üronik asit arasında 1-2, 1-3 ve 1-4 dallanmaları görülür. Ruminantlarda rumende selüloz hemiselülozdan daha fazla sindirilir (Şekil 4.6), fakat önemli miktarda hemiselüloz rumen fermantasyonundan kurtularak sindirim sisteminin aşağı kısımlarında

fermente edilir. Bunun nedeni yem materyalindeki hemiselülozu çevreleyen selüloz-lignin katmanları rumende sindirilinceye kadar yemlerin rumeni terk etmesidir.



Şekil 4.6. Bitki hücresine ait yapısal karbonhidratlar

Lignin: Lignin tam olarak bir karbonhidrat değildir. Hücre duvarı elemanlarıyla birlikte tespit edildiğinden hayvan beslemede bu grup altında değerlendirilmektedir. Lignin, fenil propane bileşiklerinden oluşmuştur. Diğer bir ifadeyle fenolik alkol polimeridir. Lignin selüloz ve hemiselülozu sarmak suretiyle bitki hücresinin sağlamlığını geliştirir. Bu arada selüloz ve hemiselülozun sindirilebilirliğini de düşürür. Bitkinin vejetasyonu ilerledikçe ligninleşme artar ve sindirilebilirliği kötüleşir. Lignin hem memeli hem de mikrobiyal enzimler tarafından sindirilememektedir. Bu nedenle yemlerin sindirilebilirliğinde kullanılan indikatör yönteminde indikatör olarak kullanılabilir. Öte yandan, lignin, bazı funguslar ve aerobik mikroorganizmalarca sindirilebilmektedir.

Bazı kaba yemlerde bitkinin selülozu silisyumla kaplanmış. Bu, mikroorganizma enzimlerine karşı bir koruyucu kılıf oluşturur. Bu tip kaba yemlerin sindirilebilirlikleri de düşmektedir.

4.2.2. Karbonhidratların Metabolizması

Çiftlik hayvanlarında karbonhidratların sindirimi, emilimi ve enerji üretim amacıyla kullanımı sindirim sisteminin özelliğine ve fizyolojisine bağlı olarak bir takım farklılıklar gösterir. Bu nedenle bu bölümde tek ve çok mideli hayvanlarda karbonhidrat metabolizması ayrı başlıklar halinde incelenecektir.

4.2.2.1. Tek Mideli Hayvanlarda Karbonhidratların Metabolizması

Kanatlılar dahil tek mideli hayvanlarda karbonhidratların sindirimi, ağızda tükürük amilazı ile başlar, incebağırsaklarda pankreas amilazı ile devam eder ve incebağırsaklardaki

disakkaridazlarla (maltaz, sukraz ve laktaz (kanatlılar hariç)) tamamlanır. Ruminant olmayan hayvanların en önemli enerji kaynağı nişastadır. Domuz ve tavuk gibi ruminant olmayan hayvanlarda karbonhidratların son ürünü esas olarak glukozdur. Domuz ve tavuklarda çok düşük aktiviteye sahip bir tükrük amilazı vardır.

Nişastanın amilozu α -amilaz ile α -1-4 bağlarını kırarak glukoz, amilopektin ise oligo 1-6 glukozidaz ile α -1-6 bağlarını kırarak glukoz serbestleştirir.

β -glikozidazlar sukrozu glukoz ve fruktoza, laktozu ise galaktoz ve glukozu parçalar. Ancak memeliler β -glikozidazların bu iki bağ dışındaki β -bağlarını kopartamazlar.

Karbonhidratların yıkım ürünü olan basit şekerlerin emilimi, aktif taşıma gerektiren bir olaydır. Aynı zamanda konsantrasyon farkı ile diffüzyon da söz konusu olmaktadır. Hekzozlar pentozlardan daha hızlı emilir. Hekzozlar arasında emilim hızı sıralaması aşağıdaki gibidir.

galaktoz >glukoz>fruktoz

Glukoz bağırsak mukozasından sodyum (Na) ile birlikte emilmektedir. İshal vakalarında glukoz ile birlikte tuz verilmesinin nedenlerinden biri de elektrolit dengesinin korunması yanında glukoz emiliminin sağlıklı gerçekleşmesidir.

İncebağırsaklarda emilen basit şekerler portal ven aracılığı ile karaciğere taşınır. Tek mideli hayvalarda emilen karbonhidratlar;

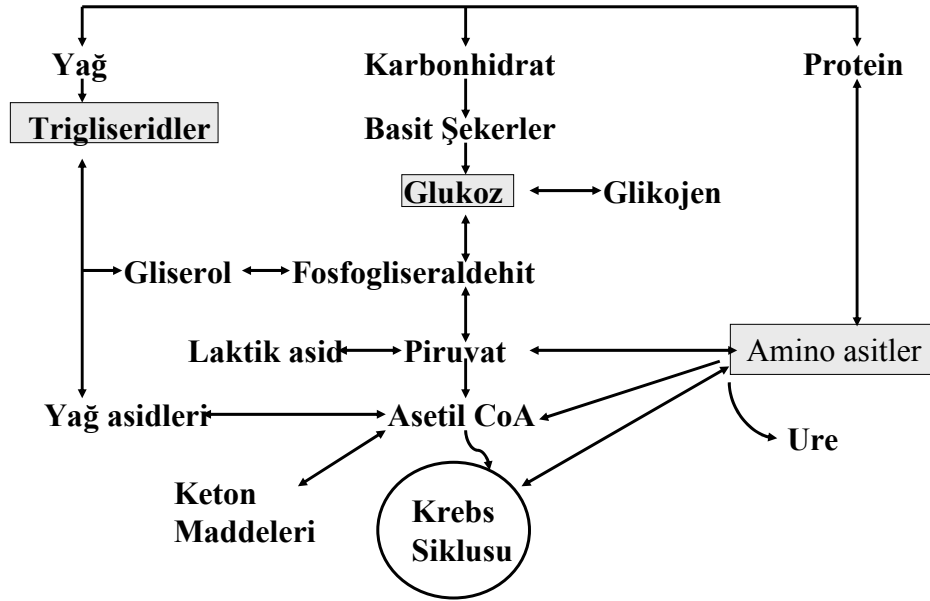
- a) öncelikle karaciğer ve kaslarda glikojen olarak depolanırlar,
- b) enerji üretmek için okside edilirler,
- c) gereksinimin üzerindeki karbonhidratlar yağa dönüştürülerek yağ dokuda depolanırlar,
- d) esansiyel olmayan amino asitlerin biyosentezinde kullanılırlar.

Karbonhidrat metabolizması ve diğer besin maddeleri arasındaki ilişki aşağıda şekilde şematize edilebilir (Şekil 4.7).

Emilen monosakkaritlerden fruktoz, fruktoz 6-fosfata, galaktoz ise glukoz 1-fosfata dönüştürülerek glikolize katılır ve krebs siklusunda enerji üretimi amacıyla veya siklusun ara metabolitleri aracılığıyla yukarıda şematize edilen sentez olaylarında kullanılırlar.

Tek mideli hayvanlarda lifli karbonhidratlar sindirim sistemi hareketlerini etkileyerek diğer besin maddelerinin emilimini değiştirebilirler. Lifli karbonhidratlar tek mideliler tarafından sindirilemediğinden su alıp hızlı bir şekilde sindirim sistemini terk ederler. Bu ise diğer besin maddelerinin emilimini kötüleştirebilir. Ancak sindirim sisteminin hızlı boşaltılması bazı toksik materyallerden etkilenme riskini de azaltabilir.

ENERJİ ÜRETİMİ



Şekil 4.7. Karbonhidrat, protein ve lipid metabolizmaları arasındaki ilişki

4.2.2.2. Çok Mideli Hayvanlarda Karbonhidratların Metabolizması

Ruminantların tükürüklerinde amilaz bulunmamaktadır. Yemlerle alınan karbonhidratlar ön midelerde bulunan mikroorganizmalar tarafından fermente edilmektedir. Ancak ruminantlar bikarbonat içeren çok yüksek miktarda tükürük üretmektedirler. Ön mideler mikroorganizmalar için ideal bir ortam oluşturmaktadır. Rumen havasız, oldukça sabit bir sıcaklığa sahip, sürekli besin madde temin edilebilen ve üretilen mikrobiyal ürünlerin sürekli uzaklaştırıldığı bir ortamdır. Bu özellikleriyle ön mideler mikroorganizmalar için iyi bir besi ortamı oluşturmaktadırlar. Rumendeki mikroorganizmalar sahip oldukları β -glukozidaz enzimiyle selülozu ve hemiselülozu parçalama kabiliyetine sahiptirler. Ayrıca bakteriyel amilazla nişastada hızlı ve etkin bir şekilde parçalanmaktadır.

Rumene ulaşan karbonhidratlar mikrobiyal aktivite sonucunda;

- a) selüloz glukozu,
- b) hemiselüloz ksiloza,
- c) pektin galakturonik aside yıkılır.
- d) basit şekerler pirüvata,
- e) pirüvat ise asetat, propionat veya butirata dönüştürülür.

Ruminantların rumeninde çok büyük miktarlarda uçucu yağ asitleri üretilmektedir. Örneğin koyunlarda 300-400 g/gün ve sığırlarda 3-4 kg/gün uçucu yağ asidi üretilmektedir. Ruminantlarda üretilen uçucu yağ asitlerinin ancak %10'u kalınbağırsaklarda üretilmektedir. Ruminantlarda rumende oluşan uçucu yağ asitleri tek midelilerdeki temel enerji kaynağı olan glukozun yerini almıştır. Ruminant hayvanların enerji ihtiyacının yaklaşık %80'i rumende oluşturulan uçucu yağ asitlerinden sağlanmaktadır.

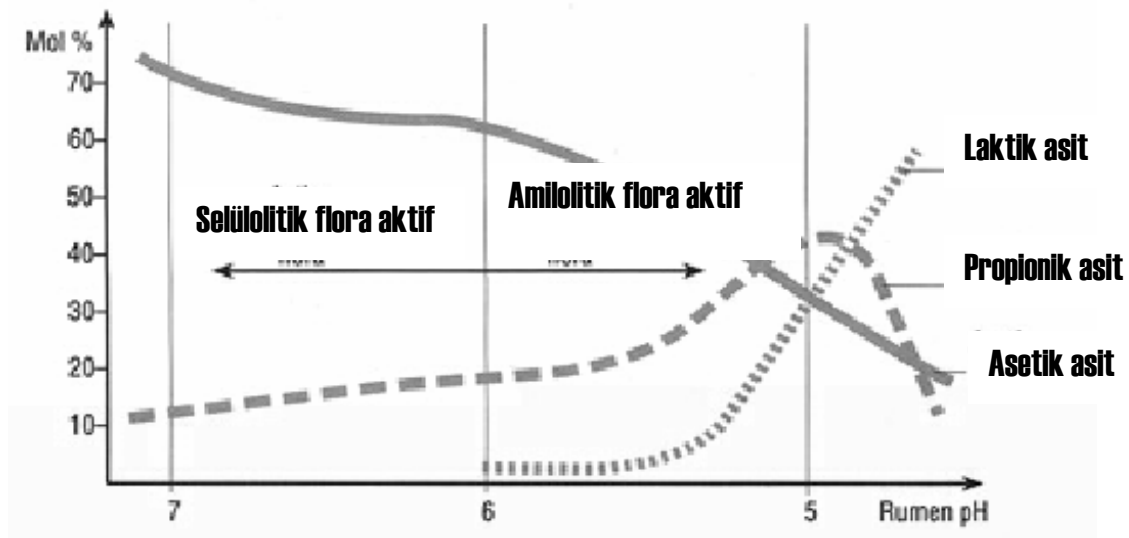
Rumende üretilen uçucu yağ asidi miktarı ve uçucu yağ asitlerinin oransal miktarları rasyonun doğasına bağlı olarak değişir (Çizelge 4.1).

- 1) Kaba yemlere dayalı rasyonlarla ağırlıklı olarak asetat üretilir,
- 2) Kesif yem oranı yüksek rasyonlar ile propionat üretimi daha fazla olmaktadır,
- 3) Kaba yemin partikül büyüklüğü küçüldükçe propionat üretimi artmaktadır,
- 4) Rasyonda rumen pH'sını kontrol etmek için kullanılan maddeler.

Çizelge 4.1. Süt Sığırlarında Rasyondaki Kaba/Kesif Yem Oranının Rumendeki Uçucu Yağ Asitlerine Etkileri.

Rasyon kaba/kesif yem oranı	Asetat $\text{CH}_3\text{-COOH}$	Propionat $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$	Butirat $\text{CH}_3\text{-2(CH}_2\text{)-COOH}$
100:0	71.4	16	7.9
75:25	68.2	18.1	8
50:50	65.3	18.4	10.4
40:60	59.8	25.9	10.2
20:80	53.6	30.6	10.7

Yukarıdaki çizelgeden de görülebileceği gibi rasyonda kesif yem oranının artması toplam uçucu yağ asitleri içerisinde propionat oranını artırırken, asetat oranını düşürmektedir. Butiratta ise çok az bir artış söz konusu olmaktadır. Kaba yemin yüksek olduğu rasyon koşullarında rumen pH'sı normal (6-6.5) sınırlar içinde tutulabilmektedir. Bu koşullarda selüloz yıkan bakteriler daha etkin çalışırken, kolay yıkılabilir karbonhidratları yıkan bakteriler çok etkin olmamaktadırlar. Rasyonlarında yüksek oranda kesif yem alan hayvanlarda ise rumende pH hızlı bir şekilde 5.5-6.0 gibi değerlere düşmektedir. Bu koşullarda ise selüloz bakterileri faaliyet gösterememektedirler. Hatta 5.5 pH'nın altında selüloz sindirimi yok denecek kadar azalmaktadır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Rumen pH'sı ve uçucu yağ asitleri oluşumu arasındaki ilişki

Rumendeki uçucu yağ asitlerinin oransal miktarları ruminant hayvanların beslenmesi açısından çok anlamlıdır. Daha öncede ifade edildiği gibi kesif yemlerce yoğun besleme rumende propionat miktarını artırırken, asetat miktarını düşürmektedir.

Propionat organizmada enerjinin daha çok canlı ağırlık kazancına doğru yönlendirilmesini sağlar ve propionatın enerji üretimi için kullanım etkinliği daha yüksektir. Bu nedenle hızlı gelişmesi istenen besideki hayvanlarda rumende propionik asit oranının yüksek olmasını sağlayacak kesif yemlerin kullanılması gerekir. Ancak hayvanın yem tüketiminin korunması için belli bir düzeyde hayvanın geviş getirmesini uyuracak rumen asitliğinin tamponlanmasına katkıda bulunacak lifli yemlerin de rasyonda kullanılması gerekir.

Besideki hayvanlarda çok yüksek düzeyde kesif yem kullanılması durumunda karkas yağında yumuşama görülmektedir. Karkas yağındaki yumuşamanın nedeni yüksek kesif yem kullanımı ile birlikte yüksek miktarda propionik asit oluşması ve bunun tek karbon sayılı dallı zincirli yağ asitlerine dönüşmesidir. Halbuki rumendeki asetat ve butirat süt yağının ve diğer kısa zincirli yağ asitlerinin en önemli yapı taşıdır. Geviş getiren hayvanlarda kısa zincirli yağ asitlerinin hemen hemen tamamı asetat ve butirattan itibaren yeniden sentezlenmektedir. Uzun zincirli yağ asitleri ise daha çok yem orijinlidir. Sağmal hayvanlarda süt yağ düzeyinin belli bir düzeyde tutulabilmesi için rumende asetat düzeyini yüksek tutacak bir yemleme yapılması gerekmektedir. Bu ise rasyonda selülozlu yemlerin artırılmasıyla mümkün olmaktadır.

Ruminantlarda yemlerin sindirimi mikrobiyal aktiviteye bağlıdır. Mikrobiyal aktivitenin artması mikrobiyal gelişmenin iyileşmesi yemlerin sindirilebilirliğini artırmakta yemin enerji ve proteinin daha etkin kullanılmasına katkıda bulunmaktadır. Ruminantlarda rumende bulunan mikrobiyal populasyon alınan yemin doğasına göre şekillenir. Eğer rasyon kolay yıkılabilir karbonhidratlarca (nişasta) zenginse nişasta sindiren bakteriler rumende daha hakim duruma geçmektedir. Halbuki yapısal karbonhidratları fazla alan (selüloz, hemiselüloz gibi) hayvanların rumeninde selüloz parçalayan mikroorganizmalar hakim durumdadırlar.

Diğer taraftan kaba yeme dayalı olarak yemlenen hayvanlarda metan üretimi de artmaktadır. Bu şekilde yemin enerjisinin yaklaşık %8'i kaybedilmektedir. Zira metan gaz formundadır. Geçirme (gaz çıkarma) ile kaybedilmektedir.

Yüksek miktarda tahıl veya kesif yem alan ruminant hayvanlarda nişastanın hızlı yıkımı rumen pH'sını hızlı bir şekilde 6'nın altına çeker ve bu pH'larda sadece amilolitik (nişasta parçalayan) bakteriler çalışabilir. Yüksek selülozlu yem (kaba yem) alan hayvanlar kesif yem alanlara göre daha fazla geviş getirdikleri ve daha fazla miktarda tükürük ürettikleri için rumen pH'sı normal değerleri olan 6-7 arasında kalır. Bu pH'larda selüloolitik bakteriler daha iyi çalışırken, amilolitik bakteriler iyi çalışamazlar.

Yüksek kesif yem alan hayvanlarda rumende önemli miktarda laktik asitte üretilmektedir. Fazla miktarda laktik asit üretimi rumende pH'nın 5'in altına düşmesine, önemli miktarda laktik asidin kan dolaşımına geçmesine ve rumen asidozu ile birlikte sistemik asidozise de neden olmaktadır. Bu şekilde asidozise maruz kalan hayvanlarda yem tüketimi sürekli dalgalanma gösterir. Şiddetli vakalarda rumen hareketleri yavaşlar ve durur, rumen hareketlerinin durması rumende aşırı gaz birikimine neden olarak şişmeyle birlikte ani ölümden gözlenebilir. Buna halk arasında **arpalama veya daneleme** gibi tanımlamalar yapılmaktadır.

Uçucu Yağ Asitleri

Rumende oluşan uçucu yağ asitleri rumen duvarından pasif difüzyonla emilmektedir. Kalın ve körbağırsaklarda da uçucu yağ asitlerinin emilimi söz konusudur. Emilen uçucu yağ asitleri portal ven aracılığı ile karaciğere taşınır. Propionat glikoneojenez yoluyla glukoz ve glikojene dönüştürülür.

Asetat ve butirat, asetil Co (aktif asetik asit)'ya dönüştürülür. Bu iki uçucu yağ asidi bundan sonra ya krebs siklusuna girer ya da yağ asidi sentezi için kullanılır. Asetat doğrudan süt yağı sentezi için kullanılabilir. Ruminantlarda kısa zincirli yağ asitlerinin (14C-dan düşük) hemen hemen tamamı vücutta yeniden sentezlenmektedir. Bu sentezde asetat ve butirat ana yapıcı elemanlar olarak hizmet eder. Bu nedenle rumende asetat üretimini düşüren koşullar, süt yağının ve süt yağında kısa zincirli yağ asitlerinin oranının düşmesine neden olur.

4.2.3. Kan Glükoz Düzeyi (Glisemi)

Tek mideli hayvanların temel enerji kaynağı glukozdur. Kan glukoz düzeyi (**glisemi**) incebağırsaklardan emilen glukoz ve dokular (karaciğer, kas, böbrek, yağ doku ve beyin) tarafından farklı amaçlar (oksidasyon ve diğer maddelerin biyosentezi) için kullanmak üzere kandan alınan glukoz miktarıyla değiştirilir. Kan glukozu, karaciğerde glikoneoz yoluyla glukoz depolanması ve glikojenoliz yoluyla glukoz serbestleşmesiyle çok dar bir aralıkta kontrol edilir. Bu kontrolde hormonal mekanizmalar da önemli rol oynar, kan glukozunun kontrolünde insülin ve glukagon en önemli rolü oynamaktadırlar. Özellikle stres koşullarında ACTH etkisiyle adrenalin ve noradrenalin de glikojenolize müdahale eden enzimleri (fosforilaz) etkileyerek kan glukoz düzeyinin değişiminde önemli rol alırlar.

Kan glukoz düzeyi;

Ruminant olmayan hayvanlarda	70-100 mg/100mL
Ruminantlarda	40-70 mg/100mL
Kanatlılarda	130-260 mg/100mL dir.

Kandaki glukozun kaynakları;

1. İncebağırsaklardan emilen glukoz,
2. Glikojenoliz (glikojenin parçalanması)
3. Glükoneojenez (Karbonhidratların dışındaki kaynaklardan glukoz sentezlenmesi)

Et tüketen hayvanlarda glukoz esas olarak glukoneojenez yoluyla üretilir. Hem otçul, hem etçil olanlarda ise dikkate değer düzeyde glukoneojenez vardır. Ruminantlarda glukoz uçucu yağ asitlerinden sonra ikinci derecede önemli enerji kaynağıdır ve glukozun ağırlıklı kaynağı glukoneojenezdir.

Glükoz sentezinde kullanılan karbonhidratlar dışındaki kaynaklar;

- a) Amino asitler,
- b) Laktik asit,
- c) Propionik asit,
- d) Gliseroldür.

4.3. Proteinler ve Metabolizması

Protein kelimesi Yunanca da başlıca, öncül veya birincil, manasına gelen “Proteis” kelimesinden türetilmiştir. Hayvan vücudunun yumuşak yapıları ve organlarının başlıca bileşeni proteinlerdir. Proteinler yapı olarak; amino asitlerin, proteinin tipine özgü ve genetik olarak şifrelenmiş bir sıra içinde, birbirlerine peptid bağları ile bağlanması sonucu oluşan kompleks bir bileşendir. Protein terimi, fizyolojik yönden farklı; ancak birbirleriyle ilişkisi olan bileşikler içine alan oldukça geniş bir grubu kapsar. Bitkisel proteinler, birbirlerinden olduğu kadar, hayvansal proteinlerden de farklıdır. Her hayvan türünün kendine özgü bir proteini olup, belirli bir hayvanın, organlarındaki, dokularındaki ve vücut sıvılarındaki proteinler de birbirlerinden farklıdır. Gerçekten fizyolojik yönden tamamen aynı özelliğe sahip iki proteinin mevcut olduğu söylenemez. Besleme açısından çeşitli proteinlerin en önemli ayırt edici özelliğini onların amino asit yapıları belirler.

4.3.1. Proteinlerin Yapısal Kompozisyonu ve Sınıflandırması

Proteinler, karbon, hidrojen ve oksijenden ibaret kimyasal bir yapı olup ayrıca yüksek ve oldukça sabit miktarda nitrojen (azot) de kapsar. Proteinlerin çoğu kükürt, az bir kısmı fosfor ve demir içeren kompleks bileşikler olup yüksek molekül ağırlığına (500-1 milyon arasında değişen) sahiptirler. Tipik bir proteinin elementer bileşimi aşağıdaki gibidir.

<u>Bileşimdeki Oranı (%)</u>	
Karbon (C)	51.0-55.0
Hidrojen (H)	6.5-7.3
Nitrojen (N)	15.0-18.0 (ort:16.0)
Oksijen (O)	21.5-23.0
Sülfür (S)	0.5-2.0
Fosfor (P)	0.0-1.5

Doğada yaklaşık 300 farklı amino asit bulunmakla birlikte, amino asit zinciri veya zincirlerinden oluşan protein yapısında yaklaşık 20 farklı amino asit yer almaktadır. Bu amino asitlerin zincirdeki diziliş sırası ve uzunluğu proteine özgü olarak değişir ve o proteinin fonksiyonu ile yakından ilişkilidir.

Çeşitli proteinler, birbirlerinden herhangi bir basit metotla ayrılmayıp, tanımlanamadıklarından, sınıflandırılmaları başlıca fiziksel özelliklerine dayanır. Bu nedenle proteinlerin basitleştirilmiş sınıflandırılması şu şekilde yapılabilir;

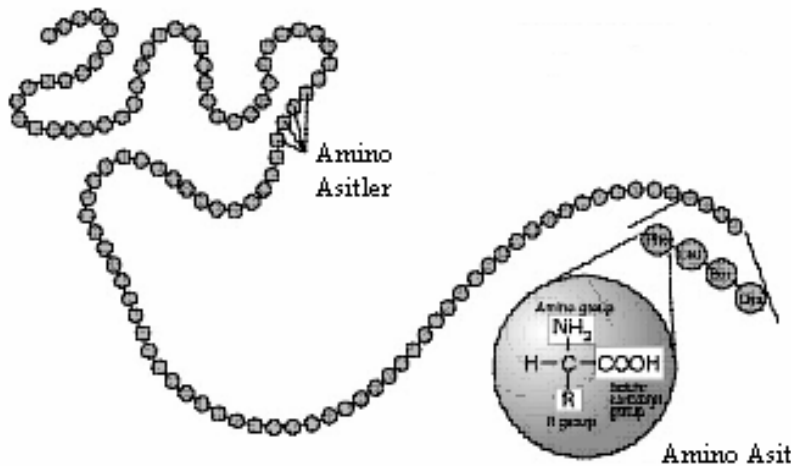
1. **Basit Proteinler:** Bu grup, hidrolizlerinde amino asit veya bunların türevlerini veren proteinleri kapsar. Basit proteinler içinde albuminler, globulinler, glutelinler, alkolde eriyen proteinler, albüminoidler, histon veya protaminler yer alır. Bu çeşitli alt gruplarda bir çok değişik proteinler de içerir ki bunların birbirlerinden ayrılmaları, her birinin su, tuz solüsyonu, alkol gibi çeşitli eriticilerdeki erime derecelerine ve diğer özelliklerine dayanır.

2. **Bileşik (Kompleks) Proteinler:** Bu gruptaki proteinler, protein tabiatında olmayan bir radikalle basit proteinlerin birleşmesinden meydana gelmiş olup beş alt gruba ayrılır.

- a) **Nükleoproteinler:** Bir veya birden fazla protein molekülünün nükleik asitlerle birleşmesinden oluşmuş bileşiklerdir. Glandüler dokularla, tohumların embriyolarında yer alır.
- b) **Glikoproteinler:** Protein ile bir karbonhidrat grubunun birleşmesinden oluşmuş bileşiklerdir. Örneğin müsin.
- c) **Fosfoproteinler:** Nükleik asit veya lesitin dışında fosfor içeren grupların protein molekülü ile birleşmesinden oluşan bileşik proteinlerdir. Örneğin kazein.
- d) **Lipoproteinler:** Protein molekülü ile lipid grubunun birleşmesinden oluşmuş bileşiklerdir. Örneğin, kilomikronlar, VLDL, LDL, HDL.
- e) **Kromoproteinler:** Protein molekülü ile hematin veya benzeri maddelerin birleşmesinden oluşan bileşik proteinlerdir. Örneğin hemoglobin, miyoglobin.
- f) **Lesitoproteinler:** Protein ile lesitin meydana getirdiği bileşik proteinlerdir. Örneğin doku fibrinojeni.

4.3.2. Proteinlerin Yapı Taşları Amino Asitler

Proteinlerin yapı taşı olan amino asitler, proteinlerin yapısında L-formunda olup yapısal olarak 3 özelliğe sahiptir. Amino asitler, karbon iskeletine, bu iskelete bağlı ve kendisine asidik özellik veren bir karboksil (-COOH) grubuna ve yine karbon iskeletine bağlı ve kendisine temel özellik veren en az bir amino (NH₂) grubuna sahiptir (Şekil 4.9). Ayrıca, karbon iskeletine bağlı tamamlayıcı gruba (R, alkil grubu) göre amino asitler yapısal ve fonksiyonel olarak birbirlerinden farklılaşırlar. Proteinlerin yapısında yer alan amino asitlerin sayısı yaklaşık 20 civarındadır. Bu amino asitler, birbirlerine karboksil ve amino uçlarından bağlanmak suretiyle birleşirler. İki amino asidin peptid bağı ile birleşmesi sonucu 1 mol su açığa çıkar.



Şekil 4.9. Amino asit yapısı ve peptid zinciri

Bir protein molekülünde peptid bağı ile bağlanmış amino asitlere amino asit kalıntıları denir. Çeşitli proteinlerde bulunan peptid zincirindeki amino asitlerin cinsi, miktarı ve sıralanışı farklıdır. Yani protein molekülündeki amino asitlerin cinsi, sayısı ve peptid zincirindeki sıralanışı proteinlerin birbirlerinden farklılaşmasına neden olur. Peptid zinciri 100-200 amino asidi kapsayabilmekte ve bir çok proteinde de birden fazla peptid zinciri bulunmaktadır. Her protein,

vücutta özel bir fonksiyonu yerine getirecek şekilde yapılmakta, bu yapı ise genetik olarak tayin edilmektedir.

Yukarıda verilen amino asit yapısından da anlaşılacağı üzere, amino asitlerin çoğu, küçük molekülü yağ asitlerinin türevleridir. Glisin hariç, hepsi optik olarak aktif tabiattadır. Doğada bulunanların hepsi L-formundadır. Çoğu suda eriyebilir. Aynı yapı üzerinde hem amino grubuna hem de karboksil grubuna sahip olduklarında amfoterik elektrolitler olarak kabul edilirler, yani, bazik ortamda asit olarak, asidik ortamda baz olarak reaksiyon gösterirler.

Değişik amino asitlerin polimerleşmesi sonucu oluşan proteinler, asitle muamele edildiğinde, kaynatıldığında veya enzimatik reaksiyonla amino asitlerine kadar parçalanırlar. Vücut proteinlerinin yapı taşları olan amino asitler, protein sindiriminin ve intermedier protein katabolizmasının da son ürünleridir. Bu nedenle protein beslenmesi esas itibarıyla amino asitlerle ilgilidir.

Bitkisel veya hayvansal proteinlerde tanımlanan amino asitler, ait oldukları organik bileşiklerin serisine göre sınıflandırılmaya tabi tutulmuşlardır. Alifatik seride yer alan amino asitler, içerdikleri amino ve karboksil gruplarının sayısına göre daha ileri bir sınıflandırmaya sokulmuştur. Besleme açısından özel bir öneme sahip olan amino asitlerin sınıflandırılması şu şekilde yapılmaktadır;

1. Alifatik amino asitler

a) Nötr amino asitler: Bir amino ve bir karboksil grubuna sahiptirler. Bunlar glisin, alanin, serin, treonin, valin, lösin, izolösindir.

b) Asidik amino asitler: Karboksil grubu sayısı amino grubundan fazla olanlardır. Aspartik asit, glutamik asit ve asparajin bu grupta yer alır.

c) Bazik amino asitler: Amino grubu karboksil grubundan fazla olan amino asitlerdir. Bu grubun temsilcileri arjinin, lizin, histidin ve glutamindir.

d) Kükürt içeren amino asitler: Bunlar sistin ve metionindir.

2. Aromatik amino asitler: Benzen halkası içeren amino asitlerdir. Fenilalanin, tirozin ve triptofan bu grupta yer alır.

3. Heterosiklik amino asitler: İmino grubu içerirler. Histidin, triptofan, prolin ve hidroksiprolin bu grupta yer alan amino asitlerdir.

4.3.3. Hayvan Beslemede Proteinlerin Önemi

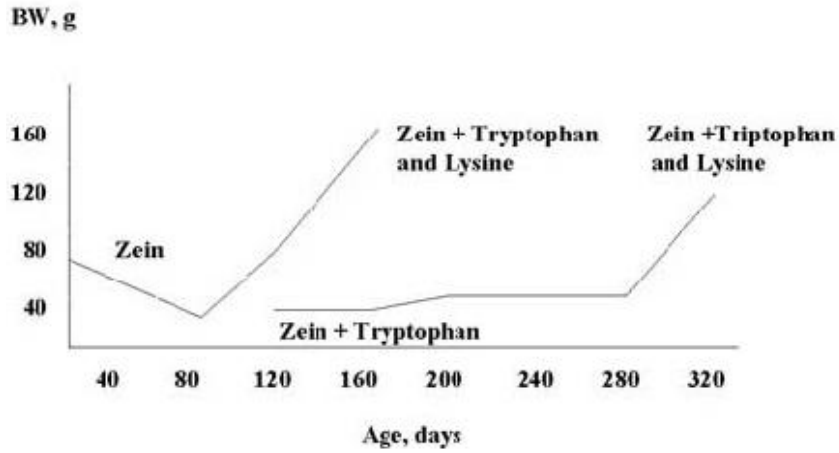
Proteinler, dokularının büyümesi, gelişmesi ve onarımı için hayat boyunca devamlı olarak hayvana sağlanmak zorundadır. Organizmanın yaşamsal faaliyetlerinin devamı için gerekli olduğu kadar et, süt, yumurta, tüy veya yapağı oluşumu için de hayvana verilmesi zorunludur.

Proteinlerin hayvan beslemede önemi, onun hayvan organizmasındaki fonksiyonları ile yakından ilgilidir. Öncelikle proteinler hayvan organizmasının **yapısal bileşenidir**. Örneğin, kollojen, elastin, kas, deri, tüy, kıl, tırnak, boynuz gibi yapıların temel bileşenidir. Proteinler metabolik faaliyetlerin oluşumu için zorunlu bir çok metabolitin **yapısal formudur**. Organizmada oluşan bir çok kimyasal reaksiyonda görev alan enzimler, albumin ve lipoprotein gibi ajanlar, bağışıklık sisteminin temel unsuru olan antikorlar ve organizmanın denetiminden sorumlu bir çok hormon, protein yapısındadır. Proteinler, ayrıca organizmanın **enerji kaynağı** olarak görev alırlar. Proteinlerin yapısını oluşturan bir çok amino asit, **Krebs Döngüsü** veya **Glikoliz** yoluyla enerji üretimine katılır ve ayrıca bazı amino asitler glukoz üretimi için kullanılır.

4.3.4. Amino Asitler ve Protein Kalitesi

1800'lü yılların başında proteinlerin nitrojen içeren bileşikler olduğu bulunduğundan sonra, besleme değeri açısından tüm proteinlerin aynı değeri taşımadıkları, proteinlerin besleme değerinin onların amino asit bileşimleri ile yakından ilişkili olduğu da 1800'lü yılların ortalarında saptanmış ve 1900'lü yılların başında da protein kalitesinin belirlenmesine yönelik, amino asitler üzerine araştırmalar başlamıştır. Fareler üzerinde yapılan ilk araştırmalarda, hayvansal organizmanın yaşaması, büyümesi ve gelişmesi için toplam protein miktarının değil proteinin amino asit bileşiminin ve amino asitlerin bireysel miktarlarının çok daha önemli olduğu saptanmıştır. Bu konuda yapılan ilk çalışmada, bazı proteinlerin bazı amino asitlerce noksan olduğu, farelerde beklenen büyümenin sağlanabilmesi için bu proteinlerin noksanlığı çekilen amino asitlerce desteklenmesi durumunda büyümenin tatmin edici bir duruma getirilebileceği saptanmıştır. Örneğin Zein proteinine triptofan ve lizin ilavesi ile olumlu sonuçlar alınabileceği saptanmıştır.

Amino asit beslenmesi alanındaki modern ilerlemeler 1930'lu yıllardan sonra hızlanmış, fareler dışında diğer hayvan türleri de araştırma materyali olarak kullanılmaya başlanmış, hayvansal doku düzeyinde sentezlenebilen ve sentezlenemeyen, yani yaşamın devamı ve büyüme için mutlaka yem veya yiyeceklerle birlikte dışarıdan alınması zorunlu olan esansiyel özellikteki amino asitler belirlenmiştir (Şekil 4.10). Fareler, kanatlılar ve domuzlar için esansiyel nitelikteki amino asitler ile bunlara duyulan gereksinim miktarları da saptanmıştır.



Şekil 4.10. Zein proteinine amino asit katkısı ve farelerde büyümeye etkisi

Modern besleme biliminde protein kalitesi ifadesinin tanımıyla proteinin amino asit yapısı ile ilgili olduğu, esansiyel amino asitlerce dengeli protein kaynaklarının kaliteli protein kaynakları olarak kabul edildiği tartışılmaz bir gerçektir. Genellikle hayvansal kökenli protein kaynakları, dengeli esansiyel amino asit bileşimleri nedeniyle, bitkisel kökenli protein kaynaklarından çok daha kaliteli bir yapı sergiler. Özellikle birinci düzeyde sınırlandırıcı esansiyel amino asitler olarak bilinen lizin, metionin ve triptofan gibi amino asitlerce dengeli ve aynı zamanda pahalı olan hayvansal protein kaynaklarına en yakın kalitedeki bitkisel protein kaynağı, soya proteinidir. Özellikle lizin amino asidince yüksek değer taşıyan soya, proteince zengin soya küspesi, tek mideli hayvanlar için oransal olarak daha ucuz ve kaliteli protein kaynağıdır.

Çizelge 4.2. Tek Mideli Çiftlik Hayvanları İçin 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*
Metiyonin**	Glisin*
Fenilalanin	Hidroksiprolin
Treonin	Prolin*
Triptofan**	Serin
Valin	Trozin

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

** kanatlı hayvanlarda birinci derecede sınırlayıcı esansiyel amino asit

Yem protein kaynakları içinde, yukarıda belirtilen esansiyel amino asitlerden en az bulunanlar birinci derecede sınırlayıcı amino asitlerdir. Bunlar; lizin, metionin, ve triptofandır. Bu amino asitlerin miktarları, kaliteli protein kaynaklarında dahi sınırlıdır. Bu nedenle, bu amino asitlerden lizin ve metionin, sentetik olarak da rasyona ilave edilebilir. Protein kaynaklarında azlık düzeyi ikinci sırada olanlar ise ikinci derece sınırlayıcı esansiyel amino asitler olarak adlandırılır. Ancak, farklı protein kaynakları kullanılarak hazırlanan rasyonlarda bu amino asitlerin yetersizliği söz konusu olmaz. Ancak zaman zaman etlik piliç ve hindiler için treonin yetersizliği söz konusu olsa da, bunun sentetik formu rasyona ilave edilerek, açık kapatılabilir. Sentetik kaynakların bulunmadığı koşullarda ise rasyondaki kaliteli protein kaynakları, özellikle balık unu gibi hayvansal kökenli protein kaynakları, miktar olarak artırılarak birinci derecede sınırlayıcı esansiyel amino asit yetersizlikleri önlenir.

Tek mideli çiftlik hayvanlarının beslenmesinde protein kalitesinin önemi özetlenecek olursa, vücut proteinlerinin ve hayvansal ürünlerin oluşturulmasında kullanılan amino asitlerin tamamının rasyon proteini ile karşılanması gerekmektedir. Günümüzde yapılan yemleme pratiğinde, hiçbir rasyon sadece bir çeşit protein içermez. Çünkü protein kaynaklarının her biri belli esansiyel amino asitlerce zengin ve belli esansiyel amino asitlerce fakirdir. Bu tip protein kaynaklarının rasyon içinde karışım olarak kullanılması, esansiyel amino asitlerin eksik ve fazlalık problemlerini dengeler. Buna, **proteinlerin tamamlayıcı etkisi** adı verilir. Tahıl kaynaklarını esansiyel amino asitlerce tamamlayan protein kaynakları soya küspesi ve balık unudur. Rasyona farklı protein kaynakları sokularak hayvandan beklenen büyüme ve verim elde edilebilir. Özetle, kaliteli bir proteine sahip rasyon demek;

1. içerdği proteinler vücut veya ürün proteinlerini sentezleyebilmek için gerekli bütün esansiyel asitleri gereken düzeyde içermesi,

2. vücut veya ürün proteini için esansiyel olmayan amino asitlerin sentezlenebilmesi için de spesifik olmayan bir nitrojen kaynağı içermesi demektir.

Ruminant olmayan hayvanlar için rasyon hazırlanmasında yem kaynaklarının protein kalitesini iyi bilinmesi gerekir. Proteinlerin besleme açısından kalitelerinin saptanmasında protein sindirilebilirliği ve biyolojik denemelerden faydalanılmaktadır. Bu konudaki bilgiler, "Yem Değerinin Takdiri" konusunda verilmiştir.

Tek mideli hayvanlar için özel bir öneme sahip olan protein kalitesi, sığır ve koyun gibi çok mideli hayvanlar açısından çok fazla önemli değildir. Bu gruptaki hayvanlar, rumenlerindeki mikroorganizmalar (özellikle bakteriler) sayesinde yemdeki nitrojen kaynağından, enerji

varlığında, kaliteli hayvansal proteini sentezleyebilmektedir. Mikrobiyel protein olarak adlandırılan ve bakterilerden oluşan, esansiyel amino asitlerce dengeli bu protein kaynağı, ruminant hayvan yemlerinde protein kalitesi noktasında oluşabilecek bir sınırlamayı ortadan kaldırmaktadır. Ancak çok yüksek verimli süt ineklerinde, rumende üretilen mikrobiyel protein, hayvanın kaliteli protein gereksinmesinin karşılanmasında yetersiz kalmakta, bu nedenle yüksek verimli ruminant yemlerinde kullanılan protein kaynaklarının belirlenmesinde büyük dikkat ve itina gerekmektedir.

4.3.5. Amino Asitlerin Birbirleriyle ve Diğer Besin Maddeleri ile İlişkileri

Tek mideli hayvanlarda protein beslenmesinde dikkat edilecek diğer bir konu da amino asitlerin birbirleriyle ve diğer besin maddeleri ile aralarındaki ilişkilerdir.

Bu bağlamda amino asit dengesizlikleri ve antagonizmi önemlidir. Amino asit dengesizlikleri rasyonda ikinci derecede sınırlı olan amino asidin miktarının artırılmasıyla ortaya çıkar ve rasyonda birinci derecede sınırlı olan amino aside duyulan gereksinmeyi artırır. Bu nedenle rasyon amino asit içeriği bakımından desteklenecekse, öncelikle rasyonun birinci derecede sınırlı olan amino asitlerle, daha sonra da ikinci derecede sınırlı olan amino asitlerle desteklenmesi gerekir. Antagonizm ise kimyasal yapıları birbirine benzeyen iki amino asitten birinin, diğerinin etkinliği azaltmasıdır. Pratikte en çok karşılaşılan amino asit antagonizmleri lizin-arjinin ve valin-lösin-izolösin arasındadır. Örneğin lizin fazlalığı, arjinin gereksinimini artırdığından, normalde rasyonda lizin/arjinin oranı (1.2/1)'den yüksek olmamalıdır. Bunların dışında metiyonin ile sistin, fenilalanin ile tirosin, glisin ile serin arasında tamamlayıcılık etkisi bulunmakta olup sistin gereksinmesi metiyoninle, tirosin gereksinmesi fenilalaninle karşılanabilir. Glisin ve serin de karşılıklı olarak birbirlerine çevrilebilirler.

Amino asitlerin diğer besin maddeleri ile olan ilişkileri de oldukça önemlidir. Buna örnek olarak triptofan ile nikotinik asit ve metiyoninle kolin, folik asit, vitamin B₁₂ ilişkisi gösterilebilir. Triptofan nikotinik aside dönüştürülebilir ve bu durumda rasyonda zaten sınırlı düzeyde bulunan triptofan, vücut proteinlerinin yapımında kullanılacağı yerde, başka alanlarda kullanılmış olur. Aynı şekilde metiyonin, kolin sentezi için gerekli metil gruplarını sağlayarak onun yerini kısmen tutabilmektedir. Bu her iki durumda da amino asitlerin bir kısmının vitamin sentezinde harcanması ekonomik yönden zararlıdır. Çünkü rasyonda amino asitlerin maliyeti vitaminlerin maliyetine oranla daha yüksektir. Ayrıca yapılan araştırmalar, rasyonların Na₂SO₄ gibi kükürt kaynakları ile desteklenmesinin civciv, piliç ve tavukların kükürtlü amino asitlere olan gereksinimlerini azalttığını, bunun sonucu olarak da canlı ağırlık artışı, yemden yararlanma ve yumurta veriminde önemli ilerlemeler sağlandığını ortaya koymuştur.

4.3.6. Proteinlerin Metabolizması

4.3.6.1. Çiftlik Hayvanlarında Proteinlerin Sindirimi ve Emilimi

Ruminant hayvanlarda protein sindirimi, rumende yıkılabilir protein kaynakları için önce rumende sindirim, bakteri etkinliği altında protein sentezi ve asıl mide ile incebağırsaklarda bakteri proteininin ve rumende yıkıma dirençli proteinlerin proteolitik enzimlerle sindirimi şeklinde olurken, ruminant olmayan hayvanlarda proteinlerin sindirimi mide ve incebağırsaklarda proteolitik enzimlerin etkinliğinde gelişir. Bu durum her iki grup hayvanda protein beslenmesi konusundaki farklılığın da temel nedenini oluşturur.

Rumende Protein Sindirimi ve Sentezi

Ruminantların ön midelerindeki mikroorganizmalar, yemdeki gerçek proteinlerden ve NPN maddelerden temin ettikleri azot ve ortamda mevcut fermente edilebilir organik maddeleri

kullanıp kendi vücut proteinlerini üreterek çoğalırlar. Rumende oluşan bakteriyel (mikrobiyel) protein daha sonra asıl mide ve incebağırsaklarda sindirilir. Böylece rumen mikroorganizmaları, karbonhidrat beslenmesinde olduğu gibi, protein beslenmesinde de önemli rol oynarlar. Ruminantların ön midesinde hem proteinlerin hem de nitrojenli bileşiklerin parçalanması sonucu oluşan amonyağın bir kısmı mikroorganizmaların büyüme ve çoğalmasında kullanılırken bir kısmı da rumenden emilerek kan dolaşımına katılır. Kana karışan amonyak rumino-hepatik dolaşım ile karaciğerde üreye dönüştürülür ve üre olarak idrar ile dışarı atılır. Bu arada kandaki üre, bir miktar tükürüğe verilir ve tükürük içeriği ile rumene geri gelir. Buradaki mikroorganizmalar için iyi bir nitrojen kaynağıdır. Özellikle, rasyonda protein yetersizliği varsa, rumendeki mikroorganizmalar için bu kaynak çok değerlidir. Dolaşıma çıkan amonyağın bir kısmı ise esansiyel olmayan amino asitlerin sentezinde kullanılır. Öte yandan, mikroorganizma faaliyeti sonucu rumende oluşan mikrobiyel protein, midede ve incebağırsakta sindirilerek amino asitlerine kadar parçalanır ve organizmanın esansiyel amino asit gereksinmesini karşılar. Bu nedenle rasyonla alınan proteinin kalitesinin ruminant olanlarda ruminant olmayanlara göre daha az öneme sahip olduğu kolayca anlaşılabilir. Ancak, mikrobiyel protein üretiminde rumen içi koşullar son derece önemlidir. Kompleks karbonhidratların sindiriminde olduğu gibi protein sentezinde de temel belirleyici unsur rumen florasının genişliği ve karakteridir. Bunlar rasyonun doğasından etkilenen faktörlerdir. Bakteriler hızlı bir şekilde büyüebilmek için kolay enerji sağlayacak kaynağa gereksinim duyarlar. Nişastaca zengin yemler bu açıdan en uygun enerji kaynaklarıdır. Melas ve şeker ise hızla rumeni terk ettiği için daha az elverişlidir. Selülozca zengin yem kaynakları ise enerjiyi çok yavaş sağladığından yine pek elverişli değildir. Ruminant hayvanlarda mikrobiyel protein sentezi, 1 Mcal ME alımı için yaklaşık 35-36 g/gün olarak kabul edilir.

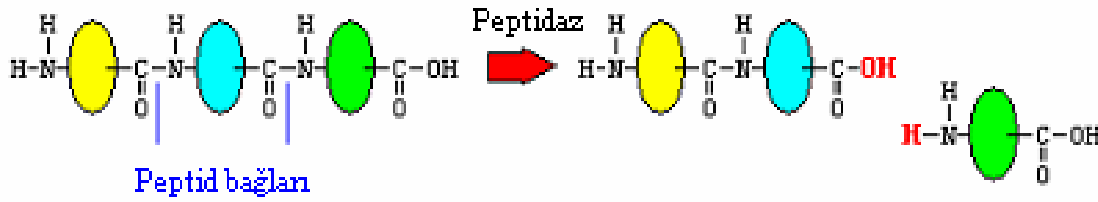
Mikroorganizma faaliyetinin yavaş olduğu ve protein sentezinin daha az olduğu koşullarda, rumende büyük miktarda amonyak oluşur ve yine rumenden emilir. Proteince (nitrojence) fakir, nişastaca zengin rasyonların, protein sentezi için daha uygun olmasına karşın, kompleks karbonhidratların rumende sindirilebilirliği açısından uygun değildir. Özetle, hem kompleks karbonhidratların sindiriminin en yüksek düzeye çıkarılması hem de protein sentezinin çok iyi duruma getirilmesi aynı anda mümkün değildir; ancak optimize etmek için rasyon bileşiminin dengelenmesi gerekir.

Midede ve Bağırsaklarda Protein Sindirimi

Ruminantlarda rumende yıkıma dirençli yem proteinleri ile rumende üretilen mikrobiyel proteinin ve tek mideli hayvanlarda yem proteinin sindirimi midede başlar ve incebağırsaklarda tamamlanır. Mideden salgılanan pepsinojen, HCl asit ile etkinleşerek pepsine dönüşür ve asidik mide ortamında protein sentezini başlatır. Pankreastan salgılanan öz su ile incebağırsak ortamına gelen tripsinojen, kimotripsinojen ve prokarboksipeptidaz, proteinlerin ileri düzeyde sindiriminde görev almak üzere etkinleşirler. Bu etkinleşme mekanizmasında önce tripsinojen bağırsak enterokinazı ile tripsine aktiflenir, tripsin de hem geri kalan tripsinojeni, hem de kimotripsinojeni ve prokarboksipeptidazı aktifleştirerek, incebağırsaklarda proteinlerin sindiriminden sorumlu tripsin, kimotripsin ve karboksipeptidaz oluşumunu sağlar. Bu enzimlerin proteinlerin sindirimindeki görevleri farklıdır.

Peptid zincirindeki lizin ve arjinin arasındaki peptid bağ, tripsin, peptid zincirindeki aromatik amino asitler (triptofan, fenilalanin ve tirozin) arasındaki peptid bağları, kimotripsin, peptid zincirindeki serbest karboksil grupları ise karboksipeptidaz tarafından hidrolize edilerek serbest amino asit, dipeptid ve tripeptid oluşumu sağlanır (Şekil 4.11). Bağırsak öz suyunda bulunan di ve tripeptidazlar dipeptidleri ve tripeptidlere hidrolize ederek ve böylece daha fazla

serbest amino asit oluşumu sağlayarak bağırsaktan amino asitlerin bağırsak mukoza hücreleri içine emilimine imkan sağlarlar.



Şekil 4.11. Peptid bağlarının peptidaz etkisi altında hidrolizi

İncebağırsaklarda serbest amino asitlerin bağırsak mukozasına geçişi aktif taşıma ile olur. Nötr amino asitler çok hızlı emilirler. Bazik amino asitler orta hızda, asidik amino asitler ise çok yavaş emilirler. Her bir grubun taşıma mekanizması ve taşıyıcısı farklıdır. Hidrolizi gerçekleşmeyen di ve tripeptidler ise bağırsak mukoza hücresi tarafından önce aktif olarak emilir, mukoza hücresi içinde amino asitlere yıkıldıktan sonra kana geçer. Bağırsak mukoza hücrelerin tarafından emilen amino asitlerin pek çoğu burada alanin veya glutamik aside dönüştürülür, bu formda kan yoluyla karaciğere taşınır ve orada protein sentezi için gerekli amino asitlere geri dönüştürülür.

Yeni doğmuş memelilerin bazılarında, doğumu takiben ilk 24-48 saatte, sindirime uğramamış tüm proteinler (imminoglobulinler) özel bir mekanizma yardımıyla bağırsak mukoza hücresi tarafından pinositoz yolu ile hücre içine alınır ve olduğu gibi kana geçer. Bu mekanizma sayesinde ağız sütünden yavruya antikor geçişi ve bağışıklık sisteminin desteklenmesi sağlanır. Protein yapısındaki antikorların etkili olabilmesi için sindirime uğramadan doğrudan emilmesi gerekir.

Öte yandan, proteinlerin sindirimi bazı faktörler tarafından etkilenir. Bunlardan ilki rasyon protein düzeyidir. Rasyonda protein düzeyinin artışına bağlı olarak, protolitik enzimlerinin aktivitesi yükselir ve proteinlerin sindirim düzeyi de yükselir. Rasyon bileşiminde yer alan yem kaynaklarındaki bazı beslemeyi engelleyici faktörler, proteinlerin sindirim düzeyini olumsuz yönde etkiler. Örneğin baklagillerin pek çoğunda ve özellikle soyada yer alan tripsin inhibitörleri, tripsin ve kimotripsin enzimlerinin etkisini ve kullanımını (enzim aktivitesini gösterdikten sonra tekrar ikinci kez aynı amaçla kullanılamaz) azaltarak protein sindirilebilirliğini düşürür, pankreasın büyümesine ve verim düşüklüğüne yol açar. Proteinlerin sindirimini olumsuz yönde etkileyen bir diğer faktörde, yem proteininin maruz kaldığı sıcaklık uygulamalarıdır. Sıcaklığın derecesi ve uygulanma süresi önemlidir. Yüksek sıcaklığa maruz kalan protein kaynağı "Maillard" reaksiyonu olarak adlandırılan tepkimeye maruz kalarak şeker ile peptidlerin veya amino asitlerin (en çok lizin) amino grubu arasında parçalanamaz bağ oluşturur. Bu reaksiyon hem proteinin hem de karbonhidratın sindirilebilirliğini düşürür. Çünkü oluşan yapı, kimyasal ve mikrobiyel yıkıma son derece dirençlidir.

4.3.6.2. Hayvansal Organizmada Proteinlerin Biyosentezi

Hayvansal organizmada glukoneojenesis yoluyla sadece karaciğer ve kaslarda karbonhidratlar, lipojenesis yoluyla sadece karaciğer ve yağ dokularda yağlar sentezlenebilirken, protein sentezi tüm dokularda yapılabilmektedir. Protein sentezi, hücre düzeyinde ribozomlarda yapılır ve her doku, kendine özgü proteinini kendisi sentezler. Protein

sentezi son derece kompleks bir olaydır. Bu olayda enzimlerin yanı sıra, başlıca RNA ve DNA bileşikler rol oynar. Sentez olayında ilk basamak amino asitlerin aktivasyonudur. Bu basamakta, bir molekül ATP sarf edilerek, amino asit-enzim kompleksi oluşturulur. Bu olay için her amino asit kendine özgü enzimini gerektirir. Söz konusu enzim yardımıyla her amino asit için özel olan transfer RNA (tRNA) ile birleşir. Bu şekilde oluşan amino asit tRNA kompleksi hücrenin ribozomlarına transfer edilir ve burada ribozomun yüzeyindeki haberci adı verilen mRNA ile sıraya sokulur. mRNA hücre çekirdeğinde sentezlenen bir ribonükleik asit olup, yapısı protein sentezinde esas bileşik olan DNA tarafından kontrol edilir. DNA molekülü, protein sentezi için gerekli amino asitlerle bu amino asitlerin protein molekülündeki sırası için gerekli bilgileri içerir. DNA, bu bilgileri protein sentezinin yapıldığı ribozomlara aktarır. Bu bilgiler önce, yapıcı DNA'ya benzeyen ve özel bir yapıya sahip mRNA'ya transfer eder. Böylece tRNA ile sağlanan amino asitler, DNA'dan aldığı bilgileri taşıyan mRNA aracılığıyla gerekli amino asitleri peptid bağları ile birbirine uygun sırada bağlayarak protein sentezini başlatır. Müteakip her amino asit bağlantısı için özel enzim ve ATP aracılığıyla enerji gerekir. Böylece protein molekülünden meydana gelen uzun zincirler sentezlenir.

Her basamak özel bir enzimi gerektirdiğinden, vücut proteinlerinin sentezinde çok yüksek sayıda farklı enzimler görev alır. Amino asitlerin emilme mekanizmasındaki farklılık, protein sentezini de etkiler. Protein sentezinin sürekliliği için mutlaka DNA tarafından belirtilen bütün amino asitlerin uygun zaman ve sırada ribozomlarda hazır bulunması gerekir. Aksi takdirde protein sentezi hiç olmaz veya durur. Bu nedenle protein sentezinin derecesi veya yeterli olup olmaması, dokularda o anda mevcut olan amino asitlerin karışımının tam oluşuna ve dengesine bağlıdır. Söz konusu denge yoksa, protein sentezi duracak ve fazla olan amino asitler dokularda yıkıma uğrayacaktır. Bu nedenle organizmanın gerekli protein sentezini yapabilmesi için, sentez için gerekli tüm amino asitlerin beslenme yoluyla organizmaya temini büyük dikkat ister.

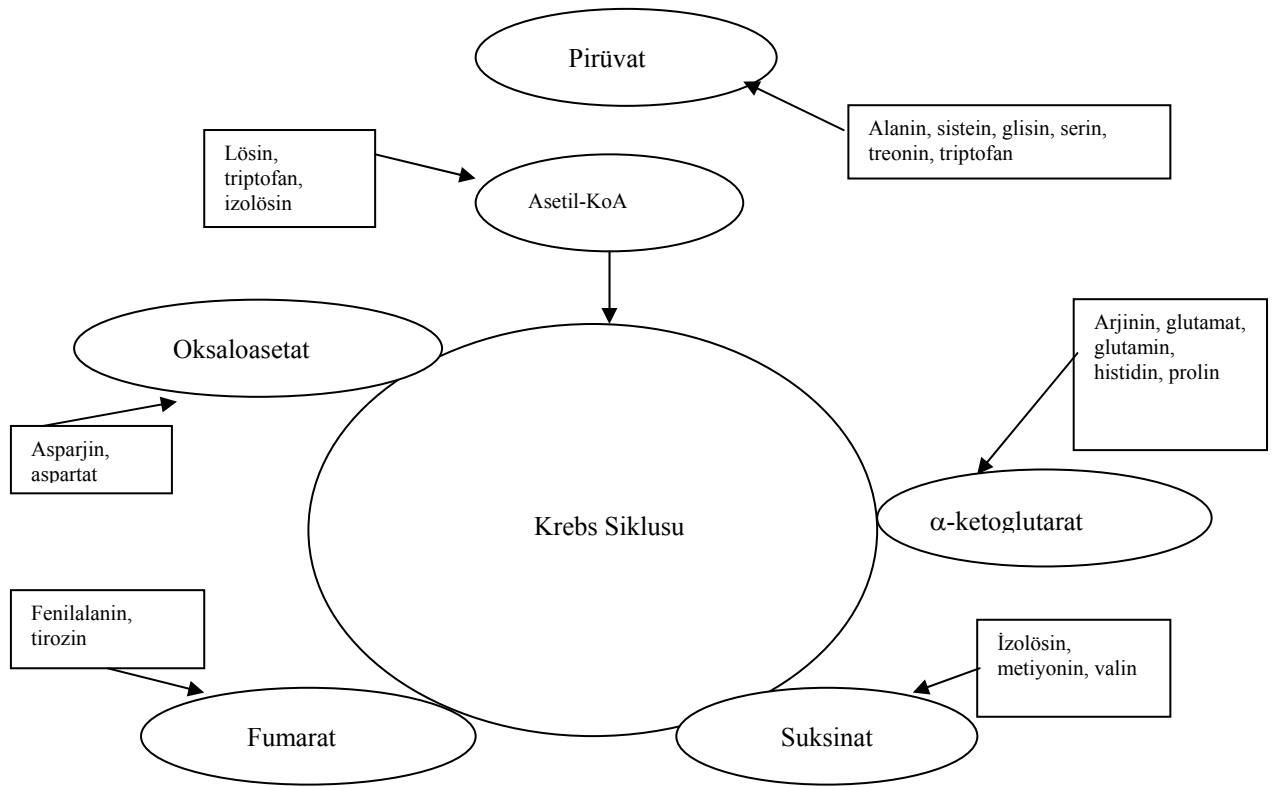
4.3.6.3. Hayvansal Dokularda Proteinlerin Yıkımı-Katabolizması

Doku proteinleri ve protein sentezinde kullanım dışı kalmış amino asitler, doku düzeyinde yıkılarak glukoz veya direkt enerji üretimi amacıyla kullanılır (Şekil 4.12). Doku düzeyinde proteinlerin yıkımından Katepsin ve Kalpains gibi proteazlar sorumludur. Bu enzimler yardımıyla proteinler amino asitlere kadar yıkılır. Proteinlerin parçalanma ürünü amino asitler ve serbest amino asitler, enerji üretimi amacıyla ya deamine olur ya da yeni bir amino asit sentezi veya enerji üretimi için transamine olur.

Deaminasyonda, $-NH_2$ grubu amonyak oluşturmak üzere amino asit yapısından uzaklaşır, oluşan amonyak **Üre Siklusu**'na girer, amino asit yapısından geri kalan karbon iskeleti, enerji üretimi amacıyla keto asitlere yıkılır (Şekil 4.13). Üre siklusu, amonyanın detoksifikasyonu ve protein sentezinde gerekli arjininin sağlanması açısından çok önemlidir.

