



**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
ZİRAAT FAKÜLTESİ
ZOOTEKNİ BÖLÜMÜ**



RUMİNANT HAYVANLARIN VİTAMİN ve/veya İZ MİNERAL BESLENMESİNDE BOLUS KULLANIMI ve BOLUS ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

Hazırlayan:

Doğukan Onur GÜRSOY

2022361016

Danışman:

PROF.DR. Hasan Rüştü KUTLU

ADANA-2025

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1 -
2. BOLUS NEDİR?	1 -
3. BOLUS ÜRETİM TEKNOLOJİ VE BOLUS ÇEŞİTLERİ.....	2 -
3.1. Salınım Özelliklerine Göre Boluslar	2 -
3.1.1. Sıkıştırılmış Bolus.....	2 -
3.1.2. Ekstrüde Bolus	2 -
3.1.3. Çözülebilir Cam Bolus	3 -
3.1.4. Magnezyum Bolus	3 -
3.1.5. Bakır Oksit Telli Kapsüller	3 -
3.2. Üretim Şekillerine Göre Boluslar.....	3 -
3.2.1. Sıcak-Eritme Ekstrüzyonu	3 -
3.2.2. Eritme Granül (Taneleme).....	3 -
3.2.3. Direk Eritme.....	4 -
3.3. Bolus Hazırlama Ekipmanları.....	4 -
3.3.1. Karıştırma Makineleri (Mixer).....	4 -
3.3.2. Granülasyon Makineleri.....	5 -
3.3.3. Tablet Presleme Makineleri (Tablet Press).....	5 -
3.3.4. Kaplama Makineleri (Coating Machines)	5 -
3.3.5. Ekstrüzyon Makineleri (Extrusion Machines)	7 -
3.3.6. Sıvı Doldurma Makineleri (liquid filling machines).....	7 -
3.3.7. Kapsül Doldurma Makineleri (Capsule filling machines)	8 -
3.3.8. Ambalajlama Makineleri	8 -
3.4. Bolus Kalite Kontrol ve Test Ekipmanları:	9 -
4. BOLUSUN KULLANIM ALANLARI VE TİPLERİ	10 -
5. HAYVAN BESLEMEDE BOLUS KULLANIMI	11 -
5.1.1. Büyükbaş Hayvanların Beslenmesinde Vitamin ve İz Mineral Kaynağı Olarak Bolus Kullanımı	15 -
5.1.1.1. Büyükbaş hayvanların beslenmesinde vitamin kaynağı olarak bolus kullanımı.....	15 -
5.1.1.2. Büyükbaş hayvanlarda mineral kaynağı olarak bolus kullanımı:	17 -
5.1.2. Küçükbaş Hayvanların Beslenmesinde Vitamin ve Mineral Kaynağı Olarak Bolus Kullanımı	19 -
5.1.2.1. Küçükbaş hayvanların beslenmesinde vitamin kaynağı olarak bolus kullanımı.....	19 -
5.1.2.2. Küçükbaş hayvanların beslenmesinde mineral kaynağı bolus Kullanımı.....	20 -
6. HAYVAN BESLEMEDE VİTAMİN-İZ MİNERAL KAYNAĞI OLARAK BOLUS KULLANIMI KONUSUNDA ARAŞTIRMA BULGULARI	21 -
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	30 -
KAYNAKLAR	31 -

ÖNSÖZ

Çiftlik hayvanlarının beslenmesi neolitik çağdan günümüze kadar gelmektedir. Bu süreç içerisinde bilim ve teknolojinin gelişimiyle beraber, hayvan besleme bilimi ve teknikleri gelişmiştir. Bu gelişmelerle beraber ruminant hayvanların vitamin ve iz mineral gereksinimlerinin karşılanması, hayvan sağlığı ve verimliliğinin sürdürülebilirliği açısından kritik rol oynadığı saptanmıştır. Özellikle meraya dayalı yetiştiricilik yapılan bölgelerde, toprak ve bitki yapısından kaynaklanan mineral eksiklikleri hayvanların besin madde gereksinimlerini olumsuz etkilemekte ve bu durum çeşitli metabolik rahatsızlıklar ile verim kayıplarına yol açtığı bilinmektedir. Bu durumun önlenmesi için geliştirilen kontrollü salınım bolus biyoteknolojileri, ruminant hayvanların uzun süreli mineral ve vitamin gereksinimlerini karşılamada önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır.

Bu tez çalışmasında, vitamin ve iz mineral içeren bolusların tanımı, üretim teknolojileri, kullanım alanları ve ruminant beslemedeki işlevleri detaylı biçimde ele alınmıştır. Ayrıca, bu biyoteknolojik ürünlerin hayvan sağlığı, performansı ve verim parametreleri üzerindeki etkilerini ortaya koyan bilimsel araştırmalar incelenmiş ve güncel literatür ışığında değerlendirilmiştir. Çalışmanın amacı, bolus biyoteknolojisinin hayvan beslemede giderek artan öneminin bilimsel temellerle açıklanması ve sektör uygulamalarına katkı sağlayacak bütüncül bir bakış açısı sunmaktır.

Tez yazım sürecinde yardımını ve bilgisini esirgemeyen, sürekli öğrenmenin önemini anlatan ve paylaşan, her zaman desteklerini sunan değerli hocam **Prof. Dr. Hasan Rüştü KUTLU**'ya çok teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Hayvan beslenmesinin ve yetiştirilmesinin tam tarihi bilinmemekle beraber, en az M.Ö 8000-9000 yıllara dayandığı tahmin edilmektedir. İlk medeniyetlerin kurulduğu Mezopotamya, Suriye ve Mısır arasında kalan bölgelerde, ilk yetiştiriciliğin yapıldığı kabul edilmektedir. Hayvan yetiştiriciliğiyle beraber sabit gıda kaynağı yaratılmıştır. Buna bağlı olarak ta popülasyon daha hızla artmasını ve medeniyetlerin yerleşik düzene geçmesi ve gelişmesini hızlandırmıştır. Şehirleşmenin artması ve nüfusun hızla artış göstermesine dayalı olarak, insanların yeni gıda arayışlarına yönelmesini ve var olan gıda kaynaklarının geliştirilerek daha verimli hale getirilmiştir ve bu gelişim hala devam etmektedir. Tarım ve hayvancılığın gelişmesindeki en önemli unsur, insanların giyinme ve gıda ihtiyacıdır. Bu yüzden gelişimi sürekli olarak devam etmektedir. İlk besleme yöntemi ve hala günümüze kadar gelen yöntem olan çayır ve meralarda otlatma yöntemi, insanlığın gelişimiyle beraber paralellik göstermiştir. Hayvanların özellikle otların az olduğu zamanlarda yeterli beslenebilmeleri için 18. yüzyılda insanlar yem bitkisi ekmeye başlamışlardır. 1810'da Alman bilim insanı Albrecht Daniel Thaer tarafından potansiyel yem hammaddelerinin çayır samanıyla karşılaştırarak ve karşılaştırmalı bir ölçüt olarak "saman değeri" atayarak ilk yem standartlarını geliştirmiştir (Loosli,1991). Bu bilimsel gelişmeden sonra besin madde içerikleri de bilimsel yöntemlerle belirlenmeye ve sınıflandırılmaya başlanmıştır. Bu gelişmelerle beraber hayvanların gereksinimleri ve yemlerin sindirilmeleri hesaplanmaya başlanmış, çiftlik hayvanlarının besin madde gereksinimleri formülize edilerek beslenme programları oluşturulmuş ve günümüzde hala güncellenmeye devam edilmektedir. Bilindiği gibi çiftlik hayvanlarının besin madde gereksinimleri proteinler, karbonhidratlar, vitaminler, mineral/iz mineraller, yağlar ve su olarak ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Bu gereksinimler göz önüne alındığında çayır ve meralarda otlayan hayvanların vitamin ve iz mineral ihtiyaçları otlandıkları yerin toprak besin madde bileşimine göre değişmektedir. Yapılan çalışmalarda çayır ve meraların pek çoğu hayvanların vitamin ve mineral ihtiyacını karşılamakta yetersiz kaldığı saptanmıştır .1970'lere gelinirken bu sorunun çözümüne yönelik araştırmalara başlanmış ve yeme vitamin mineral takviyesi veya kontrollü salınma yoluyla vitamin ve mineral içerikli bolus teknolojisi geliştirilmeye başlanmıştır.

2. BOLUS NEDİR?

Dünyada gelişen teknolojiye paralel olarak gelişen biyoteknoloji ve biyoteknoloji ürünleri, günümüzde hayvancılık sektöründe de önemli bir yer tutmaktadır. Hayvansal biyoteknoloji alanında en çok gelişmelerin ve araştırmaların yapıldığı alan yem teknolojisi ve hayvan besleme olmuştur. Bu alan içerisinde Bolus teknolojisi önemli bir yer tutmaktadır.

Bolus, özel bir aparatla ruminant hayvanların rumenlerine bırakılan, regurjitasyonla dışarı atılmayacak şekilde özel olarak hazırlanan vitamin, mineral ve iz mineral içeren zamana bağlı olarak günlük salınarak bağırsaklara sürekli içeriğindeki besin maddelerini salan bir yem besin madde kaynağıdır. Vitamin ve minerallerin peletlenip dışı özel kaplanarak, rumen sıvısında hemen çözünmesi engellenir, zamana bağlı kontrollü salınım yapılması sağlanır. Bu

özelliğinden kaynaklı, çok mideli hayvanların mera ortamı gibi elden yemlemenin yapılmadığı uzun süreçli doğal ortama dayalı beslenmesinde önemli bir avantaj sağlar. 1970'li yıllarda ilk başta mineral vitamin sağlamak için geliştirilen bolus, 1980'lerde sağlık açısından, 2000'lerden günümüze kadar elektronik kimliklendirme ve yapay zeka sayesinde hayvanlardan veriler almamızı sağlayacak elektronik veri aktarıcı olarak kullanımı da yaygınlaşmıştır. İlk etapta mera hayvanları için düşünülen ve meraya çıkan hayvanların mineral ve vitamin gereksinimini karşılayarak verim düşmelerini önlemek amacıyla yapılmıştır. Daha sonraları bilimin gelişmesi ve yeni keşiflerin yapılmasıyla, daha farklı alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır.

3. BOLUS ÜRETİM TEKNOLOJİ VE BOLUS ÇEŞİTLERİ

Hayvancılık yapılan bölgelerdeki genel bir sorun olan toprak yapısındaki düşük mineral ve iz mineraller ve bunların bitkilerin ve hayvanların yararlanmasındaki engelleyici faktörlerden kaynaklı çayır-meraya dayalı beslenen hayvanlarda mineral ve iz mineral yetersizliği tüm dünyada çok yaygındır. Bu sorunu ortadan kaldırmak için yem sektöründeki bilim insanları, değişik yöntemlerle hayvanlardaki mineral ve iz-mineral eksikliğini önlemek için çeşitli yöntemler kullanmıştır. Mineral premiksleri, yalama blokları, kovaları ve sıvı enjeksiyon halde kullanımı şeklinde farklı yöntemler geliştirilmiştir, fakat bu yöntemlerin sık dozaj kullanım gereksinimi ve tüketimi sadece mümkün olduğunda tüketilebilecek olmasından dolayı uzun dönem merada otlamaya çıkan hayvanlar için kullanılabilir olması her zaman mümkün değildir. Bu yüzden uzun dönem salınımlı, ağız yoluyla retikulumu indirilen, orada hemen çözülmeyen ve retikulumun dibine çökecek öz yoğunlukta olan özel preparatlar bolus olarak adlandırılmaktadır. Bunlar günlük gerekli miktarlardaki mineral ve iz mineral çözülmesiyle ihtiyaçlarını gidermek amacıyla 1 aydan 1 yıla kadar retikulo-rumende kalabilir. Biyoteknolojik ürün olarak “Kontrollü Salınım Rumen İçi Destekleyici Bolus” kullanımı giderek yaygınlaşmıştır. İlerleyen yıllarda daha çok mineral içeren bolusların bileşimine yağda eriyen vitaminler de eklenmiştir. Üretim çapı 10-25 mm ve uzunluğu ise 40-100 mm olabilen değişik silindirik veya küresel şekilde yapılmaktadır. En önemli husus öz yoğunluk 2.0 g/cm^3 'ten büyük olmalıdır.

3.1. Salınım Özelliklerine Göre Boluslar

3.1.1. Sıkıştırılmış Bolus

Bolusun içine katılan mineraller ve vitaminlerin sıkıştırılmış bir matrikse sahip olup, polimerik kaplamadan oluşur. Sıkıştırılmış Bolus, rumenin mekanik hareketine göre çözülür veya sindirilir. Bundan dolayı içerik erozyonla veya difüzyonla emilecek şekilde tasarlanmıştır.

3.1.2. Ekstrüde Bolus

Bolusun içindeki minerallerin ve polimerik yardımcı maddenin ekstrüde yoluyla elde edilmesiyle yapılır. Yeni Zelanda'da özellikle koyun ve sığırlarda görülen yüz egzamasının tedavisi için geliştirilmiştir. Bolusun içeriği mumsu bir malzeme ve geçirimsiz toruminal sıvı ile kaplanmış çinko oksit (ZnO) matrisinden oluşur. Rumen sıvısıyla temas ettikçe bir uçtan

mikro elementi çözmeye başlar ve aşınmaya başlanır. Matris aşındıkça mumsu yapı parçalanır, bu da matris yapının sürekli rumen ortamına maruz kalmasını sağlar.

3.1.3. Çözülebilir Cam Bolus

Bu tarz boluslar, ruminantların Bakır (Cu), Çinko (Zn), Kobalt (Co), Selenyum (Se) ve İyot (I) elde etmesi için tasarlanmıştır. İçeriği fosfor pentoksit (P_2O_5), Sodyum Oksit (Na_2O) ve Kalsiyum Oksit (CaO) cam formunu oluşturan ve değiştiren oksitlerden oluşmuştur. Bu form, bileşiğin günlük rumende $25mg\ cm^{-2}$ 'den fazla salınmasını önler. Bundan dolayı da 1 yıldan fazla salınmasını sağlayacak şekilde yapılmasına olanak sağlar. Mikro elementlerin salınımı camın difüzyonu veya çözülmesiyle ve büyük oranda erozyonuyla gerçekleşir.

3.1.4. Magnezyum Bolus

Bu boluslar içerik olarak %86 Magnezyum, %12 Alüminyum ve %2 Bakır alaşımından oluşan ve bolusun öz yoğunluğunu artırmak için bolus matrisinde dağılmış şekilde bulunan demir (Fe) içeren bir silindirden oluşur.

3.1.5. Bakır Oksit Telli Kapsüller

Koyun ve sığırlarda bakır eksikliğini gidermek amacıyla bakır oksit teller kullanılmıştır. Uzunlukları 3 mm ile 12 mm, çapları 0,5 mm ile 1mm arasında olup, özgül ağırlıkları 6,1 ile 6,4 g/cm^3 arasındadır. Genellikle bakır veya bakır oksit karışımıyla kaplanırlar veya jelatin kapsüller içinde bulunurlar. Bakır oksit teller rumene girerler ve buradan abomasuma doğru ilerlerler, burada hidroklorik asit (HCl) bunları çözer ve normal biyokimyasal süreçte emilen bakır iyonları salınır. Bu uygulama hepatik bakır konsantrasyonunu 6 ay ile 12 ay arasında artırır.

3.2. Üretim Şekillerine Göre Boluslar

3.2.1. Sıcak-Eritme Ekstrüzyonu

Süreç, hammaddelerin bir kalıbın içerisinde 30 °C ile 250 °C dönen sürekli bir vidanın aracılığıyla ileri sürülmesiyle oluşur, bu süreçte aktif bileşenler ve bağlayıcı maddelerin (termoplastikler ve polimerler) homojen karışımıyla sonuçlanır. Ekstrüder, kimyasal bileşikler ısıtan, yumuşatan ve sıkıştıran bantlardan oluşan bir namlu olup ürünü şekil vererek çıkartır.

