

4343/5.8

**YEM KATKI MADDESİ OLARAK
ZEOLİT KULLANIMININ
YUMURTA ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

CELİL ACAR
Yüksek Lisans Tezi
Fizik Anabilim Dalı
EYLÜL 1998

**Celil ACAR'ın yüksek lisans tezi olarak hazırladığı YEM KATKI MADDESİ •
OLARAK ZEOLİT KULLANIMININ YUMURTA ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**
başlıklı tez ..2.1.10.1998. tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Lisansüstü Öğretim
yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye (Tez Danışmanı):Prof.Dr. Önder ORHUN

Üye:Prof.Dr. Ertuğrul YÖRÜKOĞULLARI

Üye:Y.Doç.Dr. Tevfik ÜNALDI

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ...04.11.1998
tarih ve17/6..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŐEKKÜR

Çalıőmalarımnda bana her türlü yardımı yapan danıőmanım Prof. Dr. Önder ORHUN'a, Prof. Dr. Ertuğrul YÖRÜKOĞULLARI'na, tezin yazılmasında yardımcı olan araştırma görevlisi Mehmet ÖZKAN'a, deneylerimin yapımında yardımcı olan araştırma görevlisi Zafer DİKMEN'e, deney yaptığım İLHANLAR çiftliğine, Sayın İsmail ÜNLÜ'ye ve bana bu tezi hazırlarken manevi desteklerini veren anneme, babama, niőanlım Sinem TEKİN'e teőekkürü bir borç bilirim.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YEM KATKI MADDESİ OLARAK ZEOLİTİN KULLANIMININ YUMURTA ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

CELİL ACAR

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Önder ORHUN

1998, Sayfa 64

Zeolitler, alkali ve toprak alkali elementlerin kristal yapıya sahip sulu alüminosilikat olarak tanımlanır.

Zeolitler, 5-13 Å arasında gözeneklere sahip oluşu nedeniyle moleküler eleme işlemlerinde kullanılabilir. Yüzey alanlarının büyük oluşu nedeniyle iyon değişimi ve adsorpsiyon ile ilgili alanlarda çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır.

Bu uygulamalardan bazıları, deterjan üretimi, sıvı nükleer atıkların arıtılması, kentsel ve tarımsal atık su arıtımı, baca gazlarının arıtılmasıdır.

Bu uygulamalara son yıllarda, hayvan besiciliğinde tavuk yemi katkı maddesi olarak zeolitin kullanılması eklenmiştir. Zeolitin katkı maddesi olarak kullanıldığı yemlerle beslenen tavuklardan alınan yumurtaların kalitesindeki değişimin ne olduğu yönünde literatürde bu tür çalışmalara rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, Manisa Gördes yöresi doğal zeolitin (klimoptilolitinin) katkılı olduğu yemlerin tavuk yumurtalarının özelliklerine olumlu etkisi olduğu saptanmıştır.

Anahtar kelimeler : Zeolit, klimoptilolit, iyon değişimi, adsorpsiyon, tavuk yemi.

ABSTRACT**Master of Science Thesis****THE EFFECT ON PROPERTIES OF CHICKEN-EGG OF USING ZEOLITE AS
ADDITIVE SUBSTANCE OF FEED****CELİL ACAR****Anadolu University
Graduate Scholl of Natural and Applied Sciences
Physics Program****Supervisor:Prof. Dr. Önder ORHUN
1998, Page 64**

Zeolites are defined as crystalline hydro aluminosilicates which has alkali and earth alkali elements.

Because zeolites have the pores whose diameters are between 5 and 13 Å, they can be used in molecular sieving.

They are used in several applications that are concerned with ion exchange and adsorption, because they have large surface areas.

Some of these applications are; detergent production, refining of liquid nuclear effluents, refining of urban and agricultural effluents, refining of funnel gases.

Recently, in animal-feeding, it is added to use zeolite as additive substance of chicken food to these applications. There isn't literature about the quality of the eggs from the chickens that are feeded by the foods doped with zeolite.

In this study, feeding which is doped with the zeolite from Manisa-Gördes the positive on the chicken egg's properties is observed.

Keywords:Zeolite, clinoptilolite, ion exchange, adsorption, chicken food.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
1. ADSORPSİYON VE İYON DEĞİŞİMİ HAKKINDA GENEL BİLGİ	1
1.1 Adsorpsiyon Hakkında Genel Bilgiler.....	1
1.2 İyon Değişimi Hakkında Genel Bilgi.....	4
1.2.1 Giriş	4
1.2.2 İlkeler.....	5
1.2.3 İyon Değişim İşlemleri.....	8
1.2.3.1 Batch Yöntemi.....	9
1.2.3.2 Kolon İşlemi.....	9
2. ZEOLİTLER.....	11
2.1.1 Zeolitlerin tarihçesi.....	11
2.1.2 Zeolitlerin kimyasal bileşimi ve yapısı.....	11
2.1.3 Türkiye'deki doğal zeolitler.....	14
2.1.3.1 Türkiye'deki Doğal Zeolit Rezervi.....	15
2.2 ZEOLİTLERDE İYON DEĞİŞİMİNİN UYGULAMALARI.....	16
2.2.1 Giriş.....	16
2.2.2 Deterjan Üretiminde Zeolitler.....	16
2.2.3 Sıvı Nükleer Atıkların Arıtılmasında Zeolitler.....	17
2.2.4 Kentsel Tarımsal Atık Su Arıtımında Zeolitler.....	17
2.2.5 Baca gazlarının Arıtılmasında Zeolitler.....	18
3. TAVUĞUN YAPISI.....	19
3.1 Sindirim Sistemi.....	19
3.1.1 Yemin Sindirim Kanalından Geçişi ve Sindirim.....	20
3.1.2 Üriner Sistem.....	21
3.2 Yumurtanın Yapısı.....	21
3.2.1 Yumurta Kabuğu.....	22
3.2.2 Yumurta Kabuğunun Zarları.....	24
3.2.3 Hava Kamerası.....	24
3.2.4 Yumurta Akı.....	25

İÇİNDEKİLER (DEVAM)

3.2.5 Yumurta Sarısı.....	25
4. TAVUKLARIN BESLEMESİNDE ZEOLİT KULLANIMI.....	26
4.1 Giriş.....	26
4.2 Tavukların Beslemesinde Zeolit Kullanımı.....	27
5. DENEYSEL ÇALIŞMA.....	31
5.1 Tavuklara Verilecek Olan Zeolit Materyalinin Hazırlanması.....	31
5.2 Deneyin Uygulandığı Hayvan Popülasyonu Hakkında Bilgi.....	32
5.3 Alınan Yumurta Örneklerinin İncelenmesi.....	32
5.3.1 01 No'lu Yumurta Örneği İle Yapılan İşlemler.....	32
5.3.2 02 No'lu Yumurta Örneği İle Yapılan İşlemler.....	37
5.3.3 11 No'lu Yumurta Örneği İle Yapılan İşlemler.....	38
5.3.4 12 No'lu Yumurta Örneği İle Yapılan İşlemler.....	43
5.3.5 21 No'lu Yumurta Örneği İle Yapılan İşlemler.....	44
5.3.6 22 No'lu Yumurta Örneği İle Yapılan İşlemler.....	49
5.3.7 31 No'lu Yumurta Örneği İle Yapılan İşlemler.....	50
5.3.8 32 No'lu Yumurta Örneği İle Yapılan İşlemler.....	55
6. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	57
7. ÖNERİLER.....	61
8. KAYNAKLAR.....	62

ŞEKİLLER DİZİNİ

1.1	Fiziksel ve kimyasal adsorpsiyonun potansiyel enerji eğrileri.....	2
1.2	Fiziksel ve kimyasal adsorpsiyon arasındaki dönüşümü gösteren eşbasınç adsorpsiyon eğrisi.....	3
1.3	Çözelti ile iyon değişimi.....	6
1.4	Paketlenmiş iyon değişim kolonu.....	9
2.1	Zeolit A ve Zeolit X' in kristal yapıları.....	12
3.1	Tavuklarda sindirim sistemi.....	19
3.2	Yumurtanın yapısı.....	23
3.3	Kırılmış taze bir yumurtanın tabakta görünümü.....	23
3.4	Yumurta kabuğunun büyütülmüş şekli.....	23
5.1	01 nolu yumurta örneği kabuğunun $p/p_0 \leq 0.7$ için çok noktalı BET azot adsorpsiyon izotermi.....	35
5.2	11 nolu yumurta örneği kabuğunun $p/p_0 \leq 0.7$ için çok noktalı BET azot adsorpsiyon izotermi.....	41
5.3	21 nolu yumurta örneği kabuğunun $p/p_0 \leq 0.7$ için çok noktalı BET azot adsorpsiyon izotermi.....	47
5.4	31 nolu yumurta örneği kabuğunun $p/p_0 \leq 0.7$ için çok noktalı BET azot adsorpsiyon izotermi.....	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

2.1	Endüstriyel kullanımı olan zeolit türleri ve özellikleri.....	14
3.1	60 gr kadar ağırlığı olan bir yumurtada su, protein, yağ, karbonhidrat ve kül miktarları.....	22
5.1	Şekil 5.1'deki adsorpsiyon izotermine ait veriler.....	36
5.2	Şekil 5.2'deki adsorpsiyon izotermine ait veriler.....	42
5.3	Şekil 5.3'deki adsorpsiyon izotermine ait veriler.....	48
5.4	Şekil 5.4'deki adsorpsiyon izotermine ait veriler.....	54
6.1	Kabuk yüzdesi karşılaştırılması.....	57
6.2	Kabuk özkütlelerinin karşılaştırılması.....	57
6.3	Toplam yüzey alanlarının karşılaştırılması (piknometre yöntemiyle).....	58
6.4	Toplam gözenek sayılarının karşılaştırılması.....	58
6.5	Özgül yüzey alanlarının karşılaştırılması (Adsorpsiyon izotermelerinden bulunarak).....	59
6.6	Ortalama gözenek çaplarının karşılaştırılması.....	59
6.7	Zarla ilgili karşılaştırma.....	60

1. ADSORPSİYON VE İYON DEĞİŞİMİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

1.1 Adsorpsiyon Hakkında Genel Bilgiler

Bir gaz veya buhar sabit basınç altında aktiflenmiş katı ile temasa getirildiğinde gazın hacminin küçüldüğü, aynı işlem sabit hacimde yapılırsa bu kez gazın basıncında düştüğü gözlenir. Bu gözlemler sonucunda görülmektedir ki gaz veya buharın bir kısmı katı tarafından tutulmaktadır. Bu olay iki şekilde gerçekleşebilir; gaz veya buhar molekülleri katının iç tarafına girebilirler veya katının yüzeyinde tutunurlar. Birinci olay absorpsiyon, ikinci olay ise adsorpsiyon olarak adlandırılır. Her iki olay birlikte oluşuyorsa bu kez sorpsiyon olayından söz edilir. Adsorpsiyon olayı ilk olarak 1773 yılında Scheele ile 1777 yılında A.Fontana tarafından keşfedilmiştir. Adsorpsiyon üzerine ilk sistematik araştırmayı ise 1814 Yılında Saussure yapmış, adsorpsiyon terimi ise 1881 yılında Kayser tarafından ileri sürülmüştür (Ruthven 1984).

Gaz veya buharın tutulduğu katıya adsorplayıcı (veya adsorbent), katının yüzeyine tutunan gaz veya buharda adsorplanan olarak adlandırılır. Bazı katılar gözenekli yapıya sahip olduklarından iç yüzey alanları, dış yüzey alanlarından daha büyüktür. Katının iç yüzeylerindeki adsorpsiyon dış yüzeylerindeki gibi kolay gerçekleşmez. Çünkü gaz molekülleri içeri girerken, katının atom ve molekül veya iyonları ile etkileşir. Bu durumda kapiler kondenzasyon adı verilen iç boşluklarda yoğunlaşma olayı gerçekleşir.

Katının yüzeyine gaz veya buhar bağlı olursa adsorplayıcı ile adsorplanan arasında yoğunlaşmaya benzer zayıf bir etkileşme veya kimyasal tepkimeye benzer kuvvetli bir etkileşme meydana gelebilir. Birinci olaya fiziksel adsorpsiyon (veya van der Waals adsorpsiyonu), ikincisine ise kimyasal adsorpsiyon (veya kemisorpsiyon) adı verilir. Kimyasal adsorpsiyon, bir aktiflenme enerjisinin eşliğinde meydana geldiği için aktiflenmiş adsorpsiyon adını da alır. Fiziksel adsorpsiyon genel olarak düşük sıcaklıklarda, adsorpsiyon ise yüksek sıcaklıklarda oluşur. Sıcaklık arttıkça fiziksel adsorpsiyonun azalması nedeniyle adsorpsiyon önce azalır ve daha sonra kimyasal adsorpsiyonun meydana gelmesinden dolayı sıcaklıkla birlikte artar.

Fiziksel ve kimyasal adsorpsiyonun karşılaştırılması şu şekilde yapılabilir.

