

Sepiyolitın Özellikleri ve Hayvan Beslemede Kullanılması

Ender Burçak¹, Sakine Yalçın²

¹ Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü Ankara

² Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara

Geliş Tarihi / Received: 20.12.2015, Kabul Tarihi / Accepted: 21.10.2016

Özet: Sepiyolit, filossilikatlar grubuna dahil bir kil mineralidir. Kimyasal olarak sulu magnezyum silikattır. Sepiyolit in en önemli özellikleri büyük spesifik alanı, yüksek emme kapasitesi, düşük kanyon değişim kapasitesi ve reolojik özellikleridir. Sepiyolit in tüm hayvan yemlerinde kullanılabileceğine dair Avrupa Birliğinde yem katkı maddesi olarak kayıtlandırılmıştır (E.562). Sepiyolit genellikle pelet bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Karma yemlere sepiyolit ilavesi pelet dayanıklılığını ve sertliğini artırmaktadır. Sepiyolit konsantre yemlerin fiziksel stabilitesini artırır ve toz kaybını azaltır. Bununla birlikte sepiyolit in hayvan beslemede kullanımı hala çok az düzeydedir. Bundan dolayı bu derlemede sepiyolit in özellikleri ve hayvan beslemede kullanımı incelenmiştir.

Anahtar sözcükler: Kil minerali, sepiyolit, pelet bağlayıcı, silikatlar, hayvan besleme

Properties of Sepiolite and Its uses in Animal Nutrition

Abstract: Sepiolite is a clay mineral which belongs to the group of phyllosilicates. Chemically, it is a hydrated magnesium silicate. The most important characteristics of sepiolite are its high specific surface, great sorptive capacity, low cation exchange capacity and rheological properties. Sepiolite is a registered feed additive for all animal feedingstuffs in the EU (E-562). Sepiolite is used often as a binder in pelleted feeds. Dietary sepiolite supplementation improves the durability and hardness of pellets. Sepiolite also enhances physical stability of concentrate feeds and reduces dust losses. However, the use of sepiolite in animal nutrition is still limited. Therefore, the properties and the usage of sepiolite in animal nutrition are discussed in this paper.

Key words: Clay minerals, sepiolite, pellet binder, silicates, animal nutrition

Giriş

Kil mineralleri volkanik veya sedimanter (tortul) kayaların erozyon ürünleridir. Orijinal halde veya farklı işlemlere tabi tutulduktan sonra adsorban, renk giderici, moleküler elek, katalizör, seramik, kağıt, boya, plastik endüstrileri ve hayvan besleme gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır [23].

Kil minerallerinin gerek insan ve gerekse hayvanlarda bazı hastalıkların iyileştirilmesinde kullanımını ilk çağlara dayanmaktadır. Doğada hayvanlar tarafından tüketilen kil yemdeki antinutrisyonel faktörleri vücuttan uzaklaştırmakta ve gastrointestinal bozuklukları tedavi etmekteydi. Kil ve kil mineralleri, insan ve hayvan ilaçlarında seçici absorbantların (sorbent, emici maddeler) üretilmesinde kullanılmaktadır [35].

Antibiyotiklerin Avrupa Birliği üyesi ülkelerde 2006 yılından itibaren büyümeyi teşvik etmesi amacıyla kullanımının yasaklanmasının ardından hayvanların sağlıklı olması ve hayvanlardan yüksek

verim elde edilmesi amacıyla antibiyotikler yerine alternatif yem katkılarının geliştirilmesi gerekli olmuştur.

Bu derlemede sepiyolit mineralinin özellikleri ve hayvan beslemede kullanımının performans ve sağlık üzerine olan etkilerine değinilecektir.

Kil Mineralleri

Yeryüzünün en yaygın materyallerinden biri olan killer genellikle sulu alüminyum silikat mineralleridir. Bazı killer tek bir kil mineralinden ibaret iken çoğu alüminyum silikatlar ile birlikte demir, magnezyum, sodyum, kalsiyum ve potasyum bileşikleri gibi birkaç mineralin karışımı olarak bulunur. Birçok kil minerali organik madde ve suda çözünebilen tuzları da içermektedir [3].

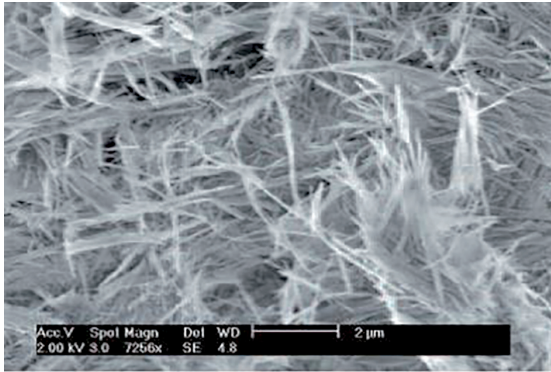
Kil mineralleri çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Harvey ve Murray [17] kil minerallerini yapıları ve bileşimleri bakımından (a) kaolin, (b) smektit, (c) profilit (d) seramik kili (e) sepiyolit-paligorskite olarak sınıflandırmıştır.

Sepiyolit

Sepiyolit fillosilikat grubuna dahil doğal bir kil mineralidir. Bu isim 1847 yılında Glocker tarafından mineralojik anlamda ilk kez tanımlanmış olup, Yunanca “mürekkep balığı” anlamındaki kelimeden türetilmiştir [15].

Sepiyolitın kimyasal bileşimine ilişkin ilk çalışmalar 20. yüzyılın ilk yıllarında yapılmıştır. En önemli çalışmalar ise Martı'n Vivaldi ve ark. tarafından gerçekleştirilmiştir. Martı'n Vivaldi ve Cano Ruiz İspanyol sepiyolitinin farklı beş tipinin kimyasal özelliklerini rapor etmişlerdir [20]. Sepiyolitın bileşimiyle ilgili en kapsamlı çalışma ise 1987 yılında Paquet ve ark. tarafından elektron mikroskopuyla gerçekleştirilmiştir [29]. Sepiyolitın elektron mikroskopundaki görünümü Resim 1'de gösterilmektedir.