3.2.2. Eritme Granül (Taneleme)

Bu yöntem, 50-80 °C eriyen katı bağlayıcı maddelerin kullanılmasına dayanan bir tekniktir. Bu yöntem neme dayanaklı bolus yapımına olanak sağlar. Granülasyon süreci tek bir adımdan oluşur, bağlayıcı madde karışımındaki bileşenlerle birlikte yüksek hızlı bir karıştırıcı granütöre eklenir. Bağlayıcı madde karıştırma, yoğurma ve kurutma aşamasında oluşan ısı nedeniyle erir. Son olarak granülat, elde edilen toz karışım ve erimiş bağlayıcı maddenin

bileşmesinden elde edilir. İstenilen partikül boyutu için eleklerden elenir, bundan sonra kapsüllenebilir veya bolus yapımı için sıkıştırılabilir.

3.2.3. Direk Eritme

Bu teknik aktif bileşenlerin 500 °C ile 1100 °C derece arasında direk eritilmesiyle yapılır. Sonrasında kalıplara dökülüp, şekillendirilir.

3.3. Bolus Hazırlama Ekipmanları

Hayvan beslemede kullanılmak üzere hazırlanan bolusların hazırlanma sürecindeki işlemler ve kullanılan makineler;

3.3.1. Karıştırma Makineleri (Mixer)

- **Granülasyon ve karıştırma makineleri:** Vitamin ve mineral içeren ham maddelerin düzgün ve homojen bir şekilde karıştırılmasını sağlar.
- **Endüstriyel karıştırıcılar (veya yavaş karıştırıcılar):** Toz halindeki vitamin ve mineral bileşenlerinin etkili bir şekilde homojen olarak karıştırılmasını sağlar.
- **Ribbon mixer (şerit helezon) ve vakumlu karıştırıcılar:** Toz halindeki vitamin ve minerallerin etkili bir şekilde karışmasını sağlar (Resim 1).



Resim 1 (Karıştırıcı)

3.3.2. Granülasyon Makineleri

Bolus üretimindeki önemli adımlardan bir tanesidir. Islak ve kuru granülasyon makineleri kullanılmaktadır, bu işlemde etkin bileşenlerin düzgün bir şekilde karışmasını ve homojen bir ürün elde edilmesini sağlar.

3.3.3. Tablet Presleme Makineleri (Tablet Press)

Üretilen bolusların granül haline geldikten sonra yüksek basınç altında düzgün ve dayanıklı tabletler haline getirilmesidir. Tablet halindeki boluslar uzun süre etkilidir. Döner tablet presleri ve yatay tablet presleri bu işlem için kullanılır. Üretim kapasitesine bağlı olarak otomatik tablet presleme makineleri kullanılabilir (Resim 2).



Resim 2 (Tablet Presleme Makineleri)

3.3.4. Kaplama Makineleri (Coating Machines)

Kullanılan kaplama makineleri, aktif bileşenlerin kontrollü salınımını sağlamakta önemli rol oynarlar. Bunun dışında 5 tane işlevi bulunmaktadır. Kaplama makinalarının 1. işlevi uygulanan kaplama malzemesiyle beraber bir katman oluşturur, bu katman bir veya birden fazla katmandan meydana gelebilir. Bu katman aynı zamanda dış etkenlerden korumak, tat veya kokunun baskılanması veya tabletin görünümünü iyileştirmek gibi görevleri vardır. Kaplama makinalarının 2. işlevi verilen bolusun salınım hızını düzenlemek içindir. Kullanılan kaplama malzemeleri mide sıvılarıyla girdikleri etkileşime göre seçilirler. Seçilen bu malzemelerin özellikleri;

- **Hidrofilik kaplamalar:** Mide sıvılarıyla etkileşime geçtiklerinde şişer ve salınımı azaltır.
- **Hidrofobik kaplamalar:** Suyu karşı direnç göstererek yavaş veya gecikmeli salınım sağlarlar.

- **Enterik kaplamalar:** Belirli bir pH'ta çözünerek, belirli yerlerde çözülmesini sağlar.
- **Difüzyon kontrollü salınım:** Kaplama, aktif içeriğin kontrollü bir hızda kaplama boyunca yavaşça yayılmasına izin verir.

Kaplama makinalarının 3. işlevi, kaplama makineleri genellikle kaplama çözeltisinin ince bir şekilde püskürtüldüğü spreyci kaplama tekniği kullanır. Tabletler dönen bir tamburda yuvarlandıkça kaplama homojen bir şekilde tablet yüzeyine dağılır. Bu işleme genellikle tava kaplama veya akışkan yataklı kaplama adı verilir. Temel parametreleri şunlardır;

- Püskürtme hızı
- Giriş sıcaklığı
- Hava akışı hızı
- Konulan tamburun sıcaklığı
- Kaplama malzemesinin viskozitesi

Kaplama makinalarının 4. işlevi, salınım profillerini optimize etmesidir. Üretilirken kaplamanın kalınlığı ve bileşimi ayarlanarak istenilen sürelerde salınması sağlanabilir. Bunun için 2 sistem vardır, ilki kodeks (matris) sistemi, aktif bileşen yavaş yavaş çözünen veya zamanla aşınan bir matrisin içine konur, ikincisi ise rezervuar sistemle aktif bileşen difüzyon yoluyla salınmasını sağlayan bir kaplamayla çevrilir.

Kaplama makinalarının 5. ve son işlevi ise kalite kontrol; kaplama makineleri, kaplama kalınlığında tek düzelik ve tüm tabletlerde eşit dağılımda olması gerekir. Sertlik, ufalana bilirlilik, çözünme testi ve kaplama bütünlüğü dahil olmak üzere bütün testlerde istenilen salınım oranının elde edilmesi gerekir. Bu nedenlerden ötürü, üretim sırasındaki kaplama işlemi esansiyel bir önem kazanmaktadır (Resim 3).



Resim 3 (Kaplama Makinası)

3.3.5. Ekstrüzyon Makineleri (Extrusion Machines)

Ekstrüzyon makineleri, vitamin ve mineralleri belirli şekle sokar ve istenilen boyutta tabletler veya granüller olarak elde edilmesini sağlar. Sferonizasyon makineleriyle birlikte, ekstrüzyon işlemi kullanılarak vitamin mineral karışımları düzgün, yuvarlak ve homojen bir hale getirilebilir (Resim 4).



Resim 4 (Ekstrüzyon Makinesi)

3.3.6. Sıvı Doldurma Makineleri (liquid filling machines)

Eğer üretilen bolus sıvı vitamin ve mineral karışımlardan oluşuyorsa, sıvı dolum makineleri kullanılır. Bu makineler, sıvı formdaki karışımları belirli dozlardaki ampüllere, flakonlara veya kaplara doldurur (Resim 5).



Resim 5 (Sıvı Doldurma Makineleri)

3.3.7. Kapsül Doldurma Makineleri (Capsule filling machines)

Bu makineler, vitamin mineral içeren kapsüllerin üretimi için kullanılır. Granüllerin kapsüllere doldurulmasını ve sonrasında da düzgün bir şekilde kapatılmasını sağlar (Resim 6).



Resim 6 (Kapsül Doldurma Makinesi)

3.3.8. Ambalajlama Makineleri

Üretilen bolusların düzgün ve hijyenik şekilde ambalajlanması gereklidir. Blister ambalajlama, vakum paketlenme, otomatik şişe doldurma ve kapama makineleri bu işlem için kullanılan makinelerdir (Resim 7).



Resim 7 (Ambalajlama Makinesi)

3.4. Bolus Kalite Kontrol ve Test Ekipmanları

Boluslarda kaliteyi kontrol etmek için kullanılan 4 test türü vardır. Bunlar;

Çözünme test cihazları



Tablet sertlik test cihazları



Mikrobiyolojik test cihazları



Kütle kontrol sistemleri

Kullanılan makineler ve teknikler hayvan sağlığına olumsuz yönde etkisi olmamakla beraber hayvan sağlığına yönelik özel olarak belirlenmiş ve tasarlanmış olması gerekmektedir.

Kullanılan karışımların istenilen miktarda olması, homojen olması ve istenilen sürelerde çözünmesini sağlamak, doğru dozajı garanti etmek ve üretilen bolusların doğru ve güvenilir şekilde ambalajlandığını sağlamak zorundadır.

4. BOLUSUN KULLANIM ALANLARI VE TİPLERİ

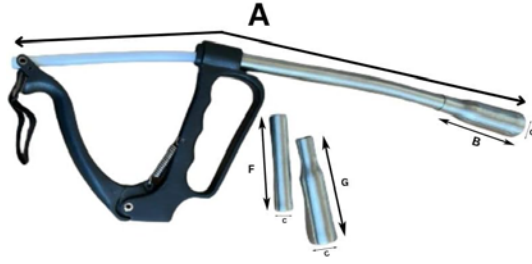
Bolus biyoteknolojisi günümüzde gelişmeye devam etmektedir. Birçok farklı alanda kullanıma sahip olmakla beraber, ağırlıklı olarak dört farklı kullanım alanı vardır. Bunlar;

- İnsan sağlığında tedavi amaçlı veya tedavinin desteklenmesinde
- Çiftlik hayvanlarında hastalık tedavisi ve önlenmesinde,
- Çiftlik hayvanlarının beslenmesinde
- Çiftlik hayvanlarının kimliklendirilmesinde

Geçmişten günümüze biyoteknolojinin gelişmesiyle beraber kullanım alanları ve şekillerinde farklılıklar gözükmemektedir. Çiftlik hayvanlarının beslenmesinde 1970'lerde vitamin ve mineral kullanımıyla başlanan bu biyoteknolojik ürün, 1980'lerin başlarında hayvanların sağlığını korumak ve geliştirmek veya tedavi amaçlı olarak kullanıma sunulmuştur. 2000'lere gelindiğinde gelişen teknolojiyle beraber elektronik kimliklendirmede de kullanımına başlanmış olup, hayvanların bireysel verilerini takip etmek amacıyla da çip benzeri özelliğiyle de kullanıma sunulmuştur.

Genel olarak besleme kısmında kullanılan boluslar daha önce de belirtildiği gibi hayvanlara yutturarak retikulo-rumenin en alt kısmına çökecek ve hayvanın ruminasyon sırasında ağzından geri çıkartamayacağı ve rumen hareketine uyumlu bir şekilde tasarlanmıştır. İlaç, vitamin ve mineral içeren boluslarda kullanımını belirleyen unsur, rumende çözülme süresi ve günlük ihtiyacın karşılanması için gerekli olan aktif maddelerdir. Aktif maddeleri kaplayan materyallerin bu durumu göz önüne alınarak seçilmesi gerekmektedir. Matriksin oluşumu ve çözülmesi sırasında açığa çıkacak miktar ve bu çözülme sırasında hayvan sağlığına olumsuz yönde etkisi olmayacak bir yapıda olmalıdır. Bunun yanı sıra istenilen gün sayısında retikulo-rumende çözülmesi gerekmektedir. Aktif madde içeriği bileşik olabilecek şekilde olduğu gibi, tek bir maddede içerebilir veya sadece mineraller, sadece vitaminler şeklinde de olabilir. Bu tamamıyla istenilen formülasyonla alakalı bir durumdur. Kullanılan kalıplar ve şekilleri hayvan türlerine, yaşlarına ve hedef kullanım sürelerine göre değişmektedir. Hayvana bolus sondası ile rahatlıkla yutturulabilecek şekilde olmalıdır.

Bolus yutturma aparatı (sondası veya tabancası; Resim 8) kullanılırken öncelikle hayvanın doğru bir pozisyona getirilip, yutturma işlemi için ağzı açılır. Ağzı açıldıktan sonra bolus tabancası / aparatı yardımıyla özofagusa bolusu yerleştirip, hayvanın yutma refleksiyle beraber yutturulur (Resim 9). Yutma işlemi sonrasında su içirtilmesi, tıkanma yapmamasını ve retikulo-rumene yerleşmesinde kolaylık sağlar.



Size Chart			
	Detail	Length	Diameter (c)
A	Handle To Mouth	28.0 CM	-
B	Bolus Piece	6.5 CM	21.5 MM
G	Bolus Piece	6.5 CM	23.0 MM
F	Bolus Piece	6.5 CM	15.0 MM

Resim 8 (Bolus Tabancası)



Resim 9 (Bolus Yutturma)

5. HAYVAN BESLEMEDE BOLUS KULLANIMI

Eski çağlardan günümüze kadar çiftlik hayvanların beslenmesi, insanlığın gelişimiyle beraber paralel bir şekilde gelişmiş ve büyük önem kazanmıştır. Çiftlik hayvanlarının beslenme gereksinimleri bilimsel bulgular doğrultusunda her geçen gün gelişmektedir. Temel gereksinimleri olan protein ve karbonhidrat ihtiyaçlarının yanı sıra 19. yüzyıl ve 20. yüzyıldaki buluşlarla beraber vitamin ve mineral kullanımının çiftlik hayvanlarının beslenmesindeki önemi saptanmıştır. Vitamin ve minerallerin hayvanların sağlığı ve verim (döl, süt ve et) bakımından hayati önemde oldukları ortaya çıktıktan sonra günlük ihtiyaç duydukları miktarların belirlenmesiyle beraber beslenme programlarında yer almaya başlamıştır. Bu ihtiyaçların giderilmesi için yemlerin içine eklenmek üzere premiksler hazırlanmaya başlanmış ve bazı yem katkı maddeleri geliştirilmiştir. Bu şekilde beslenen hayvanların vitamin ve mineral değerleri, ihtiyaçlarının karşılanması bakımından eksikliklerin olmadığı sürece verim bakımından artışları olduğu gözlenmiştir. Entansif işletmeler için çok uygun olan bu sistem, ekstansif sistemle yani başka bir deyişle çayır ve meralarda otlatılarak beslenen hayvanlarda ise vitamin-mineral eksikliği en fazla görünen beslenme sorunu olarak ortaya çıkmıştır. Özellikle çayır ve meralarda yetişen otlardan alınan mineral tamamıyla toprak strüktürüyle direk ilişkisi olması nedeniyle gerekli minerallerin eksik alınması veya noksan kalması çok sık rastlanan bir durumdur. Bu sorunun giderilmesi için 1970 yıllardan itibaren “Bolus” teknolojisi geliştirilmiştir. İz minerallerce noksan topraklarda meralarda uzun günler kalan hayvanların gerekli vitamin ve iz mineral alabilmelerini sağlayan bu yem katkı maddesi, mera hayvancılığı için geliştirilmiş olsa da günümüzde entansif işletmelerde de kullanılmaya başlanmıştır. Bu sayede her bir hayvanın günlük gereksinim duydukları vitaminleri ve iz mineralleri alabilmeleri sağlanmıştır. Bu durumdan ötürü günümüzde bolus kullanımı önemli bir yer tutmaktadır. Ülkemizde de son yıllarda kullanımı yaygınlaşmaktadır. Ruminant hayvanların beslenmesinde

kullanılan kontrollü salınım vitamin-iz mineral bolusları hayvanların sağlığı ve verimi için önemli yer tutmaktadır.

Bilindiği gibi vitaminler ve iz mineraller kimyasal özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Vitaminler yağda eriyenler ve suda eriyenler olarak iki alt başlıkta incelenmektedir.

Yağda Eriyen Vitaminler

Bu gruba giren Vitamin A, Vitamin D, Vitamin E ve Vitamin K'nın bağırsaklarda emilebilmesi için ortamda mutlak surette yağ bulunması ve bu yağla birlikte genel dolaşıma geçerek, karaciğerde depolanıp, ihtiyaç halinde dokulara sevk edilmesi gerekir.