1-Adsorplayıcı ile adsorplanan arasındaki kuvvet fiziksel adsorpsiyonda yoğunlaşma olayındaki, kimyasal adsorpsiyonda ise kimyasal tepkimelerde etkin olan kuvvetlere benzer. Bu nedenle fiziksel adsorpsiyon yüzey yoğunlaşması, kimyasal adsorpsiyon ise yüzey tepkimesi olarak da adlandırılmaktadır.

2-Adsorpsiyon ısısı fiziksel adsorpsiyonda gazların yoğunlaşma ısıları, kimyasal adsorpsiyonda ise tepkime ısıları ile aynı büyüklük mertebesindedir.

3-Yeteri derecede düşük sıcaklıklarda fiziksel adsorpsiyon herhangi bir adsorplayıcı-adsorplanan ikilisi arasında meydana gelebilir. Bu olay ikilinin türüne bağlı değildir. Kimyasal adsorpsiyon ise ikili sistemin türüne bağlıdır ve ikili arasında özel bir kimyasal ilgiyi gerektirir.

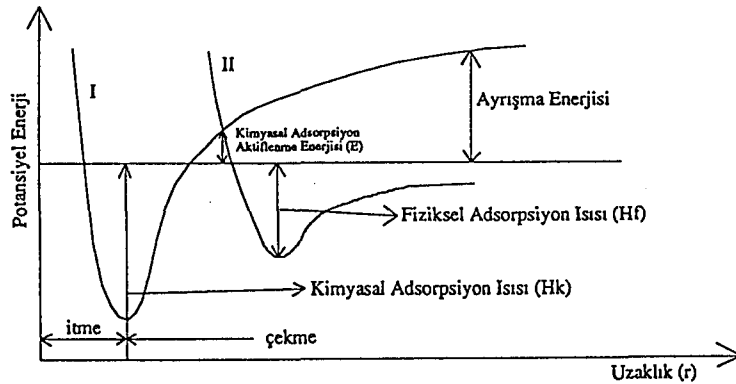
4-Fiziksel adsorpsiyon oldukça hızlıdır. Kimyasal adsorpsiyonun hızını ise aktiflenme enerjisi belirler.

5-Sıcaklık arttıkça fiziksel adsorpsiyon azaldığı halde kimyasal adsorpsiyon artar.

6-Kimyasal adsorpsiyon en fazla tek moleküllü biçimde olabilir. Fiziksel adsorpsiyon ise tek moleküllü veya çok moleküllü tabaka biçiminde gerçekleşebilir.

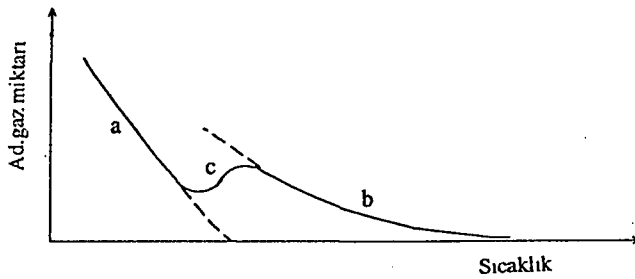
7-Fiziksel adsorpsiyon dengesi tersinirdir ve adsorplanmış faz sıcaklığının yükseltilip basıncın düşürülmesiyle kolayca desorplanabilir. Oysa kemisorplanmış bir gazın desorpsiyonu çok zordur ve desorpsiyon ürünleri, adsorplayıcı ile adsorplanan arasındaki bir kimyasal tepkime ürünü olabilir (Adamson 1975).

Aralarındaki fark aşağıdaki potansiyel enerji eğrisiyle gösterilebilir. Bu amaçla diatomik bir gazın metal üzerinde fiziksel ve kimyasal adsorplanması olayını inceleyelim:



Şekil 1.1 Fiziksel ve kimyasal adsorpsiyonun potansiyel enerji eğrileri

Şekil 1.1'de adsorplayıcı yüzey ile adsorplanan molekül arasındaki uzaklık gösterilmektedir. Bu eğrilerden I-eğrisi kimyasal adsorpsiyon, II-eğrisi ise fiziksel adsorpsiyon eğrisini göstermektedir. I ve II-eğrilerinin kesim noktası kimyasal adsorpsiyon için aktiflenme enerjisini belirler. Bu noktada molekül bir tür adsorpsiyondan, diğerine, enerjide bir değişme olmaksızın geçebilir. Kimyasal adsorpsiyonda diatomik gazı ayırır. Bu nedenle uzak mesafelerde, pozitif değerlikle ve aktiflenme enerjisi üzerinde etkin ayrışma enerjisiyle karşılaşılır. Eğer fiziksel adsorpsiyon meydana gelmiyorsa, kimyasal adsorpsiyona ilişkin adsorpsiyon enerjisi adsorplanan gaz moleküllerinin ayrışma enerjisine karşı gelir. Her iki adsorpsiyon olayı söz konusu ise önce fiziksel adsorpsiyon olayı gerçekleşir. Kimyasal adsorpsiyona ait aktiflenme enerjisi büyükse düşük sıcaklıklarda kimyasal adsorpsiyon oldukça az gerçekleşir ve bu durumda yalnızca fiziksel adsorpsiyon gözlenir. Gaz belki de önce fiziksel olarak adsorplanmakta ve sonra da katı ile kimyasal bağ etkileşmesine girerek kimyasal olarak adsorplanmaktadır. Katı yüzeyinde belirli basınçta gaz adsorpsiyonu ile sıcaklık arasındaki ilişki Şekil 1.2'de gösterilmiştir. Şekilde a eğrisi fiziksel adsorpsiyonu, b eğrisi ise kimyasal adsorpsiyonu göstermektedir. Kimyasal adsorpsiyon hızının düşük olduğu durumlarda dengeye ulaşılmayan bölge c eğrisiyle gösterilmiştir (Cebe 1987).



Şekil 1.2 Fiziksel kimyasal adsorpsiyon arasındaki dönüşümü gösteren eşbasınç adsorpsiyon eğrisi

Her iki tür olayda da ilk tabakadaki adsorpsiyon iki faktöre bağlıdır. Bu faktörler; yüzey alanı ve katı ile gaz arasındaki etkileşme enerjisidir. Bir gaz ile farklı adsorplayıcılar arasındaki etkileşme enerjileri fiziksel adsorpsiyonda çok farklı olmadığından yüzey büyüklüğü enerji faktöründen daha önemli hale gelmektedir (Yörükogulları 1997).

1.2 İyon Değişimi Hakkında Genel Bilgi

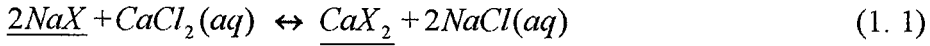
1. 2.1 Giriş

Toprak, kum ve kayalar gibi cansız varlıklarda ve canlı organizmalardaki yaşamsal fonksiyonlarda iyon değişimi meydana gelir. Bu kadar önemli bir konuda, 19. yüzyılın ikinci yarısına kadar, araştırmaya rastlanmamıştır. Thompson ve Way, işlenmiş toprakta amonyum gibi çeşitli iyonların, kalsiyum veya magnezyum iyonlarıyla yerdeğiştirebildikleri şeklindeki gözlemlerini yayınladılar (Thomson 1850, Way 1850). Thompson'un çalışmasından yararlanarak Spence, bir cam kolonda, amonyumsülfatla işleme tabi tutulmuş kumlu kil yatak hazırladı ve yataktan suyu geçirdi. Yatakta amonyumsülfat yerine alçı bulunduğunu gördü. Laboratuvarda gerçekleşen bu ilk iyon değişimini Henneberg ve Stahmann kimyasal süreç olarak yorumladılar ve bu süreçlerin tersinir olduğunu buldular (Henneberg and Stahmann 1858). Bu olayların killer ve zeolitlerde de meydana geldiğini önce Lenberg, daha sonra Wiegner gösterdiler(Lenberg 1870, Wienger 1912). Bu keşifler, suyun sertliğinin giderilmesi ve diğer amaçlara hizmet edebilen malzemelerin kullanımı ve bu özellikleri gösteren ürünlerin sentezlenmesi çabalarına ışık tutmuştur. İlk sentetik iyon değiştiriciler. Harm ve Rümpler ile Gans tarafından hazırlanmıştır(Harm and Rümpler 1903, Gans 1905). Böylece örneğin deniz suyundan altının tutulması gibi uygulamalar gerçekleştirilecekti.

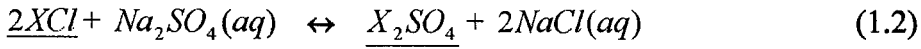
Adams ve Holmes'un iyon değişimi özelliklerine sahip sentetik reçineleri keşfetmesi en önemli olaylardan biridir(Adams and Holmes 1935). Bu keşfin patenti IG Farbenindustrie şirketi tarafından 1936 da alınarak istenen özellikte iyon değiştirici reçinelerin sistematik üretimine başlanmıştır. Polycondensation yöntemiyle elde edilen ilk iyon değiştiricilerin yerini, d'Alelio'nun sulfonik asit gruplarının çapraz bağlanmış polistren reçineye girdirilmesinde izlediği yöntem kullanılarak elde edilen polimerizasyon ürünleri almıştır(d'Alelio 1945). 1945'lerden günümüze değin iyon değiştiricilerle ilgili araştırmalar, çevresel sorunların önem kazanmasıyla, giderek artan ilgiyle sürmektedir.

1. 2. 2 İlkeler

Değişebilir katyon ve anyonlar taşıyan, çözünür olmayan katı maddelere iyon değiştiriciler denir. İyon değiştirici, bir elektrolit çözelti ile temasta iken, bu iyonlar, aynı işaretli diğer iyonların stokiometrik olarak eşdeğer miktarıyla yerdeğiştirebilir. Değişebilir katyonların taşıyıcıları **katyon değiştiriciler**, değişebilir anyonların taşıyıcıları **anyon değiştiriciler** adını alır. Bazı maddeler de hem anyon, hem de katyon değişimi yeteneğine sahip olup **amfoterik iyon değiştiriciler** adını alır. Tipik bir katyon değişimi :



olup, tipik bir anyon değişimi ise



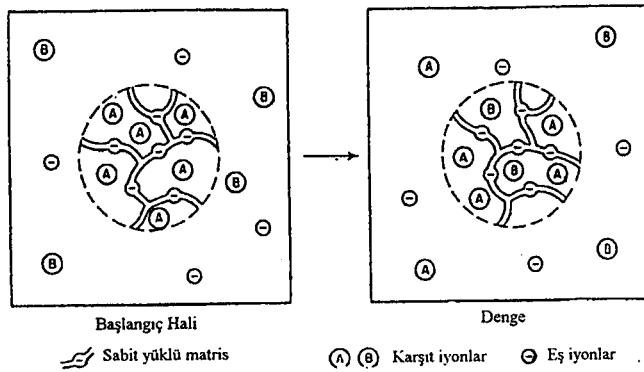
şeklinde dir. Burada X iyon değiştiricinin yapısal birimini temsil etmektedir. Katı fazlar altı çizilerek belirtilmiştir. (aq) ise elektrolitin sulu çözeltide olduğunu gösteriyor.

Eşitlik (1.1)'de iyon değişimiyle suyun sertliğinin giderilmesi işlemi ifade etmektedir. $CaCl_2$ çözeltisi (sert su) değişebilir Na^+ iyonlarının içeren NaX katı iyon değiştiriciyle işleme tabi tutuluyor. İyon değiştirici, çözeltiden Ca^{2+} iyonlarını uzaklaştırır ve Na^+ iyonlarıyla Ca^{2+} iyonlarının yer değiştirmesini sağlar. Değişebilir Na^+ iyonları içeren iyon değiştiricinin Na^+ formunda olduğu söylenir Eş. (1. 1)'deki işlemde başlangıçta Na^+ formundaki katyon değiştirici Ca^{2+} formuna dönüşmektedir. Ca^{2+} formuna tam dönüşüm, kalsiyum tuzu çözeltisinin yeterli miktarıyla iyon değiştiricinin işleme girmesiyle gerçekleştirilebilir.

Birkaç istisnai durum dışında iyon değişimi tersinir bir işlemdir. Suyun sertliğinin giderilmesinde, örneğin, bütün Na^+ iyonlarını kaybetmiş bir katyon değiştirici $NaCl$ gibi bir sodyum tuzu çözeltisiyle rejenere edilebilir. Rejenerasyonda Eş. (1. 1)'deki işlem tersine çalışır ve iyon değiştirici Na^+ formuna yeniden dönüşür.

Her iki durumda da çözünen iyonlar katı tarafından tutulduğundan iyon değişimi, sorpsiyonu kapsar İyon değişimi ve sorpsiyon arasındaki karakteristik fark şudur: Sorpsiyonun tersine, iyon değişimi stokiyometrik işlemdir. Çözeltiden uzaklaşan her iyon, aynı işaretli diğer iyonik türlerin eşdeğer miktarıyla yerdeğiştirir. Sorpsiyonda ise, elektrolit veya elektrolit olmayan çözünen, diğer iyon türleriyle yerdeğiştirmeksizin tutulur. Bu fark oldukça açık olmasına karşın, pratikte bunu uygulamak bazen oldukça zordur. Çünkü hemen hemen her iyon değişim işlemine, elektrolit sorpsiyon veya desorpsiyonu eşlik eder. Bundan dolayı aktif karbon gibi sorplayıcılar iyon değiştirici olarak davranabilirler.