Levha yapısına sahip diğer kil minerallerine göre daha nadir bulunmaları, çok özel şartlarda yataklanma göstermeleri, dokusal özellikleri, kristal yapılarındaki süreksizliklere bağlı kanallar tarafından sağlanan yüksek özgül yüzey alanları ile absorpsiyon özelliği, porozitesi, kristal morfolojisi ve fizikokimyasal özellikleri, bu minerali tüm dünyada kıymeti gittikçe artan bir hammadde konumuna getirmiştir [13].



Resim 1. Sepiyolitın Elektron Mikroskopundaki Görünümü

Sepiyolit başlığı altındaki ticari killer lületaşı ve sepiyolitik kil olmak üzere iki ayrı grupta değerlendirilmektedir [6].

Lületaşı: Doğada amorf, kompakt halde ve değişik boyda masif yumrular şeklinde olan ve dış görünüşü deniz köpüğünü andırdığı için Meerscham olarak bilinen bu tip sepiyolit 1913 yılında Fersman tarafından α -sepiyolit olarak da adlandırılmıştır [12]. Lületaşı ülkemizde özellikle Eskişehir yöre-

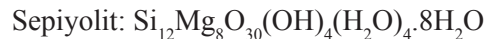
sinde ve Konya-Yunak civarında bulunmakta olup genellikle süs eşyası, biblo veya pipo yapımında kullanılmaktadır.

Sepiyolitik Kil: Küçük, yassı ve yuvarlak partiküller veya amorf halinde oluşan tabakalı sepiyolit tipi olup β -sepiyolit olarak da bilinir [34]. β -sepiyolit, oluşumu, bileşimi, özellikleri ve kullanım alanı ile α -sepiyolitten farklıdır. Bu tip sepiyolit “sanayi sepiyoliti” veya “tabakalı sepiyolit” ya da “sedimanter sepiyolit” olarak da tanınmaktadır [33]. Daha çok Eskişehir-Sivrihisar ve Mihalicçık-Yunus Emre yörelerinde, ayrıca Çanakkale, Bursa, Kütahya ve Isparta’da rastlanmaktadır [9].

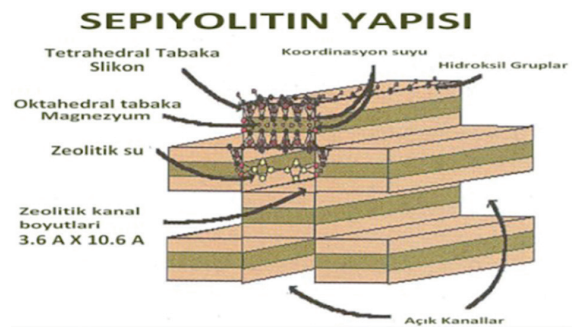
Sepiyolitın Özellikleri

Sepiyolit trioktahedral fillosilikatlar gibi sulu magnezyum silikat bileşimli doğal bir kil mineralidir. Sepiyolit sürekli iki boyutlu tetrahedral tabaka içeren fillosilikatlardan olup, sürekli bir oktahedral tabakalarının yokluğu nedeniyle diğer tabakalı silikatlardan ayrılır [13].

Kimyasal formülü 1956 yılında Brauner ve Preisinger’in bildirdiği modele göre şu şekildedir [5]:



Sepiyolit, taban oksijen düzlemlerinden aşağı veya yukarı doğru birbirine paralel biçimde uzanan silikon-tetrahedral, magnezyum-oktahedral tabakalardan oluşan bir kristal yapıya sahiptir. Bu yapıda tepe oksijenleri aynı yönde olan tetrahedral tabakalar enine her bir altı silikon birimi üzerine ters çevrilmiş halde bulunmasına rağmen, X-eksenine paralel olarak uzanan şeritleri oluştururken, zıt yönde olanları ise oktahedral tabakalara bağlanarak x-ekseni boyunca sürekli ve y eksenini boyunca sınırlı boyutta katmanlı yapı oluştururlar. Sepiyolitın kristal yapısı Şekil 1’de verilmiştir [13].



Şekil 1. Sepiyolitın Kristal Yapısı

Mineral Özellikleri

Sedimanter tabakalar halinde çökelen sepiyolitler, genellikle toprağımsı, ince taneli ve kaygan görünümlüdür. Bu tip sepiyolitlerde, sepiyolit minerali, bileşimde %90'ı aşan oranlarda bulunur ve buna eşlik eden mineraller de; genelde dolomit ve smektit grubu killer ile manyezit, paligorskit ve detritik minerallerdir. Bunların haricinde kil dışı karbonat mineralleri, kuvars, feldspat ve fosfatlar da olabilmektedir. Ayrıca, hemen her zaman organik maddeler de bu tipteki sepiyolit kilinin bileşiminde yer almaktadır [13].

Dolomitli sepiyolitler çoğunlukla %50 ve daha fazla oranlarda sepiyolit içerirler. Sepiyolit içeriğinin %50'nin altına düştüğü durumlarda, malzeme sepiyolitli dolomit niteliğini kazanır. Ancak, ana sepiyolit seviyesindeki malzemenin bileşiminde sepiyolit hemen her zaman %10 ve daha fazla oranlarda yer alır [40].

Fiziksel Özellikleri

Sepiyolit, organik madde içeriğine bağlı olarak, genellikle beyaz, krem, gri veya pembe renkli olabilmektedir; Sivrihisar güneyi Neojen havzasındaki bazı türlerde olduğu gibi, koyu kahverengi ve siyahımsı renkte de olabilmektedir. Çin sepiyolitleri gibi bazı uzun lifli formlar ise krizotil benzeri beyaz ve açık sarı renklidir [32].

Sedimanter oluşumlu, uzun lif demetleri şeklinde bulunan β -sepiyolit lif uzunluğu çeşitli büyüklüklerde olup, genel olarak 100 Å, 4-5 μ m uzunluğunda, 100-300 Å genişliğinde ve kalınlığı 50-100 Å arasında değişebilmektedir [13].