Vitamin A: Yağda çözünen vitamin grubunda olan A vitamini, sentetik olarak üretildiği retinol asetat ve retinol palmitat olmak üzere 2 formu vardır. A vitamini tüm memeli ve kanatlı hayvanların büyümelerinde, görmelerinde, bağışıklık sisteminde, hücrel metabolizmada, kemik gelişimlerinde ve üremelerinde önemli rol oynamaktadır. Duyulan ihtiyaç hayvanın verim düzeyi, verim yönü, çevresel stres durumu, sağlık durumu ve beslenmesine bağlı olarak değişebilmektedir.

Vitamin D: Yağda çözünen vitamin grubunda olan D vitamini, doğada 2 formda bulunur. Ergokalsiferol olarak bilinen vitamin D2 bitkiler tarafından sentezlenmektedir. Hayvanlar tarafından sentezlenen formu ise kolekalsiferol (D3) olarak bilinir. Ergokalsiferol hayvanlar tarafından çok düşük düzeyde sindirilebildiği için kolekalsiferol formu olan D3 formu çiftlik hayvanları için kullanılmaktadır. Kolekalsiferolün prekürsörü olan 7-Dehidrokolesterol kullanılır, bu hammadde de koyunun yapağından elde edilen lanolin kullanılır. Kolekalsiferol büyükbaş hayvanlarda Ca homeostazı ve kemik metabolizmasında önemli rol oynamasının yanı sıra bağışıklık sistemiyle de alakalıdır. Özellikle süt hayvanlarında hipokalsemiye karşı önleyici rol oynamaktadır. Hayvanlar her ne kadar ultraviyole ışınlarının derilerine temas etmesi sonucu kendileri üretseler bile, fizyolojik durumlarından kaynaklı olarak gebelik veya gebelik sonrasında ihtiyaçlarını karşılayamayabilecek durumda olabilirler özellikle de entansif işletmelerde barındırılan hayvanların yem ile dışarıdan takviye almaları gerekmektedir.

Vitamin E: Yağda çözünen vitamin grubunda olan E vitamini, tokoferoller ve tokotrienolsler ana grubunda 8 formda bulunurlar. 4'ü tokoferol, 4'ü tokotrienols grubunda yer alırlar. Doğal yollardan ve sentetik yollardan elde etmek mümkündür. Yağlı tohumlardan elde edilen tokoferoller özellikle alfa tokoferoller esterleştikçe ticari olarak yaygın olan d-alfa-tokoferil asetat formuna dönüşür. Sentetik olarak üretilenler ise "dl" ön ekini alır ve genellikle dl-alfa-tokoferol olarak yer alır, daha fazla stabilize edilirse dl-alfa-tokoferil asetat formuna dönüşürler. Vitamin E vücut içerisinde birçok fonksiyonu bulunmaktadır. Antioksidan özelliği sayesinde hücre zarlarını oksidatif strese karşı korur, hücrelerin bütünlüğünü sağlar, selenyumla sinerjik etki gösterir. Lökosit ve fagosit aktiviteleri artırarak vücudun bağışıklık direncini artırır, kas hastalıklarının görülme sıklığını azaltır, hastalıktan sonra hızlı toparlanmayı sağlar. Üreme

aktivitelerinde dişilerde döl tutma oranını artırır ve eş atamama durumunu azaltır, erkeklerde ise sperm kalitesi ve motilitesi üzerinde etkisi vardır. Kas sağlığı açısından önemlidir, kas hücrelerinin korunmasında oluşur ve kas yapısının devamı için önemlidir. Eksikliğinde hastalıklar görölme olasılığı artmaktadır. Sinir hücrelerinde oksidatif etkiyi azaltarak sinir sistemini korumaktadır, buzağılarda ise refleks gibi sinirsel sisteme bağlı aktiviteleri geliştirmektedir. Buzağılarda bağıışıklık sistemini geliştirerek ishal ve solunum yolu enfeksiyonlarına karşı bağıışıklığı artırmaktadır. Eksikliğinde birçok hastalık görülebilmektedir. Genellikle Selenyumla birlikte yani E+Se kombinasyonu olarak kullanılmaktadır.

Vitamin K: Yağda çözünen vitamin grubunda olan K vitamini, quinon grubunun ortak adı olarak kullanılmaktadır. 3 formu vardır, boluslarda ve ticari olarak daha çok kullanılan sentetik olarak üretilen formu K3 olarak bilinen menadiondur. Memeli ve kanatlı hayvanlarda kan pıhtılaşmasında ve kemik sağlığında görev yapmaktadır. Rumen gelişimini tamamlamış ruminantların K vitamini ihtiyacını rumen mikroorganizmaları sentezler.

Suda Eriyen Vitaminler

Rumen gelişimi tamamlanmamış ruminantlarda, rumen mikroorganizmaları yeteri kadar B vitamini sentezi yapamadığı için boluslarda kullanılmaktadır. Ruminant hayvanlarda karaciğerde sentezlenen C vitamini, stres koşullarına karşı gelişimini tamamlamamış ruminant hayvanlara destek olarak verilebilir. B grubu vitaminlerinin pek çoğu, ruminant hayvanların rumenlerindeki bakterilerce sentezlendiği için bu hayvanlara dışarıdan verilme zorunluluğu yoktur; ancak pre-ruminantlılar için esansiyel öneme sahiptir. Öte yandan yüksek verimli ruminantların bu vitaminlere duyduğu gereksinim, eksiksiz bir şekilde rumen bakterilerince karşılanamayabilir. B12 dışında vücutta depolanma özelliği olmayan B grubu vitaminleri, rumen fonksiyonlarının yetersizliği, metabolik rahatsızlık ya da stres söz konusu değilse, günlük gereksinim için dışarıdan takviyeye gerek yoktur. C vitamini ise memeli çiftlik hayvanlarının karaciğerlerinde glukoz ve galaktozdan itibaren sentezlenmektedir.

B grubu vitaminleri: Ruminantların beslenmesinde B grubu vitaminlerinin kullanımı, özellikle hayvan sağlığı ve üretkenliği için metabolik süreçlerde yardımcı olması nedeniyle büyük öneme sahiptir. Bu gruptaki vitaminler; büyüme, üreme ve metabolik verimliliği sürdürebilmek adına önemlidir. B grubu vitaminleri ticari isimleri de dikkate alınarak aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- B1 (Tiamin)
- B2 (Riboflavin)
- B3 (Niasin)
- B4 (Kolin)
- B5 (Pantotenik asit)
- B6 (Piridoksin)
- B7 (Biotin)
- B9 (Folat)
- B12 (Kobalamin).

Bu vitaminlerin rumende sentezlenebilmesi için rumen mikroorganizmalarına ihtiyaç duyurmaktadır. Aynı zamanda bu biyosentez için rumen ortamının da mikroorganizmalar için elverişli hale getirilmesi gerekmektedir. Yüksek verimli hayvanlarda ise genel olarak besin madde gereksinmesi de fazla olduğundan rasyona bu gruptaki vitaminlerin dahil edilmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Vitamin C: Vücuttaki çeşitli fizyolojik süreçlerde önemli rol oynayan ve suda çözünebilen vitamin kaynağıdır. Hücreleri oksidatif strese ve serbest radikallerin neden olduğu hasardan korumaya yardımcı olan antioksidan özellikleri ile bilinmektedir. Vitamin C'nin temel işlevlerinden birisi cildi, damarları ve bağ dokuları korumak için kolajen sentezindeki rolüdür. Vitamin C ayrıca, demir emilimini artırarak demir eksikliğinden kaynaklanacak anemiye önlemede kritik bir görev almaktadır.

İz mineraller

Vitaminlerin yanı sıra bolus üretiminde iz mineral kullanımı da büyük önem taşır. İz mineraller genel hatları ile aşağıdaki gibi incelenebilmektedir. Bunlar içinde demir, bakır, çinko, manganez, iyot, selenyum, kobalt, molibden çiftlik hayvanlarının beslenmesinde özel önem taşımaktadır.

Bakır (Cu): Bakır mineralinin bolus üretiminde kullanılması, çok sayıda enzimatik reaksiyonda yer alarak demir metabolizması ve hemoglobin oluşumu için gereklidir. Boluslarda bakır elementinin kullanılması sığırlarda karaciğer sağlığına ve genel sağlık üzerine olumlu etkisi olduğu gözlemlenmiştir (McCarthy ve ark., 2020; Atkins ve ark., 2020).

Selenyum (Se): Selenyum, antioksidan ve bağışıklık sistemi üzerindeki etkisiyle bilinmektedir. Sodyum selenat içeren bolus formülasyonları geniş getiren hayvanlarda selenyum ihtiyacını etkili bir biçimde karşılayabilir. Ancak son yıllarda organik bağlı selenyum kaynakları da kullanıma sokulmuştur.

Kobalt (Co): B12 sentezinin ayrılmaz bir parçası olarak enerji metabolizması için gerekli olan kobalt, meralarda otlayan hayvanların kobaltla dolayısıyla B12 vitaminine eksik beslenmelerinin önlenmesine yardımcı olmaktadır.

Çinko (Zn): Çinko, cilt sağlığı, bağışıklık sistemi ve üreme performansında önemli bir rol almaktadır. Mineral boluslara çinko eklenmesi ruminantların genel sağlığı, üreme performansı ve verimliliği arttırmaya yardımcı olmaktadır.

Manganez (Mn): Bolus üretiminde kullanılan manganez minerali kemik oluşumu ve üremede rol almaktadır. Manganez bolusları metabolik fonksiyonları destekleyerek çiftlik hayvanlarındaki sağlık problemlerini en aza indirmek için kullanılmaktadır.

Demir (Fe): Demir mineralinin boluslarda kullanımı hemoglobin oluşturmak ve kanda oksijen taşınmasını kolaylaştırmak adına büyük öneme sahiptir. Ruminant hayvanlar, genellikle

demir ihtiyacını karşılayabilirken, özellikle yüksek ihtiyaç dönemlerinde veya demir eksikliği olan meralarda otlayan hayvanlar için bolus yolu ile takviyesi faydalı olabilmektedir.

Molibden (Mo): Bolus üretiminde az miktarda da olsa ihtiyaç duyulan bu mineral bakır metabolizmasını etkileyerek bakırca zengin topraklarda beslenen hayvanlarda bakır emilimini kontrol etmek amacıyla boluslara dahil edilmektedir.

İyot (I): İyot, endokrin sistemin düzenleyicisi olan tiroid hormonları için gerekli olan bir mineraldir. Dünyada pek çok bölgeye ait toprak ve su kaynaklarında iyot eksikliği gözlenmektedir. Çiftlik hayvanlarının beslenmesinde iyot eksikliğinde guatr ve üreme performansında düşme gözlenmektedir.

Özetle, ruminant hayvanlar için kullanılan bolusların, yeterli vitamin ve/veya iz mineral alımını ve çeşitli fizyolojik aktiviteleri düzenleyerek hayvan sağlığı üzerine önemli etkileri olduğu bilinmektedir.

5.1.1. Büyükbaş Hayvanların Beslenmesinde Vitamin ve Mineral kaynağı Olarak Bolus Kullanımı

Büyükbaş hayvanların sağlıklı gelişebilmeleri, sürdürülebilir döl, süt ve et verimi için dengeli beslenme programlarına ihtiyaç duyarlar. Bu programlar hesaplanırken gerekli olan protein ve enerji gereksinmesinin yanı sıra vitamin ve mineraller de dikkate alınır. Sağlıklı ve istenilen düzeyde verim verebilmeleri için vitamin ve mineral gereksinmelerini yeterli düzeyde sağlanması gerekmektedir. Bu yüzden üretilen kesif yemlerin içine yem ilave katkı maddeleriyle rasyonda hayvanların ihtiyaçları karşılanmaya çalışılmaktadır, fakat bu durum ekstansif hayvancılık yapanlar için sorun teşkil etmektedir. Yemlerin mera ve çayırlara taşınmasının mümkün olmadığı veya çok zor koşullarda gerçekleştiği için, mera ve çayırlarda beslenen hayvanlarda vitamin ve mineral eksikliğine sıklıkla rastlanmaktadır. Bu soruna çözüm olması için geliştirilen Bolus, hayvanların mera ve çayırlarda kalacağı süreleri göz önüne alınarak dozajlanıp kullanılmaktadır. Bu şekilde hayvanların ihtiyaç duydukları vitamin ve mineral miktarını günlük olarak karşılanabilmektedir. Büyükbaş hayvanlar her ne kadar vitamin ihtiyaçlarını yemlerden ve mikrobiyel faaliyetler sonucunda elde etse de hayvanların fizyolojik durumlarına bağlı olarak dışarıdan takviyelere ihtiyaç duyarlar. Bunun yanı sıra otlanırken tükettikleri otlar, toprağın yapısına bağlı olarak bütün ihtiyaç duyulan mineralleri içermeyebilir. Tüm bu nedenlerden kaynaklı dengeli ve istenilen seviyedeki bir besleme programının mümkün olabilmesi için, vitamin ve mineral gereksinmelerinin yemdeki doğal düzeye ek olarak dışarıdan ilave edilerek karşılanması gerekmektedir. Bu sayede yeterli verim düzeyi, sağlıklı gelişimleri ve fizyolojik ihtiyaçları karşılanmış olacaktır. Bolus kullanımı bu yeterliliği sağlayacağı için önemli bir yem destek maddesidir.

5.1.1.1. Büyükbaş hayvanların beslenmesinde vitamin kaynağı olarak bolus kullanımı

Dengeli ve yeterli rasyonların temel unsurlarından bir tanesi de vitaminlerdir. Vitaminler insanlar ve hayvanlar tarafından iz miktarlarda gereksinim duyulan organik

bileşiklerdir. Yaşamın sürdürülmesi ve normal gelişimi için gerekli olan vitaminler metabolizma olaylarında katalizör olarak görev yaparlar. Büyükbaş hayvanların sağlıklı şekilde gelişebilmeleri, sürdürülebilir döl, süt ve et verimi için rumendeki mikroorganizmalarda sentezleyebildikleri için bazı B kompleks vitaminleri ve K vitamini dışındaki özellikle yağda eriyen vitaminleri (Vitamin A-D-E) dışarıdan alınmasına ihtiyaç duyarlar (NRC, 2001). Bu yüzden dışarıdan vitamin takviyesi hayvan beslemede önemli bir rol almıştır. Hayvanların kesif yem içinde bulunan vitamin premikslerini, kesif yem tüketemedikleri durumlarda karşılanabilmesi için veya özellikle süt işletmelerinde hayvanın yeterli şekilde vitaminlerden faydalanabildiği ve alabildiğinden emin olmak için bolus kullanılmaya başlanmıştır. Bundan ötürü dışarıdan bolusla yapılan vitamin takviyeleri önem kazanmıştır. Bolus kullanımının pratik oluşu, doz kullanımı sayesinde günlük ihtiyacın karşılanması ve uzun süreli oluşu başlıca avantajlarıdır. Bolus içerisinde hayvanların yararlanabilecekleri doğala özdeş sentetik formlarda vitaminler verilmektedir. Bu vitaminler hayvanların sağlıklarını korumasının yanı sıra verimlerini de artırmaktadır. Bu vitaminlerin kullanılan formlarına ve fonksiyonlarıyla ilgili özet bilgiler aşağıda verilmiştir;

Vitamin A: Büyükbaş hayvanlar için kullanılan boluslardaki vitamin A, sağlık ve fizyolojik işlevlerde önemli yer tutmaktadır. Vitamin A kullanımı bolus formülasyonlarında biyo yararlılığı artırır ve uzun süre salınımı sağlar. Önemli işlevlerini ele alınacak olursa, başta görme işlevine katkıda bulunmaktadır (Kim ve ark., 2018). Bunun dışında bağışıklık sisteminde, üreme performansında, büyüme ve gelişiminde, hücre sağlığı ve yapısında ve son olarak antioksidan özellikler gösterdiği tespit edilmiştir (Jee ve ark., 2013; Peng ve ark., 2021).