İyon değişimi, sorpsiyonu kapsar. Her iki durumda da çözünen iyonlar katı tarafından tutulurlar. İyon değişimi ve sorpsiyon arasındaki karakteristik fark şudur: Sorpsiyonun tersine, iyon değişimi stokiyometrik işlemdir. Çözeltiden uzaklaşan her iyon, aynı işaretli diğer iyonik türlerin eşdeğer miktarı ile yer değiştirir. Sorpsiyonda ise, elektrolit veya elektrolit olmayan çözünen, diğer iyon türleriyle yer değiştirmeksizin tutulur. Bu fark oldukça açık olmasına karşın, pratikte bunu uygulamak bazen oldukça zordur. Çünkü hemen hemen her iyon değişim işlemine, elektrolit sorpsiyonu veya desorpsiyonu eşlik eder. Bundan dolayı aktif karbon gibi sorplayıcılar iyon değiştirici olarak davranabilirler.



Şekil 1.3 Çözeltiyle iyon değişimi. A karşıt iyonlarını içeren katyon değiştirici, B karşıt iyonlarını içeren çözeltiye yerleştiriliyor (solda). Denge gerçekleşinceye kadar, difüzyon yoluyla karşıt iyonlar yeni dağılımlar sergilerler (sağda).

İyon değiştiricilerin yapısı, kimyasal bağlarla veya örgü enerjisiyle bir araya getirilmiş yapıdır. Bu çatı, karşıt iyon adı verilen zıt işaretli iyonlarla dengelenen pozitif

veya negatif elektriksel yük fazlalığını taşır. **Karşit iyonlar** çatı da serbestçe hareket ederler ve aynı işaretli diğer iyonlarla yer değiştirebilirler. Katyon değiştiricinin çatısına, makromoleküler kristal yapılı **polianyon** olarak bakılabilir. Bir anyon değiştirici çatısı ise **polikasyon** şeklindedir.

İyon değiştirici, gözeneklerinde karşit iyonların yüzdüğü bir sünger görüntüsü sergiler. Sünger bir çözeltiliye batırıldığında, karşit iyonlar gözenekleri terk edebilirler. Bu işlemde elektriksel nötrlüğün korunması gerekir. Süngerin elektriksel yük fazlalığı, her an, gözeneklerdeki karşit iyonların stokiyometrik olarak eşdeğer sayısı ile dengelenmelidir. Böylece, anlık olarak, diğer bir karşit iyon girdiğinde ve çatıdaki yükün dengelenmesi koşuluyla, karşit iyon süngeri terk edebilir. Bu modele göre, iyon değişim kapasitesi adı verilen bir iyon değiştiricinin karşit iyon içeriği, çatı yükünün büyüklüğüyle verilen ve karşit iyonun doğasına bağlı olmayan bir sabittir.

A bir karşit iyon olmak üzere, A formundaki bir iyon değiştirici, BY elektrolitinin çözeltilisine temas ettirilirse A karşit iyonları değiştiriciden çözeltiliye, B karşit iyonları ise çözeltiliden değiştiriciye göç ederler. Yani, karşit iyon değişimi meydana gelir. Belli bir süre sonra, iyon değişim dengesi kurulur. Artık hem iyon değiştirici hem çözeltili, hem A hem de B karşit iyon türlerini içerirler. Fakat, iki karşit iyonun konsantrasyonunun, her iki fazda da aynı olması gerekmez.

İyon değiştirici çözeltiliyle temasta olduğunda, gözenekler yalnızca karşit iyonlar tarafından değil, çözücü ve çözünen tarafından da işgal edilir. Giren çözücünün artışı iyon değiştiricinin girmesine yol açar. Giren çözünenin artışı sorpsiyon adı verilen bir olguya neden olur. Yani gözenek sıvısı ve değiştiricinin dışındaki çözeltili şeklindeki iki sıvı faz arasında çözünenin dağılımı değişir.

Elektrolitin sorpsiyonu, iyon değiştiricinin karşit iyon içeriğini artırır. Çatıdaki yükü dengeleyen yüklere ilaveten sorplanan karşit iyonlar, eş-iyonların eşdeğer miktarı ile birarada bulunurlar. **Eş-iyon** terimi, değiştirici çatısıyla aynı yük işaretli bütün hareketli iyonik türler anlamına gelmektedir. Bu nedenle, bir iyon değiştiricinin karşit iyon içeriği yalnızca, çatıdaki yükün büyüklüğüne değil, eş-iyon içeriğine de bağlıdır. İyon değişiminin neden stokiyometrik bir işlem olduğunu ve kapasitesinin neden karşit iyonun doğasına bağlı olmadığını ele alalım. Her iki sorunun fiziksel nedeni elektriksel nötrlük koşuludur. Yukarıda tanımlanan iyon değişim modeli, iyon değişiminin aslında

gözenek sıvısı ve dışarıdaki çözelti arasındaki karşıt iyonların istatistiksel yeniden dağılımı olduğunu göstermektedir. Yani ne çatı ne de eş-iyonların yer almadığı bir işlem olarak iyon değişimini tanımlayabiliriz. Böylece, Eş. (1. 1) ve (1. 2) yeniden şöyle yazılabilir:



Üstü çizili nicelikler iyon değiştirici içindekilerdir.

İyon değişimi aynı zamanda bir difüzyon işlemidir. İyon hızı, karşıt iyonların mobilitesine bağlıdır. Elektriksel kuvvetler, iyonların akışını etkiler ve akışta sapmalara neden olur.

İyon değişim dengesinde, iyon değiştirici ve çözeltideki karşıt iyon türlerinin konsantrasyon oranları aynı değildir. Kural olarak, iyon değiştirici bir türü diğerine tercih eder. Karşıt iyonların yeniden dağılımının tamamen istatistiksel olmayışı bundan kaynaklanır. Bir iyon türünün tercih edilmesinin çeşitli nedenleri olabilir:

1. Yüklü çatı ve karşıt iyonlar arasındaki elektrostatik etkileşimler, karşıt iyonun boyutuna ve özellikle değerlerine bağlıdır.

2. Elektrostatik kuvvetlere ilaveten iyonlar ve çevresi arasındaki diğer etkileşimler de etkilidir.

3. Büyük karşıt iyonlar, iyon değiştiricinin dar gözeneklerine giremezler.

1.2.3 İyon Değişimi İşlemleri

İyon değişimi uygulamalarında yararlanılan başlıca (1) Batch (2) Kolon işlemi şeklindedir.

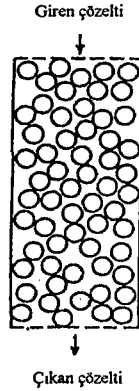
1.2.3.1 Batch İşlemi



C_1 karşıt iyonlu formdan, C_2 , karşıt iyonlu forma bir iyon değişiminde, iyon değiştiricinin karşıt iyonları ve elektrolitin eşit yüklü iyonları arasındaki değişim dengesi kuruluncaya kadar, iyon değiştirici, istenen türde bir kapta, elektrolit çözeltisiyle temas ettirilir. Denge kurulduktan sonra iyon değiştirici filtre edilir. Değiştirici tarafından elektrolit çözeltisinden normalden çok sayıda iyon değiştirilirse, taze iyon değiştirici ilavesi yapılmalı ve denge oluşumunu izleyen filtrasyon işlemi gerçekleştirilmelidir.

1.2.3.2 Kolon İşlemi

Kolon işlemi, sık kullanılan bir laboratuvar tekniğidir iyon değiştirici bir cam kolona paketlenir ve bütün işlemler bu yatakta meydana gelir.



Şekil 1.4 Paketlenmiş iyon değişim kolonu

BY elektrolitinden B iyonunun iyon değiştiricideki A iyonuyla yer değiştirdiğini kabul edelim. İlke olarak B ile A'nın yer değişimi, A formundaki iyon değiştiriciyle çözeltinin birbiriyle temas ettiği Batch işleminde de uygulanabilir. Bununla beraber B, çözeltiden tamamen uzaklaştırılmadan önce, iyon değişim dengesine ulaşılır. B'nin tamamen uzaklaştırılması ya oldukça uzun bir iyon değiştirici kolonu bulunması ya da

çözeltinin kolondan tekrar tekrar geçirilerek, değiştiricinin tamamen A formundaki parçacıklarından oluşan katmanlarıyla temas etmesi halinde mümkündür. (Şekil1.4) Kolonda çözeltinin bir seri Batch dengelerinden geçtiği söylenebilir. Böylece B iyonlarının hepsi, çözelti kolonu terk etmeden önce yer değiştirir.

Kolona ilk kez gönderilen çözelti de, yatağın tepesindeki dar bir bölgede B iyonlarının tümü A'larla yer değiştirecektir. Şimdi AY elektrolitini içeren çözelti, kolonun alt kısmından değişim yapmaksızın geçecektir. Kolondan çözelti geçişi sürerken, yatağın üst tabakaları, yeni BY çözeltisiyle karşılaşacak, belki de tamamen B formuna dönüşecek ve böylece B iyonu içermeyen çözelti dışarı atılacaktır. İyon değişiminin meydana geldiği bölge, böylece aşağı doğru genişleyecektir. Sonunda bu bölge kolonun tabanına ulaşacaktır. Bu ise B'nin kolondaki değiştiriciden sızıp geçmesi (breakthrough) demektir. Bunu izleyen durumda, kolondan çıkan çözeltide, B iyonları görülmeye başlayacaktır.

2. ZEOLİTLER

2.1.1 Zeolitlerin Tarihçesi

Zeolitler ilk kez 1756 yılında İsveç'li mineralog Baron Cronstedt tarafından bulunmuştur. Bu kristaller, ısıtıldıklarında yapılarında bulunan suyun köpürmesinden dolayı Yunanca "Kaynayan Taş" anlamına gelen zeolit adını almıştır.

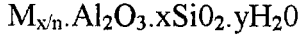
İki yüzyıl boyunca zeolitlere yalnız volkanik kayaların kovuklarında yer alan aksesuar mineral olarak bakılmış ve kristal analizi yapılmamıştır. Kristal yapıları X-ışınları kırınımı, IR absorpsiyonu, NMR, ESR gibi analiz yöntemlerinin gelişmesi sonucu yapılmıştır.

Yapılan ilk deneysel çalışmalar, A.Domour tarafından 1857 yılında yapılan zeolitlerin su atma tersinirliği ile 1858' de E.Erichorn'un gerçekleştirdiği iyon değiştirme özelliklerinin incelenmesidir. G.Friedel, 1896 yılında susuzlaştırılmış zeolitler üzerinde gazların, alkolün ve bazı maddelerin adsorplandığını göstermiştir. 1940-1945 yıllarında şabazit ve mordenit üzerinde yapılan çalışmalarla zeolitlerin seçimli adsorpsiyonu ve gaz ayrımları için olağanüstü potansiyelleri ile endüstriyel kullanım alanları belirlenmiştir. Endüstriyel kullanımı geniş olan bu mineralin sentezi 1948 yılında Union Carbide Cooperation tarafından başlatılmış aynı anda doğada da doğal zeolit aramalarını hızlandırmıştır. Union Carbide Cooperation jeologları tarafından 1958 yılında ticari olarak kullanılacak tortul kayaçlar içinde ilk doğal zeolit bulunmuştur(İleri 1978).

1932 yılında McBain tarafından molekülleri büyüklüklerine göre ayırma özelliklerinden ötürü "Molekül Elek" olarak adlandırılmıştır.

2.1.2 Zeolitlerin Kimyasal Bileşimi ve Yapısı

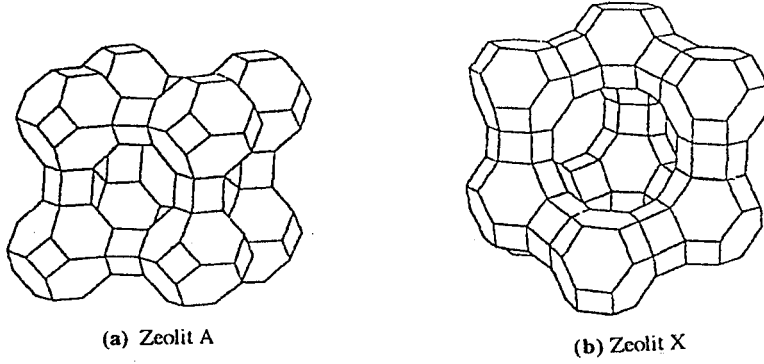
Zeolitler, alkali ve toprak alkali elementlerinin kristal yapıya sahip sulu alümino silikatları olarak tanımlanır. Adsorpsiyon özellikleri ilginç olan bu kristallerin genel yapısal formülleri:



şeklindedir. Burada M, n değerlikli bir kation (Na^+ , K^+ , Ca^{++} vb.) dur. Mol sayılarını gösteren x ve y ise zeolit türüne göre değişir.