Transaminasyonda ise $-NH_2$ grubu, amino asit sentezi için bir keto asite transfer olur. Transfer olan bu $-NH_2$ grubu vasıtasıyla yeni amino asit sentezi de mümkündür. Amino asitlerden geri kalan karbon iskeletleri ise enerji üretimi amacıyla keto asitde yıkılmaktadır.

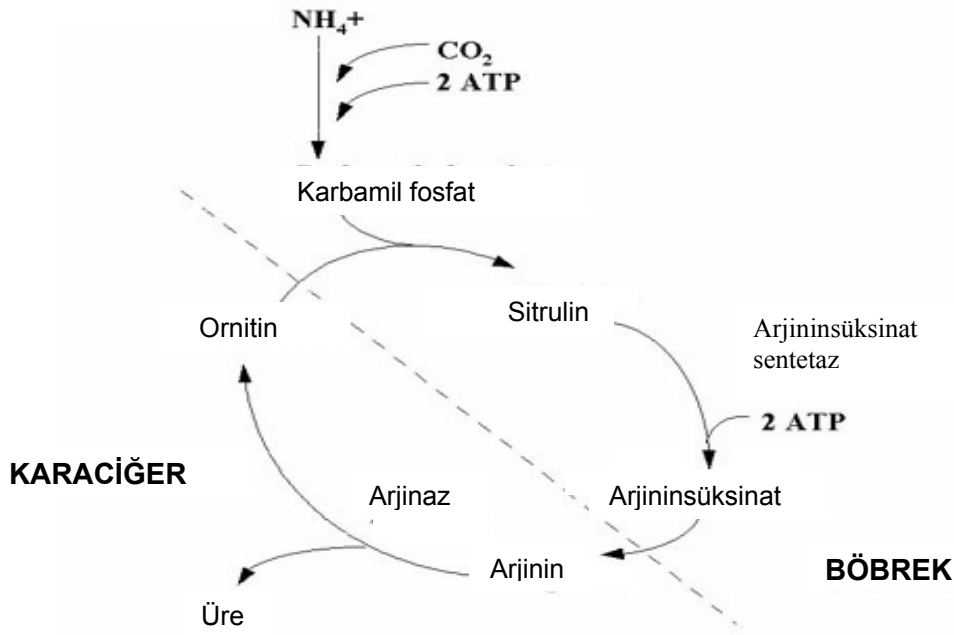
Deaminasyon veya transaminasyon sonucu glukojenik özelliğe sahip amino asitlerden (esansiyel olmayan tüm amino asitler) geri kalan karbon iskeletleri, glukoneojenesis yoluyla **glukoz** üretimi için kullanılırken, lösin ve lizin gibi son derece ketojenik olanlar ile izolösin, fenilalanin, tirozin ve triptofan gibi hem glukojenik hem de ketojenik olanlar **keton madde** oluşumu amacıyla kullanılırlar.



Şekil 4.12. Proteinlerin enerji amaçlı kullanımı

Deaminasyonda, $-NH_2$ grubu amonyak oluşturmak üzere amino asit yapısından uzaklaşarak oluşan amonyak, organizma için toksik olması nedeniyle detoksifikasyon için **Üre Siklusu**'na girer ve üre oluşumu için kullanılır. Üre Siklusu böbreklerde ve karaciğerde olmak üzere 2 basamak içerir. Üre Siklusu çerçevesinde protein sentezinde kullanılmak üzere böbreklerde sitrulinden arjinin amino asiti sentezlenirken, karaciğerde bu amino asit üre ve ornitine yıkılır. Böbrek ve karaciğer bağlantılı bu siklus devam eder.

Deaminasyonla açığa çıkan amonyağın kanatlı (kuş) hayvanlarda vücuttan elimine yolu üre yerine ürik asittir. Deaminasyon sonucu açığa çıkan amonyak, bu hayvanlarda "carbamil phosphate synthetase" enzimi yokluğu nedeniyle farklı bir yol takip eder ve nitrojenli atıkların %80'den fazlasını ürik asit oluşturur. İdrarda, ayrıca, hippurik asit, amonyum tuzları, keratinin ve diğer nitrojenli bileşikler de küçük miktarlarda yer alır. Yine biyolojik değeri düşük proteinlerin amino asitlerine çok az miktarda idrarda da rastlanabilir.



Şekil 4.13. Üre siklusu

4.3.6.4. Hayvansal Dokularda Protein Değişimi

Hayvansal organizmadaki proteinler sürekli yıkılır ve yeniden sentezlenir. Her bir proteinin belirli ömrü vardır. Ömrünü dolduran protein yıkılır ve tekrar yeniden sentezlenir. Buna protein değişimi (yarı ömür veya protein turnover) adı verilir. Örneğin;

Bağırsak mukozası	2-5 günde bir yenilenir.
Plazma proteinleri	10 günde bir yenilenir,
Kollajen	yılda bir yenilenir,
Bütün vücut proteinleri	25-60 günde bir yenilenir.

Söz konusu protein değişimi belirli faktörlerin etkisi altındadır. Bu faktörler, hayvanın türü, yaşı, cüssesi, büyüme dönemi, beslenme düzeyi ve hormonal durumudur.

Hayvanın türüne bağlı olarak protein değişiminin etkilenmesi doğaldır. Yaşla birlikte, hayvanın canlı ağırlığı artarken, hayvanın büyümesi, fizyolojik aktiviteleri ve protein değişimi yavaşlar. Bu nedenle hayvanın protein gereksinmesi oransal olarak azalır. Genç hayvanlarda protein değişimi daha hızlıdır. Çünkü büyüme devam etmektedir. Bu hayvanlarda büyüme hormonu ve insülin salgılanması oldukça aktiftir. Bu hormonlar protein sentezini ve protein değişimini artırır. Kortikosteroidler ise glukoneojenese yol açarak protein yıkımını artırır.

Çiftlik hayvanlarının proteince beslenmesinde yukarıdaki değişimler dikkate alınmalıdır. Hayvanların yaşama payı protein gereksinmesi ile karşılanacak protein, miktar olarak en az organizmadaki yıkılan protein kadar olmalıdır. Aksi takdirde hayvan yıkılanın yerine yenisini koyamaz ve ağırlık kaybeder. Büyüme dönemindeki hayvanlarda ise ne olursa olsun, hayvanın yeterli büyümeyi sağlayabilmesi için hayvana yemle verilen protein, organizmada yıkılan proteinin miktar olarak üstünde olmalıdır. Açlık hastalık, stres ve laktasyonun ilk döneminde,

glukoneojenesis hakim olduğu için yıkılan protein, sentezlenen proteinden her zaman yüksek olur ve hayvan canlı ağırlık kaybeder.

4.3.7. Ruminantlarda Protein Beslenmesinde NPN Kaynakları

Ruminantlarda protein beslenmesinde belirtilmesi gereken önemli bir konu da rasyonda ham protein kaynağı olarak protein tabiatında olmayan nitrojenli madde (non-protein nitrojen; NPN) kullanımıdır. Pratik ve ekonomik bir uygulama olarak günümüz ergin ruminant rasyonlarında belirli düzeyde protein tabiatında olmayan nitrojenli maddelerden üre (yemlik üre ve üre gübresi, %46 N=%287.5 Ham protein) kullanımı yaygındır. Ancak ürenin ruminant beslenmesinde kullanımında belirli kurallara uyulma zorunluluğu vardır. Aşağıda sıralanan bu kurallara uyulmadığı takdirde hayvanlarda ciddi metabolik rahatsızlıklar ve hatta ölümler görülebilir.

1. Üre hayvana rumende hidrolizin olanaklar ölçüsünde yavaş olması ve hidroliz ürünü amonyağın protein sentezinde değerlendirilmesini sağlayacak şekilde verilmelidir. Bu nedenle üre ile desteklenmiş rasyonun protein düzeyinin düşük ve rasyon proteinlerinin rumen mikroorganizmalarına karşı dayanıklı olması bu amaca ulaşılmasına yardımcı olur. Bunun yanı sıra rasyonun kolay çözünebilir karbonhidratlarca zengin olması da mikrobiyel protein sentezini teşvik ederek amonyak formunda azot kaybını önlemektedir. Rasyonla sağlanan kolay çözünebilir karbonhidratlar aynı zamanda rumen pH'sını ve dolayısıyla rumen duvarının amonyak geçirgenliğini düşüreceğinden, amonyak formunda üre azotu kaybını azaltmaktadırlar.
2. Üre zehirlenmesini önlemek için rasyona katılacak üre miktarının rasyon azot düzeyinin 1/3'ünden fazla olmamasına ve üreli yemin hayvanlara her öğünde az miktarda verilerek gün içerisinde 3-4 öğün yemleme yapılmasına özen göstermek gerekir.
3. Üre ve diğer protein olmayan azotlu bileşiklerden yararlanma düzeyi ile rasyonun rumende parçalanabilir protein düzeyi arasında yakın ilişki vardır. Mikrobiyel gelişim için proteinlerin deaminasyonundan gelen dallı zincirli yağ asitleri mikroorganizmalar için büyüme faktörüdür ve mikrobiyel amino asit sentezi için karbon iskeleti sağlar. Bu nedenle rasyonda rumen mikroorganizmalarının gereksinimlerini karşılayacak düzeyde rumende parçalanabilir proteinin bulunması arzu edilir.
4. Üre protein kaynağı olarak değerlendirilen bir bileşik olmakla birlikte, rumende üre azotundan protein sentezinin yeterli düzeyde olabilmesi için rasyonun kükürtlü amino asitlerin sentezinde kullanılacak kükürt bakımından desteklenmesi gerekir. Ayrıca üre enerji, mineral maddeler ve vitamin içermediğinden üre içeren rasyonlar bu besin maddeleri bakımından desteklenmelidir.
5. Üre rasyona çok iyi karıştırılmalıdır. Bunun için ürenin öğütölmüş yoğun yemlere karıştırılarak hayvana verilmesinde yarar vardır.
6. Üre ile yemlemede belli bir alıştırma dönemi uygulanmalı ve 2-4 haftalık bir sürede giderek artan düzeylerde verilerek istenen düzeye çıkarılmalıdır.
7. Rasyona yağ katılması üreden yararlanmayı azaltır. Üreaz aktivitesini hızlandıran soya, yonca tohumu ve hardal tohumu gibi yemler ürenin amonyak ve karbondioksit parçalanmasını hızlandırarak üreden yararlanmayı azaltırlar.

Üre, ruminantların beslenmesinde rasyona karıştırılarak kullanılmasının yanı sıra vitamin ve mineral maddelerle karıştırılarak yalama taşı ve melas içerisinde eritilerek eriyik formunda

da kullanılabilir. Ancak bu tür kullanımlarda tüketilen üre miktarı kontrol edilemediğinden, yalama taşı ve eriyik formunda kullanımı pek önerilmez.

4.4. Lipitler ve Metabolizması

Bitkisel ve hayvansal materyaller, suda erimeyen fakat eter, kloroform ve benzen gibi organik çözücülerde eriyen bir grup maddeler de içerir ki bunlara "lipit" adı verilir. Lipitler farklı erime özelliklerinin yanı sıra, yağ asitlerinin ester şeklinde bir kombinasyonu veya böyle kombinasyonları yapabilme kabiliyetine sahip bileşikler içeren bir grup olup, yağlar ve bunlarla yakından ilgili fosfatidler, steroller gibi bazı maddeleri de kapsar.

Karbonhidratlar gibi yağlar da, elementer olarak karbon, hidrojen ve oksijenden oluşmuştur. Fakat içerdikleri karbon ve hidrojen oranı karbonhidratlardan çok daha yüksektir.

	Karbon, %	Hidrojen, %	Oksijen, %
Yağ	77	12	11
Nişasta	44	6	50

Lipitler kimyasal olarak basitçe yağ asitlerinin gliserol veya bazı alkollerle yaptıkları esterler olarak da tarif edilebilir.

4.4.1. Lipitlerin Yapısal Kompozisyonu ve Sınıflandırılması

Temel kimyasal yapı olarak lipitler, gliserolle yağ asitleri bileşiminden ibarettir. Bu nedenle, lipitlerin yapısındaki yağ asidinin sayısı ve kimyasal özelliği, lipitlerin kimyasal özelliğini belirleyen temel unsurdur.

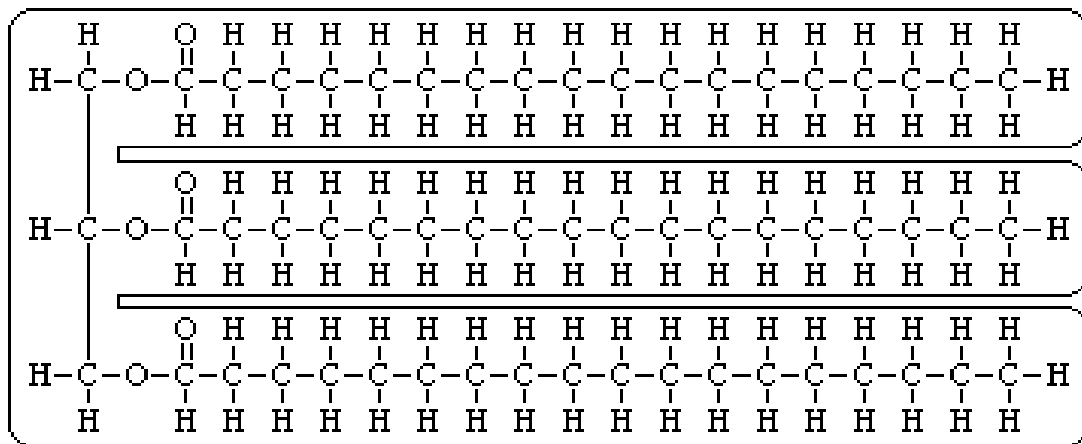
Yağlar, molekül yapısında gliserol ile birleşen yağ asiti sayısına göre isim alır. Buna göre,

bir molekül gliserol, tek bir yağ asidi ile birleşirse, monogliserit (monoasilgliserol)

bir molekül gliserol, iki yağ asidi ile birleşirse, digliserit (diasilgliserol)

bir molekül gliserol, üç yağ asidi ile birleşirse trigliserit (triasilgliserol) oluşur (Şekil 4.14). Yem yağlarının ve hayvansal organizmadaki yağ dokularının %98'i, trigliserit formundadır.

1 gliserol + 3 yağ asidi



Şekil 4.14. Trigliseridin yapısı

Lipitlerin sınıflandırılmasında ise, onların kimyasal yapıları, yani bileşimleri dikkate alınır. Buna göre lipitler;

1. Basit lipitler: Yağlar (yağ asitlerinin gliserol ile yaptıkları esterler olarak bilinen trigliserit veya nötr yağlar) ve mumlar (yağ asitlerinin gliserolden başka alkollerle yaptıkları esterler) bu gruba girerler.

2. Bileşik (kompleks) lipitler: Bu gruba giren lipitler, yağ asitlerinin esterleri olup yapılarında alkol ve yağ asidinden başka bazı grupları da içerirler.

a) Fosfolipitler: Fosforik asit ve nitrojen içerirler. Örneğin, lesitin, sefalin ve sifingomiyelin.

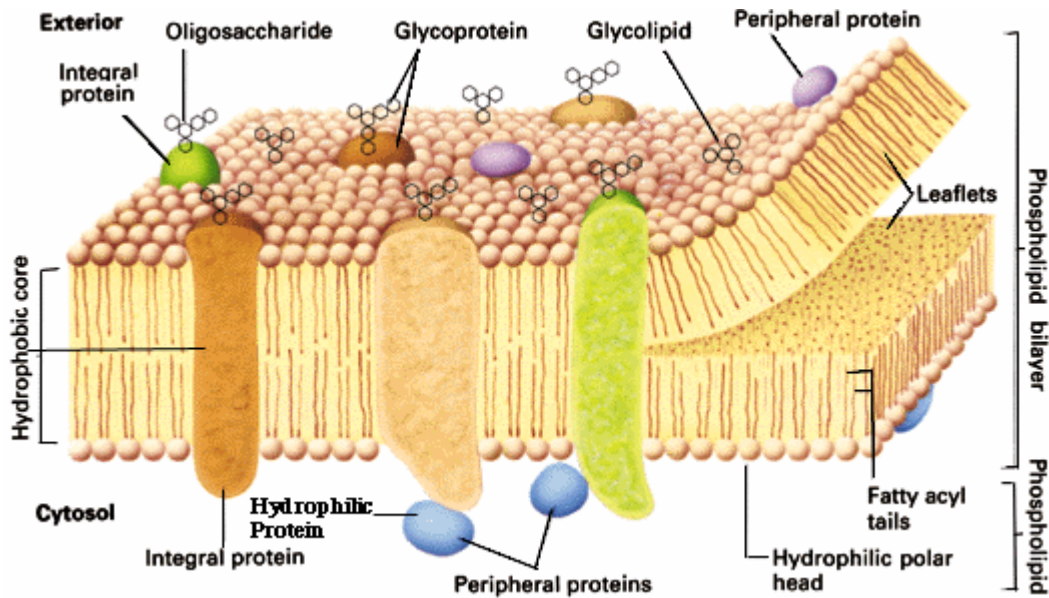
b) Glikolipidler: Yağ asitleri ile bir karbonhidrat ve nitrojenin birleşmesiyle oluşur. Fosforik asit içermez. Örneğin, serebrozitler.

c) Lipoproteinler: Lipid protein kompleksleridir. Yağların kandaki taşıma formudur. Kilomikronlar, VLDL, LDL, HDL gibi.

d) Steroidler (Steroller): Bu gruba giren lipitlerde alkol fonksiyonu büyük molekülü bir alkol olan steroldür. Bu sterollerden en önemlisi kolesteroldür.

4.4.2. Hayvan Beslemede Lipitlerin Önemi

Lipitler, proteinler gibi, hayvansal organizmanın yaşamsal bileşenlerinden biridir. Hayvansal hücre zarlarının temel bileşenidir (Şekil 4.15). Lipitler olmadan hücre zarının oluşumu ve hücre entegrasyonunun korunması mümkün değildir. Yani, hücreler topluluğu olan hayvansal dokuların varlığı ve normal faaliyeti için lipitler vazgeçilmez bir özelliğe sahiptir. Lipitler ayrıca, yağda eriyen A, D, E ve K vitaminlerinin taşıyıcısı olarak görev yaparlar. Yağlar olmadan bu vitaminlerin emilimi ve organizma içinde taşınması mümkün değildir. Lipitler, dokular içinde ve arasında ayırıcı ve destekleyici özelliğe sahiptir. Deri altına depolanan yağlar vücuttan ısınin çabuk kaybolmasını önlemede, yani vücut sıcaklığının korunmasını sağlamada ısı nakletmeyen bir tabaka olarak hizmet görür. Yine iç organlarla diğer bazı organların etrafında biriken yağlar da bu organlar için destek vazifesi görür. Yağlar son olarak da organizma için temel enerji kaynaklarıdır.



Şekil 4.15. Hayvansal organizmada hücre zarının yapısı

Organizmanın gereksinim duyduğu enerjinin besinsel kaynağı olduğu gibi organizmada depo edilen enerjinin de en önemli kaynağıdır. Formu ne olursa olsun hayvansal organizmaya

alınan fazla enerji, **lipogenesis** yoluyla önce yağa dönüştürülmekte ve yağ dokuda ve diğer dokularda bu formda depolanmaktadır. Hücre içi oksidasyonda, diğer enerji kaynakları olan karbonhidrat ve proteinlere göre birim miktarda çok daha yüksek enerji üretimine imkan sağlar ve oksidasyon aşamasında ısı enerjisi olarak açığa çıkan kayıp enerji (heat increament=ısı artışı) açısından daha küçük değere sahip olduğundan, enerji üretim etkinliği diğer enerji kaynaklarına göre çok daha yüksektir. Bu nedenle verim için kullanılacak enerji üretimi yağlarda çok daha fazladır. Yağların ısı artırım değerlerinin düşüklüğü, özellikle sıcaklık stresi altındaki kanatlıların beslenmesinde özel bir öneme sahiptir.

4.4.3. Yağ Asitleri

Yağ asitleri, bir ucunda metil (CH_3) grubunun, diğer ucunda ise karboksil (COOH) grubunun bulunduğu karbon atomlarının yan yana dizilmesinden oluşan bir zincir şeklindedir. Zincir, düz veya dallı olabilir. Zincirdeki karbon atomu sayısı yağ asidine göre değişir; ancak yapılarındaki karbon atom sayısı çifttir.

Yağ asitleri, karbon zincirine göre veya doymuş-doymamışlık özelliğine göre sınıflandırılırlar. Yağ asitleri karbon sayısına göre;

Kısa zincirli Karbon sayısı 2 ve 4 olanlar,

Orta zincirli Karbon sayısı 6-12 arasında olanlar,

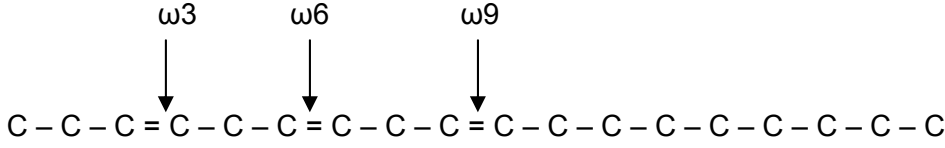
Uzun zincirli Karbon sayısı 14-22 arasında olanlar,

Çok uzun zincirli Karbon sayısı 24 ve 26 arasında olanlar şeklinde sınıflandırılır. Kısa zincirli yağ asitleri genelde uçucudur. Zincir uzadıkça uçuculuk özelliği azalır. Asetik asit ($\text{CH}_3\text{-COOH}$), propiyonik asit ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$) ve bütirik asit ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$) hayvan besleme açısından en önemli uçucu yağ asitleridir.

Yağ asitleri ayrıca esansiyellik özelliklerine göre, esansiyel yağ asitleri ve esansiyel olmayan yağ asitleri olarak da sınıflandırılabilir.

Düz zincirli doymuş yağ asitleri $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ genel formülü ile tanımlanırlar. Doymamış yağ asitlerinde ise hidrojen atomu sayısı, karbon atom sayısının iki katından, çift bağ sayısının iki katı kadar noksanıdır. Doğada (bitkisel ve hayvansal dokularda) yaygın olarak bulunan doymuş ve doymamış yağ asitlerinin isimleri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Yine bu çizelgede 15°C 'nin üzerindeki sıcaklıklarda katı olan yağ asitlerinin erime noktaları da verilmiştir. Bu çizelgeden de anlaşılacağı üzere erime noktalı zincir uzunluğu ve çift bağ sayısından etkilenir. Doymamış yağ asitleri oda sıcaklığında sıvıdır.

Yağ asitleri, pratikte Delta ve Omega sistemleri kullanılarak "C" harfi önüne alt indisli rakamlar şeklinde kısa olarak yazılır. Bu işlemde, önce Delta sistemine göre karboksil uçtan itibaren numaralanarak yağ asidinden bulunan toplam karbon atom sayısı rakamla yazılır, sonra bunu takiben koyulan iki nokta üst üste, bu yağ asidi molekülünde yer alan çift bağlı (doymamış) karbon atom sayısı rakamla izler. Bunu takiben n- 'den sonra gelen rakam, Omega sistemine göre metil grubunun bağlı bulunduğu karbon atomundan itibaren doymamış bağın kaçınıcı karbon atomunda olduğunu bildirir (Şekil 4.16). Örneğin, 18:2n-6 kısa gösterimi, linoleik aside ait olup, bu yağ asidinde 18 karbon olduğu, zincirde 2 adet çift bağlı karbon atomu bulunduğu ve bu çift bağın ilkinin metil grubundan itibaren 6. karbon atomunda (altıncıyı yedinciye bağlayan karbon atomunda) olduğu anlaşılır.



Şekil 4.16. Omega sistemine göre yağ asitlerindeki çift bağların kodlanması

Aşağıdaki çizelgede yağ asitlerinin ampirik isimleri yanında modern kimyasal isimleri de verilmiştir. Bu isimlerin sonuna bağlanan ekler ile yağ asitinin "doymuş" veya "doymamış" olduğu da belirtilmiştir. -anoic eki; doymuşluğu, -enoic eki; tek bir çift bağı yani tekli doymamışlığı, -dienoic eki, iki çift bağı, -trienoic eki; üç çift bağı, teraenoic eki; dört çift bağı, -pentaenoic eki ise beş çift bağı işaret eder. Yapısında birden fazla doymamış bağ taşıyan yağ asitlerine çoklu doymamış (polyunsature) yağ asitleri adı verilir.

Çizelge 4.3. Lipitlerin Yapısında Yer Alan Yağ Asitleri.

Yağ asidi	Formülü	Kısa Gösterimi	Erime Noktası (°C)
Doymuş Yağ Asitleri			
Butirik asit (veya Butanoic)	C ₄ H ₈ O ₂	C _{4:0}	Sıvı
Kaproik asit (veya hexanoic)	C ₆ H ₁₂ O ₂	C _{6:0}	Sıvı
Kaprilik asit (veya oktanoic)	C ₈ H ₁₆ O ₂	C _{8:0}	16
Kaprik asit (veya decoanic)	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	C _{10:0}	31
Laurik asit (veya dodecanoic)	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	C _{12:0}	44
Miristik (veya tetradecanoic)	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	C _{14:0}	54
Palmitik asit (veya hexadecanoic)	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	C _{16:0}	63
Stearik asit (veya octadecanoic)	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	C _{18:0}	70
Araşidik asit (veya eicosanoic)	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	C _{20:0}	76
Lignoserik asit (veya teracosanoic)	C ₂₄ H ₄₈ O ₂	C _{24:0}	86
Doymamış Yağ Asitleri			
Palmitoleik asit (veya hexadeconoic)	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	C _{16:1n-7}	Sıvı
Oleik asit (veya octadeconoic)	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	C _{18:1n-9}	Sıvı
Linoleik asit (veya octadecadienoic)	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	C _{18:2n-6}	Sıvı
γ-Linolenik asit (veya octadecatrienoic)	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	C _{18:3n-6}	Sıvı
α-Linolenik asit (veya octadecatrienoik)	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	C _{18:3n-3}	Sıvı
Araşidonik asit (veya eicosatetraenoic)	C ₂₀ H ₃₂ O ₂	C _{20:4n-6}	Sıvı
Eicosapentaenoic asit (EPA)	C ₂₀ H ₃₀ O ₂	C _{20:5n-3} , EPA	Sıvı
Erüsik asit	C ₂₂ H ₄₂ O ₂	C _{22:1n-9}	
Docosatrienoic asit	C ₂₂ H ₃₈ O ₂	C _{22:3n-9}	Sıvı
Docosatetraenoic asit	C ₂₂ H ₃₆ O ₂	C _{22:4n-6}	Sıvı
Docosapentaenoic asit (DPA)	C ₂₂ H ₃₄ O ₂	C _{22:5n-3} , DPA	Sıvı
Docosahexaenoic asit (DHA)	C ₂₂ H ₃₂ O ₂	C _{22:6n-3} , DHA	Sıvı

4.4.4. Esansiyel Yağ Asitleri

Bazı lipidlerin hayvansal dokuların esansiyel unsurları olduğu, yani vücutta sentezlenemediği mutlaka yiyecek veya yemlerle birlikte dışarıdan alınması gerektiği bilinmesine rağmen karbonhidratların yağ dönüşebilmeleri, fosfolipidler ve kolesterol gibi esansiyel lipid bileşenlerinin de vücutta sentezlenebilmeleri, lipidlerin rasyon veya diyetle verilmesinin pek gerekli olmadığı noktasında tartışma yaratmış; ancak yağsız rasyonla beslenen farelerde derinin kabuklaştığının görülmesi ve kuyruğun nekroz olması, büyüme gelişmenin yavaşlaması, üreme faaliyetlerinin ve süt veriminde aksamanın görülmesi üzerine söz konusu tartışma yağ asitlerinden bazılarının esansiyel özellik taşıması ve bunların yeme ilavesi ile tüm bu olumsuzlukların giderilebileceğinin görülmesi üzerine tamamen kapanmıştır. Hayvanlar ve insanlar üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda yağ asitlerinden linoleik (C18:2), linolenik (C18:3) ve araşidonik (C20:4) asitlerin hayvanlarca sentezlenemediği, organizma için esansiyel

olduğu, bu yağ asitlerinin rasyon veya diyetle belirli düzeyde mutlaka bulunması gerektiği saptanmıştır. Daha sonraki yıllarda yapılan çalışmalar sonucunda, söz konusu üç yağ asidinden araşidonik asidin linoleik asit varlığında bu yağ asitinden vücutta sentezlenebileceği saptanmıştır. Söz konusu üç yağ asidi dışındaki diğer tüm yağ asitleri esansiyel olmayan yağ asitleridir. Bunlar rasyonla alınmasalar bile organizma içinde sentezlenebilirler.

Sonuç olarak; esansiyel yağ asitlerinin,

1. hücre zarı yapısının vazgeçilmez unsuru fosfolipidlerin bileşiminde yer almaları,
2. organizmada metabolik düzenleyici olarak araşidonik asitin prostoglandinlerin yapısına girmeleri ve bunların da tüm organizma düzeyinde vücutta, düz kasların kasılmasında, kanın pıhtılaşmasında, enfeksiyonların önlenmesindeki görevleri nedeniyle yaşamın vazgeçilmez unsurları olduğu açığa çıkmıştır.

Öte yandan, esansiyel yağ asitlerinin eksik alınması durumunda olduğu gibi fazla alınması durumunda da bazı olumsuzluklar görülür. Bu yağ asitleri doymamış yapıda olduklarından kolayca oksitlenebilmekte, organizmada biyolojik antioksidan olarak görev yapan vitamin E'ye duyulan gereksinmeyi yükseltmektedir. Vitamin E noksanlığına bağlı olarak gelişen bir çok metabolik rahatsızlık, Vitamin E yeterli olsa da doymamış yağ asitlerinin fazlalığı nedeniyle yine bu metabolik rahatsızlıklar oluşabilmektedir. Özetle, fazla esansiyel yağ asidi, organizmanın vitamin E'ye duyduğu gereksinimi yükseltmekte, ayrıca yem veya yiyeceği oksidasyona ve bozulmaya (ransidite) karşı daha hassas duruma getirmektedir.

Yağların kimyasal yapılarına bağlı olarak ısı, ışık ve su gibi dış faktörlerden etkilenerek bozulması ve parçalanması çeşitli ürünlerin ortaya çıkmasına ve yağın kötü bir tat ve kokuya sahip olmasına neden olur. Bu ürünler arasında peroksitler ara ürün olarak oluşur ve yağların ransiditesinin ölçülmesinde peroksit değeri esas alınır. Vitamin A, karotin ve vitamin E, bozulmuş yağlar tarafından parçalanabilir ve hayvanlarda ciddi metabolik rahatsızlıklar oluşabilir. Özellikle yemlik yağların ve yüksek düzeyde yağ içeren yem materyallerinin depolanmasında ve hayvan beslemede kullanımında dikkatli olmak gerekir.

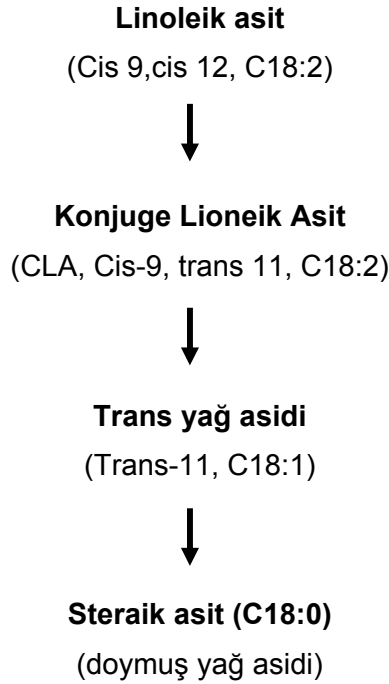
4.4.5. Omega-3 Yağ Asitleri (α -Linolenik asit, EPA, DHA, DPA)

İnsanların özellikle kalp-damar hastalıklarından korunması, tansiyon-şeker gibi sorunlardan uzak durması ve sağlıklı yaşamlarının devamı için gıdalarla birlikte alması gereken bir diğer esansiyel yağ asiti grubu da omega-3 yağ asitleridir. Süt çocuklarında beyin ve dolaşım sisteminin yapı taşlarından biri olan omega-3 yağ asitleri, beyin ve görme fonksiyonlarının gelişiminde de önemli görevler almaktadır. Omega-3 yağ asitleri, kandaki kolesterol miktarını düşürerek, HDL/VLDL+LDL kolesterol oranını HDL kolesterol lehine çevirerek koroner damar hastalıklarından korunmaya büyük katkı sağlarken, bebeklerin beyin fonksiyonlarının sağlıklı gelişimini de garanti altına almaktadır. Soğuk sularda yaşayan balıklar doğadan aldıkları yağ asitlerini omega-3 formuna dönüştürdükleri için omega-3 yağ asitleri doğada en yüksek oranda balık yağında, yağ asiti profili nedeniyle kolza (kanola) ve keten tohumunda bulunur.

4.4.6. Konjuge Linoleik Asit (CLA)

Doğal olarak bulunmaz, geviş getiren hayvanların rumenlerindeki mikroorganizma faaliyetleri sırasında doymamış yağ asitlerinin hidrojenezasyonu sonucu linoleik asitin (C18:2) cis 9 ve trans 11 izomerleri olarak ortaya çıkar (Şekil 4.17). Bu iki izomerin karışımı, konjuge linoleik asit olarak adlandırılır. Geviş getiren hayvanların kaslarında ve sütünde önemli düzeyde bulunur.

Konjuge linoleik asitin ruminant hayvanlarda yağ sentezini inhibe ederek adipoz doku oluşumunu ve büyümesini önlediği ve yağ depolanmasını azalttığı bildirilmekte; ancak çalışma mekanizması henüz tam olarak bilinmemektedir. Son yıllarda anti-karsinogenik etkisi nedeniyle kanserin önlenmesinde yaygın olarak üzerinde durulan bir besin maddesidir. Doku düzeyinde kansere yol açan serbest radikallerin oluşumunu önlediği bildirilmektedir. Bu nedenle kanserden korunmada konjuge linoleik asitle besleme büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, konjuge linoleik asitin insanlarda aterosklerozu önlediğine dair bildiriler de vardır.



Şekil 4.17. Rumende yağ asitlerini hidrojenasyonu ve konjuge linoleik asit oluşumu

4.4.7. Lipit Metabolizması

Çiftlik hayvanları için hazırlanan rasyonlarda yağlar oldukça küçük bir oranı içerse de, hayvan beslemede yağ metabolizması çok önemlidir. Söz konusu önem, özel bazı lipitlerin organizmada oynadığı hayati rollerden, yağ depolanması sırasında vücutta meydana gelen büyük çaplı yağ formasyonundan, süt yağı düzeyinden ve yağların organizmadaki diğer fonksiyonlarından ileri gelir. Lipitler, yaşamın vazgeçilmez unsurları ve hayvansal hücrenin hayati fonksiyonları için organizmanın her bir hücresinde yer alırlar. Depolanan yağlar, organizmanın başlıca enerji kaynağı olarak yer alırken, deri altında izolasyon maddesi olarak, iç organlar için ise destek maddesi olarak önemli görevler üstlenirler.

4.4.7.1. Çiftlik Hayvanlarında Lipidlerin Sindirimi ve Emilimi

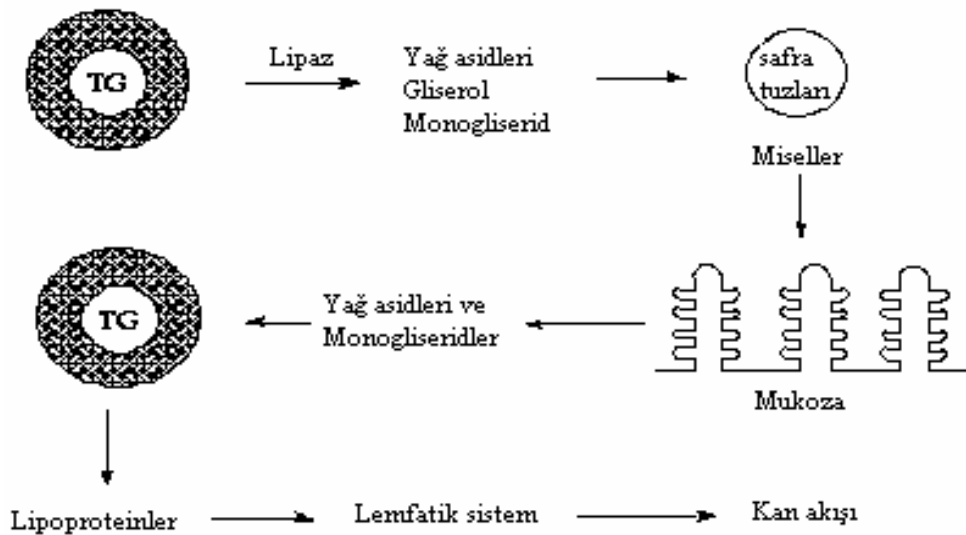
Tek mideli hayvanlarda lipitlerin sindirimi incebağırsaklarda başlarken, ruminantlarda rumende mikrobiyal faaliyet sonucu oldukça sınırlı miktarda lipit sindirimi olmakta, ayrıca mikroorganizma faaliyetleri sonucu rasyon yağları, rumende önemli miktarda form değişikliğine uğramaktadır. Bu nedenle yağların sindirimi ve Emilimi ayrı ayrı verilecektir.

Tek Mideli Hayvanlarda Lipitlerin Sindirimi ve Emilimi

Tek mideli hayvanlarda lipitlerin tek sindirim yeri incebağırsaklardır. İncebağırsaklarda, yağların enzimatik sindirimi üzerine etkili maddeler, karaciğerden salgılanan safra ve

pankreastan salgılanan lipazdır. Safra, bikarbonat içeriği sayesinde yüksek düzeyde tamponlayıcı bir özelliği ile incebağırsaklarda pH'nın yükselmesini sağlayarak pankreastan bağırsağa dökülen yağların sindiriminde sorumlu enzim olan lipazı aktive eder. Safra aynı zamanda bağırsak ortamındaki yağları emülsifiye ederek küçük parçacıklara ayırır ve lipazın yağların sindirimindeki etkisini artırır. Safra ve lipaz aktivitesi altında trigliseritler, monogliseritlere ve yağ asitlerine ayrılır (Şekil 4.18). Gliserol ve yağ asitlerine tam hidroliz sınırlı düzeyde olur. Bileşik lipidlerin tam hidrolizinde ise gliserol ve yağ asitleri yanında az miktarda fosforik asit ve nitrojenli bazlar gibi diğer ürünlerde açığa çıkar. Fakat serbest steroller, sindirim sistemindeki aktiviteden etkilenmezler. Yağlar aslında yüksek derecede sindirilebilen maddelerdir. Ancak yağların sindirilebilme düzeyleri, içerdikleri karbon zincirinin uzunluğuna ve doymuşluk derecesine göre değişir. Yapılan çalışmalara göre, 18 veya daha fazla karbon içeren doymuş yağ asitlerinin miktarı arttıkça yağların sindirimi düşmektedir. Genel olarak doymamış yağlar doymuş yağlara göre çok daha kolay sindirilebilmektedir. Öte yandan, kanatlı hayvanlarda safranin karaciğerde sentezi ve salgılanması yaşa bağlı olarak gelişim gösterir. Erken yaşlarda (kuluçkayı takiben ilk 2 hafta) safra yetersizliği nedeniyle kanatlı hayvanlar özellikle doymuş yağları sindiremezler veya çok kısıtlı miktarda sindirebilirler. Bu konuda yapılan çalışmalarda, rasyona safra tuzları katkısı ile genç kanatlıların özellikle palmitik ve stearik asitleri sindirilebilme kapasitelerinin arttırılabileceği ve bu artışın doymamış yağ asitlerinin sindirebilme kapasitelerindeki artışa oranla daha fazla olacağını ortaya koymuştur.

Yağların enzimatik hidrolizinden açığa çıkan düşük moleküllü kısa ve orta zincirli yağ asitleri doğrudan bağırsak mukozasına geçerken monogliseritler ve suda erimeyen yağ asitleri, safra etkisi altında ince emülsiyon ve eriyebilir bir kompleks misel haline getirildikten sonra bağırsak mukozasına geçer. Doğrudan emilebilen kısa ve orta zincirli yağ asitleri açısından önemli olmasa da, misel oluşumu yağların emilimi açısından son derece önemlidir.



Şekil 4.18. İncebağırsaklarda yağların sindirimi

Bir misel yaklaşık 15000 molekül ağırlığına ve 1.6-2 nm çapa sahip, safra tuzu ile çevrili merkezinde yağ asiti ve kolesterol içeren bir yapıdadır. Bağırsak mukozasına geçişi takiben kısa zincirli yağ asitleri kan dolaşımına girerken, 14 veya daha fazla sayıda karbon içeren yağ asitleri ve monogliseritler epitel hücrelerde tekrar trigliserit sentezine uğrarlar. Bu trigliseritler, küçük miktarlarda fosfolipit, serbest ve bileşik kolesteroler birlikte kilomikron (chylomicron) adı verilen

1000 mμ büyüklüğünde kolloidal yapılar oluştururlar. Kilomikronlar, lenfatik sisteme geçerler ve torasik kanal aracılığıyla genel kan dolaşımına transfer olurlar. Buradan karaciğer ve diğer dokular vasıtasıyla hızla alınarak depo edilirler veya katabolizmaya uğrarlar. Kilomikronlar kandan alınıp çekilmeden önce, kana sütümsü beyaz bir görünüş verirler ki buna “lipemi” adı verilir. Lipitler sindirim sonrası emildikten ve kana geçtikten sonra kan lipitleri olarak aşağıdaki gibi dağılım gösterirler;

Fosfolipitler	%45
Trigliseritler	%35
Kolesterol esterleri	%15
Serbest yağ asitleri	%5

Bu lipitler, çoğunlukla, özel proteinler tarafından stabilize edilmiş kolloidal kompleksler olarak bulunurlar. Bu komplekslere “lipoproteinler” adı verilir. Lipitler, ancak, lipoprotein formunda ekstrasellüler sıvılarda vücutta nakledilirler. Kan lipoproteinleri, kilomikronlar, VLDL, LDL ve HDL formundadır. Emilim olaylarını takiben kana geçen serbest yağ asitleri ise karaciğer tarafından tutularak VLDL formuna dönüştürülür ve tekrar kana geri verilir.

Ruminant Hayvanlarda Lipitlerin Sindirimi ve Emilimi

Ruminant hayvanlar yemleri ile aldıkları trigliseritleri rumende mikrobiyel faaliyet sonucu büyük ölçüde hidrolize ederler, açığa çıkan gliserolün bir kısmı da rumende propiyonik asite yıkılır. Rumen bakterilerinin lipitler üzerindeki etkisi konusunda çok detaylı bilgi olmasa da, rasyonda %5’in üzerinde ham yağ bulunması rumende mikroorganizma faaliyetini olumsuz yönde etkilemekte, bu nedenle sadece yağların değil, tüm besin maddelerinin ruminal sindirimi sınırlandırmaya başlamaktadır. Bu nedenle ruminant rasyonlarına enerji kaynağı olarak kullanılacak yağlar, korunmuş yağ formunda, yani rumende sindirime uğramadan incebağırsaklara ulaşip orada sindirilebilecek formda, minerallerle sabunlaştırılmış (kalsiyum veya magnezyum sabunu) olarak rasyona katılmaktadır.

Pratikte hazırlanan ruminant rasyonlarının toplam yağ içeriği %2-6 arasında değişir. Bu içeriğin hemen hemen hepsi yem kaynaklarının doğal yapısından kaynaklanmaktadır. Bitkisel kaynaklarda lipitler fosfolipit ve glikolipit gibi yapısal formda bulunurken, yağlı tohumlarda trigliserit formunda bulunur.

Rumene ulaşan lipitlerin hemen hemen tamamı mikroorganizma faaliyetine maruz kalırlar. Öncelikle lipitler lipolize, sonra da hidrojenizasyona (çift bağların hidrojenle doyurulması) uğrarlar. Bu arada mikroorganizma faaliyeti sonucu doymamış yağ asitlerinin trans-izomerleri (konjuge linoleik asit) üretilir. Bitkisel kaynaklı yağların %90’dan fazlası hidrolize olurken, hayvansal kaynaklı yağların da %50’ye yakını hidrolize olur. Açığa çıkan doymamış yağ asitleri rumen mikroorganizmaları için toksiktir. Bu nedenle mikroroganizmalar hidrojenizasyon başlatarak, fermentasyon sonucu oluşan H ile (bu da toksiktir) doymamış yağ asitlerini doyururlar. Böylece rumen mikroorganizmaları bir manada “detoksifikasyon” işlemi yaparlar. Rumendeki mikroorganizma faaliyeti sonucu ayrıca propiyonik asit ve valerik asit gibi dallı zincirli tek karbonlu yağ asitleri sentezlenir. Rumende yağların parçalanması sonucu açığa çıkan gliserol hariç tutulursa, rumende yağların sindirimi sonucu açığa çıkan hidroliz ürünleri ve sindirime uğramayan tüm lipit içerik, gerçek sindirime uğramak üzere incebağırsaklara geçer.

Burada safra tuzları ile emülsifiye olan trigliseritler, lipaz aktivitesi altında gliserol ve yağ asitlerine hidrolize olur (Şekil 4.18). Serbest yağ asitleri bağırsak mukazasına geçer, karbon zincir uzunluğu 14 ve üzerinde olan doymamış yağ asitlerinden kilomikron, doymuş yağ asitlerinden ise VLDL sentezi yapılarak ve bu formlarda lenf sistemine aktarılırlar. Karbon zincir uzunluğu 12 ve altında olan yağ asitleri ve gliserol doğrudan kana geçerek karaciğere taşınır.

4.4.7.2. Organizmada Yağ Depolanması ve Yağ Sentezi (Lipogenesis)

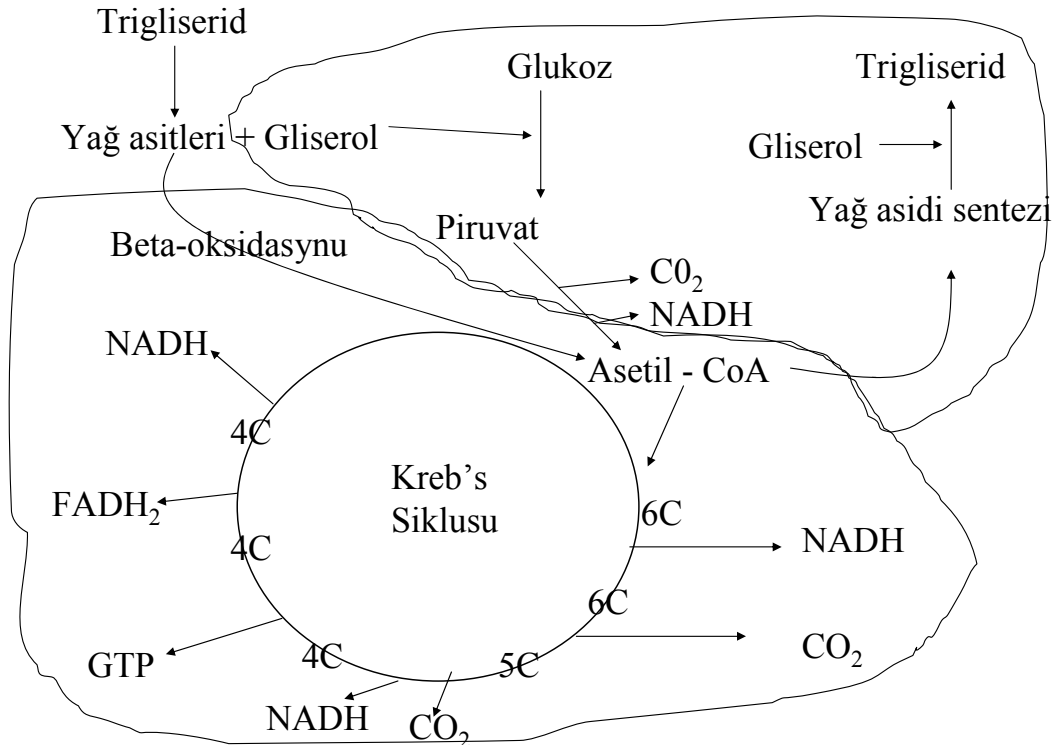
Kandaki trigliseritlerin kas ve yağ doku gibi değişik dokular tarafından kullanılabilmesi için önce hücreye girmesi gerekir. Bunun için dokular kapillar duvarına LPL salgırlar. Böylece trigliserit, 3 yağ asidi ve 1 gliserole hidrolize olur. Açığa çıkan yağ asitleri hücreye geçerken, gliserol karaciğere geri taşınır ve buradaki glikokinaz enzimi ile aktiflenerek alfa-gliserol fosfata dönüşür ve yağ sentezi için kullanılır

Vücutta depolanan enerji, en fazla, trigliseritler şeklinde olur. Bu depolanma, en çok adipoz dokularda, ya yemlerde veya yiyeceklerdeki yağ asitlerinden direk olarak, ya da karbonhidrat ve bazı amino asitlerden sentezlenerek olur. Yağ sentezi kanatlı hayvanlarda karaciğerde olurken, ruminantlarda yağ dokuda (uzun zincirli, C18) ve laktasyonda ise meme bezlerinde (kısa zincirli, C4-C16) olur. Her iki grup hayvanda da yağ sentezi rasyon bileşiminden ve hormon aktivitesinden etkilenir. Rasyonda yüksek yağ bulunması yağ asidi sentezini düşürür. Rasyonda yüksek oranda nişasta ve glukoz varlığı ise yağ sentezini artırır. Hormonlardan ise insülin, yağ sentezini artırırken, glukagon, adrenalin ve noradrenalin, yağların yıkımını artırır. Öte yandan, kanatlı hayvanlarda rasyon yağ bileşimi, organizmada sentezlenen yağın yağ asidi kompozisyonunu doğrudan etkiler. Ruminantlarda ise böyle bir etki söz konusu değildir. Çünkü rasyon yağları rumende hidrojenizasyona ve desaturaz aktivitesine uğrayarak orijinal yapılarını kaybederler.

4.4.7.3. Organizmada Yağların Yıkılması-Katabolizması (Lipoliz)

Adipoz doku, yağ asiti ve glukozu, trigliserit sentezi için kandan çekip alabilir. Böylece, yağ asitlerini depo edip, gerektiğinde ise vücudun ihtiyacını karşılamak üzere onları serbest olarak kana verebilir. Vücutta yer alan adipoz dokunun %50'den fazlası deri altında yerleşik durumdadır. Geriya kalan kısım ise bazı organların, özellikle böbreklerin etrafında, bağırsakları çeviren membranlarda, kaslarda ve diğer bazı yerlerde bulunur. Adipoz doku tamamen inert bir doku değildir. Kan damarları ve sinirlere sahip olup buralarda cereyan eden çeşitli reaksiyonlar sonunda lipogenesis yoluyla amino asitlerin ve karbonhidratların yağa dönüşümü, yağların doymamış hale getirilmesi ve lipoliz yoluyla yağların yıkılması gibi olaylar gerçekleşebilir.

Lipoliz, yağ dokudan yağların mobilizasyonudur. Genellikle açlık veya stres koşullarında enerji veya glukoz üretimi amacıyla oluşur. Lipolizin oluşumu için gerekli enzim, hormon sensitive lipazdır. Bu enzim yağ dokudaki adipositlerde üretilir. Bu enzim aktifleştğinde, yağ dokudaki yağlar serbest yağ asitlerine ve gliserole parçalanarak kana verilir. Yağ asitleri albumine bağlanarak esterleşmiş yağ asitleri olarak kan yoluyla hücrelere ulaşır ve beta-oksidasyonu ile de enerji üretiminde kullanılırlar. Bu arada açığa çıkan gliserol, önce α -gliserol fosfata, sonra dihidroksiasetonfosfata ve daha sonra da asetil koenzim A'ya dönüştürülerek trikarboksilik asit siklusuna girer. Gliserolun karbondioksit ve suya parçalanması net 22 molekül ATP oluşturur. Bu arada daha önce açığa çıkan yağ asiti de beta oksidasyonla her defasında 2 karbon kısaltılarak iki karbonlu bileşikler halinde trikarboksilik asit siklusuna girer ve zincirdeki karbon sayısına bağlı olarak yüksek sayıda ATP üretimine imkan sağlar. Örneğin, 16 karbonlu palmitik asit, 8 asetil koenzim A oluşumu sağlar ve bunlar trikarboksilik asit siklusuna girer. Tüm bu olaylar sonucunda toplam olarak net 129 ATP kazanılır (Şekil 4.19). Enerji üretimi dışında yağların son katabolik ürünleri karbondioksit ve sudur.



Şekil 4.19. Yağların enerji üretimi amacıyla yıkılması

Öte yandan, asetil koenzim A'nın siklusa girebilmesi, karbonhidrat metabolizmasındaki belirli oksidatif basamaklara bağlıdır. Eğer bu basamaklar, normal olarak meydana gelmezse, yağ metabolizmasından ortaya çıkan iki karbonlu bileşikler birikir ve asetoasetik asit, β -hidroksibutirik asit ve aseton oluşur. Bunlar "keton maddeler" veya "keton cisimcikler" olup "ketosiz" olarak bilinen metabolik rahatsızlığa neden olur. Bu keton bileşikler kanda birikince "asetonemi" oluşur. Akciğerler aracılığıyla solunumla uzaklaştırılmaya çalışılır. Açlıkta nefesin kokmasının nedeni de keton maddelerdir. Keton maddelerin diğer bir eliminasyon yolu da idrardır. İdrarda yüksek düzeyde keton maddelerin görülmesine "asetonuri" adı verilir. Asetonuri durumunda idrarla yüksek miktarda elektrolit kaybı da oluşur. Asetonuri metabolik bozukluğun bir klinik göstergesidir. Keton maddelerden asetoasetik asit, β -hidroksibutirik asit oldukça kuvvetli asitler olduklarından, bunların sürekli kanda yüksek düzeyde seyretmesi kanın pH tamponlayıcı alkali rezervlerini tüketir ve böylece "asidoz" oluşur. Asidoz durumunda kanın karbondioksit taşıma gücü azalır ve hücre normal çalışma ortamını kaybeder. Bu çok ciddi olup, ileri durumlarda koma ve ölüm görülür.

Ketosiz, çiftlik hayvanlarında görülen önemli patolojik durumdur. Süt sığırlarında meydana gelen asetonemi ve koyunlara görülen "gebelik hastalığı" ketosis kaynaklıdır. Her iki tür hayvanda da, kan ve idrar da keton seviyeleri yükselir, şeker seviyesi düşer, glikojen rezervi yok olur ve iştahsızlık başlar. Kana glukoz enjeksiyonu etkili bir klinik tedavi olup karaciğer glikojen ve kan glukoz düzeylerini yükseltip keton düzeyini düşürür. Ayrıca kortizol hormon tedavisi de uygulamada geçerli bir tedavi şeklidir. Kortizon hormonu proteinleri yıkarak glikojen oluşu sağlamaktadır. Tek mideli hayvanlarda ve insanlarda ketosiz yiyeceklerle birlikte glukoz verilerek tedavi edilebilirken, ruminant hayvanlarda glukozun rasyona sokulması etkili olmamaktadır. Çünkü rasyonla alınan glukozun çoğu rumende uçucu yağ asitlerine çevrilmekte ve kana glukoz olarak karışmamaktadır. Buna karşılık sodyum propiyonat veya propilen glikol

gibi bileşikler ketosizin tedavisinde iyi sonuçlar vermektedir. Çünkü propiyonik asit iyi bir glikojen yapıcısı olup anti-ketojenik bir bileşiktir. Pratikte daha lezzetli olduğundan ruminantlarda ketosiz tedavisinde propilen glikol kullanımı daha yaygındır.

4.4.7.4. Kolesterol ve İnsan Beslenmesi

Hayvansal dokulardaki sterollere “zoosteroller” adı verilir. Bunlardan en önemlisi kolesteroldür. Kolesterol, bütün hücrelerde ve kanda, serbest yağ asitleriyle birleşmiş ester olarak bulunur. Hayvansal hücrelerin vazgeçilmez unsuru olan kolesterol hayvansal organizma için hayati öneme sahiptir. Hücrenin yapısal bir bileşeni olduğu gibi kilomikron ve lipoproteinlerin de yapısal bileşenidir. Kolesterol ayrıca pek çok metabolitin sentezinde temel hammaddeyi oluşturur. 7-dehidrokolesterol vitamin D₃'ün provitaminidir. Vitamin D₂'nin ön maddesi olan ergosterol, kolesterolün bir türevidir. Kolesterol, safra asitlerinin yapısında da bulunur. Organizmanın denetiminde sorumlu sistemlerden biri olan hormonal sistemi oluşturan hormonlardan adrenokortikoidler, androjenler, östrojenler, progesteron vb. gibi steroid yapıdaki hormonlar, kolesterolden itibaren sentezlenir.

Kolesterol, rasyon bileşenleri ile dışarıdan alınabildiği gibi, karaciğerde asetattan itibaren sentezlenebilir. Kandaki düzeyi çeşitli faktörlere göre değişir. Omnivorlar için kan kolesterol düzeyini belirleyici en önemli faktör yiyeceklerdir. İç üretim ile dış alımın denge içinde olması gerekir. Yiyeceklerle kolesterol alımı arttığında karaciğerdeki sentezlenen miktarının azalması ve böylece kandaki konsantrasyonun korunması gerekir. Hayvansal organizma için bu derece önemli olan ve tamamen hayvansal kökenli bir madde olan kolesterol, hayvansal ürün tüketen biz insanlarda tüketimi kontrol edilmezse ve kandaki konsantrasyonu fazla yükselirse bir takım sağlık sorunlarına yol açabilir. Et, karaciğer ve yumurta sarısı, kolesterolce zengin hayvansal gıdalardır. Kolesterol, arterlerin duvarlarında oluşan plak ve tabakaların temel bileşenidir. Atar damarların yani arterlerin iç duvarlarında oluşan bu plaklar, damarları daraltmakta ve geçen kan akımını kısıtlamaktadır. Ateroskleroz, adı verilen bu olay, damarlarda pıhtı oluşumuna, damar sertliğine, kalbi besleyen damarların tıkanmaları sonucu kalp yetmezliğine yol açmaktadır. Kanda kolesterol düzeyinin yüksekliği kalp krizlerinin bir nedeni olarak bilinmektedir. Kanda kolesterol yüksekliği, karaciğerin kan kolesterol düzeyini kontrol edememesinin bir göstergesidir. Böyle durumlarda yiyeceklerle kolesterol tüketiminin kontrol altına alınması önerilmektedir.

Kolesterol ayrıca, safra taşları oluşumuna da yol açar. Safra taşları, safra tuzları, bilirubin ve kolesterolden oluşur. Kolesterol suda çözünmez; ancak safra kesesinde safra içinde çözünmüş durumdadır. Kolesterol fazlalığında veya safra tuzlarının noksanlığında, kolesterolün tamamı safra içinde çözünemez ve safra taşı oluşumuna neden olur.

Kanda kolesterol, lipoprotein şeklinde taşınır. Bu taşınma formları, VLDL, LDL, IDL, HDL ve albumin+yağ asitleri şeklindedir ve bu formlarda metabolize olurlar.

4.5. Vitaminler ve Metabolizması

Vitaminler genel olarak hayvan vücudunda sentezlenemeyen, ancak yaşamsal fonksiyonların normal seyri için kaçınılmaz olarak gereksinim duyulan bileşikler olup organizmada ceryan eden tüm metabolizma faaliyetleri içinde kendilerine özgü spesifik görevleri yerine getirirler. Eğer hayvan gereksinim duyduğu düzeylerde alamazsa yaşamsal fonksiyonlarda bozukluklar görülür ve bunun sonucunda da vitamin eksikliği semptomları ortaya çıkar. Çiftlik hayvanları için vitaminlerin tümü (normal yetiştirme koşulların da C vitamini hariç) esansiyeldir, yani dışarıdan hayvana verilmeleri gereklidir. Ancak ruminant hayvanlar belirli düzeylerde B grubu vitaminlerini rumenlerindeki mikroorganizma faaliyeti sonucu

sentezleyebilirler. Hayvanların vitamin gereksinimleri günlük olarak değil de yemin 1 kilogramında mg veya IU (International Ünite) şeklinde ifade edilir ve yeme katılırlar.

4.5.1. Hayvan Beslemede Vitaminlerin Önemi

Vitaminler, çiftlik hayvanlarının, büyümesi, gelişmesi, üremesi, kısaca yaşaması ve verim vermesi için gerekli metabolik faaliyetlerin normal seyri için esansiyel maddelerdir. Çiftlik hayvanları vitamin eksikliğine karşı oldukça duyarlıdır. Bunun çeşitli nedenleri bulunmaktadır.

a) Çiftlik hayvanlarının bir kısmının sindirim sisteminde bulunan mikroorganizmalar, vitaminler çok az ya da, hiç sentezleyemeyen türdendir. Hatta bu mikroorganizmalar yemdeki vitaminlere gereksinim duydukları için konukçu olarak hayvana bu yönden rakip olurlar.

b) Vitaminler çiftlik hayvanlarındaki yoğun metabolik reaksiyonların kaçınılmaz öğeleridir. Metabolik olaylardaki bir çok reaksiyona iştirak ettiklerinden enerji ve protein metabolizmalarının ve dolayısıyla yaşamın esansiyel unsurlarıdır.

c) Çiftlik hayvanlarının günümüz entansif üretim koşullarının yol açtığı streslere karşı koymada bazı vitaminlerin önemli derecede rolü olduğu bulunmuştur.