Vitamin D: Büyükbaş hayvanlar için kullanılan boluslardaki vitamin D, kalsiyum homeostazisi, kemik sağlığı, bağışıklık fonksiyonu ve genel metabolik süreçler dahil olmak üzere çeşitli fizyolojik süreçlerde etkin rol oynamaktadır. Boluslarla verilen vitamin D, hayvanların beslenme programında yetersiz kalınması durumunda, gerekli takviyeyi sağlayarak hayvanların olumsuz yönde etkilenmesini engeller. Vücut metabolizmasında; kandaki kalsiyum ve fosfor seviyesini regüle eder (Kearns ve ark. 2014). Bağışıklık sisteminde görev alır (Ducharme ve ark., 2019). Özellikle genç hayvanların büyümesi ve gelişiminde önemli rol oynar (Chonchol ve ark., 2016). Üreme performansında üreme hormonlarını regüle eder ve fetüs gelişimine yardımcı olur (Allen & Ying, 2012). Bolusla verilen vitamin D, hayvanın ihtiyacının karşılanmasında kolaylık ve kontrol sağlar (Marcinowska-Suchowierska ve ark., 2018).

Vitamin E: Boluslarla birlikte verilen vitamin E büyükbaşlar için önemli görevlere sahiptir. Temel görevi olarak hücrelerin savunmasında antioksidan etki göstererek hücre sağlığını korur (Kim ve ark., 2010). Bunun yanı sıra bağışıklık sisteminin güçlenmesinde (Mattioli ve ark., 2020), özellikle süttan kesilen buzağların strese bağlı yaşadıkları bağışıklık bastırılmasına karşı da etkili olduğu gözlenmiştir (Burken ve ark., 2012). Üreme sorunlarında azalmaya ve buzağılama sırasındaki komplikasyonlarda azalma sağlamaktadır, bunun dışında sıcaklık stresinin yaşandığı yerlerde sıcaklık stresine karşı kullanılmaktadır (Chandra ve ark., 2013; Neto ve ark., 2012). Ayrıca besi hayvanlarında et kalitesini artırır ve büyümede önemli

rol oynar. Bu vitaminin, bolusla birlikte alınması kolay ve kontrollü tüketim sağlar (Burken ve ark., 2012).

5.1.1.2. Büyükbaş hayvanların beslenmesinde mineral kaynağı olarak bolus kullanımı:

Büyükbaş hayvanların beslenmesinde mineraller diğer önemli kaynaklar gibi önemli yer tutmaktadır. Sağlıklı bir beslenme programında hayvanların yeteri kadar vücutlarında mineralleri bulundurmaları esansiyel önem taşımaktadır. Hayvanların vücutlarında kendiliğinden üretilmeyen bu besin kaynakları dışarıdan gerekli ölçülerde temin edilmek zorundadır, özellikle çayır ve merada yetiştirilen hayvanlarda toprak strüktüründen kaynaklı olarak her mineral yeterli miktarda ve/veya yararlı formda bulunmayabilir. Bu sorunun çözümü için geliştirilen bolus teknolojisi hayvanların gerekli duydukları mineralleri kontrollü salınım yöntemiyle günlük ihtiyaçlarını karşılar. Minerallerin hayvan sağlığına, büyümelerine ve verimlerine etkileri olumlu yöndedir. Büyükbaş için hazırlanan boluslarda genel olarak kullanılan mineraller kalsiyum, fosfor, magnezyum, selenyum, çinko, bakır, potasyum, sodyum, klor, iyot, manganez, kobalt ve demirdir. Büyükbaş hayvanların yaşam evreleri ve fizyolojik durumlarına göre mineral gereksinimleri değişmektedir. Bu konuda aşağıda özet bilgi sunulmuştur.

Kalsiyum (Ca): Büyükbaş hayvanlarda kalsiyum kas kasılmaları, sinir fonksiyonu, kan pıhtılaşması, kemik sağlığı ve gelişimi, enzimatik ve hormon aktiviteleri gibi çok sayıda biyolojik süreç içinde yer almaktadır. Kalsiyum içerikli boluslar sürekli ve kontrollü bir şekilde salınarak hayvanın gereksinmesini karşılamaktadır. Kalsiyum özellikle laktasyon dönemindeki ve büyüme evresindeki hayvanlar için önemlidir. Azlığında veya fazlalığında birçok metabolik rahatsızlık ortaya çıkmaktadır. Boluslarla birlikte verildiğinde metabolik rahatsızlıkların azaldığı yapılan araştırmalarda görülmüştür (Seymour ve ark. 2021; Braun ve ark., 2012).

Fosfor (P): Büyükbaş hayvanlarda fosfor içerikli bolusların kullanımı sağlık ve verim için önemlidir. Kemik sağlığı ve yapısında yer alır (Dezfouli ve ark. 2011). Enerji metabolizmasında ATP sentezinde yer alarak önemli rol oynar (Macari ve ark., 2020). Üreme sağlığı, büyüme ve gelişimde de görev yapmaktadır (Call ve ark., 1978).

Potasyum (K): Potasyum içerikli boluslar büyükbaş hayvanların sağlıklarını korunmasında, performanslarında ve verimlerinde önemlidir. Hayvanların elektrolit dengesinin korunması için önemlidir. Kas kasılması, sinir iletimi ve asit-baz dengesi dahil olmak üzere farklı fizyolojik süreçlerde yer alır (Çınar ve Şen, 2022). Süt verimi ve kalitesi üzerinde olumlu etkisi olduğu (Verhoef ve ark., 2023), metabolik bozuklukların yol açtığı hipokalemiyi önlemek için özellikle de laktasyon, stres ve sıcaklıkların arttığı dönemlerde performans ve verim kaybı yaşamamak için kullanım miktarına dikkat edilmelidir (Mudroň ve Helin, 2023; Davy ve ark., 2018).

Sodyum (Na) ve Klor (Cl): Bedensel işlevler için önemli olan bu iki elektrolit sodyum klorürü (tuz) oluşturur. Sodyum ve klor içerikli boluslar hayvan sağlığı, büyümesi ve verimleri

için önemlidir. Elektrolit dengesinin düzenlenmesi ve osmoregülasyon için önemlidir (Harper ve ark., 1997). Sığırlarda iştahın artmasını, optimum elektrolit dengesinin sağlanması hormonal fonksiyonları ve üreme süreçlerini destekler böylece doğurganlık oranlarını ve gebe kalma oranlarını artırabilir (Underwood ve Suttle, 2001).

Magnezyum (Mg): Magnezyum içerikli boluslar sığırların sağlıkları ve fiziksel aktiviteleri için önemli bir yer taşımaktadır. Kalsiyum regülasyonunu artırır (Saraiva ve ark., 2019), kas fonksiyonu ve sinir sistemi sağlığında rol oynar (Martens & Stumpff, 2019), bağışıklık sistemini kuvvetlendirir (Niemi ve ark., 2017). Eksikliğinde metabolik rahatsızlıklara ve verim kayıplarına yol açabilir, bolusla kullanıldığında hipomagnezemi önlenir (Mayland ve Gruñes, 2015).

Çinko (Zn): Büyükbaş hayvanlarda verilen çinko içerikli boluslar, fizyolojik işlevlerde, büyüme ve genel sağlıkta rol oynamaktadır. Sığırlarda büyümeyi desteklediği ve yemden yararlanmayı artırdığı (Zhang ve ark., 2022), bağışıklık sistemini desteklediği, üreme, deri ve tırnak sağlığında rol oynadığı bilinmektedir (Langenmayer ve ark., 2018; Genter-Schroeder ve ark., 2016).

Manganez (Mn): Sığırlarda manganezi bolus formunda tüketmek, yemden yararlanmayı artırarak optimum büyüme ve üremeye yardımcı olur. Kemik oluşumunda, metabolizmada ve antioksidan savunma mekanizmalarında önemli rol oynayan iz mineraldir. Bunların dışında kolajen sentezinde ve karbonhidrat ve yağ metabolizması için kritik olan belirli enzimlerin aktivasyonunda rol oynar. Manganez eksikliği, büyüme de yavaşlamaya ve üreme sorunlarında artışa yol açabilir (McCarthy ve ark., 2021; Davy ve ark., 2018).

İyot (I): Sığırlarda iyot içerikli bolusların kullanımı, metabolizmayı ve enerjiyi düzenleyen tiroid hormonlarının üretimi için önemlidir. Bolus kullanımıyla iyotun düzenli alınması vücutta olası tiroid hormonları eksikliğini önler ve metabolik faaliyetleri desteklemeye yardımcı olur. Eksikliğinde guatr ve doğurganlığın azalmasına yol açabilir (Dodovski ve ark., 2021; Coneyworth ve ark., 2020).

Bakır (Cu): Büyükbaş hayvanlarda bakır içeren bolus kullanımı, hayvanın demir metabolizması, enzim fonksiyonu ve bağışıklık tepkisi gibi birçok biyolojik süreçlerde yer alır. Hemoglobinin yapısında ve bağ doku oluşumunda önemlidir (Noaman ve ark., 2011).

Demir (Fe): Demir, hayvanın hemoglobin üretimini ve oksijenin taşınmasını destekler. Eksikliğinde görülen metabolik rahatsızlıklar ve üretkenliğin azalması gibi sorunları önlemek için bolus kullanımı özellikle genç ve büyümekte olan sığırlar için olası eksikliğin önlenmesine yardımcı olur (Noaman ve ark., 2011).

Selenyum (Se): Selenyum güçlü bir antioksidan olduğu için boluslarda genellikle vitamin E'yle beraber hazırlanır. Bağışıklık sistemi, üreme sağlığı ve bedensel işlevler için gerekli olan bir antioksidandır. Selenyumun bolusla birlikte alınması kontrollü ve günlük ihtiyacın karşılanmasını sağlar. Antioksidan özelliğinden dolayı birçok metabolik rahatsızlığın

önlenmesine yardımcı olur. Hücreleri oksidatif zararlardan korur ve düzgün tiroid işlevi için önemli rol oynar (Forero ve ark., 2019; Davy ve ark., 2016).

Kobalt (Co): Kobalt, Rumen bakterilerince üretilen B12 vitaminin temel bileşenidir. B12 vitamini enerji metabolizması ve düzgün nörolojik faaliyet için gereklidir. Kobalt eksikliğinde iştah kaybı, kilo kaybı ve nörolojik sorunlara yol açabilir (McCarthy ve ark., 2021; Davy ve ark., 2018).

5.1.2. Küçükbaş Hayvanların Beslenmesinde Vitamin ve Mineral Kaynağı Olarak Bolus Kullanımı

Küçükbaş hayvanların beslenmesinde büyükbaş hayvanlarda olduğu gibi vitamin ve mineraller önemli yer tutmaktadır. Küçükbaşlar, büyükbaşlara göre daha çok ekstansif sistemle yetiştirildiği için özellikle meraya dayalı yetiştirilen küçükbaş hayvanlarda vitamin ve mineral eksikliği daha fazla görülebilir. Bu yüzden küçükbaşlarda vitamin ve mineralin yeterli düzeyde sağlanabilmesi için bolus kullanımı daha önemlidir. Vitamin mineral boluslarının kullanımı küçükbaşlarda sağlık ve verimlilik için önemlidir. Vitamin ve mineral eksikliğinden doğabilecek metabolik rahatsızlıklar, verim kaybı, performans kaybı gibi olumsuzlukların önüne geçilmesini sağlar. Bunun yanı sıra üreme sağlığını, verim kalitesini ve kapasitesini artırmaktadır. Vitamin ve mineraller yapağından ete kadar bütün sağlanan ürünlerin verimliliğini artırmaktadır (Nudda ve ark., 2023). Hayvanların bağışıklık sisteminin kuvvetlenmesini, üreme faaliyetlerini olumlu yönde etkilerken, A ve E vitaminleri embriyonik dönemde yavrunun gelişimini olumlu yönde etkilemektedir (Bampidis ve ark., 2019; Galbat ve ark., 2023; Gomes ve ark., 2024). Bolus kullanımı sayesinde hayvanların vitamin ve mineral ihtiyaçlarının karşılanması verimlilik, sağlık ve performansının artmasını sağlamaktadır.

5.1.2.1. Küçükbaş hayvanların beslenmesinde vitamin kaynağı olarak bolus kullanımı

Vitaminlerin önemi bilimsel yeni bulgular sayesinde besleme programlarında önemli bir yer tutmaktadır. Küçükbaş hayvan beslemede de bu önem büyüktür. Hayvanların verimliliklerini artırabilmeleri ve sağlıklarını koruyabilmeleri için vitaminler hayati öneme sahiptirler. Özellikle mera koşullarında hayvanların günlük ihtiyaçlarını kesin olarak sağlayabilmeleri için kontrollü salınım boluslarının kullanımı önemlidir. Bu şekilde vitamin eksikliğinden doğabilecek sorunlar önlenmiş olacaktır ve daha çok çayır meralarda otlanarak beslenen küçükbaş hayvanların verimliliğinin artması ve sağlıklarının daha iyi korunabilmesi sağlanacaktır.

Vitamin A: Vitamin A içerikli bolus kullanımı özellikle mera kalitesinin yetersiz olduğu yerlerde küçükbaş hayvanların ihtiyacını karşılaması için önemlidir. Vitamin A görme işlevini, büyüme ve bağışıklık sistemini desteklemektedir. Bunun yanı sıra özellikle dişilerde üreme sağlığı için önemlidir (Michlová ve ark., 2015).

Vitamin D: D vitamini içeren boluslar özellikle güneş ışığı alınamadığı zamanlarda veya koşullarda ve hayvanın fizyolojik durumuna göre kullanımı D vitamini eksikliğini

önlemede yardımcı olur. D vitamini kalsiyum ve fosfor metabolizmasında, iskelet ve kas sisteminin gelişiminde, süt veren dişi hayvanların kemik sağlığı ve süt üretiminde önemli rol oynar, hipokalsemi gibi rahatsızlıkları önler ve üreme performanslarını artırabilir (McCarthy ve ark., 2020).

Vitamin E: Vitamin E antioksidan özelliği sayesinde hücrelerin oksidatif zarar görmesini önler ve bağışıklık sistemini destekler. Küçükbaşlarda bolus kullanımıyla alınan vitamin E, bağışıklık tepkisini artırabilir ve özellikle emziren dişilerde mastitis riskini azaltabilir (Nudda ve ark., 2023). Üreme sağlığını ve genel olarak hayvanın verimliliğini artırabilir (McCarthy ve ark., 2020).

5.1.2.2. Küçükbaş hayvanların beslenmesinde mineral kaynağı bolus kullanımı

Hayvan beslemede önemli yer tutan mineraller, küçükbaş hayvanların sağlıklı büyümesini, verimlerinde artışı ve birçok metabolik faaliyetlerde görev alarak optimum besleme için gereklidir. Bolus kullanımıyla beraber hayvanların gerek duydukları mineraller temin edildiğinde, rumen mikroorganizmasına pozitif katkı sağladığı, fermantasyon süreçlerini olumlu yönde etkilediği ve uçucu yağ asiti üretimine destek sağladığı gözlenmiştir (Loh ve ark., 2025). Bolus kullanımı aynı zamanda ekstansif uygulamaları için çok uygun olup, özellikle Türkiye gibi ülkelerde aylarca çayır ve meralarda otlanan hayvanlarda gerekli minerallerin temini sağlamak için pratik ve ekonomik bir alternatif sunmaktadır. Bolusların içeriğinde yer alan minerallerin kısa bilgileri aşağıda özetlenmiştir.

Sodyum (Na), Klor (Cl) ve Potasyum (K): Küçükbaşlarda boluslarla alınan sodyum ve klor, fizyolojik homeostaz için önemli olan ozmotik denge, sıvı düzenlemesi ve elektrolit dengesinde önemli rol oynar. Ek olarak potasyum kas fonksiyonu ve kalp sağlığı için önemlidir (Kwak ve ark., 2015).