Bir zeolit kristalinin en küçük yapı birimi, SiO_4 ya da AlO_4 dörtyüzlüsüdür. Bu dörtyüzlünün merkezinde, oksijenden çok daha küçük olan silisyum ya da alüminyum iyonu ve dört köşesinde de oksijen iyonları bulunur. Silisyum iyonu +4; alüminyum iyonu +3 ve oksijen iyonu -2 değerlikli olduğundan, bir silisyum iyonu kendini çevreleyen dört oksijen iyonunun ancak -4 değerliliğini karşılar. Böylece her oksijen iyonunun -1 değerliliği kalır ve başka bir silisyum iyonu (ya da alüminyum iyonu) ile birleşebilir. Bu şekilde dörtyüzlülerin uzayda zincirleme birleşmelerinden, zeolitlerin bir bal peteğine benzer gözenek ve kanallar içeren kristal yapısı oluşur.

Silisyum iyonunun yerine alüminyum iyonunun alması sonucu dörtyüzlülerin elektrik yükünün dengelenmesi için ek bir artı yüke ihtiyaç duyulur. Bu ek artı yük, değişebilir kasyonlarca (Na^+ , K^+ , Ca^{++}) sağlanır.



Şekil 2.1 (a) Zeolit A ve (b) Zeolit X'in kristal yapıları çok yüzlülerin köşelerinde Si ve Al atomları ve kenarların orta noktalarına yakın yerlerde oksijen atomları bulunmaktadır.

Zeolitlerin bazıları yapılan dörtyüzlülerin oluşturduğu çok yüzlüler tarafından daha iyi tanımlanabilir. Bu çok yüzlülerin en önemlilerinden olan kesik sekizyüzlülerden oluşan A ve X zeolitlerinin kristal yapıları şekil 2.1.'de gösterilmiştir.

Zeolitlerin gözenek boyutları kristal yapılarına ve bir dereceye kadar da içerdikleri kasyonlara bağlıdır. Çoğu zeolitte kristal yapı Si-O-Al atomlarının meydana getirdiği halkalarla bağlanmış gözeneklerden oluşur. Bu halkaların oluşturduğu geçit

pencere olarak adlandırılır ve pencere boyutu halkalardaki atom sayısı ile orantılıdır. Pencere 4 ile 12 arasında oksijen iyonu (ve eşit sayıda alüminyum ya da silisyum iyonu) içerir.

Endüstriyel önemi olan zeolitlerde pencereler 8, 10 ya da 12 elemanlı halkalardan meydana gelir. Bu pencerelerin boyutları sırasıyla 5, 6, 7 Å dolayındadır. Dört ya da altı halkalı pencerelerden oluşan yapılar adsorplama bakımından pek önem taşımazlar, çünkü altı elemanlı bir pencerenin boyutu yaklaşık 2,5 Å kadardır ve ancak bu gibi çok küçük moleküller bu pencereden geçebilir.

Bazı zeolitlerin kovuk sistemleri, pencerelerle birbirine bağlanmış gözenekler yerine bir kanallar sistemi ile daha iyi tanımlanabilir. Bu durumda kanalların pencere boyutları yine pencereleri oluşturan halkaların eleman sayısına bağlıdır. Zeolitlerin boşluk sistemleri bir, iki, ya da üç boyutta olabilir (İleri 1978).

Zeolitlerde $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ oranı (y/x) zeolit tipine bağlı olarak 1 ile 5 arasında değişir. Zeolitlerin benzer yapıdaki diğer mineral gruplarından ayıran en önemli özelliklerden birisi de yapı içindeki kanallarda su moleküllerinin bulunmasıdır.

Yapıda bu su moleküllerinin yer alabileceği bir kaç boşluk vardır. Bu boşluklarda Na^+ , K^+ ve Ca^{++} su molekülleri ile çevrilir ve su molekülleri zayıf bağlarla hem artı yüklü katyonlara hem de silikat yapıya bağlıdır. Genellikle kalsiyumlu zeolitler diğerlerinden daha fazla su içerirler. Şabazit, höylandit ve stilbit yapısı içindeki su molekülleri potasyumdan daha çok kalsiyum katyonu ile bağlantılıdır (İleri 1978, Yücel 1984).

Zeolitler ısıtıldıklarında, su moleküllerinin yapıdan değişiklik yapmadan, bir çok mineralde görülen aksine, belirli sıcaklıklarda, kesikli olarak değil de, sürekli şekilde yapıdan ayrılır. Suyun yapıdan uzaklaşması sırasında, katyonlardan bazıları da dışarı atılırlar. Yapıda elektrik dengesini korumak için bazı katyonlar kanalların çeperlerinde veya kanal yapılarındaki boşluklar içinde yer alırlar ve diğer katyonlarla her zaman yer değiştirebilirler. Su moleküllerinin ve katyonlardan bazılarının atılması kanallardaki tıkanıkların giderilmesini sağlar. Ancak tutulan katyonların özellikleri kanal açıklığını büyük ölçüde etkiler. Örneğin, elektrik yükünün dengelenmesi için bir Ca^{++} katyonu iki Na^+ katyonunun yerini alabilir. Böylece kanal genişliği artar, Na^+ katyonunun yerini

daha büyük yarıçaplı K^+ kasyonu alırsa kanal genişliği azalır. Yapıda kasyonlar ne kadar az bulunurlarsa o kadar dolaşma yeteneğine sahip olurlar. Ayrıca tek yüklü kasyonlar (K^+ , Na^+) daha zayıf elektrik kuvvetleriyle bağlı olduklarından, çift yüklü kasyonlardan (Ca^{++}) daha hareketlidirler.

Zeolitlerin pencere çapları bir çok sıvı gaz ve moleküllerin büyüklükleri ile aynı düzeydedir. Zeolitler kristal yapının belirlediği homojen bir pencereye sahip olduklarından, bir karışım içinde sadece bu pencereden geçebilecek büyüklükteki moleküller adsorplanır, daha büyük boyutlu moleküllü zeolit dışında kalırlar Son otuzbeş yıl içinde 150' nin üstünde zeolit, laboratuvarlarda sentezlenmiş ve 7 tür zeolit mineralin doğada bol miktarda ve oldukça saf olarak bulunduğu anlaşılmıştır. Bu zeolit türlerinden şimdilik 12- 14 tanesinin endüstriyel önemi vardır. Bu zeolit türleri ve bazı özellikleri Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Endüstriyel kullanımı olan zeolit türleri ve özellikleri(Yücel 1984).

Zeolit Türleri	Gözenek Boyutu (Å)	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ Mol Oranı
Doğal Zeolitler		
Mordenit	(6,7x7,0)	8,2-10
Şabazit	(3,6x3,7)	3,2-6,0
Eriyonit	(3,6x5,2)	5,8-7,4
Klinoptilolit	(4,4x7,2)(4,1x4,7)	8,5-10,5
Yapay Zeolitler		
KA	3	2.0
NaA (Kristal yapıları aynıdır)	4	2.0
CaA	5	2.0
X (Kristal yapıları aynıdır)	7,4
Y	7,4
Mordenit (Zeolan)	(6,7x7,0)	10
ZSM	(5,4x5,6)	30
Omega	?	6,8

2.1.3 Türkiye'deki Doğal Zeolitler

Yurdumuzda ilk doğal zeolit oluşumları 1971 yılında Gölpaazarı-Göynük civarındaki analsim oluşumlarında bulunmuştur. Bunu Ankara'nın batısında bulunan

analsim ve klinoptilolit yatakları izlemiştir. Ülkemizde genel olarak gözlenen zeolit türü daha çok klinoptilolit ve analsim olup, diğer doğal zeolit türlerine çok az rastlanmıştır(VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı 1996).

2.1.3.1 Türkiye Doğal Zeolit Rezervi

Türkiye' de detaylı etüdü yapılan tek zeolit rezervi Manisa-Gördes sahasıdır. Bu sahada 18 milyon ton görünür ve 20 milyon ton zeolitik tüf rezervi tespit edilmiştir. Yine Bigadiç-Balıkesir yöresinde ise Türkiye'nin en önemli zeolit yatakları tespit edilmiş olup kolayca işletilebilecek 500 milyon ton rezerv tahmin edilmektedir. Türkiye genelindeki doğal zeolit rezervinin 50 milyar ton civarında olduğu bildirilmiştir(Büyükakyol 1988).

Türkiye' de tesbit edilmiş, endüstriyel önemi olan zeolit yatakları ve türleri:

Balıkesir-Bigadiç	Klinoptilolit
Emet-Yukarı Yoncağağaç	Klinoptilolit
Kütahya-Şaphane	Klinoptilolit
Gediz-Hisarcık	Klinoptilolit
Manisa-Gördes	Klinoptilolit
İzmir-Urla	Klinoptilolit
Kapadokya Bölgesi (Tuzköy-Kayseri)	Şabazit ve Eriyonit

olarak verilebilir(VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı 1996).

2.2 Zeolitlerde İyon Değişiminin Uygulamaları

2.2.1. Giriş

Zeolitler iyon değişimi, çoğu kez kataliz ve moleküler elemelerde kullanım alanı bulmasına karşın, son yıllarda bunların dışında da uygulamalara rastlanmaktadır.

Zeolitlerin kullanılmasındaki başlıca elverişsizlik, kolon işlemlerine uygun olmayan görünümüdür. Sentetik zeolitler, normal olarak, 0,1 - 10 10^{-6} m aralıktaki parçacık boyutunda kristalleşir. Bu büyüklükteki parçacıklardan oluşan yataktan bir sıvının geçişi oldukça zordur. Sentetik zeolitler, genellikle, bu parçacıkların ya kendi kendine, ya bir jel veya bağlayıcı kil kullanılarak başlanmasıyla oluşan makro-parçacıklar şeklinde pazarlanmalarına karşın, bu büyük parçacıklar, sıvı kolon kullanımında aşınma direnci göstermezler. Buna karşın doğal zeolitlerde böyle bir elverişsizlik yoktur. Bu nedenle, özellikle klinoptilolit, büyük boyutlu kolonlarda giderek artan şekilde kullanılmaktadır. Doğal zeolitlerin bir diğer üstünlüğü, özellikle klinoptilolit yatakları açısından zengin yataklara sahip ülkemiz gibi dünyanın bir çok ülkesinde geniş rezervlere sahip oluşudur.

Zeolitler büyük ölçüde kullanılmasını engelleyen diğer bir neden, düşük pH' da kararlı yapıda olmayışlarıdır. SiO_2 / Al_2O_3 oranları 1-2 aralığındaki zeolitler, kapasite kaybına yol açacak şekilde asitli ortamlarda çatılarında alüminyum kaybederler ve böylece çatıları çöker. Bu zeolitlerdeki asite karşı direnç sınırı pH 3-4 civarındadır. Si/Al oranı arttıkça bu sınır daha da yükselir. Bunların yanında zeolitler, iyi bir ısıl kararlılık ve/veya radyasyon kararlılığı sergilerler. Reçinelere göre zeolitlerin daha ucuz oluşu, zeolitlerin giderek artan uygulama alanları bulmasına yol açmaktadır. Şimdi bu kullanım alanlarının en önemli olan birkaçının üzerinde duralım.

2.2.2 Deterjan Üretiminde Zeolitler

20 yıldan bu yana, deterjanlarda polifosfatların kullanılmasının çevreye verdiği zararın giderek artmasının farkına varılması, deterjan üreticilerini, çevreye daha az zarar veren bir bileşenin kullanılabilirliğini araştırmaya yöneltmiştir. Yüzeye tutunan

moleküllerin çökelmelerini engellemek için yıkama suyundan Ca^{2+} ve Mg^{2+} iyonlarını uzaklaştırarak, deterjanların yıkama verimini arttırmak amacıyla polifosfatlar kullanılmaktaydı. Deterjan üretiminde zeolitlerin kullanımı 1970'lerde gündeme geldi. Kaliteli bir çamaşır yıkama için gereken suyun sertliğini giderme sorunu, zeolitler kullanılarak etkin biçimde çözülebilecekti. Böylece doğal ve sentetik bütün zeolitler önemli bir bileşen olarak gözönüne alınmalıydı. Fakat deterjan endüstrisinde en etkili çözüm olarak zeolit A seçildi. Deterjan endüstrisi için 1989'da Yıllık 500 milyon tonun üzerinde zeolit A üretildiği, yani yüz milyonlarca poundluk bir pazarın oluştuğu istatistiklerden anlaşılmıştır.

2.2.3. Sıvı Nükleer Atıkların Arıtılmasında Zeolitler

Kullanılmış nükleer yakıt elemanları, bir nükleer reaktörden uzaklaştırılınca, havuzlardaki suyun dibinde depolanırlar. Derin su diplerinde depolama, uzun zaman periyodu içinde düşünülürse, Cs^{137} ve Sr^{90} gibi radyoizotoplar şeklinde fisyon ürünlerinin, suyun dibinde oluşmasına yol açacaktır. Bu ürünleri içeren su, orta düzeyde radyoaktif atıkların büyük kaynağıdır ve arıtılması gerekir. Uzun yıllardan beri nükleer endüstrinin bu gibi arıtma problemlerinin çözümünde zeolitler kullanılmaktadır.