4.5.2. Vitaminlerin Sınıflandırılması

Vitaminleri yağda ve suda eriyebilirliklerine göre iki gruba ayrılırlar.

a) Yağda eriyen vitaminler: A, D, E, K

b) Suda eriyen vitaminler: Tiamin (B₁), Riboflavin (B₂), Piridoksin (B₆), Niasin, Pantotenik asit, Kolin, Folik asit, Biyotin, Siyanokobalamin (B₁₂) ve C vitamini.

Yağda eriyen vitaminler, yağlarla beraber safra tuzlarıyla oluşturdukları miseller halinde emilirler. Yağların emilebilirliklerini artıran koşullar yağda eriyen vitaminlerin emilebilirliklerini de artırır. Suda eriyen vitaminlerin ise yağlarla veya bunların emilebilirlikleriyle bir ilişkisi yoktur. Yağda eriyen vitaminler hiç bir zaman dışarı atılmaz; ancak vücutta depolanırlar. Suda eriyenler ise, hiç bir zaman vücutta depolanmazlar ve idrarla dışarı atılırlar. Bu nedenle, sadece günlük olarak alınmaları gerekir. Vitamin B₁₂ bunlar arasında istisna teşkil eden bir vitamin olup vücutta depolanan tek B grubu vitaminidir.

Vitaminlerin çoğu bitkiler tarafından sentezlenebilir. Vitamin sentezi yapabilen diğer bir canlı grubu da mikroorganizmalardır. Bunlar suda eriyen vitaminlerin tümünü, provitamin A (β -karoten) ve vitamin K₂ (menaquinon)'yı sentezleyebilirler. Vitamin B₁₂ ise ne bitkiler, ne de hayvanlar tarafından sentezlenemez, sadece belirli mikroorganizmalar tarafından sentezlenebilir.

4.5.3. Yağda Eriyen Vitaminler

Bu grup vitaminlerin emilimi ve taşınması için mutlaka yağ gereklidir. Bu grupta yer alan vitaminler, vitamin A, vitamin D, vitamin E ve vitamin K'dır.

4.5.3.1. Vitamin A

Vitamin A alkol (retinol), vitamin A aldehit (retinal) ve vitamin A asit (retinoik asit) olmak üzere her üç bileşiğin de kanatlı ve diğer hayvanlarda vitamin A aktivitesi bulunmaktadır. Vitamin A'nın yapısında 4 adet çift bağ bulunduğundan oldukça doymamış bir yapıya sahiptir. Bu bakımdan kolayca oksitlenerek aktivitesini kaybedebilir. Özellikle ışık, sıcaklık ve nemin etkisiyle ve minerallerin varlığı ve ransitleşmiş yağların bulunması durumunda kolayca okside olabilir. Suda erimeyen fakat yağda ve organik çözücülerde kolayca çözünebilen vitamin A, açık sarı renkte ve kristal yapıdadır. Kolayca oksitlendiğinden, karanlıkta ve oksijensiz ortamda

tutulmalıdır. Çevre koşullarına karşı korunabilmesi için stabilize edilmelidir. Bunun için ya stabl yağ, jelatin veya mumdan oluşan bir zarf ile mekanik olarak örtülmeli ve oksijenle teması kesilmelidir. Böylece hayvanın sindirim sistemine kadar emniyetli bir şekilde korunmuş olur. Ya da, etoksiquin gibi etkili bir antioksidanla bozulmaya karşı korunmalıdır.

Vitamin A, normal görme, epitel hücrelerin ve diğer dokuların yapısının korunması, büyüme, üreme, kemik gelişimi, süt ve yumurta üretimi için esansiyel bir bileşiktir. Çiftlik hayvanlarında vücudun gereksinim duyduğu düzeylerde alınmadığı takdirde; büyümede gerileme, zayıflık, kıl veya tüylerde kırışıklık, göz yaşı bezlerindeki sıvıda eksilme, gece körlüğü, ergin tavuklarda göz etrafında peynirimsi salgı oluşumu, yumurta üretimi ve çıkış gücünde azalma, üreme faaliyeti ve süt veriminde azalma, hastalıklara karşı dirençte kayıp, gece körlüğü, ishal ve epitel dokunun kendini yenileyememesi ile karşılaşılır.

Vitamin A yaygın olarak hayvansal dokularda bulunur. Bitkilerde ise vitamin A'nın provitamini olan karotenler (β -karoten, α -karoten, γ -karoten ve kriptoksantin) bulunur. Çiftlik hayvanlarında yemlerle birlikte alınan β -karoten, emilerek bağırsak duvarında veya karaciğerde vitamin A'ya hidrolize olur. Ancak domuz, koyun ve kanatlılarda karoten emilimi çok sınırlı olup vitamin A'ya dönüşüm bağırsak mukozasında olur. Sığır, at ve insanlarda karoten emilimi çok yüksektir. Özellikle Jersey sığırlarda, Holsteinlere göre daha yüksek düzeyde emilim vardır, bu nedenle jersey sütü sarımsı renklidir. Yağ içinde depolandığından yağda da sarımsı renk verir. Kediler, karoteni vitamin A'ya dönüştüremezler. Karoten olarak kabul edilen ksantofil vitamin A aktivitesine sahip değildir. Tavuklarda yumurtaya sarı renk verir. Bir molekül β -karotenden tavukların bağırsak epitel hücrelerinde iki molekül vitamin A (retinol) meydana gelir. Vitamin A bakımından zengin olan kaynakların başında yeşil yapraklı bitkiler ve yonca unu, sarı mısır ve mısır gluten unu ve balık yağı gelir. Vitamin A, ayrıca sentetik olarak elde edilmekte ve bu haliyle kanatlı rasyonlarına eklenebilmektedir. Vitamin A aktivitesi bakımından, 1 IU Vit.A=0.3 μ g Vit.A (retinol)'ya veya 0.66 μ g β -karoten'e eşdeğerdir.

4.5.3.2. Vitamin D

Vitamin D'nin değişik formları olmakla birlikte bunlar içinde en önemlileri D₂ ve D₃'tür. Vitamin D'nin bu her iki formunda insanlar ve diğer memeliler tarafından değerlendirilebildiği halde, vitamin D₂ kanatlı hayvanlar tarafından değerlendirilemez. Antiraşidik faktör olarak da bilinen vitamin D, kalsiyum ve fosfor'un bağırsaklardan emilmesine yardım ederek kemik ve iskelet gelişimi için gerekli olan bu minerallerin yarayışlılığını artırır. Ayrıca kalsitonin ve paratiroid hormonla birlikte kan kalsiyum düzeyinin ayarlanmasına yardımcı olur. Kemikte olduğu gibi yumurta kabuğunda da Ca mineralinin kristalizasyonuna yardım eder. Bitkilerde vitamin D'nin provitamini ergosterol olup ultraviyole ışınlarıyla vitamin D₂ (ergokalsiferol)'ye dönüşür. Hayvanlardaki vitamin D'nin provitamini ise 7-dehidrokolesterol olup ultraviyole ışınları yardımıyla vitamin D₃ (kolekalsiferol)'e dönüşür. Görüldüğü gibi vitamin D provitaminlerinin aktif hale geçebilmeleri için güneşin ultraviyole ışınlarına gereksinim vardır. Gün içinde bol miktarda güneş ışığı alan ruminant hayvanlar için bu açıdan sorun yokken, modern tavukçuluk işletmelerinin çoğunda yapay aydınlatma yoluyla üretim yapıldığından tavuklar tüy ve derilerinde bulunan kolesterolü vitamin D₃'e çeviremezler. Bu nedenle entansif olarak yetiştiriciliği yapılan kanatlı kümes hayvanlarının vitamin D'yi yemleriyle almaları zorunludur. Öte yandan, ruminant hayvanlar içinde olası eksikliği gidermek için rasyona belirli düzeyde vitamin D katkısı tavsiye edilir. Kanatlılar için vitamin D kaynakları balık yağı, yumurta sarısı ve sentetik vitamin D₃ (1 g vitamin D₃, 400.000 IU vitamin D aktivitesine sahiptir) olup güneşte kurutulmuş yeşil yapraklı bitkiler yüksek düzeyde vitamin D içerdikleri halde kanatlılar için yarayışlı formda değildir; ancak memeliler yararlanabilir. Vitamin D bakımından eksik beslenen genç hayvanlarda raşitizm

(kemiklerde Ca ve P eksikliği nedeni ile ayak eklemlerinde şişlikler, ayak ve kanatlılarda gaganın bükülebilir hal alması), ergin hayvanlarda Ca emilimi bozukluğu nedeniyle osteomalasi, iştah azalması, büyümede gerileme, üreme performansında düşme, sindirim faaliyetlerinde aksama, yeni doğumlarda ölüm veya iskelet deformasyonu, paratiroid bezlerde büyüme, kanatlılarda, ayrıca yumurta veriminde azalma, yumurta kabuğunda yumuşama ve çıkış gücünde düşme gözlenir.

4.5.3.3. Vitamin E

Tokoferollere genel olarak vitamin E adı verilir. Antisterility vitamin olarak da bilinen vitamin E biyolojik antioksidan olup doymamış yağların, vitamin A ve karotenin oksidasyonunu önler. Antioksidan aktivitesi yanında döllülük, üreme, bağışıklık ve hormon üretiminde görev aldığı bilinmektedir. Vitamin E eksikliğine bağlı olarak tüm hayvanlarda ve insanlarda kısırlık, tavşan ve kanatlılarda kas distrofisi, kedi ve minklerde "Yellow Fat Disease", insan ve maymunlarda anemi gözlenir. Vitamin E noksanlığı yanında bir de selenyumca eksik beslenme söz konusu ise karaciğerde bozulma, ensefalomalasi, eksüdatif diyatez ve beyaz kas hastalığı görülür.

Ensefalomalasi, civcivlerin boyun ve ayaklarının çarpık hal alması ile karakterize edilen bir felç durumudur. Buna "deli civciv hastalığı" da denir. Otopsi sonucunda beynin serebrum ve serebellum kısımlarında lezyonlara ve kırmızı yada kahverengi nekrozlara rastlanır.

Eksüdatif Diyatezde deri altı ve kalp etrafında ve perikardiumda ödeme rastlanır. Bu ödem özellikle deri altında kan serum veya plazma rengindedir. Karakteristik yeşil renk ise hemoglobinin dejenerasyonundan kaynaklanır. Yeme selenyum ilavesi eksüdatif diyatezi önler.

Kas distrofisi, vitamin E ile beraber sülfür içeren amino asitler eksikliğinden kaynaklanır. Göğüs ve bacak kaslarının dejenerasyonu ile karakterize bir hastalıktır. Yeme selenyum veya sistin ilavesi ile kas distrofisinin tamamen ortadan kaldırılması mümkündür.

Beyaz kas hastalığı, daha çok yeni doğan ruminantlarda selenyum elementi noksanlığının da etkisi ile şekillenir. Özellikle kalp kası büyük oranda zarar görür. Hayvan ayakta duramaz. Vitamin E-selenyum enjeksiyonu ile tedavi edilebilir.

Uzun süreli vitamin E eksikliği tüm çiftlik hayvanlarının erkeklerinde devamlı kısırlığa yol açarken, dişi memelilerde döl tutmama, kanatlılarda ise yumurta üretimini belirgin bir şekilde etkilemediği halde çıkış gücünün düşmesine yol açar. Embriyo ölümleri, dolaşımda meydana gelen aksamalar nedeni ile inkübasyonun ilk 4 gününde meydana geldiği gibi, son günlerde de meydana gelmekte, hatta yumurtadan çıkıştan sonra da ölümler görülmektedir.

Vitamin E bakımından dane yemler, yonca ve yeşil yapraklı bitkiler oldukça zengin olup hayvansal yemler genel olarak vitamin E'ce fakirdir. Ayrıca sentetik tokoferoller de yemlere katılabilmektedir. Bu bakımdan 1 IU Vitamin E, 1 mg vitamin E ye eşdeğerdir.

4.5.3.4. Vitamin K

Kanın pıhtılaşmasında rol oynadığı için bu vitamini "koagülasyon faktörü" veya kısaca "k-faktör" adı da verilir. Bu vitamin kanın pıhtılaşması için gerekli olan protrombin adlı bileşiğin yapısına girer. Vitamin K'nın değişik formları vardır. Vitamin K₁ (phyllaquinone) bitkisel dokularda bulunur. Vitamin K₂ (menaquinone) sindirim sistemindeki bakteriler tarafından az miktarda sentezlenir. Vitamin K₃ (menadione), bu vitaminin sentetik formu olup doğal formunun 3 katı aktiviteye sahiptir. Vitamin K normal sıcaklıklarda stabil olup güneş ışığında bozulur. Bu vitaminin bağırsaklarda sentezlenen miktarı hayvanların gereksinimlerini karşılayacak düzeydedir. Kanatlılar bu vitamin eksikliğine karşı daha hassastırlar. Koksidiyoz, akciğer

hastalıkları, antibiyotik veya sulfa grubu ilaç alımı, vitamin K eksikliğine yol açabilir. Vitamin K eksikliğine bağlı olarak kanın pıhtılaşması gecikir, küçük yaralar ciddi kan akıntılarına dönüşebilir, yeni doğanlarda ve yumurtadan çıkan civcivlerde kanamalara bağlı ölümler görülebilir. Bu vitamin bakımından kuru yeşil yonca, kuru yeşil otlar, balık unu, et unu, dışkı ve mayalar oldukça zengindir. Öte yandan, altlık sistemi ile yetiştirilen kanatlılar, tavşan ve fareler, kaprofaj özellikleri nedeniyle, bu vitamince yeterli beslenebilirler.

4.5.4. Suda Eriyen Vitaminler

Bu gruba giren vitaminlerin pek çoğu ruminant hayvanların rumenlerindeki bakterilerce sentezlendiği için bu hayvanlara dışarıdan verilme zorunluluğu yoktur. Ancak tek mideli çiftlik hayvanları için esansiyeldirler. Öte yandan yüksek verimli ruminantların bu vitaminlerden bazılarına duydukları yoğun gereksinme zaman zaman rumende üretilen miktar ile karşılanamaz ve bu hayvanlar içinde bazı B grubu vitaminleri esansiyel özellik kazanır. Ayrıca yeni doğan ruminantların beslenmesinde, rumen faaliyetlerinin başlamaması nedeniyle, B grubu vitaminlerine de dikkat edilmesi gerekir. Unutmamak gerekir ki B₁₂ vitamini dışında hiçbir B vitamini, organizmada depolanmaz. Bu vitaminleri sentezleyemeyen çiftlik hayvanlarına, B grubu vitaminlerinin günlük olarak temin edilme zorunluluğu vardır.

4.5.4.1. Tiamin (B₁ vitamini)

Eksikliği beriberi hastalığına yol açan bu vitamin, bilinen en eski vitamindir. Organizmadaki metabolik faaliyetlerde koenzim kokarboksilaz olarak görev alır. Ayrıca koenzim görevi dışında sinir sisteminde de özel bir görevi vardır. Yeni doğan ruminantlarda yetersiz ruminal faaliyet nedeniyle dışarıdan alınması zorunludur. Tiamin eksikliği genç ruminantlarda ve 9-12 günlük civcivlerde polineuritis (sinirsel düzensizlik) hastalığı görülür. Önceleri uyuşukluk ve baş felçleri şeklinde kendini gösteren hastalık daha ileri düzeylerde bacak ve boyun felçleri şeklinde ortaya çıkar. Tiamin eksikliğine bağlı olarak ayrıca iştahsızlık, hareketsizlik, kalp büyümesi ve genel zayıflık da görülür. Ayrıca besi sığırlarında rasyon değişimini takiben rumen fermentasyonundaki düzensizlik ve asidosiz ile birlikte tiamin noksanlığına bağlı olarak "poliencephalomalacia" gözlenir. Tahıl ve tahıl yan ürünleri tiamin bakımından zengin kaynaklardır. Öte yandan küfler bu vitamini tahrip ederler.

4.5.4.2. Riboflavin (B₂ vitamini)

Bu vitamin hücre solunumundaki oksidasyon reaksiyonlarında görev alır ve bu reaksiyonlarla ilgili olarak 12 den fazla enzimin yapısına girer. Ergin ruminantlarda, rumen mikroorganizmalarının yeterli riboflavin sentezi nedeniyle yokluk belirtisi görülmez. Ancak rumen faaliyetlerinden yoksun genç ruminantlarda riboflavin noksanlığı gözlenebilir. Ağız kenarında yaralar, deride kıl kaybı, aşırı göz yaşı ve tükürük salgısı, büyümede gerileme, iştahsızlık ve ishal riboflavin noksanlığının tipik belirtileridir. Kanatlı hayvanlarda riboflavin eksikliğine bağlı olarak ishal, büyümede gerileme, kıvrık parmak felci (curled-toe-paralysis), siyatik sinirlerin şişip genişlemesi sonucu diz üzerinde yürüme görülür. Ayrıca damızlık sürülerde riboflavin eksikliği çıkış gücünde düşmeye yol acar. Ölen embriyolarda cücelik, ödem, dejenere "kurt gövdesi" görünümü ve tüylenmede bozukluk gözlenir. Embriyo ölümleri daha çok inkübasyonun ikinci haftasında ortaya çıkmaya başlar. Riboflavin bakımından yeşil bitkiler, karaciğer, süt ve yumurta oldukça zengindir. Bu vitamin mantar, küf ve bakteri tarafından sentezlenir. Sentetik olarak da elde edilmektedir.

4.5.4.3 Niasin

Bu vitamin iki önemli koenzimin yapısına girmektedir. Bunlar NAD (nikotinamin adenin dinükleotid) ve NADP (nikotinamid adenin dinükleotid fosfat) tır. Kanatlı hayvanlarda bu

vitaminin eksikliğine bağlı olarak büyümede gerileme, yem tüketiminde azalma, tüy gelişiminde bozukluk, ayak ve deride dermatit görülür. Niasin eksikliğine bağlı olarak iki haftalık civcivlerde ağız boşluğu ve üst ösofagus bölümlerinde "kara dil" adlı iltihaplanmalar görülür. Yine bu vitamin eksikliğinde hindi palazlarında perosise benzer bir araz görülür. Benzer araza sık olmamakla birlikte civcivlerde de rastlanır. Niasin eksikliği ile şekillenen hastalıklar, "4 D Hastalığı" olarak da tanımlanır. Bunlar; dierrhea (ishal), dermatitis (deri yangısı), delirium (sayıklama) ve death (ölüm). Niasin, tahıl ve tahıl yan ürünlerinde bulunmakla birlikte, yararlanılabilir formda değildir. Genellikle tahıl kaynaklarında bulunan niasin bağlı formdadır. Bu nedenle hayvanların niasin gereksinimleri karşılanırken bu dikkate alınmalıdır. Tek mideli hayvanların rasyonlarına olduğu gibi, ruminant olma özelliğine bakılmaksızın, yüksek verimli süt ineklerinin rasyonlarına da niasin takviyesi üzerinde dikkatle durulmalıdır.

4.5.4.4. Pantotenik Asit

Koenzim A'nın yapısına girmesi nedeniyle karbonhidrat ve yağların oksidasyonunda önemli fonksiyona sahiptir. Ergin ruminantlarda eksikliği gözlenmez. Ancak genç ruminantlarda eksikliğinde ağız ve göz kenarındaki deride bozulma, kepekleşme, büyümede gerileme, kansızlık ve sinir sisteminde bozukluklar gözlenir. Eksikliğine bağlı olarak civcivlerde büyümede gerileme, kaba ve bozuk tüylenme, ağız ve vent kenarlarında yaralar görülür. Yine pantotenik asit eksikliğinde 12-14 gün içerisinde oluşan yapışkan eksüdat göz kapaklarının granüller ve yapışkan bir yapı kazanmasına yol açar. Biotin eksikliğinde olduğu kadar şiddetli olmayan ölçüde ayaklarda dermatit görülür. Damızlık sürülerin bu vitamince eksik beslenmesi kuluçka faaliyetinin son günlerinde embriyo ölümlerinin artmasına yol açar. Yumurtadan çıkanlar ise zayıf olup kısa zamanda ölürlür. Pantotenik asit bakımından zengin kaynaklar, karaciğer, mantar, yumurta ve yeşil bitkilerdir.

4.5.4.5. Pridoksin (B₆ vitamini)

Proteinlerin transaminasyon ve dekarboksilasyon reaksiyonlarında (amino asit ve glikojen metabolizmalarında) görev alır. Ergin ruminantlarda ruminal faaliyet sonucu sentezlenir ve gereksinmeyi karşılar. Ancak genç ruminantlara yemleriyle birlikte sağlanması gerekir. Noksanlığında buzağılarda yemi reddetme, ishal, şiddetli nöbetler ve 3-4 haftada ölüm görülebilir. Eksikliğine bağlı olarak civcivlerde iştahsızlık, büyümede gerileme, sinirsel hareket bozukluğu (kontROLSÜZ koşuşma ve ötüşme, yan yatıp kanatları germe, ayakları silkeleme, başın ileri geri oynatılması ve boyun döndürülmesi) ve yumurta verimi ile çıkış gücünde düşme görülür. Piridoksin çoğu yem kaynaklarında protein kompleksi halinde bulunur. Bu vitamin bakımından yeşil yapraklı bitkiler zengin kaynaklardır. Kas ve karaciğer dokusu da piridoksin bakımından zengindir.

4.5.4.6. Biotin

Karboksilasyon ve dekarboksilasyon reaksiyonlarında ve amino asit metabolizmasında ve yağ sentezinde önemli işlevleri vardır. Ruminal faaliyet yeterli ve düzenli olduğunda ruminant hayvanlarda eksikliği gözlenmez. Biotin eksikliğine bağlı olarak kanatlılarda deri, ağız ve göz kenarları ile ayaklarda dermatit (deride görülen ağrılı kızarıklık, şişme) görülür. Parmak altlarında ise kanamalı derin çatlaklar oluşur. Ayak üstü ve bacaklar ise kuru bir görünüme sahiptir. Göz kapakları şişer birbirine yapışır. Bu vitamin eksikliğine bağlı olarak ayrıca perosis veya tendon kayması adı verilen bacak kemiği bozukluğu görülür. Damızlık tavuklarda biyotin eksikliği yumurta verimini pek etkilemediği halde çıkış gücünde düşmeye yol açar. Çiğ yumurtada bulunan "avidin" adlı protein, biyotini bağladığından insanların aşırı miktarda çiğ yumurta tüketmeleri önerilmez.

4.5.4.7. Kolin

Bu vitamin parasempatik sinirlerin uyarılmasında görev alır. Örneğin oviduct kontraksiyonu ve kursağın boşaltılmasında fonksiyonu vardır. En önemli fosfolipidlerden lesitin ve sifingomyelinin yapısına girer. Metiyonin sentezi için gerekli labil metil gruplarını sağlar. Karaciğerden yağın mobilizasyonu için gerekli olup karaciğer yağlanmasını önlediğinden “lipotropik” etkiye sahiptir. Kolin genel olarak ruminantlarda ve ergin kanatlılarda yeterli düzeyde sentezlenebilmektedir. Etlik civcivlerde eksikliğine bağlı olarak perosis ve büyümede gerileme görülür. Kolin zengin kaynaklar arasında karaciğer, balık unu, mantar, fermentasyon yan ürünleri ve soya fasülyesi küspesi sayılabilir.

4.5.4.8. Folik Asit

Bu vitamin tek karbonlu bileşikleri metabolizmalarıyla, nükleik asit sentezi için gerekli purin bazları ve metil gruplarının sentezinde rol alır. Ayrıca histidin ve glutamik asit katabolizmaları için gereklidir. Ruminantlarda yeterli düzeyde sentezi vardır. Kanatlı hayvanlarda eksikliğine bağlı olarak büyümede gerileme, zayıf tüylenme ve renk bozukluğu, anemi, kırmızı kan küreciklerinde anormal şekillenmeler görülür. Damızlık hayvanlardaki eksikliğinde ise embriyonel gelişmede bozukluklar ve ölümler görülür. Bira mayası folik asitce zengin kaynaktır.

4.5.4.9. Siyanokobalamin (B₁₂ vitamini)

Sadece bakteriler tarafından sentezlenebilen bu vitamin, bazı enzim sistemlerinin koenzimi olarak vazgeçilmez bir elemandır. Folik asit ile ilişki içindedir. Ruminantlar için çok önemli olan propiyonik asit metabolizmasına iştirak eder. Sinir hücrelerinin miyelin sentezinde ve nükleik asitlerin metil gruplarının sentezinde görev alır. Rumen mikroflorası gelişmiş ruminantlar için sentezinde sorun yoktur; ancak genç ruminantlar için sorun olabilir. Kanatlılarda, yumurtadan çıkışı takiben, civcivlerde büyümenin uyarılmasında ve taşlık erezyonunun önlenmesinde de görev alır. Eksikliğine bağlı olarak büyümede gerileme, karaciğer, kalp ve böbreklerde yaralanmalar, taşlıkta erezyon görülür. Damızlık hayvanlarda ise embriyoda kanamalar ve ödem görülür. Ayrıca civcivlerde ölümler görülebilir. Ruminantlarda, eksikliğine bağlı olarak gelişme geriliği, kansızlık, bitkinlik, zayıflık ve iştahsızlık görülür. İnsanlarda ise pernisiyöz anemi (macrocytic, hypochromic) görülür. B₁₂ vitamininin emilimi için gerekli olan “intrinsik faktör” noksanlığı, ölüme kadar uzanan bir dizi sağlık sorunlarına yol açar. Sadece bakteriler tarafından sentezlenebilen bu vitamin bakımından et, süt, yumurta, balık unu, böbrek ve karaciğer gibi hayvansal ürünler zengin kaynaklardır.

4.5.4.10. Askorbik Asit (vitamin C)

İnsan ve maymunlar için esansiyel olan bu vitamin, glukoz veya galaktozdan itibaren ruminantların karaciğerinde, kanatlıların ise böbreklerinde sentezlenebilir. Askorbik asit, geri dönüşümlü kuvvetli oksitleyici ve indirgeyici karakteri nedeniyle organizmada bir çok metabolik reaksiyonların vazgeçilmez iştirakcisidir. En önemli görevi kollojen biyosentezinde rol almasıdır. Hücrede elektron transferi gerektiren bir çok reaksiyonlarda elektron alıcısı veya vericisi olarak görev alır. Bazı amino asitlerin metabolik oksidasyonlarında, metal iyon (demir) metabolizmasında (emilim ve hücrelere dağıtım) indirgeyici ve şelating materyal olarak, karnitin sentezinde, lökositlerin fagositik aktivitesini artırıcı unsur olarak bağışıklık sisteminde, kanserojenik etkisi bilinen nitrozaminlerin etkisinin yok edilmesinde, bazı metal iyonların toksik etkilerinin önlenmesinde, kortikosteroidlerin sentezinde ve spermilerin oksidasyonunun önlenmesinde rol alır.

Normal olarak kanatlı kümes hayvanları tarafından böbreklerde sentezlenebilen bu vitamin klasik kanatlı besleme kitaplarında kanatlı kümes hayvanları için esansiyel önemi olmayan vitamin olarak yer almakta veya hiç yer almamaktadır. Ancak son yıllarda yapılan araştırmalar, olumsuz çevre veya hastalık koşulları altında kanatlıların bu vitamini sentezleme yeteneklerinin düştüğünü ve bu olumsuz koşullar altında kanatlı kümes hayvanları için bu vitaminin esansiyel öneme sahip olduğu ortaya koyulmuştur. Özellikle yüksek çevre sıcaklığı altında beslenen yumurta tavuklarının sıcaklık stresi nedeniyle olumsuz yönde etkilenen yumurta verimi, yumurta iç ve dış kalitelerinin iyileştirilmesinde yeme C vitamini katkısının önemli rolü olduğu bildirilmektedir. Yine yüksek sıcaklık altında yetiştirilen etlik piliçlerin olumsuz yönde etkilenen performanslarının yeme C vitamini katkısı ile bir miktar önlenebileceği ortaya koyulmuştur. Bu sonuçlar stres koşulları altında kanatlı yemlerine C vitamini katkısının verim kaybının önlenmesinde etkili olacağını göstermektedir. Isı, ışık ve oksijen gibi faktörler nedeniyle çok hızlı şekilde okside olabilen C vitamini bakımından hayvansal ve bitkisel kaynaklı yem maddeleri çok fakir olup yemlerin vitamin C içerikleri genellikle sentetik C vitamini kullanılarak yükseltilmektedir.

4.5.5. Vitaminlerin Emilimi

Vitaminler emilmeden önce bazı değişikliklere uğrayarak ve belli mekanizmalar sayesinde emilirler. Ayrıca bunların eriyebilirlikleri ve yem içindeki kimyasal formları emilebilirliklerini büyük ölçüde etkiler. Özellikle, A, D, E ve K gibi yağda eriyen vitaminlerin emilebilirliği için ortamda mutlaka yağ bulunması gerekir. Öte yandan bir çok vitaminler incebağırsak duvarından emilemeyecek kombinasyonlar oluşturabilirler ki, bunların emilmeleri için bir çeşit sindirime uğramaları veya en azından emilip kana aktarılacak şekilde değişikliğe uğramaları gerekir.

Yağda eriyen vitaminlerden beta karoten veya ester formunda alınan vitamin A öncelikle pankreatik esteraz ile hidrolize edilir ve emilimi yağlarla birlikte gerçekleşir. Vitamin D'nin emilimi ise vitamin A'dan farklı olarak enterosit içinde hidrosile olur ve doğrudan kana geçer. Vitamin E ise önce bağırsak lümeninde hidrolize olur ve yağlarla birlikte emilir. K vitamininin emilimi tamamen kimyasal formuna bağlıdır. K₁, enerji gerektiren fakat sodyuma bağlı olmayan bir aktif taşıma ile emilirken, K₂ ve K₃ enterosit içinde herhangi bir değişime uğramadan lipoproteinler içinde pasif olarak emilirler.

Suda eriyen vitaminlerden B₁ vitaminin taşınması özel bir sistem ve sodyum varlığını gerektirir. B₂, bağırsağın fırçamsı kenarlarında önce bir enzimle hidrolize olur. Serbest kalan riboflavin molekülleri sodyum varlığı gerektiren aktif yolla taşınır ve bu mekanizma safra asitleri tarafından hızlandırılır. B₆ vitamini ise pasif yolla taşınır. Ancak vitamin B₁₂'nin taşınması tamamen farklıdır. Bu vitaminin bağırsaktaki miktarı fazla ise taşıma pasif taşıma ile olur. Ancak normal dozlarda ise bağırsaktaki bakteriyel faaliyetten korunarak tamamen emilmenin gerçekleştirilebilmesi için mide mukozası tarafından salgılanan özel bir protein (F1 veya intrinsik faktör) ile bileşik oluşturması gerekir. Bu vitamin jejunum ve ileumda bağırsak membranında ilgili reseptöre tutunarak hücre içine taşınır. Bu işlem enerjiye bağımlı değildir; ancak oksijensiz ortamda divalent iyon (Ca⁺⁺ ve Mg⁺⁺) varlığını gerektirir. Kana geçişinde ise iki farklı taşıyıcı, transcobalamin I ve II görev alır. Biotinin emilimi tamamen glukoz emilimine benzer ve taşıyıcıya tutunabilmesi için yan dallardaki karboksil gruplarının serbest olması gerekir. Niasinin emilimi aktif yolla olmakla birlikte amid formunun taşınması asit formuna oranla daha hızlı olur. Pantotenik asit içinde aynı mekanizma geçerlidir ve taşıma hem sodyum hem de enerji varlığına bağlıdır. Yemdeki folik asit emilimi ise bağırsak ortamında hidrolizasyonu takiben Folat Bağlayıcı Protein varlığında enerjiye bağlı aktif taşıma ile olur. Kanatlı hayvanlar için esansiyel

olmayan ve hayvanın kendisi tarafından sentezlenebilen vitamin C genel olarak yem içinde sunulmaz. Ancak, C vitamininin sentezini azaltan ve bu vitamine duyulan gereksinmeyi artıran stres koşulları altında yeme C vitamini katkısı pratik bir uygulamadır. Yemle alınan C vitamini incebağırsaklardan emilimi glukoz emilimine benzer ve sodyuma bağlı aktif mekanizma ile olur. Öte yandan C vitamini sentezi yapamayan türlerde ise emilim basit difüzyonla gerçekleşir. Öte yandan C vitamininin emilimi bağırsaklardaki miktarı ile de ilgilidir. Düşük konsantrasyonları hızla taşınırken, yüksek C vitamini varlığında emilme kısmen gerçekleşir.

4.5.6. Vitamin Beslenmesinde Dikkat Edilecek Hususlar:

Günümüzde vitaminlerin çoğu, kimyasal yolla sentetik olarak elde edilebilmektedir. Vitaminler esansiyel olduklarından gerek doğal, gerekse sentetik formlarının yeme katılarak kanatlılara gereksinim düzeylerinde verilmesi zorunluluğu vardır. Tiamin, piridoksin, biyotin ve folik asit, mısır ve soyaya dayalı olarak hazırlanan rasyonlarda gereksinim düzeyinde bulunur. Diğer vitaminlerin ise yemlerle dışarıdan sağlanması gerekir. Çiftlik hayvanlarında, enerji ve protein günlük gereksinimleri kadar verildiği halde, vitaminler günlük minimum gereksinimin çok üstünde verilmelidir. Çünkü gerek yemlerin vitamin kapsamları, gerekse hayvanların vitamin gereksinimleri çeşitli faktörlerin (genetik, çevresel faktörler ve verim düzeyi gibi) etkisiyle büyük varyasyon göstermektedir. Ancak çiftlik hayvanlarının vitamin gereksinimlerinin minimum düzeyde karşılanmasının söz konusu olduğu durumlarda şu hususlara dikkat edilmelidir:

- 1) vitamin D için verilen değerin geçerli olabilmesi için rasyonun Ca ve P bakımından yeterli olması gerekir.
- 2) vitamin E gereksinmesi rasyondaki yağın miktar ve cinsine, selenyum düzeyine, antioksidan katılıp katılmadığına bağlı olarak değişir.
- 3) B grubu vitaminlerinden bazıları, diğer bazılarına duyulan gereksinmeyi azaltabilir. Örneğin folik asit ve B₁₂ fazlalığının kolin gereksinmesini azalttığı gibi.
- 4) yemlerde bulunan biyotinın yarayışlılığı çoğunlukla %50'den düşüktür. Çoğu yemlerin biyotin kapsamları da, örnekten örneğe büyük farklılıklar gösterebilir. Ayrıca biyotin peroksidasyon koşullarına dayanıklı değildir. Bu nedenlerle rasyonların biyotin içerikleri ayarlanırken son derece dikkatli olunması gerekir.

Pratik hayvan beslemede kullanılan rasyonların vitamin içerikleri veya genç ruminantların kanatlı hayvanların vitamin gereksinmelerine ilişkin saptanan değerler kaynaktan kaynağa büyük farklılıklar göstermektedir. Bunun değişik nedenleri vardır ve bunları şu şekilde sıralamak mümkündür;

- 1) Kalıtsal Faktörler: Irk ve hatlar arasındaki farklılıklar vitamin gereksinmesini %10-20 düzeyinde etkiler.
- 2) Rasyon Enerji Düzeyi: Rasyonun enerji düzeyini, yüksek olması tüm vitamin gereksinmelerini %10-20 artırabilir.
- 3) Rasyon Protein Düzeyi: Rasyonun protein düzeyinin yüksek olması vitamin A ve Biyotin gereksinmelerini 1-2 kat; düşük protein ise yine vitamin A ve muhtemelen vitamin E gereksinmelerini 1 kat artırır.
- 4) Çevre Sıcaklığı: Yüksek çevre sıcaklığı kanatlı hayvanlarda vitamin C sentezini düşürdüğü için hayvanların vitamin C ye olan gereksinmelerini artırır.
- 5) Mikrobiyal Vitamin Sentezi: K vitamini ile tiamin ve piridoksin (B₆) gibi bazı B grubu vitaminler sindirim sisteminde mikroorganizmalar tarafından sentezlenmekte

olup bu yolla yapılan katkı %40-80'e ulaşabilir. Ancak kafes sistemi ile yapılan yetiştiricilikte hayvanlarda kaprofaj tümüyle elimine edildiği ve sindirim sisteminde sentezlenip dışkıyla ile atılan K ve B vitaminlerinden yararlanma olanağı ortadan kalktığı için bu mikroorganizma sentezinin katkısı tümüyle ortadan kalkar.

6) Kısmi Vitamin Sentezi: Nikotik asit ve kolin, rasyonda bulunan başka maddelerden kısmen sentezlenebildiği için, bunlara duyulan gereksinme de rasyonun yapısına bağlı olarak azalır çoğalabilir.

7) Vitamin Formu: Eğer yemler nikotik asit ve pantotenik asit gibi vitaminlerin bağlı formları bakımından zenginse, bunlardan yararlanılamadığı için gereksinimler %60-80 arasında artış gösterir.

8) Antimetabolit Aktivite: Çiğ fasülyede bulunan bazı metabolitler vitamin E; keten tohumunda bulunanlar ise vitamin B₆ gereksinmelerini %50-100 oranında artırabilir. Aynı şekilde yemlere çeşitli amaçlar için katılan veya yemlerde doğal olarak bulunan dikumarol, werfarin gibi bileşikler de vitamin K gereksinmesini 10 katına çıkartabilir.

9) İşleme Tekniği: Çeşitli işleme teknikleri de vitamin gereksinmelerini etkiler. Örneği peletleme A, D₃, E, K, B₁, C vitaminleri ile folasin ve pantotenik asitte %10-20 düzeyinde kayba yol açar. Yemlere stabilize edilmemiş yağların katılması A, D₃, E ve K vitaminleri gereksinmelerini bir kat artırabilir.

10) Hastalık ve Stres: Capillaria bulaşması, koksidiyoz, tavuk tifosu gibi hastalıklar ve stresler A, K ve C vitaminleri ile bir çok B vitaminin gereksinimlerini 10 katına yükseltebilirler. Ensefalomalasi ve eksüdatif diyatez hastalıklarında vitamin E gereksinmesi normalin 1-4 katı arasında değişir.

11) Rasyon Ca/P Oranı: Rasyonda optimum Ca/P oranı kurulamazsa vitamin D gereksinmesi 2 katına çıkabilir.

12) Diğer Faktörler: Ultraviyole ışınları, gamma-radyasyon, nitritler, kerotenaz ve tiyaminaz gibi enzimler başta A, B₁, B₂, B₆ vitaminleri olmak üzere bir çok vitaminlerle α -karotenin yıkımına yol açarak gereksinmelerin çeşitli düzeylerde artmasına yol açar.

Yukarda belirtilen faktörler nedeniyle özellikle kanatlı hayvanların vitamin gereksinimleri büyük ölçüde değişim göstermektedir. Çiftlik hayvanlarının vitamin gereksinimlerinin belirlenmesi sırasında bu faktörlerin de göz önüne alınmasında büyük fayda vardır.

4.5.7. Çiftlik Hayvanlarının Vitamin Gereksinmesinin Karşılanması

Çiftlik hayvanlarının beslenmesinde kullanılan yemler, çeşitli vitaminler bakımından hayvanların gereksinimlerini karşılayamazlar. Bu durumda rasyonların sentetik olarak üretilmiş, vitaminler veya rasyonun tipine göre özel olarak hazırlanmış vitamin ön karışımları ile takviye edilmesi gerekir. Çiftlik hayvanlarının gereksinim duyduğu tüm vitaminler, sentetik formda üretilmekte ve hayvanın türüne, verim düzeyi ve verim yönüne göre özel ön karışımlar halinde özel olarak satılmaktadır.

Rumen gelişimi tamamlamamış genç ruminantlar ve kanatlı hayvanlar için hazırlanan rasyonlara tüm vitaminler ön karışım olarak dahil edilirken, ergin ruminantlar için hazırlanan rasyonlara sadece yağda eriyen vitaminlerden vitamin A, D ve E dahil edilmektedir. Bu ön karışımlar, ülkemizde yem katkı maddeleri ticareti ile uğraşan çok farklı firma tarafından üretilmekte ve piyasada satılmaktadır. Söz konusu firmaların ürün yelpazesini tanıtan

“vademekum”lar içinde bu vitamin ön karışımlarındaki vitaminlerin kaynağı ve miktarı hakkında detaylı bilgiler verilmektedir.

4.6. Mineraller ve Metabolizması

Tüm canlılar normal yaşam fonksiyonlarını sürdürebilmek için minerallere gereksinim duyarlar. Sözü edilen mineraller gerek hayvansal dokularda gerekse tüm yemlerde değişik miktar ve oranlarda bulunmaktadır. Hayvan besleme terminolojisinde mineraller tüm inorganik elementleri içine almaktadır. Enerji ve proteine oranla daha az miktarlarda ihtiyaç duyulan ancak organizmada önemli görevler üstlenen mineraller katı ve kristal halde bulunurlar ve olağan kimyasal reaksiyonlar ile dekompoze olmayan veya sentez edilemeyen bileşiklerdir.

Hayvan türlerinde sağlık ve verim performansı için mineral maddelerin yeterli miktarlarda ve uygun oranlarda bulunması gerekir.

4.6.1. Hayvan Beslemede Minerallerin Önemi

Karbon, hidrojen, oksijen ve azot gibi organik elementler hayvan vücudunun %96'sını oluştururlar. Katyon ve anyonların payı %3.5 olup geri kalan bölümü diğer mineralleri kapsar.

Kalsiyumun toplam mineraller içindeki payı %49 olup bu değer fosfor için %27'dir. Geriye kalan %24 ise öteki minerallere aittir. Hayvan vücudunda bulunan makro ve mikro minerallerin ortalama miktarları Çizelge 4.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Hayvan Vücudunda Bulunan Makro ve Mikro Minerallerin Ortalama Miktarları.

Makro mineraller	(g/kg)	Mikro mineraller	(mg/kg; ppm)
Ca	15	Fe	20-80
P	10	Zn	10-50
Mg	0.4	I	0.3-0.6
Na	1.6	Cu	1-5
K	2	Mn	0.2-0.5
Cl	1.1	Mo	1-4
S	1.6	Co	0.02-0.1
		Se	1-2
		Cr	0.08

Bir çok besin maddesinin aksine vücutta sentezlenemeyen mineral maddelerin hayvansal organizmadaki fonksiyonları şu şekilde sıralanabilir;

1. Doku ve organların yapısal komponentleridir. Bu bağlamda kas, organlar, kan hücreleri ve diğer yumuşak dokuların oluşumuna katılan protein ve yağ gibi organik bileşiklerin yapısına girerler.
2. Kemiklerin dolayısıyla iskelet sisteminin yapı maddelerini oluştururlar. Kemiklere sertlik ve dayanıklılık sağlarlar. Başka bir ifade ile vücuda yapısal destek verirler.
3. Makro mineraller vücutta ozmotik basıncı ayarlayarak fizikoşimik bir görevi yerine getirirler. Ca, Mg ve P ile Na, K ve Cl'un önemli bir bölümü vücut sıvılarında ve yumuşak dokularda elektrolit olarak bulunurlar. Ozmotik basıncın ayarlanmasında kan önemli göreve sahiptir.
4. Vücutta asit baz dengesini ayarlarlar. Minerallerden Ca, Na, K, ve Mg gibi bir bölümü alkali, P, Cl, ve S gibi bazıları da asit oluşumunda etkilidirler. Böylece kan ve

dokularda pH'nın sabit bir düzeyde kalması söz konusudur. Kan pH'sında ortaya çıkabilecek azalma ve yükselmeler çeşitli olguları da beraberinde getirir.

5. Mineraller bazı enzim, vitamin ve hormonların yapısına girmek suretiyle metabolizmada önemli fonksiyonların yerine getirilmesinde rol alırlar.

6. Bazı mineral tuzları vücutta H iyon konsantrasyonunu kontrol etmek amacıyla tampon (buffer) olarak kullanılırlar. Karbonat ve fosfat en uygun tampon sistemleridir.

7. Mineraller aynı zamanda kas ve sinirlerin uyarılmasında etkilidirler.

8. Bazı mikro minerallerin bağışıklık sistemini desteklediği son yıllarda yapılan çalışmaların sonuçlarıdır.

Belirtilen bu genel fonksiyonları dışında minerallerin bir veya birden fazla spesifik fonksiyonları da bulunmaktadır. Mineraller birbirlerine karşı etki gösterirler. Dolayısıyla mineraller arasında uygun bir dengenin bulunmasının önemi buradan kaynaklanmaktadır. Bu itibarla organizmada hiçbir mineralin tek başına etki yapmadığı ileri sürülebilir. Ca ve P'un kemik ve diş olumundaki etkisi ile Fe, Cu ve Co'nun hemoglobin sentezindeki karşılıklı ilişkisi buna örnek olarak gösterilebilir.

4.6.2. Minerallerin Sınıflandırılması

Minerallerin sınıflandırılmasına ilişkin çizelge, bu elementlerin beslenme açısından rolünün belirlenmesinde yardımcı olur. Yüksek miktarlarda ihtiyaç duyulan mineraller makro mineraller, buna karşılık düşük miktarlarda ihtiyaç duyulanlar ise mikro mineraller (iz mineraller) olarak isimlendirilirler.

Bu bağlamda, 100 ppm (milyonda kısım)'den fazla miktarda gereksinim duyulanlara makromineral adı verilir. Bu miktarın altında gerek duyulanlar ise mikromineraller (iz mineraller) olarak adlandırılır. Diğer bir şekilde ise yağsız vücut ağırlığının her kilogramında 50 ppm (mg/kg)'in üzerinde bulunanlar makromineral, daha düşük miktarlarda bulunanlara ise mikro mineral olarak tanımlanırlar. Makro mineraller rasyonun yüzdesi, mikromineraller ppm veya bazen de ppb şeklinde ifade edilirler. Çeşitli hayvan türleri tarafından ihtiyaç duyulan başka bir ifade ile ekzojen nitelik taşıyan 24 mineral bulunmaktadır. En az bir hayvan türü üzerinde yapılan testlerle alınması mutlak gerekli olan mineraller Çizelge 4.5'te gösterilmiştir.

Bu çizelgede bildirilen mikromineraller içinde bir bölümünün ancak bazı hayvan türleri için esansiyel olduğu testlerle ortaya konulmuştur. Oysa Cr, Co, Cu, I, Fe, Mn, Mo, Se, ve Zn'un tüm hayvan türleri için esansiyel nitelik taşıdığı bilinmektedir.

Çizelge 4.5. Çiftlik Hayvanları İçin Esansiyel Nitelik Taşıyan Makro ve Mikromineraller.

Makro mineraller	Mikro mineraller (iz mineraller)
Kalsiyum (Ca)	Manganez (Mn) Krom (Cr) Silisyum (Si)
Fosfor (P)	Demir (Fe) Flor (F) Kalay (Sn)
Magnezyum (Mg)	Bakır (Cu) Kurşun (Pb) Nikel (Ni)
Potasyum (K)	Çinko (Zn) Vanadyum (V) Brom (Br)
Sodyum (Na)	İyot (I) Arsenik (As)
Kükürt (S)	Selenyum (Se) Molibden (Mo)
Klor (Cl)	Kobalt (Co) Lityum (Li)

Mineraller aynı zamanda katyonlar (Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, ve Zn) ve anyonlar veya anyonik grupta bulunanlar (Cl, I, Fosfat PO_4 , Molibdat MoO_4) şeklinde de sınıflandırılırlar. Bunların dışında valans numaraları esasına göre ve bunların periyodik atom tablolarındaki

pozisyonlarına göre de sınıflandırılırlar. Bu tür yararlı sınıflandırmalar mineralin beslemedeki fiziksel ve kimyasal özelliklerini tanımlar. Örneğin monovalant katyonlar (K ve Na) yüksek emilim özelliğine sahip olup birbirleri arasında önemli ilişkiler vardır. Bunu tersine divalent katyonların (Ca, Mg ve Zn) emilim yüzdeleri oldukça düşüktür.

4.6.3. Makromineraler

Bu grupta yer alan mineraller arasında, kalsiyum, fosfor, magnezyum, potasyum, sodyum, klor ve kükürt yer almaktadır.

4.6.3.1 Kalsiyum

Vücutta bulunan toplam mineral miktarının %70'ini oluşturan Ca ve P genellikle birlikte incelenirler. Organizmadaki Ca'un %99'u, P'un ise %80'i kemik ve dişlerde bulunur. Kalsiyumun başlıca emilimi duodenumda gerçekleşir. Emilim ve Ca'un formu, içerik pH'sı, vitamin D, Ca/P oranı, diğer minerallerin (Fe, Al, Mn) fazla miktarda alınması, rasyondaki fazla yağ gibi faktörlerin etkisi altındadır. Rasyonda Ca yetersiz olduğunda emilen mineralin büyük bir bölümü aktif bir şekilde taşınır. Başka bir ifade ile hayvanlarda Ca ihtiyaca göre bağırsaklardan emilir. Emilim etkinliği ihtiyaç durumuna göre farklılık gösterir. Emilen Ca'un önemli bir bölümü idrar ve gaita ile atılmaktadır.

Kalsiyum, fosforla birlikte kemik ve dişlerin oluşumuna katılır. Yeni doğan hayvanların kemiklerindeki Ca sınırlı miktarda olduğundan gelişme süresince kemiklerin gelişmesi ve kalsifikasyonu için önemli miktarda Ca'a ihtiyaç duyulur. Kalsiyumun yaşamsal metabolik olaylarda da görevleri vardır. Kan Ca düzeyinin paratroid ve adrenal bezlerden salgılanan hormonlarca kontrol edilmesi fizyolojik önemin bir göstergesidir. Minerale ihtiyaç duyulduğunda kemiklerde bulunan depolardan kullanılır. Kanda Ca düzeyi yükseldiğinde fazla mineral gerektiğinde kullanılmak üzere depolarda birikir. Ayrıca bir bölümü de böbrek yolu ile veya gaita ile dışarı atılır.

Ca ve P büyüme, yumurta ve süt üretimi için rasyonlarda bulunması gerekli kritik minerallerdir. Kemik bozukluklarının ortadan kaldırılması için de ayrıca Ca'a ihtiyaç duyulur. Yumurta ve süt üretimi önemli miktarda Ca gerektirir. Tavuklar ihtiyacının altında Ca'la beslendiklerinde ince ve yumuşak kabuklu yumurta üretirler. Rasyonlarla Ca yetersiz alındığı sürece toplam yumurta ve döl verimi düşer. İnekler bu duruma süt verimlerini azaltarak tepki gösterirler.

Kan Ca'unun başlıca görevlerinden birisi de kalp atışlarını düzenlemektir. P, Na, K, Mg ve diğer minerallerin bir bölümü de kalp atışlarının hızının belirlenmesinde etkili olmaktadır. Kan Ca düzeyinin yükselmesi kalp atışlarının hızlanmasına neden olur. Bu mineral kas ve sinir uyarımlarının kontrol edilmesinde de rol oynamaktadır. Ca-iyon konsantrasyonu yükseldikçe kas ve sinir uyarımları azalmaktadır. Kalsiyum, ayrıca, kanın pıhtılaşmasında da fonksiyona sahiptir.

Kalsiyum ve P yetersizliklerinin en belirgin sonuçları kemik gelişiminde gözlenir. Bu minerallerin yetersizliğinde kemikler gelişmeye devam eder; ancak yetersiz kalsifikasyon nedeniyle sertlik kazanamaz. Bunun sonucu gözle görünebilen kemik bozukluğu ile karakterize edilen gençlerde raşitizm, yaşlılarda ise osteomalasi olguları ortaya çıkar. Bu olgu aynı zamanda Ca ve P metabolizması için gerekli olan vitamin D yetersizliğinde de meydana gelir. Raşitizme maruz kalan hayvanlarda uzun kemiklerde eklemler genişler. Eklemlerde şişkinlik söz konusu olduğundan yürüyüş bozukluğu kaçınılmazdır. Tavuklarda da Ca'un yetersiz miktarlarda alınması yumurta verimi ve kalitesinde önemli azalmalara ve iskelet bozukluklarına neden olur. Aynı zamanda yem tüketimi ve yemden yararlanma bu durumdan olumsuz yönde etkilenir. Aşırı miktarlarda tüketilmesi durumunda ise fazla Ca kemiklerin yanı sıra yumuşak dokularda da

birikir. Mineralin ihtiyacın üzerindeki miktarları P, Mg, Zn metabolizmasının bozulmasına neden olur. Aynı şekilde bu durumdan Co, Mn, Fe ve I 'da etkilenmektedir.

Baklagil kaba yemlerini serbest miktarlarda tüketen ruminantlarda yaşama payı ile birlikte verim payı Ca ihtiyacının bir bölümü de karşılanabilmektedir. Karma yemle beslenen kanatlılarda rasyonlara Ca ilavesi zorunludur. Kemik ve et ile beslenen karnivorlarda Ca ihtiyacının tamamı karşılanabilir. Buna karşılık kemik içermeyen diyetlerle beslenen kedi ve köpeklerle ise uygun Ca kaynakları verilmelidir. Kireçtaşı, DCP, florü alınmış fosfat, midye kabuğu hayvan beslemede kullanılabilen Ca kaynaklarıdır.

4.6.3.2. Fosfor

Kalsiyumun emilimini etkileyen pek çok faktör karşısında duyarlılık gösteren fosfor, organik ve inorganik formda emilebilmektedir. Kullanılan P'un kaynağı, bağırsak pH'sı, hayvanın yaşı, yemle alınan diğer mineraller (Ca, Fe, Al, Mn, K ve Mg) emiliminde etkili olan faktörlerin başlıcalarıdır. Bitkisel kaynaklarda bulunana P fitik asit formunda bulunduğundan kanatlıların bundan yararlanma derecesi oldukça düşüktür.

Kalsiyum ile birlikte kemik oluşumu ve metabolizması üzerinde etkili olan P'un bunun dışında vücutta kendine özgü görevleri de vardır. Kan Ca düzeyinin optimal sınırlarda tutulmasında, karbonhidrat metabolizmasında, nükleik asitler ile hücre zarı geçirgenliğini sağlayan fosfoproteinler ile hegzofosfat, adenofosfat, kreatin fosfat gibi enerjice zengin fosfatların yapısında yer alır. Ayrıca yağların taşınmasında ve metabolizmasında ve hücre membranları için hayati önem taşıyan fosfolipidlerin de yapısına girer. Enerji metabolizmasında fonksiyon gösterir. Hücre oluşumu için gerekli olan dolayısıyla protein sentezinde rol oynayan RNA ve DNA'nın komponentleridir. Bunun dışında çeşitli enzimin de yapısına girmektedir.

Dünyanın her bölgesinde P yetersizliği her türden hayvan için sıkça karşılaşılan bir sorundur. Bu mineral yetersizliğinin ilk belirtisi genel bir semptom olan iştah azalmasıdır. Yumurta tavuklarında iştah kaybı, zayıflama ve ölüm olguları şiddetli yetersizliği izleyen 10-12 gün içinde ortaya çıkmaktadır. Orta derecede yetersizlik durumunda raşitizm ve büyümede gerileme söz konusudur. Bu mineral yetersizliği sonucu kemiklerde meydana gelen sorunlar Ca eksikliğine bağlı belirtiler ile benzerlik halindedir. Aynı şekilde yumurta verimi ve kalitesinde de azalmalar gözlenir. Besin maddeleri metabolizmasındaki görevlerine bağlı olarak P yetersizliği döl verimi dahil her türlü verim performansında azalmalara ve genel durum bozukluklarına yol açar.

Fosforun yetersiz alındığı durumlarda idrar yolları bozuklukları, ruminantlarda tahta, kemik, çuval gibi yem niteliğinde olmayan maddelerin yenmesi ile karakterize pika olguları ortaya çıkmaktadır. Mikrobiyel aktivitenin sınırlanması ile selüloz sindirimi düşer, protein ve RNA sentezi azalır. Bu mineralin aşırı miktarlarda tüketimi ise başta Ca olmak üzere çeşitli besin maddelerinin emilimini azaltmaktadır. Bunun tersine Ca ve Mg'un da fazla alınmasında P'un emilimi düşer. Vitamin D fosforun değerlendirilmesi için gereklidir. Gerek Ca ve gerekse P'un etkin kullanımı için her iki mineral arasında uygun oran olmalıdır. Eğer P, kalsiyuma göre daha fazla alınırsa özellikle ruminantlarda idrar yolları taşları oluşumu söz konusudur.

Gerek bitkisel kökenli fosfordan yeterince yararlanamayan kanatlılar ve tek mideli hayvanlarda gerekse kaba yem ağırlıklı rasyonlarla beslenen ruminantlarda rasyonlara P katılması zorunlu olmaktadır. Yemler genelde belirli oranlarda P içermektedir. Kaba yemlerin fosfor içeriği toprağın mineral durumuna bağlıdır. Tahıl tane yemleri, değirmencilik yan ürünleri, başta hayvansal kaynaklı olmak üzere tüm proteinli yemler P bakımından zengindir. Temiz

hastalık etkenlerinden arındırılmış kemik unu, fluoru alınmış fosfat kayaları, özellikle dikalsiyum fosfat (DCP) uygun P kaynaklarıdır.

Ca/P oranı ve vitamin D: Hayvanlarda Ca ve P'un optimum düzeyde değerlendirilebilmesinde 3 faktör etkili olmaktadır. Bunlar:

- 1) Değerlendirilebilir formda ve uygun miktarlarda mineral sağlanması,
- 2) Her iki mineral arasında uygun oran bulunması,
- 3) Her iki mineralin metabolizmasını düzenleyen vitamin D'nin yeterli miktarda sağlanması şeklinde sıralanabilir.

Vitamin D ile birlikte kalsitonin ve parathormon her iki mineralin metabolizmasında görev alırlar. Bunlar Ca ve P'un kanda normal düzeyde tutulmalarında etkilidirler. Ca/P oranı genelde 1-2/1 şeklinde önerilir. Bununla beraber ruminantlar dışında kalan hayvanlarda 1/1 ve 2/1 arasında bir oran kabul edilebilir. Yumurta tavuklarına bu oranın 3.5-4/1; ruminantlarda 1/1 ile 7/1 arasında olabileceği bildirilmektedir.

4.6.3.3. Magnezyum

Vücutta pek çok dokuda bulunan magnezyumun (Mg) yarısı kemiklerde, diğer yarısı ise yumuşak doku ve vücut sıvılarında yer alır. Mg özellikle kemik oluşumundaki fonksiyonunu Ca ile birlikte gerçekleştirir. Bu mineralin emilimi sindirim kanalı boyunca gerçekleşir. Özellikle incebağırsaklar emilim için en uygun yerdir. Rasyonda Mg miktarı yükseldikçe emilim düşer. Yemdeki yüksek düzeydeki Ca ve P mineralin emilimini olumsuz yönde etkiler. Özellikle P, Mg ile erimeyen tuzlar oluşturur. Cıvcivlerde hayvansal yağların Mg ihtiyacını arttırdığı, yüksek yağ asitleri ilavesinin süt ineklerinde mineralin emilimini düşürdüğü bildirilmektedir. Rasyonda Ca ve P düzeyi yükseltildiğinde Mg miktarının da artırılması gerekir.

Mg'un pek çok fizyolojik fonksiyonu bulunmaktadır. İskelette bulunan Mg kemik ve dişlerin oluşumuna katılır. Mg intrasellüler sıvılarda bulunan ikinci elementtir. Dolayısıyla hücre metabolizması için zorunlu bir mineraldir. Toplam mineralin yaklaşık %1'i ekstrasellüler olarak bulunmaktadır. Pek çok enzimin aktif bir komponenti olarak görev yapan Mg'un yetersizliğinde oksidatif fosforilasyon önemli derecede azalır. Magnezyum karbonhidrat ve lipid metabolizmasında rol oynadığı gibi protein sentezinde de görev alır.

Büyümenin gecikmesi, aşırı duyarlılık, tetani, perifer vazodilatasyon, iştahın azalması, kaslarda koordinasyon bozukluğu gibi belirtiler Mg yetersizliğinin belirgin sonuçlarıdır. Rasyonlar genelde optimal büyüme için gereken düzeyde Mg içerir. Otlayan ruminantlar ile özellikle ergin süt ineklerinde bu durum istisna oluşturur. Bunlar Mg yetersizliğine duyarlıdır. Çayır (ot) tetanisi olarak adlandırılan ve Mg eksikliğinin bir sonucu olan olguda normalde 2.5 mg/100ml şeklindeki kan mineral düzeyi hızla düşer. Öte yandan, bu mineral fazlalığına ilişkin herhangi bir literatür bulgu bulunmamaktadır. Ancak Mg tuzlarının intravenöz enjeksiyonları ölümle sonuçlanan kalp bozukluklarına neden olur.