Kalsiyum (Ca), Fosfor (P) ve Magnezyum (Mg): Kalsiyum ve fosfor kullanımı küçükbaş hayvanlarda, iskelet sağlığı ve üreme fonksiyonları için gereklidir. Eksikliklerinde doğabilecek olan metabolik rahatsızlıkları önlemek için doğru oranlarda hayvanın tüketmesi ve yararlanabilir olması gerekmektedir. Özellikle yeni doğum yapmış hayvanlarda görülen kalsiyum eksikliğinden kaynaklı hipokalseminin önlenmesi için önemlidir (Kim ve ark., 2011). Magnezyum enzimatik reaksiyonlar, kas fonksiyonu ve sinir iletimi için gereklidir, ot tetanisi gibi eksikliğinde görülebilecek metabolik rahatsızlıkları önlemek için bolus formülasyonlarında gerekliliği belirtilmiştir (Silva ve ark., 2018).

Çinko (Zn), Bakır (Cu) ve Demir (Fe): Bu iz elementler, geviş getiren hayvanlarda çok sayıda enzimatik fonksiyon ve bağışıklık tepkisinde önemlidir. Çinkonun kıl, yapağı, deri bütünlüğü, bağışıklık fonksiyonunda ve üreme sağlığında önemli olduğu belirlenmiştir (Kim, 2023). Bakır, hematopoez ve enzimatik reaksiyonlarda önemli rol oynamaktadır. Demir kanda oksijenin taşınması için esansiyel bir rol oynar (Kuziemska ve ark., 2022).

Selenyum (Se), Kobalt (Co) ve Manganez (Mn): Selenyum ve manganez antioksidan özellikleriyle hücreleri oksidatif hasardan korurken, çeşitli enzimatik reaksiyonlarda kofaktör

görevi üstlenmektedir (Kavanaugh ve ark., 2025). Kobalt ise rumen bakterilerince B12 vitaminin sentezi için esansiyeldir, enerji ve protein metabolizmasında metabolik süreçlerde önemli rol oynamaktadır (Ebrahim ve ark., 2016).

İyot (I): İyot, metabolik hızı ve enerji harcamasında önemli rol oynayan tiroid hormonların üretimi için çok önemlidir. Bolusla sağlanan iyot seviyesi yeterliliği özellikle mineral ihtiyaçlarının arttığı gebelik ve emzirme dönemlerinde guatr ve ilişkili sağlık sorunlarını önleyebilir (Kim, 2023; Kim ve ark., 2017).

6. HAYVAN BESLEMEDE VİTAMİN-MİNERAL KAYNAĞI OLARAK BOLUS KULLANIMI KONUSUNDA ARAŞTIRMA BULGULARI

Bolus biyoteknolojisiyle ilgili 1970'lerden bugüne kadar birçok araştırma yapılmıştır ve yapılmaya devam etmektedir. Ruminant hayvanların beslenmesini desteklemek için geliştirilen boluslar, hastalık önleme ve tedavisinde, elektronik kimliklendirme gibi alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada son 30 yıl içerisinde vitamin-iz mineral boluslarının kullanımı üzerine yapılan bilimsel çalışmalar incelenmiştir. Bu incelemelerin bazıları aşağıda özetlenmiştir.

2021 yılında Carlisle ve ark. tarafından yapılan “Besi sığırlarında sürekli besin maddesi sağlama metodu olarak sürekli salınımlı mineral boluslarının kullanımı” adlı çalışmada, besi sığırlarının etindeki sürekli salınımlı mineral boluslarının salınma oranlarını değerlendirmek ve inek yaşı, bolus tipi ve diyet kalitesinin salınmayı nasıl etkilediği araştırılmıştır. Birinci araştırma için 2 ve 3 yaşlarında, 2 yaşındaki 8 hayvanın ortalama ağırlığı 445 kg ve 3 yaşındaki 8 hayvanın ortalama ağırlığı 601 kg toplam 16 kanüllü Angus melezi inek kullanılmıştır. İkinci araştırma için 3'le 5 yaş arası 16 kanüllü angus melezi kullanılmıştır. Doksan ve yüz elli gün salınımlı 2 adet bolus prototipi hazırlanmıştır. Birinci araştırmadaki hayvanlara meraya ek serbest seçenek olarak NPN takviyeli düşük kaliteli çayır kuru ottan oluşan bir rasyon sunulmuştur (Çizelge 2). İkinci gruptaki hayvanlara hem düşük hem de yüksek kaliteli (Çizelge 4) kuru ot uygulanmıştır. Yapılan ilk araştırma sonucuna göre; araştırmada kullanılan Bolus B'nin Bolus A'ya göre daha çabuk salındığı, inek yaşının bolusun salınma süresini etkilemediği; ancak daha genç ineklerde bolusun retikulo-rumen daha iyi yerleştiği saptanmıştır. Bolus A'nın salınmasının sıfıra doğru sürekli olduğu ancak hiçbir zaman sıfıra yaklaşmadığı (asimptotik) bir eğri izlerken, B Bolusu doğrusal bir eğri (sıfıra ulaşan) izlemiştir. İkinci araştırmanın sonucuna göre ise; uygulanan rasyonların salınma oranında ve hızında önemli düzeyde etkili olduğu, 90 günlük boluslar yüksek kaliteli (Çizelge 3 ve Çizelge 4) rasyonlarda daha hızlı salındığı, 180 günlük bolusların düşük kaliteli (Çizelge 3 ve Çizelge 4) boluslarda daha hızlı salındığı gözlenmiştir. Boluslardaki salınmalar doğrusal modelleri takip etmiştir. 180 günlük boluslar hedeflenenden daha hızlı salındıkları için 91. günün sonunda tükenmişlerdir. 90 günlük boluslarda salınma ile bolusun yüzey alanı arasında önemli bir korelasyon olmadığı belirlenmiştir. İki çalışmanın sonucu olarak, B bolusu 1. Araştırmada daha iyi performans göstermiş olup yüzey alanından etkilenmiştir. Rasyon kalitesinin salınmada ve rumen fermentasyonunda önemli etkisi olmuş, yüksek kaliteli (Çizelge 1-6) beslemeden sonra uçucu yağ (izobütirik, propiyonik, asetik) asitleri daha fazla açığa çıkmıştır. Genel beklentinin tersine,

düşük kaliteli beslemede daha yüksek propiyonat ve daha düşük asetat: propiyonat oranları görülmüştür. Sonuç olarak bolusun fiziksel özellikleri ve formülasyonu salınım üzerinde önemli olduğu, rasyon kalitesinin rumen aktivitelerinde ve bolusun salınımında rol oynadığı gözlenmiştir.

Çizelge 1. Üretici tarafından sağlanan ve kanüllü 2 ve 3 yaşındaki besi ineklerine verilen bolus prototiplerinin besin bileşimi (Araştırma 1).

	Bolus A	Bolus B
Mineraller (ppm)		
Fosfor	24,000	18,000
Kalsiyum	10,000	18,000
Magnezyum	101,000	99,000
Sodyum	17,000	13,000
Çinko oksit	216,240	175,620
Bakır sülfat pentahidrat	42,940	36,470
Potasyum iyodat	3050	3000
Kobalt karbonat	910	890
Vitaminler, ppm		
Vitamin A	6450	6450
Vitamin E	77,580	75,600

*Her hayvana 80g halinde iki bolus verilmiştir.

Çizelge 2. Kanüllü 2 ve 3 yaşındaki besi ineklerine verilen kuru ot ve yem takviyesinin besin analizi (Araştırma 1).

	Kuru ot¹	Ek yem²
Parametreler		
Kuru madde alımı, g/kg	892.4	974.4
Besin içeriği, g/kg KM		
Ham Protein	51.4	200.0
ADF	306.3	—
NDF	558.8	302.0
Depo Karbonhidrat	294.3	—
NDFD ³	432.7	—
uNDF 240 h ⁴	330.0	80.1
Toplam Sindirilebilir Besin Madde İçeriği	552.3	—
Ca	2.4	27.5
P	1.7	5.5
K	15.0	8.0
Na	0.4	17.5

¹ Kuru ot ad libitum olarak beslenmiştir.

² Olgun ineklerin besin gereksinimlerini karşılamak için günlük 1,4 kg/kg oranında yem takviyesi verildi. 140 g/kg NPN eşdeğeri içerir.

³ NDF sindirilebilirliği

⁴ 240 saate dayalı sindirilemeyen NDF

Çizelge 3. Üretici tarafından sağlanan ve kanüllü besi ineklerine verilen bolus prototiplerinin besin bileşimi (Araştırma 2).

	90-d Bolus ¹	180-d Bolus ²
Mineraller (ppm)		
Kalsiyum	15,000	–
Magnezyum	200	–
Sodyum	900	–
Çinko oksit	800	270,000
Çinko sülfat monohidrat	900	–
Manganez oksit	100	–
Mangenez sülfat monohidrat	300	58,140
Kalsiyum iyodat (Susuz)	200	24,550
Kobalt karbonat	–	6000
Kobalt sülfat (6 sulu)	940	–
Bakır şelat	–	265,680
Vitaminler (ppm)		
Vitamin A	7723	1911
Vitamin D3	84	35
Vitamin E	22,400	44,181
Vitamin B6	–	421,690

¹ Her hayvan iki tane 110 g bolus almıştır.

² Her hayvan bir tane 100 g bolus almıştır.

Çizelge 4. Kanüllü besi ineklerine verilen düşük ve yüksek kaliteli kuru ot ile takviyenin besin bileşimi (Araştırma 2).

Besin maddeleri	YK Kuru ot	¹ DK Kuru ot	Ek Yem ²
Kuru madde, g/kg	878.0	851.6	886.1
Besin içeriği, g/kg KM			
Ham Protein	177.1	72.1	463.2
ADF	293.1	312.3	119.5
NDF	466.7	610.1	252.8
Depo Karbonhidrat	214.4	225.7	112.1
NDFD ³	368.5	408.0	–
uNDF 240 h ⁴	301.2	381.0	109.5
Toplam sindirilebilir besin içeriği	605.5	575.8	–
Ca	9.2	2.6	27.4
P	3.1	1.4	4.6
K	35.9	16.2	10.3
Na	0.3	0.3	0.7

¹ Kuru ot ad libitum verilmiştir. YK = Yüksek kaliteli ot yonca kuru otu, DK = düşük kaliteli kuru çayır otu

² Olgun ineklerin besin gereksinimlerini karşılamak için günlük 1,4 kg/kg oranında yem takviyesi verildi. 140 g/kg NPN eşdeğeri içerir.

³ NDF sindirilebilirliği

⁴ 240 saate dayalı sindirilemeyen NDF

Çizelge 5. Düşük kaliteli yemle beslenen, kanüllü 2-3 yaşındaki besi ineklerinin hayvanın yaşı ve bolus prototipine bağlı yem tüketimi, rumen doluluğu ve rumen fermentasyon özellikleri (Araştırma 1).

Parametreler	Bolus A		Bolus B		SEM	P-value		
	2 yaş	3 yaş	2 yaş	3 yaş		Yaş	Bolus	Yaş*Bolus
Kuru madde alımı, kg/d	8.36	10.10	8.57	9.38	0.90	0.18	0.78	0.62
Kuru madde alımı, g/kg CA ²	18.53	16.69	18.75	14.79	1.61	0.11	0.61	0.53
Kuru madde doluluğu, kg	12.81	16.49	11.25	16.81	1.24	<0.01	0.63	0.46
Kuru madde doluluğu, g/kg CA ²	28.08	27.44	24.59	26.35	2.30	0.81	0.34	0.61
Rumen sıvı doluluğu, kg	72.81	85.91	63.93	88.82	6.68	0.02	0.66	0.40
Rumen sıvı doluluğu g/kg CA ²	159.26	142.68	139.82	139.44	12.20	0.50	0.37	0.52
Rumen uNDF 240, g/kg	351.60	364.20	352.00	365.00	10.80	0.43	0.98	0.97
pH	6.46	6.66	6.22	6.33	0.13	0.28	0.93	0.72
Asetat, mol/100 mol	69.95	68.58	68.54	67.23	0.60	0.15	0.14	0.95
Propiyonat, mol/100 mol	16.44	17.78	17.19	18.00	0.27	<0.01	0.09	0.36
İzobutirat, mol/100 mol	1.17	0.96	1.04	0.97	0.06	0.04	0.17	0.28
Butirat, mol/100 mol	10.24	10.81	11.05	11.74	0.35	0.29	0.14	0.88
Izovalerat, mol/100 mol	0.79 ^a	0.49 ^b	0.68 ^{ac}	0.58 ^{bc}	0.03	<0.01	0.10	0.02
Valerat, mol/100 mol	1.41	1.39	1.49	1.49	0.10	0.90	0.60	0.92
Asetat: Propiyonat	4.26	3.86	3.99	3.74	0.09	0.01	0.07	0.46
Toplam UYA ³ , mM	77.07 ^{ab}	78.42 ^{ab}	67.74 ^a	86.70 ^b	3.78	0.81	0.12	0.04
NH ₃ , mg/dl	3.70	4.54	3.60	4.44	0.55	0.33	0.97	1.00

^{a, b, c} ortak üst simgelerin bulunmadığı ortalamalar yaş*bolus $P < 0.05$.

¹ 90-150 günlük bolusların hedef salınım oranları.

². CA, canlı ağırlığı

³. UYA, uçucu yağ asitleri.

Çizelge 6. Düşük ve yüksek kaliteli kaba yemlerle beslenen kanüllü besi ineklerinin rasyon kalitesi ve bolus prototipine bağlı olarak yem tüketimi, sindirilebilirlik ve rumen sıvı kinetiği (Araştırma 2)

Parametreler	90 ¹		180 ¹		SEM	P-value			
	DK ²	YK ²	DK ²	YK ²		Rasyon	Bolus	Rasyon*	Bolus
Kuru madde alımı, kg/d	14.20	13.74	13.52	14.74	1.27	0.77	0.90		0.52
Kuru madde alımı, g/kg BW ³	21.79	21.37	20.60	23.55	1.94	0.53	0.80		0.40
Kuru madde sindirilebilirliği, g/kg	570.70	583.70	553.50	607.50	24.20	0.19	0.89		0.41
Kuru madde doluluğu, kg	13.98	12.64	15.82	11.91	1.17	0.04	0.64		0.30
Kuru madde doluluğu, g/kg CA	21.50	19.35	24.25	19.15	1.73	0.06	0.48		0.41
uNDF 240 doluluğu, kg	4.62	5.33	5.36	5.54	0.54	0.43	0.39		0.63
uNDF 240 doluluğu, g/kg BW	7.14	8.11	8.26	8.93	0.90	0.38	0.30		0.19
uNDF 240 geçiş oranı, %	2.92	2.87	2.26	2.95	0.26	0.24	0.30		0.19
uNDF 240 tutulan (retention), Saat	34.48	36.62	44.89	24.88	3.36	0.26	0.22		0.10
Sıvı doluluğu, kg	103.64	100.87	106.19	90.22	8.04	0.27	0.62		0.43
Sıvı doluluğu, g/kg CA	160.36	153.88	162.34	145.62	12.61	0.38	0.81		0.69
Sıvı geçiş oranı, %	3.52	2.82	3.65	3.14	0.55	0.30	0.68		0.86
Sıvı dönüşümü, Saat	29.51	37.06	31.89	32.50	4.19	0.35	0.80		0.70
Sıvı akışı, L/s	3.64	2.76	3.74	2.89	0.52	0.12	0.82		0.98

¹ 90 günlük veya 180 günlük bolus tipinin salınım oranları.

² Hayvanlara verilen kuru ot kalitesi, Düşük Kalite (DK) veya yüksek kalite (YK).

³ CA, canlı ağırlığı.