Ülkemizde bu konudaki çalışmalara, Bigadiç yöresi klinoptilolitinin radyoaktif atıklardaki izotopların tutulması başlıklı, Yörükoğulları ve Uluöz'ün çalışması örnek olarak verilebilir.

2.2.4. Kentsel ve Tarımsal Atık Su Arıtımında Zeolitler

Akarsular ve durgun su kütlelerine kentsel atıkların(çöpler ve lağım suları) desarj edilmesi sonucu doğal denge bozulduğu için, protein bozunum ürünlerinin sudan uzaklaştırılması gerekir. Klinoptilolit, mordenit, şabazit ve filipsit gibi doğal zeolitlerin, ucuz ve kolayca elde edilebildiği yörelerde, sıvı atıklardan NH_4^+ iyonlarının uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır. Bilhassa klinoptilolit, sıvı atıkların arıtılmasında iyi sonuç verdiği için yaygın şekilde kullanılmaktadır. Zeolit kolonlarından yararlanarak, kentsel atık su işleme tesisi tasarımları yapılarak, realize edilmektedir.

Balık çiftliklerinde, suyun arıtılmasında doğal zeolitlerden yaygın şekilde yararlanılmaktadır. Bunun yanında, doğallara göre daha yüksek NH_4^+ değişim kapasitesi olan F ve W sentetik zeolitleri, rejenere edilebilir kolonlara yerleştirilmektedir.

2.2.5. Baca Gazlarının Arıtılması Zeolitler

Baca gazlarının içindeki SO_x , NO_x ve uçucu küller, önlem alınmazsa doğrudan ve havadaki su buharı ile birleşip asit yağmurlarına yol açarak, çevreye zarar veren unsurlardır. Yapılan ölçümler baca gazı emisyonlarının, ülkemizdeki mevcut termik santrallarda 1000 mg/m^3 sınır değerinin üstünde kirletici içerdiğini göstermiştir. Oysa Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği' ne göre endüstri bölgesinde uzun vadeli sınır değeri, $250 \text{ mikrogram/m}^3 \text{ SO}_2$, $100 \text{ mikrogram/m}^3 \text{ NO}_2$, ve $200 \text{ mikrogram/m}^3$ toz şeklindedir. Bu rakamlardan görüleceği üzere, ülkemizdeki termik santrallerin baca gazı emisyonları hava kalitesi standart değerlerinin yaklaşık 2000 katıdır. Bu nedenle, santrallere desülfirizasyon ünitelerinin monte edilmesi çalışmalarına başlanmıştır. Bu ünitelerde daha çok kireç taşı ve sülfürik asit-kükürt proseslerinin kullanıldığı tespit edilmiştir.

Yurdumuzda büyük rezervi bulunan doğal zeolitlerden termik santrallerin bacalarından yayılan baca gazlarından SO_2 , ve diğer kirleticilerin tutulmasında alternatif bir malzeme olarak yararlanılabilir.

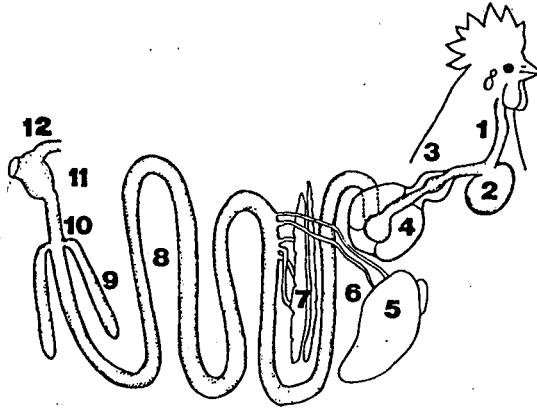
Baca gazlarının arıtılmasında Bigadiç ve Gördes yöresi klinoptilolitinden yararlanılarak, baca filtresi geliştirilmesi konusunda Ö. Orhun ve E. Yörükoğulları tarafından yürütülen araştırma projesi Anadolu Üniversitesi tarafından desteklenmektedir.

3.TAVUĞUN YAPISI

3.1 Sindirim Sistemi

Tavuklarda sindirim sistemi; ağız, yutak (Larenks),yemek borusu (oesophagus), kursak (crop), bezli mide (proventriculus), kashlı mide (Taşlık-gizzard), oniki parmak barsak (duodenum), ince barsak, kör barsaklar, kalın barsak, kloaka gibi bölümlerden oluşur.

Sindirim sistemine yardımcı olan organlar ise; pankreas ise, safra kesesi ve dalaktır (şekil 3.1).



Şekil 3.1Tavuklarda sindirim sistemi.I. Oesophagus (yemek borusu), 2. Crop (kursak), 3. Proventriculus (bezli mide), 4. Gizzard (kashlı mide, taşlık), 5. Karaciğer, 6. Duodenum, 7. Pankreas, 8. İnce barsak, 9. Secum (kör barsak), 10. Kalın barsak,II. Vagina (tavukta), 12. Kloaka.

Tavuklar, yedikleri yemlerdeki besin maddelerini yaşamaları ve verimleri için kullanırlar. Bu amaçla yemler, sindirim kanalı içerisinde fiziksel ve kimyasal parçalanmaya uğrar, suda eriyebilir özelliklerde serbest hale gelirler. Daha sonra sindirim kanalının belirli bölümlerinde emilirler. Sindirim, kısaca yemin yenilmesinden başlayarak emilmesine ve atılışına kadar geçen fiziksel ve kimyasal olaylar zinciridir.

3.1.1 Yemin Sindirim Kanalından Geçişi ve Sindirim

Tavuklarda dudak ve diş bulunmaz. Yemler, gaga ile çabukça kapılır ve yutulur. Ağızda bir miktar salya ile ıslanan yem, yutağa ve yemek borusunu geçerek kursağa gelir. Burada salya ve içilen su ile yem ıslatılır. Salya içinde bulunan amilaz enzimi ile nişastanın sindirimi başlamış olur. Salyanın pH'ı 6.7-6.9 kadardır.

Kursak aynı zamanda yemlerin depo edilme işlemini de yapar. Kursakta toplanan ve ıslanan yem, belirli aralarla ve azar azar bezli mideye geçer. Bezli mide hidroklorik asit ve pepsin salgılar. Burada proteinlerin sindirimi de başlamış olur. Burada ortam pH'ı 2.0-3.6 arasındadır. Buradan yem, kısa sürede kaslı mideye geçer. Kaslı mide, sıkışıp gevşeyerek içinde bulunan taşların da yardımı ile yemleri iyice parçalar ve akıcı bir hamur kıvamına getirir. Taşlık görevini, yemin yapısına bağlı olarak 1-2 saate tamamlar. Taşlığın içeriği duodenum'a geçer ve boşalan taşığa bezli mideden yeni içerik gelir. Duodenum'a pankreas kanalı ve safra kanalı açılır. Bu kanaldan gelen özsularla karışan içeriğin pH'ı artar ve 6-3'e çıkar. Pankreastan gelen alfa amilaz enzimi nişastayı basit şekerlere ve yine pankreastan gelen lipaz enzimi de safranin da yardımı ile yağların gliserol ve yağ asitlerine kadar ayrılmasını sağlar.

Duedenumdan ince barsaklara doğru ilerleyen içerik, orada pankreastan salgılanan tripsin ve kemotripsin enzimleri ile karşılaşır ve sindirilmeye başlayan proteinler bu enzimlerin yardımı ile amino asitlere kadar parçalanırlar. Daha sonra nükleaz enzimleri de nükleoproteinleri nükleik asitlere parçalarlar. Duodenumda maltoz'a kadar parçalanan nişasta ince barsaklarda, maltoz enziminin yardımı ile glikoza kadar ayrışır. Gene ince barsaklarda salgılanan sükröz enzimi de sükröz'ü glikoz ve fruktoz'a ayrıştırır.

Daha sonra içerik, kör barsaklara ya da doğrudan doğruya kalın barsaklara geçer- Kalın barsak ve kör barsaklarda salgılanan enzim yoktur. İçeriğe duodenum ve ince barsakta karışan enzimlerin etkisi kalın barsakta da devam eder. Kalın barsakların kör barsaktan sonraki kısmında, içeriğin suyu vücuda geri emilir, kıvamı katılaşmaya doğru ilerleyen içerik, kloaka denilen çıkıştan dışkı olarak atılır.

Kloaka, sindirim kanalının en sonunda genişlemesi ile meydana gelen kısımdır. Kloaka'ya üriner, sindirim ve üreme sistemleri açılır.

Kalın barsak ve kör barsaklarda bir miktar mikrobiyal fermentasyon vardır. Burada ham selüloz bir miktar sindirilebilir ve bir miktar da B grubu vitaminler ile K vitamini üretilir.

Besin maddelerinin sindirim kanalı içinde emilmesi, duodenumdan başlayarak olur. En fazla emilme, ince barsaklardadır.

3.1.2 Üriner sistem

Tavuklarda bir çift iri böbrek bulunur. Her böbrek üç loptan meydana gelir. Böbreklerden süzülen idrar, üreter denilen iki kanal ile kloaka'ya dökülür. Böbreklerin görevi, su ve artık maddeleri kandan süzmek idrara geçmiş olan glikoz ve elektrolitler gibi bazı besinleri tekrar emerek yeniden kullanımlarını sağlamaktır. Böbrekler, beden sıvılarının ozmatik dengesini kontrol ederler.

3.2 Yumurtanın Yapısı

Yumurta, protein, çeşitli vitaminler, yağ ve karbonhidratların içinde bulunduran önemli bir besin kaynağıdır (Çizelge 3.1). Bir yumurtanın kalitesini ve kuluçka ile ilgili işlemleri iyi olarak anlayabilmek için, öncelikle normal bir yumurtanın yapısını bilmek gerekir.

Toplam yumurta ağırlığının yaklaşık olarak yüzde onbirini yumurta kabuğu ve zarlar, yüzde elli yedisini yumurta akı ve şalaz, %32'sini de yumurta sarısı meydana getirir.

Çizelge 3.1 60 gram kadar ağırlığı olan bir yumurtada su, protein, yağ, karbonhidrat ve kül miktarları (yüzde olarak)

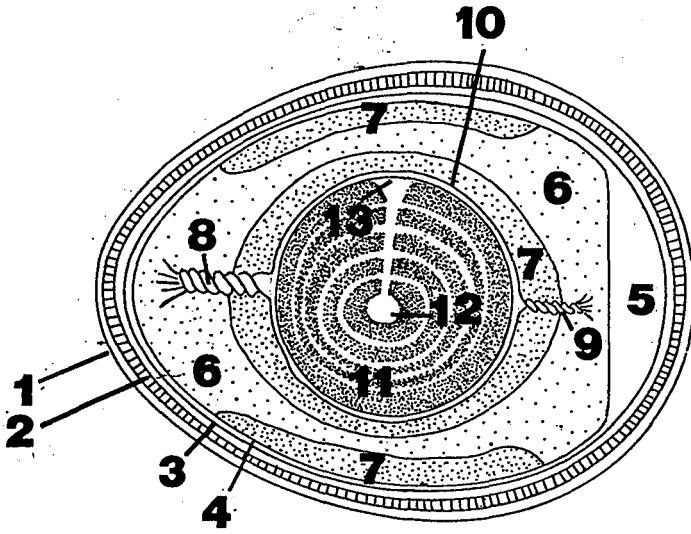
Maddeler	Kabuklu yumurta	Kabuksuz yumurta	Yumurta sarısı	Albumin
Su	65.60	73.6	48.60	87.90
Protein	12.10	12.8	16.60	10.60
Yağ	10.50	11.8	32.60	—
Karbonhidrat	0.9	0.9	1.0	1.05
Kül	10.90	0.8	1.05	0.60
Toplam	100.00	100.00	100.00	100.00

Bir yumurta, yumurta kabuğu, yumurta kabuğu ve zarlar, hava kamerası, yumurta akı, yumurta sarısı gibi kısımlardan meydana gelir (Şekil 3.2), (Şekil 3.3).

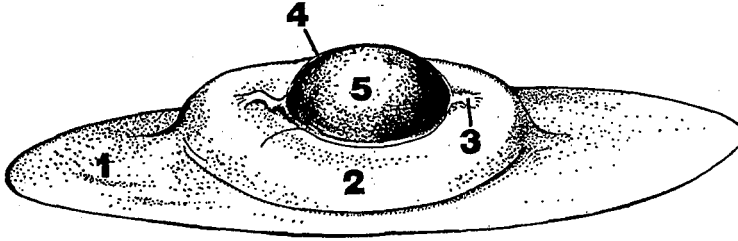
3.2.1 Yumurta Kabuğu

Yumurta kabuğunun büyük bir kısmını kalsiyum karbonat meydana getirir. Kabuğun yapısında ayrıca magnezyum, fosfor ve manganez ile bir miktar bağ doku olarak protein mevcuttur. Yumurta kabuğunun şekillenmesinde vitamin D'nin önemli bir rolü olduğu bilinmektedir.