Yemlerin büyük bir bölümü hayvanlarda ihtiyacı karşılayacak ölçüde Mg içerir. Bununla beraber ihtiyacı güven altına alabilmek için mineral karışımlara belirli miktarlarda Mg katılır. Kaba yemlerin yapısında bulunan Mg'un %10-15'i, tahıl ve konsantre yemlerdekinin ise %30-40'ı değerlendirilebilir. Çoğu minerallerin tersine bitki yaşlanınca Mg miktarı artmaktadır. Aşırı N ve K ile yapılan gübrelemeler ise olumsuz yönde etkiler. Magnezyum oksit ile magnezyum sülfat mineral kaynağı olarak kullanılabilir.

4.6.3.4. Potasyum

Bu mineral intrasellüler (hücre içi) sıvıların başlıca katyonudur. Sodyumun (Na) tersine intersellüler (hücreler arası) sıvılarda sınırlı miktarlarda bulunur. Vücutta Ca ve P'dan sonra en fazla yer alan mineraldir. Kandaki Na miktarı potasyumdan (K) daha fazladır. Buna karşılık kas dokuda ve sütte bulunan K miktarı da Na'dan birkaç misli daha yüksektir. Mineralin başlıca emilim yeri incebağırsaklar olup emilen K'un başlıca atılım yolu böbreklerdir. İntrasellüler sıvıların başlıca katyonu olup ozmotik basıncın düzenlenmesinde ve asit baz dengesinin sağlanmasında rol oynar. Kasların aktivitesi ve kreatin ile ilgili enzim reaksiyonları için gereklidir. Karbonhidrat metabolizmasını etkileyen bir mineraldir.

Potasyum yetersizliği ender meydana gelen bir olgu olmakla beraber yüksek düzeyde konsantre yemlerle beslenen besi sığırlarında ortaya çıkabilir. Bu olgularda büyümenin gecikmesi, kaslarda genel zayıflama, sallantılı yürüyüş, pika, ishal, karnın gerilmesi, zayıflama ve bunu izleyen ölüm gözlenir. Öte yandan, bu mineralin fazlalığı Mg'un emilimi ve değerlendirilmesini bozar. Aşırı tüketime bağlı toksikasyonlar pek yaygın değildir. Ancak su tüketiminin sınırlandırılması veya tuzlu su veya böbreklerin fonksiyon bozukluğu durumlarında ortaya çıkabilir. Bitkisel kökenli yemler özellikle kaba yemler K bakımından zengindir.

4.6.3.5. Sodyum ve Klor

Her iki mineralden oluşan tuz doğada oldukça yaygın bir biçimde bulunur. Hayvan vücudu yaklaşık %0.21 sodyum (Na) kapsamaktadır. Bunun bir bölümü iskelette erimeyen formda yer almakta, buna karşılık büyük bir kısmı ise ekstrasellüler sıvılarda bulunmakta ve çok aktif görevler üstlenmektedir. Na'dan farklı olarak Cl vücut dokuları hücrelerinin içinde ve dışında bulunmaktadır. Her iki mineral de incebağırsakların üst bölümünde kolay emilirler. Hayvanlarda sindirim sistemine giren Na ve Cl'un yaklaşık %80'i tükürük, mide sıvısı, safra ve pankreatik sıvıda ortaya çıkar. Her iki mineral de tuz olarak büyük ölçüde idrarla, az miktarda da dışkı ile atılır. Na'un önemli miktarda atıldığı yollardan bir diğeri de kusma, ishal ve terlemedir.

Potasyum ile birlikte vücut sıvılarında Na (katyon) ve Cl (anyon) ozmotik basıncın korunması ve asit baz dengesinin sağlanmasında rol oynarlar. Sodyum besin maddelerinin hücrelere taşınması, metabolizma artıklarının atılmasında, dokular arasında su dengesinin korunmasında rol oynar. Klor mide suyunun başlıca anyonu olup H iyonu ile birleşerek hidroklorik asidi oluşturur. Sodyum yetersizliğinde gelişmekte olan hayvanlarda yemin değerlendirilmesi düşer, süt ineklerinde verim azalır, erginlerde ise canlı ağırlık kaybı söz konusudur. Diğer yandan erkek hayvanlarda kısırılık, dişilerde cinsel olgunluğun gecikmesi gibi olgularla karakterize olan döl verimi bozuklukları ortaya çıkar. Yumurta tavuklarında verimin düşmesi, ağırlık kaybı ve kanibalizm olguları, Na yetersizliğinin belirtileridir. Klor yetersizliğinde ise büyüme hızının düşmesi, civcivlerde ani gürültü karşısında sinirsel semptomlar ortaya çıkmaktadır. Öte yandan, genellikle suyun sınırlandırıldığı durumlarda ortaya çıkan tuz toksisitesi ruminantlar dışındaki hayvanlarda kolayca görülmektedir. Bacaklarda kasılma, körlük ve diğer sinirsel bozukluklar Na fazlalığının sonuçlarıdır. Sodyum ve klorun hayvanlar için başlıca ve kolay bulunabilir kaynağı tuzdur. İhtiyaç duyulan tuz miktarını hayvanın büyüme dönemi, verim düzeyi, rasyonun kompozisyonu ve çevre sıcaklığı etkilemektedir. Hayvansal kökenli diyetlerle beslenen kedi ve köpekler bitkisel yemlerle beslenenlere göre daha az tuza ihtiyaç duyarlar.

4.6.3.6. Kükürt

Kükürt'ün (S) hayvanlara verilecek miktar ve formu türe göre büyük ölçüde değişiklik gösterir. Ruminant dışındaki hayvanlar amino asitlerden kükürdü değerlendirebilirler. Buna

karşılık elemental kükürdü amino asit sentezinde kullanamazlar. Ruminantlar ise elemental kükürdü ve sülfatları rumen mikroorganizmaları vasıtasıyla amino asit sentezi için değerlendirirler. Bazı hayvanlarda organik kükürt inorganik forma göre daha kolay emilmektedir. Hücrelerde organik formda bulunan kükürt sistin, sistein ve metionin gibi amino asitlerin yapı maddesidir. Bu amino asitler bakımından zengin proteinlerden kükürt sağlanır. Kükürt, tiamin ve biotin gibi vitaminler ile insülin hormonunun yapısında bulunur. Bu mineral kıl, yapağı ve tüy başta olmak üzere vücut dokularının büyük bir bölümünde bulunur. Yapağıda sistin şeklinde %4 oranında yer alır.

Biotinin yapısında bulunduğu için yağ metabolizmasında rol oynar. Diğer yandan tiaminin bileşimine girmesi nedeniyle de karbonhidrat metabolizmasında görev üstlenir. Enerji metabolizmasının regülatörü olarak nitelenen insülinin ve glutatyonun yapısına girmesi de minerale ayrı bir önem kazandırmaktadır. Protein sentezinde etkili olan S'ün yetersizliği durumunda büyümede gerileme meydana gelir. Aynı zamanda yapağı büyümesinde olumsuzluklar ve yapağıda dökülmeler söz konusudur. Öte yandan, kükürt fazlalığında oluşan kükürt toksikasyonu pratikte önem taşımamaktadır. Kükürt gereksinimini karşılamak için tek mideli hayvanlar ile kanatlılara S içeren amino asitler verilmelidir. Ruminantlar rumen mikroorganizmaları vasıtasıyla proteinlerin yapısında bulunan S'den yararlanabilirler. Protein niteliğinde olmayan azotlu bileşiklerden olan ürenin kullanılması durumunda ilave S verilmesi gerekir. Ruminant ve atlarda sülfat formu veya elemental S kullanılabilir.

4.6.4. Mikromineraller (iz elementler)

Bu grupta yer alan mineraller içinde Demir, Bakır, Çinko, Manganez, İyot, Selenyum, Kobalt, Molibden, Flor, Krom, Silisyum, Alüminyum, Arsenik, Kadmiyum, Kurşun ve Cıva bulunmaktadır.

4.6.4.1. Demir

Hayvan vücudundaki Fe'in yarısından fazlası hemoglobin ve myoglobinin yapısında bulunur. Geri kalan kısmı ise karaciğer, dalak, böbrek, kemik iliği ve kaslarda yer almaktadır. Vücuttaki Fe'in miktarı doğumdan erginlik devresine kadarki dönemde farklılık gösterir. Demirin emilimi oldukça düşük düzeyde olup emilim incebağırsakta gerçekleşir. Bu mineralin emilimi bağırsaklardaki mukozal blokaj sisteminin kontrolü altındadır. Fe, ferritin⁺⁺⁺ formundan ferro⁺⁺ haline dönüştükten sonra emilir. Hayvanlar Fe'i vücuttan atma bakımından sınırlı bir kapasiteye sahiptir. Vücuttaki Fe homeostazisi büyük ölçüde emilim ile kontrol edilir. Demirin emilimi hayvanın yaşı, Fe durumu ve sağlığı, sindirim kanalının koşulları, tüketilen Fe'in fiziksel formu, yemdeki diğer bileşiklerin miktarı etkilemektedir.

Demir (Fe) bir çok biyokimyasal reaksiyonda anahtar rolü oynar. Elektron transportu ile (sitokromlar), oksijenin aktivasyonundan sorumlu enzimlerin ve dokulara oksijen transportunu üstlenen hemoglobin ve myoglobulin yapısına girer. Toplam vücut Fe'inin %60'ı hemoglobinde bulunurken myoglobulinde yer alan Fe miktarı %3-7'dir. Demir yetersizliğinde, hemoglobin konsantrasyonunun düşmesine bağlı olarak dokularda oksijen azalacağından, pek çok sistem olumsuz yönde etkilenir. Bu bağlamda anemi ve buna bağlı olarak oluşan kan değişikliklerinin yanı sıra canlı ağırlık kazancında azalma, ilgisizlik, iştah kaybı, enfeksiyonlara karşı duyarlılık gibi belirtiler ortaya çıkar. Süt veya yemle yeterli miktarda mineral alamayan genç ve büyüme çağındaki hayvanlarda Fe yetersizliği görülebilir. Et unu, balık unu gibi hayvansal kökenli yemler bitkisel kaynaklı yemlere göre Fe bakımından zengindirler. Basit demir tuzlarındaki Fe yem maddelerinde bulunan minerale göre daha iyi emilir. Yemde yüksek düzeyde P ve fitat bulunması, demir fosfat ve demir fitat oluşturarak mineralin emilimini azaltır. Hayvan beslemede inorganik Fe kaynakları kullanılabilir. Demir karbonat ve demir sülfatın yüksek bir

biyoyararlılık derecesine sahip olduğu buna karşılık demir oksitin yetersiz değerlendirildiği bildirilmektedir. Ruminantlarda biyoyararlılığın belirlenmesine yönelik olarak yapılan çalışmalarda demirsülfat için biyoyararlılık %100 alındığında bu değer demir karbonat için %60, demiroksit için ise %10 şeklinde bulunmuştur.

4.6.4.2 Bakır

Yaşam için esansiyel nitelik taşıyan bakırın (Cu) hayvan vücudundaki miktarı yaklaşık 2 ppm kadardır. Hayvan türlerinin çoğunda çok düşük düzeyde emilir. Mineralin emilimini kimyasal formu etkiler. Ergin hayvanlarda rasyondaki Cu'nın emilme oranı %10 iken, gençlerde bu değer %15-30 kadardır. Ruminantlarda emilimin %1-3 düzeyinde olduğu, rumeni gelişmemiş kuzu ve buzağılarda tek mideliler kadar bir emilimin gerçekleştiği ve erginlerden daha yüksek bir değer elde edildiği bildirilmektedir. Aynı yaş, ırk ve fizyolojik durumda olan, hatta aynı çevre koşullarında yetiştirilen hayvanlarda Cu'nın farklı şekilde değerlendirildiği gözlenmiştir. Bakırın başlıca depo edildiği organ karaciğerdir. Memeli hayvanlarda plazmada Cu'nın %90'ı metalloprotein olan seruloplazmin şeklindedir. Çoğu hayvan türlerinde yemle alınan Cu'nın büyük bir bölümü dışkıda görülmekte olup bu emilmeyen mineraldir. Bakırın aktif atılım yolu safradır. Bunun dışında idrar, süt ve bağırsak yolu ile atılır. Bakır, molibden (Mo) ve kükürt arasında karşılıklı bir ilişki bulunmaktadır. Kükürt varlığında özellikle Mo organlarda Cu'nın depolanmasını ve seruloplazmin sentezini azaltmakta sonuçta safra ile daha az mineral atılmakta, buna karşılık idrar ile atılan miktar yükselmektedir. Yemle yüksek düzeyde Cu alımı karaciğerde depolanan Mo miktarını düşürmektedir. Kükürt düzeyi yükseldikçe idrarla atılan Mo miktarı artmakta dolayısıyla mineralin depo edilmesi olumsuz yönde etkilenmektedir.

Bakır sellüler solunum, kemik oluşumu, bağ doku gelişimi, keratinizasyon ve doku pigmentasyonu için gerekli bir mineraldir. Hemoglobin oluşumunda rol oynayan bakır, Fe'in değerlendirilmesinde etkilidir. Bakırın yeterli olmadığı durumlarda Fe asimile edilmekte; ancak hemoglobine dönüşmemektedir. Bakır aynı zamanda sitokromoksidaz, lizil oksidaz, tirosinaz gibi önemli fizyolojik fonksiyona sahip metalloenzimlerin yapısına girer. Demir yetersizliğine bağlı olarak, anemi ve ishalin yanı sıra kemik, döl verimi, sinir ve kardiyovasküler sistem bozuklukları, kıl ve yapağıda pigment kaybı (akromotrişiya), yapağı, kıl ve tırnaklarda keratinizasyon yeterli olmayışı, immun sistemin baskılanması gözlenir. Ayrıca büyümenin optimum düzeyin altında kalması ve iştahın azalması Cu yetersizliğinde görülen genel belirtiler arasındadır. Kanatlılarda ise bakır eksikliğinin genel semptomu kansızlıktır (anemi). Şiddetli anemi tablosu oluşmadan önce vasküler defektlere bağlı olarak ortaya çıkan iç kanamalar ölümlere yol açabilmektedir. Cu bakımından yetersiz rasyonlarla beslenen genç kanatlılarda topallık oluşur, kemikler kolay kırılabilir hal alır. Yumurta tavuklarında şiddetli bakır yetersizliği (0.7-0.9 ppm) sonucu verim azalır, plazma, karaciğer ve yumurtada Cu düzeyi düşer. Damızlık tavuklarda kuluçka randımanı hızla düşerek 14 günde sıfır düzeyine inebilir. Yetersiz bakır ile beslenen tavuklardan alınan embriyolarda anemi, büyümenin gerilemesi söz konusudur. Kuzularda ise neonatal ataksi (swayback) gibi sinir sistemi bozuklukları ortaya çıkmaktadır. Bu olguların iki tipi bulunmaktadır. Birincisi yeni doğan kuzularda görülen akut formu, diğeri ise birkaç hafta ve ay sonra ortaya çıkan gecikmiş şeklidir. Her iki formda da paraliz, bacaklarda koordinasyon bozukluğu, kasılmalar ortaya çıkabilmektedir. Kuzular zayıf doğarlar ve süt ememedikleri için ölebilirler. Ruminantlarda bakır yetmezliğinin en belirgin kriteri kıl ve yapağıda pigment kaybıdır. Koyunlarda pigmentasyon bakır tüketim miktarındaki değişikliklere karşı oldukça duyarlıdır. Siyah kıl ve yapağı oluşumu bakır yetmezliği veya Mo ve SO₄ fazlalığını izleyen 2 gün sonra ortaya çıkar. Özellikle uzun kemiklerin kolay kırılabilir bir hal alması ve topallık ruminantlarda da Cu eksikliği sonucu görülen semptomlardır. Bakır bakımından yetersiz

meralarda otlayan sığır ve koyunlarda kızgınlığın gecikmesi ve yavru atmalar ile karakterize olan döl verimi bozuklukları ortaya çıkabilmektedir.

Bakır, diğer minerallerle de çok yakın ilişki içindedir. Sülfat ile birlikte aşırı Mo alınmasının olumsuzlukları Cu uygulaması ile tedavi edilebilir. 250 ppm'in üzerinde Cu tüketimi zehirlenmelere yol açabilmektedir. Fazla bakır karaciğerde depolanmakta ve ölümlere neden olmaktadır. Yüksek düzeyde Mo içeren bölgelerde beslenen at ve sığırlara verilecek Cu düzeyinin normalin 5 katına çıkarılması gerekir. Ruminantlarda gözlenen kronik bakır zehirlenmeleri tek mideli hayvanlarda gözlenmemektedir. Otlayan ruminantlarda ortaya çıkan bu olguların nedeni aşırı Cu tüketiminin yanı sıra çok düşük miktarlarda molibden ve sülfat alımıdır. Rasyonda yüksek düzeyde çinko bulunması Cu zehirlenmesini önlemektedir. Bitkiler yaşlandıkça genellikle Cu kapsamı azalmakta, alkali topraklarda yetiştirilenler düşük düzeyde Cu içermektedirler. Tahıl tanelerindeki Cu miktarı yağlı tohumlara oranla düşüktür. Hayvansal kökenli yemler, özellikle karaciğer unu Cu bakımından zengindir. Bakır preparatları içinde biyoyararlılığı en yüksek olandan en düşük olana doğru bakır sülfat, bakır karbonat ve bakır oksit şeklinde sıralanabilir. Cıvcivlerde bakır sülfattaki Cu'nın yararlılığı %100 olarak kabul edildiğinde CuI'ün %82, Cu₂O'in ise %76 düzeyinde biyoyararlılığa sahip olduğu ortaya konulmuştur. Amino asit şelatları veya organik formdaki mineral kaynaklarının inorganik Cu kaynaklarına göre daha yüksek biyoyararlılığa sahip olduğu bildirilmektedir.

4.6.4.3. Çinko

Diğer mikromineralerin aksine çinko (Zn) hayvan vücudunda dokulara göre uygun bir dağılım gösterir. Bununla birlikte deri, kıl, tüy, ve yapağı gibi epidermal dokularda Zn konsantrasyonu daha yüksektir. Çinkonun tek mideli hayvanlarda başlıca emilim yeri incebağırsaklardır. Koyunlar üzerinde yapılan çalışmalarda mineralin rumenden emilimi incebağırsaklara göre daha fazla bulunmuştur. Çinko emilimi rasyonda bulunan fitat, Ca-fitat, selüloz, P, Cu, krom gibi bileşikler tarafından olumsuz yönde etkilenir. EDTA gibi şelatlar ile kazein ve balık unu Zn emilimi artırmaktadır. Emilimi etkileyen en önemli faktör rasyondaki Zn miktarıdır. Çinkonun başlıca atılım yolu gaita olup az miktarda da idrar ile atılmaktadır. Çinko, enzimlerin yapısında aktivatör olarak rol oynar. Yapısına girdiği karbonik anhidraz enzimi %0.3 oranında Zn içerir. Mineral yetmezliğinde plazma alkalik fosfataz aktivitesi, karaciğer, retina ve testiküler alkoldehidrogenaz miktarı düşer. Bu mineral protein sentez ve metabolizması, nükleik asit ve karbonhidrat metabolizmaları için gereklidir. Günümüzde 200'den fazla Zn proteini bilinmektedir. Tüy ve kemik oluşumunda rol oynayan bir mikro elementtir. Çinko ayrıca hormonlar ile biyolojik interaksiyon içindedir. Hormonların üretimi, depolanması ve salınımında rol oynar. Çinko immün sistemin bütünlüğü için esansiyeldir. Bütün bunların dışında çinkonun antioksidan etki göstermek suretiyle membranların korunmasında, prostaglandin ve lipid metabolizmasında ve rumen mikroorganizmalarının büyümesinde etkilidir. Çinkonun, ayrıca, plazma vitamin A konsantrasyonunun korunmasında etkili olduğu ovaryum epitellerinin normal fonksiyonunda görev yaptığı da bildirilmektedir.

Çinko yetersizliği kanatlılarda pratikte çok yaygın olarak gözlenebilmektedir. Hayvanın yaşı, rasyondaki Zn miktarı ve biyoyararlılığı, rasyonda antagonist ilişkide bulunduğu bileşikler mineral yetersizliğinin oluşumunda rol oynar. Cıvcivlerde mineral eksikliğinde büyümede yavaşlama, bacak kemiklerinde kısalma ve kalınlaşma, eklemlerde genişleme olguları ortaya çıkmaktadır. Kanatlılarda Zn yetersizliğinin ayrıca ayak, bacak ve gagaların etrafında şiddetli dermatitise, deride hiperkeratinizasyon oluşumuna, epidermal kalınlaşmalara ve kötü tüylenmelere yol açtığı bildirilmektedir. Yetersiz miktarda Zn içeren rasyonlarla beslenen tavuklarda kuluçka yeteneği hızla düşmekte ve yaklaşık iki ay içinde sıfır düzeyine inmektedir.

Çinko eksikliğinin erken dönemde ortaya çıkan belirtileri yem tüketimi, büyüme hızı ve yemden yararlanma oranının azalmasıdır. Yetersiz Zn tüketen hayvanlarda yem, sindirim kanalından daha yavaş geçer. Ruminantlarda Zn eksikliği ağız ve burun etrafında submukoz kanamalar ile karakterize yangılara, kılların kaba bir hal almasına ve yapağı dökülmesine neden olabilmektedir. Bu hayvanlarda şiddetli çinko yetersizliğinde klinik belirti olarak deride parakeratoz şekillenir. Buzağılarda sukrotum, baş, ayak ile burun ve boyun çevresinde, sağmal ineklerde ise memede parakeratozis gözlenmektedir. Bu olgular rumen papillalarında ve özefagus mukozasında da ortaya çıkmaktadır. Otlatılan sığır ve koyunlarda gözlenen marjinal yetersizlikler herhangi bir klinik belirti görülmezsizin büyüme ve döl veriminde azalmalarla ortaya çıkarak önemli ekonomik kayıplara neden olur. Bu olgularda serum Zn düzeyi düşmektedir. Bütün bunların dışında çinko yetersizliğine genel olarak bakıldığında testesteron, insülin ve adrenal kortikosteroid hormonlarının üretimi ve salınımı azalmaktadır. Erkeklerde spermatogenezis, primer ve sekonder cinsiyet organları, dişilerde döl verimine ilişkin tüm işlemleri ters yönde etkilemektedir. Mineral eksikliğinde DNA, RNA ve protein sentezi gerilemektedir.

Bitkilerin Zn kapsamı önemli derecede değişkenlik göstermektedir. Baklagil bitkileri çayırlara göre daha fazla Zn içeriğine sahiptirler. Tropik bölgelerde yetiştirilen yemlerde bulunan Zn'nun yararlılığının düşük olduğu bildirilmektedir. Yemlerde inorganik Zn kaynağının bulundurulması gerekir. Hayvansal kökenli proteinli yemler bitkisel protein kaynaklarına göre Zn bakımından daha zengindirler. Ayrıca bu yemlerin yapısındaki mineralin biyoyararlılığı da yüksektir. Çoğu durumlarda rasyon kuru maddesine 50-60 ppm Zn katılması yeterli olmaktadır. Bu miktarı rasyon Ca ve fitat durumu etkilemektedir. Aynı şekilde çinko, Cu ile antagonist ilişki gösterdiğinden fazla bakır alınması durumunda rasyon Zn düzeyinin artırılması gerekir. Yem sanayinde kullanılan Zn kaynakları sülfat, oksit ve karbonat formlarıdır. Bunlar içinde sülfat ve oksit formları önem taşımaktadır. Kanatlılarda sülfat formunun biyoyararlılığı %100 kabul edildiğinde oksit formu için bu değer %44'dür. Bu amaçla kullanılacak oksidin %0.05'den fazla kurşun, %0.03'den fazla arsenik ve %0.001'den fazla kadmiyum içermemesi gerekir. Süt inekleri ile yapılan çalışmalarda Zn metiyonin gibi organik kaynakların süt verimini artırdığı, elde edilen sütte somatik hücre sayısının daha düşük, tırnak kalitesinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

4.6.4.4. Manganez

Manganez (Mn) düşük konsantrasyonda ancak vücutta yaygın olarak bulunur. Kemik, karaciğer, böbrek ve pankreas en yüksek miktarlarda bulunduğu organlardır. İncebağırsaklardan emilir. Tüm hayvan türlerinde, Mn düşük emilim yeteneği göstermekte, bu olay incebağırsaklarda gerçekleşmektedir. Ca, P ve Fe mineralin emilimini etkilemektedir. Tavuklarda yüksek düzeydeki Fe alımı manganezin emilimini olumsuz yönde etkileyerek perozis olgularının çıkışını artırır. Östrojenik hormonlar ise Mn'un emilimini artırmaktadır. Diğer mikro mineraller gibi Mn de enzim aktivatörü olarak rol oynar. Arginaz, piruvat karboksilaz ve Mn-superoksit dismutaz enzimleri Mn içerir. Mineralin yapısına girdiği enzimler oksidatif fosforilasyon, amino asit metabolizması, yağ asitleri sentezi ve kolesterol metabolizmasında görev alırlar. Manganezin büyüme ve döl verimi için gerekli bir mineraldir. Normal kemik büyümesi için yaşamsal önemi bulunan Mn kemiklerin organik matriksinin gelişiminde esansiyel bir görev üstlenir.

Manganez yetersizliğinde civcivlerde düzeltilmesi mümkün olmayan defektler meydana gelir. Kanatlılar Mn yetersizliğinde memeli hayvanlara göre daha duyarlıdır. Perozis bu mineral eksikliğinin tavuklarda neden olduğu en önemli hastalıktır. Eklemlerde genişleme, formasyon bozukluğu ve dönme ile karakterize olan beslenmeye bağlı kondrodistrofi oluşumuna

yol açar. Mn yetersizliğinde civcivlerde sinirsel belirtiler, yumurtacı ve damızlık tavuklarda yumurta veriminin düşmesi, kuluçka veriminin azalması, ince kabuklu veya kabuksuz yumurta oluşumu gözlenmektedir. Mn eksikliğinin neden olduğu döl verimi bozuklukları büyük önem taşımaktadır. Erkeklerde testiküler dejenerasyon, dişilerde ovülasyon defektleri gözlenmektedir. Kızgınlığın düzensiz bir hal alması sığırlarda görülen belirtilerdir. Manganez oksit ve sülfat hayvan yemlerinde kullanılan başlıca kaynaklarıdır. Yem sanayinde kullanılacak olan oksit formunun 100 ppm'den fazla kurşun içermemesi gerekir. Yapılan çalışmalarda, civcivlerde sülfat formunun biyoyararlılığının en yüksek olduğu, bunu oksit ve karbonat formlarının izlediği ortaya konulmuştur. Sülfat formunun biyoyararlılığı %100 kabul edildiğinde bu değer oksit için %62-77, karbonat için ise %32-36'dır. Koyunlarla yapılan biyoyararlılık çalışmalarında ise mangansülfat formunun biyoyararlılığı %100 olarak alındığında MnO %57.7, MnO₂ %32.9 ve MnCO₂ ise %27.8 olarak bulunmuştur.

4.6.4.5. Kobalt

Hayvan vücudunda yaygın şekilde bulunan kobalt (Co) karaciğer, kemik ve böbrekte yüksek konsantrasyondadır. Vücutta bulunan Co'nun %43'ü kaslarda, %14'ü ise kemiklerde yer alır. Karaciğer ve böbrekte yüksek düzeyde (kuru madde esasına göre sırasıyla 0.15 ve 0.25 ppm) bulunur. Ruminantlarda Co'nun emilimi tek mideli hayvanlara göre oldukça düşüktür. Kobaltı vitamin B₁₂ sentezinde kullanan ruminantlarda mineralin %3'ü vitamine dönüşür. Bu oran tüketilen kobalt miktarına bağlı olup yapılan çalışmalarda Co bakımından yetersiz rasyonlarla beslenen koyunlarda dönüşüm oranı %13.5 iken yeterli düzeyde Co alanlarda %3 olarak saptanmıştır. Ruminantlarda Co'nun başlıca atılım yolu gaitadır (%87). Bunun dışında idrar (%1) ve süt (%12) ile de atılır. Kobalt vitamin B₁₂ 'nin komponenti olup bu vitamin %4.5 oranında Co içerir. Vitamin B₁₂ çeşitli metabolik fonksiyonlara sahip bir çok enzimin yapısına girer. Dolayısıyla Co'nun metabolizmadaki görevleri vitamin B₁₂ 'nin fonksiyonları ile özdeştir. Vitamin, nükleik asit ve protein metabolizmasında, pürin ve pirimidin sentezinde, metil grubu transferinde, amino asitlerden protein sentezinde, karbonhidrat ve yağ sentezinde rol oynar. Rumen mikroorganizmaları Co'ı vitamin B₁₂ sentezinde ve kendi büyümeleri için kullanır.

Sığır ve koyunlarda Co eksikliğinin belirtileri vitamin B₁₂ yetersizliği semptomları ile benzerdir. Mineral bakımından yetersiz meralarda otlayan ruminantlarda iştah kaybı, büyümenin gerilemesi ve ağırlık kaybı, anemi ve sonuçta ölüm gözlenir. Kanatlılarda da canlı ağırlık ve yem tüketiminde azalma, yemden yararlanma oranının düşmesi gibi spesifik olmayan belirtiler ortaya çıkar. Kuluçka verimi bundan etkilenir ve inkübasyonun 17. gününde embriyo ölümleri meydana gelebilir. Hayvansal orjinli gıdalardan karaciğer, böbrek, et, balık, süt ve yumurta iyi vitamin B₁₂ kaynakları olup bu gıdalardaki düzey yemle birlikte alınan vitamin B₁₂ ve Co miktarına bağlıdır. Yemlerde Co kaynağı olarak kullanılan formu kobalt karbonat olup %40 mineral içerir. Bununla beraber karbonat, sülfat ve oksit formları bu amaçla kullanılabilir. Oksit formu karbonat ve sülfata göre daha düşük düzeyde biyoyararlılığa sahiptir.

4.6.4.6. İyot

İyot (I) %70-80 oranında tiroid'de bulunur. Bunun dışında ovaryumlar, tükrük bezi ve salgısı yüksek oranda I içerir. Tiroid bezi önemli ölçüde mineral depolama kapasitesine sahiptir. Dünyanın çeşitli bölgelerindeki toprak I bakımından fakirdir. Yem ve suda I inorganik formda bulunur. Mineral, sindirim kanalından emilir ve plazma proteinlerine bağlı olarak taşınır. Yemdeki I'a ek olarak tükrük ve diğer intestinal sıvılardaki I ile iyot içeren hormonlar yıkılarak ortaya çıkan mineral sindirim kanalında reabsorbe olur. Ruminantlarda günlük olarak I'un %70-80'i doğrudan rumenden, %10'u ise abomasumdan emilir. I'un önemli bir bölümü idrarla atılır. İyotun tiroksin ve triiodotironin gibi tiroid hormonlarının sentezinde rol oynadığı bilinmektedir.

Tiroksin %65 oranında I içerir. Bu hormon termoregülasyonda, ara metabolizmada, döl veriminde, büyüme ve gelişmede, dolaşımda, kasların fonksiyonunda, hücrelerin oksidasyon hızının kontrolünde rol oynar. Tiroidin yetersiz fonksiyonu ile karakterize guatr olgularında enerji değişimi, dokular tarafından serbest bırakılan ısı miktarı azalır ve metabolizma hızı düşer.

Kanatlılarda tiroid hormonlarındaki yetersizlik büyümede gerilemeye, yumurta verimi ve büyüklüğünde azalmaya neden olur. Damızlık tavuklarda kuluçka veriminin düşmesi ve embriyoda tiroid genişlemesi söz konusudur. Genç ruminantlarda I eksikliği genel zayıflamaya ve buzağların kör, kılsız ve ölü doğmasına neden olmaktadır. Koyunlarda yapağının miktar ve kalitesinde bozulmalar oluşur. Damızlık hayvanlarda düzensiz kızgınlık, yavru atmalar gözlenir. Sığırlarda uzun süreli yetersizlik yem tüketimi, süt yağı ve veriminde azalmaya yol açar. Aynı zamanda hayvanların strese karşı dayanıksız olması ve ketosis oluşum sıklığının artması gözlenmektedir. Yemlerde bulunan I miktarı oldukça değişkenlik gösterir. Yemlerin I içeriği bakımından sıralaması yapıldığında hayvansal kökenli yemler ilk sırayı almakta, bunu yağlı tohum küspeleri ve tane yemler izlemektedir. Ruminantlar için potasyum iyodür, sodyum iyodür ve kalsiyum iyodat gibi kaynaklar eşit biyoyararlılığa sahiptirler. Mineral kaybının önlenmesi bakımından stabilize formlarının kullanılması önerilir. Öye yandan, atlar, koyun, sığır ve kanatlılara göre I fazlalığına en duyarlı hayvanlardır. Tolere edilebilen I düzeyi sığır ve koyunlarda 50 ppm, kanatlılarda 300 ppm, atlarda 5 ppm'dir. Sığırlarda zehirlenme belirtileri 50-300 ppm arasında ortaya çıkmaktadır. Genç hayvanlar, laktasyonda bulunanlara göre daha duyarlıdır.

4.6.4.7. Selenyum

Selenyum (Se) kimyasal yapı bakımından kükürde benzerlik gösterir. Bitkilerde Se kükürtlü amino asit analogları olarak proteinlerle birlikte bulunur. Yemle yeterli düzeyde Se alındığında böbrekte mineral yoğunluğu en yüksek düzeyde bulunur. Bunu karaciğer, dalak ve pankreas izler. Rasyonda Se miktarı yükseldikçe karaciğerde biriken mineral miktarı artar. Selenyumun başlıca emilim yeri incebağırsaklardır. Ruminantlarda tek midelilere göre emilim daha düşük olmaktadır. Koyunlarda emilimin düşük olmasının nedeni selenitin rumende erime özelliği olmayan bileşiklere dönüşmesidir. Yemle alınan Se'un başlıca atılım yolu idrardır.

Selenyum hücreleri oksidatif zarardan koruyan glutatyon peroksidaz enziminin yapısında bulunur. Başka bir ifade ile bu enzim hayvan dokularında antioksidan işlevini gerçekleştirir. Se ise glutatyon peroksidazın bir komponenti olarak peroksitleri hücre membranlarına zarar vermeden parçalar. Lipitlerin peroksidasyonu hücrelerin bütünlüğünün bozulmasına neden olur ve metabolizmayı olumsuz yönde etkiler. Hücre membranlarında bulunan vitamin E yaşamsal fosfolipidlerin peroksidasyonuna karşı ilk koruma hattını oluşturur. Hatta vitamin bulunmasına rağmen bir miktar peroksit oluşabilir. Se'un yapısına girdiği glutatyon peroksidaz ikinci koruma hattını oluşturarak bu peroksitleri herhangi bir zararlı etki yapmalarına fırsat vermeden parçalar. Vitamin E, Se ve kükürt içeren amino asitler aynı beslenme bozukluklarının önlenmesinde etkilidirler. Vitamin E ve Se'un birbirlerini tasarruf ettirici etki gösterdikleri tespit edilmiştir. Vitamin E bu etkisini vücutta bulunan Se'u aktif formda tutmak ve membran lipitlerinin parçalanmasını ilk aşamada önleyerek, ikinci aşamada bu amaçla daha az Se kullanılmasına imkan sağlamak suretiyle göstermektedir. Se'da pankreas bütünlüğünü koruyarak yağ sindirimini ve vitamin E'nin emilimini artırarak yapar. Aynı şekilde Se, vitamin E'nin lipit peroksidasyonunu önlemek için kullanılan miktarından tasarruf sağlamaktadır. Selenyum prostaglandin sentezi ile esansiyel yağ asitleri metabolizmasında spesifik bir rol oynamaktadır. Se ve vitamin E yeterli bir immün yanıt için gerekli olup bunlar aynı zamanda ağır metal (civa, kadmiyum, gümüş, arsenik, kurşun) zehirlenmelerine karşı koruma sağlarlar.

Selenyum yetersizliği civcivlerde eksüdatif diatez, pankreatik distrofi ve beslenmeye bağlı muskular distrofi adı verilen 3 hastalığın ortaya çıkmasında etkili olmaktadır. Bunlardan ilk ikisi rasyona Se ilavesi ile önlenebilmektedir. Üçüncü hastalığın önlenebilmesi için vitamin E ile birlikte S içeren amino asitlerin birlikte uygulanması gerekmektedir. Kapiller damar duvarlarının geçirgenliğinin artması olarak bilinen eksüdatif diatez aynı zamanda vitamin E ile de önlenebilmektedir. Genç ruminantlarda mineral eksikliği kasların dejenerasyonu ile karakterize olan beyaz kas hastalığına yol açmaktadır. Selenyum eksikliği kadar selenyum fazlalığı da hayvan beslemede önem taşıyan bir konudur. Selenyum bakımından zengin topraklarda yetişen kaba ve kesif yemlerle beslenen hayvanlarda selenyum zehirlenmesi görülebilmektedir. Kıl kaybı, tırnak dökölmesi, anemi, aşırı salivasyon, körlük, paraliz ve ölüm Se zehirlenmesinin belirtileri olup bu semptomlarla ortaya çıkan olgu alkali hastalığı şeklinde tanımlanır. Kanatlılarda Se'un fazla miktarda alınması yumurta ve kuluçka veriminin düşmesine, embriyonik deformasyonlara yol açmaktadır. Yüksek düzeyde protein içeren rasyonlar Se zehirlenmesinin önlenebilmesinde etkili olmaktadır.

Yemlere katılabilen Se kaynakları arasında Na-selenit ile Na-selenat bulunmaktadır. Bunlardan selenit diğer metallerle erimeyen bileşikler oluşturan elemental Se'a kolayca indirgenir. Bu nedenle selenat tercih edilir. Bununla beraber kanatlılarda buğday kepeği, keten tohumu küspesi, glikoz monohidrat ve soya proteini gibi taşıyıcılar kullanılarak premiks haline getirilen ve serin ve kuru ortamda saklanan stabilitesi yüksek Na-selenitin kullanılabileceği bildirilmiştir. Son yıllarda bu formda sağlanan selenyumun kanserojen etkiye sahip olabileceği, en sağlıklı formunun organik yapıdaki formları olduğu yönünde bildirişler vardır.

4.6.4.8. Flor

Flor (F) ok toksik bir mineraldir. Bazı hayvan türlerinde çok az miktarda F'a gerek duyulur. Tüketilen F hızla emilerek kana geçer ve Ca ile reaksiyona girmesi sonucu kalsiyum florid meydana gelir. Mineralin bu formu sert dokularda birikir. Yumuşak doku ve sıvılarda fazla miktarda mineral alınsa bile aşırı birikme olmamaktadır. Flor başlıca idrar ile atılır. Süt F konsantrasyonu rasyon mineral miktarından sınırlı bir şekilde etkilenmektedir. Flor ocuklarda ve muhtemelen bazı hayvanlarda diş çürümelerini önler. Çiftlik hayvanlarında diş ürümleri bir sağlık problemi oluşturmamaktadır. Rasyonun fazla Ca içermesi kemiklerde F birikimini önler. Florun toksik etkisi bir birikme sonucu ortaya çıkar bu nedenle bazı durumlarda zehirlenme görülmeyebilir. Flor zehirlenmesinin (Florozis) ilk belirtileri kemik ve dişlerde gözlenir. Bu olgularda kemikler yumuşar ve kemiklerde benekler meydana gelir. Ayrıca kılların kaba bir hal alması da söz konusudur. F zehirlenmesinde yemden yararlanma oranı düşer. Florizisin önlenebilmesi amacıyla içme suyu ile fosfatlardaki F miktarı kontrol edilmelidir. Hayvanlara yüksek düzeyde F içeren sular verilmemelidir.

4.6.4.9. Molibden

Molibdenin (Mo) esansiyel nitelik taşıdığı, ksantin oksidaz enziminin yapısına girdiğinin tespit edilmesi ile 1953 yılında ortaya konulmuştur. Mo çok kolay ve hızlı emilim yeteneği gösterir. Emilimi hayvanın türü ve yaşı, rasyondaki mineral miktarı etkilemektedir. Genelde çok düşük düzeyde depolanır. Karaciğer ve kemik en yüksek düzeyde depolandığı yerlerdir. Dokulardaki Mo düzeyini rasyondaki protein, Fe, Zn, kurşun, askorbik asit ve α-tokoferol miktarı etkilemektedir. Mo aynı zamanda vücuttan çok hızlı bir şekilde idrar ile atılır. Molibden kanatlılarda ürik asit oluşumu için gerekli olan ksantin oksidaz enziminin bir bileşenidir. Bunun dişında niasin metabolizmasında rol oynayan aldehit oksidaz ve sülfiti, sülfata okside eden sülfid oksidaz gibi enzimlerin de yapısına girmektedir. Rumen mikroorganizmalarının aktivitesini uyarmaktadır. Hayvan beslemede molibdenin yetersizliğinden çok fazlalığı önem taşımaktadır.

Aşırı Mo tüketimi Cu yetersizliğini etkilemekte, başka bir ifade ile Cu metabolizmasını bozmaktadır. Ruminantlar dışındaki hayvanlar normal besleme koşullarında Mo zehirlenmesine karşı oldukça dayanıklıdır.

4.6.4.10. Krom

Krom (Cr) organik halde bağlı ise daha iyi emilmektedir. Hayvanlarda kromun (Cr) emilimi sınırlı olduğundan, dokularda da çok düşük düzeylerde bulunur. Organik formu inorganiklere göre daha etkin olup insülin aktivitesini güçlendirir. Glukoz Tolerans Faktör (GTF)'un çekirdeğini oluşturduğu için insan ve farelerde glukoz metabolizmasında etkili olduğu bildirilmektedir. Nitekim, insanlarda yetersiz Cr alımı glikoz ve insülin metabolizmaları üzerinde zararlı etki yapmaktadır. Normal koşullarda hayvanlarda rasyona Cr katılmasının yararına ilişkin bilgi bulunmamakta; ancak yüksek sıcaklık altında rasyona krom ilavesinin büyüme performansını iyileştireceğine dair bulgular vardır. Hayvanlarda kronik Cr zehirlenmesinde dermatitis, solunum sisteminde irritasyon, burun septumunda ülserasyon ve akciğer kanseri gözlenmektedir.

4.6.4.11. Silisyum

Toprak ve bitkilerde silisyum (Si) içeriği oldukça yüksektir. Tahıl daneleri bitkinin yaprak ve dallarına göre düşük düzeyde Si kapsamaktadır. Cıvcivlerde büyüme ve iskelet gelişimi için gereklidir. Yapılan bir çalışmada, kollojen biyosentez hızının belirlenmesinde bir ölçü olan prolil hidrolaz enzim aktivitesinin maksimuma çıkarılabilmesinde Si'un önem taşıdığı gösterilmiştir.

4.6.4.12. Alüminyum, Arsenik, Kadmiyum, Kurşun ve Cıva

Bu mineraller toksik etkileri nedeniyle incelenirler. Ruminantlarda kurşun (Pb) ve arsenik (As) zehirlenmelere neden olabilmektedir. Buna karşılık hayvansal yemler ise düşük düzeyde alüminyum (Al) içerir. Bu mineralin hayvanlarda esansiyel olduğuna ilişkin bulgu bulunmamaktadır. Al'un kanatlılarda büyüme hızını yüksek düzeydeki F'un emilimini önlemek suretiyle artırdığı bildirilmektedir.

Yemlerin yapısında bulunan arsenik (As) kolayca emilir. Domuz ve kanatlılarda büyüme uyarıcı olarak kullanılan arsenilik asit gibi As'in organik bileşikler de kolay bir emilim gösterirler ve gübre ile atılırlar. As zehirlenmesi ender olarak ortaya çıkmakla birlikte sığırlarda kronik zehirlenme belirtileri ağırlık kaybı, kıllarda değişiklikler, ishal, gözlerde ve solunum yolları mukozalarında yangı oluşumu şeklinde sıralanabilir. Akut zehirlenmelerde ani ölümler meydana gelir. As, domuz, cıvciv ve insanlar için esansiyeldir. Mineral, metioninden sistin ve taurin gibi bileşiklerin oluşması için gereklidir.

Yemlerde bulunan kadmiyumun (Kd) emilimi sınırlıdır. Emilen Kd karaciğerde birikir, sonra böbreğe gider. Bu mineral hayvanlarda tüm sistemler için toksik etkiye sahiptir. Zehirlenme olgularında yem tüketiminde azalma, büyümede gerileme, kısırılık, testiküler gelişimde gecikme veya dejenerasyon, yavru atmalar, karaciğer ve böbreğin zarar görmesi, anemi ve ölüm gözlenir. Bu mineral Cu, Zn ve Fe ile antagonist ilişki içindedir.

Kurşun (Pb) vücuda emilim, solunum ve deri yolu ile alınabilir. Emilim gençlerde oldukça yüksektir. Emilen Pb karaciğer ve böbrekte birikir. Fe, Zn, S ve vitamin E'nin kurşun zehirlenmesine karşı koruyucu etkiye sahip olduğu bildirilmiştir.

Toksik etkiye sahip olan cıva (Hg) esansiyel değildir. Sindirim ve solunum yolu ile kolayca emilir. Metilmerkür, inorganik cıvaya göre daha zararlıdır. İshal, mide yangısı, salivasyon gibi belirtiler zehirlenme sonucu ortaya çıkar. Cıva zehirlenmesi sonucu gerçekleşen ölüm olguları böbrek yetmezliğine bağlanmaktadır.

4.6.5. Minerallerin Emilimi

Minerallerin bağırsak mukozasına geçişlerinde 3 farklı mekanizma devreye girer. Basit diffüzyon, küçük moleküllerle birlikte ko-transport veya nötraltransport yolları mineral maddelerin emilimlerindeki temel mekanizmalardır. Sodyumun emiliminde, hücreler arasındaki konsantrasyon bağırsak lumenindeki konsantrasyondan düşük olduğu için enerjiye gerek olmadan elektron konsantrasyon farkı nedeniyle basit diffüzyon devreye girer. Bağırsak lumenindeki sodyum ayrıca hücrelere amino asitler ve basit şekerlerle birlikte de taşınabilir. Ancak sodyum klorür gibi tuzların emiliminde ise sodyum ve klörür birlikte emildiği nötral transport devreye girer. Potasyumun emilimi temelde pasif mekanizma ile olur. Kalsiyum emiliminde ise değişik faktörler etkilidir. Bu faktörler arasında yem besin madde kompozisyonu ve hayvanın fizyolojik durumu sayılabilir. Yemdeki kalsiyum hayvanın gereksinmesini karşılayabilecek durumda ise elektrokimyasal potansiyele bağlı olarak kalsiyum basit diffüzyonla emilir. Ancak rasyon kalsiyum içeriği hayvanın gereksinmesini karşılamaktan uzaksa yani kalsiyum noksanlığı varsa vitamin D ve parathormona bağlı aktif taşıma görülür. Vitamin D, aktif formu olan D₃ şekli ile 25 hidroksikalsiyumdan 1,25 kolekalsiferol üretimini teşvik eder ve 1,25 kolekalsiferol kalsiyum bağlayıcı protein (calcium binding protein; CaBP) ile birlikte kalsiyumun aktif yolla emilimini temin eder. Yumurta tavuklarında ise yumurta oluşum aşamasında kalsiyum emilimi plazma ve bağırsak ortamında CaBP varlığındaki artışla birlikte yükselir. Normal zamanda jejenumun üst bölgesindeki kalsiyum emilimi ortamdaki kalsiyuma da bağlı olarak %17 iken, yumurta oluşum aşamasında %45'e yükselir. Diğer tüm katyonların emilimi iyon formunda veya şelat formunda olur ve genellikle enerji gerektirmeyen basit diffüzyonlardır. Ancak demirin emilimi bunlardan ayrıcalık gösterir. Şelat olarak emilen demir enerji gerektiren aktif taşıma ile olur. Emilim sonrası bağırsak hücrelerinde ferritin olarak depolanır ve kullanılacağı hücrelere transferrin formunda taşınır. Kan yolu ile taşınması organizmanın demire gereksinimi dikkate alınarak kontrol edilir.

4.6.6. Mineral Beslenmesinde Dikkat Edilecek Hususlar

Genel olarak mineral madde beslenmesinde ve rasyonların mineral madde düzeylerinin ayarlanmasında şu hususların göz önünde bulundurulması gerekir.

1. Rasyonda Ca fazlalığı Mg, Mn, ve Zn'dan yararlanmayı azaltır, ayrıca rasyonun tadını olumsuz yönde etkiler.
2. Piliç döneminde Ca bakımından çok düşük veya çok yüksek rasyonlarla beslenen tavukların yumurtlama döneminde kalsiyum metabolizması güçleşir.
3. Yaşlı hayvanların kalsiyumdan yararlanma yetenekleri gençlere oranla daha düşüktür.
4. Yeterli bir Ca beslenmesi için vitamin D noksanlığı olmamalıdır. Çünkü vitamin D nin bulunmaması durumunda, diğer koşullar uygun olsa bile, Ca ve P'dan yararlanma düşük düzeyde kalır. Rasyonda bol miktarda vitamin D varsa, Ca ve P arasındaki oranın önemi azalır ve bunlardan yararlanma artar.
5. Değişik bağırsak enfeksiyonları, Ca ve Zn emilimini düşürdüklerinden bu iki elemente olan gereksinmeyi artırır.
6. Rasyonun sistin, histidin ve glisin amino asitlerince zengin olması bakır, çinko, demir gibi elementlerin emilebilme yeteneğini artırmakta, dolayısıyla bunlara duyulan gereksinmeyi azaltmaktadır. Çünkü bu amino asitler sözü edilen mineralleri bağlayıp bağırsakta çözünmeyen bileşiklere çevrilmesini önlemek suretiyle,

emilmelerini artırır ve bunların kan yoluyla depo edilecekleri yerlere taşınmalarını sağlarlar. Depo yerine ulaşıncı da bağlandıkları elementlerden ayrılarak serbest hale geçirirler. Çiftlik hayvanları için hazırlanan rasyonlarda minerallerden yararlanmayı artırmak için bağlayıcı (chelating) özelliği taşıyan çeşitli sentetik maddeler de kullanılmakta olup bunların en önde geleni etilendiamintetraasetik asit (EDTA)'tır.

7. Bazı minerallerin kendi aralarındaki ilişkiler bunların gereksinim düzeylerini değiştirebilir. Örneğin sülfat veya sülfat bileşiklerinin de yardımıyla molibden, bakır gereksinmesini artırabilir. Gümüş elementi de bakıra karşı molibdenle aynı etkiye sahiptir. Fakat, flor ve tungsten molibdenden yararlanmayı azaltır. Bunlara benzer ilişkiler selenyum ile cıva ve arsenik arasında, çinko ile bakır, çinko ile kadmiyum, molibden ile tungsten arasında da vardır.

8. Minerallerin eksikliklerinde olduğu kadar fazlalıklarında da önemli zararlara yol açarlar. Özellikle bazı iz elementlerin çok düşük düzeyleri bile hayvanlarda toksik etki yarattığından bu konuda çok duyarlı olmak gerekir.

4.6.7. Çiftlik Hayvanlarının Mineral Gereksinmesinin Karşılanması

Kalsiyum, fosfor, sodyum ve klor gibi makromineraler hayvanların rasyonlarına katılması zorunlu olan mineral maddelerin başında gelmektedir. Hayvan vücudunun mineral madde içeriğinin yaklaşık %70'ini kalsiyum ve fosforun oluşturması ve yemlerin doğal konumda makromineral içeriklerinin hayvanların gereksinimini karşılayacak düzeyde olmaması, bu minerallerin rasyona katılmasını zorunlu hale getirmektedir. Magnezyum ve potasyum açısından ise durum farklıdır. Çiftlik hayvanları tükettikleri yemlerle doğal olarak kükürt, magnezyum ve potasyum gereksinimlerini karşıladığından bu üç makro minerale özel gereksinim göstermezler. Ancak, toprak yapısı ve yem kaynaklarının özelliklerine bağlı olarak özel durumlarda magnezyum için ek kaynak gerekebilir. Çiftlik hayvanlarının makro mineral gereksinimlerinin karşılanmasında genellikle doğal kaynaklardan sağlanan ve bu mineraller bakımından zengin maddeler kullanılır. Kireç taşı veya mermer tozu, kalsiyum kaynağı olarak çiftlik hayvanlarının rasyonlarına dahil edilirken, dikalsiyum fosfat (DCP) kimyasal yapısı gereği hem kalsiyum hem de fosfor kaynağı olarak hizmet eder. Kalın tuz (NaCl) sodyum ve klor kaynağı, sodyum bikarbonat (NaHCO₃) ise sodyum kaynağı veya pH tamponlayıcı özelliği için rasyona dahil edilir.

Çeşitli hayvan türlerinin gereksinim duydukları iz minerallerin çoğu normal rasyonlarla karşılanabilir. Yani doğal olarak yemlerin bileşiminde bunlar yeterli düzeylerde bulunmaktadır. Ancak bazı bölgelerin topraklarında bazı iz mineraller yetersiz olduğundan bu bölgede yetiştirilen kaba ve yoğun yemler bu iz mineraller bakımından yetersiz olabilir. Ayrıca hayvanların verim düzeyi arttıkça gereksinim duydukları iz mineralleri kolay kolay doğal kaynaklardan karşılamaları güçleşir. Bu nedenlerle özellikle kümes kanatlıları, domuzlar ve yüksek verimli süt ineklerinin verimini ve sağlığını garantiye almak için iz minerallerin rasyona katılması gerekmektedir. Uygulamada iz mineral maddelerin fazlasının toksik etkili olacağı da göz önüne alınarak rasyonlara katılmak üzere üretilen hazır iz mineral karmaları kullanılmaktadır. Bu karmalar, o konuda uzmanlaşmış kuruluşlar tarafından hazırlandığı için, öneriler doğrultusunda kullanıldığında hayvanlar için herhangi bir zararlı etkisi görülmemektedir.

İz mineral karmaları üç farklı şekilde üretilmektedir. Genellikle mer'ada otlayan hayvanlar için yalama taşı (veya melas kovaları veya blok yem) şeklinde iz mineral karmaları hazırlanmaktadır. Yalama taşı, mer'a yada ahırın uygun yerlerine konarak hayvanların istedikleri zaman bu taşları yalamaları ve böylece iz mineral gereksinimlerini karşılamaları sağlanmaktadır. İz mineral karmalarının ikinci türünü toz formdaki mineral madde ön karışımları

oluşturmaktadır. İz mineral ön karışımları ince veya pelet formdaki yoğun yem karmalarına karıştırılarak, hayvanların tüketimine sunulmaktadır. İz mineral karmalarından üçüncüsü, yoğun yem karmasına katılacak kalsiyum, fosfor kaynağı yada tuzun iz minerallerle karıştırılması ile oluşturulan karmadır. Bu karma istenen oranda yoğun yem karmasına katılarak hayvanların iz mineral gereksinimleri karşılanmaktadır. Söz konusu karmalarda içinde yer alan iz mineraller, inorganik yapıda olabilecekleri gibi organik yapıda da olabilirler.

Ülkemizde çiftlik hayvanlarına sunulan iz elementler inorganik yapıda eriyebilir formda klorid veya sülfat olarak veya eriyemez formda oksit veya karbonat olarak premiksle dahil edilmektedirler. Bu formlar içinde karışım haline getirilen iz elementler premiks içinde iç etkileşime girebilmekte ve sindirilebilirlikleri önemli oranda düşmektedir. Son yıllarda ileri teknoloji kullanımı ile hayvan besleme açısından esansiyel öneme sahip iz elementler enkapsüle veya şelat formlarda üretilmeye başlanmış, premiks içinde iç etkileşimleri önlenmiş ve sindirilebilirlikleri çok daha yüksek iz element formları haline getirilmişlerdir.

Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanımı her geçen gün yaygınlaşan organik iz elementler, hem hayvancılıkta verimin artırılması hem de hayvan sağlığının korunmasında büyük öneme sahiptirler. Sindirilebilirlikleri yüksek olduğu için premiks içine dahil edilen miktarları daha azdır. Yani inorganik formdaki benzerine oranla organik formdaki iz element, premiks içine daha az koyulmakta; ancak inorganik formuna oranla çok daha yüksek aktiviteye sahip olmaktadır. Özellikle ekonomik değeri büyük önem arz eden damızlık hayvanların beslenmesinde daha çok organik formdaki iz element premiksleri ile desteklenmiş yemler kullanılmakta, hayvanların iz element kaynaklı üreme bozuklukları önlenmekte; üreme performanslarında artış sağlamaktadır. Öte yandan, inorganik formdaki iz elementlere oranla organik formdaki iz elementler daha yüksek fiyatlarda alınıp satılmakta; ancak kullanım miktarlarının düşük olması nedeniyle maliyet artışı sınırlı kalmaktadır.

Çiftlik hayvanlarının makro ve mikromineral gereksiniminin karşılanmasında kullanılan kaynaklar ve biyoyararlılıkları, "Yemler Bilgisi ve Yem Teknolojisi" dersi kapsamında detaylı olarak anlatılmaktadır.

5. YEM ve BESLEME

Hayvanların yaşamlarını sürdürebilmeleri ve çeşitli ürünleri verebilmeleri için su, karbonhidratlar, protein, yağ, vitaminler, mineraller 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.

5.1. YEM

Yemin hayvan organizmasındaki görevlerinden hareketle çeşitli yem tanımlamaları yapılmıştır. Bu tanımlamalar 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 örneğin fazla miktarda, ıslatılmadan hayvana verilen kuru pancar posası fazla su çekip şişerek yemek borusunu tıkayabilmekte ve rumende şişme vakalarına neden olabilmektedir. Bu sınırlamalar dikkat edilmeden verilen kuru pancar posası hayvan sağlığı üzerinde olumsuz etki yaptığı için yem tanımlaması içerisinde değerlendirmek zordur. Yine **fazla yedirildiklerinde** hayvana zararlı etkileri olan acı bakla, yeşil yonca ve arpa gibi yemler de bu koşullarda 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.

Yem konusunun daha iyi kavranabilmesi için yem ve yemle ilgili terim ve tanımlamaların iyi bilinmesi gerekir. Bunlar aşağıda sunulmuştur.

Yem maddesi veya yem hammaddesi, hayvan yemi olarak kullanılan materyallerdir.

Yem karması, hayvanlara besin madde temin etmek için yem maddelerinden oluşturulan karışımdır.

Karma yem, evcil hayvanların çok miktarda ve kalitede ürün vermelerini sağlayan, birden fazla yem hammaddesinin bir araya getirildiği, verileceği hayvanın gereksinmesi ölçüsünde besin madde içeriği dengeli ve yapısı garanti edilmiş yem karışımlarıdır.

Rasyon, hayvanların besin madde gereksinimlerini karşılamak için günlük olarak (24 saat içinde) verilen tek bir yem veya birden fazla yem kaynağı karışımının tamamıdır.

Besin maddesi, hayvanların yaşamlarını devam ettirmek, et, süt, yumurta ve döl vermek için gereksinim duydukları ve rasyonla almak zorunda oldukları elementler veya maddelerdir.

5.2. Yemlerin Besleme Değerinin Takdiri

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.

Hayvanların beslenmesinde asıl olan hayvanların besin madde gereksinmelerinin ve bu gereksinmeyi karşılamak için kullanılacak yemlerin bu besin maddeleri bakımından durumlarının ve yem hammaddelerinin spesifik özelliklerinin (zehirli maddeler, yemin sindirimini, hayvanın fizyolojisini etkileyen maddeler içeriği) bilinmesi gerekir.

Yemlerin bu özelliklerinin belirlenmesinde bir kısım fiziksel, kimyasal ve bir takım biyolojik yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler aşağıda detaylı olarak anlatılacaktır.

5.2.1. 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. 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. Kuru otlar da ayrıca elastikiyet kontrolü de yapılır. İyi kalitede bir kuru otun 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 yararlanılarak 1000 tane ağırlığı bulunur. Böylece tane ağırlığı hakkında bilgi edinilmiş olur.

5.2.2. 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** Metodu'na 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.