Sprinkle ve ark. (2021) yapmış oldukları çalışmada mera ineklerinde bakır, selenyum ve kobalt içeren uzun salınlı bolus kullanımının etkilerini araştırılmışlardır. Bu kapsamda yıllık buzağılama aralığının azaltılması, ineklerin vücut kondisyonunu, süt verimini ve buzağının sütten kesim ağırlıkları bu özelliklerin ırklara göre değişkenliği üzerine bolus kullanımının etkilerinin saptanmasını amaçlamışlardır. Dört yıllık dönemde toplamda 3 gruptan oluşan denemede, kontrol grubunda 194 Hereford ırkı inek ve 132 melez (%50 Kırmızı Angus, %25 Tarentaise, %25 Charolais) inek kullanılmıştır, 1. Deneme grubunda 173 Hereford ve 125 melez inek kullanılmış olup 2 bolus kışın sonunda verilmiştir, 2. Deneme grubunda ise 183 Hereford ve 117 melez inek kullanılmış, 2 bolus sonbaharda ve 2 bolus kışın sonunda verilmiştir. Boluslar 175 günlük, bakır (Cu), Selenyum (Se) ve Kobalt (Co) içerikli, merada beslenen hayvanların iz mineral eksikliğini gidermek üzere tasarlanmıştır. Elde edilen verilere göre; vücut kondisyon puanı ve canlı ağırlıkları baharda 2. Deneme grubundaki ineklerde diğerlerine göre daha düşük; ancak farklılık önemsiz bulunmuştur. Sonbaharda 2. Gruptaki melez ineklerin canlı ağırlıkları daha yüksek; ancak Hereford ırkı inekler daha düşük bulunmuş, sonuçlar salınım üzerine ırk etkisini de ortaya koymuştur. Süt üretimi üzerine bolus kullanım mevsimi ve inek ırkı etkisi önemli bulunmamıştır. Yıllık yıla değişen çevresel faktörler nedeniyle bolus kullanımına etkisinin daha büyük olduğu belirtilmiştir. Buzağılama performans verilerinde ise; 2. grupta sütten kesim ağırlıkları ve doğum ağırlıkları önemli ölçüde daha yüksek olmakla beraber, Hereford ırkı ineklerden 2. grupta elde edilen buzağının kontrol grubundaki Herefordlara göre daha iyi performans gösterdiği, buzağı doğum ağırlıklarının 1. grupta daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Buzağılama aralığı ise kontrol grubu 389 gün, 1. Grup 382 gün, 2. Grup 378 gün olarak hesaplanmış ve daha kısa aralıklarla üreme performansını artırdığı saptanmıştır. Yapılan yem analizinde, selenyum (Se), çinko (Zn) ve bakır (Cu) eksik

olduğu, demirin (Fe) ise bakırın (Cu) Emilimini engelleyecek kadar yüksek olduğu bu yüzden eksikliği daha da artırdığı belirtilmiştir. Bolus uygulaması yapılan gruplarda bu eksikliklerin telafi edildiği gözlenmiştir. Araştırmada elde edilen sonuçlara göre uzun etkili boluslar için, mineral eksikliği olan meralarda verimi artırabileceğini, sık takviyelerin yerini alabileceğini, stratejik olarak planlandığında sürü verimliliğini ve buzağların büyümesini olumlu etkileyeceği söylenebilir.

2020 yılında McCharthy ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada, 250 günlük yavaş salınım vitamin mineral bolusunun (Reloader 250; Cargill) besi düvelerinde; karaciğerde mineral konsantrasyonunun artması, besi performansını iyileştirmesi, beslenme davranışını değiştirmesi, karkas özelliklerini iyileştirmesi üzerine olası etkisini araştırmışlardır. Araştırmada 12 adet kontrol grubunda, 11 adet deneme grubunda kullanılmak üzere 23 adet besi düvesi kullanılmıştır. Hayvanların beslenmesinde mısır silajı, kurutulmuş ot, DDGS, mısır flakeden oluşan bir TMR hazırlanmıştır, içeriğinde vitamin mineral katkısı bulunmamaktadır. Hayvanlar 150-169 gün aralığında gözlemlenmişlerdir. Deneme grubundaki her bir düveye bir çift bolus sağlanmıştır, boluslar bakır (Cu) 11,220 mg, çinko (Zn) 48,620 mg, Selenyum (Se) 505 mg, Kobalt (Co) 468 mg, Vitamin A 824,296 UI ve vitamin D3 ve E içermekte olup, 250 günlük salınım süresi amaçlanmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre; karaciğerdeki mineral konsantrasyonuna bakıldığında, gruplar arasında önemli bir fark oluşmadığı, bunun da nedeni etkisiz mineral salınımı veya yetersiz dozaj olabileceği belirtilmiştir. Ek olarak 169 gün sonunda bolus kütlesinin %84'ünün kaldığı, besi performansı üzerine etkisi olmadığı görülmüştür. Beslenme davranışı üzerinde kontrol grubu için her yemliğe geldiklerinde daha fazla yedikleri ve daha fazla zaman ayırdıkları, deneme grubunda ise yataklıklarına daha fazla gittikleri belirtilmiş, ancak her iki grup içinde yem tüketimi ve yem yeme süreleri aynı bulunmuştur. Karkas özelliklerine bakıldığında önemli farklılıklar olmadığı gözlenmiştir. Sonuç olarak kullanılan 250 günlük bolusun karaciğerdeki mineral durumunu, karkas performansını ve özelliklerini etkilemediği görülmüştür. Bunun zayıf mineral salınımı veya yetersiz dozla açıklanabileceği, sınırlı beside uygulanan rasyondan elde edilen mineraller ihtiyaçları karşılıyorsa, etkisinin sınırlı olacağı ileri sürülmüştür.

2016 yılında Khorsandi ve ark. tarafından yapılan bir araştırmada, sıcaklık stresi altındaki Holstein ırkı ineklerin süt verimi ve kompozisyonu, kan metabolik belirteçleri ve üreme performanslarında sürekli salınımlı vitamin ve mineral boluslarının etkisi araştırılmıştır. Ellisi birden fazla doğum yapmış, 21 günlük prepartum dönemindeki Holstein ırkı inek, 25'şerli biri bolus kullanılan diğeri kontrol grubu olmak üzere 2 gruba ayrılmıştır. Maksimum sıcaklık nem indeksi (THI) 77.7 olarak ölçülmüş, boluslar 240 gün salınım sağlanacak şekilde hazırlanıp yutturulmuşlardır. Yapılan çalışmanın sonucunda sıcaklık stresi altındaki hayvanlarda bolus kullanımı süt kompozisyonunun kalitesini artırdığı (yağ, protein, yağsız kuru madde) ve deneme grubundaki ineklerin somatik hücre sayısının kontrol grubuna göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra meme sağlığı ve doğurganlığı da yükselttiği saptanmıştır. Bu etkilerin metabolik zorlamayla veya sağlık sorunlarına sebep olacak şekilde elde edilmediği, sıcaklık stresi altındaki ineklerde bolus kullanımının pratik bir uygulama olabileceği belirtilmiştir.

1997 yılında Hemingway ve ark. tarafından yapılan bir araştırmada daha küçük boyutlu sürekli salınımlı ruminal boluslarının (“smALL Trace”) esansiyel iz mineraller ve vitaminlerinin, barındırılan süt buzağılarının ve meradaki melez sığırların süt emen buzağılarının büyüme performansı üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Bolusun fiziksel özellikleri 55 mm uzunluk x 18 mm çap, yoğunluğu 2.9 g/cm³ (aşındıkça 5.0 g/cm³ yükseldi) sahip, içeriği 62 mg bakır (Cu), 0.56 mg selenyum (Se), 1.08 mg kobalt (Co), 1.14 mg iyot (I), 38 mg mangan (Mn), 55 mg çinko (Zn), 3,140 UI vitamin A, 628 UI vitamin D3, 9 UI vitamin E içermektedir. Birinci denemede barındırılan 80 günlük ortalama 80 kg’luk 14 adet Holstein-Friesian buzağı kullanılmıştır. Yedi adedine bir çift bolus verilmiştir, diğer kalan 7 adedi kontrol grubudur. Yüz yirmi üç gün boyunca gözlemlenmişlerdir, rasyonlarında kuru ot, arpa ve soya fasulyesi küspesi karışımı (iz mineral eksik) hazırlanmıştır. İkinci denemede merada emzirilen ortalama 130 kg ağırlığında 16 adet melez buzağı (Charolais × Hereford-Friesian) kullanılmıştır ve 143 gün gözlemlenmiştir. İki denemenin sonuçlarına göre bolus kullanımının etkili olduğu durumlar; iz minerallerin ve vitaminlerin sürekli salınması, plazmadaki bakır (Cu) ve selenyum (Se) eksikliğinin giderilmesi, antioksidan enzim aktivitesinin artırılmasında etkili olduğu görülmüştür. Bunun yanı sıra kısa vadede kilo alımına bir etkisinin olmadığı ve 75 kg üzeri ağırlığa sahip buzağılar için hazırlandığı belirtilmiştir. Bolusların günlük mineral ihtiyaçlarının karşılanamadığı durumlarda uzun süreli takviye etmek için etkili bir yöntem olabileceği vurgulanmıştır.

Bir önceki araştırmanın sahibi olan Hemingway ve ark. (2001) yaptıkları başka bir araştırmada koyunlara verilen sürekli salınımlı çoklu vitamin ve iz mineral içerikli bolusların çiftleşmeden önce verildiğinde, kuzulama performansları ve vitamin ve mineral durumlarında (kandaki bakır (Cu), vitamin B12, GSPHx) artış olup olmadığını araştırmışlardır. Denemelerde kullanılan bolusun içeriği 5300 mg bakır (Cu), 50 mg selenyum (Se), 90 mg kobalt (Co), 100 mg iyot (I), 3250 mg mangan (Mn), 4700 mg çinko (Zn), 268,000 IU vitamin A, 54,000 IU vitamin D3 ve 800 IU vitamin E içermektedir. Salınım özellikleri %50’si ilk 6 hafta, geri kalan kısmı çiftleşme ve kuzulamayı kapsayacak şekilde ortalama 7 aylık sürede salınacak şekilde tasarlanmıştır. Daha önce iz mineral eksikliği tespit edilen meraya dayalı beslenen 3 ayrı koyun sürüleriyle 3 farklı çalışma yapılmıştır. İlk çalışma 120 koyun üzerinde ve her grupta 30 koyun olacak şekilde bolus kullanılan (1), bakır enjeksiyon edilen (2), bakır oksit iğneli kapsül kullanılan (3) ve herhangi bir şey kullanılmayan kontrol grubu (4) olmak üzere 4 grup oluşturulmuştur. Bu çalışma sonucunda ikiz doğumlar çoktan aza doğru sırasıyla bolus kullanılan, bakır enjekte edilen, bakır oksit iğneli kapsül kullanılan ve son olarak kontrol grubu olarak sıralanmışlardır. Kuzulama oranı (her 100 koyun) bolusta 160 kuzu, bakır enjeksiyonda 140 kuzu, bakır oksit iğnede 130 kuzu, kontrol grubunda 100 kuzu şeklinde gerçekleşmiştir. Bolus grubunda GSPHx’ın önemli şekilde arttığı saptanmıştır. Yapılan 2. çalışmada 96 bolus kullanılan, 118 kontrol grubu olmak üzere toplamda 214 koyun kullanılmıştır. Bu çalışma grubunda elde edilen veriler ikizlik oranının bolus grubunda önemli derecede yüksek olduğu, gebe kalmayan koyunların bolus grubunda daha az olduğu, kuzulama oranının bolus grubunda %152, kontrol grubunda %124 olduğu ve son olarak GSHPx aktivitesinin bolus kullanılan grupta önemli derecede yükseldiği saptanmıştır. Son olarak 3. çalışma grubunda 80 adet kırkımlik koyun kullanılmıştır, 40 adet bolus grubu ve 40 adet kontrol grubu olacak şekilde gruplandırılmıştır. Tüm koyunlara oral yoldan vitamin mineral verilmiş sonuç olarak gebe

kalmayan koyunların sayısı bolus grubunda 9, kontrol grubunda 17 adet olduğu, kuzulama oranının bolus grubunda %100, kontrol grubunda %80 ve GSPHx aktivitesinin önemli derecede bolus grubunda daha yüksek olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak çiftleşmeden 1 ay önce Co, Se, Vitamin A, B, D içeren bolus kullanımının üreme sonuçlarını artırdığı (kuzulama oranı, ikizlik oranı) ve izmineral beslenmesinde uzun etkili uygun bir alternatif olduğu saptanmıştır. Buna karşın serum B12 vitamin düzeyi üzerine hiçbir etkisi olmadığı (tahminen yeterli düzeyde olduğu için) ve bakır (Cu) seviyesinde az bir artış olduğu, en belirgin artışın selenyum (Se) seviyesinde olduğu görülmüştür.

Bolusun besi sığırları üzerindeki etkisi için yapılan başka bir araştırmada Chanhee Lee ve ark. (2020), besi sığırlarında rasyonlarında iz mineral takviyesi veya rasyona ilave bolus kullanımının büyüme, karkas kalitesi ve dışkı mikrobiyotası üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. 36 tane Angus ırkından erkek dana mineral takviyesi olmayan, rasyonunda mineral (bakır (Cu), selenyum (Se), kobalt (Co), iyot (I)) takviyesi olan, rasyonunda mineral takviyesi olmayan ancak yavaş salınlı bolus olan 3 muamele grubu oluşturulmuştur. Yirmi dört haftalık (başlangıç, geçiş, bitiş dönemleri) bir deneme gerçekleştirilmiştir. Büyüme ve yem tüketiminin sonuçlarına bakıldığında başlangıç döneminde herhangi bir fark olmadığı, bitiş döneminde özellikle ilk 6 haftasında rasyon ile mineral alan grubun ve bolus grubunun, mineral takviyesi olmayan gruba göre daha fazla yem tükettiği ve canlı ağırlık kazandığı belirlenmiştir. Karkas kalitesi bakımından incelendiğinde karkas ağırlığı ve verimi bakımından önemli bir farklılık olmadığı; ancak bolus grubunun önemli düzeyde daha iyi karkas kalitesine sahip olduğu saptanmıştır. Mineral durumu bakımından ele alındığında plazmadaki iyot (I) ve selenyum (Se) seviyelerinin rasyona mineral takviyesine göre bolus gruplarında daha yüksek olduğu, bolus grubunda yem tüketiminden kaynaklı değişkenliğin önlenerek dengeli bir mineral alımı sağlandığı saptanmıştır. Dışkı mikrobiyotası analiz edildiğinde, bolus grubunun mikrobiyotasında daha fazla Bifidobacterium (faydalı) ve daha az Treponema (tırnak hastalığıyla ilgili) bakterileri saptanmıştır. Rasyon iz mineral takviyeli grupta performans etkilenmediği görülmüştür. Sonuç olarak bitiş döneminde optimum performans için iz mineraller esansiyeldir. Bolus kullanımının rasyona izmineral takviyesinde daha efektif performans verileri sağladığı karkas kalitesini artırdığı ve bağırsak mikrobiyotasını daha sağlıklı yaptığı ve son olarak özellikle yem tüketiminde farklılık gösteren hayvanlar için bolus kullanımının izmineral alımında daha dengeli bir izmineral beslenmesi sağladığı saptanmıştır.