Bununla birlikte bu liflerin uzunlukları standart olmayıp, dünyanın pek çok yerinde farklı uzunluklara sahip sepiyolitler bulunmaktadır. Örneğin Çin sepiyolitlerinin lif uzunluğu bir kaç milimetre hatta santimetreye varmaktadır. Vallecas (İspanya) sepiyolitinin lif boyutları ise 8000 x 250 x 40 Å'dur [18]. MTA Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen Sepiyolit Projesi kapsamında yapılan tarama elektron mikroskobu çalışmalarında Türk sepiyolitlerinin (Eskişehir-Sivrihisar ve Ankara-Polatlı yöreleri, Türktaciri, Kurtşeyh, Oğlakçı sepiyolit oluşumları) lif boyu 2-5 μ arasında bulunmuştur [9].

Sepiyolit gözenekli bir yapıya sahiptir ve ortalama mikropor çapı 15 Å, mezopor yan çapı ise 15-

45 Å arasında değişmektedir. Yoğunluğu 2-2.5 g/cm³ arasındadır. Çok gözenekli olan türlerin yoğunluğu zaman zaman 1 g/cm³'ün altına düşebilmektedir. Kurduğu zaman yoğunluğu düştüğünden suda yüzme özelliği göstermektedir. Sepiyolit kuruma sıcaklığı 40°C, erime sıcaklığı ise 1400-1450°C arasında-değişmektedir [32].

Fizikokimyasal Özellikleri

Sepiyolit mineralinin dokusu, yüzey alanı, porozitesi, kristal morfolojisi ve kompozisyonu, bu mineralin teknolojik uygulamalarına esas teşkil eden fizikokimyasal özellikleri ile yakından ilişkilidir.

Sorptif Özelliği

Adsorpsiyon (yüzeğe tutunma) ve absorpsiyon (emme) kil minerallerinin yüzey alanıyla ilgili iki özelliğidir. Adsorpsiyon sıvı moleküllerin katı emici yığınları içerisine penetrasyonu iken, adsorpsiyon sıvı moleküller ile katı yüzeyler arasındaki etkileşimi ifade etmektedir. Her iki terimde sorptif kullanım içerisinde yer almaktadır.

Zincir yapısına sahip minerallerin kristal yapılarında üç tür aktif absorpsiyon merkezi mevcuttur. Bunlar; [1] Şeritlerin tetrahedral tabakaları üzerindeki oksijen iyonları, [2] Yapısal şeritlerin kenarlarındaki magnezyum iyonlarına koordine olmuş su molekülleri, [3] Lif eksenleri boyunca uzanan SiOH gruplarıdır [37].

Sepiyolit kendine has yapısı itibarıyla son derece yüksek bir absorpsiyon özelliğine sahiptir ve kendi ağırlığının 200-250 katı kadar su tutabilmektedir. Isıtma işlemi mikroporları yıkarak mineralin absorpsiyon özelliğini azaltmaktadır. Örneğin 300°C'nin üzerinde ısıtıldığında, yapısal değişikliklere ve gözeneklerin tahrip olmasına bağlı olarak, absorpsiyon kapasitesi azalmaktadır. Sepiyolitın genleşme özelliği yoktur [32].

Sepiyolit için sorptif uygulamaları düzenlenirken kil minerallerinin karakteristik özellikleri olan mikroporozite, kapillar geçirgenlik, yüzey alanı, aktif emiliş yerleri (özellikle silikon silanol grupları) yanında tanecik büyüklüğü, granüllerin mekanik gücü, yoğunluk, vizkosite gibi özellikleri ve adsorpsiyon için önem arz eden moleküllerin büyüklüğü, biçimi ve polaritesinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Düşük polaritedeki çok küçük veya

çok büyük moleküller kanallar içerisine penetre olamamaktadır [13].

Su molekülleri yapısal zincirlerin kenarlarında magnezyum iyonlarına (her bir Mg^{+2} iyonu için 2 H_2O molekülü) koordine olmuş bir biçimde hidrojen bağları oluşturur. Koordinasyon su ve zeolitik su molekülleri, yüksek polariteli küçük moleküller ile yer değiştirebilir. Örneğin, kısa zincirli primer alkoller, zeolitik su moleküllerinin ve hatta koordinasyon suyu moleküllerinin yerini alabilirler. Yine katyonik reaktifler grubuna giren uzun hidrokarbon zincirine sahip amin türü organik maddelerle yapılan adsorpsiyon çalışmaları, amin moleküllerinin sadece sepiyolitın dış yüzeylerinde tutunmayıp aynı zamanda kanal boşluklarına da yerleştiğini ve adsorpsiyon olayının, primer aminlerde, amin moleküllerinin oktahedral tabakada yer alan bağıl ve zeolitik su molekülleri arasında hidrojen bağı oluşturarak [31], kuvarterner aminlerde ise Mg^{+2} iyonu ile amonyum iyonu arasındaki iyon değiştirmeden ve Van der Waals güdümlü zincir-zincir etkileşimlerinden kaynaklandığını göstermiştir [19, 32].

Sepiyolit, genellikle su ve amonyum gibi polar moleküller ile polar olmayan bileşiklere nispeten daha az miktarda metil ve etil alkollerini adsorb edebilmektedir. Ancak, polar olmayan bileşiklerin adsorpsiyonu dış yüzeylerle sınırlı olup tutulan molekülün boyutuna ve şekline bağlıdır [1].

Katalitik Özelliği

Yüzey alanının büyüklüğünden, mekanik dayanım ve termal duyarlılığından dolayı son zamanlarda sepiyolit granülleri, katalizör taşıyıcı olarak smektit ve kaolin grubu minerallere tercih edilmektedir. Hidrojenasyon, desülfürizasyon, denitrojenasyon, demetilizasyon, etanolden, butadien ve metanolden hidrokarbon eldesi gibi birçok katalitik işlemde Co, Ni, Fe, Cu, Mo, W, Al, Mg'un katalitik destekleyicisi olarak sepiyolit kullanılmaktadır [9].