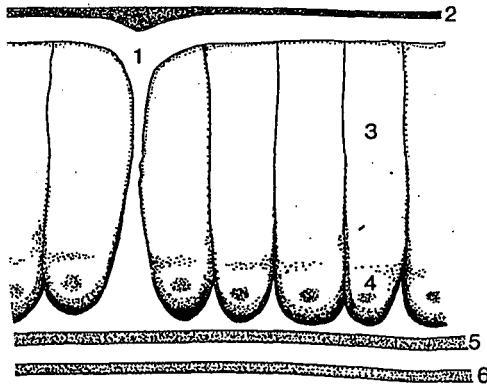
Yumurta kabuğu kalınlığı normal olarak 0.35 mm kadardır. Yumurtanın küçük sivri ucu en kalın, yanları ise en ince bölgeleridir. Yumurta kabuğunun kalınlığı genetik yapı, çevre ve tavuğun yaşı ile ilgili olarak değişkenlik gösterir. Bazı tavukların yumurtaları kalıtsal olarak daha kalın veya ince kabuklu olabilir. Yumurta kabuğunun iyi olarak teşekkül etmesi yem rasyonunun dengeli olması ile de ilişkilidir. Yumurta kabuğunun ince veya kalın olmasına çevre ısısı da etki yapabilir. Tavuğun içinde bulunduğu çevrenin ısısı yükselir ise yumurta kabuğunun kalınlığı azalır.



Şekil 3.2 Yumurtanın yapısı. 1)Kutikula, 2)Yumurta kabuğu, 3)Yumurta kabuğu dış zarı, 4) Yumurta kabuğu iç zarı, 5)Hava kamerası, 6) Yoğun yumurta akı katmanı, 7) Az yoğun yumurta akı katmanı, 8)Kalın şalaz, 9)İnce şalaz, 10)Vitellin membran, 11)Yumurta sarısı katmanı, 12)Beyaz kısım, 13)Blastodisk



Şekil 3.3 Kırılmış, taze bir yumurtanın tabakta görünümü. 1)Az yoğun yumurta akı katmanı, 2)Çok yoğun yumurta akı katmanı, 3)Şalaz, 4)Vitellin membran, 5) Yumurta sarısı



Şekil 3.4 Yumurta kabuğunun büyütülmüş şekli. 1)Pore, 2)Kutikula, 3)Silindirik katman, 4)Konik katman, 5)Yumurta kabuğu dış zarı, 6)Yumurta kabuğu iç zarı

Yumurta kabuğu, gaz ve rutubet geçiren pek çok sayıda deliklere (pore) sahiptir. Bir yumurtanın kabuğunda ortalama olarak 7500 kadar deliklik bulunur. Bu delikçiklerin genişlikleri yumurtanın iki uç kısmında daha fazla fakat yan kısmında daha küçüktür. Yumurta kabuğunun çeşitli bölgeleri arasında bu delikçiklerin sayısı bakımından da farklılıklar vardır. Delikçiklerin pek çoğu yumurtanın kalın ucu tarafında bulunur. İnce uç tarafındaki delikçik sayısı çok daha azdır. Yumurta kabuğunun dış yüzünü kutikula denilen çok ince bir membran kaplar. Kutikuladan gazlar ve rutubet çok kolay geçebilir, fakat bakteriler geçemez. Yapışkan bir sıvının kuruması ile meydana gelen bu kutikula tabakası taze bir yumurtaya parlaklığını verir. Karbondioksit aktivitesi yüzünden kutikula zamanla özelliklerini kaybeder. Mekanik yollarla da kutikulayı tahrip etmek mümkündür. Bu durumlarda bakterilerin yumurtaya girmesini önleyen koruyucu mekanizma bozulmuş olur. (Şekil 3.4).

3.2.2 Yumurta kabuğunun zarları

Her yumurta kabuğunun iki kabuktan mevcuttur. Bu iki zar yan yana bulunurlar. Dıştaki zar yumurta kabuğunun içini kaplar İçteki zar ise albuminin dışını kaplar. Yumurtanın kalın ucunda iki zar birbirinden ayrılırlar ve hava kamerası şekillenmiş olur. Bu zarlardan gazların geçmesi mümkündür, fakat bakterilerin geçmesine karşı belirli bir direnç gösterirler.

3.2.3 Hava Kamerası

Henüz yumurtlanmış olan bir yumurtanın hava kamerası mevcut değildir. yumurtlandığı zaman bir yumurtanın ısısı 41°C kadardır. Yumurtlandıktan sonra çevre ısısının daha düşük olması nedeni ile yumurta soğur. Yumurtanın iç kısmı bu soğuma ile biraz küçülür ve hava kamerası şekillenir. Yumurtanın kalın ucunda birim alana düşen delik sayısının ,diğer bölgelerdekenden çok daha fazla olması, hava kamerasının burada şekillenmesinin en önemli nedenidir. Genellikle hava kamerası yaz aylarında kış aylarındakenden küçüktür. Yumurtalar eskidiği zaman yumurtadaki bir miktar suyun buharlaşarak kaybolması yüzünden hava kamerası genişler.

3.2.4 Yumurta akı

Yumurta akı veya albumin, taze bir yumurtada üç geniş kat şeklinde bulunur. En dışta ve en içte az yoğun yumurta akı katmanları, ikisi arasında yoğun yumurta katmanı bulunur. Yumurta eskidiği zaman yoğun katman da az yoğun şekle dönüşür. Yumurta akı yumurta sarısını çevreler. Yumurta sarısının etrafında vitellin membran vardır. Bu zarın dış kısmı çok ince bir yumurta akı tabakası ile kaplıdır ki buna şalanifer katman denilir. Yumurta akının orta kısmında yoğunlaşmış ve şalaz denilen iki bağ mevcuttur. Bu bağlar yumurtanın iki ucu doğrultusunda ve yumurta sarısının iki tarafında bulunurlar. Şalazlar, yumurta akının yoğun katmanından çıkar ve şalanifer membranda nihayetlenirler. Yumurtanın sivri ucu tarafındaki şalaz, diğer uç tarafındaki şalazdan iki misli daha kalındır. Yumurta sarısının özgül ağırlığı, yumurta akının özgül ağırlığından daha azdır. Şalazlar, vitellin membran içerisindeki yumurta sarısını yumurtanın merkezinde tutarlar.

3.2.5 Yumurta sarısı

Yumurta sarısı, sarı kısım ve beyaz kısım olarak iki bölümden meydana gelir. Beyaz kısım sarı kısmın ortasında bulunur. Beyaz kısmın hacmi ve özgül ağırlığı sarı kısmından çok daha küçüktür. Beyaz kısım, yumurta ekvatorun üzerindeki bir bölgede sarı kısmın içinden dışarı doğru bir uzantı yapar. Bu uzantının üzerinde döllenmemiş yumurtada blastoderm, döllenmiş yumurtada ise blastodisk adı verilen embriyonun en ilkel şekli bulunur. Yumurta sarısı şalazlar ile bağlı olduğu eksen etrafında dönebilir. Yumurta döndürülse dahi, blastodisk'in bulunduğu yumurta sarısı yarım küresi, özgül ağırlıkça daha hafif olduğu için daima yukarıda bulunur.

4. TAVUKLARIN BESLEMESİNDE ZEOLİT KULLANIMI

4.1 Giriş

Hayvan beslenme konusu her dönemde önemli bir konu olarak gündemde kalmış ve yeni bilgilerin ışığında büyük değişimler göstermiştir. Sosyo-ekonomik gelişmelere bağlı olarak insanlar beslemenin sadece tokluk olmadığının bilincine varmışlardır. Ancak gelişmiş ülkeler için geçerli olan bu görüş, gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkeler için kesin olarak doğru değildir. Durum bu açıdan değerlendirildiğinde dünyanın birçok ülkesinde hem nicel hem de nitel açıktan bahsedilebilir. Beslenme probleminin çözümü için planlı ve programlı tedbirlere gereksinim duyulmaktadır. Bu amaçla bir yandan yeni kaynakların kullanım uygunluğu araştırılırken diğer yandan da mevcut kaynakların rantabl kullanılması gerekmektedir. Günümüzde insan beslemesinde kullanılabilen kimi besin kaynakları aynı zamanda hayvan beslenmesinde de yem olarak kullanılmaktadır. Hayvan beslemede yem en önemli girdiyi oluşturmakta, toplam girdilerin % 60-70'i hatta kanatlı hayvan yetiştiriciliğinde % 80'i düzeyine ulaşmaktadır(Büyükşahin 1992).

Zamanımızda, karma yem üretiminde hayvansal protein kaynakları dışında hemen hemen hiçbir hammaddenin sıkıntısı ile karşılaşılmamıştır. Ülkemizin genel gelişimi içinde karma yem sanayiinin ve karma yem üretiminin gelişmesi çok daha hızlı olmuştur. Ancak karma yeme giren hammaddeleri üretim hızı aynı ölçüde olmamış ve bu nedenle de karma yem üretimi hem nicelik hem de nitelik bakımından üretim sıkıntısı içerisine girmiştir. Ülkemizde sıkıntısı çekilen yem maddelerini, vitamin ve diğer katkı maddeleri gibi dışarıdan getirilmesi zorunlu olanlar bir tarafa bırakılırsa 3 grup altında toplanabilir. Bunlar Protein, Enerli ve Mineral kaynağı olan yem maddeleridir. Bu tez konusunu oluşturan zeolit, mineral kaynağı olan yem maddeleri içerisinde yer almaktadır(Akyıldız 1980).

4.2 Tavukların Beslemesinde Zeolit Kullanımı

Çiftlik hayvanlarının performanslarını arttırmak amacıyla çok sayıda minerallerden faydalanılmaktadır. Zeolit mineralleri kullanım alanlarının çokluğu ve kolay elde edilmesi nedeniyle son yıllarda hayvancılık sektöründe de yaygın kullanım alanı bulmakta ve önemi giderek artmaktadır.

Hayvan beslemede zeolitin ilk kullanımı kanatlı hayvanlarda olmuştur. İlk çalışmalar 1965 yılında Japonya'da başlatılmış ve ilerletilmiştir (Mumpton, Fishman 1977). Kanatlı hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar, zeolit kullanıldığında hayvanların daha hızlı geliştiğini, yem masraflarının düştüğünü, daha az sulu ve kokulu dışkıların elde edildiğini göstermiştir. Pratley Perlit Madencilik şirketinin yaptığı çalışmalarda ise tavuklarda ilk yumurtlama yaşının kısaldığı ve tavuk başına daha fazla yumurta elde edildiği saptanmıştır (Anonymous 1992). Dünyada Karma Yem Sanayiinde yaygın bir şekilde kullanılan zeolitin, ülkemizde zengin yataklarının bulunmasına rağmen hayvancılıkta kullanımı yoktur. Bu nedenle bu konu üzerinde çalışmalar daha ziyade hayvancılığı gelişmiş ülkelerde yoğunlaşmıştır. Ülkemizde ise yapılan çalışmalar sınırlıdır.

Araştırmalarda, zeolitin kanatlılar üzerinde farklı etkilerde bulunduğu belirlenmiştir. Örneğin Onagi ilk iki hafta zeolit verilen Leghorn civcivlerin kontrol grubuna göre daha az su ve yem tüketerek eşit canlı ağırlık artışı sağladıklarını ve hayvanların dışkılarında % 25 daha az nem bulunduğunu saptamıştır (Onagi 1966). Nakaue, Koelliker ise 10 aylık yumurta tavuklarının rasyonlarında %2.5, 5.0 ve 10.0 düzeylerinde klinoptilolit kullanmışlar ve ölüm oranı, yumurta ağırlığı, canlı ağırlık artışı, yumurta kabuk kalitesi ve diğer yumurta kalitesi ile ilgili özellikler bakımından gruplar arasında farklılık bulamamışlardır. Buna karşılık %2.5 ve 5.0 klinoptilolit verilen gruplarda yumurta veriminin düştüğünü: % 10 düzeyinde klinoptilolit verilen grupta ise yem tüketiminin arttığını belirlemişlerdir. (Nakaue, Koelliker 1981).

Querles yaptığı çalışmalarda, bazı zeolitlerin hayvanlarda yemden yararlanmayı % 0.5-2 arttırdığı halde bazılarının hiç etkisi olmadığını bildirmektedir. Araştırmacı zeolitin etki mekanizmasının henüz tam olarak belirlenmemiş olduğunu belirtmekle beraber zeolitin yapısının azotlu bileşikler bağlayıcı özelliği ile ya da iyon değişimi ile

ilgili olabileceğini iyon değişim özelliğinin kanatlılarda ve diğer hayvanlarda bir katyonu adsorbe ederken diğerini desorbe ederek bir buffer (tampon) gibi görev yaptığını zeolitlerin bazı aminoasitlerin azotunu adsorbe ederek aminoasitleri stabilize ettiği ve böylece 1 kg et için gereken enerli miktarını azalttığını ayrıca kalsiyumun yararlanılabilirliğini arttırdığını belirtmektedir (Querles 1985).