2017 yılında Abdelrahman ve ark. tarafından yapılan bir araştırmada, kuzulamadan 60 gün önce uygulanan yavaş salınlı mineral bolusunun Najdi koyunlarında mineral durumunu, kolostrum kalitesini, kan metabolizması ve kuzu büyümesi üzerine etkileri olup değerlendirilmiştir. Bu çalışmada 20 Najdi koyunu bolus grubu ve kontrol grubu olmak üzere 2 gruba ayrılmıştır. Bolus içeriğinde bakır (Cu), kobalt (Co), selenyum (Se), mangan (Mn), çinko (Zn), iyot (I) bulunmaktadır. Yapılan çalışma sonucunda mineral durumu, bolus grubunun koyunlarında kuzulama döneminde kandaki bakır (Cu), kobalt (Co) ve selenyum (Se) miktarlarının önemli düzeyde daha yüksek olduğu, doğan kuzuların kanlarında ise fosfor (P), çinko (Zn), bakır (Cu), kobalt (Co) ve selenyum (Se) miktarlarının daha yüksek olduğu ve tüm değerlerin fizyolojik güvenli sınırlar içerisinde kaldığı, herhangi bir toksisitenin gözlenmediği saptanmıştır. Bolusun fizyolojik bakımdan önemli bir dönemde maternal (anne) ve neonatal

(yavru) iz mineral durumu bakımından yükselttiği söylenebilir. Kan metabolizması ele alındığında koyunlar için bolus kullanılan grupta daha düşük trigliserit görülmüş, diğer parametrelerde (glukoz, protein, kolesterol, kreatinin, üre) değişim olmamıştır. Kuzularda ise bolus grubunda düşük seviyede kolesterol ve trigliserit olmasına karşın daha fazla üre seviyesi görülmüştür. Kolostrum kalitesinde ise bolus kullanılan grupta istatistiksel olarak anlamlı olmayan şekilde daha yüksek protein, toplam katı madde ve verim seviyeleri gözlenmiştir. Kuzuların büyümesinde ise 30. gün itibariyle bolus grubundaki kuzuların önemli derecede daha yüksek vücut ağırlığında olduğu, 60. gün itibariyle ise sayısal olarak daha ağır olduğu belirtilmiştir. Genel sonuç olarak bolus kullanılan grupta yükselmiş mineral ve metabolik profil, muhtemelen kalitesi artmış kolostrum, kuzuların daha iyi büyümesine yardımcı olduğu söylenebilir. Bu çalışma sonucunda bolusla takviye edilen rasyonların anne ve yavrularının sağlığının, mineral seviyesi optimum seviyede olmayan rasyonlarına göre daha iyi olduğu söylenebilir.

Vitamin ve mineral boluslarının süt ineklerinde kullanımı için yapılan başka bir araştırmada 2016 yılında Voronov ve Zarodnik (2016) Belarus'ta yaptıkları çalışmada, mera koşulları altındaki süt ineklerinin "Megabolus" (vitamin ve mineral içerikli yavaş salınan bir bolus) kullandıktan sonra üreme performansı, hematolojik ve biyokimyasal kan parametreleri ve mineral metabolizması üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Denemede 3-5. Laktasyon arasında, 5000 kg'dan fazla süt verimi olan 30 adet süt ineği kullanılmış olup bir kontrol bir deneme grubu olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Deneme grubundaki her bir ineğe bir çift Megabolus verilmiştir. Kontrol grubundaki inekler ise %1 premiks içeren yemlerle beslenmiştir. Bolusun özelliği her biri 107g, 78.6g aktif ağırlık, 200-240 gün arasında yavaş salınım ve içerik olarak çinko (Zn), bakır (Cu), manganez (Mn), selenyum (Se), kobalt (Co), iyot (I), vitamin A, D ve E içermektedir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar ve bulgulara üreme performansı bakımından, bolus kullanılan grupta üreme hastalıklarında %9.8 azalma, suni tohumlama indeksinde %11.1 azalma, doğumdan gebe kalmaya kadar geçen sürenin ise benzer olduğu ve bolusun üreme verimini az bir şekilde artırdığı belirtilmiştir. Kan sayımı bulgularında ise, lökosit sayısı her iki grupta da artış gösterdiği, bolus grubunda trombosit sayısı ve eritrosit hacim dağılımının daha yüksek olduğu, kontrol grubunda ise hücre boyutlarının norm dışında olduğu (gizli anemi belirtisi) gözlemlenmiştir. Her iki grupta da toplam protein, albümin, A/G oranında artışlar olduğu, albüminin artışı karaciğerin sentez kapasitesinin arttığını ve sağlıklı olduğunu göstermektedir. Mineral artışlarında ise manganez (Mn) bolus grubunun kontrol grubuna göre daha fazla arttığı, kalsiyumda (Ca) artış olmasına rağmen fosforun (P) sabit kaldığı, buna bağlı olarak kalsiyum/fosfor (Ca/P) oranının arttığı saptanmıştır. Bu durumda bolusun mineralleri düzenli ve etkili şekilde sağladığını göstermektedir. Karaciğer fonksiyon göstergeleri ve antioksidanlar üzerine elde edilen bulgulara ise ALT, GGT, AST enzimlerinde düşüş görüldüğü, bu durumun da karaciğerde daha az stres göstergesi olduğu, karoten seviyesinin ise bolus grubunda daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak Megabolus'un günlük düşük dozajına rağmen etkili sonuçlar verdiğini, üreme sağlığı, kan parametreleri ve karaciğer fonksiyonu üzerine olumlu etkiler sağladığı ve premiksle alınan mineral ve vitaminlere karşı önemli bir dezavantajın olmadığı, özellikle mera koşullarında mineral alımı bakımından önemli bir avantaj sağladığı saptanmıştır.

Süt ineklerinde yapılan başka bir bolus araştırmasında, A. Pirestani ve ark. (2016) tarafından süt ineklerinde bolus (yavaş salınımlı mineral ve vitamin takviyeli) ve yem katkısı formundaki takviyelerinin süt verimi, süt kompozisyonu ve meme bağışıklığı sistemi üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Çalışmada 60 Holstein ırkı inek kullanılmış olup, 30 bolus grubu (mineral katkılı) ve yem katkı grubu (günlük yeme mineral katkılı) şeklinde gruplandırılmıştır, deneme süresi 6 ay olmuştur. Elde edilen temel bulgular süt verimi açısından her iki grubunda istatistiksel açıdan önemli farkının olmadığı, süt kompozisyonu bakımından bolus grubunun istatistiksel olarak anlamlı üstünlük gösterdiği, bolus grubunda somatik hücre sayısı bakımından daha düşük olduğu, bağışıklık sistemi bakımından bolus grubunun süt protein oluşumunu daha fazla desteklediği belirlenmiştir. Sonuç olarak süt veriminin iki farklı mineral destek yöntemi bakımından benzer olduğu, ancak bolusun süt kompozisyonu ve meme sağlığı bakımından daha iyi sonuçlar verdiği ve somatik hücre sayısı bakımından da daha düşük mastitis riski sağladığı saptanmıştır. Bu sonuçlara göre uzun etkili ve sabit salınımlı bolusun mineral salınımı optimize ederek, yemdeki homojeniteye bağlı alınan minerallerdeki dalgalanmayı önleyebileceği değerlendirilmiştir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, ruminant hayvanların özellikle de büyükbaş hayvanların beslenmesinde vitamin ve iz mineral takviyesi amacıyla kullanılan bolusların etkinliği değerlendirilmiş, ilgili üretim teknolojileri, kullanım alanları ve güncel araştırmalar incelenmiştir.

Yapılan bilimsel çalışmalar, bolus formundaki takviyelerin özellikle mera hayvancılığı yapılan sistemlerde, geleneksel yem katkılarına göre daha etkin ve sürdürülebilir bir çözüm sunduğunu ortaya konmuştur. Uzun etkili ve kontrollü salınım sağlayan boluslar sayesinde, hayvanlar ihtiyaç duydukları mikro besin öğelerine düzenli ve dozajlı bir şekilde ulaşabilmekte, bu da hem bağışıklık sistemlerinin güçlenmesini hem de verim parametrelerinde (süt ve et verimi, kalitesi, üreme, büyüme performansı) artışları beraberinde getirmektedir. Özellikle süt ineklerinde yapılan çalışmalarda bolus uygulamasının:

- Süt kompozisyonunda (yağ, protein) iyileşme,
- Somatik hücre sayısında düşüş (meme sağlığı göstergesi),
- Süt içerisindeki lizozim, laktoferrin ve IgG düzeylerinde artış sağlayarak meme bağışıklığını desteklediği gösterilmiştir.

Bununla birlikte, yemle verilen takviyelere kıyasla bolus uygulamalarının, hayvandan hayvana değişkenliği azaltarak daha optimum sonuçlar verdiği de bulunmuştur.

Bu bulgular doğrultusunda, özellikle ekstansif hayvancılık sistemlerinde ve çayır-mera şartlarında yetiştirilen ruminantlarda, bolus biyoteknolojisinin etkin, ekonomik ve sürdürülebilir bir mineral ve vitamin besleme stratejisi olduğu söylenebilir. Ayrıca, sıcaklık stresi ve fizyolojik stres altındaki hayvanlarda da olumlu etkiler gözlenmiştir.

Sonuç olarak; vitamin ve iz mineral içeren bolusların kullanımının, hayvan sağlığı, bağışıklığı ve verimliliği üzerine pozitif etkiler sunduğu, bu nedenle modern hayvancılıkta önemli bir tamamlayıcı araç olarak değerlendirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca bolus kalitesinin de dikkatle incelenmesi gerektiği, üretim teknolojilerinin iyileştirilmesi yanında salınım süresi ve salınan etkici maddelerin sorunsuz olarak hedeflenen amaca yönelik kullanımının iyileştirilmesi olası intereksiyonların önlenmesi için konuyla ilgili araştırmalara yön verilmesi yeni araştırma alanları olarak düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdelrahman, M. M., Aljumaah, R. S., & Khan, R. U. (2017). Effects of prepartum sustained-release trace elements ruminal bolus on performance, colostrum composition and blood metabolites in Najdi ewes. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 9675-9680.
- Abhijith, A., Dunshea, F. R., Chauhan, S. S., Sejian, V., & DiGiacomo, K. (2024). A meta-analysis of the effects of dietary betaine on milk production, growth performance, and carcass traits of ruminants. *Animals*, 14(12), 1756. <https://doi.org/10.3390/ani14121756>
- Abudurehman, K., Wang, Q., Zhang, H., & Gong, X. (2024). Development of a QAMS Analysis Method for Industrial Lanolin Alcohol Based on the Concept of Analytical Quality by Design. *Separations*, 11(9), 276. <https://doi.org/10.3390/separations11090276>
- Allen, M. and Ying, Y. (2012). Effects of saccharomyces cerevisiae fermentation product on ruminal starch digestion are dependent upon dry matter intake for lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 95(11), 6591-6605. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5377>
- AlZahal, O., AlZahal, H., Steele, M., Schaik, M. V., Kyriazakis, I., Duffield, T., ... & McBride, B. (2011). The use of a radiotelemetric ruminal bolus to detect body temperature changes in lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 94(7), 3568-3574. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3944>
- Atkins, N. E., Bleach, E., Mackenzie, A., Hargreaves, P., & Sinclair, L. (2020). Mineral status, metabolism and performance of dairy heifers receiving a combined trace element bolus and out-wintered on perennial ryegrass, kale or fodder beet. *Livestock Science*, 231, 103865. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103865>
- Bampidis, V., Azimonti, G., Bastos, M. d. L., Christensen, H., Dusemund, B., Kouba, M., ... & Ramos, F. (2019). Safety and efficacy of sodium selenate as feed additive for ruminants. *EFSA Journal*, 17(7). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5788>
- Braun, U., Beckmann, C., Gerspach, C., Hässig, M., Muggli, E., Knubben-Schweizer, G., ... & Nuss, K. (2012). Clinical findings and treatment in cattle with caecal dilatation. *BMC Veterinary Research*, 8(1), 75. <https://doi.org/10.1186/1746-6148-8-75>
- Burken, D. B., Hicks, R. B., VanOverbeke, D. L., Hilton, G. G., Wahrmond, J., Holland, B. P., ... & Richards, C. (2012). Vitamin e supplementation in beef finishing diets containing 35% wet distillers grains with solubles: feedlot performance and carcass characteristics1. *Journal of Animal Science*, 90(4), 1349-1355. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-3833>

- Burken, D. B., Hicks, R. B., VanOverbeke, D. L., Hilton, G. G., Wahrmund, J., Holland, B. P., ... & Richards, C. (2012). Vitamin e supplementation in beef finishing diets containing 35% wet distillers grains with solubles: feedlot performance and carcass characteristics¹. *Journal of Animal Science*, 90(4), 1349-1355. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-3833>
- Call, J. W., Butcher, J. E., Blake, J. T., Smart, R. A., & Shupe, J. L. (1978). Phosphorus influence on growth and reproduction of beef cattle. *Journal of Animal Science*, 47(1), 216-225. <https://doi.org/10.2527/jas1978.471216x>
- Carlisle, T. J., Wyffels, S. A., Stafford, S. D., Taylor, A. R., Van Emon, M. L., & DelCurto, T. (2021). Evaluation of sustained release mineral boluses as a long-term nutrient delivery method for beef cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 279, 115028. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2021.115028>
- Castagnino, D., Kammes, K., Allen, M., Gervais, R., Chouinard, P., & Girard, C. (2016). Particle length of silages affects apparent ruminal synthesis of b vitamins in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99(8), 6229-6236. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11274>
- Chandra, G., Aggarwal, A., Singh, A., Kumar, M., & Upadhyay, R. C. (2013). Effect of vitamin e and zinc supplementation on energy metabolites, lipid peroxidation, and milk production in peripartum sahiwal cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(11), 1569-1576. <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12682>
- Chonchol, M., Greene, T., Zhang, Y., Hoofnagle, A. N., & Cheung, A. K. (2016). Low vitamin d and high fibroblast growth factor 23 serum levels associate with infectious and cardiac deaths in the hemo study. *Journal of the American Society of Nephrology*, 27(1), 227-237. <https://doi.org/10.1681/asn.2014101009>
- Coffey, D., Dawson, K., Ferket, P., & Connolly, A. (2016). Review of the feed industry from a historical perspective and implications for its future. *Journal of Applied Animal Nutrition*, 4, e3. doi:10.1017/jan.2015.11 <https://doi.org/10.1017/jan.2015.11>
- Coneyworth, L., Coulthard, L. C., Bailey, E. H., Young, S. D., Stubberfield, J., Parsons, L., ... & Welham, S. (2020). Geographical and seasonal variation in iodine content of cow's milk in the uk and consequences for the consumer's supply. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 59, 126453. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126453>
- ÇINAR, Z. T. and Şen, İ. (2022). Determination of potassium levels in dairy cows in the periparturient period. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences*, 12(1), 88-92. <https://doi.org/10.53518/mjavl.1116266>
- Davy, J., Forero, L., Shapero, M., Rao, D., Becchetti, T., Rivers, C. K., ... & McNabb, B. R. (2018). Mineral status of california beef cattle¹. *Translational Animal Science*, 3(1), 66-73. <https://doi.org/10.1093/tas/txy114>
- Davy, J., Forero, L., Tucker, T. R., Mayo, C., Drake, D. J., Maas, J., ... & Oltjen, J. W. (2016). Efficacy of selenium supplementation methods in california yearling beef cattle and resulting effect on weight gain. *California Agriculture*, 70(4), 187-193. <https://doi.org/10.3733/ca.2016a0016>
- Dezfouli, M. R. M., Lotfollahzadeh, S., Sadeghian, S., Kojouri, G. A., Eftekhari, Z., Khadivar, F., ... & Bashiri, A. (2011). Blood electrolytes changes in peritonitis of cattle. *Comparative Clinical Pathology*, 21(6), 1445-1449. <https://doi.org/10.1007/s00580-011-1312-6>