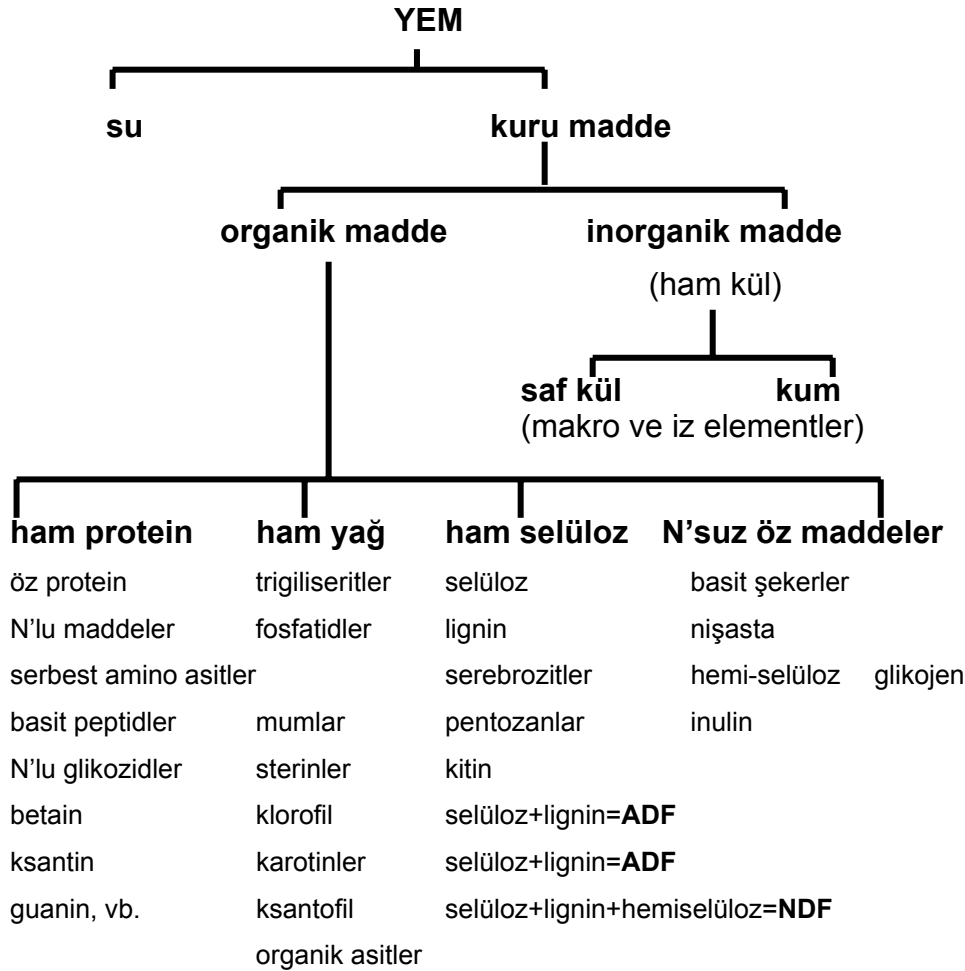
2. grupta toplanan analizler ise ilk grupta belirlenenlere ek olarak yapılan çok daha hassas analizlerdir. Amino asit, vitamin, yağ asidi, çeşitli beslemeyi engelleyici zararlı ve yabancı madde analizleri gibi kaba olmayan, oldukça hassas analizler sayesinde yemin besleme değeri hakkında gerçek fikir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

Yemlerin ham besin madde içerikleri aşağıdaki şekilde şematize edilebilir (Şekil 5.1). 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 yöntemle belirlenen ve sadece nitrojen içermeleri nedeniyle gerçek proteinlerle benzerlik gösteren NPN'li maddeler de bulunmaktadır. Aynı şekilde ham selüloz içerisinde hemi-selüloz, 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, kuru ot 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.



Şekil 5.1. Yemlerinin bileşiminde yer alan besin maddeleri

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 çözünebilen maddeler vardır. Bu nedenle ham yağ yerine çoklukla “Eter Ekstrakt Maddeler” ifadesi de kullanılmaktadır. Ham yağ değeri sadece yemin yağ içeriğini değil, eter içinde çözünebilen klorofil, yağda eriyen vitaminler, reçine, mumlar ve organik asitler gibi diğer materyalleri de içerir. Bu nedenle yemin gerçek yağ içeriği değil, toplam lipid 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 yem tüketimi hakkında da fikir sahibi olunabilir.

ADF (Acid Detergent Fiber) ise NDF içerisinde hemi-selüloz 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 çözünebilir 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;

$$\text{N'siz Öz Madde} = \text{Kuru Madde} - (\text{Ham Protein} + \text{Ham Kül} + \text{Ham Yağ} + \text{Ham Selüloz})$$

Görüldüğü gibi bir yeme ait tüm besin madde analizleri yardımıyla N'siz 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.

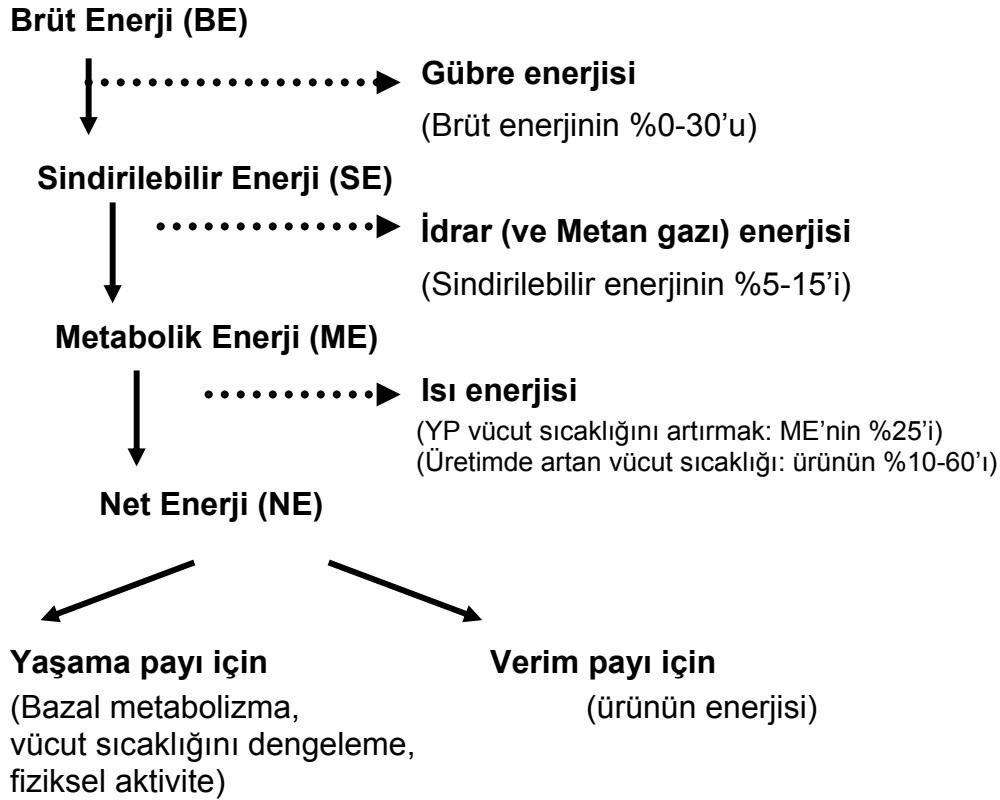
5.2.3. Yemlerin Sindirilebilirliklerine Göre Değerlendirilmesi

Yemlerin klasik **Weende** analiz yöntemleriyle kimyasal kompozisyonlarının belirlenmesi onların potansiyel değerlerinin ortaya konması bakımından önemlidir. Ancak yemlerde bulunan besin maddelerinin yarıyışlılığı 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 herhangi bir besin maddesinin sindirilebilirliği saptanabilir. Ancak bu tekniklerle daha çok yem organik maddesine ait nişasta, protein vb. komponentlerden biri veya organik maddenin toplam sindirilebilirliği saptanır. In vitro teknikler yardımıyla yem organik maddesinin daha çok toplam sindirilebilirliği bulunmaya çalışılırken, **in situ** teknik yardımıyla ruminantların beslenmesinde kullanılan yemlerin kuru madde, organik madde veya organik maddeyi oluşturan protein, selüloz, nişasta vb. bireysel besin maddelerinin "rumende yıkılabilirlikleri" saptanır. Bu konudaki detaylı bilgi, "Yemlerin Protein İçeriklerinin Rumende Yıkılabilirliklerine Göre Değerlendirilmesi" başlığı altında verilecektir.

5.2.4. Yemlerin Enerji İçeriklerine Göre Değerlendirilmesi

Yemlerin enerji değerleri belirlenirken kullanılan temel birimler kalori (cal) veya Joule (J) dır. **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 ayrıma dikkat edilmelidir.



Yemleri enerji içeriklerine göre değerlendirirken enerjinin 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 enerjinin 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 enerjinin 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.

5.2.4.1. Brüt (Toplam) Enerji (BE) ve Saptanması

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 karbonhidratlar ve proteinlerden daha fazla enerji içerirler. Proteinler de karbonhidratlardan 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.

Nehring ve Haenlein (1973), yemlerdeki brüt enerjinin hesaplanması için aşağıdaki formülü önermişlerdir.

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

5.2.4.2. Sindirilebilir Enerji (SE) ve Saptanması

Bir yem maddesinin içerdiği toplam (brüt) enerjinin bir miktarı gübreyle 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 yapısından 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.

5.2.4.3. Metabolik (Metabolizabl-Çevrilebilir) Enerji (ME) ve Saptanması

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 Saptanması

Yemlerin ME içeriklerinin 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 ruminantlarınkinden 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 regasyon 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) tayırları 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, gúbrede yer aldığı halde direk yem kaynaklı olmayan endogen idrar ve metabolik gúbre enerjisinin gúbre 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)

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

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

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

$$ME = 4.39 \text{ SHP \%} + 9.25 \text{ SHY \%} + 4.15 \text{ SN \%} + 3.75 \text{ Sř \%} + 4.86 \text{ SAÖM (-Nř) \%}$$

SHP; sindirilebilir ham protein

SHY; sindirilebilir ham yağ

SN; sindirilebilir nişasta

Sř; sindirilebilir şeker

SAÖM; sindirilebilir azotsuz öz madde

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

3. Eşitlik (Genç kanatlılar için hazırlanan karma yemde AME değeri,

Avrupa Topluluğu, Larbier and Leclercq, 1994);

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

4. Eşitlik (Ergin kanatlılar için hazırlanan karma yemde ME değeri,

Avrupa Topluluğu, Larbier and Leclercq, 1994);

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

5.2.4.4. Isı Enerjisi ve Saptanması

Organizmadaki metabolik faaliyetler sonucu açığa çıkan enerjidir. Bu enerji, vücut sıcaklığının 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 enerjinin %6-10'nu ısı enerjisi olarak açığa çıkar. Hayvan, soğuk stresi altında ise vücut sıcaklığını dengelenmesi

için harcanır. 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.

5.2.4.5. Net Enerji (NE) ve Saptanması

Metabolik enerji ile ısı enerjisinin farkı olan 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.

5.2.4.6. Enerji Birimlerinde Dönüşüm

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)

$$1 \text{ ND}=1.15 \text{ kg TDN}=1.15 \times 3.615 \text{ Mcal ME}= 4.16 \text{ Mcal ME}$$

$$\text{veya } 1 \text{ ND}=5082 \text{ kcal SE} \times 0.82 = 4160 \text{ kcal ME}=2360 \text{ kcal NE}$$

5.2.5. Yemlerin Proteinin Biyolojik Değerine Göre Değerlendirilmesi (Tek Mideliler)

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 işkembelerindeki mikroorganizmalar bu amino asitleri azotlu maddelerden itibaren sentezleyebilmektedirler. Bu nedenle daha çok tek mideli çiftlik hayvanları için amino asitler esansiyel özellik ifade eder.

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 biyolojik (biyolojik değer, protein etkinlik oranı, net protein tutulumu, protein ikame değeri) ve kimyasal (kimyasal değer, esansiyel amino asit indeksi) yöntemler kullanılmaktadır.

5.2.6. Yemlerin Proteinin Rumende Yıkılabilirliklerine Göre Değerlendirilmesi (Ruminantlar)

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 kullanılabilmektedir. 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 süzildükten sonra kalıntı **gerçek protein** olarak Kjeldal prosedürü ile tayin edilir. Ancak ruminantlarda NPN maddeler de rumendeki mikrobiyel populasyon sayesinde protein sentezinde kullanılabilmektedir. 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 körbağırsaklardaki mikrobiyel aktivite ile üretilen ve mikrobiyal orijinli dışkı proteinini 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 kaprofaik hayvanlar dışında fazlaca bir anlamı yoktur. Diğer taraftan ruminantlarda tükürük ile rumene gelen ve dolaşım sisteminden 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.

5.2.7. 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.

5.2.7.1. 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.

5.2.7.2. Hormon ve Antibiyotikler

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

5.2.7.3. 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 ısıtma işlem uygulaması ile *gossypolun* ise metal iyon muamelesi ile zararsız düzeye indirilmesi mümkündür.

5.3. Yemlerin Besleme Değerini Etkileyen 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

5.3.1. Yemlerin Üretim Aşamasında Etkili Olan Faktörler

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

5.3.1.1. 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 florisin görülmektedir. Ülkemizde florisin 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.

5.3.1.2. 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.

5.3.1.3. 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 artıracak 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.

5.3.1.4. Hasat Zamanı

Yeşil yem bitkilerinin ilk sürgün verdiği dönemde bünyesindeki organik maddeler basit bileşikler halindedir. Gelişme çağı ilerledikçe bu bileşikler büyük molekülü 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.

5.3.1.5. 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.

5.3.2. 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 kızıymış 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, kızıyma 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.

5.3.3. 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 kuru ot, 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 kuru otunun geviş getirme ve sindirim organları arasında taşınması için daha fazla enerji gerekir.

5.3.4. 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 beslemeyi engelleyici faktörleri, zararlı ya da zehirli maddeleri yok etmektir. Bu amaçlara ulaşmak için yeme yapılan işlemler, kuru veya yaş olarak kaba ve yoğun yemlerde farklıdır.

5.3.4.1. Yoğun Yemlere Uygulanan İşlemler

Gerek çoğunlukla insan yiyeceği olarak kullanılması, gerekse üretimlerinin zor ve pahalı olması nedeniyle yoğun yemlerin hayvan beslemede en iyi şekilde değerlendirilmeleri gerekir. Bunu sağlamak için çok sayıda işleme tekniği denenmiş ve oldukça başarılı sonuçlar elde edilerek pratiğe aktarılmış durumdadır. Yoğun yemlere uygulanan işlemler kuru, yarı-yaş ve yaş işlemlerdir. Bunlara ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

Eleme

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

Öğütme

Öğütme, en basit ve en ucuz işleme yöntemidir. Öğütme büyük ölçüde çekiçli değirmenlerle gerçekleştirilmektedir. Öğütme ile tane yemlerin değerinde meydana gelen değişimlere ilişkin veriler çelişkilidir. Öğütme sonucunda elde edilen ürünün inceliği, öğütülen yem materyalinin çeşidine, su içeriğine, elek gözenek büyüklüğü ve değirmene akış hızına bağlıdır. Öğütlemeyle besleme değerinde önemli bir ilerleme sağlanmadığını bildiren bazı araştırmalar vardır. Ancak bugünkü koşullarda yoğun yemlerin hemen yarısından fazlası öğütülerek yem karması haline getirildikten sonra hayvanlara verilmektedir. Karma yem yapılmazsa bile tane yemlerin bir kısmı, hayvanın en yüksek oranda yararlanabilmesi için zorunlu olarak öğütüldükten sonra hayvanlara verilmektedirler. Öğütmenin yararları şu şekilde sıralanabilir.

1. Öğütme karma yem yapımına olanak sağlar. Yemler öğütülmeden homojen bir karıştırma yapılamaz.
2. Darı, sorgum, keten tohumu gibi küçük taneli yoğun yemlerin öğütülmeden sığır ve at gibi hayvanlara verilmesi halinde önemli bir kısım sindirilmeden dışkıyla atılır.
3. Çok genç ve yaşlı geviş getiren hayvanlar öğütülmemiş tane yemleri iyi çiğneyemediklerinden yeterli ölçüde sindiremezler. Öğütme ile yoğun yemlerin zor sindirilen selülozlu kabuk kısımlarının sindirilebilirlikleri artar.
4. Öğütme ile yeme daha fazla yüzey kazandırılmış olur. Böylece gerek sindirim sıvılarının gerekse rumen mikroorganizmalarının yeme daha fazla etki etmesi sağlanarak sindirilme derecesi artırılır.

Öğütme derecesi, yani inceliği hayvan beslemede önemli konulardan biridir. Un formuna kadar öğütme midede topaklaşma, gagalara yapışma, sindirim bozuklukları ve süt yağını azaltma gibi sakıncalar doğurur. Kaba öğütme sonucunda özellikle karma yem yapımında homojen karışım sağlanamaz. Ayrıca, kümes hayvanları karma içindeki iri tanelere daha çok ilgi gösterdiklerinden bunları seçer ve yemin toz kısmına fazla ilgi göstermezler. Böylece tek yönlü beslenme sorunu ortaya çıkar.

Kırma ve Ezme

Kırma ve ezme tane yemlerde öğütmeye benzer bazı ilerlemeler sağlamakla birlikte, kırılmış yada ezilmiş yemler karma yem yapımında kullanılmazlar. Kırmalar genellikle sığır ve koyun besisinde tek başına veya küspelerle birlikte kullanılır. Kırmanın öğütmeye göre

üstünlüğü, biraz daha ucuz olmasıdır. Kuru ezme ile, yem değeri açısından kırılmış ve öğütülmüş materyal arasında bir ürün elde etmek mümkündür.

Patlatma

Özellikle mısır ve sorguma uygulanan bu işlemde, sıcaklığın etkisi ile endosperm parçalandığından nişasta granüllerinin çatlaması sağlanır. Böylece yemdeki nişasta rumen mikroorganizmaları ve sindirim enzimleri için daha yararlı hale geçer. Mısır, sorgum ve buğdayın patlatılmasından iyi sonuç alınmakla birlikte, arpa ve yulafın patlatılması yem değerlerinde herhangi bir ilerleme sağlamamaktadır. Patlatma genellikle 150°C'da gerçekleştirilmektedir. Tahıl tanelerinin patlama derecesi, tanenin çeşidi, su içeriği ve uygulanan sıcaklık derecesine bağlı olarak değişmektedir. Patlatma en az kırma ve ezme kadar iyi sonuç vermektedir.

Mikronizasyon

Bu işlem, yemlerin üzerine kırmızı ötesi mikro dalgalar göndererek ısıtılmalarından ibarettir. Bunun için seramik plakaları belli bir sıcaklığa kadar ısıtılarak bunların yeme uygulanan kırmızı ötesi ışınları (3×10^6 - 3×10^8 Hz'lik mikrodalgalar) saçması sağlanır. Böylece iyice ısınan yem, suyunu tamamen kaybettiği gibi bir kısmı da patlar. Mikronizasyon işleminde yaklaşık 140-180°C sıcaklıkta sorgum 20 dk., mısır ise 18 dk. tutulur. Bu işlem sonucunda mısır yada sorgumun yaklaşık %30-40'ı patlar. Arpanın ise tohum kabuğunda çatlamalar oluşur. Kullanılan yem patlasa da patlamasa da işlem bitince ezilir veya kırılır. Mikronizasyonun etkisi, patlatmanın etkileri gibi olmaktadır. Buna göre yem tüketimi azalmakta fakat yemden yararlanma yükselmektedir. Ayrıca mikronizasyon, azotsuz öz maddelerin sindirilme derecesini de %20'den fazla artırmaktadır.

Kavurma

Tane yemlerin doğrudan doğruya kuru ateş veya sıcak plakalar üzerinde 150°C'de ısıtılmasıdır. Bu işlem tanelerde genişleme ve genleşmeye neden olmakta, tane yemlerin su içeriğini %5'e kadar indirmektedir. Kavurma işlemi şimdilik sadece dane mısır ve soya üzerinde denenmiş olup, yemden yararlanmada %10-15 dolayında ilerleme sağlamaktadır. Bu işlem ile mısırın kitle yoğunluğunda %15 oranında azalma görülür. Soya danelerine uygulanan kavurma ile tanenin içerdiği beslemeyi engelleyici etmenler yok edildiği gibi soyanın lezzeti de artırılmaktadır.

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. Peletler kalıp gözenek çapı ve şekline bağlı olarak değişik şekil ve büyüklükte olabilirler. Bu işlemin yem değerini yükselttiğine ilişkin kanıtlar bulunmakla beraber, ekonomik olup olmadığı zaman zaman tartışılmaktadır. Peletleme sırasında nişastanın %16-25'inin jelatinleştiği bilinmektedir. Peletleme, öğütme, sıcaklık, buhar ve basınç işlemlerinin tümünü içerdiğinden yemin besleme değerinde bir ilerleme sağlanmaktadır.

Peletlemenin yemin değerini artırması ve bir birim yemle daha fazla verim sağlaması şeklinde özetlenebilecek yukarıdaki önemli yararları yanında başka yararları da vardır.

1. Peletleme ile karmaya giren tüm yem ve katkı maddeleri birbirine iyice yapıştığından, tavuklar gibi seçici hayvanların karma içindeki bazı yemleri seçmesi önlenir.

2. Peletleme yemlerin enerji değerini yükseltir, gelişmeyi önleyici etmenleri parçalar ve yararlı enzimleri serbest bırakır.
3. Melas ve yağ ile takviye edilerek hazırlandığında yemin lezzetini artırır.
4. Salmonella ve diğer bazı mikroorganizmaları öldürür ve yemlerin daha az böceklenmesini sağlar.
5. Tozlanmayı azaltarak daha temiz çalışma olanağı, taşıma ve kullanmada kolaylık sağlar.
6. Pelet yemler daha az yer kaplar ve peletleme yem saçımını azaltır.
7. Oksidasyona ve güneş ışığına dayanıklılığı artırır. Bu nedenle depolama sırasında içindeki vitaminler geç bozulur.

Peletlemenin bu yararlarına karşın, yemin maliyetini artırması, peletlemede uygulanan sıcaklık nedeniyle bazı besin maddelerinin ve bazı yem katkı maddelerinin aktivitelerinin olumsuz yönde etkilenmesi, kanatlılarda su tüketimini artırdığından ıslak altlık sorununa yol açması ve kanibalizmi artırıcı etki yapması gibi dört önemli sakıncası olduğu da bilinmektedir.

Genleştirme ve Jelatinizasyon

Yemlerin veya hammaddelerinin genleştirilmesi, yemlerin sindirilebilirliği ve hayvan beslemede kullanımının daha uygun hale getirilmesi açısından çok önemlidir. Özellikle balık yemlerinin suya batmadan su yüzeyinde veya suyun içinde zemine düşmeden kalabilmesi son derece önemlidir. Bu nedenle yemin özgül ağırlığının çok iyi dengelenmesi ve balıkların en üst düzeyde yemden yararlanabilmesi için uygun oranda jelatinizasyonun sağlanması gerekir. Yine, özel şekillerde üretilen kedi-köpek mamalarının üretiminde de jelatinizasyon, genleştirme ve şekil verme işlemlerinin aynı anda yapılması istenir. Tüm bu işlemler ancak amaca uygun sistemlerin kullanımı ile mümkündür.

Genleştirme işlemi için günümüzde yaygın olarak kullanılan sistem; ekspander ve onun daha gelişmiş versiyonu olan ekstrüzyondur. Özellikle tam yağlı soya ve balık yemi üretiminde kullanım alanı bulan ekspander sistemde, bir namlu içinden sıcak ve basınç uygulaması çok dar bir çıkış ağzından geçirilen yemler genleştirilerek hacimsel büyüklük kazandırılmakta ve gerekirse buradan peletleme presine aktarılarak pelet görünümü almaları sağlanmaktadır. Ekstrüzyon işlemi, kelime manası ile bir maddeyi zorla itip dışarı çıkarma işidir. Aslında bu işi gören makinelerin çalışmasındaki temel prensip, işlenen materyale belirli sıcaklığın uygulanmasıdır. İkinci derecede de materyalin fiziksel yapısının amaca uygun duruma getirilmesidir. 1960'lı yıllarda hayvan yemlerindeki beslemeyi engelleyici faktörleri inaktif duruma getirmede bir metot olarak kullanılmaya başlanan ekstrüzyon, son yıllarda geniş oranda uygulama alanı bulmuş ve çok yaygınlaşmıştır. Ekspander veya Ekstruderle işlemenin yem nişastasında jelatinizasyonunu sağlayarak yemlerin sindirilebilirliğini ve lezzetini artırdığı, yağlı tohumlardaki anti-besinsel faktörlerin yıkımını sağladığı ve yem kalitesini artırdığı kesin kabul görmüş bir gerçektir.

Islatma-Pişirme

Tane yemlerin yedirilmeden 12-24 saat önce ıslatılması öteden beri bilinen ve bizde de uygulanan bir yöntemdir. Bu işlem, tanenin endospermini ve mumsu çeperini yumuşatarak yemin lezzet kazanmasını ve böylece yemin daha fazla tüketilmesini sağlar. Islatma sırasında bazı bakteriyel faaliyetler olduğu için ıslatma ile rumen fermentasyonuna yardımcı da olunur. Ancak ıslatmanın yem değerini artırdığına dair bulgular son derece yetersiz düzeydedir. Tane yemlerin ıslatılarak verilmesi halinde domuzlarda canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanmanın

%5 arttığı, bu artışın yem değerindeki artıştan çok yemin tozlanmasının engellenmesinin sonucu olduğu bildirilmektedir. Ayrıca sorgumu kısa süreli ıslatmanın sığırlarda olumlu etkisinin olmadığı da saptanmıştır. Öte yandan, kanatlı beslenmesinde kullanılacak arpanın önceden ıslatılıp kurutulması ile arpanın sindirilebilirliğinin ve besleme değerinin artırılabilceği saptanmıştır. Ancak, ıslatma işlemi küçük işletmeler için ekonomik olabilir. Islatılan yemlerin özellikle sıcak iklimlerde çabuk ekşimesi önemli bir dezavantaj olduğundan büyük işletmeler için ıslatma pek uygun değildir.

Buğulayıp Ezme

Tane yemlerin ezmeden buğulanmaları bazı ülkelerde çok eskiden beri uygulanan bir yöntemdir. Ancak, eskisi kadar yaygın olmayıp, yavaş yavaş terk edilmektedir. Buğulamanın kırma ve ezmeye göre fazla bir üstünlüğü de yoktur. Bu nedenle, buhardan geçirip ezme yerine son zamanlarda ince tabaka haline getirilerek mısır gevreği, arpa gevreği gibi ürünler elde edilmektedir.

Gevrek yapımında dane yemler bir kazanda buharla belli bir süre (yaş ezme için 3-5 dakika, flake yapmak için 15-30 dakika) buğulandıktan sonra ezilmektedir. Nemi yüksek olan ezilmiş madde ince bir tabaka haline getirilip kurutularak belli irilikte kırılır ve tüketime hazır hale getirilir. Gevrek yapımı özellikle mısır ve sorgumda önemli ilerlemeler sağlamakla beraber, buğday ve arpada fazla etkili olmamaktadır. Ayrıca gevreğin incesi kalınından daha iyi sonuç vermektedir. Bu inceltme ile yem değerinde sağlanan artış, kazandırılan yüzey artışından çok, endosperm hücrelerinin duvarlarının parçalanmasından ve nişasta granüllerinin yapılarının değiştirilmesinden ileri gelmektedir.

Fermantasyon

Doğal olarak %25-30 nem içeren tane yemler veya su içerikleri %25-30 oluncaya kadar su ile ıslatılan tane yemler 20 gün havasız bir ortamda bekletilerek fermantasyona tabi tutulurlar. Bazen tane yemlerin fermantasyondan önce kırıldıkları görülürse de, bu işlemin yemin değerine olumlu bir etkisi yoktur. Fermantasyon sırasında üstte kalan yemlerin bozulmasının önlenmesi gerekir. Bunun için fermantasyonun metal silindirik silolarda yapılması ve hava almaması için yemin üzerinin plastikle kapatılması önerilmektedir.

Bu işlem ile fermantasyon sırasında oluşan endojen enzimlerin tane yemlerin özellikle çözünebilir protein düzeyini artırdığı ileri sürülmektedir. Nitekim sorgumun fermantasyonunun sığırlar tarafından protein başta olmak üzere besin maddelerinin sindirilme derecesini artırdığı saptanmıştır. Fermente edilmiş sorgumu domuzların da yüksek düzeyde sindirdikleri; ancak fermantasyon ile protein kalitesinin düştüğü bildirilmektedir.

Çimlendirme

Tane yemlerin sıcaklık ve nemi ayarlanabilen özel depolarda 5-6 gün süreyle çimlendirilmesi, gerek yurt içi gerekse yurt dışında büyük reklamlarla tanıtılmaya çalışılmış; ancak bu işlemin besleme değerinde herhangi bir artış sağlamadığı anlaşılmıştır. Aksine, çimlendirmenin önemli düzeyde besin maddesi kaybına neden olduğu ve bu kayıpların kuru madde için %25, sindirilebilir protein için %13'e ulaştığı saptanmıştır.

Alkalilerle İşleme

Tahıl tanelerine sodyum hidroksitin püskürtülmesi veya tanelerin sodyum hidroksit ile ıslatılması sonucunda dane çeşidine bağlı olarak yaklaşık %2.5-4 sodyum hidroksit içeren ürün elde edilir. Sodyum hidroksit nişasta granüllerinin şişmesine neden olarak, tohum kabuğunun parçalanması ve nişasta granüllerinin kısmen jelatinleşmesini sağlamaktadır. Sodyum hidroksit

dışında amonyak gibi alkalilerle de tahıl taneleri işlenmektedir. Ancak amonyak, yemin besleme değerinin artırılmasından ziyade yemin korunmasını, yani tahıl danelerinde küflenmenin önlenmesini sağlamaktadır.

Asitlerle İşleme

Su içeriği yüksek tahıl tanelerine asetik asit ve propiyonik asit gibi organik asitler katılarak küf ve mantarlardan veya olumsuz fermantasyondan korunmaları sağlanmaktadır. Bu nedenle asitlerin tahıl tanelerinin besleme değeri üzerinde kimyasal etkide bulunmaktan çok, koruyucu işlevleri vardır. Ancak asitlerin tahıl tane yemlerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde az da olsa olumlu yönde etkili oldukları ileri sürülmektedir.

5.3.4.2. Kaba Yemlere Uygulanan İşlemler

Hayvanlar yedikleri yemleri, sindirim sularının kolayca içine işlemesi için çiğnemek zorundadırlar. Bu nedenle hayvanların çiğnemesine yardımcı olmak ve yemden yararlanmayı artırmak ve özellikle kaba yemleri yemelerini kolaylaştırarak yemi arttırmalarını engellemek amacıyla yemler bazı işlemlerden geçirilirler. Kaba yemlere uygulanan işlemler; fiziksel ve kimyasal işlemler olup pek çoğu yaygın olarak uygulanmaktadır.

Kuru Doğrama

Kuru ot, sap ve saman gibi kaba yemlerin doğranmaları ek yük ve masraf getirmektedir. Ancak özellikle kuru otun doğranması, yem saçımını önemli ölçüde azaltmaktadır. Açık ahır sisteminde olduğu gibi bol kuru ot kullanılan durumlarda ot saçımı çok büyük boyutlara ulaşır. Bunu önlemenin en etkin yolu, otları hayvanlara doğrayarak vermektir. Bunun yanı sıra hayvanlar bazı kaba yemlerin sert kısımlarını yiyemeyecekleri için artıracaklardır. Ayrıca doğrama bazı yemlerin tüketimini ve sindirilme derecesini arttırmaktadır. Doğramanın getirdiği ek yük ve masraf ile yararlarını karşılaştırarak doğranıp doğranmayacağına karar vermek gerekir.

Yaş Doğrama

Çayır-mer'aların otlatılmasından çok biçilerek taze olarak yedirilmesi görüşü giderek ağırlık kazanmaktadır. Özellikle süt sığırcılığı yapan işletmeler için bu çok önemlidir. Yüksek verimli sağmal ineklerin dengeli beslenmeleri zorunlu olup, hayvanların tüm besin madde gereksinimlerinin karşılanması gerekir. Dolayısıyla böyle bir hayvanın ne yediği ve ne kadar besin maddesi tükettiğinin iyi bilinmesi gerekir. Otlatılan hayvanların mer'adan ne kadar besin maddesi kaldırdıklarını doğru olarak tahmin etmek zordur. Böylece bu hayvanların ne kadar ek yeme gereksinim duydukları sağlıklı bir şekilde saptanamaz. İşte bu sakıncayı gidermek amacıyla, yüksek verimli sağmal ineklere yazın çoğu kez çayır-mer'a otları biçilerek taze olarak verilmeye çalışılmaktadır. Biçimden hemen sonra yeşil olarak verilse bile, otlarda biraz besin maddesi kaybı olur. Ancak bu kayıplar çok fazla değildir. En önemli kayıplar, hayvanların yeşil yemlerin bir kısmını seçip saçmalarından kaynaklanır. Bu iki kaybı önlemek için yeşil yemlerin doğranarak verilmesi önerilmektedir.

Öğütme

Kaba yemler daha çok büyük besi işletmelerinde öğütülerek kullanılır. İster tek başına verilsin, isterse karmaya sokulsun, öğütülmüş kaba yemler otomatik yemleme yapılan işletmeler için daha uygundur. Bu işletmelerde kaba yemler öğütülerek yem saçımı önlediği gibi, karışım içerisindeki kaba yemlerin sevilmeyen kısımlarının değerlendirilmesi sağlanır. Nitekim kuzularla yapılan bir denemede, kuru ot olduğu gibi verildiğinde yem saçımı %16.2 olduğu halde, öğütülerek verildiğinde bu değer %2.4 düzeyinde kalmıştır.

Öğütme, tozlanmaya neden olmayacak şekilde olmalıdır. Öğütülen kaba yem tek başına yedirilecekse 2.5-5 cm, yem karmasına sokulacaksa 1-2 cm uzunlukta olmalıdır. Öğütmeden önce taşıma ve öğütme sırasında tozlaşma yoluyla meydana gelen kayıplar oldukça yüksektir. Bu nedenle tozlaşmayı önlemek için, öğütmeden önce kaba yemlere %1 kadar yağ, melas yada bir miktar su püskürtülmektedir. Yağ ve melas püskürtme işlemi kaba yemin değerini de yükseltmektedir.

Kaba yemlerin un gibi çok ince öğütülmesi doğru değildir. Özellikle geviş getiren hayvanlar çok ince öğütülmüş kaba yemden olumsuz yönde etkilenirler. Çok ince öğütülmüş yem zerrelere rumenden hızla geçerek sindirim sisteminin aşağı kısımlarına gittiğinden selülozun bakteriyel fermentasyonu tamamlanamamaktadır. Böylece yemlerdeki selülozun sindirilmesi derecesi düşmekte, selüloz ve benzeri bileşiklerin çoğu sindirilmemiş olarak dışkı ile dışarıya atılmaktadır. Bunun sonucunda rumen mikroflorası hızla değişerek rumende normalden farklı oranlarda uçucu yağ asitleri oluşmakta ve süt yağı yapımında kullanılan asetik asitin sentezi azalmaktadır. Asetik asit sentezinin azalması ise süt yağı oranının düşmesine neden olmaktadır.

Küp ve Pelet Yapma

Kaba yemlerin peletlenmesi olumlu sonuçlar veren bir işlemdir. Özellikle düşük kaliteli otlarda bu işlem (özellikle melas katkısı ile yapılacak olursa) yem değerini önemli düzeyde arttırabilmektedir. Ayrıca peletleme kaba yemleri 6-8 kez küçülttüğü için depolamada tasarruf sağlanmaktadır. Kaba yemlerin peletlenmesi ile yoğun yemlerin peletlenmesinden sağlanan diğer tüm yararlar sağlanmaktadır. Çünkü peletleme işleminin içerisine öğütme, sıcaklık, basınç ve buğulama yani tavlama girmektedir.

Kaba yemin kalitesi arttıkça peletlemeden sağlanan ilerleme daha az olmaktadır. Bununla birlikte saman gibi çok düşük değerli yemlerin peletlenmesi de ekonomik yarar sağlayacak bir ilerleme sağlamamaktadır. Buna karşın orta yada biraz daha düşük kaliteli kaba yemlerin peletlenmesi ekonomik olmaktadır. Ancak, burada belirtilmesi gereken önemli bir nokta, rasyonlara özellikle %30'dan fazla yoğun yem sokulduğunda kaba yemleri peletlemenin önemli bir yararı olmamaktadır.

Kaba yemleri peletlemenin bir başka şekli de "Küp" olarak tanımlanabilecek oldukça iri pelet yapımıdır. Küpler genellikle 3x3x3 cm yada 4x4x4 cm boyutlarında olur. Bunların yapımında otların doğranması zorunludur. Uygulamada, hasat edilen ot %90 kuru madde içerecek şekilde kurutulur, doğranır ve ıslatılarak suyu %14-15'e kadar yükseltildikten sonra peletlenir.

Pratikte başta yonca olmak üzere çeşitli baklagiller küp yem haline getirilmektedir. Küp yemlerle sağlanan ilerleme normal peletler kadar yüksek olmamaktadır. Bu durum, küp yapılacak yemlerin iri doğranmasından ileri gelmektedir. Peletlemede yemler ne kadar küçük parçalara ayrılırsa ilerleme de o oranda yüksek olmaktadır.

Gerek pelet, gerekse küp yapılan kaba yemler, süt ineklerinin süt yağı oranının önemli ölçüde azalmasına neden olmaktadır. Bu yemleri süt ineklerine verirken bu durumun göz önüne alınması gerekmektedir.

Basınç Altında Kaynatma ve Buğulama

Özellikle 1970'li yıllarda odun talaşı, tahıl samanları, mısır sap ve koçanları gibi kalitesiz kaba yemlerin yüksek basınç altında kaynatılması yada buğulanması üzerinde durulmuştur. Bu yöntem yüksek sıcaklık ve buharın hidrolitik etkisi ile kimyasal bağları parçalayarak kaba yemin

sindirilme derecesini artırması esasına dayanmaktadır. Kaynatma ve buğulamanın etkisi ile kaba yemin bünyesinde;

- a) Asetik asit, fenolik asit, diğer asitler ve fenolik asit türevleri açığa çıkmaktadır,
- b) Hemiselülozun kısmen parçalanması sağlanmaktadır,
- c) Koşullara bağlı olarak %1-20 kuru madde kaybı olmaktadır.

Yöntemin başarısı uygulanan basınç miktar ve süresi ile uygulanan sıcaklığın derecesine bağlı olarak değişmektedir. Yaklaşık 20-30 kg/cm² basınç altında kaba yemin 1-1.5 dakika süre ile kaynatılması yada haşlanması yeterli olmaktadır. Basınç altında kaynatma ve buğulama ile odun talaşının kuru madde sindirilme derecesinin %48.4 ve buğday samanının sindirilme derecesinin ise %64'e ulaştığını gösteren araştırma bulguları vardır. Ancak, yöntemin uygulanması için özel alet ve ekipmana gereksinim duyulması, enerji masrafının çok yüksek olması gibi nedenlerden dolayı özellikle tarım işletmeleri düzeyinde uygulanma şansı çok düşüktür.

Melaslama

Melas, tatlı lezzeti ve uygun mineral madde içeriği ile saman, kuru ot ve küspe gibi yemlerle karıştırıldığında yemin daha fazla sevilerek tüketimini sağlar. Özellikle saman ve kuru otun 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 kuru ot ve saman tüketimiyle vücutlarına fazla miktarda potasyum aldıklarından bunun sodyumla dengelendirilmesi gerekir. Bu amaçla kullanılacak en uygun kaynak tuzdur. Yem üzerine serpilene tuz, sodyuma duyulan gereksinmeyi karşıladığı gibi yemin lezzetini de artırır.

Alkalilerle İşleme

Sindirilme derecesi düşük kaba yemlerin sindirilme derecesinin artırılması amacıyla değişik alkalilerle işlenmesinde, farklı yöntemler kullanılmaktadır. Sodyum hidroksit, sulu ve susuz amonyak, üre vb. alkalilerle sindirim derecesi düşük kaba yemlerin işlenmesinde ne tip bir yöntem seçileceği tamamen işletme imkanlarına bağlıdır. Hangi yöntem uygulanırsa uygulansın kaba yemin sindirilebilirliğinde önemli sayılabilecek ilerlemeler sağlanması mümkündür. Ancak belirlenen yöntemin usulüne uygun yapılması zorunludur. Aksi takdirde beklenen ilerlemenin sağlanması güç olacaktır. Sodyum hidroksitle işleme, yaş, yarı yaş veya kuru olarak uygulanabilir. Bu konuyla ilgili detay bilgiler "Yemler Bilgisi ve Yem Teknolojisi" dersinde verilecektir.

Asit ve Diğer Kimyasal Maddelerle İşleme

Sodyum hidroksit, amonyak ve üre gibi alkaliler dışında kaba yemlerin işlenmesinde kullanılan başka kimyasallar da vardır. Bunlar; sülfirik asit, kalsiyum oksit, kalsiyum hidroksit, potasyum hidroksit, kükürtdioksit, sodyum karbonat, ozon ve klordioksittir. Bu kimyasallardan çok azı bugün uygulamada kullanılmaktadır. Araştırmacılar kalsiyum oksit ve kalsiyum hidroksit üzerinde ağırlıklı olarak durmuşlardır. Ancak bu iki kimyasalın kaba yemlerin sindirilme derecesini artırmada sodyum hidroksit kadar etkili olmadıkları görülmüştür. Potasyum hidroksit, sodyum hidroksit kadar etkili olmakla birlikte, fiyatının yüksek olması kullanımını sınırlamaktadır. Kükürtdioksit ve sülfirik asidin de kaba yemlerin sindirilme derecesini

arttırmada oldukça etkili oldukları saptanmıştır. Ozon ve klordioksit gibi kimyasallarla ilgili araştırma çalışmaları ise halen sürdürülmektedir.

Mikrobiyolojik veya Biyoteknolojik İşlemler

Düşük kaliteli kaba yemlerin mikrobiyolojik işlemde geçirilerek besleme değerlerinin artırılması henüz araştırma aşamasında olup, uygulamaya aktarılmamıştır. Ancak mikrobiyolojik işlem gelecekte en fazla uygulama alanı bulmaya aday bir yöntemdir. Bu yöntem kaba yemlerin içerdiği ligninin mikroorganizmalar tarafından tüketilerek selülozun serbest hale getirilmesi esasına dayanır. Mikrobiyolojik işlemde en önemli sorun, lignini tükettiği halde hemiselüloz ve selülozu tüketmeyecek mikroorganizma çeşitlerini bulmaktır. Beyaz çubuk fungusları adı verilen bir mikroorganizma sınıfının bu özelliğe sahip olduğu ileri sürülmektedir.

Konuyla ilgili bir başka çalışmada buğday samanı üzerine *Pleurotus* türü (*Pleurotus florida*, *Pleurotus ostreatus*, ve *Pleurotus sajor-caju*) mantarların ekimi yapılmış, muamele edilmeyen samana oranla özellikle *Pleurotus florida* ekimi ile samanın sindirilme düzeyinin yaklaşık %20, ham protein içeriğinin %40, ham yağ içeriğinin %7, azotsuz öz madde içeriğinin %14 düzeyinde artırılabilirliği ve ham selüloz içeriğinin ise %20 düzeyinde azaltılabilirliği saptanmıştır.

Mikrobiyolojik işlemlerin uygulamaya aktarılabilmesi için üzerinde daha ayrıntılı çalışmalarının yapılması ve pratik uygulama olanaklarının geliştirilmesi gerekmektedir.

5.3.5. Yemlerin Sindirilebilirliği ile ilgili Faktörler

Yemlerin besleme değeri, sindirilebilirliği ile yakın ilişki içindedir. Yemlerin sindirilebilirliği ise çok değişik faktörlerin etkisi altında değişim gösterir.

5.3.5.1. 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.

5.3.5.2. 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 düşüktür. Ancak hayvanın yaşı ilerledikçe, sindirim sistemi aktivitesinin normal seyrine kavuşması nedeniyle yağların sindirimi kolaylaşır.

5.3.5.3. 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 yararlanamamaktadır. 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 çözünürlüğünün 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.

5.3.5.4. Yemlerin İşlenmesi

Önceki konuda verilen yemlerin işlenmesiyle ilgili tüm faktörler, temelde etkilerini yemlerin sindirilebilirliklerini ve/veya besleme değerlerini artırmak suretiyle gösterirler. Bu nedenle, yemlerin işlenmesiyle ilgili yem değerini etkileyen tüm faktörler, yemlerin sindirilebilirliğini etkileyen faktörler olarak da kabul edilirler.

5.3.5.5. İklim Koşulları

İklim, yemlerin sindirilebilirliği üzerine dolaylı olarak etkilidir. Yağışı az alan bölgelere nazaran yağışın fazla olduğu bölgelerde vejetasyonun uzun sürmesi nedeniyle bitkilerin besin madde içerikleri daha yüksektir. Ancak fazla yağış alan bölgelerde bitkiler suya çok daha zengin olduklarından besin maddelerince oransal olarak fakirdirler.

6. YEMLER

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 glteni, buğday kepeği, kan unu, süt tozu, yağlı tohum küspeleri gibi ürünler işlenme artıklarını oluşturmaktadır. İleri teknoloji ürünü olan ve tamamen yapay olarak elde edilen amino asitler, çeşitli vitaminler ve mineraller de besin değerine sahip oldukları için yem olarak tanımlanabilir.

Yemler içeriklerinde bulundurdıkları 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.

Çiftlik hayvanları tek bir yem maddesi ile beslenebileceği gibi, birden fazla yem maddesinin bir araya getirilmesi ile hazırlanan yem karışımlarıyla veya yem fabrikaları tarafından hazırlanan ve “karma yem” adı verilen yoğun yem karışımlarıyla da beslenirler. Çiftlik hayvanlarının ne çeşit bir yem maddesi veya maddeleri ile beslenecekleri, eldeki yem imkanlarına, hayvanın sindirim fizyolojisine, verim yönü ve düzeyine bağlı olarak değişir.

6.1. Yem Maddeleri

Yem maddesi, hayvan yemlerinin hazırlanmasında kullanılan ve belli sınırlar içinde kullanıldığı zaman zararlı bir etkisi olmayan ve hayvanın ihtiyacı olan besin maddelerinden birini veya birkaçını sağlayan ve ağız yolu ile alınan organik ve inorganik materyallerdir. Yem maddeleri, kaba yemler, yoğun yemler (enerjice yoğun yemler, proteince yoğun yemler), mineral ek yemler, vitamin ek yemleri, amino asit ek yemleri ve yem katkı maddeleri olarak altı ana grupta sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırma daha da detaylandırılabilir. nemli hammadde gruplarının besin madde temini bakımından değerlendirilmesine ilişkin bilgiler, izelge 6.1’de sunulmuştur.

6.1.1. Kaba Yemler

Kaba yemler, taze, kurutulmuş veya silaj formunda hayvan yemi olarak kullanılan, büyük çoğunluğu bitkisel kökenli olan, herbivor hayvanların rasyonlarının ana kısmını oluşturan, doğal koşullar altında yetişen, doğal nitelikli ve düşük enerjili yemlerdir. Bu gruba giren yemlerin ham selüloz içerikleri yüksek, buna karşın protein ve enerji düzeyleri düşüktür. Kaba yemler öncelikle geviş getiren hayvanlar, atlar ve diğer herbivorların değerlendirdiği yemler olmakla birlikte, domuz gibi hayvan türlerinin beslenmesinde de sınırlı düzeyde olmak üzere kullanılmaktadır. Kaba yemler, geviş getiren ve tek mideli herbivor hayvanlar için sadece besin maddeleri gereksinimlerini karşıladıklarından değil, sindirim sistemi hareketlerini düzenledikleri için de önemlidirler.

Çizelge 6.1. Önemli Bazı Yem Maddelerinin Besin Madde Temini Bakımından Oransal Değerleri*

Yem Maddeleri	Protein	Enerji	Mineraller		Vitaminler		Kaba yem özelliği
			Makro	Mikro	A, D, E, K	B	
İyi kaliteli kaba yem	+++	++	++	++	+++	+	+++
Kötü kaliteli kaba yem	+	+	+	+	-	-	++++
Tahıl taneleri	++	+++	+	+	+	+	+
Değirmencilik artıkları	++	++	++	++	+	++	++
Yemlik yağ	-	++++	-	-	-	-	-
Melas	+	+++	++	++	-	+	-
Fermentasyon artıkları	+++	++	+	++	-	++++	±
Yağlı tohum proteinleri	+++	+++	++	++	+	++	+
Hayvansal proteinler	++++	+++	+++	+++	++	+++	+

* oransal değerler + işareti sayısı ile ifade edilmiştir.

Kaba yemlerin hayvan besleme açısından en önemli özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Kaba yemlerin birim hacimdeki ağırlıkları yani yoğunlukları düşüktür. Bir yemin kaba yem olarak kabul edilmesinde göz önüne alınan en önemli unsurlardan birisi budur.

2. Kaba yemlerin büyük çoğunluğunun ham selüloz içeriği yüksektir. Birçok araştırmacı ve kuruluş kaba yemleri "%18-20'den fazla ham selüloz içeren yemler" olarak tanımlamaktadırlar. Bu gruba giren yemlerin enerji düzeyi, yoğun yemlerden daha düşüktür.

3. Kaba yemlerin büyük çoğunluğu lignin, selüloz, hemiselüloz, pektin, silis vb. maddeler içermekte olup hücre duvarı içeriği bakımından zengindirler. Bu yemlerin özellikle lignin içeriklerinin yüksek olması, sindirilme derecelerini düşürmektedir. Kaba yemler, kolay sindirilebilir karbonhidrat içerikleri bakımından fakirdir.

4. Bir kısım kaba yemlerin kuru madde içeriği çok yüksek olduğu (sap, saman) halde bir kısmının da (yeşil otlar) kaynağına bağlı olarak su içeriği oldukça yüksektir.

5. Mısır silajı ya da çok taze ve körpe otlar gibi kaba yemlerin sindirilme derecesi yüksek, ham selüloz içerikleri düşüktür. Ancak çok fazla su içermeleri nedeniyle birim ağırlığa düşen enerji değerleri düşük olduğundan kaba yemler grubuna girerler.

6. Kaba yemlerin, protein, mineral maddeler ve vitamin içerikleri kaynağına bağlı olarak oldukça büyük farklılıklar gösterir. Baklagil kaba yemleri %20 düzeyine kadar ham protein içerebildiği halde, bu oran samanlarda %3-4'e kadar inmektedir.

7. Kaba yemler, baklagiller başta olmak üzere yoğun yemlerden daha fazla Ca, K ve iz mineralleri içerirler. Buna karşın P orta ve düşük düzeyde bulunur. Ayrıca iz mineral içerikleri bitki türü, toprak özellikleri ve gübrelemeye bağlı olarak farklılıklar gösterir.

Buraya kadar verilen bilgilerden de anlaşılacağı gibi besleme değeri açısından kaba yemler arasında büyük farklılıklar vardır. Buğdaygil ve baklagil yeşil yemleri ile bunların silajlarının yem değerinin yüksek olmasına karşın, sap, saman, kavuz, kapçık, ağaç dal ve yaprakları ile bazı çalimsı bitkilerin yem değerleri düşük düzeyde kalmaktadır. Ancak yemlenecek hayvan türüne uygun kaba yemin seçilmesi halinde bütün kaba yemler değerlendirilebilir.

Yüksek düzeyde yoğun yemle yemlenmelerine karar verilse bile geniş getiren hayvanların rasyonlarında zorunlu olarak kaba yemlerin bulunması gerekir. Nitekim yoğun besiye alınan sığır ve koyunların rasyonlarına düşük düzeyde (%3-15) katılan kaba yemlerin hayvanların besi gücünü artırdığı gibi çeşitli sindirim bozukluklarını da engellediği saptanmıştır. Bunun yanı sıra kaba yemler rumen kas dokusu ile epitel hücrelerini geliştirme ve rumen içi fermentasyonu uyarma, yani sindirim faaliyetlerini iyileştirme etkilerine de sahiptirler.

Kaba yemler geniş getiren hayvanlar tarafından daha iyi değerlendirilmekle birlikte at ve tavşan gibi körbağırsağı gelişmiş tek mideli hayvan türleri de sindirim ve emilim fizyolojisi açısından kaba yemleri oldukça etkili bir şekilde değerlendirmektedirler.

Çok mideli çiftlik hayvanlarının beslenmesinde kullanılan kaba yemler, çayır, mera, otlak veya kültüre alınan arazilerden elde edilen buğdaygil veya baklagil yeşil yemleri olabilecekleri gibi, bunların kuru otları veya silajları olabilir. Ayrıca, kök ve yumru yemler ile tahıl üretimi artığı saman, kavuz ve kabuklar da kaba yem olarak değerlendirilmektedir.

6.1.1.1. Buğdaygil Yeşil Yemleri

Buğdaygil çayır otları oldukça lezzetlidirler ve çok azı toksik materyal içerir. Bir çok iklim koşulunda yetişirler. Farklı buğdaygil çayır otlarının sindirilebilirlikleri hayvanın gereksinmesine, çevre faktörlerine ve besin madde kompozisyonuna göre değişim gösterir. Yine soğuk iklim ve ılıman iklim buğdaygil otlarının sindirilebilirlikleri de çok büyük farklılık gösterir. Ilıman iklim buğdaygilleri daha erken olgunlaşır, halbuki soğuk iklim buğdaygilleri daha geç olgunlaşır. Bu nedenle soğuk iklim buğdaygillerinin besin madde kompozisyonunun değişimi daha yavaş olur. Farklı türler arasında sindirilebilirlik bakımından izlenen farklılık, vejetasyonun ilerlemesiyle daha belirgin hale geçer. Ayrıca otlamadan sonra sonbaharda yeniden gelişen mera otları, ilkbaharda gelişenlerden daha az besleyicidir. Bu da daha az çözünebilir karbonhidrat ve daha fazla lignin içermesinden kaynaklanmaktadır. Buğdaygil yem bitkileri için yabani yulaf, brom, kelp kuyruğu, çim türleri, tilki kuyruğu, koyun yumağı örnek olarak gösterilebilir.

6.1.1.2. Baklagil Yeşil Yemleri

Bir çok baklagil otu meralarda doğal olarak vardır ve hayvanlar tarafından otlanır ayrıca kültür ortamında da yetiştirilirler. Baklagil yem bitkileri içinde en yaygın olanı yoncadır. Ancak baklagiller otlatma için uygun değildirler. Baklagil kaba yemlerinin protein, Ca ve sindirilebilir besin madde miktarları daha yüksektir. Ayrıca özellikle yonca, beyaz ve kırmızı üçgül çeşitleri taze otlatma durumunda şişmeye neden olmaktadır. Şişme olayında oluşan fazla miktarda gaz, üretilen köpük içinde hapsedilmektedir. Köpük üretimi ise bitki yapraklarının stoplazmik proteinlerinin ve pektinlerin yıkılmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle meraların baklagillere dayalı olması arzulanmaz yoksa şişme ve ölüm nedeniyle kayıplar söz konusu olabilir.

6.1.1.3. Silajlar

Ruminant hayvanların yeşil yem gereksinimlerini doğadan taze olarak karşılamak, her bölgenin kendine özgü vejetasyon koşulları nedeniyle, yılın ancak belli günlerinde mümkündür. Orta Avrupa ülkeleri için 160-180 gün olan bu süre, ülkemizin de dahil olduğu Akdeniz iklim kuşağındaki ülkeler için yaklaşık 200 gündür. Bu nedenle yılın geri kalan zamanında hayvanların kaba yem gereksinimleri değişik kaynaklarla karşılanmak zorundadır. Vejetasyon dönemlerinde otlatılarak veya biçilerek hayvanlara verilen yemlerin fazlası, su içerikleri nedeniyle uzun süre oldukları şekilde elde tutulamazlar. Kızışarak bozulmayı önlemek için suca zengin kaba yemlerin kurutularak veya silolanıp fermentasyona bırakılarak, kullanılacakları döneme kadar saklanması gerekir. Bu işleme, silolama veya silaj yapma, elde edilen ürüne de silo yemi veya silaj adı verilir. Buna göre bir tarif yapılacak olursa; **silo yemi veya silaj, suca zengin yemlerin havasız ortamda süt asidi (laktik asit) bakterilerinin etkinliğine bırakılarak fermente edilmeleriyle elde edilen yemlerdir.** Nişastaca zengin olduğu için daha çok buğdaygil yeşil yemleri veya buğdaygil, baklagil karışımı yeşil yemlerden hazırlanır. Besleme değeri, kullanılan yeşil yemin besin madde içeriğine bağlı olarak değişir. En yaygın silajı yapılan yeşil yemler, mısır, buğday, arpa, yulaf hasılları ile bunların fiğ, yonca, üçgül gibi baklagil karışımları olabilir.

İyi bir silolama ile silolanan yemlerin bozulmadan ve besin madde içeriklerinde önemli bir kayıp olmadan saklanması sağlanır. Böylece hayvanların kaba yem gereksinimlerinin karşılanması açısından yıl içinde süreklilik sağlanabileceği gibi ekonomik bir besleme uygulamak da mümkün olabilir. Silo yeminin hayvan beslemeye ve işletme ekonomisine getireceği yararlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

1. Suca zengin kaba yemlerin yetişmediği dönemlerde hayvanların suca zengin kaba yem gereksinimlerini karşılar.
2. Silolama ile silolanan yemlere besin madde kaybı en aza indirilmiş olur.
3. Hayvanların hoşlanacağı koku ve tada sahip olması nedeniyle hayvanlar tarafından sevilerek tüketilir ve hayvanların iştahlarını açar.
4. Silolanacak yem içine karışmış her türlü yabancı ot silolama ile hayvanlara zararsız hale gelir, toksik etkili bazı bitkiler, fermentasyon nedeniyle bu etkilerini yitirirler ve daha kaliteli ve sindirilebilirliği daha yüksek kaba yem elde edilir.
5. Suca zengin yemlerin her türlü iklim koşullarında saklanmasına imkan sağlar.
6. Başka metotlarla saklanması zor olan veya mümkün olmayan suca zengin yem kaynaklarının saklanmasına imkanı sağlar.
7. İşletme içinde daha kolay, küçük hacim ve mekanlarda saklama ve depolamaya imkan sağlar.
8. Suca zengin yemlerin çok uzun süreler bozulmadan saklanmasına imkan sağlar.
9. Silolanacak yemler erken biçileceği için işletme ekim alanlarının daha rasyonel kullanımına imkan sağlar.

10. İleri düzeyde mekanizasyona imkan tanıdığı için işletme ekonomisini olumlu yönde etkiler.

Söz konusu bu yararlar, işletmede uygulanan üretim tekniği, yem ve hayvan kaynaklarına göre daha da çoğaltılabilir.

6.1.1.4. Kuru Otlar

Kuru otlar, yeşil yemlerin diğer bir saklama yöntemi olan kurutma işlemi ile elde edilirler. Kurutma bulunan bölgenin iklim özelliğine ve kurutma işlemi için gerekli ekipmanlarının varlığına bağlı olarak değişik teknikler yardımıyla yapılır. Kuru otların besin madde değeri, bitki çeşidi, biçim zamanı ve kurutma tekniği gibi bir çok faktöre bağlı olmakla birlikte, kurutma öncesi, kurutulacak yeşil materyalin besin madde bileşimiyle de yakından ilişkilidir. Ruminant hayvanlarda, mekanik doyumun oluşması, kuru madde gereksinmesinin karşılanmasında kaba yem kaynağı olarak kuru otlar önemlidir. Ayrıca, genç ruminant hayvanlarda, arzu edilen düzeyde rumen gelişiminin sağlanması açısından kaliteli kuru otların ayrı bir önemi vardır. Ülkemizde yaygın olarak kurutularak saklanan yeşil yemler, yonca, fiğ, korunga ve çayır otlarıdır. Buradan çoğunlukla baklagil yeşil yemlerinin kurutularak saklandığı sonucu çıkarılabilir. Bunda en büyük etken, bu yemlerin özellikle ham protein içeriklerinin zengin olması ve silolanarak saklanmalarının nispeten zor olmalarıdır. Baklagiller yanında karışık olarak ekimi yapılan çayır otları ve bazı ağaç yaprakları da kurutularak saklanmaktadır.

6.1.1.5. Kök ve Yumru Yemler

Yedek besin maddelerini kök, sap veya toprak altı gövdelerinde depo eden bitkilerin önemli bir kısmı hayvan yemi, bir kısmı da insan yiyeceği olarak kullanılırlar. Hayvan pancarı, şeker pancarı, havuç ve şalgam gibi kök yemleri ile patates, tatlı patates, yer alması ve tapioka gibi yumru yemleri oluşturur. Bir kısım kök ve yumru yemler hayvan beslemede doğrudan veya bazı işlemlerden (pişirme gibi) geçirildikten sonra kullanılabilir. Kök ve yumru yemlerin genel özellikleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

1. Kök ve yumru yemlerin su içeriği çok yüksektir. Su oranı %75-90 arasında değişir. Kök yemlerin su içeriği yumru yemlerden fazladır.

2. Kuru maddede ham kül düzeyi çok düşüktür ve ham külün çoğunluğunu potasyumlu bileşikler oluşturur. Buna karşın Ca ve P düzeyleri çok düşüktür.

3. Ham protein düzeyi (%4-12) düşük olup, %50'den fazlasını protein olmayan azotlu bileşikler oluşturur. Yumru yemlerin protein içeriği ve proteinin biyolojik değeri kök yemlerden yüksektir.

4. Organik maddelerin büyük bölümünü azotsuz öz maddeler oluşturur. Bunların büyük çoğunluğu ise şeker ve nişasta gibi sindirilme derecesi çok yüksek karbonhidratlardır. Karbonhidratlar kök yemlerde daha çok basit şeker, yumru yemlerde ise nişastadır. Kök yemler genelde %75-90 TDN içerirler.