Karelina Irtysh ırkı civcivlerin bir kısmını %5 düzeyinde klinoptilolit içeren bir rasyonla(katkılı tavuk yemiyle),bir kısmını ise sadece bazal rasyonla yemlemiştir. Deneme sonunda ortalama canlı ağırlık 1593 gr ve 1528 gr, yaşama gücü % 97.1 ve % 96.5, et verimi ise % 45.1 ve % 41.61 yemden yararlanma oranını da 3.14 ile 3.25 bulmuşlardır. Sonuçta klinoptilolit'in karlılığı arttırdığı sonucuna varmışlardır.(Karelina 1985).

Miles, v.d. yumurta tavuğu rasyonlarında % 0.00, 0.75 ve 1.50 oranlarında sentetik zeolit olan zeolit A bulunmasının tavuklarda performans üzerine etkilerini incelemek için yaptıkları bir çalışmada, % 0.75 zeolit içeren grup ile kontrol grubu arasında yumurta ağırlığı, yem tüketimi, yemden yararlanma ve yumurta verimi bakımından farklılığa rastlamamışlardır. Bununla birlikte rasyonlara % 1.5 oranında Zeolit A ilavesinin yumurta ağırlığı, yem tüketimi ve yumurta veriminde önemli derecede azalmaya neden olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca rasyonlarda zeolit A bulunmasının yumurta özgül ağırlığını artırdığını belirlemişlerdir(Miles, v.d. 1986).

Fısının ve v.d. civciv rasyonlarına eklenen klinoptilolit'in yaşama gücünü % 96.4 ile % 97.4; büyüme oranını ise % 6.3 oranında artırdığını, yine aynı araştırmacı yumurta tipi piliçler için % 3, broyler civcivler içinse % 5 zeolit ilavesinin büyüme için yem kullanım etkinliğini artırarak karlılığı yükselttiğini belirlemişlerdir (Fısının, v.d. 1986).

Olver bir zeolit olan klinoptilolit ile yemlemenin 3 ayrı yumurtacı hat üzerine olan etkisini araştırdığı bir çalışmada rasyonlara katılan % 5 düzeyindeki kinoptilolit'in muameleler arasında vücut ağırlığı, ilk yumurtlama yaşı, yumurta ağırlığı, Haugh birimi ve yem tüketimi bakımından önemli bir farklılık oluşturmadığı ancak klinoptilolit ile yemlemenin klinoptilolitsiz kontrol grubuna göre yumurtlayan tavuk başına yumurta sayısı, kabuk kalınlığı, yem değerlendirme katsayısı, dışkıının nem içeriği ve ölüm oranı üzerine olumlu etkisinin bulunduğunu tesbit etmiştir. Gübrenin nem içeriğinin düşmesi ile kümeste dışkı ve sinek probleminin de azaldığını belirtmiştir(Olver 1988).

Rasyona ilave edilen sentetik zeolit'in yumurta kabuk kalitesini önemli düzeyde iyileştirdiği ancak bu sorunların daha çok hayvanların optimal rasyon kalsiyumu içeren yemle yemlenmesi durumunda geçerli olduğu belirtilmektedir (Roland, v.d. 1985, Roland 1988, Roland, Dorr, 1989, Miles, v.d. 1986)

Düşük kalsiyum içeren broyler rasyonlarına ilave edilen sentetik zeolit tibia kemiği kül düzeyini artırmış ve tibial dyschondroplasia'nın ortaya çıkışını ve şiddetini azaltmıştır (Ballard, Edwards 1988, Miles, v.d. 1986).

Leach, v.d. kalsiyumca yetersiz (% 0.30, 0.39 ve 0.47) rasyonlara % 0.75 ve % 1.5 sentetik zeolit ilavesinin büyüme oranı ve tibia kemik külünü artırdığını ve kemik kırıklıklarının ortaya çıkışını azalttığını, kalsiyumca yeterli (%1.01) rasyonlarda ise büyüme oranı ve tibia kemiği külünü azalttığını belirtmektedirler (Leach, v.d. 1990).

Watkins ve ark. ise aşırı kalsiyumlu rasyonlarla yemlenen broyler civcivlerde kalsiyumun toksik etkisine karşı rasyonu % 0.75 sentetik zeolitle desleklemenin ağırlık kazancı, yem tüketimi ve tibia kemiği kül içeriğini arttırdığını bildirmektedirler. (Watkins, v.d.1989)

Yüksek fosfor içeren broyler rasyonlarına sentetik zeolit ilavesi tibial dyschondroplasiyanın oluşumunu azaltmaktadır (Edwards 1988).

Zeolit yumurta kabuğunun özgül ağırlığını arttırmakta ve piliçlerde kalsiyum kullanımını düzenlemektedir. Piliçlerde tibia karakteristikleri ve plazma üzerine ilave kalsiyum düzeyleri ve Zeolit A'nın etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, rasyondaki kalsiyum seviyesinin artışına paralel olarak plazmada kalsiyum ve alkalın fosfataz linear bir şekilde artmış, % kül ve tibia kemiği kırılma gücü ile tibiadaki Ca ve P düzeyleri de artmıştır. Sentetik zeolit ilavesi tibiadaki Ca, Zn, Al ve Mn konsantrasyonunu arttırmıştır. Tibia külü ve kırılma gücü, yetersiz Ca alan ve zeolitle desteklenen rasyonları alan piliçlerde artarken fazla Ca alan piliçlerde azalmıştır (Watkins, Southern (1991).

Güney Afrika'da yapılan araştırmalarda zeolitlerin toksik olmadığı, hayvan yemi olarak hem yararlı hem de yem giderlerini düşürücü değerli mineraller arasına girdiği ayrıca at ahırları tavuk kümesleri gibi amonyaktan etkilenen yerlerin havasının temizlenmesi amacıyla da kullanılabilceği ve karma yem sanayii'nde de pelet bağlayıcı olarak bentonitin yerine ikame edilebileceği belirtilmektedir (Anonymous, 1992).

Esmeralda, Gonzales 1260 adet hibrit broylere mısır, SFK ve balık unu temelinde dayalı karmalara % 5 zeolit, bentonit ve kaolin ilave etmişlerdir. 7-49 günlük yaşlar arasında bu ilavenin hiçbirinin yem tüketimi büyüme ve yem değerlendirme üzerinde etkili olmadığını belirtmişlerdir (Esmeralda, Gonzales 1992).

Gunther 1 günlük yaştaki broylerleri % 2 zeolitsiz ve zeolitli pelet yemle yemlemiştir. Ortalama günlük artış 43.25 g ve 45.30 g ve yemden yararlanma oranını ise 1.90 ile 1.81 olarak bulmuştur (Gunther 1992).

Zeolitin yumurta tavukları üzerindeki etkilerini belirlemek üzere 150 adet 47 haftalık Hisex yumurta tipi kahverengi melez tavuk kullanmışlardır. Araştırma biri kontrol ikisi deneme olmak üzere 3 grup halinde yürütülmüştür. Rasyonlara % 2-4 düzeyinde zeolit katılmıştır. Deneme sonuçlarına göre rasyonda % 4 oranında zeolit bulunması yumurta verimi ve yumurta özgül ağırlığını artırmış, yemden yararlanma derecesi üzerine de olumlu etkide bulunmuştur. % 2 zeolitli rasyonla yemlenen 1.grupta sarı indeksinin diğer gruplardan fazla olduğu kaydedilmiştir. Yumurta kalitesi ile ilgili diğer özellikler ve kan serum kalsiyum ve inorganik fosfor düzeyleri bakımından gruplar arasında farklılık görülmemiştir. Ayrıca rasyonlara katılan zeolitin yumurta tavuklarının sağlığı üzerine kötü bir etkisine de rastlanmamıştır (Yalçın v.d. 1987).

Evans, Farrell kanatlıların rasyonlarında ticari sentetik zeolit A'nın (SZA) kullanımının şüpheli bir durum gösterdiğini yumurta tavuklarının rasyonlarında SZA kullanılması yumurta kabuk kalitesinde herhangi bir iyileşmeye neden olmadığını broylerlerde performansı olumsuz etkilediğini aynı şekilde doğal zeolitlerinde ticari kullanımının önerilmediğini bildirmektedirler (Evans, Farrell 1993).

Zhang, v.d. 750 adet broyleri 2 haftalık yaştan 6 haftalık yaşa kadar %0, %1, ve %3 zeolit içeren bir rasyon ile yemlemiş ve rasyondaki zeolitin yüzdesi arttıkça ağırlık kazancının olumlu etkilendiğini ancak bunun istatistiksel olarak önemsiz olduğunu saptamışlardır (Zhang, v.d. 1994).

Lemser, Richter rasyonlara katılan %2 ve 4 bentonit, %2 kaolin, % 2 diamol ve %2 ile 4 zeolitin yumurta performansı ve yemden yararlanma oranı üzerinde negatif bir etkide bulunduğunu, yumurta kalitesini etkilemediğini ancak dışkıının kuru madde içeriği üzerinde pozitif etkiye sahip olduğunu belirtmişleridir. (Lemser, Richter 1994).

5.DENEYSEL ÇALIŞMA

5.1 Tavuklara Verilecek Olan Zeolit Materyalinin Hazırlanması

Bu çalışmada Prof. Dr. Önder Orhun'dan temin edilen Gördes-Manisa yöresi doğal zeolitinden (klinoptilolitten) yararlanılarak, Ca türü iyonik formlar şu aşamalardan geçerek hazırlanmıştır. İlk olarak 1300 g zeolit, elek analizi yapılarak 1mm.- 0.71mm boyutları haline getirildi. İkinci aşamada doğal zeolitin Ca formunu oluşturmak için çözelti hazırlandı, Cole-Parmer Accumet model 50 pH / Ion / Conductivity meter yardımı ile standart formların hazırlanması için iki farklı normalitede 0,1 N ve 1 N olmak üzere çözeltiler hazırlandı.Çözeltilerin hazırlanmasında kullanılan tuz miktarı,

$$m = \frac{NeV}{1000}$$

formülü ile hesaplanmıştır. Burada;

m : Gram cinsinden çözünen tuz miktarı,

N : Çözeltinin normalitesi

V : cm³ cinsinden çözeltinin hacmi,

e : Çözünen maddenin eşdeğer gramıdır.

Bir tuz için eşdeğer gram sayısı, tuzun molekül ağırlığının toplam katyon değerliğine bölümü olarak tanımlanır.

Zeolit numunelerinin iyon değiştirilmiş formlarının hazırlanması hem İyon Değişim Kolonu hem de Batch Yöntemi ile gerçekleştirilerek son iyon derişim değerlerinin eşit olması nedeniyle elde edilen numuneler karıştırılarak kullanılmıştır. Kullanılan kimyasal madde ise Merck marka CaCl₂' dür. Bu yöntemlerde, herbir kimyasal maddenin 1000 ml'lik deiyonize su ile hazırlanan 0,1 N ve 1 N'lik çözeltileri, içine önceden 650 g klinoptilolitin bulunduğu iyon değişim kolonundan, giren çözeltinin derişiminin çıkan çözeltininkine eşit olana kadar birkaç kere geçirilmiştir, Batch yöntemi ile de 650 g zeolit aynı işleme tabii tutulmuştur. Bu işlem sonunda, çıkarılan numuneler etüvde 110 °C' de 16 saat boyunca aktiflenmişlerdir.

5.2 Deneyin Uygulandığı Hayvan Popülasyonu Hakkında Bilgi

Karabayırbağları (Eskişehir) yöresinde İlhanlar çiftliğinde etlik piliç üretimi yapılmaktadır. Çiftlikte yaşayan ailenin yumurta ihtiyacını karşılamak amacıyla 46 adet yumurta tavuğu yetiştirilmektedir. Yem olarak, herhangi bir özel bir yem kullanılmamaktadır. Çiftliklerde, etlik piliç için hazırlanan yemden kullanılmaktadır. 23 kg civarında yeme 1.130 kg zeolit eklenmiştir, buda yaklaşık olarak %5 oranında zeolit ilavesi olduğu anlamına geliyor. Bu çiftlikten 01-02, 11-12, 21-22 nolu örnekler alınmıştır.

İkinci deney yumurtalarımız Osmaneli (Bilecik) yöresinden İsmail ÜNLÜ isimli, kendi yumurta ihtiyacını karşılayan bir özel şahıs tarafından beslenen 10 adet yumurta tavuğu üzerinde yapılmıştır. Bu ikinci deneydeki tavuklara verilen yem katkı maddesi %1 civarındadır. Buradan alınan örnekler 31-32 nolu olarak isimlendirildiler.