- Dodovski, P., Pejčinovska, N., Angelovska, M., Jankulovska-Petkovska, M., Hristovska, T., Zdraveski, I., ... & Ristevski, M. (2021). Iodine in dairy cattle: a review. *HORIZONS.B*, 9. <https://doi.org/10.20544/horizons.b.09.2.p13>
- Ducharme, F. M., Jensen, M. E., Mailhot, G., Alos, N., White, J. H., Rousseau, É., ... & Vinet, B. (2019). Impact of two oral doses of 100,000 iu of vitamin d3 in preschoolers with viral-induced asthma: a pilot randomised controlled trial. *Trials*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s13063-019-3184-z>
- Ebrahim, Z., Goma, A. A., & Lebda, M. A. (2016). Behavioral and biochemical alterations in sheep with trace elements deficiency: a trial for treatment. *American Journal of Life Science Researches*, 4(2), 93-103. <https://doi.org/10.20286/ajlsr-040292>
- Forero, L., Davy, J., McMurry, B. E., & Oltjen, J. W. (2019). Monensin and mineral supplementation economically increase yearling cattle weight gain on california annual rangeland. *Translational Animal Science*, 3(2), 737-741. <https://doi.org/10.1093/tas/txz041>
- Galbat, S., Elnaker, Y. F., Ibrahim, N., & El-Zeftawy, M. (2023). Clinical study on the impact of amino acids, multi-minerals, and vitamins combination against small ruminants with anemia in new valley governorate. *New Valley Veterinary Journal*, 3(2), 0-0. <https://doi.org/10.21608/nvvj.2023.215591.1022>
- Genther-Schroeder, O. N., Branine, M. E., & Hansen, S. L. (2016). The influence of supplemental zn-amino acid complex and ractopamine hydrochloride feeding duration on growth performance and carcass characteristics of finishing beef cattle. *Journal of Animal Science*, 94(10), 4338-4345. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-0159>
- Gomes, J. H., Bittar, I. P., Moura, R. S. d., Prado, B. G., & Franco, L. G. (2024). Cardiorespiratory, hemodynamic, and sedative effects of dexmedetomidine in sheep. *Laboratory Animals*, 59(2), 242-252. <https://doi.org/10.1177/00236772241277891>
- Gu, Y., Chen, S., Jiao, X., Bian, Q., Ye, L., & Yu, H. (2023). Combinatorial metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae* for improved production of 7-dehydrocholesterol. *Engineering Microbiology*, 3(4), 100100.
- Harmon, D. L. and Swanson, K. C. (2020). Review: nutritional regulation of intestinal starch and protein assimilation in ruminants. *Animal*, 14, s17-s28. <https://doi.org/10.1017/s1751731119003136>
- Harper, M., Willis, J., Patrick, J., O'Dell, B. L., & Sunde, R. A. (1997). Sodium and chloride in nutrition. *Handbook of Nutritionally Essential Mineral Elements*, 105-128. <https://doi.org/10.1201/9781482273106-11>
- Hemingway, R. G., Parkins, J. J., & Ritchie, N. S. (1997). Sustained-release boluses to supply trace elements and vitamins to calves. *The Veterinary Journal*, 153(2), 221-224. [https://doi.org/10.1016/S1090-0233\(97\)80043-3](https://doi.org/10.1016/S1090-0233(97)80043-3)
- Hemingway, R. G., Parkins, J. J., & Ritchie, N. S. (2001). Enhanced reproductive performance of ewes given a sustained-release multi-trace element/vitamin ruminal bolus. *Small Ruminant Research*, 39(1), 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(00\)00175-9](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(00)00175-9)
- Jee, J., Hoet, A. E., Azevedo, M. S., Vlasova, A. N., Loerch, S. C., Pickworth, C. L., ... & Saif, L. J. (2013). Effects of dietary vitamin a content on antibody responses of feedlot calves inoculated intramuscularly with an inactivated bovine coronavirus vaccine. *American Journal of Veterinary Research*, 74(10), 1353-1362. <https://doi.org/10.2460/ajvr.74.10.1353>

- Kavanaugh, M., Rodgers, D., Rodriguez, N. R., & Leroy, F. (2025). Considering the nutritional benefits and health implications of red meat in the era of meatless initiatives. *Frontiers in Nutrition*, 12. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1525011>
- Kearns, M. D., Alvarez, J. A., & Tangpricha, V. (2014). Large, single-dose, oral vitamin d supplementation in adult populations: a systematic review. *Endocrine Practice*, 20(4), 341-351. <https://doi.org/10.4158/ep13265.ra>
- Khorsandi, S., Riasi, A., Khorvash, M., Mahyari, S. A., Mohammadpanah, F., & Ahmadi, F. (2016). Lactation and reproductive performance of high producing dairy cows given sustained-release multi-trace element/vitamin ruminal bolus under heat stress condition. *Livestock Science*, 187, 146-150. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.03.008>
- Kim, J., Wellmann, K. B., Smith, Z. K., & Johnson, B. J. (2018). All-trans retinoic acid increases the expression of oxidative myosin heavy chain through the ppar δ pathway in bovine muscle cells derived from satellite cells¹. *Journal of Animal Science*, 96(7), 2763-2776. <https://doi.org/10.1093/jas/sky155>
- Kim, M. (2023). — invited review — assessment of the gastrointestinal microbiota using 16s ribosomal rna gene amplicon sequencing in ruminant nutrition. *Animal Bioscience*, 36(2), 364-373. <https://doi.org/10.5713/ab.22.0382>
- Kim, M., Morrison, M., & Yu, Z. (2011). Status of the phylogenetic diversity census of ruminal microbiomes. *FEMS Microbiology Ecology*, 76(1), 49-63. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2010.01029.x>
- Kim, M., Park, T., & Yu, Z. (2017). — invited review — metagenomic investigation of gastrointestinal microbiome in cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 30(11), 1515-1528. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0544>
- Kim, Y., Giraud, D., Masrizal, M. A., Hamouz, F. L., WATANABE, K., Schnepf, M., ... & Driskell, J. (2010). Effect of cooking method, distiller's grains, and vitamin e supplementation on the vitamin content of value cuts from beef steers fed wet distiller's grains and solubles and supplemental vitamin e. *Journal of Food Science*, 75(2). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01471.x>
- Kuziemska, B., Klej, P., Wysokiński, A., Jaremko, D., & Pakuła, K. (2022). Yielding and bioaccumulation of zinc by cocksfoot under conditions of different doses of this metal and organic fertilization. *Agronomy*, 12(3), 686. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030686>
- Kwak, W. S., Kim, Y. I., Lee, S. M., Lee, Y. H., & Choi, D. (2015). Effect of feeding a mixed microbial culture fortified with trace minerals on the performance and carcass characteristics of late-fattening hanwoo steers: a field study. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(11), 1592-1598. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0101>
- Langenmayer, M. C., Jung, S., Majzoub-Altweck, M., Trefz, F. M., Seifert, C. F., Knubben-Schweizer, G., ... & Gollnick, N. (2018). Zinc deficiency-like syndrome in fleckvieh calves: clinical and pathological findings and differentiation from bovine hereditary zinc deficiency. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 32(2), 853-859. <https://doi.org/10.1111/jvim.15040>
- Lawson, D. C. (1992). The development of intraruminal boluses for cattle and sheep. University of Glasgow (United Kingdom).

- Lawson, D. C. (1992). The development of intraruminal boluses for cattle and sheep. University of Glasgow (United Kingdom).
- Lee, C., Copelin, J. E., Dieter, P. A., & Berry, E. A. (2020). Effects of trace mineral supply from rumen boluses on performance, carcass characteristics, and fecal bacterial profile in beef cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 269, 114626. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114626>
- León-Cruz, M., Ramírez-Bribiesca, E., López-Arellano, R., Miranda-Jiménez, L., Rodríguez-Patiño, G., Díaz-Sánchez, V. M., & Revilla-Vázquez, A. L. (2020). Trace mineral controlled-release intraruminal boluses. Review. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(2), 498-516.
- León-Cruz, M., Ramírez-Bribiesca, E., López-Arellano, R., Miranda-Jiménez, L., Rodríguez-Patiño, G., Díaz-Sánchez, V. M., & Revilla-Vázquez, A. L. (2020). Trace mineral controlled-release intraruminal boluses. Review. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(2), 498-516.
- Loh, H. Y., Guimaraes, O., Thorndyke, M. P., Jalali, S., Spears, J. W., Heldt, J. S., ... & Engle, T. E. (2025). Trace mineral source impacts volatile fatty acid profile and rumen trace mineral solubility in feedlot steers. *Animals*, 15(9), 1271. <https://doi.org/10.3390/ani15091271>
- Macari, S., Carvalho, P. C. d. F., González, F. H. D., Lasta, C. S., Pedralli, V., Oliveira, L. d., ... & Kröning, A. B. (2020). Metabolic profile of female lambs on annual ryegrass pasture managed under different grazing intensities and methods. *Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinária E Zootecnia*, 72(6), 2331-2338. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11837>
- Marcinowska-Suchowierska, E., Kupisz-Urbańska, M., Łukaszewicz, J., Płudowski, P., & Jones, G. (2018). Vitamin d toxicity—a clinical perspective. *Frontiers in Endocrinology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00550>
- Martens, H. and Stumpff, F. (2019). Assessment of magnesium intake according to requirement in dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 103(4), 1023-1029. <https://doi.org/10.1111/jpn.13106>
- Mattioli, G. A., Rosa, D. E., Turic, E., Picco, S. J., Raggio, S. J., Minervino, A. H. H., ... & Fazzio, L. E. (2020). Effects of parenteral supplementation with minerals and vitamins on oxidative stress and humoral immune response of weaning calves. *Animals*, 10(8), 1298. <https://doi.org/10.3390/ani10081298>
- Mayland, H. F. and Gruñes, D. L. (2015). Soil-climate-plant relationships in the etiology of grass tetany. *ASA Special Publications*, 123-175. <https://doi.org/10.2134/asaspecpub35.c6>
- McCarthy, K. L., Underdahl, S. R., & Dahlen, C. R. (2020). Effects of a vitamin and mineral bolus on beef heifer feedlot performance, feeding behavior, carcass characteristics, and liver mineral concentrations. *Translational Animal Science*, 4(2), 876-882.
- McCarthy, K. L., Underdahl, S. R., & Dahlen, C. R. (2020). Effects of a vitamin and mineral bolus on beef heifer feedlot performance, feeding behavior, carcass characteristics, and liver mineral concentrations1. *Translational Animal Science*, 4(2), 876-882. <https://doi.org/10.1093/tas/txaa027>
- McCarthy, K. L., Undi, M., Becker, S., & Dahlen, C. R. (2021). Utilizing an electronic feeder to measure individual mineral intake, feeding behavior, and growth performance of cow–calf pairs grazing native range1. *Translational Animal Science*, 5(1). <https://doi.org/10.1093/tas/txab007>

- Michlová, T., Dragounová, H., Horníčková, Š., & Hejtmánková, A. (2015). Factors influencing the content of vitamins a and e in sheep and goat milk. *Czech Journal of Food Sciences*, 33(1), 58-65. <https://doi.org/10.17221/149/2014-cjfs>
- Mudroň, P. and Helin, E. (2023). Effects of intravenous glucose on blood potassium in cattle. *Folia Veterinaria*, 67(4), 30-33. <https://doi.org/10.2478/fv-2023-0034>
- Neto, O. R. M., Ladeira, M. M., Chizzotti, M. L., Jorge, A. M., Oliveira, D. M. d., Carvalho, J. R. R. d., ... & Ribeiro, J. d. S. (2012). Performance, carcass traits, meat quality and economic analysis of feedlot of young bulls fed oilseeds with and without supplementation of vitamin e. *Revista Brasileira De Zootecnia*, 41(7), 1756-1763. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982012000700027>
- Niemiec, M., Sikora, J., & Chowaniak, M. (2017). Possibilities of designating swards of grasses and small-seed legumes from selected organic farms in poland for feed. *Farm Machinery and Processes Management in Sustainable Agriculture*, IX International Scientific Symposium. <https://doi.org/10.24326/fmpmsa.2017.65>
- Noaman, V., Rasti, M., Ranjbari, A. R., & Shirvani, E. (2011). Copper, zinc, and iron concentrations in blood serum and diet of dairy cattle on semi-industrial farms in central iran. *Tropical Animal Health and Production*, 44(3), 407-411. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-9911-4>
- Nudda, A., Carta, S., Battaccone, G., & Pulina, G. (2023). Feeding and nutritional factors that affect somatic cell counts in milk of sheep and goats. *Veterinary Sciences*, 10(7), 454. <https://doi.org/10.3390/vetsci10070454>
- Olmos-Oropeza, G., Aguilar-Zárate, M., Saavedra-Leos, M. Z., Martínez-Juárez, L. G., Toro-Vázquez, J. F., Macías, A. S., ... & López-Martínez, L. A. (2021). Development of candelilla wax oleogels as a medium of controlled release of phosphorus in an in vitro model. *Applied Sciences*, 11(9), 3815. <https://doi.org/10.3390/app11093815>
- Peng, D. Q., Smith, S. B., & Lee, H. (2021). Vitamin a regulates intramuscular adipose tissue and muscle development: promoting high-quality beef production. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00558-2>
- Pirestani, A., & Eghbalsaeed, S. (2011). The comparison effects of bolus and dietary supplements on production, milk compositions and udder immune system of Holstein dairy cattle. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(11), 1404-1407.
- Saraiva, J. R., Ramos, M. M. B., Borsanelli, A. C., Schweitzer, C. M., Júnior, E. G., Höfling, J. F., ... & Dutra, I. S. (2019). Chemical and structural composition of black pigmented supragingival biofilm of bovines with periodontitis. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 39(12), 933-941. <https://doi.org/10.1590/1678-5150-pvb-6352>
- Seck, M., Linton, J. V., Allen, M., Castagnino, D., Chouinard, P., & Girard, C. (2017). Apparent ruminal synthesis of b vitamins in lactating dairy cows fed diets with different forage-to-concentrate ratios. *Journal of Dairy Science*, 100(3), 1914-1922. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12111>
- Seymour, D., Sanz-Fernandez, M., Daniel, J., Martín-Tereso, J., & Doelman, J. (2021). Effects of supplemental calcium gluconate embedded in a hydrogenated fat matrix on lactation, digestive, and metabolic variables in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 104(7), 7845-7855. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-20003>
- Shastak, Y., & Pelletier, W. (2023). Balancing vitamin A supply for cattle: A review of the current knowledge. *Advances in animal science and zoology*, 21.

- Silva, T. R., Soares, P. C., Dantas, A. F. M., Marques, A. V., Filho, E. F. d. O., Aguiar, G. M., ... & Riet-Correa, F. (2018). Serum and liver copper, iron, molybdenum and zinc concentration in goats and sheep in the state of paraíba, brazil. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 38(7), 1313-1316. <https://doi.org/10.1590/1678-5150-pvb-5542>
- Simpson, A. M. (1985). Developmental studies on intraruminal devices for ruminants. University of Glasgow (United Kingdom).
- Simpson, A. M. (1985). Developmental studies on intraruminal devices for ruminants. University of Glasgow (United Kingdom).
- SPRINKLE, James E., et al. Effects of a long-acting trace mineral rumen bolus upon range cow productivity. *Translational Animal Science*, 2021, 5.1: txaa232. <https://doi.org/10.1093/tas/txaa232>
- Turck, D., Bresson, J., Burlingame, B., Dean, T., Fairweather-Tait, S. J., Heinonen, M., ... & Neuhäuser-Berthold, M. (2017). Dietary reference values for vitamin k. *EFSA Journal*, 15(5). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4780>
- Underwood, E. J. and Suttle, N. F. (2001). Sodium and chlorine.. *The Mineral Nutrition of Livestock*, 185-212. <https://doi.org/10.1079/9780851991283.0185>
- Voranau, D., & Zavodnik, L. (2016). The Effectiveness of Vitamin and Mineral Feed Additives in the Form of a Bolus for Dairy Cows. *International Journal of Secondary Metabolite*, 3(2), 58-65. <https://doi.org/10.21448/http-ijate-net-index-php-ijsm.243307>
- Zhang, H., Guan, W., Li, L., Guo, D., Zhang, X., Guan, J., ... & He, Q. (2022). Dietary carbon loaded with nano-zno alters the gut microbiota community to mediate bile acid metabolism and potentiate intestinal immune function in fattening beef cattle. *BMC Veterinary Research*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12917-022-03483-2>
- Zhang, Y., Wang, C., Peng, A., Zhang, H., & Wang, H. (2021). Metagenomic insight: dietary thiamine supplementation promoted the growth of carbohydrate-associated microorganisms and enzymes in the rumen of saanen goats fed high-concentrate diets. *Microorganisms*, 9(3), 632. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9030632>