5. Kök yemlerden havuç, yumru yemlerden de tatlı patates karotin bakımından zengindir. Bu yemler kuru maddede fazla miktarda niasin içerdikleri halde riboflavin içerikleri düşüktür. Kök ve yumru yemlerdeki provitamin D vitamini etkisi göstermezler.

6. Bu yemlerin selüloz düzeyi kuru maddede %11'in altındadır. Bu nedenle yüksek düzeyde sindirilirler. Balast dengesini sağlayacak yemlerle birlikte hayvanlara yedirilmeleri gerekir. Güneşte kurutulmuş baklagil kuru otları protein, vitamin D, riboflavin, karotin ve Ca bakımından zengin oldukları için birlikte yedirilmelerinde yarar vardır.

7. Kök ve yumru yemler iş hayvanlarına, kuru madde gereksinimlerinin 1/3'ü kadar verilmelidir. Bu yemleri fazla tüketen hayvanlar güçten düşerler. Besi hayvanlarına fazla verilirse ette su oranının artmasına neden olmaktadır.

8. Kök yemlerin ishal etkisi yumru yemlerden yüksektir.

6.1.1.6. Saman, Kılıf, Kabuk ve Kavuzlar

Bu gruba giren yemler, tahıllar, baklagiller ve benzeri bitkilerin tohum veya meyveleri elde edilirken ele geçen artıklardır. Bitkisel üretimin yoğun yapıldığı ülkemizde bu yemler önemli miktarlarda elde edilirler. Saman, elde edildiği bitkinin sap ve yapraklarından oluşur. Kılıf ve kavuzlar ise meyve veya tohumun üzerini örten kısımlardır. Bu gruba giren yemlerin genel özellikleri şöyledir;

1. Bitkilerin hayat devrelerini tamamlamalarından sonra elde edildiklerinden selüloz içeriği yüksek, önemli düzeyde odunsu materyal içerirler. Selüloz oranı %50 ve üzerinde olduğu için sindirilme dereceleri ve besleme değeri oldukça düşüktür.

2. Saman ve kavuzların besleme değeri daha çok bitkinin çeşidi, çok yıllık-tek yıllık, yazlık-kışlık oluşu gibi faktörler tarafından etkilenir. Samanın besleme değeri üzerine bitkinin yetiştiği toprak ve iklim gibi faktörlerin etkisi çok sınırlıdır. Hızlı gelişen çeşitlerde, besin maddelerinin tümü tohumlara taşınmadan bitki olgunlaştığı için, besleme değeri yavaş gelişenlere oranla daha yüksektir. Aynı şekilde yazlık ekilenlerin besleme değeri kışlık çeşitlerden daha fazladır.

3. Çok yıllık bitki samanlarının besleme değeri tek yıllıklardan daha yüksektir. Bunun başlıca nedeni, çok yıllıkların tohum hasadı devresinde dal ve yapraklarının yeşilliğini tamamen kaybetmemiş ve kartlaşmamış olmalarıdır.

4. Baklagil samanlarının protein ve mineral maddeler içeriği buğdaygil ve yağlı tohum bitkilerinin samanlarına oranla daha yüksektir. Buna karşın baklagil sapları daha kalın olduğundan geç kururlar ve depolama sırasında daha kolay küflenebilirler.

5. Birkaç baklagil samanının dışındaki, bütün samanların sindirilebilir ham protein düzeyi çok düşüktür. İçerdikleri enerjinin büyük bölümü, bu yemlerin kendi sindirimleri için harcanır. Hatta besin madde içerikleri çok düşük olduğundan bu yemlerin sindirimi için hayvan kendi vücudundan enerji harcamak durumundadır. Bu nedenle verime katkı ve değerlilik dereceleri çok sınırlıdır.

6. Yararlanılabilir besin maddelerinin en büyük kısmını azotsuz öz maddeler oluşturur. Samanlar yaklaşık %28-50 arasında azotsuz öz maddeler içerirler. Bunun %32 kadarı lignin ve selüloz, %54'ü pentozonlar ve %14'ü de diğer karbonhidratlardan oluşur.

7. Samanların yağ oranları çok düşüktür. Vitaminler ise yok denecek kadar azdır.

8. Mineral maddelerden silisyumdioksit fazla miktarda bulunur. Ancak silisyumdioksitin besleme açısından herhangi bir değeri yoktur. Diğer mineral maddelerden potasyum buğdaygil samanlarında, kalsiyum ise baklagil samanlarında yüksek düzeydedir. Fosfor açısından tüm samanlar fakirdir.

9. Samanlar hacimli ve besleme değerleri düşük yemler olduğundan geviş getiren hayvanlar ve atlar için ancak balast (dolgu) yemi olarak hayvanlarda tokluk hissinin oluşmasına yardımcı olmak amacıyla kullanılırlar. Böylece sindirim olaylarının normal biçimde gerçekleşmesine yardımcı olurlar.

10. Samanlar, sığırlara 2-7 kg, koyunlara 1-2 kg, atlara 3-4 kg'a kadar verilebilir. Ancak ileri derecede gebe hayvanlara fazla miktarda verilmeleri yavru atmalara neden olabilir. Hayvanlara yedirilecek saman taze, doğal renkte olmalı, küf, mantar ve zararlı yabancı otları içermemelidir. Saman sığırlara verilmeden önce 2.5-3.5 cm, atlar ve koyunlar için de 1.5-2.5 cm uzunluğunda doğranırsa tüketim sırasında ortaya çıkacak kayıplar azaltılabileceği gibi çeşitli sindirim bozuklukları da önlenmiş olur. Öte yandan çok kısa parçalanmış samanlar tozma nedeniyle yem tüketiminin düşmesine, bazı solunum ve sindirim sistemi rahatsızlıklarına neden olurlar.

6.1.1.7. Kaba Yemlerin Kullanımı

Kaba yemler ruminantların beslenmesinde ya taze yeşil ot olarak, ya da kurutularak veya silajı yapılarak saklanır ve kullanılırlar. Her türlü saklama besin kaybına neden olduğu için yeşil yemlerin biraz soldurularak taze olarak kullanılması önerilir. Ancak kaba yem kıtlığı olan dönemler için kaba yemlerin saklanması zorunludur. Bu durumda diğer saklama yöntemleri arasında silaj daha çok tercih edilebilir görünmektedir. Zira besin madde kaybı kurutmaya göre genelde daha azdır. Kaba yemlerin hayvanlara verilmesinde en çok önerilen metot, kaba yemin hayvana hasat ettirilmesi, yani hayvanların mera da otlatılmasıdır. Kaba yem, besi hayvanlarında belli bir yem tüketimini garanti altına almak için minimum düzeyde kullanılması gereken ve rumen asitliğinin kontrolü için rasyona sokulan bir komponent iken, süt sığırlarında yine rumen pH'sının kontrolü, yem tüketiminin maksimizasyonu ve süt yağ düzeyinin korunması için toplam rasyonda belli bir düzeyde bulunması gereken önemli bir yem maddesidir. Ayrıca kaba yemin partikül büyüklüğü kaba yemlerden beklenen etkilerin elde edilmesinde önemli bir rol oynar. Çünkü kaba yemler, çiğnemeyi ve geviş getirmeyi artırarak rumene önemli miktarda tükürük (NaHCO_3) ulaşmasını sağlarlar. Yemde partikül büyüklüğünün azalması, çiğneme ve geviş getirme süresini azaltarak, kaba yemlerin rumen asitliğini tamponlama etkisini azaltmaktadır.

Kaba yemlerin hasat edildikleri vejetasyon devresi, türü, saklama şekli, kaba yemlere uygulanan muameleler, partikül büyüklüğü gibi bir çok faktör hem besleme değerini, hem de kaba yemin fiziksel özelliklerini önemli düzeyde etkilemektedir.

6.1.2. Yoğun Yemler

Yoğun yemler enerji yada protein içeriği bakımından zengin, besin maddelerinin sindirilme derecesi yüksek ve dolayısıyla sindirilebilir besin maddeleri fazla olan yemlerdir. Bu yemler daha çok bitkisel kaynaklı oldukları halde, hayvansal kaynaklı yoğun yemler de hayvan beslemede yaygın olarak kullanılmaktadır. Yoğun yemlerin bir kısmının enerji içeriği, bir

kısının da protein içerikleri daha yüksektir. Bu nedenle yoğun yemler, enerjice zengin yemler ve proteince zengin yemler olarak iki ana gruba ayrılırlar.

Enerjice zengin yemler, rasyonun enerji düzeyini yükseltmek için kullanılırlar. Bu grupta yer alan yemlerin protein içerikleri genellikle %20'den, ham selüloz içerikleri de %18'den azdır. Tahıl daneleri, değirmencilik sanayi yan ürünleri, melas, selektör altı ve elek üstü artıkları ve yağlar enerjice zengin yemler grubuna girerler. Bu yemlerden tahıllar, tavuk ve domuz gibi tek mideli hayvanların rasyonlarının en az yarısını oluştururlar. Geviş getiren hayvanların rasyonlarında ise rasyonun enerji yoğunluğuna göre çok değişken oranlarda (%0-80) kullanılırlar.

Protein düzeyi %20'den fazla olan yemlere proteince zengin yemler veya protein ek yemleri denir. Proteince zengin yemlerin hayvan beslemedeki önemleri çok büyüktür. Protein ek yemleri öncelikle rasyonların nicel protein açığını kapatmak için kullanılırlar. Kanatlı kümes hayvanları, rumen gelişmelerini tamamlamamış geviş getiren hayvanlar ve yüksek verimli süt ineklerinin protein gereksinimleri; ancak rasyona katılan protein ek yemleri ile karşılanabilir. Rasyonların nitel protein açığını kapatmada da protein ek yemleri kullanılırlar. Kümes hayvanları ile domuzlarda protein kalitesi, proteinin miktarı kadar önemlidir. Enerjice zengin yemlerin hemen hepsi lizin, metionin ve triptofan bakımından yetersizdir. Bu nedenle, bu hayvanların rasyonları adı geçen amino asitlerce zengin bir protein yemi ile desteklenmedikçe nitel protein yetmezliği içine düşerler. Protein ek yemlerinin önemli bir kısmı ve özellikle hayvansal kaynaklı olanları bu amino asitler bakımından zengindir. Rasyona yeteri kadar sokulurlarsa protein kalitesini yükselterek rasyonel ve optimum bir verim için gerekli koşullardan birinin yerine getirilmesini sağlarlar. Protein ek yemlerinin bir kısmı, özellikle hayvansal protein kaynakları, proteinden başka bol miktarda mineral madde yanında canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanmayı artıran; ancak günümüzde tanımlaması tam olarak yapılamayan bilinmeyen bazı maddeleri de içerirler.

6.1.2.1. Enerjice Zengin Yemler

Yüksek enerjili yem hammaddeleri enerji alımının veya rasyon enerji konsantrasyonunun artırılması için rasyona eklenen yem hammaddeleridir. Bu grup tahıl tanelerini ve onların değirmencilik artıklarını, melas, hayvansal ve bitkisel yağları içerir. Yine birim miktardaki enerji konsantrasyonu bazında değerlendirildiğinde bir kısım kök ve yumru yemleri de bu gruba dahil etmek mümkündür. Enerjice zengin yemler kaba yemlerle karşılaştırıldıklarında birim kuru madde de daha fazla sindirilebilir, metabolik ve net enerji içerirler. Ayrıca bunların enerjileri kolayca fermente olabilir karbohidratlardan ve içerdikleri yağlardan gelir.

Yüksek enerjili yemler düşük ve orta düzeyde protein içerirler. Ancak bir kısım protein yemleri de önemli miktarda enerji içerirler.

Tahıllar

Bunların bir çoğu aynı zamanda insanlar tarafından kullanılmaktadır. Mısır, arpa, buğday, yulaf, çavdar ve sorgum çiftlik hayvanlarının beslenmesinde kullanılan en önemli tahıllardır. Genellikle tahıl tanelerinin besin madde kompozisyonları kaba yemlerle karşılaştırıldığında daha az değişkendir. Tahılların protein içerikleri genellikle %8-14 arasında değişir. Tane yemlerdeki azotun %85-90'ı protein tabiatındadır. Fakat bu proteinin

sindirilebilirliği, amino asit kompozisyonu tahıllara göre değişim gösterir. Lizin ve triptofanca genelde fakirdirler. Yağ içeriği bakımından da %1-6 arasında bir değişim söz konusudur. Yağca en zengin olanı yulaf, en fakir olanı ise buğdaydır. Yağlar daha çok tohumun embriyosunda bulunur. Kabukları dışında tane yemlerde mevcut karbonhidratların çoğu nişasta formundadır. Ortalama olarak tahıllar %72 düzeyinde karbonhidrat içerirler. Ancak bu düzey yulafta %41'e kadar düşebilir. Tahıllardaki nişasta granüllerinin şekli ve boyutu tahıllara göre değişebilir. Nişasta yıkılabilirliği de tahıllara göre değişmektedir. Mısır ve sorgum nişastasası rumende buğday, arpa, yulaf ve çavdar nişastasından daha yavaş yıkılmaktadır. Rumen koşullarının belli sınırlarda tutulması açısından pratik yemleme de bu farklılıkların iyi bir şekilde kullanılması gerekir. Yulaf ve arpa kavuzu bu iki hammaddenin selüloz içeriğini artırmaktadır. Yine kabuk ve kavuzların lignin içerikleri de bu yemlerin kullanımını etkilemektedir. Arpa ve yulaf kavuzları nedeniyle bazen kaba tane yemler olarak ta adlandırılırlar. Özellikle sığırlarda kırılmadan verilmeleri durumunda sığırlar tane yemleri yeterince çiğnemedikleri için sindirim problemleri ortaya çıkabilir.

Tane yemler Ca'ca yetersiz, P bakımından oldukça iyi durumdadırlar. Tahıl tanelerindeki P dan yararlanma fitik asit içeriğinin yüksek olması nedeniyle sorun olmaktadır. İz mineral içerikleri marjinal düzeydedir. Vitamin E içerikleri yüksek ancak, vitamin D ve B kompleksi vitaminlerce yetersizdirler. Özellikle tahılların değirmencilik artıkları B kompleksi vitaminler ve vitamin E'ce zengindir.

Değirmencilik Sanayi Yan Ürünleri

Tahıl danelerinin değirmenlerde insan yiyeceği olarak kullanılmak üzere una ve kahvaltılıklara işlendiği sırada ele geçen kalıntılarının çoğu endüstri karma yemlerinin hammaddeleri arasında yer alırlar. Hayvan besleme açısından bunların önemi, yüksek besleme değerleri, diyetetik etkileri ve olumlu diğer özelliklerinden kaynaklanmaktadır.

Değirmencilik artıkları, işlenen tanenin unlu iç kısmı ile tanenin dış kısmından (kavuz veya zar) oluşur. Genellikle tanenin embriyosu da bu artıklar içerisinde yer alır. Bu artıkların büyük bir kısmını kepek oluşturur. Ülkemizde bu tür artıkların henüz standardı yapılmamıştır. Birçok ülkede, tanenin zar kısmı %50'nin altında ise yemlik un, %50'nin üzerinde ise kepek olarak adlandırılır. Bu artıkların yapı ve besleme değerleri, tane çeşidine, öğütme randımanına ve öğütme yöntemine göre farklılık gösterir. Kepeklerin yukarıda belirtilen olumlu özelliklerine rağmen, yemlemede fazla kullanılması çeşitli hastalıklara yol açar. Uzun süreli fazla kepek kullanılması mide asidi oluşumuna ve ishallere neden olur. Kepekte fazla miktarda bulunan magnezyum ve fosforik asite bağlı olarak böbrek taşları oluşur. Entansif besiye alınan kuzularda sık görülen böbrek taşı oluşumu ölümlere neden olur. Atlarda ise yetersiz kalsiyum düzeyi çeşitli kemik hastalıklarını ortaya çıkarır.

Hayvan beslemede yem kaynağı olarak kullanılan kepekler, buğday kepeği, mısır kepeği ve pirinç kepeğidir. Buğday kepeği; orta düzeyde enerji ve protein içeriğine sahipken, pirinç kepeği; yüksek ham yağ içeriği nedeniyle daha yüksek enerji değerine sahip yem kaynaklarıdır. Selüloz içeriklerinin yüksek oluşu nedeniyle kanatlı beslemede çok sınırlı kullanılırlar; ancak ruminant beslemede kullanım düzeyleri oldukça yüksektir.

Melas

Melas şeker sanayinin bir yan ürünüdür. Ticari melaslarda yaklaşık %25 nem içeriği vardır. Şeker kamışı melası %43, şeker pancarı melası %48 çözünabilir şeker içermektedir. Yapılan analizlerde şekerpancarı melasların %7-12 arasında kül, %5-14 ham protein içerdikleri saptanmıştır. Melasın kül içeriği K, Ca, Cl ve sülfat tuzlarından oluşmaktadır. Melas besleme açısından bazı avantajlar sağlamaktadır. 1) enerji kaynağıdır, 2) çözünabilir şeker içeriği nedeniyle yeme lezzet verir, 3) sıvı yapısıyla yeme katıldığında yem de tozmayı önler, 4) pelet bağlayıcı olarak kullanılabilir.

Rasyonda %10 düzeylerini aşması durumunda sindirim bozukluklarına, ishale ve performansta düşmeye neden olabilir. Ayrıca yemin topaklaşmasına da neden olur. İshalin şeker içeriğinden ziyade yüksek mineral içeriğinden kaynaklanmaktadır. Kül içeriği düşük olan melaslarda herhangi bir problem görülmeden önemli düzeyde kullanılabilir. Ancak son çalışmalarda %7 düzeyinde kullanılmasının en uygun olduğu ve bu şekilde bir kullanım ile enerjice zengin tane yemlere eş değer enerji sağlayabileceği ifade edilmiştir.

Melas dışında bir kısım sıvı yemlerde vardır. Bunların arasında maya sanayi artığı olan şilempe, vibratol, nişasta sanayi artığı maserasyon suyu (%15-20 ham protein), yoğunlaştırılmış soya çözümleri sayılabilir. Bunlar az miktarda (%5-8) ham protein ve önemli miktarda çözünabilir karbonhidratlar içermektedirler. Ayrıca süt sanayi artıkları da içerdikleri protein ve laktoz nedeniyle yem olarak kullanılabilirler.

Yağlar

Hayvanların çoğu yemlerle esansiyel yağ asitlerini almak zorundadırlar. Ancak normal koşullarda esansiyel yağ asitleri yeterince yemlerle sağlanır ve ek yağ kullanımı gereksizdir. Bununla birlikte ticari yem formülasyonlarında yağlar genellikle kullanılır. Yağların rasyona sokulmasının bir kaç nedeni vardır.

- 1) Yüksek düzeyde enerji içermektedir. Yağlar özellikle tek midelilerde çok iyi bir şekilde sindirilmekte ve karbonhidratlara oranla 2.25 kat daha fazla enerji üretmektedirler,
- 2) Yağlar yemde tozlaşmayı önler ve yemin lezzetini artırır,
- 3) Yağlar yağda çözünebilir vitaminlerin emiliminde önemli rol oynarlar. Bununla birlikte özellikle Ca ve Mg ile çözünmez sabunlar oluştururlar ve P emilimini kötüleştirirler,
- 4) Ruminantlarda yağ kullanılmasıyla şişme riskinin azaldığı ifade edilmektedir.

Hayvan yemlerinde kullanılan yağlar hayvansal ve bitkisel kaynaklı olmak üzere iki grupta toplanırlar. Rasyonda yağ kullanılması durumunda oksitlenmeye karşı antioksidan maddeler kullanılması gerekir. Antioksidan kullanımı aynı zamanda vitamin E ve A kaybını da azaltır.

Ruminantlar için yüksek düzeyde yağ kullanımı sadece süt ikame yemleri için söz konusu olmaktadır. Süt ikame yemleri %10-30 arasında yağ içerebilir. Normal yemde ruminantlar yüksek düzeyde yağ kullanımına karşı tek midelilere oranla daha az toleranslıdır. Ruminant rasyonlarında %7-8'den daha yüksek yağ kullanımı, sindirim problemlerine, ishale ve yem tüketiminde önemli bir düşüşe neden olmaktadır. Besi rasyonlarına %2-4 ve laktasyonun

başındaki ineklere %4 e kadar yağ eklenebilir. Ancak diğer koşullarda çok nadiren kullanılır. Ruminantlarda kullanılan yağların yağ asitleri rumende hidrojenize edildiği için karkas ve süt yağı yem yağından fazlaca etkilemez. Ancak formaldehitte muamele edilmiş yağ, yağlı tohumların bütün olarak kullanılması bir kısım yağın rumeni mikrobiyel aktiviteye uğramadan geçmesine neden olur ve süt ve karkas yağının kompozisyonu değiştirilebilir. Yağlı tohumların kullanımı hem protein, hem yağ içeriğinin yüksek olması nedeniyle özellikle süt verimini önemli düzeyde artırmaktadır Bu nedenle üreticiler arasında yaygın olarak uygulanan bir yöntemdir. NRC (1989) ruminantlar için yağların enerji değerini 6.41 Mcal ME/kg olarak ifade etmektedir.

6.1.2.2. Proteince Zengin Yemler

NRC proteince zengin yemleri; %20'den fazla ham protein içeren yem kaynakları olarak tanımlamaktadır. Bu grup hayvansal protein kaynakları, bitkisel protein kaynakları, mikrobiyel proteinler ve NPN maddeleri içermektedir. Protein kaynaklarının seçiminde kaynağın mevcudiyeti ve maliyeti en önemli faktördür. İkinci olarak protein sindirilebilirliği ve amino asit kompozisyonu da önemli bir faktördür. Üre, biüret gibi NPN maddeler rumende kolaylıkla yıkılırlar. Bir kısım protein kaynakları da çok kısa süre içinde rumende yıkıma uğratılırken bir kısmı da rumende yıkıma dirençlidirler. Rumende kolaylıkla yıkılan grup içinde muamele görmemiş yağlı tohum proteinlerini, rumende yıkıma dirençliler arasında mısır proteinini, formaldehit veya sıcaklık ile muamele görmüş diğer bitkisel proteinler ve hayvansal protein kaynaklarını saymak mümkündür. Protein yemlerinde diğer önemli bir faktör de antinutrisyonel (beslemeyi engelleyici) faktör içeriğidir. Bu daha çok bitkisel protein kaynakları ve tek mideli hayvanlar için sorun teşkil eder.

Yağlı Tohum ve Küspeleri

En önemli yağlı tohumlar soya, ayçiçeği, çığit ve kolzadır. Bunların yağı, pres veya ekstraksiyonla alındıktan sonra arta kalan yan ürün, proteince zengin yağlı tohum küspelerini oluşturmaktadır. Yağlı tohum küspelerinin çoğu eğer kabuklu değilse %40'ın üzerinde protein içermektedirler. Avrupa ülkelerinde ve Amerika'da pazarlanmadan önce kabuk ve diğer yan ürünler kullanılarak ve seyreltilerek protein içeriği bakımından küspeler standartlaştırılır. Proteinin yaklaşık %90'ı gerçek proteindir. Proteinin sindirilebilirliği yüksek, hayvansal proteinlerden daha düşük olmakla birlikte orta düzeyde biyolojik değere sahiptirler. Yağlı tohum küspelerinin ham proteinlerinin yaklaşık %9'u nükleik asit proteini iken, hayvansal protein kaynaklarından balık unununki %8.8, et unununki %3.5 ve mayalarınki %14-20'dir. Küspeler metionin ve sistince genelde fakirdirler ve lizin içerikleri de çok değişkendir. Nişasta sanayi artıkları olan embriyo proteinleri de önemli protein kaynaklarıdır. Mısır embriyo proteini rumende yıkıma dirençli en önemli protein kaynaklarından biridir.

Yağlı tohumlardaki en önemli antibesinsel faktörler, soyada üreaz aktivitesi, antiripsik faktörler, guatrojen maddeler, kan pıhtılaşmasını önleyici faktörler, çığitteki gossipol, keten tohumu siyanojenik glikozitler (hidrojen siyanid) ve kolza da bazı glikozitleri (erüsik asit) içermektedir.

Nişasta Sanayi Yan Ürünleri

Patates, buğday, mısır ve darı gibi nişasta içeriği yüksek hammaddelerden nişasta üretimi sırasında elde edilen ve yem olarak değerlendirilen çeşitli artıklar vardır. Bu artıklar ele

geçtikleri anda çok suludurlar. Karma yem endüstrisinde bunların kurutulmuşu kullanılır. Ülkemizde nişasta büyük ölçüde mısırdan elde edildiğinden nişastacılık artışı yada yan ürünü olarak piyasada daha çok mısır kalıntıları bulunur. Bunlardan yem maddesi olarak en yaygın kullanılanlar mısır gluten unu ve mısır kepeğidir. Mısır gluten unu, mısır danesinden nişasta elde edilirken, kepek ve embriyo ayrıldıktan sonra kalan endosperm kısmıdır. Ülkemizde üretilen mısır gluten unu yaklaşık %50-55 ham protein içerir; ancak esansiyel amino asitlerce yetersizdir. Kurutulmuş olan mısır kepeği, uygulanan teknolojiye göre yapı değişikliği gösterir. Ham protein düzeyi düşüktür; ancak maserasyon suyu (bol miktarda suda çözünebilen protein içerir) ile karıştırılarak piyasaya verildiği için ham protein düzeyi oldukça yükselir. Selüloz düzeyi ise %10 civarındadır. Sarı mısırdan elde edilen kepek bir miktar ksantofil içerir. Daha çok süt ve besi sığırlarının beslenmesine uygundur. Selüloz oranı yüksek olduğundan, tavuk yemlerinde %5 düzeyinde kullanılabilir. Sarı mısır kepekleri tereyağının ve yumurta sarısının rengini güzelleştirir.

Hayvansal Kaynaklı Proteinler

Hayvansal kaynaklı proteinlerin hayvanların gereksinmesini karşılayacak amino asitler bakımından daha zengin ve dengelidirler. Ancak işleme teknolojilerine bağlı olarak biyolojik değerleri kötüleşebilir. Bir kısım hayvansal protein kaynakları kemik de içerdiği için önemli miktarda P ve Ca içerirler. Balık unu, et unu, kan unu, tüy unu bu grupta sayılabilecek önemli kaynaklardır.

Tek hücre ve alg proteinleri tek mideli hayvanların protein gereksinmelerinin karşılanması için alternatif bir kaynak olarak dikkate alınabilir. Algler %50 ham protein, %6-7 ham selüloz, %4-5 ham yağ ve %6 kül içermektedir ve tatlı sularda büyük boyutlarda üretilmektedir. Ancak biraz acı lezzetlidir ve proteinin biyolojik değeri düşüktür. Ancak bunun en büyük problemi hasat ve kurutmadır.

6.1.3. Mineral Ek Yemleri

Çiftlik hayvanlarının mineral gereksinmelerinin karşılanmasında kullanılan kaynaklar mineralin çeşidine göre değişir. Makromineral gereksinimlerinin karşılanmasında genellikle doğal kaynaklardan sağlanan ve bu mineraller bakımından zengin maddeler kullanılır. Kireç taşı veya mermer tozu, kalsiyum kaynağı olarak çiftlik hayvanlarının rasyonlarına dahil edilirken, dikalsiyum fosfat (DCP) kimyasal yapısı gereği hem kalsiyum hem de fosfor kaynağı olarak hizmet eder. Kalın tuz (NaCl); sodyum ve klor kaynağı, sodyum bikarbonat (NaHCO₃) ise, sodyum kaynağı veya pH tamponlayıcı özelliği için rasyona dahil edilir. Çiftlik hayvanlarının makromineral gereksinmelerinin karşılanmasında kullanılan kaynaklar Çizelge 6.2'de sunulmuştur.

Çizelge 6.2. Yaygın Olarak Kullanılan Makromineral Ek Yemleri

Mineral	KAYNAK		
	Doğal Kaynaklar	Kimyasal Kaynaklar	Etken
Sodyum (Na)	Tuz (NaCl, %39 Na)	Sodyum Bikarbonat Na_2CO_3 Sodyum sülfat Na_2SO_3 Monosodyum fosfat, NaHPO_4 Disodyum fosfat, Na_2HPO_4	%27.4 Na %36.5 Na %19.1 Na %31 Na
Klor (Cl)	Tuz (NaCl; %61 Cl) Potasyum klorür	Kalsiyum klorid, CaCl_2	%32.4 Cl
Kalsiyum (Ca)	Kemik külü, kemik fosfatı, istimlenmiş kemik unu, kalsit, kalsiyum karbonat, dolomit kireç taşı, öğütülmüş kireç taşı, deniz ürünleri kabukları, yumuşak kaya fosfatı, öğütülmüş yumurta kabuğu	Kalsiyum karbonat, CaCO_3 Kalsiyum klorid, CaCl_2 Kalsiyum glukonat, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{CaO}_{14}$ Kalsiyum sülfat, CaSO_4 Kalsiyum asetat $\text{C}_4\text{H}_6\text{CaO}_4$ Kalsiyum formiat $\text{C}_2\text{H}_2\text{CaO}_4$ Monokalsiyum fosfat, $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$ Dikalsiyum fosfat, CaHPO_4 Tri-kalsiyum fosfat, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	%38 Ca %18.3 Ca %8.9 Ca %29.4 Ca %25.3 Ca %30.8 Ca %17.1 Ca %29.5 Ca %38.8 Ca
Fosfor (P)	Öğütülmüş kaya fosfatı, Öğütülmüş kaya fosfatı (düşük florlu), yumuşak kaya fosfatı	Monoamonyum fosfat, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ Diamonyum fosfat, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ Monokalsiyum fosfat, $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$ Dikalsiyum fosfat, CaHPO_4 Tri-kalsiyum fosfat, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ Monosodyumfosfat, NaH_2PO_4 Disodyum fosfat, Na_2HPO_4 Fosforik asit, H_3PO_4	%26.9 P %23.5 P %24.6 P %22.8 P %20 P %25.8 P %20.8 P %23.7 P
Magnezyum (Mg)	Dolomit kireç taşı, vermikulit	Magnezyum karbonat, MgCO_3 Magnezyum oksit, MgO Magnezyum sülfat, MgSO_4	%28.8 Mg %55.0 Mg %15.6 Mg
Potasyum (K)	Vermikulit	Potasyum bikarbonat, KHCO_3 Potasyum karbonat, K_2CO_3 Potasyum sülfat, K_2SO_4 Potasyum Klorür, KCl	%39.0 K %28.0 K %45.0 K %50.5 K
Kükürt (S)		Kalsiyum sülfat, CaSO_4 Potasyum sülfat, K_2SO_4 Sodyum sülfat, Na_2SO_3	%23.6 S %18.4 S %25.4 S

Çiftlik hayvanlarının iz mineral gereksinimleri ise uzman üreticilerce hazırlanan iz mineral önkarışımları veya premiksleri ile karşılanır. İz mineral karmaları üç farklı şekilde üretilmektedir. Genellikle mer'ada otlayan hayvanlar için yalama taşı (veya melas kovaları veya blok yem) şeklinde iz mineral karmaları hazırlanmaktadır. Yalama taşı, mer'a yada ahırın uygun yerlerine konarak hayvanların istedikleri zaman bu taşları yalamaları ve böylece iz mineral gereksinimlerini karşılamaları sağlanmaktadır. İz mineral karmalarının ikinci türünü toz formdaki mineral madde ön karışımları oluşturmaktadır. İz mineral ön karışımları ince veya pelet formdaki yoğun yem karmalarına karıştırılarak, hayvanların tüketimine sunulmaktadır. Bu tip ön karışımlara ait örnekler, Ek-1'de verilmiştir. İz mineral karmalarından üçüncüsü yoğun yem karmasına katılacak kalsiyum, fosfor kaynağı yada tuzun iz minerallerle karıştırılması ile oluşturulan karmadır. Bu karma da istenen oranda yoğun yem karmasına katılarak hayvanların iz mineral gereksinimleri karşılanmaktadır. Söz konusu karmalarda içinde yer alan iz mineraller inorganik yapıda olabilecekleri gibi organik yapıda da olabilirler.

Çizelge 6.3. Yaygın Olarak Kullanılan Mikromineral Ek Yemleri.

Mineral	KAYNAK		
	Doğal Kaynaklar	Kimyasal Kaynaklar	Etken
Mangan(Mn)		Mangan karbonat, $MnCO_3$	%47.8 Mn
		Mangan2-klorit, $MnCl_2+4H_2O$	%32.5 Mn
		Mangan sülfat, $MnSO_4+H_2O$	%32.5 Mn
		Mangan oksit, MnO	%77.5 Mn
Demir (Fe)	Vermikulit	Demir-2-karbonat, Fe_2CO_3	%48.2 Fe
		Demir-2-klorit, $FeCl_2+4H_2O$	%28 Fe
		Demir-3-klorit, $FeCl_3+6H_2O$	%20.5 Fe
		Demir-3-oksit, Fe_2O_3	%70 Fe
		Demir-2-sülfat, $FeSO_4+7H_2O$	%20 Fe
		Demir-3-sülfat, $Fe_2(SO_4)_3$	%27 Fe
Bakır (Cu)		Bakır karbonat, $CuCO_3$	%57.4 Cu
		Bakır sülfat, CuS	%66.5 Cu
		Bakır klorit, $CuCl_2+2H_2O$	%37.3 Cu
		Bakır oksit, CuO_2	%88.8 Cu
		Bakır sülfat, $CuSO_4+5H_2O$	%25.5 Cu
		Bakır İyodür, CuI	%34.4 Cu
Çinko(Zn)	Maya	Çinko asetat, $Zn(C_2H_3O_2)_2+2H_2O$	%29.8 Zn
		Çinko karbonat, $ZnCO_3$	%52.1 Zn
		Çinko klorür, $ZnCl_2$	%48 Zn
		Çinko oksit, ZnO	%80.3 Zn
		Çinko sülfat, $ZnSO_4+7H_2O$	%22.7 Zn
		Çinko basitresin	%5 Zn
Kobalt (Co)		Kobalt nitrat, $Co(NO_3)_2+6H_2O$	%20.2 Co
		Kobalt fosfat, $Co_3(PO_4)_2+8H_2O$	%34.6 Co
		Kobalt karbonat, $CoCO_3+6H_2O$	%26 Co
		Kobalt klorit, $CoCl_2+6H_2O$	%24.8 Co
		Kobalt oksit, CoO	%78.7 Co
		Kobalt sülfat, $CoSO_4+7H_2O$	%21 Co
İyot (I)	Yosunlar	Kalsiyum iyodat, $Ca(IO_3)_2+6H_2O$	%51 I
		Bakır iyodür, CuI	%66.6 I
		Potasyum iyodat, KIO_3	%59.3 I
		Sodyum iyodat, $NaIO_3$	%64.1 I
		Sodyum iyodür, NaI	%84.7 I
Selenyum (Se)	Maya	Sodyum selenat, $NaSeO_4$	%41.8 Se
		Sodyum selenit, $NaSeO_3$	%45.7 Se
		Selenyum dioksit, SeO_2	%71.2 Se

6.1.4. Vitamin Ek Yemleri

Hayvancılıkta sağlanan ilerlemeler sonucunda et, süt, yumurta, yapağı gibi verimlerde önemli ölçüde artışlar sağlanmıştır. Verim artışları vitaminler başta olmak üzere hayvanların besin maddeleri gereksinimlerinin artmasına neden olmuştur. Bu nedenle, hayvanların beslenmesinde kullanılan yemler çeşitli vitaminler bakımından hayvanların gereksinimlerini karşılayamazlar. Bu durumda rasyonların sentetik olarak üretilmiş, vitaminler veya rasyonun tipine göre özel olarak hazırlanmış vitamin ön karışımları ile takviye edilmesi gerekir. Bu karışımlar içinde bulunan vitaminler, bunların kaynakları ve miktarları, hayvanın türüne ve verim yönüne göre değişir. Genellikle 1 ton yem karışımına 1-2 kg düzeyinde karıştırılan bu ön karışım veya premiksler, çiftlik hayvanlarının vitamin gereksinimlerini karşılamada büyük kolaylık sağlarlar. Bu tip ön karışımlara ait örnekler, Ek-2'de verilmiştir.

6.1.5. Amino Asit Ek Yemleri

Daha önceki konularda da belirtildiği gibi tek mideli hayvanların beslenmesinde protein ve protein kalitesinin özel bir önemi vardır. Verim potansiyeli çok yüksek olan bu hayvanların gereksinim duydukları besin maddelerinin tamamını doğrudan doğal kaynaklardan sağlamak mümkün değildir. Özellikle kanatlı hayvanların gereksinim duyduğu kaliteli protein kaynakları, yani esansiyel amino asitlerce zengin kaynaklar genellikle hayvansal kökenlidir. Bu açıdan balık unu en önemli protein kaynağıdır. Ancak bu kaynağın sınırlı olması, fiyatının yüksek olması, organoleptik özelliklerinin düşük olması, sentetik esansiyel amino asit kaynaklarının yemde kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Kanatlı yemlerinde gereksinime bağlı olarak daha çok metionin ve lizin gibi 1. derecede sınırlayıcı amino asitler sentetik formlarda kullanılmakla birlikte tironin, arjinin ve triptofan gibi esansiyel amino asitler de ticari olarak sentetik formlarda üretilmektedir. Yem karışımının esansiyel amino asitlerce yetersizliğinin söz konusu olduğu durumlarda bu kaynaklar kullanılarak, gereksinme kolaylıkla karşılanabilir.

6.1.6. Yem Katkı Maddeleri

Yem katkı maddeleri besleyici olmayan, az miktarda kullanılan ve büyüme ve diğer verim özelliklerini uyarıcı etkiye sahip olan, yemden yararlanmayı iyileştiren, sağlık veya metabolizmayı iyileştiren maddeler olarak tanımlanırlar.

Yem katkı maddeleri içerisinde en yaygın olanı ilaçlardır. Bunların içerisinde ise antibiyotikler hakim durumdadır. Bunlar çoğu zaman koruma veya tedavi amacıyla yemlere katılabilmektedir. Yem katkı maddesi olarak kullanılan ilaçların, hayvan vücudunda kalıntı bırakmaması, bırakıyorsa kullanımının örneğin besi hayvanlarında kesimden bir süre önce bırakılması, süte geçiyorsa sütün kullanılmaması gerekir. Bu özellikleri bakımından ilaçları güvenli ve riskli olan ilaçlar olarak gruplandırmak mümkündür. Yemde kullanılan Zinc basitrasin, klortetrasiklin, avoparsin, eritromisin, sodyum lasolocid, monensin, nistatin ve tilozin bu antibiyotiklerin en önemlileridir. Ancak bunlardan Zn Basitrasin, eritromisin, avoparsin ve tilozinin büyüme uyarıcı olarak kullanımı hem Avrupa Topluluğu Ülkelerinde, hem de ülkemizde yasaklanmıştır. Özellikle iyonofor antibiyotikler olarak nitelenen lasolocid ve monensin ruminantlarda çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Yemden yararlanmada ve özellikle canlı ağırlık kazancında artış sağlamaktadırlar. Genellikle yem tüketimini de düşürmektedirler. İyonofor antibiyotik olarak nitelenmelerinin nedeni belli 1 veya 2 değerli iyonlara karşı affinitesinin yüksek olması ve bunları bağlayarak mikroorganizmalar için rumende bu minerallerin mevcudiyetini düşürmeleridir. Ancak mineral antibiyotik kompleksi incelebağırsaklarda kolayca çözünabilmektedir. Bu iki antibiyotik koksidiyostat olarak ta kullanılmaktadır.

Yem katkı maddeleri içerisinde bir kısım tatlandırıcılar, emülsifikatörler, renklendiriciler, probiotikler, bazı absorban maddeler de vardır. Bunlar da yemde daha önce bildirilen bir kısım fonksiyonları yerine getirirler.

Ülkemizde ve Avrupa ülkelerinde yasak olmakla birlikte bir kısım hormon benzeri maddeler ABD'de kullanılabilmektedir. Bunların en önemlisi melengesterol asetattır. Bu sentetik bir progesterondur ve özellikle dişi etçi düvelerin besisinde kullanılır ve kullanım amacı östrusun baskı altında tutularak yemden yararlanma ve canlı ağırlık kazancının iyileştirilmesidir.

Yem katkısı olmamakla birlikte deri altı implantasyonlarla kullanılabilen bir kaç ürün kullanıma sunulmuştur. En önemlileri zeranol, östrojen + progesteron, testosteron + östrojen ve progesteron + östradiol kombinasyonlarıdır. Bunlar sırasıyla Ralgro, Synovex, Rapid-Gain ve Steer-oid ticari isimleri altında piyasaya sürülmüş durumdadır. Ancak ABD'de kullanılmaktadır.

6.2. Karma Yem

Hayvancılık, tarih boyunca insan beslenmesinde büyük önem taşıyan temel besin maddelerinin üretim kaynağını oluşturmuştur. Hayvancılık, bitkisel üretim ve endüstri atıkları gibi ürünlerin değerlendirilmesi ve istihdam alanları yaratma gibi ekonomik ve toplumsal işlevlere de sahiptir. Dünya nüfusundaki hızlı artış hayvansal ürünlere olan gereksinmeyi sürekli arttırdığından, hayvancılığın ülkelerin ekonomilerindeki yeri ve öneminin giderek artması sonucunu doğuracaktır.

Ülkelerin hayvancılığının gelişmesi yada et, süt, yumurta gibi hayvansal ürünlerin üretiminin artması için, yüksek verimli ırkların kullanılması yanında, hayvanların besin maddeleri gereksinmelerini yeterli ve dengeli bir şekilde karşılayacak rasyonlarla beslenmeleri gerekmektedir. Yüksek verimli hayvanların ve özellikle kanatlı kümes hayvanlarının 40'ın üzerindeki besin maddesi gereksinimlerinin bir iki yem ile karşılanması olanaksızdır. Hayvanlarda yetersiz beslenmeye bağlı sağlık sorunlarının önlenmesi, daha fazla ve daha nitelikli hayvanlar elde edilmesi için hayvan beslemede yeterli düzeyde karma yemlerin kullanımı büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle hayvancılığı gelişmiş ülkelerde karma yem endüstrisi ve buna bağlı olarak da karma yem üretim ve tüketiminin tarihsel süreç içerisinde büyük gelişmeler gösterdiği bilinmektedir. Ayrıca bu alanda gerçekleşen teknolojik gelişmeler karma yem endüstrisinin hayvansal üretime katkısını daha da büyük boyutlara ulaştırmıştır.

6.2.1. Karma Yem ve Önemi

Karma yem endüstrisinin hayvancılığa yaptığı büyük katkıyı daha iyi kavrayabilmek için karma yemin tanımının iyi bilinmesi gerekir. **Evcil hayvanların çok miktarda ve kalitede ürün vermelerini sağlayan, birden fazla yem hammaddesinin bir araya getirildiği, verileceği hayvanın gereksinmesi ölçüsünde besin madde içeriği dengeli ve yapısı garanti edilmiş yem karışımları, “karma yem”** olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımdan da anlaşılacağı üzere karma yem, hayvanın türüne, verim yönüne ve verim düzeyine göre içerik bakımından farklılaşmaktadır.

Öte yandan, ülkemizde çoğu zaman yanlış terimlerle ifade edilen karma yem, asla “suni yem” değildir. Karma yem tamamen doğal yemlerin karışımından oluşturulmuştur. İçeriğinde suni veya yapay olan hiçbir şey yoktur. Çiftlik hayvanlarının optimal düzeyde besin madde gereksinmelerinin karşılanmasında çok büyük öneme sahip olan ve tamamen doğal hammaddelerden üretilen yoğun yem karışımı karma yemler, tek bir yeme karşı da değişik üstünlüklere sahiptir. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Karma yemin en belirgin ve üstün özelliği birbirlerinin besin maddeleri bakımından eksikliklerini tamamlayacak yem maddelerini içermesidir.

2. Karma yemin tek yeme göre doğal besin maddelerini daha iyi koruması özelliği vardır. Özellikle vitaminler karma yemde daha iyi korunmaktadırlar.

3. Karma yemler, üretimleri aşamasında değişik teknolojik işlemlere uğradıklarından yabancı maddelerden büyük ölçüde arı, sindirilebilirlikleri daha yüksek, tat ve görünüşleri daha cazip olup hayvanlar tarafından iştahla ve sevilerek tüketilirler.

4. Karma yemlerin depolanması, taşınması ve kullanılması daha kolaydır.

5. Yem hammaddelerinde görülen ani fiyat değişimlerinden kolay kolay etkilenmez, daha ekonomik bir besleme sağlar.

Karma yemler, bu iş için özel olarak kurulmuş yem fabrikalarında üretilebileceği gibi işletme içine kurulmuş düşük tonajlı daha basit karma yem üretme ünitelerinde de üretilebilir. Ancak işletme koşullarında hazırlanan karma yemlerin, yem fabrikalarında üretilen karma yemlere göre bazı yetersizlikleri olabilir. Bunlar aşağıda özetlenmiştir. İşletme içine, karma yem üretimi amacıyla kurulan yem ünitesinin, söz konusu yetersizlikler açısından dikkatle incelenmesinde fayda vardır.

1. İşletmede hazırlanan karma yemler, besin madde içerikleri açısından her zaman kontrol edilemezler. Fabrikada, hammadde alımından satışa kadar sürekli kontrol vardır.

2. Fabrikada belirli teknolojiler kullanılarak uygulanan karıştırma işlemi, işletmede uygulanan basit karıştırma işleminden daha üstün olup etkili madde ve yem katkı maddelerinin yeme homojen karışımlarının sağlanması açısından çok önemlidir.

3. Karma yemlerin yapıları fabrikalarda bu işle ilgili teknik personel tarafından en son besleme bilgileri esas alınarak hazırlanmakta, işletmelerde hazırlanan karma yemler için bu koşul her zaman sağlanamamaktadır.

4. Fabrikalarda hazırlanan karma yemler üretim teknolojisine bağlı olarak daha uzun süreli depolanabilmekte, alınan tedbirler nedeniyle karma yemde bozulma çok uzun sürede oluşmaktadır. İşletmede üretilen karma yemler düşük teknoloji ürünü olduklarından daha kısa sürede bozulmaya uğrayabilmektedirler.

5. Fabrikalarda her türlü özel gereksinmeyi karşılayacak şekilde yem hazırlanabildiği halde işletmelerde sadece işletme gereksinimine uygun tek tip yem üretimi yapılır.

6. Karma yem fiyatı sıkı bir rekabet ortamında belirlendiğinden, fabrikalarda üretilen karma yemler, işletmede üretilenlere oranla daha ucuzdur.

Her ne kadar fabrikalarda üretilen karma yemlerin işletme içinde üretilen karma yemlere değişik üstünlükleri olsa da, işletme içinde üretilen karma yemler, karma yem endüstrisinin doğmasına, yani yem fabrikalarının kurulmasına neden olmuş ve günümüz hayvancılık endüstrisinin en önemli destek birimini oluşturmuştur.

6.2.2. Ülkemizde Karma Yem Sanayinin Gelişimi

Ülkemizde yem endüstrisinin kurulmasının gerekliliği 1945'li yıllarda önerilmesine rağmen, ilk yem fabrikası sığır besi yemi üretilmek amacıyla 1955 yılında özel bir firma tarafından İstanbul'da kurulmuştur. Başarısızlık nedeniyle bu fabrika kısa bir süre sonra

kapanmak zorunda kalmıştır. Bundan sonra Toprak Mahsulleri Ofisi tarafından büyük tahıl silolarının artıklarını değerlendirmek üzere İngiltere'den 3-6 ton/saat kapasiteli 15 adet yem fabrikası makine ve ekipmanları getirilmiştir. Ancak, karma yem üretiminin kendine özgü bilgi, teknik ve hammadde gereksinimi olduğu anlaşıncaya, bu işin ayrı bir kuruluş tarafından yürütülmesinin daha doğru olacağı kabul edilerek, 26.11.1956 tarihinde 'Yurt hayvancılığının kalkınması, gelişmesi ve veriminin çoğaltılması için gerekli olan tam veya tamamlayıcı özellikte hazır yem üretmek üzere mevcut yem çeşitlerini ve kaynaklarını işleyip, bu maddelerin tedarik, imal ve ticaretini yapmak ve amaca uygun olarak her türlü tarımsal, ticari ve sanayi teşebbüslere girmek' amacıyla "Yem Sanayi Türk A.Ş." kurulmuştur. Yem Sanayi Türk A.Ş. 1958'de Ankara ve Konya'da, 1959'da Erzurum'da, 1960 yılında da İstanbul'da birer yem fabrikasını işletmeye açmıştır.

Yem Sanayi Türk A.Ş., karma yemi hayvan yetiştiricilerine benimsetmeye çalışırken, özel sektöründe bu alana girmesini sağlamak amacıyla özel sermaye ile işbirliği ve ortaklık yoluna gitmiştir. Bu amaçla 1961-1962 yıllarında Tarihle İzmir'de, Çukobirlik'le Mersin'de ve özel girişimcilerle Eskişehir ve Bandırma'da ortak şirketler kurarak buralarda da yeni yem fabrikalarını devreye sokmuştur. Kamu ve özel sektör ortaklığı ile kurulan bu fabrikaların çalışmaların olumlu sonuçlar vermesi, hem Yem Sanayi Türk A.Ş.'nin hem de özel sektörün bu alana yatırım yapmasını teşvik etmiştir. Böylece yeni yem fabrikaları kurulmaya ve yem üretimi de artmaya başlamıştır. Aynı zamanda Doğu ve Güney Doğu Anadolu Bölgeleri'nde yem fabrikalarının açılması ile sektörün ülke genelinde yayılması sağlanmıştır. Ülkemizde ilk kurulan yem fabrikaları tam veya yarı ortaklı kamu kuruluşu şeklinde etkinlik gösterirken, 1964 yılından itibaren özel sektöründe devreye girmesiyle hem üretim teknolojisi, hem de satış koşullarında daha sıkı bir rekabet oluşmaya başlamıştır.

Ülkemizde karma yem endüstrisi ile ilgili ilk yasal düzenleme 7.7.1973 tarihinde 134 sayılı yem yasasının yürürlüğe konulması, bundan 1 yıl sonra da yem yönetmeliğinin yayınlanması ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca yasa ve yönetmelikteki görevleri yürütmek üzere önce 'Yem Tescil ve Kontrol İşleri Dairesi' ve daha sonra ise 'Genel Müdürlüğü' kurularak, karma yem üretiminde fabrika kuruluşundan üretilen yemin kalite kontrollerine kadar her türlü karar vermede tüm yetkiler bu kuruluşa verilmiştir. Ancak daha sonra Genel Müdürlük kaldırılarak bu görev Tarım ve Köyişleri Bakanlığı bünyesinde Şube Müdürlüğü düzeyinde yürütülmeye başlanmıştır. Karma yem nitelik kontrolleri de alışlagelmiş gıda kontrolleri ile yürütülmeye başlanmıştır.

Türkiye, hayvancılığı gelişmiş ülkelere oranla yem sektörüne yaklaşık yarım yüzyıl geç başlamasına rağmen gerek teknoloji açısından, gerekse yem kullanma bilinci açısından olumlu gelişmeler göstermiştir. Ülkemiz yem sektörünün üretim teknolojisi başlangıçta tamamen insan gücüne dayanan manuel bir sistemden oluştuğu halde son yıllarda otomasyona, hatta tamamen bilgisayar denetimli sistemlere doğru hızlı bir geçiş yaşanmaktadır.

Ülkemizde karma yem sektörü özellikle 1970'li yıllarda önemli gelişmeler göstermiştir. Yem sektöründeki bu gelişme ve karma yem fabrikalarının sayıları ve kapasitelerine ilişkin bilgiler Çizelge 6.4'de verilmiştir.

Çizelge 6.4. Yıllara göre Ülkemizdeki Yem Fabrikalarının Sayıları ve Kapasiteleri.

Yıllar	Yem Sanayi Türk A.Ş.		Kamu+Özel Sektör Ortaklığı		Özel Sektör		Toplam	
	Fabrika*	Kapasite**	Fabrika	Kapasite	Fabrika	Kapasite	Fabrika	Kapasite
1960	4	56	-	-	-	-	4	56
1965	4	56	4	48	3	30	11	134
1970	6	86	4	48	13	146	23	280
1975	7	172	11	210	29	285	47	667
1980	17	332	13	275	64	1050	94	1657
1985	24	456	14	270	142	2536	136	3262
1990	26	522	3	48	242	4707	271	5277
1995	-	-	-	-	351	8899	357	8899
1998-	-	-	-	-	464	11234	464	11234

*: Fabrika sayısı:adet

** : Kapasite: bin ton/yıl /tek vardiya

Yem sektöründeki gelişmeye paralel olarak Yem Sanayi Türk A.Ş. önce ortak olduğu fabrikalardaki hisselerini devretmiş, daha sonra da 20.05.1992 tarih ve 3058 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile özelleştirme kapsamına alınmıştır. Devlet 35 yılı aşkın bir süredir kurulmasına ve gelişmesine katkıda bulunduğu sektörde istenilen düzeyde gelindiğini düşünerek ve liberal ekonominin de bir gereği olarak yem sektöründen tamamen çekilmiştir. Halen ülkemizde faaliyet gösteren 464 yem fabrikasının tamamı özel sektörce işletilmektedir.

6.2.3. Karma Yem Teknolojisi ve Özellikleri

Yem fabrikalarında üretilen karma yemlerin salt yem olmaktan öte bir takım özelliklere de sahip olması gerekir. Bu özellikler, karma yemleri diğer yemlerden üstün yapan özelliklerdir. Dengeli ve garanti edilmiş besin madde içeriği yanında bir karma yemin homojen bir yapıya sahip olması, temiz, sağlıklı ve hayvanın yem tüketimini olumsuz yönde etkileyecek fiziksel özelliğe ve kimyasal içeriğe sahip olmaması gerekir. Bu koşulların sağlanması için hammadde alımından bunların teknolojik olarak işlenerek mamul maddeye dönüştürülünceye kadar uygun tekniklerin kullanılması gerekir.

Çiftlik hayvanlarının gerekli miktar ve kalitede verim verebilmeleri gereksinim duydukları besin maddelerini yeterli miktarda ve uygun oranlarda almalarına bağlıdır. Yani gereksinim duyulan besin maddelerinin miktarı kadar bunların uygun oranlar içinde alınması da önemlidir. Buna göre karmaya çok düşük miktarlarda (1 tona 0.5-1 kg) vitamin ve iz elementlerin homojen bir şekilde dağılıp diğer besin maddeleriyle uygun oranlar oluşturabilmesi için çok iyi karıştırılması gerekir. Öte yandan çok fabrikada karıştırıcılar yardımıyla çok iyi karıştırma ile homojenite sorunu bitmez. Hazırlanan karmanın hayvanın önüne konuluncaya kadar yani ambalajlama, taşıma, depolama ve sunma aşamasına kadar homojenitesini koruması gerekir.

Homojenite kadar önemli bir diğer konu da hijyenik açıdan temiz ve sağlıklı karma yem üretimidir. Gerek bitkisel ve gerekse hayvansal kökenli yemler oldukça fazla sayıda ve hemen faaliyete geçebilecek bazı mantarlar ve bakteriler gibi zararlı mikroorganizmalar içerirler. Karma

yem teknolojisinin en önemli özelliği zararlı mikroorganizmalar bakımından belirli sınırların aşılmayacağı hijyeniteye sahip yem üretimidir. Ayrıca bu yem içinde hayvanı yemden uzaklaştıracak, hayvanın sağlığını ve verimini tehdit edecek bir takım etkenlerin de mutlaka belirli sınırlar altında tutulması gerekmektedir.

Karma yemlerin bir diğer teknolojik özellikleri de depolama süreleri ile yani bozulmadan saklanabilmeleri ile ilgilidir. Depolama süresi, yemlerin üretimi aşamasında uygulanan işlemlere bağlı olarak uzayıp kısalabilir. Depolama sırasında karma yemin sahip olduğu rutubet yanında yapısında kolay okside olabilen bazı maddeler (yağlar) bu açıdan önemli etkilere sahiptir. Karma yem üretimi aşamasında yapılacak uygun manipulasyonlarla karma yemin mümkün olduğu kadar dayanıklı hale getirilmesi, yani uzun süre bozulmadan saklanabilir yapıda olmaları önemlidir.

Diğer bir konuda toz (mash) formdaki karma yemin en az işletme gideri ile uygun yapıda üretimidir. Toz formdaki yemin tozmasının engellenmesi için mutlaka melas ve yağ gibi sıvı yem kaynaklarından yararlanılması ve uygun teknoloji ile bunların yemlere katılmasıdır. Bu tür sıvı kaynakların yemlerde topaklaşmaya neden olmaması için uygun hammadde seçimine özen gösterilmesi gerekir.

Balık ve pet yemi gibi özel yemlerin üretiminde de uygun teknolojik işlemlerin dikkatlice seçilip, kullanılması gerekir. Bu tür yemlerde hazırlanan karışımın jelatinizasyon ve genişletme işlemlerinden geçirilmesi büyük önem taşır. Aksi takdirde karma yemle ile amaçlanan başarı gerçekleştirilemez.

6.2.4. Karma Yem Üretimi

Karma yem üretimi yem fabrikası adını verdiğimiz, karma yem üretime uygun teknolojik ekipmanlarla donatılmış birimlerde veya basit ekipmanlar yardımıyla işletme içinde yem ünitesi adı verilen mekanlarda yapılır. Bu mekanlardan yem fabrikasında üretilen karma yem, yem ünitelerinde üretilen karma yemlere oranla hayvan besleme açısından daha yüksek değer taşır. Bu nedenle bu konu kapsamında karma yem üretim mekanı olarak yem fabrikası esas alınacak ve buna ait özellikler verilecektir.

6.2.4.1. Yem Fabrikasının Kuruluş Yeri ve Yapısı

Karma yem fabrikasının teknik donanımının belirlenmesinden önce kuruluş yerinin iyi seçilmesi gerekir. Kurulacak yem fabrikasının her şeyden önce;

1. hammadde kaynaklarına yakın olmalı,
2. yem tüketim merkezlerine yakın olmalı,
3. ana ulaşım yoluna yakın ve bağlantısının kolay olmalı,
4. enerji ve su kaynağı içinde veya yakınında olmalıdır.

Fabrika yeri belirlendikten sonra fabrika için ayrılacak alanın ileriki yıllarda fabrikanın gelişimi dikkate alınarak yeterli büyüklükte olmasına dikkat edilmelidir. Çünkü zamanla oluşacak ve duruma göre yapılacak ilave depo ve ek tesisler için bir miktar alana ileride gereksinim doğabilecektir.

Yem fabrikasının binası ve yatay-dikey silolar, laboratuvar, idare binası vs gibi ek tesisler, ekonomik imkanlara bağılı olarak kullanılacak teknolojiye ve fizibilite raporu ile belirlenen üretim kapasitesine göre dizayn edilmelidir. Genellikle yem fabrikaları enerjiden tasarruf amacıyla dikey olarak kurulur ve üretim aşamasının birbirini takip eden bölümlerine yemi taşımak için yer çekiminden yararlanır. Ancak üretim işleminin başladığı en tepe noktaya yem hammaddelerini çıkarmak için elektrik enerjisi ile çalışan kovalı veya helezon götürücülerden yararlanır.

Günümüzde çok basit dizaynlarla kurulan yem fabrikaları olduğu gibi ultra-modern ve tam otomatik olarak çalışan yem fabrikaları da vardır. Fabrika binası ve ek tesislerin yapısal durumu ile kararlar, bu konuyla ilgili kanun ve yönetmeliklerin gereklerine ve hedeflenen kapasiteye bağılı olarak yapılacak fizibilite çalışmasına göre belirlenmelidir.

6.2.4.2. Yem Fabrikasının Çalışma Tekniğı

Yem fabrikalarının esas gelişimi son elli yılda olmasına karşın teknolojik bakımdan sahip oldukları ilerleme çok hızlıdır. Karma yem üretiminin ilk dönemlerinde, karmaya katılacak tüm hammaddeler belirlenen oranda tartılıp bir yere dökülüp belirli süre ile karıştırıldıktan sonra ambalajlanırdı. Daha sonraları karmaya katılım düzeyi düşük olan ek maddeler bir ön karışım halinde hazırlanıp sonra esas karmaya karıştırılmaya başlanmış ve böylece daha homojen karma yemler elde edilmeye çalışılmıştır. Daha ileri tarihlerde hammaddeler silolara çekilmiş, silolardan alınarak tartılıp karıştırılmış ve karıştırma işlemi süre olarak kısaltılmaya çalışılmıştır. Ayrıca değirmenlerin öğütme kapasiteleri artırılarak daha kısa sürede karma yem hazırlanmıştır. Günümüzde ise karma yem teknolojisi oldukça ileri duruma gelmiştir. Modern silolar, sıvı ve katı hammaddeler için ayrı ayrı dozajlama sistemleri, özel tertibatlı karıştırıcılar ve püskürtücüler, peletleme ve hızlı paketlenme sistemleri ve bilgisayar kontrollü donanımları ile modern bir üretim tesisi haline girmiştir. Ancak geri kalmış veya gelişmekte olan ülkelerde hala basit bir değirmen ve karıştırıcı görüntüsünde de yem fabrikaları bulmak mümkündür.