Sepiyolitte mikroporlar ve kanalların bulunmasıyla beraber uygun partikül büyüklüğü ve lifli yapı yüzey alanının genişliğini açıklamaktadır. Sepiyolit için ortalama $400 m^2/g$ dış yüzey ve $500 m^2/g$ iç yüzey alanı saptanmıştır [36]. Diğer killerde olduğu gibi, sepiyolitın yüzey alanı ısıl aktivasyon ve asitle muameleyle değiştirilebilmektedir [39]. Sepiyolit yüzey alanı için en yüksek sıcaklık değeri $150^\circ C$ 'dir. Bu sıcaklık değerinde higroskopik ve

zeolitik suyunun yaklaşık %10'unu kaybeder. 200 ve $400^\circ C$ arasındaki sıcaklıkla muamele sonrasında mikroporlar yıkımlandığı ve yapısı kıvrıldığı için bu alan azalmaktadır. Asitle muamele yüzey alanını artırmaktadır. Aslında asit muamelesi minerali yıkımlamakta ve lif morfolojisini koruyan amorf silika ürünler üretmektedir [13].

Kil minerallerinin katalitik aktivitesi, bunların yüzey aktivitelerinin bir fonksiyonudur. Sepiyolit partiküllerinin yüzeyindeki Silanol (Si-OH) grupları, belli derecede asit özelliğe sahiptir ve katalizör ya da reaksiyon merkezi olarak davranabilir [13].

Katalizör etkinliğin en yüksek olduğu ısı aktivasyon sıcaklığı $500-600^\circ C$ 'dir. Sepiyolit hem asidik hem de bazik merkeze sahip olması nedeniyle, asit-baz çift fonksiyonlu bir katalizördür [8].

Reolojik Özelliği

Sepiyolit jel oluşturma özelliğine sahip önemli bir kil minerali olup, diğer killere göre su veya diğer sıvılarla, nispeten düşük konsantrasyonlarda yüksek viskoziteli ($1000-40.000$ cps/5 rpm, Brookfield viskozimetresi) ve duyarlı süspansiyonlar oluşturabilirler [1]. Sepiyolitten yapılan süspansiyonlar tiksotropik özellik gösterdiğinden, kozmetik, yapııştırıcı ve gübre süspansiyonlarında kalınlaştırıcı olarak kullanılır. Sepiyolit ayrıca, diğer killere göre tuzlu ortamlarda daha duyarlıdır ve bu nedenle özellikle petrol sondajlarında çamur malzemesi olarak kullanılır. $pH=8$ 'e kadar faydalı özelliklerini muhafaza eder, ancak $pH>9$ olduğu koşullarda peptizasyon viskozitede ani bir düşüşe neden olur [13].

Sepiyolitın mineral örneklerinde iğne yığınları gibi görünen topaklaşma etkisi oldukça önemlidir. Sepiyolit iğneleri özel bir muameleyle tiksotropik verilerek uygun bir şekilde topaklaşmayı önleyebilir. Sepiyolitın özel biçimi çok sayıda uygulamada avantaj sağlayan bir dizi emici ve kolloidal özelliğini tanımlamaktadır [1].

Sepiyolitın Dünyada ve Türkiye'de Mevcut Durumu

Dünyada sepiyolit rezervleri bakımından İspanya'da $15-20$ milyon ton ile birinci sırada bulunmaktadır [16]. Sıralamada daha sonra Türkiye, Çin ve ABD gelmektedir [14]. İspanya'dan sonra dünyanın en büyük sepiyolit rezervlerinin Türkiye'de olduğu ve

Türkiye’de 3 ayrı kalitede sedimanter kökenli sepiyolit varlığı tespit edilmiştir [33]. MTA’nın 2013 yılı raporlarına göre Türkiye’de sanayi tipi sepiyolit rezervi 13.5 milyon ton dolayındadır. Ekonomik olarak değerlendirilebilecek sepiyolitik kil (sanayi tipi veya katmansız sepiyolit) yatakları, Eskişehir, Çanakkale, Bursa, Kütahya ve Isparta’da bulunmaktadır [6].

Sepiyolit Kullanım Alanları

Sepiyolit minerali özelliklerine göre farklı endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır [13].

A. Sorptif özelliğine dayalı sorptif amaçlı kullanım:

- Hayvan altlığı: düşük ağırlıkta olması, yüksek düzeyde sıvı ve koku emiciliği
- Tarım ve böcek ilaçları taşıyıcısı
- İlaç sanayinde
- Atık su arıtma sistemlerinde
- Karbonsuz kopya kağıtları ve sigara filtrelerinde
- Deterjan ve temizlik maddelerinde

B. Katalitik özelliğine dayalı katalitik amaçlı kullanım:

- Katalizör taşıyıcı

C. Reolojik özelliğine dayalı reolojik amaçlı kullanım:

- Toprak düzenleyici
- Tohum kaplama maddesi
- Gübre süspansiyonlarında
- Hayvan beslemede
- İlave katkı taşıyıcı
- Gres kalınlaştırıcı
- Kozmetiklerde
- Asfalt kaplamalarında
- Sondaj Çamuru
- Kauçuk sanayiinde
- D. Diğer Uygulamalar:
- Seramik üretiminde
- Lif takviyeli çimento üretiminde
- Otomatik sanayinde (boyalarda)

Sepiyolitın Hayvan Beslemede Kullanımı

Sepiyolit (E562) Avrupa Birliğinde tüm hayvan türleri için bağlayıcı, topaklanmayı önleyici ajan ve pıhtılaşma sağlayıcı olarak onaylandırılmıştır [10].

Katkı maddesi olarak sepiyolit hayvan besleme alanında teknolojik ve besleyici olarak kullanıldığı gibi çevreyi ve hayvan refahını olumlu yönde etkilemesi amacıyla da kullanılabilir [13; 24].