Modern anlamda karma yem üretimi tamamen bilgisayar sistemlerine bağımlı hale gelmiştir. Karma yem formülasyonlarının oluşturulmasından hammadde silolama, kırma-öğütme, dozajlama, peletleme, ambalajlama aşamasına kadar tüm sistem bilgisayar kontrolüne bağlanmış, en yüksek düzeyde kalite hedeflenirken, insan kaynaklı hata payı sıfıra çekilmeye çalışılmıştır. Bu alanda her gün yeni bir gelişme yaşanmakta, daha kaliteli ve daha ucuz yem için araştırma ve geliştirme faaliyetleri devam etmektedir.

Karma yem endüstrisinin bu kadar gelişmesindeki en büyük pay, tavukçuluk endüstrisine aittir. Tamamen karma yeme dayalı beslemenin yapıldığı bu hayvancılık kolu, karma yem endüstrisinin modern anlamda gelişimi için itici güç olmuş ve hala da olmaya devam etmektedir.

6.2.4.3. Karma Yem Fabrikasının Bölümleri

Yem hammaddelerinin belirli oranlarda ve belirli teknolojiler kullanılarak karıştırılması ile elde edilen karma yem, bir yem fabrikasında yer alan aşağıdaki bölümlerden tek tek geçerek mamul madde haline gelmektedir.

Buna göre bir yem fabrikasının üretime ait ana bölümleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Hammadde alım ve tartım bölümü
2. Hammadde silolama bölümü

3. Dozajlama bölümü
4. Öğütme-kırma veya ezme bölümü
5. Karıştırma bölümü
6. Peletleme (ve krambil) bölümü
7. Tartma-ambalajlama ve sevk bölümü
8. Kalite kontrol laboratuvarı

Ayrıca bu bölümlere ek olarak Öğütülmüş-ezilmiş veya kırılmış hammaddelerin depolandığı bölüm ile mamül madde silolama bölümü de bulunabilir.

Karma yem üretimi amacıyla yem fabrikasına alınan sıvı ve katı hammaddeler tartımları yapılarak kovalı, bantlı veya helezon taşıyıcılar aracılığıyla ilgili yatay veya dikey veya özel silolara çekilirler. Elenmesi gereken hammaddeler ise elendikten sonra ilgili siloya götürücüler yardımıyla çekilir. Üretilcek karma yemin formülasyonuna bağlı olarak öğütülmesi-ezilmesi veya kırılması gereken hammaddeler depolandıkları silodan alınarak tartılır ve öğütücü-ezici veya kırıcı değirmenden geçirilerek karıştırıcıya aktarılır. Sıvı hammaddeler (yağ, amino asit, vitamin vb.) ve toz formdaki hammaddeler doğrudan karıştırıcıya aktarılırlar ve burada uygun süre ile karıştırılırlar.

Karıştırıcıdan çıkan yemler, yemin tipine ve satışa sunma zamanına göre değişik yollar izler. Karışım işlemini takiben yem hemen satışa sunulmayacaksa karıştırıcı çıkışı mamul silolarına çekilir. Ne zaman satışa sunulacaksa yemin türüne ve tipine göre aşağıdaki işlemlerden biri uygulanır.

1. Karışım işlemini takiben yem toz formda ruminantlar için kullanılmak üzere satışa sunulacaksa melasiyerden (%7'ye kadar melas ilavesi için) geçirilir ve ambalajlamaya sevk edilir.

2. Karışım işlemini takiben yem toz formda kanatlılar için kullanılmak üzere satışa sunulacaksa doğrudan ambalajlamaya sevk edilir. Melas ilavesi istenirse (düşük düzeyde; en fazla %2) melasiyerden geçirildikten sonra ambalajlamaya gönderilir.

3. Karışım işlemini takiben yemler peletlenecekse (ruminant yemleri önce melasiyerden geçirilir ve sonra) tavlama bölümüne nakledilir. Buradan pelet presine geçer ve peletlenmiş olarak dışarı çıkar. Soğutucudan geçirilen pelet yem krambil olarak üretilcekse krambil yapıcı ekipmana veya eleklerden geçirilerek pelet yem olarak doğrudan ambalajlama ünitesine sevk edilir. Elek altında kalan peletlenememiş artıklar ise tekrar peletleme ünitesinin tavlama bölümüne geri döndürülür.

4. Karışım işlemini takiben yemin genişletilmesi gerekiyorsa ekspanderlara nakledilir. Daha sonra peletlenir, soğutulur ve elendikten sonra ambalajlamaya sevk edilir. Yem krambil olarak üretilcekse soğutucudan sonra krambil makinasına gönderilir ve ambalajlamaya sevk edilir.

5. Karma yem ekstruder kullanılarak balık yemi veya özel şekilli kedi-köpek yemi olarak üretilecekse önce genleştirme için ekstruderlere gönderilir ve ekstruder ağzındaki kalıptan çıkarılarak uygun uzunlukta kesilir, soğutulur, elenir ve ambalajlamaya sevk edilir.

6.2.5. Ülkemizde Karma Yem Üretim Düzeyi ve Kullanımı

Dünya karma yem üretimi 1996 yılında 528 milyon ton olup, üretim 2002 yılında 604 milyon tona ulaşmıştır. Dünya karma yem üretimi içerisinde kanatlı hayvan yemleri %37'lik payla ilk sırada yer almaktadır. Bunu %32'lik bir payla domuz yemleri, %25'lik bir payla da süt ve besi hayvanı yemleri izlemektedir. Diğer hayvan türleri için üretilen karma yemlerin miktarı ise toplam üretimin ancak %6'sını oluşturmaktadır (Çizelge 6.5).

Çizelge 6.5. Dünya Karma Yem Üretiminin Yem Gruplarına Göre Dağılımı.

Karma Yem Çeşidi	2002 Yılı Üretimi	
	Milyon/ton	%
Kanatlı Hayvan Yemleri	224	37
Domuz Yemleri	193	32
Süt ve Besi Hayvanı Yemleri	151	25
Diğer Yemler	36	6
Toplam	604	100

Çizelge 6.6. Bazı Avrupa Topluluğu Ülkeleri ve Türkiye'nin 1998, 2000, 2001 ve 2002 Yılı Karma Yem Üretimleri.

Ülkeler	Üretim Miktarı (milyon ton)			
	1998	2000	2001	2002
Fransa	24.1	22.9	23.3	22.7
Almanya	18.9	18.8	19.5	19.7
İspanya	15.3	17.0	17.4	18.8
Hollanda	14.5	15.8	14.5	13.2
İngiltere	11.7	12.3	14.0	13.4
İtalya	11.6	11.1	12.1	12.5
Belçika	6.1	6.5	6.4	6.3
Danimarka	5.8	5.6	6.1	5.8
Türkiye	5.2	6.7	4.7	5.2

Türkiye'de karma yem üretim kapasitesinde önemli artışlar sağlanmakla birlikte üretimde istenilen düzeye ulaşamamıştır. Türkiye ve bazı gelişmiş ülkelerin karma yem üretimleri incelendiğinde ülkemizde karma yem üretimi ve kullanımının düşük olduğu görülmektedir. Çizelge 6.6'da görüldüğü gibi, nüfus ve hayvan varlığı bakımından çoğu bizden daha küçük olan

bu ülkelerin karma yem üretimleri dikkate alındığında, Türkiye'den daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu ülkelerde karma yemlerin yaklaşık %30'unu domuz yemleri oluşturmakla birlikte, karma yem gereksinimine etki eden kaliteli çayır-mer'a alanları ve yem bitkileri üretimi açısından bu ülkelerin oldukça yüksek bir potansiyele sahip oldukları da unutulmamalıdır.

Türkiye karma yem üretiminde yıllar itibariyle yavaş da olsa bir artış söz konusudur. Ülkemizde karma yem üretiminde yem gruplarına göre dağılım incelendiğinde, kuruluş yıllarında kanatlı yemlerinin toplam yem üretimi içerisindeki payının %60'ın üzerinde olduğu halde, son 20 yıl içerisinde ise sürekli düşerek, 1998 yılında %42'ye indiği görülecektir. Türkiye'de karma yem üretiminde ana yem grupları ve yıllar itibariyle dağılımı Çizelge 6.7'de verilmiştir.

Çizelge 6.7. Yıllara Göre Türkiye Karma Yem Üretimi ve Hayvan Gruplarına Göre Dağılımı.

Yıllar	Kanatlı Kümes		Büyükbaş- Küçükbaş		Diğer Yemler		Toplam
	Hayvanları Yemleri		Hayvan Yemleri				
	Ton	%	Ton	%	Ton	%	Ton
1960	3.737	65.0	1.841	32.0	213	3.0	5.791
1970	136.920	63.0	72.468	33.0	8.687	4.0	218.975
1975	319.874	60.0	200.000	38.2	9.877	1.8	529.751
1980	609.703	42.1	834.280	57.6	5.008	0.3	1.448.991
1985	1.167.526	38.4	1.849.016	60.8	25.718	0.8	3.042.260
1990	1.416.110	35.6	2.537.137	63.8	22.835	0.6	3.976.082
1995	1.707.000	38.1	2.749.000	61.3	27.000	0.6	4.483.000
1997	2.126.932	42.9	2.796.851	56.4	35.928	0.7	4.959.711
1998	2.217.391	42.0	2.996.242	56.8	61.917	1.1	5.275.550
2000	3.012.483	45.2	3.606.788	54.1	42.955	0.7	6.662.226
2001	2.222.623	47.1	2.462.048	52.1	39.215	0.8	4.723.886
2002	2.511.045	48.5	2.656.639	51.3	51.713	1.0	5.176.081
2003	2.414.996	49.6	2.410.679	49.5	42.477	0.9	4.868.152

Çizelge 6.8'de de görüldüğü gibi Türkiye'nin tavuk sayısı 1980 yılına kadar yaklaşık 4 kat artarken sığır, koyun ve keçi sayısında önemli düşüşler görülmüştür. Son 20 yıllık sürede sığır sayısı %68, koyun-keçi sayısı ise %48 oranında azalmıştır. Ekonomik anlamda kanatlı yetiştiriciliği ancak karma yem kullanımı ile mümkün olduğu için kanatlı hayvan sayısındaki artışa bağlı olarak karma yem kullanımında da artış gözlenmektedir. Son yıllarda bazı tavukçuluk işletmeleri kendi yemini kendisi ürettiği için kanatlı yemi üretimindeki artışın ve toplam karma yem üretimindeki payının Çizelge 6.7'de belirtilen değerlerden daha yüksek olduğu tahmin edilmektedir. Buna karşın günümüzde büyük ve küçükbaş hayvan yemlerinin tüketim düzeyi 1989 yılındaki tüketim düzeyini ancak yakalayabilmiştir. Bunun başlıca nedenleri; Çizelge 6.8'de belirtildiği gibi büyükbaş ve küçükbaş hayvan varlığımızın sayıca azalması, bu kesimdeki yetiştiricilerimizin karma yem kullanma bilinci ve alışkanlığının yetersiz olması ve

teşvik uygulamalarının kaldırılmasıdır. Nitekim, karma yeme teşvik uygulanan yıllarda bu grupta çok büyük artış sağlanırken, teşvikin kaldırılması ile gerileme ortaya çıkmıştır.

Çizelge 6.8. Türkiye'nin Hayvansal Türleri Sayısının Yıllara Göre Dağılımı (bin baş).

Hayvan Türü	Yıllar				
	1980	1985	1990	1995	2000
Tavuk	58.584	61.046	96.676	129.015	258.168
Hindi	2.866	3.315	3.127	3.291	3.800
Sığır	15.894	12.466	11.377	11.789	10.765
Koyun	48.630	42.500	40.553	33.791	28.492
Keçi	19.051	13.336	10.977	9.111	7.201
Diğer	1.031	756	884	670	146

Karma yem sanayinde talep yetersizliği nedeniyle sektör %50 kapasitesi ile çalışmaktadır. Kapasite kullanımının artırılması için yeni fabrikaların açılması yerine mevcut fabrikaların kapasite kullanımlarının artırılması gerekmektedir. Bugün, büyük ve küçükbaş hayvanlarımızın ancak üçte biri tarafından karma yem tüketilmektedir. Karma yem kullanımının artırılması ile hem karma yem üretimi, hem de yeterli ve dengeli beslenme ile hayvansal üretim artırılmış olacaktır.

7. ÇİFTLİK HAYVANLARININ BESİN MADDE GEREKSİNİMİ

Çiftlik hayvanlarının gereksinim duyduğu besin maddelerinin miktarının açıklanması; “**Yemleme (Besleme) Standartları**” olarak tanımlanmaktadır. Bu aynı zamanda **Besin Madde Gereksinmesi** olarak da nitelenmektedir. Besin madde gereksinimleri günlük gereksinim duyulan miktar olarak veya rasyonda bulunması gereken miktar olarak ifade edilebilmektedir. Besin madde gereksinimleri ve bununla ilgili standartlar hayvanların her fonksiyonu için ayrı ayrı verilir. Örneğin bir süt sığırları için yaşama payı ve süt verimi gereksinmesi, bir tavuk için yaşama payı ve yumurta verimi gereksinmesi olarak ifade edilir. Ancak etlik piliçlerde yaşama payı ve verim payı, verimin canlı ağırlık kazancı olması nedeniyle kombine edilir, yani birlikte düşünülür. Ayrıca özel fonksiyonlar için gereksinim duyulan vitamin ve iz mineral gibi besin madde gereksinimleri, yaşama payı ve verim payı olarak ayrı ayrı tanımlanmaz, hayvanın türü, yem tüketimi, verim yönü, verim durumu ve çevre koşullarına göre günlük toplam gereksinim şeklinde ifade edilir.

Çiftlik hayvanlarının besin madde gereksinimleri ile standartlar bir kısım araştırma kuruluşları tarafından ilgili ülkelerde yayınlanmakta ve çiftçiler için rehber olmaktadır. Bu araştırma kuruluşları arasında Amerikada NRC (National Research Council), İngilterede ARC (Agricultural Research Council), AFRC (Agricultural and Food Research Council), MAFF (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food), Almanya'da DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft), Fransa'da INRA (Institut National de Recherche Agronomique), Avustralya'da CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization) gibi kuruluşlar bulunmakta ve bu kuruluşlar tarafından değişik çiftlik hayvanları için yemleme veya besleme standartları yayınlanmaktadır.

7.1. Besin Madde Gereksinmesinin Saptanması

Çiftlik hayvanlarının temel besin madde gereksinimleri (özellikle enerji ve protein için), genellikle yaşama payı ve verim payı olmak üzere iki başlık altında incelenir ve günlük gereksinim bunların toplamı şeklinde ifade edilir. Ancak, yukarıda açıklandığı gibi, bazı özel besin maddelerine duyulan günlük gereksinimler (yaşama payı ile verim payı besin madde gereksinimleri kombine edilen hayvanlarda), bu ayırımın dışında kalır.

7.1.1. Yaşama Payı

Bir hayvanın yaşama payı, o hayvanın vücut kompozisyonu sabit kaldığı, canlı ağırlık kazancının olmadığı ve hiç bir verim vermediği koşullardaki gereksinmeyi ifade eder. Yani, besin maddeler bakımından kazanç ve kaybın olmadığı ve besin madde dengesinin *sıfır* olduğu koşuldaki gereksinmeye “**yaşama payı**” adı verilir. Çiftlik hayvanları çok nadiren bu tanımlanan fizyolojik koşullar altında tutulabilirler. Bu yaklaşımlar daha çok gereksinimlerin tanımlanabilmesi için yapılmış akademik yaklaşımlardır. Çizelge 7.1’de farklı türlerin farklı amaçlar için gereksinim duyduğu enerji miktarları verilmiştir.

Çizelgeden de görülebileceği gibi yüksek verimli hayvanlarda, alınan enerji daha çok verim için kullanılmaktadır. Başka bir deyişle yaşama payı için kullanılan enerjinin toplam enerji gereksinimindeki payı daha düşüktür.

Çizelge 7.1. Çiftlik Hayvanlarının Farklı Amaçlar İçin Gereksinim Duyduğu Enerji Miktarları.

Özellikler	NE gereksinmesi, MJ		Toplam Gereksinimde YP oranı (%)
	Yaşama Payı (YP)	Verim Payı (VP)	
Günlük değerler			
500 kg CA, 20 kg süt veren inek	32	63	34
300 kg CA, 1 kg GCAK kastre dana	23	16	59
50 kg CA, 0.75 kg GCAK domuz	7	10	41
1 kg Ca, 85 g GCAK piliç	0.5	0.32	61
Yıllık değerler			
500 kg CA, 35 kg buzağı ve 5000 kg süt veren inek	12200	16000	43
200 kg CA, 1.5 kg 16 yavru 750 kg süt veren dişi domuz	7100	4600	61
2 kg CA ve 250 yumurta veren bir yumurta tavuğu	190	95	67

Aç bırakılan hayvanlarda yaşama payı besin madde gereksinimlerini karşılamak için kendi vücut dokularını kullanmaya başlarlar. Enerji gereksinmesi karşılanamadığı zaman vücut yağ dokularının kullanılması ve okside edilmesiyle vücutta ısı üretilir. Bu durumdaki hayvan, negatif enerji dengesindedir. Aynı durum diğer besin maddeleri için de geçerlidir. Yetersiz protein temini, kas dokunun; yetersiz mineral temini, kemik dokunun yıkılmasına neden olur. Bütün bu durumlarda hayvanlar ele alınan besin madde bakımından negatif bilançoya sahiptirler.

7.1.1.1. Yaşama Payı Enerji Gereksinmesi

Çiftlik hayvanları, hareket, solunum, kan dolaşımı, yem alımı, alınan yemlerin ağızdan itibaren sindirimi, boşaltım, beden sıcaklığının ayarlanması ve değişik metabolizma ürünlerinin sentezlenmesi için belirli düzeyde enerjiye gereksinim duyarlar. Organizmanın gereksinim duyduğu bu enerjinin önemli bir kısmı temel yaşam olayları için, geri kalan kısmı ise vücut sıcaklığının ayarlanması ve basit fiziksel hareketler için gerekli olan enerjidir. Özetle, organizmanın yaşam için gereksinim duyduğu enerjiye yaşama payı enerji gereksinimi adı verilir.

Yaşama payı enerji gereksinmesinin hesaplanmasında, hayvanın canlı ağırlığı esas alınır. Temelde canlı ağırlığa göre değişen bazal metabolizma ve bazal metabolizmaya etkileyen tüm faktörler, çiftlik hayvanlarının yaşama payı enerji gereksinimlerini de etkiler.

Bazal Metabolizma:

Daha öncede değinildiği gibi hiç verim vermeyen tamamen dinlenik durumda ve sindirim sonrası besin madde emilim olaylarının bitmesini takip eden dönemdeki bir hayvanın normal yaşama faaliyetleri için vücutlarında ürettikleri ısı, **bazal metabolizma** olarak tanımlanır. Yaşamsal faaliyetler için harcanan enerji, ısı enerjisi olarak ortaya çıkar ve bu enerji çevreye radyasyon, konduksiyon, konveksiyon ve dolaylı olarak evaporasyonla yayılır. Çevreye yayılan bu enerji, hayvanın yaşama payı için gereksinim duyduğu en düşük (minimum) net enerji miktarıdır, yani minimal enerjidir.

Bazal metabolizmanın ölçülmesi çok karmaşıktır. Hayvan tarafından üretilen ısıнын tek kaynağı bazal metabolizma değildir. Sindirim ve besin maddelerinin metabolizması sırasında da ve isteğe bağlı kas hareketleriyle de ısı enerjisi açığa çıkar. Ayrıca soğuk çevre koşulları, vücut sıcaklığının korunmasına yönelik olarak vücutta üretilen ısı enerjisini artırır.

Hayvanlarda bazal metabolizma hayvanların aldıkları yemi sindirmelerinden ve açığa çıkan besin maddelerinin emilmelerinden sonra (post absorptif dönemde) belirlenir. İnsanlarda bir gecelik açlık bunun için yeterlidir. Ancak ruminantlarda birkaç gün (en az 4 gün) gereklidir. Domuzlar için 4 gün ve kanatlı hayvanlarda 2 gün gereklidir.

Post absorptif dönem farklı göstergeler kullanılarak belirlenebilir. Eğer ısı üretimi devamlı ölçülüyor ise ısı üretiminde sabit hızda bir düşüş önemli bir göstergedir. Diğer bir ipucu da solunum katsayısının 0.7'ye yakın bir değere ulaşmasıdır. Zira post absorptif dönemde vücut rezervlerinin kullanılmaya başladığı dönemde protein ve karbonhidrat yıkımı ihmal edilebilecek düzeydedir. Esas yıkım ürünü yağlardır ve teorik solunum katsayısı 0.7 ye yaklaşırsa hayvan artık vücut rezervlerini kullanmaya başlamış demektir. Ruminantlarda post absorptif döneme ulaşılmasının en önemli göstergesi metan üretiminin düşmesidir.

Bazal metabolizmaya karışması muhtemel olan kas aktivitesinden kaynaklanan ısı artışı, insanlarda dinlenik durum sağlanarak gerçekleştirilebilir. Ancak, hayvanlarda gerçek dinlenik durumu elde etmek zordur. En azından hayvan ayakta durmak için enerji harcamaktadır.

Çiftlik hayvanlarında bazal metabolizma metabolik vücut büyüklüğü üzerinden açıklanmaktadır. Çizelge 7.2'de farklı türler için bazal metabolizmaya ilişkin değerler verilmiştir.

Çizelge 7.2. Çiftlik Hayvanlarında Bazal Metabolizmaya İlişkin Değerler.

Hayvanlar	CA, kg	Bazal Metabolizma (MJ NE/gün)			
		gün	kg CA	m ²	Kg CA ^{0.75}
İnek	500	34.1	0.068	7.0	0.32
Domuz	70	7.5	0.107	5.1	0.31
İnsan	70	7.1	0.101	3.9	0.29
Koyun	50	4.3	0.086	3.6	0.23
Kanatlı hayvanlar	2	0.6	0.300	--	0.36
Fare	0.3	0.12	0.400	3.6	0.30

Çiftlik hayvanları için gereksinmelerde yüzey alanı ile ağırlık arasındaki ilişkiye logaritmik bir yaklaşım sergilenmiş ve gereksinmeler ilk başta CA^{0.67} kuvvetiyle ifade edilmiştir. Daha sonra bazal metabolizmayla CA^{0.73} kuvvetiyle gereksinme arasında önemli bir ilişki belirlenmiş 1964 yılına kadar CA^{0.73} kullanılmıştır. Bu tarihten sonra 0.73 0.75'e yuvarlanmış ve kullanılmaya başlanmıştır. Canlı ağırlığın 0.75. kuvveti, metabolik canlı ağırlık olarak nitelenmektedir.

Vücut büyüklükleri farklı bir çok hayvan için ortalama bazal metabolizma 70 kcal NE/CA^{0.75} veya 0.27 MJ NE/kgCA^{0.75} şeklinde tanımlanmıştır.

Bazal metabolizmaya veya minimal enerji gereksinmesine ek olarak basit kas hareketleri ve vücut sıcaklığının dengelenmesini de içeren gereksinme, hayvanlar için yaşama payı gereksinmesinin bütünüdür. Yaşama payı gereksinmesi, bazal metabolizma yemleme

denemeleriyle de ortaya konabilir. Hayvanların yemle aldığı toplam enerji miktarı ve verimle elde edilen net enerji miktarı bilindiğinde, hayvanın enerji dengesi belirlenebilir. Teorik olarak verilecek yem miktarı ayarlanarak hayvanın enerji dengesinin sıfır olması sağlanabilir. Enerji dengesinin sıfır olması, vücut rezervlerinin hiç kullanılmadığı ve hiç ağırlık artışının veya verimin sağlanmadığı düzeydir. Yani sadece yaşama payı enerji düzeyidir.

Örneğin 11 MJ ME/kg içeren yemden 3.3 kg/gün tüketen 300 kg canlı ağırlığa ve vücudunda $k_{cak}=0.5$ etkinlikle 2MJ/gün NE biriktiren bir dananın yaşama payı ME gereksinmesi aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$3.3 \text{ kg/gün} \times 11 \text{ MJ ME/kg} - 2 \text{ MJ NE}/0.5 (k_{cak}=NE/ME) = 32.3 \text{ MJ ME/gün}$$

Benzer şekilde hayvan tarafından tüketilen enerji, yaşama payı ve verim payı arasında regrasyon yaklaşımıyla belli standartlar oluşturulabilir.

$$ME \text{ (Mcal/gün)} = aCA^{0.75} + b \text{ CAK}$$
 şeklinde regrasyon denklemi geliştirilebilir.

a parametresi 1 kg metabolik vücut büyüklüğü için ihtiyaç duyulan ME miktarını,

b parametresi için 1 kg canlı ağırlık kazancı için gereksinim duyulan ME miktarını tanımlar.

Birden fazla ürün veren hayvanlarda regrasyon eşitliğinin sağ tarafında diğer verimler için de terimler eklenir. Örneğin 1. ve 2. laktasyonunda olan süt sığırlarında büyüme devam ettiği için süt verimi yanında canlı ağırlık artışı da vardır.

Farklı çiftlik hayvanları için tanımlanan yaşama payı ME gereksinim düzeyleri aşağıda verilmiştir.

Süt Sığırları	$ME \text{ (Mcal/gün)} = 0.133 CA^{0.75}$
Sağmal Koyun	$ME \text{ (Mcal/gün)} = 0.096 CA^{0.75}$
Sağmal Keçi	$ME \text{ (Mcal/gün)} = 0.101 CA^{0.75}$
Domuz	$ME \text{ (Mcal/gün)} = 0.103 CA^{0.75}$
Yumurta Tavuğu	$ME \text{ (Mcal/gün)} = 0.135 CA^{0.75}$

Keçilerde yaşama payına eklenen aktivite payı, arazideki yem varlığı ve arazinin topografik yapısına göre önemli düzeyde değişir. Entansif üretimde az miktarda otlatma koşullarında yaşama payı gereksinmesi %25, yarı kurak iklim ve hafif tepelik koşullarda %50 ve çok kötü vejetasyon koşullarında uzun mesafeler otlatılma gerektiren koşullarda %75 artırılması gerekir. Ayrıca tüm çiftlik hayvanlarında, bazal metabolizmayı etkileyen tüm faktörler, yaşama payı enerji gereksinmesini de etkiler.

Bazal Metabolizmayı Etkileyen Faktörler

Çiftlik hayvanlarında bazal metabolizma, hayvanın türü, yaşı, cinsiyeti, beslenme düzeyi, günlük fiziksel aktivitesi, iklim ve verim düzeyi gibi faktörlerin etkisi altında şekillenir. Bunlara ilişkin kısa açıklamalar aşağıda sunulmuştur.

Tür: Çizelge 7.2'de de görüldüğü gibi farklı türlerde bazal metabolizma az çok farklılık göstermektedir. Örneğin sığır, türler ortalaması olarak kabul edilen bazal metabolizma ($0.32 \text{ MJ}=70 \text{ kcal/kg CA}^{0.75}$) değerinden %15 daha yüksek, koyun ise %15 daha düşük değer göstermektedir.

Yaş ve cinsiyet: Aynı türde farklı çağılardaki hayvanlarda bazal metabolizma değişmektedir. Genç hayvanlarda bazal metabolizma daha yüksektir. Örneğin genç bir buzağıda bazal metabolizma $0.39 \text{ MJ/kgCA}^{0.75}$ iken, inekte $0.32 \text{ MJ/kgCA}^{0.75}$ tir.

Besiye alınacak erkek danalarda bazal metabolizma düvelerden ve kastre edilmiş erkek hayvanlardan %15 kadar daha yüksektir. Benzer olarak kanatlı hayvanlarda erkeklerde bazal metabolizma dişilere oranla daha yüksektir.

Beslenme Düzeyi: Bazal metabolizmanın belirlenmesinden önceki besleme düzeyi hayvanların bazal metabolizmasını önemli düzeyde etkilemektedir. Eğer bazal metabolizması belirlenecek hayvanlar daha önce yüksek besleme düzeyinde tutulmuşlarsa, bazal metabolizmanın belirlenmesi sırasında metabolizmaları daha yüksek belirlenir. Halbuki düşük besleme düzeyinde tutulmuş hayvanların metabolizmaları daha düşüktür. Besleme düzeyinin düşük olduğu hayvanlarda yaşama payı için besin maddelerinin kullanım etkinliği de daha yüksektir. Düşük besleme düzeyinde tutulmuş hayvanların hayati organlarının boyutunda ve metabolik aktivitelerindeki değişimde bu etkiyi açıklamaktadır. Yetersiz beslenen hayvanlarda hayati organların boyutu ve metabolik aktiviteleri düşmektedir. Bu durum belirlenen bazal metabolizmada yanılgılara neden olan en önemli konulardandır.

Fiziksel Aktivite: Hayvanın yaşamını devam ettirecek kadar yemi alması için gereksinim duyduğu kas aktivitesinin karşılanmasında kullanılan enerjiye, aktivite payı adı verilir. Çizelge 8.3'de 50 kg canlı ağırlığa sahip olan bir koyunun fiziksel aktivitesinin enerji maliyeti gösterilmektedir.

Çizelge 7.3. 50 kg Canlı Ağırlığa Sahip Olan Bir Koyunun Fiziksel Aktivitesinin Enerji Maliyeti.

Aktivite	KJ/ kg CA	Aktivite Süresi ve sıklığı	Günlük Gereksinme (kJ/gün)
Ayakta durma	0.4 kJ/saat	9saat /gün	180
Pozisyon değiştirme (yatıp kalkma)	0.26kJ	6 kez/gün	78
Yürüme	2.6 kJ/km	5 km/gün	650
Tırmanma	28 kJ/km	0.2km/gün	280
Yem tüketme	2.5 kJ/saat	2-8 saat/gün	250-1000
Geviş getirme	2.0 kJ/saat	8 saat/gün	800
Bazal metabolizma			4300

Buna göre ahırda barındırılan hayvanlarla merada otlatılan hayvanların yaşama payı gereksinimleri arasında önemli farklar vardır. Merada otlayan hayvanların gereksinmesi; meradaki ot mevcudiyetine, meranın topografik yapısına ve hayvan türüne göre farklılıklar gösterir. Merada otlayan hayvanların gereksinmesi içerde barındırılan hayvanlardan genel olarak %25-50 daha yüksektir.

İklim Etkisi-Termoregülasyon: Normal üretim koşullarında çok değişken iklimsel faktörler, yaşama payı enerji gereksinmesini etkilerler. Farklı hayvan türleri için optimum sıcaklık

gereksinimleri farklıdır. Bu sıcaklık değerlerinden sapma meydana gelmesi gereksinimleri etkiler. Düşük sıcaklıklarda vücut sıcaklığının korunması için ek enerjiye gereksinim vardır.

Memeli hayvanlar ve kanatlı hayvanlar homeoterm hayvanlardır. Yani, sıcak kanlı ve vücut sıcaklıklarını belirli sınırlar içinde sabit tutmak zorunda olan hayvanlardır. Bu hayvanlar, dış çevre sıcaklığına karşı vücut sıcaklıklarını korumak için vücutlarında sürekli ısı üretirler ve bu ısıyı kendilerini saran çevreye yayarlar. Bunu da vücut yüzeylerinden radyasyon, konveksiyon, konduksiyon yoluyla ve yine vücut yüzeyi ve akciğerlerinden evaporasyonla gerçekleştirirler. 1kg suyun evapore edilmesi sırasında 2.52 MJ enerji kaybedilir.

Hayvanların vücutlarında oluşan ısıyı uzaklaştırmalarını etkileyen diğer iklimsel faktörler solar radyasyon, hava hareketi ve ortam nemidir.

Çiftlik hayvanlarının vücut sıcaklığını korumak için ısı üretmek zorunda olmadıkları en düşük sıcaklık **“en düşük kritik sıcaklık”**, vücutlarında oluşan ısıyı uzaklaştırmak için ek enerjiye gereksinim duymadıkları en yüksek sıcaklığa da **“en yüksek kritik sıcaklık”** denmektedir. Bu iki sıcaklığın arası da **“termonötral aralık (rahatlık bölgesi)”** (thermoneutral zone) olarak tanımlanmaktadır.

Ruminant hayvanlar kanatlı hayvanlar ve domuzlardan daha geniş bir termonötral aralığa ve daha düşük en düşük kritik sıcaklık değerlerine sahiptirler (Çizelge 7.4). Ayrıca ruminantlarda yemlerin ısı artışı da daha yüksektir (daha düşük enerji kullanım etkinliği (k) söz konusudur. Ruminantların bu bakımdan diğer bir farklılığı da, gün içinde sindirim ve geviş getirmenin sürekliliği nedeniyle, ısı üretiminin de sürekli olmasıdır. Halbuki kanatlı hayvanlar ve domuzlar, tükettikleri yemleri kısa süre içinde metabolize ederler. En düşük kritik sıcaklığı etkileyen diğer faktörler hayvanların sahip olduğu deri altı yağ doku miktarı, deri kalınlığı, kıl örtüsü miktarı ve uzunluklarıdır.

Yüksek sıcaklık koşullarında hayvanlar, vücutlarında ısı artışına neden olacak kas hareketlerini ve yem tüketimini düşürürler. Tüketilen her bir gram yem, hayvanlar üzerinde termojenik etki yaratır, yani vücutta ısı artışına neden olur. Yüksek sıcaklıkta hayvanlar sadece kas hareketlerini ve yem tüketimlerini düşürmekle kalmaz, vücutlarını mümkün olduğunca yayarlar ve vücuttan ısı uzaklaştırmayı kolaylaştırmaya çalışırlar. Ayrıca solunum sayılarını artırarak (panting) evaporasyon yoluyla vücuttan ısı uzaklaştırmaya çalışırlar.

Düşük sıcaklıklarda ise hayvanlar daha fazla yem tüketirler. Vücutta ısı üretimini artırmak için kas titremesiyle ısı üretirler ve vücut sıcaklığını korumaya çalışırlar.

Düşük sıcaklıklarda vücut sıcaklığını korumak, yüksek sıcaklıklarda vücuttaki fazla ısıyı uzaklaştırmak için çiftlik hayvanları ek enerjiye gereksinim duyarlar. Yaşama payı gereksinmesi artar. Ancak kanatlı hayvanlar için bildirilen bir diğer görüşe göre; yüksek sıcaklıkta, bazal metabolizmanın düşmesi ile birlikte yaşama payı enerji gereksinmesi düşer.

Yeni doğan domuz yavrusu, kuzu, oğlak ve buzağılar yeterince enerji deposuna ve izolasyona sahip değildirler. Deride ince ve yeterli kıl örtüsü yoktur. Bu nedenle de sıklıkla soğuk stresine maruz kalırlar. Yavru yeterince süt alamaz ise vücudunda yeterince ısı üretemez. Kuzu ve buzağılar ısı üretimi için kullanılan **kahverengi yağ doku** olarak nitelenen **spesifik bir depoya** sahiptir. Kahverengi yağ doku genç hayvanların karın ve omuz

bölümlerinde depolanır. Bu bölümlerde yağ globülleri depolanır ve bu hücreler bu yağı aktif olarak metabolize ederler. Burada serbestleşen enerji ATP ye değil ısı enerjisine dönüştürülür. Burada üretilen ısı, kan yoluyla vücudun diğer bölümlerine taşınır. Kahverengi yağ doku miktarı oldukça sınırlıdır. Bu nedenle hangi koşullar altında olursa olsun yeni doğan kuzu ve buzağının doğumdan sonra en kısa sürede yeterince süt tüketmeleri gerekir.

Çizelge 7.4. Çiftlik Hayvanlarında Fizyolojik Durum, Beslenme Düzeyi, Rüzgar Hızı, Yaş veya Zemin Yapısına Bağlı En Düşük Kritik Sıcaklık (°C) Değerleri.

Hayvan	Fizyolojik durum	Besleme düzeyi	En Düşük Kritik Sıcaklık (°C)	
			Rüzgar Hızı	
			0 km/saat	15 km/saat
Koyun:Kuzu	Yeni doğmuş	--	28	34
Koyun: ergin	Kırkılmış	Aç	31	35
Koyun: ergin	50mm yapağı	Aç	22	28
Koyun: ergin	50mm yapağı	Yaşam payında	7	18
Koyun: ergin	50mm yapağı	Serbest yemleme	-10	5
Koyun: ergin	100mm yapağı	Serbest yemleme	-40	--
Sığır:Buzağı	Yeni doğmuş	--	18	28
Et sığırı	İnek	Yaşama payı	-16	-3
Sığır	Erkek, 30 mm kıl	Beside	-32	-10
Süt sığırı	İnek, 20 mm kıl	Yaşam payı	-8	10
	İnek, 20 mm kıl	30 L süt	-30	-20
			Yaş	
			1 günlük	Ergin
Tavuk		Serbest yemleme	33	18
			Zemin	
			Saman altlık	Beton
Domuz:Dişi	Ergin, 160 kg	Yaşama payı	22	--
Genç domuz (40 kg)	Bireysel	Besi	14	19

İçerde barındırma koşullarında en düşük kritik sıcaklıktan 1°C düşüş, ME gereksinmesini domuzlarda 18 kJ/kg CA^{0.75}, yumurta tavuklarında 14 kJ/ kg CA^{0.75} ve ruminantlarda 20-40 kJ/ kg CA^{0.75} artırmaktadır.

Yüksek sıcaklık ve nemli koşullarında çiftlik hayvanlarının radyasyon, konveksiyon ve kondiksüyon yoluyla vücutlarından ısı uzaklaştırmaları zordur. Daha çok evaporasyonla ısı kaybederler. Evaporasyonla ısı kaybı, terleme, solunum ve vücut yüzeyinden gerçekleşir. Kanatlı hayvanlarda ter bezi yoktur, bu nedenle evaporasyon yoluyla ısı kaybı termoregülasyon açısından en önemli yollardan biridir. Yüksek sıcaklık altındaki kanatlıların hızla soluk alıp vermeleri (panting), evaporasyonla ısı kaybının önemli bir göstergesidir. Memeli hayvanlarda yeterli düzeyde terleme kapasitesi olmamakla birlikte özellikle tropik sığırlar (*Bos indicus*) dikkate değer oranda terlemeyle ısı kaybederler.

Fotoperiyot: Çiftlik hayvanları genellikle günün aydınlık olduğu saatlerde yemlendikleri ve gün ışığına bağlı hormonal aktiviteleri gündüz daha yoğun olduğu için, günün aydınlık saatlerinde, karanlık saatlere göre daha yüksek bazal metabolizmaya sahiptirler. Normal

koşullar altında kanatlı hayvanlarda gündüz bazal metabolizma, geceye oranla %15 daha yüksektir.

Verim Durumu: Yaşama payında beslenen hayvanlarla verim veren hayvanların metabolizması karşılaştırıldığında; verim veren hayvanlarda bazal metabolizma daha yüksektir. Süt sığırlarında yapılan çalışmalarda laktasyondaki ineklerin yaşama payı enerji gereksinmesinin laktasyonda olmayanlardan %10-20 daha fazla olduğu saptanmıştır. Yine benzer olarak, yumurta veren tavukların vermeyenlere oranla bazal metabolizmaları daha yüksektir.

7.1.1.2. Yaşama Payı Protein Gereksinmesi

Azot içermeyen yem kullanılarak yapılan çalışmalarda hayvanların diğer gereksinimleri karşılanırsa dahi dışkıda ve idrarda azot boşaltımının devam ettiği görülmektedir. Daha önce de tartışıldığı gibi dışkıdaki azotun kaynağı, sindirim salgıları, sindirim sisteminin mikroorganizmaları, sindirim sisteminden dökülen ölü hücrelerdir.

Azotsuz rasyonla idrarda boşaltılan azot ise hayvan vücudunda sürekli gerçekleşen protein değişimi sırasında açığa çıkan amino asitlerin diğer bir protein sentezi için kullanım etkinliklerinin düşmesi nedeniyle yıkılmaları ve üre veya ürik aside dönüştürülmeleri sonucu açığa çıkar. Gerçekten vücut dokularının yıkımı ve yeniden sentezi sürekli. Vücutta sindirim sistemi dokuları, karaciğer ve kas doku proteinleri birkaç saat veya birkaç günlük sürelerde yıkılır ve yeniden sentezlenir. Kemik ve sinir dokudaki proteinlerin değişimi ayları ve hatta yılı bulabilir. Ayrıca kaslarda bulunan kreatin de kreatinine dönüştürülerek boşaltılmaktadır.

Hayvan vücudunda hayvanın kullanabileceği depo amino asit miktarı çok sınırlıdır. Hayvan azotsuz yem almaya başladığında; önce karaciğerdeki proteinler hızlı bir şekilde kullanılır. Karaciğerdeki proteinler tükendiği zaman hayvanın idrarda boşalttığı azot miktarı sabit bir düzeye düşer. Ancak hayvanın enerji ihtiyacı karşılanmamış ise enerji üretimi amacıyla proteinler yıkılacağından idrarda boşaltılan azot miktarı artar. İşte azotsuz yem alan hayvanların idrarla boşalttıkları bu en düşük miktardaki azot, “**endojen idrar azotu**” olarak değerlendirilmektedir. Bu azot kaybı yaşama payı protein gereksinmesinin belirlenmesinde kullanılabilir.

Endojen idrar azot boşaltımı ile bazal metabolizma birbirleriyle orantılıdır. Bu oran 2 mg endojen idrar azotu/kcal bazal metabolizma (500 mg/MJ) olarak ifade edilmektedir. Bununla birlikte ergin ruminantlarda bu oran dikkate değer oranda düşüktür (300-400 mg/MJ). Bunun nedeni ruminantlarda kandaki amonyak ve ürenin rumende tekrar kullanılma imkanının olmasıdır. Toplam veya endojen idrar azot boşaltımı (yani idrar ve metabolik dışkı azotu) ruminantlarda $350 \text{ mg/kg CA}^{0.75}$ olarak hesaplanmıştır.

Hayvanlarda yaşama payı protein gereksinmesini endojen idrar azotu, metabolik dışkı azotu, deri, kıl ve terle kaybedilen azot oluşturur.

Yaşama payı protein gereksinmesinin belirlenmesinde de yaşama payı enerji gereksinmesindeki yöntemler kullanılır. Bunların ilkinde azotsuz rasyon verilerek idrarla boşaltılan azot belirlenir. İkincisinde ise yemle azot verilir ve azot dengesinin sıfır olduğu durumdaki gereksinme belirlenir.

Endojen idrar azotu miktarı ruminantlarda 350 mg/kg $CA^{0.75}$ dir. Bunun net protein olarak karşılığı 2.19g/kg $CA^{0.75}$ dir. Örneğin 600 kg bir inek için endojen azot idrar azot boşaltımı 42.4 g N/gün, deri ve kıl dökülmesinden kaynaklanan kayıp, 2.2 g N/gün, toplam 44.6 g N/gün veya 279 g net protein/gün dür.

Dermal net protein kaybı 0.1125 g /kg $CA^{0.75}$ olarak kabul edilmektedir. AFRC (1993) toplam yaşama payı net protein gereksinmesini 2.3 g /kg $CA^{0.75}$ olarak tanımlamaktadır.

Metabolik protein dikkate alındığında; metabolik proteinin yaşama payı için kullanım etkinliği %100 kabul edilmektedir. Yaşama payı gereksinmesi mikrobiyel proteinle karşılanabileceği için gereksinme mikrobiyel proteinden hesaplanmaktadır. Mikrobiyel protein %75 oranında gerçek protein içerdiği, bunun da %85 oranında sindirilebildiği varsayıldığında ($0.75 \times 0.85 = 0.64$); mikrobiyel protein gereksinmesi $279 / 0.64 = 438$ g/gündür.

Rumendeki mikrobiyel protein sentezi fermente edilebilir organik madde miktarına bağlıdır. Yaşama payı düzeyinde rumende mikrobiyel protein sentezi 8-9 g/MJ FME (34-38 g/Mcal FME) olarak alınabilir (AFRC (1993). NRC (1996) 1 Mca ME tüketimi için 35-37 g mikrobiyel protein sentezi olacağını kabul etmektedir. 600 kg canlı ağırlığa sahip bir ineğin yaşama payı ME gereksinmesi 55 MJ'dür. Buna göre $55 \times 9 = 495$ g mikrobiyel protein sentezi gerçekleştirilebilir. Bu miktar mikrobiyel protein hayvanın protein gereksinmesini karşılar. Hayvanın rumende yıkıma dirençli protein gereksinmesi yoktur.

Daha önceleri tartışılan ve hayvanın gereksinmesiyle rumen mikroorganizmalarının azot gereksinmesinin farklı ele alındığı metabolik protein kavramı, bütün ruminantlara uygulanabilir. Bu gereksinmeler benzer yaklaşımlarla hesaplanır. Sadece değişen, farklı türlerde ve farklı çağlardaki ruminant hayvanlarda günlük enerji alımı ve gereksinmesidir.

Çeşitli ruminantlarda yaşama payı protein gereksinimleri aşağıda tanımlanmıştır.

Süt Sığırları $HP(g/gün) = 70.7 + 2.77CA^{0.75}$ (NRC, 1989'dan adapte edilmiştir)

Sağmal Koyun $HP(g/gün) = CA^{0.75}$

Sağmal Keçi $HP(g/gün) = 4.15 CA^{0.75}$

Yaşama payı metabolik protein gereksinmesi (MP);

Süt sığırında $MP = 2.30 CA^{0.75}$ (AFRC (1993)

Süt sığırında $MP = 3.80 CA^{0.75}$ (ARC (1996) olarak ifade edilmektedir.

Tek mideli hayvanlarda, bazal azot metabolizmasında endojen idrar azotu ve metabolik dışkı azotu dikkate alınmaktadır. Ancak tek mideli hayvanlarda ve kanatlılarda metabolik dışkı azotu çok mideliler kadar yüksek değildir. Bu değer hayvanın verim yönüne ve yaşına bağlı olarak değişir.

Bunun yanında tek mideliler ve kanatlı hayvanların protein gereksinmesinde esansiyel amino asit kavramı devreye girmektedir. Zira proteinlerin yapısında bulunan ve hayvanın kendisi tarafından sentezlenemeyen 10 amino asit rasyonla bu hayvanlara temin edilmelidir. Bu amino asitler çok midelilerin ön midelerinde mikroorganizmalar tarafından sentezlenmekte ve incebağırsaklarda hayvanların hizmetine sunulmaktadır. Ancak kanatlılarda böyle bir

mekanizma olmadığı için söz konusu 10 esansiyel amino asitin rasyonla hem yaşama payı ve hem de verim payı gereksinimini karşılamak için rasyonla hayvana sağlanması gerekir. Yumurta tavuklarında yaşam payı protein gereksinmesi aşağıda sunulan formülle tanımlanmakta; ancak etlik civcivler için yaşama payı+verim payı protein gereksinmesi toplam olarak verilmektedir.

$$\text{Yumurta Tavuğu} \quad \text{HP (g/gün)} = 2.51\text{CA}^{0.75}$$

7.1.2. Verim Payı Gereksinimleri

Çiftlik hayvanlarında verim, hayvanın türüne ve verim yönüne göre oldukça büyük farklılık gösterir. Örneğin ruminant hayvanlarda verim; yavru, et, süt ve kıl/tiftik/yapağı olarak tanımlanırken, kanatlı hayvanlarda verim; et veya yumurta olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle verimin yönüne ve miktarına bağlı olarak çiftlik hayvanlarının verim payı gereksinimleri değişik formüllerle hesaplanır.

7.1.2.1. Gebelik

Memeli ruminantlar için söz konusu olan gebelik, fötüsün sağlıklı gelişiminin sağlanması için yaşama payı dışında, ana için ekstra besin maddeleri gerektirir. Bu ekstra besin madde gereksinmesi, gebe hayvanlarda verim payı olarak kabul edilir. Bu dönemde ananın verim payı olarak gereksinim duyduğu enerji ve protein, fötal gelişim ve fötüsün kompozisyonundaki ve kitlesel olarak miktarındaki değişime bağlıdır. Gebe hayvanlarda küçük ve büyük başlarda fötüsün gelişimi genellikle gebeliğin son 1/3'lük döneminde daha hızlı olmaktadır. Koyun ve keçilerde en hızlı gelişim gebeliğin son ayında ve sığırlarda ise son iki aylık dönemde gerçekleşmektedir. Bu nedenle gebeliğin ilk dönemlerinde embriyonal gelişim için gereksinim duyulan besin madde miktarı çok önemli değildir. Ancak embriyonal gelişimin başında ananın besleme durumunun embriyonun uterusu implantasyonu (tutunması) için önemli olduğu unutulmamalıdır. Bu durumda şiddetli yetersiz besleme erken embriyonal kayıpları artırabilir.

Enerji Gereksinmesi

Gebelik döneminde dişi hayvanlar kendi yaşama payı gereksinmelerine ek olarak özellikle gebeliğin son döneminde fötüste biriken kadar enerjiye gereksinim duyarlar.

Örneğin 40 kg canlı ağırlıkta gebe kalan bir dişi koyun yaklaşık yaşama payı için günlük 6 MJ ME'ye ihtiyaç duyarken, gebeliğin sonunda günlük yaşama payı gereksinmesi 11 MJ ME düzeyine ulaşmaktadır. Gereksinme ikizlik ve üçüzlük durumunda daha da artmaktadır.

NRC (1989), sığırlarda gebeliğin son iki ayında enerji gereksinmesinin %30 arttığını ifade etmektedir. Buna göre gebelikte ME gereksinmesi;

$$\text{ME (Mcal/gün)} = 0.173\text{CA}^{0.75} \text{ olarak tanımlanmaktadır.}$$

Koyunlarda ise gebeliğin sonunda gereksinme $0.184\text{CA}^{0.75}$, keçilerde $0.177 \text{CA}^{0.75}$ olarak tanımlanmaktadır. Bu gereksinmelerin hayvanın taşıdığı fötüs sayısının artışına paralel olarak %20 artırılması önerilmektedir.

Protein Gereksinmesi

Fötüs ve yavru zarlarında enerji birikimi yanında önemli protein birikimi de olmaktadır. Hatta gebelik döneminde rasyondaki protein yetersizliği fötüsü enerji yetersizliğinden daha fazla

etkilemektedir. Çünkü gebe hayvan, enerji yetersizliğini vücudundaki yağları mobilize ederek karşılayabilir. Ancak ananın yavru için harekete geçirebileceği protein deposu yoktur. Bu nedenle gebeliğin son döneminde hayvanların protein gereksinmesi çok önemlidir.

NRC (1989)'dan adapte edilen gebelik protein gereksinmesi aşağıda verilmiştir.

HP (g/gün)= $9.96CA^{0.75}$ olarak ifade edilmektedir.

Gebeliğin sonunda özellikle dişi hayvanların yetersiz beslenmesi veya yanlış besleme zayıf yavru doğumuna ve doğum sonrası yavrunun yaşama gücünün düşmesine neden olur. Bunda yetersiz besleme etkisiyle kolostrum üretiminin ve süt veriminin düşmesi de etkili olabilir. Bu durum özellikle çoğuz gebe küçükbaş hayvanlarda (koyun, keçi) daha büyük sorun oluşturur. Hayvanın enerji gereksinmesi karşılanamadığında vücut yağ rezervleri kullanılır. Kanda keton maddeleri yükselir. Bu durum küçük baş hayvanlarda **gebelik toksemisi** olarak bilinir. Yavru atma ve zayıf yavru doğumu söz konusu olabilir.

Gebeliğin sonunda aşırı beslemede doğum güçlüğü, laktasyon döneminde yem tüketiminde düşme ve laktasyon döneminde ketosis riskinde yükselme söz konusu olur. Sığırlarda gebeliğin son iki ayı "**kuru dönem**" olarak adlandırılır. Bu dönemde hayvanın yüksek kondisyonlu hale gelmesi laktasyonun başında yem tüketimini düşürmektedir. Bu ise yetersiz enerji alımı ve yüksek ketosis riski anlamına gelir. Ayrıca doğum sonrası 60-90 gün içinde yeniden gebe kalması gereken inekte üreme problemlerine neden olma olasılığı da yükselir.

Yetersiz yem tüketimi laktasyonun başında hayvanın negatif enerji dengesinde kalmasına ve vücut yağ rezervlerinin enerji kaynağı olarak kullanılmasına neden olur. Bunların etkisiyle de;

- 1) Kızgınlık belirsiz seyredebilir (gizli kıgınlık),
- 2) Ovulasyon gecikebilir,
- 3) Servis periyodu uzar,
- 4) Buzağılama aralığı uzar,
- 5) Bir gebelik için tohumlama sayısı artar.

7.1.2.2. Süt

Sütün, kimyasal yapısı dikkate alındığında belirli düzeyde enerji ve protein içermektedir. 1 kg süt verimi için gerekli olan enerji ve protein, sütün içerdiği kuru madde, yağ ve protein içeriğine bağlı olarak hesaplanır.

Enerji Gereksinmesi

Süt verimi için enerji gereksinmesi sütün içerdiği enerji miktarıyla belirlenmektedir. Bu yaklaşımda sütün içerdiği enerji hayvanın verim için ihtiyaç duyduğu NE miktarına eşittir. Süt verimi için ihtiyaç duyulan ME miktarı ME'nin süt verimi için kullanım etkinliğinden saptanabilir.

Sütün enerji içeriği sütün yağ içeriğine, yağ ve yağsız kuru madde içeriğine göre belirlenebilir (ARC, 1980).

NEI (Mcal/kg süt) = $0.36 + 0.0097 SY$ (g/kg) (SY= süt yağ içeriği)

NEI (Mcal/kg süt) = $0.36 + 0.0097 \times 40$ (g/kg) (SY= süt yağ içeriği) = ~ 0.748 Mcal/kg süt

Metabolik enerjinin süt verimi için kullanım etkinliği $k_{sv}=0.60$ tır (ARC, 1980).

$k_{sv}=0.385 + 0.38 q$ ($q=ME/BE$)

$k_{sv}=0.466 + 0.28 q$

$k_{sv}=NE_{sv}/ME_{sv}$

Buradan;

ME (Mcal/kg süt) = $0.6 + 0.016 SY$ (g/kg)

ME (Mcal/kg süt) = $0.6 + 0.016 \times 40 = 1.24$ Mcal/kg süt olarak saptanabilir.

NRC (1989) a göre;

ME (Mcal/kg süt) = $0.577 + 0.165 \times SY$ (%)

= $0.577 + 0.165 \times 4 = 1.24$ Mcal/kg süt

Protein Gereksinmesi

Enerji gereksinmesinde olduğu gibi, süt verimi için protein gereksinmesi de sütün içerdiği protein miktarından hareketle saptanabilir. Sütteki protein net protein gereksinmesidir. Sindirilebilirlik ve süt verimi için proteinin kullanım etkinliği kullanılarak protein gereksinmesi konusunda yaklaşımlar sergilenmektedir.

Sütün protein içeriği (SP) yağ içeriğine bağlı olarak belirlenebilmektedir. NRC (1989)'a göre;

SP (%) = $1.9 + 0.4 \times SY$ (%) (= $1.9 + 0.4 \times 4 = 3.5$)

McDonald ve ark. (1995)'e göre;

SP (g/kg) = $21.7 + 0.31 SY$ (g/kg) (= $21.7 + 0.31 \times 40 = 34.1$ g/kg)

Rasyondaki proteinin sindirilebilirliği %80, sindirilen proteinin süt proteini için kullanım etkinliği %60 kabul edildiğinde; örneğin 34.1 g protein içeren 1 kg süt için protein gereksinmesi;

HP (g/kg süt) = $34.1 / (0.8 \times 0.6) = 71$ g HP/kg süt verimidir.

NRC (1989)'a göre ham protein gereksinmesi;

HP (g/kg süt) = $43.6 + 11.5 \times SY$ (%) dir.

MP (g/kg süt) = $13.57 \times SP$ (%) (NRC, 1996).

7.1.2.3. Canlı Ağırlık Değişimi

Laktasyondaki hayvanlar süt verirken besleme durumuna ve laktasyon dönemine bağlı olarak canlı ağırlık kazanabilirler veya kaybedebilirler. Laktasyonun başında yüksek olan enerji gereksinmesinin sağlanamaması, canlı ağırlık kaybına neden olur. Laktasyonun ilk 10 haftasında hayvanın yem tüketimi ve süt verimi uyumlu değildir. Süt verimi 6-8 haftada en yüksek değere ulaşırken, yem tüketimi ancak 10-12 haftada en yüksek değere ulaşır. Yem

tüketiminin en yüksek değer ulaştığı 10-12 haftadan sonra hayvan kaybettiği canlı ağırlığı telafi etmeye başlar.

NRC (1989)'a göre süt sığırlarında laktasyon sırasında kg canlı ağırlık kazancı için metabolik enerji gereksinmesi 8.55 Mcal ve protein gereksinmesi 320 g'dır. 1 kg canlı ağırlık kaybının enerji ve protein karşılığı ise sırasıyla -8.25 ve -320 g olarak değerlendirilmektedir. Süt sığırlarındaki canlı ağırlık laktasyondaki diğer memeli çiftlik hayvanlarında da gözlenir. Bu nedenle bu hayvanların besin madde gereksinmesinin saptanmasında ilgili dönemdeki canlı ağırlık değişimi de dikkate alınmalıdır.

Benzer şekilde yumurta tavuklarında da besleme durumuna bağlı olarak üretim periyodunun değişik aşamalarında canlı ağırlık değişimi söz konusu olmaktadır.

NRC (1994), yumurta tavuklarında canlı ağırlık artışı için metabolik enerji gereksinmesini aşağıdaki şekilde tanımlamıştır.

$$ME \text{ (Kcal/gün)} = 5.5 \times \text{canlı ağırlık artışı (g)}$$

Mevcut eşitlikte yumurta tavukları için günlük canlı ağırlık değişiminin karşılığı 5.5 Kcal/gün olarak alınmıştır.

7.1.2.4. Büyüme (Besi/Semirtme)

Çiftlik hayvanlarında büyüme, canlı ağırlık değişiminin farklı bir şekli olup, daha çok et verimi amaçlı hayvanlara uygulanan besi veya semirtme faaliyetinin bir sonucudur. Et üretimi amacıyla yapılan kuzu, dana ve piliçlere uygulanan beside ve daha yaşlı hayvanlara uygulanan semirtme faaliyetinde, amaçlanan canlı ağırlık kazancının sağlanması için belirli besin maddelerinin verim payı olarak hayvanlara sunulması gerekir. Bu besin maddelerinden en önemlileri; enerji ve proteindir. Tek mideliler için proteinden ziyade esansiyel amino asitler önem taşır. Çiftlik hayvanlarının büyüme için gereksinim duyduğu diğer besin maddelerinden vitamin ve mineraller, günlük toplam gereksinim şeklinde hayvanlara temin edilirler.

Enerji Gereksinmesi

Büyüme için enerji gereksinmesi günlük canlı ağırlık kazancının enerji içeriğinden hareketle saptanmaktadır. Canlı ağırlık kazancının enerji maliyeti ruminant hayvanlarda yapılan yemleme denemeleri sonunda canlı ağırlık kazancının kompozisyonu kimyasal veya fiziksel parçalama yöntemiyle ortaya konmaktadır. Bu çalışmalarda canlı ağırlık kazancında yağ ve protein birikiminin payı bulunmaktadır. Bilindiği gibi canlı ağırlık kazancının kuru maddesi, bu iki besin maddesinden oluşmaktadır. Hayvanlarda karbonhidrat birikimi ihmal edilecek düzeydedir.

Canlı ağırlık kazancının yağ ve protein içeriği aşağıdaki faktörlerden etkilenir;

- a) hayvanın türü,
- b) hayvanın ırkı,
- c) hayvanın ergin canlı ağırlığı,
- d) hayvanın mevcut ağırlığının ergin canlı ağırlığa uzaklığı veya hayvanın yaşı,
- e) hayvanın canlı ağırlık kazanç hızı,
- f) cinsiyet

Örneğin sığırlarda yağılan çalışmalarda 100 kg canlı ağırlığa ve 0.5 kg/gün canlı ağırlık kazancına sahip olan bir sığır; 1.9 Mcal/kg enerji depolarken, 500 kg canlı ağırlıkta 1 kg/gün canlı ağırlık kazanan sığır; 4.75 Mcal/kg enerji depolamaktadır. Bu iki hayvanın günlük 1 kg canlı ağırlık kazancı için gereksinim duyduğu net enerji miktarı sırasıyla 2 Mcal ve 5.16 Mcal dir.

Yavaş gelişen ve yüksek ergin canlı ağırlığa sahip iri ırklar ile hızlı gelişen küçük ırkların kg canlı ağırlık kazancı için gereksinim duyduğu enerji miktarı farklıdır. İri ırklarda canlı ağırlık kazancının enerji içeriği yaklaşık %15 daha düşüktür. Yine dişiler ve kastre erkeklerin canlı ağırlık kazançlarının enerji içerikleri normal erkekten %15 daha fazladır. Normal değerlerde bu düzeltmelerin yapılması önerilir. Kastre erkek hayvanlarla dişi hayvanlar normal erkeklere göre daha yağlı karkas vermektedirler. Farklılığın nedeni budur. Benzer tartışmalar koyunlar için de geçerlidir. 30 kg canlı ağırlığa sahip normal erkek kuzu, kastre edilmiş kuzu ve dişi kuzunun 1 kg canlı ağırlık kazancı için net enerji gereksinimi sırasıyla 3.10 Mcal, 3.56 ve 3.73 Mcal olarak belirlenmektedir.