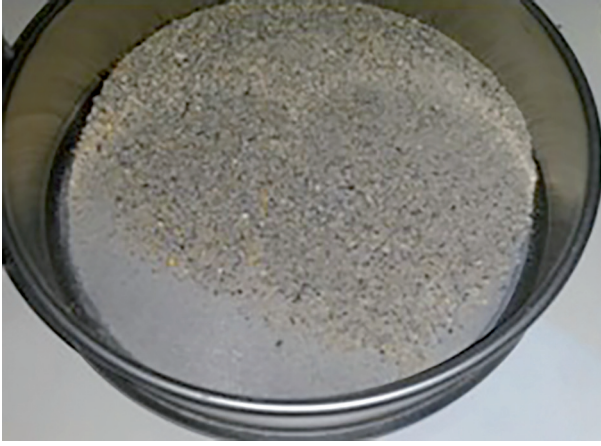
Teknolojik Katkı Maddesi Olarak Kullanımı

Sepiyolit, peletlemede enerji maliyetini azaltması, pelet dayanıklılığını artırması, karma yem üretim ve taşınması süresince tozmayı azaltması, kekleşmeyi önlemesi ve preservatif olması gibi özellikleri nedeniyle iyi bir teknolojik katkı maddesidir.

a) Sepiyolitın Pelet Dayanıklılığına Etkisi

Sepiyolit yem içerisindeki diğer maddeleri birbirine bağladığından yüksek dayanıklılık ve sertlikte pelet oluşturmada, pelet soğudukça ve nem kaybettikçe dayanıklılık ve sertlik daha da artmaktadır. Sepiyolitın yüksek yağlı karma yemlerde kullanımının bir yararı da pelet kalitesinin bozulmadan karma yemlere yüksek düzeyde yağ ilavesine olanak sağlamasıdır. Bu durum yem üretimi, taşınması ve yemliklere dağıtılması süresince tozmanın azalmasına yol açtığından hayvan performansında da artış sağlamaktadır [24].

Tavuk yemine bir fabrikada üretim esnasında mikserde top dressed olarak %1 düzeyinde sepiyolit (Exal T, Tolsa Turkey-Türkiye) ilave ederek yaptığımız bir denemede üretilen pelet yemde nem kaybının azaldığı, pelet dayanıklılığının (PDI, pelet durabilite indeksi) arttığı gözlenmiştir. Çalışmada kontrol grubu tavuk yeminde pelet dayanıklılığı %49.1 iken %1 düzeyinde sepiyolit ilave edildiğinde %87.9 bulunmuştur. Kontrol ve sepiyolit ilaveli tavuk yeminin PDI testinde 0.50 mm’lik eleğin altında kalan kısmı Resim 2a ve Resim 2b’de, 5.60 mm’lik elek üstünde kalan kısmı Resim 2c ve Resim 2d’de görülmektedir. Resimlerden de sepiyolit ilavesi yapıldığında pelet yemde ufalanmayı önemli derecede azalttığı görülmektedir. Böylelikle ufalanmanın azalması tavuklarda performansı olumlu yönde etkilemektedir [43].



Resim 2a. Kontrol tavuk yeminin PDI testinde 0.50 mm'lik eleğin altında kalan kısmı



Resim 2d. Sepiyolit ilaveli tavuk yeminin PDI testinde 5.60 mm'lik eleğin üstünde kalan kısmı



Resim 2b. Sepiyolit ilaveli tavuk yeminin PDI testinde 0.50 mm'lik eleğin altında kalan kısmı



Resim 2c. Kontrol grubu tavuk yeminin PDI testinde 5.60 mm'lik eleğin üstünde kalan kısmı

b) Sepiyolit'in Kekleşmeyi Önleyici Etkisi

Sepiyolit, karma yemlere ilave edilen vitaminler, mineraller ve antibiyotikler gibi katkı maddeleri için ideal bir taşıyıcıdır. Yem unsurlarının ayrılmasını önlediğinden homojenizasyonu sağlayıcı bir özelliğe sahiptir. Sepiyolit'in katyon değişim kapasitesinin düşük olmasından dolayı iyi bir premiks taşıyıcısıdır. Kimyasal olarak inert bir madde olması yüksek kimyasal stabiliteye sahip olduğunu da göstermektedir. Bu özelliği yemdeki aktif maddelerle interaksyonunu önlemektedir [24].

c) Sepiyolit'in Preservatif Etkisi

Sepiyolit, yem hammaddelerinin depolanması sürecince istenmeyen mikrobiyolojik olayların gelişimini önlemektedir. Nemi absorbe etme kapasitesinden dolayı mantar gelişimini önlemektedir [4].

Sepiyolit'in Besleyici Katkı Maddesi Olarak Kullanımı

Sepiyolit canlı ağırlık kazancını, yemden yararlanma oranını olumlu etkilediği, besin madde sindirilebilirliğini artırdığı, yağ sindirimini ve enerji değerlendirilmesini artırdığı için besleyici katkı maddesi olarak önem taşımaktadır.

Tortuero Cosialls ve ark. [38], karma yemlerde %1.5 düzeyinde sepiyolit kullanımının broylerde içeriğin sindirim kanalından geçiş süresini uzattığını bildirmiştir. Bununla birlikte sepiyolit kullanımının mide, karaciğer, dalak, kalp ve pankreas ağırlığı veya bağırsak uzunluğu üzerine bir etkisi gözlenmemiştir [38].

Parisini ve ark. [28], 42 adet kastre edilmiş hibrit erkek domuz kullanarak %2 düzeyindeki sepiyolitin (Exal®) protein ve enerji tutulumu üzerine etkisini incelemişlerdir. . Sepiyolit ilavesinin protein tutulumunu % 6.1, enerji tutulumunu % 5.3'e kadar artırdığı kaydedilmiştir. Bununa birlikte ortalama ağırlık kazancı veya yemden yararlanma oranına bir etkisi olmamıştır [28].