Günümüzde et üretimi amacıyla yaygın olarak besisi yapılan etlik piliçlerin günlük enerji gereksinimi, verim payı+yaşama payı olarak aşağıdaki formülle bulunmaktadır.

$$ME \text{ (kcal)} = 105 \times W^{0.75} + (14 \times \delta p) + (10.4 \text{ (veya } 12) \times \delta l)$$

Bu formülde yer alan; $W^{0.75}$: Metabolik beden büyüklüğü (kg)

δp : protein (g) kazancı,

δl : lipit (g) kazancıdır.

Bir diğer görüşe göre ise ;

$ME \text{ (kcal)} = 38.4 + (0.0065 \times \text{canlı ağırlık, g})$ formülü ile bulunacak temel değere, hayvanın yaşına ve ağırlık artışı miktarına göre ekstra enerji eklenir. Besi başlangıcında, hesaplanan temel değere, 1 g ağırlık artışı için 2.5 kcal, 4-5 haftalık yaşta 1 g ağırlık artışı için 3.5 kcal, besi sonuna doğru ise 1 g ağırlık artışı için 4.5. kcal ME eklenir. Görüldüğü gibi hayvanların yaşı ilerledikçe, 1 gram canlı ağırlık kazancı için gereksinim duyulan enerji miktarı artmaktadır. Bunda, ileri dönemlerdeki ağırlık artışının daha çok yağ olarak gerçekleşmesinin payı büyüktür.

Canlı ağırlık kazancının enerji içeriği, hayvanların net olarak gereksinim duydukları NE miktarını verir. ME gereksinimi ise ME'nin canlı ağırlık kazancı için kullanım etkinliğinden yararlanılarak bulunur. Besideki ruminantlarda enerji yoğun yemleme koşullarında ME kullanım etkinliği (kcal) yaklaşık %60, iken besideki domuzlarda ve kanatlı hayvanlarda ortalama olarak %70'tir. Ruminantlarda ME kullanım etkinliği tek midelilerden %10 kadar daha düşüktür.

Protein Gereksinmesi

Ruminantlarda canlı ağırlık kazancı için protein gereksinimi belirlenirken yaşama payı protein gereksinmesine ek olarak canlı ağırlık kazancı için gereksinim duyulan protein de toplam gereksinmeye dahil edilmelidir.

20 kg canlı ağırlığa ve 200 g/gün canlı ağırlık kazanan bir kuzu için gereksinim duyulan protein miktarı için aşağıdaki yaklaşım yapılabilir. Bu hayvanın endojen idrar azotunun ham

protein karşılığı 21 g ve canlı ağırlık kazancının protein içeriği 140 g/kg ve 6 g/gün yapağı birikimi var ise;

$$21 + (0.2 \times 140) + 6 = 55 \text{ g/gün net protein gereksinmesi vardır.}$$

Bunu metabolik proteine dönüştürmek istersek, metabolik proteinin yaşama payı için kullanım etkinliği %100, canlı ağırlık kazancı için kullanım etkinliği %59 ve yapağı üretimi için kullanım etkinliği %26 olarak alındığında gereksinme;

$$21 + (28/0.59) + 6/0.26 = 92 \text{ g/gün olarak hesaplanabilir.}$$

Kuzunun günde 2.5 Mcal ME tükettiği kabul edildiğinde mikrobiyel protein sentezi (36 g /Mcal ME tüketimi),

$$1.75 \text{ Mcal ME/gün} \times 36 \text{ g/Mcal ME} = 63 \text{ g/gün mikrobiyel protein sentezi söz konusudur.}$$

Mikrobiyel proteinin %80'i gerçek proteindir. Bununda %80'i sindirilebilir kabul edilmektedir. Buna göre mikrobiyel proteinin metabolik protein karşılığı 0.64 tür ($=0.8 \times 0.8 = 0.64$)

$$63 \text{ (g/gün)} \times 0.64 = 40 \text{ g}$$

Toplam MP gereksinmesinden mikrobiyel metabolik protein çıkartılır ise;

$92 - 40 = 52$ g metabolik protein yetersizliği mevcuttur. Bunun da yemdeki rumende yıkıma dirençli sindirilebilir proteinle karşılanması gerekir. Rumende yıkıma dirençli proteinin de sindirilebilirliği genelde %80 kabul edilmektedir. Buradan rumende yıkıma dirençli ham protein miktarı $40/0.8 = 50$ g/gün olarak saptanabilir. Kuzunun 700 g havada kuru yem tükettiği varsayılırsa; rasyondaki protein düzeyi:

$92/700 = \%13.14$ rumende yıkılabilir protein ve $50/700 = \%7.14$ rumende yıkıma dirençli proteinden oluşan toplam $\%20.28$ ham protein olmalıdır.

Bu örnekte mikrobiyel protein sentezi hayvanın protein gereksinmesini karşılayamamaktadır. Hızlı gelişen ve çok genç olan kuzuların gereksinmesinin sadece mikrobiyel proteinle karşılanması mümkün değildir. Hayvanın gereksinmesinin dengeli bir şekilde karşılanabilmesi için rasyonda en az %7 düzeyinde protein temin eden rumende yıkıma dirençli, kaliteli ve sindirilebilir protein kaynakları kullanılmalıdır.

Ruminant olamayan hayvanlarda protein birikimi için esansiyel amino asitlerin yeterli miktarda rasyonla hayvana sağlanması gerekir. Tek mideli hayvanlar için her ne kadar günlük toplam protein gereksinmesi verilse de, esansiyel amino asitler olan fenilalanin, valin, triptofan, treonin, izolösin, metionin, histidin, arjinin, lösin, lizinin belirli düzeylerde mutlaka hayvanlara sağlanması gerekir. Tek mideli hayvanlarda bu bireysel amino asitlere olan gereksinmeler rasyonda farklı düzeylerde kullanılarak büyüme ve azot tutulumu kontrol edilerek belirlenmektedir.

Etlik piliçlerde yaşama payı+verim payı protein gereksinmesi aşağıdaki formül yardımıyla bulunabilir.

$$\text{Hpr} = (\text{CA} \times 0.16) + (\text{CAK} \times 18) + (\text{k} \times \text{CAK} \times 82) / 60 \text{ (proteinden yarar. oranı, \%)}$$

Bu formülde yer alan;

CA: canlı ağırlık (g)
CAK: canlı ağırlık kazancı (g)
k=0.04 (0-3 hafta yaş için)
k=0.07 (4-8 hafta yaş için)

Etlik piliçlerde sağlanan genetik iyileştirmeler bu hayvanlarda canlı ağırlık kazanç hızını da çok artırmıştır. Hızlı gelişen etlik piliçlerde spesifik amino asitlere olan gereksinme de oldukça yüksektir. Ticari etlik piliçlerin canlı ağırlıkları, yumurtadan çıkıştan 6 hafta yaşa kadar 50-55 kat artmaktadır. Etlik piliçlerde bu canlı ağırlık artışında protein birikiminin payı yüksektir. Bu durum, etlik piliçlerin proteine ve spesifik amino asitlere duyduğu gereksinimin neden yüksek olduğunu da açıklamaktadır. Söz konusu amino asitlere duyulan gereksinim, toplam protein içinde, o spesifik amino asitin oransal miktarı olarak tanımlanabileceği gibi, rasyon besin madde bileşimindeki spesifik amino asitin oransal miktarı olarak veya 1000 kcal ME için o spesifik amino asitin gram olarak miktarı şeklinde de tanımlanabilir.

Günümüzde kanatlı hayvanların gereksinim duyduğu esansiyel amino asitleri en yaygın tanımlama şekli, onların toplam rasyon bileşimindeki tek tek oransal miktarlarıdır. Etlik piliçler için hazırlanan yemlerin besin madde içerikleri, onların dönemsel olarak yaşama payı+verim payı toplam günlük besin madde gereksinmelerinin, o dönemde tüketebilecekleri günlük yem miktarı içinde sağlanması esasına dayanarak belirlenmektedir. Bu nedenle etlik piliçlerin besin madde gereksinmesi günlük temelde değil, rasyonun besin madde bileşimi ile tanımlanmaktadır. Çizelge 7.5'de etlik piliçlerin rasyonlarında değişik dönemlerde bulunması gereken besin madde miktarları verilmiştir.

Çizelge 7.5. Etlik Piliçler İçin Hazırlanan Yemlerin Besin Madde İçerikleri.

Rasyonun Besin madde İçeriği	Birim	0-10 gün	11-21 gün	22-42 gün
ME	kcal/kg	3050	3150	3250
Protein ve Amino asit				
Ham protein	%	23.00	22.00	20.00
Arjinin	%	1.25	1.10	1.00
Glisin+serin	%	1.25	1.14	0.97
Histidin	%	0.35	0.32	0.27
İzolösin	%	0.80	0.73	0.62
Lösin	%	1.20	1.09	0.93
Lizin	%	1.10	1.00	0.85
Metionin	%	0.50	0.38	0.32
Metionin+Sisit	%	0.90	0.72	0.60
Fenilalanin	%	0.72	0.65	0.56
Fenil alanin + trozin	%	1.34	1.22	1.04
Prolin	%	0.60	0.55	0.46
Treonin	%	0.80	0.74	0.68
Triptofan	%	0.20	0.18	0.16
Valin	%	0.90	0.82	0.70
Linoleik asit	%	1.00	1.00	1.00
Makromineraler	%			
Ca	%	1.00	0.90	0.80
Cl	%	0.20	0.15	0.12
Mg	mg/kg	600	600	600
Faydalan. fosfor	%	0.45	0.35	0.30
K	%	0.30	0.30	0.30
Na	%	0.20	0.15	0.12

Çizelge 7.5'in devamı

İz elementler				
Cu	mg/kg	5.00	5.00	5.00
I	mg/kg	1.00	1.00	1.00
Fe	mg/kg	60.00	60.00	60.00
Mn	mg/kg	80.00	80.00	80.00
Se	mg/kg	0.15	0.15	0.15
Co	mg/kg	0.20	0.20	0.20
Zn	mg/kg	60.00	60.00	60.00
Vitaminler				
A	IU/kg	15000	15000	15000
D3	IU/kg	3000	3000	3000
E	mg/kg	70	70	70
K	mg/kg	5	5	5
B12	mg/kg	0.03	0.03	0.03
Biotin	mg/kg	0.07	0.07	0.07
Kolin	mg/kg	200.00	200.00	200.00
Folasin	mg/kg	1.00	1.00	1.00
Niasin	mg/kg	25.00	25.00	25.00
Pantotenik asit	mg/kg	12.00	12.00	12.00
Pridoksin	mg/kg	5.00	5.00	5.00
Riboflaviv	mg/kg	6.00	6.00	6.00
Tiamin	mg/kg	3.00	3.00	3.00

7.1.2.5. Yumurta

Yumurta tavukları yumurtlama sezonunda ortalama %70 verim düzeyi ile yaklaşık 300 yumurta üretirler. Yumurta ağırlığı genotipe, beslemeye ve çevre koşullarına bağlı olarak 57-62 g arasında değişir. Yumurta yaklaşık %11 kabuk (CaCO_3) ve kabuk zarları, %57'si albümin ve %32'si yumurta sarısından oluşmaktadır. Normal bir yumurta %65.6 su, %12.1 protein, %10.5 yağ, %0.9 karbonhidrat ve %10.9 kül içerir.

Enerji Gereksinmesi

Yukarıda kimyasal yapısı tanımlanan standart bir yumurta yaklaşık 90 kcal enerji içerir. Yani günde standart bir yumurta veren hayvan yumurtayla 90 kcal net enerjiyi vücudundan uzaklaştırmaktadır.

Yumurta tavuklarında metabolik enerjinin net enerjiye çevirim etkinliği olarak kabul edilen 0.55 değeri göz önüne alınarak, NRC (1994), 1 g yumurta üretimi için 2.80 kcal ME gereksinim olduğunu ifade etmektedir. Standart bir yumurta 58 g kabul edildiğinde bir yumurta için gereksinim duyulan ME miktarı $58 \times 2.80 = 162.4$ kcal'dir.

Protein Gereksinmesi

Standart bir yumurta (58 g) yaklaşık 7 g protein içermektedir. Yani hayvan standart bir yumurta ürettiğinde vücudundan yaklaşık 7 g net protein uzaklaştırmaktadır. Proteinin sindirilebilirliği, sindirilip emilen amino asitlerin yumurta proteini için kullanım etkinlikleri dikkate alındığında hayvan yemde ham protein olarak bu miktarın yaklaşık 1.7-2.0 katı, yani 12-14 g protein almalıdır. Öte yandan, NRC (1994), 1 g yumurta üretimi için ihtiyaç duyulan ham protein miktarını 0.24 g olarak tanımlamaktadır. Buna göre 58 g standart bir yumurta için $58 \times$

0.24=13.92 g ham proteine ihtiyaç vardır. Diğer taraftan yemle sağlanan bu ham protein içinde belli düzeylerde esansiyel amino asitler bulunması gerekir.

Daha önce de belirtildiği gibi günümüzde kanatlı hayvanların gereksinim duyduğu esansiyel amino asitleri en yaygın tanımlama şekli, onların toplam rasyon bileşimindeki tek tek oransal miktarlarıdır. Aynı genetik yapıda, aynı yaşta ve benzer verim düzeyine sahip yumurtacı tavuklar için hazırlanan yemlerin besin madde içerikleri, onların dönemsel (1. Dönem: yumurta veriminin başlangıcından 40. haftaya kadar olan dönem) veya 2. Dönem: yumurta veriminin 40.haftasından sonraki dönem) olarak yaşama payı+verim payı toplam günlük besin madde gereksinmelerinin, o dönemde tüketebilecekleri günlük yem miktarı içinde sağlanması esasına dayanarak belirlenmektedir. Bu nedenle pratik yetiştiricilik koşullarında etlik piliçlerde olduğu gibi yumurtacı tavuklarda da besin madde gereksinmesi, günlük temelde değil, daha kolay olması nedeniyle rasyonun besin madde bileşimi ile tanımlanmaktadır. Ancak, ırk (beyaz veya kahverengi), verim çağı ve yetiştiricilik şekline (kafes veya yerde-altlık) bağlı olarak, tanımlanan besin madde değerleri farklılık gösterir. Çizelge 7.6'da yumurtacı tavuk rasyonlarında değişik dönemlerde bulunması gereken besin madde miktarları verilmiştir. Bu yemler hayvanın ırkına ve verimine göre günde hayvan başına belirli miktarda (100 -120 g) verilir. Vücut ağırlığının ve yumurta ağırlığının yüksekliği nedeniyle kahverengi yumurtacılar, beyaz yumurtacılar göre daha fazla yem tüketirler.

Çizelge 7.6. Yumurtacı Tavuklar İçin Hazırlanan Yemlerin Besin Madde İçerikleri.

Besin maddesi	Birim	Kafes Tavuğu		Yer Tavuğu	
		1. Dönem	2. Dönem	1. Dönem	2. Dönem
ME	kcal/kg	2750	2650	2800	2800
Protein ve Amino asit					
Ham protein	%	17	16	17	16
Lizin	%	0.75	0.65	0.75	0.67
Metionin	%	0.35	0.32	0.36	0.34
Sistin	%	0.31	0.30	0.26	0.27
Arjinin	%	0.90	0.85	0.88	0.84
Triptofan	%	0.17	0,15	0.16	0.14
Histidin	%	0.37	0,34	0.36	0.33
Lösin	%	1.40	1.33	1.41	1.30
İzolösin	%	0.72	0.68	0.70	0.67
Fenilalanin	%	0.83	0.78	0.82	0.77
Fenilalalin + Trozin	%	1.41	1.33	1.40	1.33
Trozin	%	0.57	0.54	0.56	0,53
Valin	%	0.72	0.68	0.70	0,67
Linoleik asit	%	3.00	3.00	3.00	3.00
Makromineraler	%				
Ca	%	3-4	3-4	3-4	3-4
Yararlanılabilir fosfor	%	0.25-0.35	0.25-0.35	0.35	0.35
Na	%	0.16-03	0.16-03	0.20	0.20
İz elementler					
Cu	mg/kg	5.00	5.00	5.00	5.00
I	mg/kg	1.00	1.00	1.00	1.00
Fe	mg/kg	60.00	60.00	60.00	60.00
Mn	mg/kg	80.00	80.00	80.00	80.00
Se	mg/kg	0.15	0.15	0.15	0.15
Co	mg/kg	0.20	0.20	0.20	0.20
Zn	mg/kg	60.00	60.00	60.00	60.00

Çizelge 7.6'nın devamı

Vitaminler					
A	IU/kg	12000	12000	12000	12000
D3	IU/kg	2400	2400	2400	2400
E	mg/kg	30	30	30	30
K	mg/kg	4	4	4	4
B12	mg/kg	0.015	0.015	0.015	0.015
Biotin	mg/kg	0.045	0.045	0.045	0.045
Kolin	mg/kg	125	125	125	125
Folasin	mg/kg	1	1	1	1
Niasin	mg/kg	25	25	25	25
Pantotenik asit	mg/kg	10	10	10	10
Pridoksin	mg/kg	5	5	5	5
Riboflavin	mg/kg	7	7	7	7
Tiamin	mg/kg	3	3	3	3

7.1.2.6. Kıl, Tiftik ve Yapağı

Sentetik lif üretimi konusundaki gelişmeler gün geçtikçe hayvansal lif üretiminin hayvancılıktaki ağırlığını yitirmesine neden olmuştur. Bilindiği gibi kıl, yapağı ve tiftik hayvansal liflerdendir. Bu yapıların tamamı hemen hemen protein yapısındadır ve bu protein keratindir. Keratin kükürtlü amino asit içeriği yüksek, elastik, yıkıma ve dış etkenlere karşı dirençli özellikleri olan lifli bir proteindir.

Bir koyun ve bir tiftik keçisi yılda yaklaşık 4 kg kadar yapağı üretmektedir. Ülkemiz koşullarında koyun ve tiftikten elde edilen hayvansal lif miktarı bu değerlerin yarısı kadardır. Örneğin 3 kg protein içeren yapağı üreten bir koyun günde ortalama olarak 8 g protein ve 1.3 g azotu yapağı üretmek için kullanır. Keratinin yapısında %10-12 metionin+sistin bulunmaktadır. Halbuki bitkisel kaynaklı proteinlerde; metionin+sistin içeriği %2-3 civarındadır. Bu ve benzeri nedenlerden olayı yem proteininin yapağı üretimi için kullanım etkinliği (%25-30) oldukça düşüktür.

Yılda 4 kg yapağı üreten bir koyunun yapağı olarak biriktirdiği enerji miktarı yaklaşık 55 kcal/gün civarındadır. Metabolik enerjinin yapağı üretimi için kullanım etkinliği %20 civarındadır. Bu nedenle metabolik enerji gereksinmesi $55/0.20=275$ kcal kadardır.

Tiftik keçilerinde tiftik üretimi için

$ME (Mcal/gün)=0.03 \times TV (kg)$ (TV=yıllık tiftik verimi),

$HP (g/gün)= 0.5 + 4.2 TV (kg)$ şeklinde tanımlanabilir (NRC, 1981).

7.2. Besin Madde Gereksinmesinin Karşılanması

Çiftlik hayvanları, yukarıda standartları verilen besin madde gereksinmelerini günlük olarak tüketebilecekleri yem ile karşılamak durumundadırlar. Bu bakımdan hayvanların günlük yem tüketim kapasitelerinin bilinmesi büyük önem taşır. Bu rasyon hazırlamanın da ilk hareket noktasıdır. Yani hayvanın bir günde tüketebileceği toplam yem miktarı içine, bir günde gereksinim duyduğu besin maddelerinin toplam miktarının sığdırılması gerekir. Günlük gereksinim duyulan besin maddelerinin toplam miktarı, günlük tüketebilecek yem miktarının

daha azına koyulursa, fizyolojik doyum gerçekleşirken mekanik doyum gerçekleşemeyecek, hayvan fiziksel olarak aç kalacaktır. Ancak serbest yemleme koşullarında hayvan mekanik doyumunu sağlamak için tekrar yeme gidecek ve besin madde alımında fazlalık oluşacaktır. Bu durumda hayvan yağlanacağı gibi, yemleme olayı ekonomik olmaktan çıkacak, yem masrafı artacaktır. Aksi durumda ise, yani günlük gereksinim duyulan besin madde miktarı, hayvanın bir günde tüketebileceği yem içine sığdırılmazsa, mide yemle tam dolu olduğu halde hayvan günlük besin madde gereksinimini karşılayamayacak, hayvan fizyolojik olarak aç kalacak ve verim düşecektir. Bu durumda da işletme ekonomik çalışma ortamından uzaklaşacaktır.

Görüldüğü gibi, hayvancılık işletmelerinde hayvanların yemlenmesi ve besin madde gereksinimlerinin doğru karşılanması oldukça hassas bir denge üzerinde bulunmaktadır. Söz konusu dengenin korunabilmesi için öncelikle, hayvanın besin madde gereksiniminin doğru belirlenmesi yanında miktar olarak yem tüketiminin de doğru tahmini gerekir. Bu nedenle çiftlik hayvanlarında yem tüketimi ve kontrolü ile yem tüketimini etkileyen faktörlerin iyi bilinmesi zorunludur. Aksi takdirde rasyonel beslemenin gerçekleştirilmesi mümkün değildir.

7.2.1. Yem Tüketimi ve Kontrolü

Yemlikler içinde yemin varolduğu ve tüketiminin serbest olduğu süre içinde bir hayvan veya bir grup hayvan tarafından tüketilen yem miktarına **istemli yem tüketimi** (voluntary food intake) adı verilir. Söz konusu süre içinde yem, hayvanlar tarafından sürekli değil, belirli öğünler şeklinde alınır. Nasıl insanlar öğünler esasıyla besleniyorlarsa, çiftlik hayvanları da öğünler şeklinde yem tüketirler. Yem, sürekli ve serbest olarak hayvanların önünde yer alsada, hayvanlar yine yem tüketimlerini öğünlere bölerler. Bir öğünün süre olarak uzunluğunda olduğu gibi, iki öğün arasındaki süre bakımından da hayvanın türüne, verim yönüne ve fizyolojik durumuna göre farklılık vardır. Öte yandan, bir öğün, sürekli yem tüketiminin gözlemlendiği ve belirli süreye sahip bir olay olmayıp, kısa aralıklarla hayvanın yem tüketimini kestiği ve tekrar başlattığı olaylar dizisidir. Hayvanın her yeme gidişi birbirinden farklı iki öğün olabileceği gibi aynı öğünün birer parçası da olabilir. Çiftlik hayvanlarında öğünün süre ve tüketilen yem miktarı olarak tarifini yapabilmek için hayvanın türüne göre özel ekipmanlarla ve bilgisayarlarla donatılmış gözlem ünitesine gereksinim vardır. Bu gözlem ünitesinde elde edilecek tüm bir güne ait veriler analiz edilerek, önce iki öğün arasındaki süre (intermeal interval) özel metotlarla belirlenir ve buna göre bir öğünün tarifi yapılmaya çalışılır. Konuyla ilgili yapılan çalışmalar, ruminant hayvanlarda yem tüketiminin günde 6-10 öğünde, kanatlı hayvanlarda ise 20-40 öğünde gerçekleştiğini göstermektedir.

Hayvanın yem tüketimi sırasında sergilediği davranışsal özellikler oldukça değişkendir. Temel olarak yem tüketimi, bir takım fiziksel ve fizyolojik mekanizmalar tarafından kontrol edilir ve yönlendirilir. Çiftlik hayvanlarında yem tüketiminin kontrolünde üzerinde tartışılan 2 temel teori vardır. Bunlar, **tek-faktör** (single-factor) ve **çok-faktör** (multiple-factor) teorileridir.

Tek-faktör teorisi, midenin mekanik gerilimi ve glukostatik, lipostatik, termostatik ve aminoasitstatik kuramları içine alan açlık teorilerinin tamamını kapsamaktadır. Bilindiği gibi mide geriliminin kaybolması hayvan tarafından açlığın işareti olarak algılanır ve buna bağlı oluşan sinirsel uyarılarla hayvan yem tüketmeye sevk edilir. **Glukostatik** Kuram, kan şekeri düzeyinin belirli düzeyin altına inmesi sonucu hayvanın kendini aç hissederek yem tüketmeye başlaması ve yem tüketimini takiben kan glukoz düzeyinin belirli düzeye ulaşması sonucu tokluğun

oluşması ve yem tüketiminin durması olarak bilinir. **Lipostatik** Kuram, organizma yağ deposuna bağlı olarak hayvanın kendisini aç veya tok hissetmesi, **Termostatik** Kuram ise vücut sıcaklığına bağlı olarak açlık ve tokluk olayının gerçekleşmesi esasına dayanır. **Aminoasitstatik** Kuram ise kandaki bazı amino asitlerin konsantrasyonuna bağlı olarak hayvanın kendini aç veya tok hissetmesi olarak kabul edilir. Tek-faktör teorisine göre, hipotalamustaki bir merkeze ulaşan sinirsel uyarılarla hayvanın kendisini aç veya tok hissetmesinde bu kuramlardan herhangi birinin geçerli olduğu varsayılır.

Ancak bu kuramlardan sadece biri değil, bir kaç veya hepsi birden aynı anda devreye girerek açlık veya tokluk olayını kontrol edebilir. Bu nedenle tek-faktör teorisi, her türlü koşul altında yem tüketiminin, bir başka ifade ile açlık ve tokluk olayının nasıl kontrol edildiğini sağlıklı bir şekilde açıklayamaz. Pratik koşullardaki gözlemler, yem tüketiminin sadece tek bir mekanizma aracılığıyla değil, merkezi sinir sistemi aracılığıyla beyindeki iştah merkezinin, tat alma hissinin, mide kasılma ve gerilmelerinin de devreye girdiği çok faktörlü mekanizma ile kontrol edildiğini göstermektedir. Bu mekanizmanın temelinde ise organizmaya enerji alımının büyük rol oynadığı bildirilmektedir. Yine bu mekanizma içinde ağız ve yutaktaki tat alma reseptörleri, mide ve bağırsaklardaki mekanoreseptörleri, kemoreseptörleri, bağırsaklardaki osmoreseptörleri, karaciğer reseptörleri ve sıcaklık reseptörleri de görev almaktadır. Bu mekanizma içinde ayrıca, kandaki glukoz, kısa zincirli yağ asitleri, yağ ve uzun zincirli yağ asitleri ile gliserol gibi metabolitlerle, yine kandaki metabolik hormonlar (insülin ve glukagon) ve kolesistokinin (CCK) gibi bağırsak peptitleri belirli fonksiyonlar icra ederek, yem tüketiminin kontrolünde önemli görevler üstlenirler.

7.2.2. Yem Tüketimini Etkileyen Faktörler

Çiftlik hayvanlarında yem tüketimi çok değişik faktörlerden etkilenmektedir. Rasyonel beslemenin gerçekleştirilebilmesi için bu faktörleri yakından tanımak ve koşullara göre besleme olayında gerekli düzenlemeleri yapmak gerekir. Yem tüketimini etkileyen faktörler, hayvanın fizyolojik durumuna bağlı olabileceği gibi, yem ve yemleme ile çevre koşullarına bağlı olabilir.

7.2.2.1. Hayvanın Fizyolojik Durumu

Daha önce bazal metabolizmayı etkileyen faktörler konusunda da tartışıldığı gibi canlı ağırlık değişimi, büyüme (besi), gebelik, laktasyon ve yumurta verimi gibi hayvanın fizyolojisi ile ilgili faktörler besin madde gereksinmesini artırdığı gibi buna bağlı olarak yem tüketimini de artırır. Öte yandan, memeli hayvanlarda sezonal veya asezon olarak görülen kızgınlık yem tüketimini düşürür. Çünkü kızgınlık süresince hayvanın yem tüketimine ayırdığı zaman azalır.

7.2.2.2. Yem ve Yemleme

Yem ve yemleme konusuyla ilgili olarak yem tüketimini etkileyen faktörler aşağıda sıralanmıştır.

Sindirilebilirlik ve enerji konsantrasyonu: Çiftlik hayvanlarında genellikle enerjiye doyum söz konusu olduğu için yemlerin enerji konsantrasyonu arttıkça yem tüketimi düşer. Öte yandan yemlerin sindirilebilirliğinin artması yem tüketimini artırır; ancak belirli düzeyde sindirilebilirliği düşük yemler (bunlar daha çok selüloz içeriği yüksek olan yemlerdir) midede uzun süreli geniş yer işgal edeceği için yem tüketimini düşürür.

Yemlerin protein içeriği: yem tüketiminin kontrolünde proteine doyum da söz konusu olduğu için protein gereksinmesinin karşılanması amacıyla proteini düşük yemler daha fazla tüketilme eğilimindedir. Ayrıca proteince fakir beslemede rumen mikroorganizmaları yeterince gelişemeyeceği için yemlerin sindirilebilirliği düşer. Bu nedenle proteince oldukça fakir yemler, yem tüketimini düşürür.

Amino asit eksikliği: Daha çok kanatlı hayvanlarda yem tüketimini etkileyen, özellikle esansiyel amino asitlerden biri veya birkaçı, yemler içinde eksikse, gereksinimin karşılanması için hayvan yem tüketimini artırır. Ancak bu artış mide hacmi ile sınırlıdır. Aşırı düzeyde esansiyel amino asitlerce yetersiz besleme, hayvanın büyüme ve gelişimini olumsuz yönde etkileyeceğinden belirli süre sonra yem tüketimi önemli oranda düşer.

Besin madde eksikliği veya fazlalığı: Enerji, protein veya amino asitler dışında yem bileşiminde yer alan diğer besin maddelerinin eksikliği durumunda, hayvan gereksinim duyduğu günlük miktarı karşılayabilmek için yem tüketimini artırır. Söz konusu besin maddesi veya maddelerinin fazlalığı durumunda ise yem tüketimini düşürür.

Özel iştah: Hayvanın fizyolojisine bağlı olarak bazı besin maddelerine karşı özel iştah gelişebilir. Örneğin yumurta tavuklarında yumurtlama dönemine girerken veya yumurtlama dönemi boyunca kalsiyuma özel iştah gelişir. Buna **kalsik** iştah adı da verilir. Benzer olarak, bazı amino asitlere, vitaminlere ve minerallere özel iştah gelişebilir. Bu koşullarda hayvan gereksinim duyduğu özel besin maddesini yeterince yemden alabilmek için yem tüketimini artırır.

Su sınırlaması ve su tüketimi: Hayvanların günlük almaları gereken su miktarı sınırlandırıldığında veya hayvanlar zorunlu olarak susuz kaldığında yem tüketimi düşer. Ayrıca su kaynağı hayvana ne kadar uzaksa, hayvan o oranda yem tüketimini düşürür.

Yem sınırlaması: Belirli amaçlarla yapılan sınırlamalarda veya yem kaynaklarının sınırlı olması durumunda hayvanların yem tüketimi düşer.

Yemleme sıklığı: Yemleme ne kadar sık yapılırsa yem tüketimi o düzeyde yükselir.

Tat ve koku: Hayvanlar yem tüketirken yemlerin tat ve kokusunu da dikkate alırlar. Özellikle ruminant hayvanlar tat ve koku açısından cazip yemleri daha çok tüketirler. Yemlerden istenmeyen tat veya koku tüm çiftlik hayvanlarında yem tüketimini düşürür.

7.2.2.3. Çevre Koşulları

Çiftlik hayvanlarında verimi belirleyen en önemli unsurlardan biri olan çevre, her yönüyle yem tüketimini de etkiler. Yem tüketimini etkileyen bazı çevre faktörleri aşağıda özetlenmiştir.

Çevre sıcaklığı: Çevre sıcaklığının en düşük kritik sıcaklığın altına düşmesi bazal metabolizmayı yükselteceği için yem tüketimini artırır. Bunun tersi olarak, çevre sıcaklığının en yüksek kritik sıcaklığın üzerine çıkması, alınan her bir gram yemin termojenik etkisi nedeniyle yem tüketimini ciddi oranda düşürür. Düşüş miktarı sıcaklıktaki artışa bağlıdır. Sıcaklık ne kadar yükselirse yem tüketimindeki düşüş de o oranda yüksek olur. Ruminantlarda kaba yem tüketimindeki düşüş daha yüksektir.

Fotoperiyot: Çiftlik hayvanları, yapay aydınlatma yoksa gündüzleri yem tüketirler. Kış aylarında gün uzunluğunun kısa olması yem tüketiminde düşüşe, yaz aylarında ise gün uzunluğunun uzun olması yem tüketiminde artışa neden olur.

Sosyal faktörler: Sürü halinde yaşayan çiftlik hayvanları ahır içinde veya kümes içinde belirli bir sosyal yapıya sahiptirler. Genellikle iri cüsseli hayvanlar küçük cüsseli hayvanlar üzerinde bazı yaptırımlara sahiptirler. Sürüde önde gelen hayvanlar daha fazla yem tüketme şansına sahipken, sosyal sınıflamanın gerisindeki hayvanlar daha az yem tüketme şansı bulurlar. Aynı zamanda boynuzlu hayvanlar, boynuzsuz hayvanları rahatsız ederek daha fazla yem tüketebilirler.

Barınak ve çevresi: Çiftlik hayvanlarının yaşadığı barınağın tipi ve ekipman olanakları yem tüketimini artırıcı veya düşürücü yönde etkiye sahiptir. Örneğin otomatik suluklarla donatılmış bir ahırda her an suya ulaşma imkanı olduğu için yem tüketimi yükselir. Aynı zamanda barınak içindeki havalandırma ve sıcaklığı dengeleme sistemleri yem tüketimini olumlu yönde etkiler. Ayrıca hayvanların sürü büyüklüğü de yem tüketimini etkiler. Aynı barınak veya bölme içinde hayvan ne kadar çoksa o oranda yem tüketimi düşer. Ayrıca barınak içi ve çevresindeki düzenlemeler, rüzgar ve çamur nedeniyle yem tüketimini etkiler. Barınak içi veya çevre zemininin çamur olması, barınak içi ve çevresinde kuvvetli rüzgarların olması artan enerji gereksinmesini karşılamaya yönelik olarak yem tüketimini artırır.

Hastalıklar: Çiftlik hayvanlarında gözlenen her türlü bakteriyel, viral, fungal, paraziter veya metabolik hastalıklar yem tüketimini düşürür. Genel olarak hastalıklar, yem tüketiminin düşmesi ile ilk belirtilerini gösterir. Hastalık nedeniyle yem tüketiminin ne oranda düştüğü, hastalığın tipi ve şiddetine göre değişim gösterir.

8. RASYON HAZIRLAMA

Hayvancılık işletmelerinde yem ve yemleme ekonomik düzeyde verim alınması ve ekonomik bir faaliyet yapılabilmesi açısından büyük önem taşır. Çünkü rasyonun kalitesi (besin madde dengesi) verimi etkiler. Dengesizlik verimin düşmesine neden olur. Bu arada yem maliyeti de toplam üretim masraflarının %50-60'dan fazlasını içerdiği için yemlemede ekonomiklik bakımından büyük önem taşır.

8.1. Rasyon Hazırlamada Temel Prensipler

Rasyon hazırlarken temel hareket noktası, hayvanın gereksinimlerini dengeli bir şekilde karşılayan en düşük maliyetli rasyon olmalıdır.

Rasyon hazırlarken beslemeci, yetiştirici veya bir yem fabrikası üretim müdürü aşağıdaki 4 ana unsuru bilmelidir. Bunlar;

1) Hayvanların besin madde gereksinimleri: Rasyon hazırlanacak hayvanların canlı ağırlık, verim düzeyi, fizyolojik durumu ve çevre faktörlerine göre değişen besin madde gereksinimleri (enerji, protein, Ca, P, vitamin A, D gibi) tam olarak bilinmelidir. Bu gereksinimler içinde söz konusu hayvanların yem tüketim kapasitelerinin bilinmesi rasyonun besin madde içeriklerinin belirlenmesi açısından en temel konudur.

2) Yem hammaddelerinin besin madde kompozisyonu: Rasyonda kullanılması düşünülen yem hammaddelerinin besin madde kompozisyonlarının bilinmesi gerekir. Çünkü hayvan gereksinimlerini tükettiği yem hammaddelerinden sağlayacaktır.

3) Yem hammaddeleri için sınırlayıcı özellikler: Bir kısım yem hammaddelerinin rasyonda kullanımları, yem kalitesi, ürün kalitesi, hayvanın sağlığı gibi bir kısım konularda sınırlayıcı olabilmektedir. Bunların bilinmesi ve rasyon hazırlarken bu hususların göz önünde bulundurulması gerekir. Örneğin, tek midelilerde NPN maddelerin kullanımı söz konusu değildir. Zira bunu değerlendiremezler. Çok midelilerde enerji kısıtlayıcı bir faktör değilse yoğun yem karmasında %3'den fazla veya toplam ham proteinin 1/3'ünden fazlası NPN maddelerle karşılanmamalıdır. Yine buğday nişastası çok hızlı yıkıldığından asidosis riskini yükselteceğinden rasyonda %50'den fazla kullanılmaya özen gösterilmelidir. Ruminant rasyonlarında melasın %7'den fazla kullanılması yemde topaklaşmaya, yemin korunmasında sorunlara neden olabilir. Bu tip sınırlayıcı faktörlerin, diğer bir ifadeyle temel besleme ve yem bilgisinin rasyon hazırlarken kullanılması gerekmektedir.

4) Hammadde maliyetleri: Ekonomik bir hayvancılık faaliyeti için hazırlanan rasyonların maliyetinin düşürülmesi gerekir. Bu yapılan faaliyetin ekonomikliği açısından büyük önem taşır. Örneğin 50.000 ton/yıl yem üreten bir yem fabrikasında yem maliyetinin 1000 TL düşürülmesi durumunda, yem fabrikası bundan yıllık 50 milyar TL kazançlı olacaktır. Bu, optimizasyon yaklaşımı ve bilgisayar ile rasyon hazırlamanın önemini ortaya koyan önemli bir göstergedir.

8.2. Rasyon Hazırlama Teknikleri

Yukarıda verilen temel bilgilere sahip olduktan sonra farklı yaklaşımlar ile rasyon hazırlamak mümkündür. Amaca göre değişmekle birlikte, genellikle rasyon hazırlamada 5 farklı yöntemden yararlanılır.

8.2.1. Deneme Yanılma Yöntemi

Rasyona girecek yem hammaddeleri ile hayvanın gereksinim duyduğu besin madde gereksinimleri deneme yanılma yöntemi ile denkleştirilmeye çalışılır. Buradaki başarı, rasyon hazırlayan kişinin tecrübesine ve pratikliğine bağımlı kalır. Ayrıca dikkate alınacak faktör (kısıt) sayısı (maliyet, enerji, protein, RYP, RYDP, Ca, P, Vitamin A, vitamin D, Cu, Zn.... gibi) arttıkça rasyonun denkleştirilmesi zorlaşır ve çok zaman alır. Hazırlanan rasyonun maliyeti ise her zaman sorgulanabilecek durumda kalır.

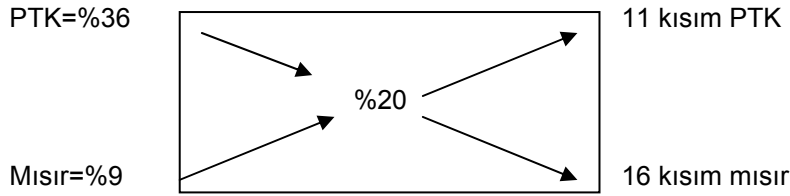
Ayrıca deneme yanılma yönteminde çok sayıda matematiksel işlem yapılacağı için hesap hatalarıyla da sıklıkla karşılaşılır.

8.2.2. Pearson Kare Yöntemi

Daha çok yağ içeriği bilinen iki farklı sütun belli bir yağ düzeyine getirilmesi için geliştirilmiş çok basit bir yöntemdir. Bu metotla farklı besin madde içeriğine sahip iki yem hammaddesi veya iki karışımın istenen düzeyde besin madde içeriğine ulaşılması için karıştırılmasında kullanılabilir.

Pearson kare yönteminde istenen besin madde düzeyi karenin ortasına yem hammaddelerinden ilkinin besin madde içeriği sol üste, ikincinin besin madde içeriği sol alta konur. Yem hammaddelerinin besin madde içeriği ile karışımda arzulanan besin madde düzeyi arasındaki farklar alınır, işaretine bakılmaksızın pozitif olarak diagonaldeki (çapraz) köşeye konur. Farkların toplamı alınıp, her bir farkın toplam farktaki oranları bulunarak karışım oranı belirlenir. Pearson kare yöntemi, karışımda arzulanan besin maddesi düzeyi iki hammaddenin aynı besin madde içeriklerinin arasında ise uygulanabilir.

Örnek: %36 HP içeren PTK ile %9 HP içeren mısır karıştırılıp %20 HP'li bir karışım hazırlamak istiyoruz. Bunun Pearson karedeki gösterimi ve çözümü aşağıdaki gibidir.



TOPLAM: 27 Kısım

$$\text{PTK oranı (\%)} = (11/27) \times 100 = 40.74$$

$$\text{Mısır oranı (\%)} = (16/27) \times 100 = 59.26$$

Protein düzeyi kontrolü;

$$\text{PTK dan} = \%40.74 \times 36 = 14.67$$

$$\text{Mısırdan} = \%59.26 \times 9 = 5.33$$

$$\text{Toplam Protein} = 20.00$$

Çift Pearson Kare yöntemi kullanılarak birden fazla besin madde bakımından dengeli karışımlar hazırlanabilir.

8.2.3. Cebirsel Yöntem:

Esas itibarıyla Pearson Karede bu yaklaşımdan türetilmiştir. Mevcut yöntemde çözümde kısıt olarak kullanılacak eşitlikler çok bilinmeyenli denklemler şeklinde yazılıp uygun matematiksel yöntemler kullanılarak çözülebilir. Bu eşitlikler matriks formatında yazılarak matriks işlemleriyle çözülebilir. Ancak çözümde bir çok sorunla karşılaşılabilir ve çok karmaşık işlemler gerektirir. Bunun en basit şekli iki bilinmeyenli denklemlerle çözüm yapmaktır. Değişken ve kısıt sayısı ikiyi aşınca matematiksel işlemler karmaşıklaşmaktadır.

Pearson Kare örneğindeki karışımı bu yöntemle aşağıdaki şekilde hazırlayabiliriz.

$$\text{Mısır} + \text{PTK} = 100\text{kg (miktar kısıtı)}$$

$$0.09\text{Mısır} + 0.36\text{PTK} = 20 \text{ kg (HP kısıtı)}$$

Birinci eşitliğin her iki tarafını 0.09 ile çarpıp işaretlerini -1 ile çarparak değiştirirsek eşitlikler ve toplamı aşağıdaki gibi olur.

$$-0.09\text{Mısır} - 0.09\text{PTK} = -9$$

$$0.09\text{Mısır} + 0.36\text{PTK} = 20$$

$$\text{Toplam} = 0.27 \text{ PTK} = 11$$

$$\text{PTK} = 11/0.27 = 40.74 \text{ kg}$$

$$\text{Mısır} = 100 - 40.74 = 59.26 \text{ kg}$$

Örnekten de görülebileceği gibi karışım oranları Pearson Kare yöntemindekilerin aynısıdır.

8.2.4. Doğrusal (linear) Programlama Tekniği ile Rasyon Hazırlama

Doğrusal programlamada amacın ve bu amacın gerçekleştirilebileceği koşulların ölçülebilir bir biçimde doğrusal eşitlik veya eşitsizlik fonksiyonları olarak ifade edilmesi gerekir. Rasyon hazırlama işinin amacı, kısıtlar (hammaddelerin besin madde içerikleri, hayvanların gereksinmesi, yem hammaddeleri ve hayvanlara özgü özel kısıtlamalar gibi) itibarıyla tam olarak bir doğrusal programlama problemidir. **Temel olarak doğrusal programlamanın iki unsuru vardır. Birincisi doğrusallık, ikincisi ise sınırlılıktır. Rasyon hazırlama işi de bu varsayımlarla tam olarak örtüşmektedir.**

Masa ve diz üstü bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ve doğrusal programlama problemlerinin çözümünde kullanılan tekniklerin bilgisayara aktarılması, doğrusal programlamanın sınırlı kaynakların en ekonomik kullanımı ile ilgili her alanda yaygın olarak kullanılmasına izin vermiştir. Hayvan beslemecilerde bu anlamda son 20-30 yıldır yaygın olarak rasyon hazırlamada bilgisayardan yararlanmaktadırlar.

8.2.5. En Düşük Maliyetli (Least-cost formulation) Rasyon Formülasyonu

En Düşük maliyetli olarak bilgisayar yardımıyla rasyon hazırlarken üzerinde durulması gereken en önemli husus; problemin doğrusal eşitlik veya eşitsizlikler halinde doğru bir şekilde

tanımlanmasıdır. En düşük maliyetli üretimde birim ürün maliyeti mevcut kısıtlara karşı minimize edilir. En düşük maliyetli rasyon çözümü için modeller kurulduktan sonra bu modellerin uygun bir doğrusal programlama paketine uygun bir şekilde girilmesi gerekir.

Bilgisayar ortamında rasyon hazırlamada en önemli konu rasyon hazırlayan kişi veya kişilerin yemler ve hayvan besleme konusundaki bilgi birikimleridir. Çünkü bilgisayar matematiksel bir işlemler topluluğunu, bizim kendisine tanıttığımız şekliyle matematiksel olarak çözer. Bu teknikte çözüm, bilgisayarla rasyon hazırlayan kişi arasında karşılıklı iletişim ve etkileşim ile elde edilmektedir. Rasyon hazırlayan beslemeci, yetiştirici veya öğrenci en düşük maliyetli çözüme ulaşırken bilgisayarla olan interaktif işlemlerinde yem hammaddelerine ilişkin verileri, maliyet unsurlarını, yemler ve hayvan besleme konusundaki bilgi birikimi ile kontrol etmeli, yorumlamalı ve gerekirse bütün rasyonu yeniden formüle etmelidir.

Doğrusal programlama modellerinde 3 ana faktör söz konusudur. Bunlardan ilki **amaç fonksiyon**, ikincisi **karar değişkenleri**, üçüncüsü ise **kısıtlardır**. En düşük maliyetli yem formülasyonunda amaç fonksiyon, yemin birim maliyetini içeren eşitliktir. Karar değişkenleri ise rasyona girmesi düşünülen yem hammaddeleridir. Kısıtlar ise yemde bulunması gereken besin madde düzeyleri ve yem hammaddeleri ile ilgili sınırlamalardır.

Amaç Fonksiyon: $\text{MIN } \sum(Y_i x_i F_i)$

Y_i =i'inci yemin miktarı (aynı zamanda karar değişkenleridir),

F_i =i'inci yemin fiyatı.

Amaç fonksiyonun değeri $\sum Y_i$ nin değerine göre oluşur. Eğer yem kg üzerinden hazırlanırsa TL/kg, ton üzerinden hazırlanırsa TL/ton olarak bulunur.

Kısıtlar: $\sum(Y_i x_i B_{Mij})=B_k$

B_{Mij} =i'nci yemin j'inci besin madde içeriği,

B_k : k'nci kısıtın (enerji, protein, gibi) sağ taraf elemanı. Yani rasyonda arzulanan enerji protein gibi besin maddelerinin düzeyi.

Bu bölümde süt sığırlarında gereksinmelerin saptanması ve gereksinmeyi karşılayan rasyonların hazırlanmasıyla ilgili bir dizi örnek verilmiştir. Örnek 2'de bilgisayar uygulamalı rasyon hazırlanma konusu işlenmiş ve bu örnekte rasyon tam yemleme (TMR) sistemine uygun olarak hazırlanmıştır. Bundan sonraki örneklerde standart yemlemeye uygun rasyon örnekleri verilecektir.

Örnek:

600 kg canlı ağırlıkta %3.5 yağlı 30 kg süt veren bir inek için aşağıda verilen yem hammaddeleri ile rasyon gereksinmeleri karşılayan bir rasyon hazırlayınız. Yemlerin besin madde içerikleri ve maliyeti Çizelge 8.1'de verilmiştir.

Çizelge 8.1. Örnek Çözümde Kullanılacak Yem Hammaddeleri, Besin Madde Kompozisyonları ve Maliyetleri.

Yemler	TL/Kg	KM %	HS %	ME Mcal/kg	HP g/kg	Ca g/kg	P g/kg
Yonca kuru otu	50.000	91	34.5	2.00	130.0	10.3	1.64
Mısır silajı	30.000	33	7.92	0.88	26.7	0.8	0.7
Mısır	100.000	88	1.8	2.75	90.0	0.2	3.0
Arpa	95.000	88	5.3	2.89	119.0	0.5	3.4
Buğday Kepeği	85.000	89	9.8	2.30	150.0	1.2	12.3
Soya Küspesi	150.000	89	6.3	2.90	440.0	2.9	6.3
Çiğit tanesi	120.000	92	19.3	3.52	219.0	1.5	6.9
Kireç taşı	30.000	100				360.0	0.2
DCP	175.000	100				237.0	188.0
Tuz	35.000	100					

Adım 1:

Hayvanın gereksinimleri NRC (1989) verileriyle hesaplanır veya tablo değerleri kullanılarak bulunur. NRC (1989)'a göre mevcut hayvanın günlük gereksinimleri 50.76 Mcal ME, 2922 g ham protein, 113.4 g Ca ve 72 g P dir. Hayvanın maksimum kuru madde tüketimi ise canlı ağırlığının %3.5'u olarak alındığında 21 kg olarak hesaplanmaktadır.

Adım 2:

Gereksinimlerle ilgili kısıtların dışında rasyonda verilmesi gereken diğer kısıtların belirlenmesi gerekir.

Mevcut çözümde rasyonda kaba yem düzeyinin kuru maddede %40-60 arasında ve tuz miktarının ise 50-100 g/gün arasında tutulmasına karar verilmiştir. Böyle bir yaklaşım tam yemleme yaklaşımıdır. Toplam rasyon hazırlanmaktadır ve kaba ve kesif yemler birlikte dikkate alınmaktadır.

Rasyon kaba yem düzeyi ile ilgili kısıtlamalar aşağıda ifade edildiği şekilde yapılmıştır.

(0.91yonca kuru otu + 0.33 mısır silajı)

----- >=0.40

(0.91yonca kuru otu + 0.33mısır silajı + 0.88mısır + 0.88arpa + 0.89buğ.kepegi + 0.89soya küs + 0.92çigit + 1kireç taşı + 1dcp + 1tuz)

Rasyon kaba yem oranı için yukarıda ifadesi verilen alt sınırlamanın doğrusal ifadesi 4. adım altındaki kısıtlar satırının 3.sünde gösterilmiştir. Benzer şekilde üst sınırlama da 4. satırda ifade edilmiştir.

Adım 3:

Optimizasyon yaklaşımı için doğrusal eşitlikler veya eşitsizlikler oluşturulmalı, problemin matematiksel tanımı yapılmalıdır. Burada toplam rasyonun miktarı en önemli konulardan biridir. Mevcut yaklaşımda süt ineğinin günlük kuru madde tüketim kapasitesi toplam yem olarak dikkate alınmıştır. Bilindiği gibi bir hayvanın besin madde gereksinimleri günlük olarak tüketebileceği yem içinde hayvana verilmelidir. Bu eşitlik veya eşitsizlikler aşağıda verilmiştir.

1) MIN 50000yoncako + 30000misirsil + 100000misir + 95000arpa + 85000bkepegi + 150000soyküs + 12000çigıt + 30000ktaşı + 175000dcp + 35000tuz

Subjected To;

2) 0.91yoncako + 0.33misirsil + 0.88misir + 0.88arpa + 0.89bkepegi + 0.89sfk + 0.92cigıt + 1ktasi + 1dcp + 1tuz ≤ 21 !(kg/gün) kuru madde tüketim kapasitesi

3) 0.546yoncako + 0.198misirsil - 0.352misir - 0.352arpa - 0.356bkepegi - 0.356sfk - 0.368cigıt - 0.4ktasi - 0.4dcp - 0.4tuz ≥ 0 !(kaba yem oranı alt sınırı (en az %40)

4) 0.364yoncako + 0.132misirsil - 0.528misir - 0.528arpa - 0.534bkepegi - 0.534sfk - 0.552cigıt - 0.6ktasi - 0.6dcp - 0.6tuz ≤ 0 !(kaba yem oranı üst sınırı (en az %60)

5) 2yoncako + 0.88misirsil + 2.75misir + 2.89arpa + 2.3bkepegi + 2.9sfk + 3.52cigıt + 0ktasi + 0dcp + 0tuz = 50.76 !(Mcal/gün) ME kısıtı

6) 130yoncako + 26.7misirsil + 90misir + 119arpa + 150bkepegi + 440sfk + 219cigıt + 0ktasi + 0dcp + 0tuz = 2922 !(g/gün) ham protein kısıtı

7) 10.3yoncako + 0.8misirsil + 0.2misir + 0.5arpa + 1.2bkepegi + 2.9sfk + 1.5cigıt + 360ktasi + 237dcp + 0tuz = 113.4 !(g/gün) Ca kısıtı

8) 1.64yoncako + 0.7misirsil + 3misir + 3.4arpa + 12.3bkepegi + 6.3sfk + 6.9cigıt + 0.2ktasi + 188dcp + 0tuz = 72 !(g/gün) P kısıtı

9) tuz > 0.05 !(kg/gün) tuz alt sınırı

10) tuz < 0.1 !(kg/gün) tuz üst sınırı

end

Adım 4:

Yem hammaddeleriyle ilgili olarak bireysel kısıtlamalar gerekiyorsa bunlar tanımlanmalıdır. Hammaddenin kendisinden veya hayvanın fizyolojisinden kaynaklanan kısıtlamalar veya stok mevcudiyeti gibi hususlar bu gibi tanımlamaları zorunlu kılabilir. Örneğin ikinci çözüm için yapılan yaklaşımda çigıt için maksimum kullanım düzeyi 2 kg olarak tanımlanmıştır. Üçüncü çözümde ise mısır silajı kullanımı alt düzeyi 20 kg olarak tanımlanmış ve mevcut modele bu kısıtlama eklenmiştir.

Adım 5:

Doğrusal eşitlik veya eşitsizliklerden oluşan rasyon formülasyonu uygun bir doğrusal programlama paket programına uygun bir şekilde girilmelidir. Bu amaçla üretilmiş çok sayıda genel kullanıma açık veya özel olarak rasyon çözümlemesi için hazırlanmış paket programlar mevcuttur. Özel paket programlarda yukarıdaki formülasyonlar rasyonla ilgili olarak tarafımızdan tanımlanan kısıtlamalar dikkate alınarak bilgisayar tarafından otomatik olarak hazırlanır.

Adım 6:

Uygun şekilde girilen ve çözülen rasyon formülasyonu son aşamada kontrol edilmelidir. Burada asıl olan rasyon hazırlayan kişi veya kişilerin yemler ve hayvan besleme konusundaki temel bilgilerinin yeterliliğidir. Zira elde edilen çözümün uygun bir çözüm olup olmadığı yemler ve hayvan besleme konusundaki bilgi birikimi ile kontrol edilebilir. Bu bilgiler ışığında kontrolden geçirilen rasyon gerekirse yeniden düzenlenir ve daha uygun yeni çözümler elde edilir. Burada temel kriter hayvanların gereksinimlerinin dengeli bir şekilde karşılanıp karşılanmadığıdır. Sonuç olarak bunun kararını vermek rasyon hazırlayana düşer. Doğrusal programlama veya bilgisayarlı rasyon çözümü uygulaması esas olarak dengeli ve ucuz rasyonların hızlı bir şekilde yapılmasına izin verir.

Yukarıda tanımlanan formülasyon bilgisayara verildikten sonra elde edilen sonuç Çizelgede 8.2'de rasyon 1 olarak verilmiştir.

Çizelge 8.2. Farklı Modellerle Çözülen Rasyonların Hammadde Bileşimi.

Yem hammaddesi	Rasyon 1 (kg)	Rasyon 2 (kg)	Rasyon 3 (kg)
Yonca kuru otu	7.602	10.128	4.762
Mısır silajı	9.925	0.000	20.000
Mısır	0.000	0.000	0.000
Arpa	0.000	6.656	2.962
Buğday Kepeği	0.000	1.338	1.210
Soya Küspesi	0.000	0.397	1.811
Çiğit tanesi	7.620	2.000	2.000
Kireç taşı	0.0437	0.000	0.103
DCP	0.000	0.000	0.000
Tuz	0.050	0.050	0.050
Maliyet TL/gün	772.367	1.337.729	1.522.883
Kaba/Kesif	58.9/41.1	49.8/50.2	60/40
KMT, kg	17.3 00	18.505	18.223

Rasyon 1 kontrol edildiğinde rasyonda çok fazla miktarda çiğit kullanıldığı görülmektedir. Bilindiği gibi süt sığırları rasyonlarında yağlı tohumların kullanımı konusundaki temel bilgiler günde

hayvan başına 2-3 kg dan fazla kullanılmamasını gerektirmektedir. Bunun kısıt olarak ($\text{çığit} \leq 2$ kg) bilgisayara girilmesi gerekmektedir.

Bundan sonra rasyon yeniden koşulduğunda 2 nolu çözüm elde edilmektedir. 2 nolu çözüm kontrol edildiğinde ise rasyonda mısır silajının hiç kullanılmadığı görülmektedir. Elde mısır silajı mevcudu olduğu varsayılarak bununda kullanılması ön görülebilir. Bundan hareketle rasyonda en az 20 kg mısır silajı kullanımı kısıt olarak ($\text{mısırsil} \geq 20$ kg) modele dahil edilerek son çözüm (rasyon 3) elde edilebilir.

Çözümlerin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi rasyon hazırlayanın rasyon formülasyonuna her müdahalesi yem maliyetini artırmıştır. Ancak asıl olan hayvanın gereksinmesinin **sağlıklı ve en düşük maliyetli** olarak karşılanmasıdır.

Doğrusal programlamadan yararlanarak bilgisayarda rasyon hazırlamak aşağıdaki avantajları içermektedir.

1) Pearson kare ve diğer basit cebirsel tekniklerde değişken ve kısıt sayısı sınırlıdır. Sadece bir iki kısıtla çözüm yapılabilir. Ancak bilgisayarla rasyon hazırlarken değişken ve kısıt sayısında önemli bir sınırlama yoktur.

2) Kısıtlar basit tekniklerde sabittir. Bir kısıt için sadece bir değer atayabiliriz, halbuki bilgisayarla rasyon hazırlarken en düşük ve en yüksek değerler tanımlanabilir. Yani kısıtlar ve değişkenler için en düşük ve en yüksek şeklinde aralık (eşitsizlik) tanımlamak mümkündür.

3) Basit tekniklerde hammadde fiyatları dikkate alındığında ekonomiklik deneme yanılmayla gözlenebilir ve kişisel beceriye bağlıdır. Bilgisayarla rasyon hazırlama tekniği uygun şekilde kullanılır ise hem dengeli, hem de daha düşük maliyetli rasyonlar elde etmek mümkündür.

4) Bilgisayarla rasyon hazırlama daha kısa sürede daha karmaşık çözümlere ulaşılmasını sağlar.

5) Ayrıca doğrusal programlama ve optimizasyon yaklaşımı ile bilgisayar uygulaması bir kısım ek bilgileri sağlayarak rasyon hazırlamada bir kısım planlamaların yapılmasına ve bazı ön görümlere sahip olmamıza izin verir.

İZ MİNERAL ÖN KARIŞIMI

Kanatlı hayvanlar için gereken iz mineralleri en uygun form ve miktarlarda içeriğinde bulundurur. Kanatlıların iz element gereksinimlerini karşılar. 1 ton kanatlı karma yemine 1 kg karıştırılır.

İÇERİK**1 kg'da**

Manganez	80 000 mg
Demir	60 000 mg
Çinko	60 000 mg
Bakır	5 000 mg
Kobalt	200 mg
İyot	1 000 mg
Selenyum	150 mg

VİTAMİN ÖN KARIŞIMI

Etlik civciv ve piliçlerin yemden yüksek oranda yararlanmaları, sağlıklı büyümeleri ve yüksek canlı ağırlığa kısa zamanda ulaşmaları için kullanılır. 1 ton etlik civciv veya piliç yemine 2 kg karıştırılır.

İÇERİK

2 kg'da

Vitamin A	15 000 000 IU
Vitamin D3	3 000 000 IU
Vitamin E	70 000 mg
Vitamin K3	5 000 mg
Vitamin B1	3 000 mg
Vitamin B2	6 000 mg
Niacin	25 000 mg
Cal.D-Pantothenate	12 000 mg
Vitamin B6	5 000 mg
Vitamin B12	30 mg
D-Biotin	75 mg
Folik Asit	1 000 mg
Choline Chloride	200 000 mg
Vitamin C	50 000 mg