Ouhida ve ark. [27] mısır-arpa-buğdaya dayalı karma yemlerle beslenen broylerlerde enzim (β -glukanaz ve arabinoksilanaz) ilavesinin jejunum ve ileum viskositesini azalttığını, sepiyolit (%2 Exal, Tolsa-İspanya) ilavesinin ise jejunum viskositesini azalttığını bildirmiştir. Her iki katkı maddesinin de besin madde sindirilebilirliğinde özellikle yağ sindirilebilirliği ve azot dengesinde artış sağladığı gözlenmiştir. Sepiyolit ilavesi, içeriğin ince barsakta kalış süresini 8 dakika artırırken, sepiyolitin enzim ile birlikte ilavesinin 20 dakika artırdığı kaydedilmiştir [26]. Ayrıca sepiyolit (%2 Exal) ilavesinin yem tüketimi ve yemden yararlanma oranını etkilemediğini, dışkıda pürin baz (adenin ve guanin) indeksi kullanılarak belirlenen mikrobiyel konsantrasyonun daha düşük olduğunu bildirmişlerdir [25]

Ayed ve ark. [2] broyler karma yemlerine %0.5, 1 ve 2 düzeylerinde sepiyolit ilavesi yapıldığında sepiyolit düzeyi arttıkça performansta artış olduğunu gözlemişlerdir. Denemede karma yemlere %2 sepiyolit ilavesi ile canlı ağırlık ve canlı ağırlık kazancında %11'lik artış sağlanırken toplam yem tüketimi %6 ve bir kg canlı ağırlık artışı için tüketilen yem miktarı ise %15 düzeyinde azalmıştır. Karma yeme sepiyolit ilavesinin mortalite oranı ve karkas randımanı üzerine etkisi görülmemiştir. Ayed ve ark. [2] broylerlerde sepiyolitin performans üzerine olumlu etkisini sepiyolitin fiziksel yapısının besin madde geçişini azaltabileceği ve sonuçta besin madde sindirilebilirliği ve emilimini artırabileceği şeklinde açıklamışlardır.

Eser ve ark. [11], broyler karma yemlerine %1 düzeyinde sepiyolit ilavesinin canlı ağırlık kazancında artış sağladığını relatif abdominal yağ ağırlığı ile serum kolesterol ve trigliserit düzeylerinde ise azalmaya yol açtığını belirtmişlerdir.

Yalçın ve ark [41] karma yemlere % 1 ve 2 düzeyinde sepiyolit (Exal T, Tolsa Turkey-Türkiye) ilavesinin broylerlerde büyüme performansı ve ba-

ğırsak histomorfolojisi üzerine etkilerini belirlemek için 6 haftalık bir deneme yapmışlardır. Sepiyoliti %1 düzeyinde kapsayan karma yemi tüketen grupta deneme sonu canlı ağırlık ve altı haftalık canlı ağırlık artışı kontrol grubuna kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Yemden yararlanma oranı %1 sepiyolit katkısıyla olumlu yönde etkilenmiştir. Bir kg canlı ağırlık artışı için tüketilen yem miktarı %1 ve %2 sepiyolitli gruplarda kontrol grubuna kıyasla %4.7 ve %1.8 daha az bulunmuştur. Karma yemlere sepiyolit katkısı duodenum villus yüksekliğini artırmıştır. Yalçın ve ark [42] ise aynı denemede karma yemlere %2'ye kadar sepiyolit ilavesinin karkas randımanı, karkas özellikleri ve göğüs eti kalitesini olumsuz etkilemeden abdominal yağı önemli ölçüde azalttığını kaydetmişlerdir.

Yalçın ve ark. [43] yaptıkları bir diğer çalışmada yumurta tavuğu rasyonlarına %0.5 ve %1 sepiyolit ilavesinin 22 hafta süreyle yem tüketimi, yumurta verimi, yumurta ağırlığı ve yemden yararlanmayı etkilemediğini gözlemişlerdir. Rasyonlarda %1 düzeyinde sepiyolit kullanılmasıyla yumurta kırılma mukavemeti ($P<0.01$) ve yumurta kabuk kalınlığı ($P<0.05$) artmış, yumurta kolesterol düzeyi ($P<0.05$) azalmıştır. Karma yemlerde %0.5 ve 1 düzeyinde sepiyolit bulunması yumurta şekil indeksi, ak yüksekliği, ak indeksi, sarı indeksi ve Haugh birimi üzerine önemli bir etki yapmamıştır. Sepiyolitin %1 düzeyinde bulunması ise serum kolesterol ve trigliserit düzeylerini azatmış ($P<0.05$), toplam protein düzeyini ($P<0.01$) artırmıştır. Yalçın ve ark. [43] çalışma sonucunda rasyona %1 düzeyinde sepiyolit ilavesinin yumurta kolesterol düzeyini azaltması ve yumurta kabuk kalitesini iyileştirmesi bakımından yumurta tavuğu beslemede etkili bir yem katkı maddesi olabileceğini bildirmişlerdir.

Aflatoksin içeren yemlere sepiyolit ve mannanoligosakkarit ilavesinin etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada Mızrak ve ark.[22] aflatoksin kapsayan yemlere %1.5 ve %3 düzeylerinde sepiyolit ilavesinin tavuk performansı üzerinde yararlı etkileri olabileceği kaydedilmiştir.

Mızrak ve ark. [21] tarafından yapılan bir diğer çalışmada, düşük kalsiyum içeren yemlere sepiyolit (%1, %2) ilavesinin kuluçkalık yumurta oranını önemli düzeyde artırdığı ($P<0.01$) bildirilmiştir. Ayrıca çalışmada düşük kalsiyum içeren yeme sepiyolit ilavesinin dışkı kuru madde oranını önemli

düzeyde artırdığı, %2 düzeyinde sepiyolit ilavesinin daha kıvamlı bir dışkı elde edilmesini sağladığı belirtilmiştir.

Royer ve ark. [30] domuzlar ile yaptıkları bir çalışmada sepiyolit katkısı ile su retensiyonunun arttığı, süspansiyonda partiküllerin homojen şekilde dağıldığı ve sıvı karışımın akışkanlığını artırdığı ve dolayısıyla büyüme dönemindeki domuzlarda performansı artırdığını bildirmiştir.

Castaing ve Noblet [7] domuzlarda sepiyolit katkılı pelet yemin daha dayanıklı ve daha sert olduğunu saptamışlardır. Organik madde ve enerjinin sindirilme derecesi sepiyolit ilavesinden etkilenmemiştir. Sepiyolit ilavesinin karkas yağında önemli bir azalmaya ve karkasda kas yüzdesinde artışa yol açtığı da kaydedilmiştir.

Sütten kesilmiş tavşanlar üzerinde yapılan bir çalışmada [10], 36 gün süreyle % 2, 3, 4 ve 5 düzeyindeki sepiyolit katkısı ile yem tüketiminin arttığı, diğer verim parametreleri bakımından ise farklılık olmadığı kaydedilmiştir.

Çevreyi ve Hayvan Refahını Olumlu Yönde Etkileyen Katkı Maddesi Olarak Kullanımı

Sepiyolitın azot atılımını azaltmasından dolayı dışkıdaki amonyak miktarını azalttığı bildirilmiştir. Sepiyolitın sıvı ve gazları absorbe ederek dışkıdaki amonyağı azaltarak altlık kalitesini iyileştirdiği, kümes ve ahırdaki kokuyu azalttığı kaydedilmiştir [24].

Sonuç

Kimyasal olarak inert bir madde olan sepiyolitın rasyonlara ilavesi toz kaybını azaltmakta, pelet dayanıklılığını ve kalitesini, besin madde sindirimini ve dışkı kıvamını artırmaktadır. Bunun dışında amonyağı azaltması, dışkı kalitesini artırması ve ishal vakalarını önlemesi açısından çevreyi ve hayvan refahını olumlu yönde etkileyen katkı maddesi olarak kullanılabilir. Ayrıca Türkiye'nin sepiyolit rezervleri bakımından zengin olması ve çok farklı kullanım alanlarına da sahip olması önem taşımaktadır. Bu nedenlerden dolayı sepiyolitın hayvancılık alanında kullanımına yönelik olarak daha fazla araştırma yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Kaynaklar

1. Alvarez A, Perez Castell R (1982) *Sepiolite in the field of animal nutrition*. Proc. 5th Int. Cong. Industrial Minerals, Madrid, 37-45.
2. Ayed MH, Zghal I, Rezik B (2011) *Effect of sepiolite supplementation on broiler growth performances and carcass yield*. Res. Opinions in Anim. Veterinary Sci. 1: 375-378.
3. Biçici P (2010) *Elazığ-Uslu Köyü Çömlekçi Kilinin Seramik Çamur, Sır ve Astar Bünyelerinde Kullanım Özelliklerinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı, VI+72.
4. Bocuzzi R, Escribano F (2011) *Sepiolite properties and applications in animal nutrition and poultry husbandry*. Tolsa Report, University of Bologna, Italy and Tolsa Group, Madrid, Spain.
5. Brauner K, Preisinger A (1956) Struktur und Entstehung des Sepioliths. *Tschermaks Miner. Petrog. Mitt.*, 6, 120-140.
6. Can G (1992) *Dünya'da ve Türkiye'de Sepiyolitik Kil*. MTA Fizibilite Etüdüleri Dairesi, Ankara, 1-8.
7. Castaing J, Noblet J (1997) *Consequences de l'introduction de sepiolite sur l'utilisation digestive de l'aliment et les performances du porc en croissance*. Journées Rech. Porcine en France, 29: 213-220.
8. Çeşli H (1985) *Asetik Asit ile n-Bütanolün Eskişehir Sepiyoliti Üzerine Esterleşmesi*. A.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt II, sayı 1, Eskişehir, 109-117.
9. DPT (2001) *VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı*. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu-Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Genel Endüstri Mineralleri II Çalışma Grubu Raporu, DPT 2619-ÖİK:630.
10. European Food Safety Authority (EFSA) (2013) *Scientific Opinion on the safety and efficacy of a preparation of bentonite and sepiolite (Toxfin® Dry) as feed additive for all species*. EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP), Parma, Italy. EFSA Journal 2013, 11:3179.
11. Eser H, Yalçın S, Yalçın S, Şehu A (2011) *Effects of sepiolite usage in broiler diets on performance, carcass traits and some blood parameters*. Kafkas Univ. Vet.Fak.Derg., 18 (2):313-318.
12. Fersmann A (1913). *Research on magnesian silicates*. Me'mories Acad. Sci. St. Petetersburg 32,321-430.
13. Galan E (1996). *Properties and applications of palygorskite-sepiolite clays*. Clay Miner. 31: 443-453.
14. Giustetto R, Wahyudi O, Corazzari I, Turci F (2011) *Chemical stability and dehydration behavior of a sepiolite/indigo Maya Blue pigment*. Applied Clay Science 52, 2011.
15. Glocker EF (1847) *Generum et Specierum Mineralium Secundum Ordines Naturales Digestorium Synopsis*. Halle (1847) 195
16. Gonzalez-Barros MR (1995) *Spanish Industrial Minerals and Rocks*, Industrial Minerals, May, 63-117.
17. Harvey CC, Murray HH (1997) *Industrial clays in the 21st century: A perspective of exploration, technology and utilization*. Appl. Clay Sci. 11: 285-310.
18. Jones BF, Galan E (1988) *Hydrous Phyllosilicates (Exclusive of Micas)*. In: S.W. Bailey (Editor), *Sepiolite and Palygorskite*, Reviews in Mineralogy, Vol. 19, Mineralogical Society of America, Ch. 16, 631-667.
19. Kara M, Sabah E, Yüzer H, Çelik MS (1998) *Sepiolite as an Adsorbent for Elimination of Mine Wastes*. Proceedings of the 5th International Symposium on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production, Ankara, 717-721.,
20. Martin-Vivaldi JL, Cano-Ruiz J (1955). *Contribution to the study of sepiolite: II. Some considerations regarding the mineralogical formula*. Clays Clay Miner. 4, 173-176.

21. Mızrak C, Yenice E, Ertekin B (2013) *Düşük düzeyde kalsiyum içeren damızlık yumurta tavuğu yemlerine ilave edilen sepiyolit'in performans, yumurta kalite kriterleriyle, bazı kann ve sindirim sistemi özellikleri üzerine etkisi*. Lalahan Hay Araşt Enst Derg, 53: 75-89.
22. Mızrak C, Yenice E, Kahraman Z, Tunca M, Yıldırım U, Ceylan N (2014) *Effects of dietary sepiolite and mannanoligosaccharide supplementation on the performance, egg quality, blood and digestion characteristics of laying hens receiving aflatoxin in their feed*. Ankara Üniv Vet Fak Derg, 61: 65-71.
23. Murray HH (2000) *Traditional and new applications for kaolin, smectite, and palygorskite: A general overview*. Appl. Clay Sci., 17: 207-221.
24. Onorato M, Escribano F (2013) *Sepiolite and its uses in the Turkish Poultry Industry: Broilers*. TOLSA report, October 2013. Madrid-Spain.
25. Ouhida I, Perez JF, Gasa J (2000a) *Sepiolite (Exal) decreases microbial colonization in the gastrointestinal tract of young broilers fed barley-wheat based diets*. Arch. Zootec. 49: 501-504.
26. Ouhida I, Perez JF, Gasa J, Puchal F (2000b) *Enzymes (β -glucanase and arabinoxylanase) and/or sepiolite supplementation and the nutritive value of maize-barley-wheat based diets for broiler chickens*. Br Poult Sci 41: 617-624.
27. Ouhida I, Perez JF, Piedrafito J, Gasa J (2000c). *Anim. Feed Sci. Technol.*, 85:183-194.
28. Parisini P, Martelli G, Sardi L, Escribano F (1998) *Protein and energy retention in pigs fed diets containing sepiolite*. Anim. Feed Sci. Technol., 79: 155-162.
29. Paquet H, Duplay J, Valleron-Blanc MM, Millot G (1987). *Octahedral compositions of individual particles in smectite-palygorskite and smectite-sepiolite assemblages*. Proceedings of the International Clay Conference. Denver, 1985. In: Schult, L.G., Van Olphen, H., Mumpton, A. (Eds.). The Clay Minerals Society, Bloomington Indiana. 73-77.
30. Royer E, Ernandorenai V, Escribano, F (2007) *Effects of the water-feed ratio and of a rheological sepiolite on some physical parameters of liquid feed and performances of pigs*. 58th Annual meeting of the European Association for Animal Production, University College Dublin, Ireland, 26th-29th August 2007.p26-29.
31. Sabah E, Sağlam H, Kara M, Çelik MS (1997) *Uptake of Cationic Surfactants by Clay Absorbent: Sepiolite*. 5th Southern Hemisphere Meeting on Mineral Technology, Buenos Aires, Argentina, 277-280.
32. Sabah E, Özdemir O, Çelik MS (1998) *Thermodynamic Treatment of Cationic Surfactant Adsorption onto Clay Adsorbent*. Proceedings of the 7 International Mineral Processing Symposium, Istanbul, 893-898.
33. Sabah E, Çelik MS (1998) *Sepiyolit oluşumu, özellikleri, kullanım alanları*. İnci Ofset, Afyon.
34. Sariiz K, Nuhoglu I (1992) *Endüstriyel ham madde yatakları ve madenciligi*. Anadolu Üniversitesi Yayınları, No. 636, 338-343, Eskişehir.
35. Slamova R, Trckova M, Vondruskova H, Zraly Z, Pavlik I (2011) *Clay minerals in animal nutrition*. Appl. Clay Sci. 51: 395-398.
36. Serna C, Van Socyoc GE (1979) *Infrared study of sepiolite and palygorskite surfaces*. Proc. Int. Clay Conf. Oxford, 197-206.
37. Serratos JM (1978) *Surface Properties of Vibrous Clay Minerals (Palygorskite and Sepiolite)*. Proc. 1979 Int. Clay Conf, Oxford. Elsevier, 99-109.
38. Tortuero Cosialls F, Fernández González E, Martín Martín L (1992) *Effects Of Dietary Sepiolite On The Growth, Visceral Measurements And Food Passage In Chickens*. Arch. Zootec., 41: 209-217.
39. Vicente Rodriguez MA, Lopez Gonzales JD, Banares Munoz MA (1994) *Acid activation of a Spanish sepiolite: physicochemical characterization, free silica content and surface area of products obtained*. Clay Miner. 29: 361-367.
40. Yeniyo M (1992) *Yenidoğan (Sivrihisar) Sepiyolit Yatağının Jeolojisi, Mineralojisi ve Oluşumu*. MTA Derg. 114,71-84.
41. Yalçın S, Yalçın S, Gebeş ES, Şahin A, Ceylan A, Duyum HM, Escribano F (2013a) *Karma yemlere sepiyolit ilavesinin broylerde büyüme performansı ve bağırsak histomorfolojisi üzerine etkileri*. 2. Uluslar arası Beyaz Et Kongresi, 24-28 Nisan 2013, Antalya-Türkiye.
42. Yalçın S, Yalçın S, Gebeş ES, Şahin A, Ceylan A, Duyum HM, Escribano F (2013b) *Karma yemlere sepiyolit ilavesinin broylerde karkas özellikleri ve et kalitesi üzerine etkileri*. 2. Uluslar arası Beyaz Et Kongresi, 24-28 Nisan 2013, Antalya-Türkiye.
43. Yalçın S, Eser H, Onbaşlar I, Yalçın S, Karakaş Oğuz F (2015) *Effects of dietary sepiolite on performance, egg quality and some blood parameters in laying hens*. Ankara Üniv Vet Fak Derg, (Basımda)