5.3 Alınan Yumurta Örneklerinin İncelenmesi

5.3.1 01 No'lu Yumurta Örneği İle Yapılan İşlemler

Örneğin Tanıtımı: Zeolit katkısı içermeyen yemle beslenen tavuktan alınan birinci örnektir. Yumurta kırılmadan önce (m_{ilk}) ve kırıldıktan sonra tamamen temizlenerek, yumurtanın kabuğu yıkanıp kurutulduktan sonra (m_{son}) tartılmıştır. Ortalama kabuk kalınlığı (d_{01}) 10 ayrı yerinden mikrometre ile alınan çözümlerin aritmetik ortalaması alınarak bulunmuştur.

$$m_{ilk} = 69.1348 \text{ g.}$$

$$m_{son} = 6.4414 \text{ g.}$$

Yumurta kabuk kalınlık ölçümleri: 0.35 mm., 0.32 mm., 0.37 mm., 0.36 mm. 0.36 mm. 0.365 mm., 0.37 mm., 0.33 mm., 0.365 mm., 0.385 mm.

i- Kabuk Yüzdesinin Tayini

$$\%kabuk = \frac{m_{son}}{m_{ilk}} \times 100 = \frac{6.4414}{69.1348} \times 100 = \%9.3171$$

ii- Ortalama Kabuk Kalınlığının Tayini

$$d_{01} = \frac{0.35 + 0.32 + 0.37 + 0.36 + 0.36 + 0.365 + 0.37 + 0.33 + 0.365 + 0.385}{10} = 0.3575 \text{ mm}$$

iii- Piknometre Yardımı ile Kabuk Özkütlesinin Tayini

Piknometrenin su ile dolu kütlesi $m_s = 46.1360$ g.

Piknometre içine atılacak kabuk kütlesi $m_k = 0.3247$ g.

Piknometrenin su + kabuk kütlesi $m_{ks} = 46.2763$ g.

$$V_{su} = V_{kabuk} = [m_s] - [m_{ks} - m_k] = [46.1360] - [46.2763 - 0.3247] = 0.1844 \text{ cm}^3.$$

$$\delta_{01} = \frac{m_k}{V_{kabuk}} = \frac{0.3247 \text{ g.}}{0.1844 \text{ cm}^3} = 1.7608 \text{ g/cm}^3$$

iv- Kabuğun Yüzey Alanının Hesaplanması

$$\text{Kabuk toplam hacmi (} V_{01} \text{)} = \frac{m_{son}}{\delta_{01}} = \frac{6.4414}{1.7608} = 3.6582 \text{ cm}^3$$

$$\text{Toplam kabuk yüzeyi (} S_{01} \text{)} = \frac{V_{01}}{d_{01}} = \frac{3.6582}{0.03575} = 102.3279 \text{ cm}^2$$

v- Kabuktaki Gözenek Sayısının Tayini

Mikroskop yardımıyla, $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ 'de 22 tane gözenek sayıldı.

$$\text{Gözenek yoğunluğu (} \delta_{G01} \text{)} = \frac{22 \text{ gözenek}}{0.25 \text{ cm}^2} = 88 \text{ gözenek/cm}^2$$

$$\text{Toplam gözenek sayısı (} G_{01} \text{)} = \delta_{G01} \times S_{01} = 88 \times 102.3279 = 9004.8552 \text{ gözenek.}$$

vi- Zarla İlgili Bilgiler

Zarlar biraraya getirilerek çıplak gözle bakıldığında birbirlerine göre parlaklıkları ve damarları incelendiğinde 01 nolu örneğin diğerlerine göre çok parlak ve az damarlı olduğu gözlenmiştir.

vii- Kabuğun Adsorpsiyon Özelliklerinin İncelenmesi

Quantachrome firmasının ürünü olan NOVA-2200 modeli volümetrik adsorpsiyon cihazı kullanılarak, kabuğun azot adsorpsiyon verileri elde edildi. Bu veriler yardımıyla

a) $P/P_0 \leq 0.7$ için çok noktalı BET adsorpsiyon izotermi çizildi (Şekil 5.1).

b) Bu verilerin analizi yapılarak ,

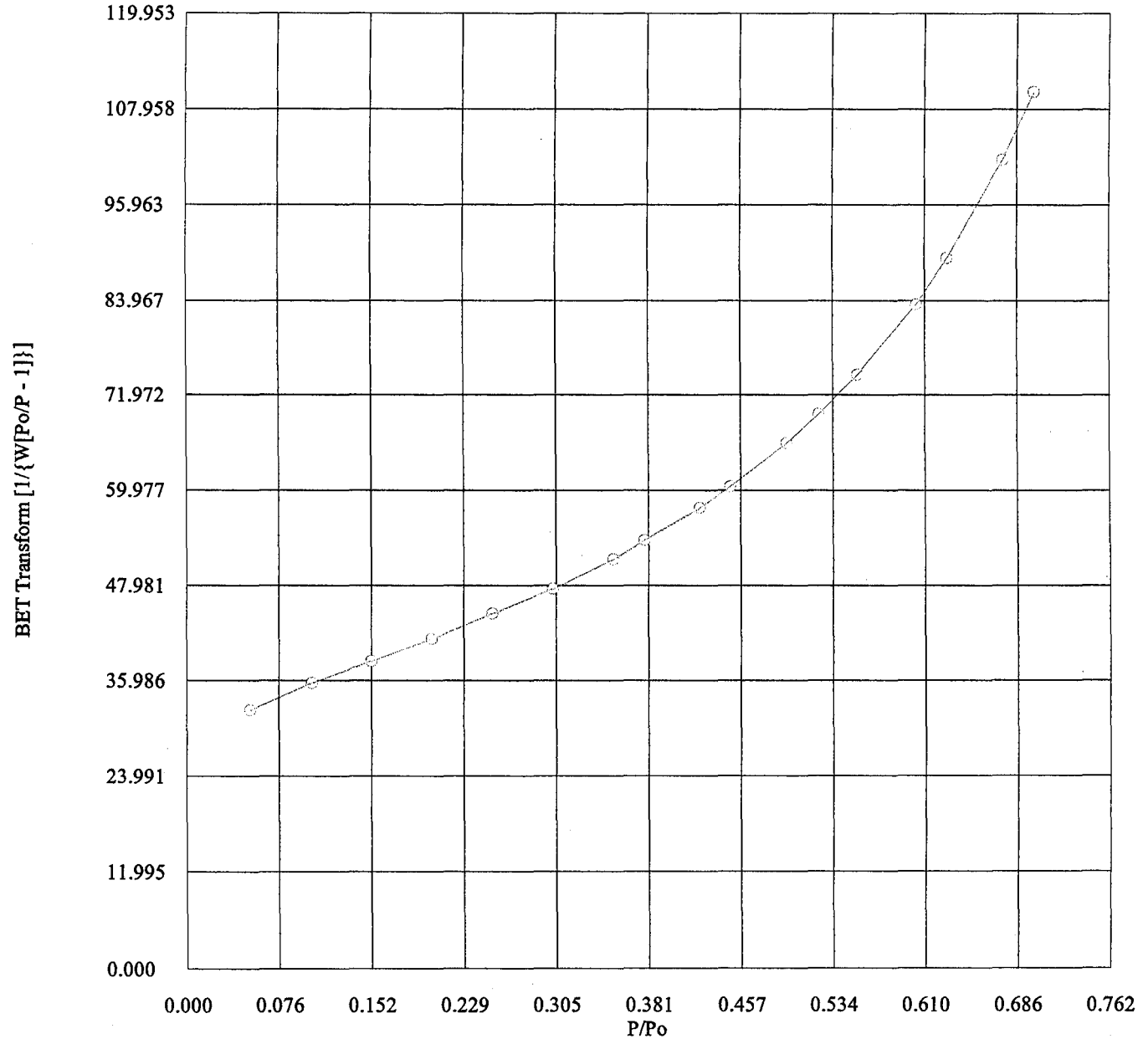
Özgül yüzey alanı : $27.258 \text{ m}^2/\text{g}$

Ortalama gözenek çapı : 38.42 \AA

olarak bulunmuştur (Çizelge 5.1).

Instrument	= NOVA-2200 Ver. 1.20	Station	= A
User ID	= 15	User Setup	= 28
Comments	= 0		
Sample ID	= 8	Sample Cell Number	= 26
Sample Weight	= 0.1336 g	Sample Volume	= 0.0000 cc
Sample Density	= 0.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 714.72 mm Hg
Adsorbate	= Nitrogen	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 120 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Tue Sep 08 11:45:01 1998	Elapsed Time	= 119.12 Minutes.

Multi Point BET (Adsorption)



Şekil 5.1 01 nolu yumurta örneği kabuğunun $p/p_0 \leq 0.7$ için çok noktalı BET azot adsorpsiyon izotermi.

Çizelge 5.1 Şekil 5.1' deki adsorpsiyon izotermine ait veriler.

Multi Point BET (Adsorption)

P/Po	BET Transform [1/{W[Po/P - 1]}]
0.052486	32.302471
0.103531	35.700640
0.152137	38.425224
0.202132	41.194374
0.252336	44.367458
0.302293	47.517440
0.352145	51.240464
0.378031	53.643259
0.423755	57.729868
0.448831	60.452176
0.495763	65.859194
0.522273	69.580530
0.554051	74.493728
0.603333	83.450003
0.628821	89.240423
0.674943	101.601467
0.699936	110.111313
Slope = 109.817022	
Intercept = 17.942061	
Correlation Coefficient = 0.957023	
BET C = 7.120647	
Total Surface Area in Cell = 3.641731 m ²	
Specific Surface Area = 27.258468 m ² /g	
Total Pore Volume is 0.02618 cc/g for all pores of diameter smaller than 26.784 Å.	
Average pore diameter is 38.420 Å.	

5.3.2 02 No'lu Yumurta Örneği İle Yapılan İşlemler

Örneğin Tanıtımı: Zeolit katkısı içermeyen yemle beslenen tavuklardan alınan ikinci örnektir. Yumurta kırılmadan önce (m_{ilk}) ve kırıldıktan sonra tamamen içi temizlenerek, yumurtanın kabuğu yıkayıp kurutulduktan sonra (m_{son}) tartılmıştır. Ortalama kabuk kalınlığı (d_{02}) 10 ayrı yerinden mikrometre ile alınan ölçüm örneklerinin aritmetik ortalaması alınarak bulunmuştur.

$$m_{ilk} = 76.8602 \text{ g.}$$

$$m_{son} = 6.2520 \text{ g.}$$

Yumurta kabuk kalınlık ölçümleri: 0.335 mm., 0.375 mm., 0.34 mm., 0.35 mm., 0.35 mm. 0.34 mm., 0.43 mm., 0.43 mm., 0.39 mm., 0.36 mm., 0.365 mm.

i- Kabuk Yüzdesinin Tayini

$$\%kabuk = \frac{m_{son}}{m_{ilk}} \times 100 = \frac{6.2520}{72.8602} \times 100 = \%8.5808$$

ii- Ortalama Kabuk Kalınlığının Tayini

$$d_{02} = \frac{0.335 + 0.375 + 0.34 + 0.35 + 0.35 + 0.34 + 0.43 + 0.39 + 0.36 + 0.365}{10} = 0.3635 \text{ mm}$$

iii- Piknometre Yardımı ile Kabuk Özkütlesinin Tayini

Piknometrenin su ile dolu kütlesi $m_s = 47.0200 \text{ g.}$

Piknometre içine atılacak kabuk kütlesi $m_k = 0.7009 \text{ g.}$

Piknometrenin su + kabuk kütlesi $m_{ks} = 47.3870 \text{ g.}$

$$V_{su} = V_{kabuk} = [m_s] - [m_{ks} - m_k] = [47.0200] - [47.3870 - 0.7009] = 0.3339 \text{ cm}^3.$$

$$\delta_{02} = \frac{m_k}{V_{kabuk}} = \frac{0.7009 \text{ g.}}{0.3339 \text{ cm}^3} = 2.0991 \text{ g/cm}^3$$

iv- Kabuğun Yüzey Alanının Hesaplanması

$$\text{Kabuk toplam hacmi } (V_{02}) = \frac{m_{son}}{\delta_{02}} = \frac{6.2520}{2.0991} = 2.9784 \text{ cm}^3$$

$$\text{Toplam kabuk yüzeyi (S}_{02}) = \frac{V_{02}}{d_{02}} = \frac{2.9784}{0.03635} = 81.9367 \text{ cm}^2$$

v- Kabuktaki Gözenek Sayısının Tayini

Mikroskop yardımıyla $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ 'de 40 tane gözenek sayıldı.

$$\text{Gözenek yoğunluğu } (\delta_{G02}) = \frac{40 \text{ gözenek}}{0.25 \text{ cm}^2} = 160 \text{ gözenek/cm}^2$$

Toplam gözenek sayısı (G_{02})= $\delta_{G01} \times S_{01} = 160 \times 81.9367 = 13109.872$ gözenek.

vi- Zarla İlgili Bilgiler

Zarlar biraraya getirilerek çıplak gözle bakıldığında birbirlerine göre parlaklıkları ve damarları incelendiğinde 02 nolu örneğin diğerlerine göre mat ve düzgün hemen hemen damarsız olduğu gözlenmiştir.

5.3.3 11 No'lu Yumurta Örneği İle Yapılan İşlemler

Örneğin Tanıtımı: %5 oranında zeolit katkılanmış yemle beslenen tavuklardan, aradan bir gün geçtikten sonra alınan yumurtalardan birinci örnektir. Yumurta, kırılmadan önce (m_{ilk}) ve kırıldıktan sonra tamamen içi temizlenerek yumurtanın kabuğu yıkanıp kurutulduktan sonra (m_{son}) tartılmıştır. Kabuk kalınlığı (d_{11}) 10 ayrı yerinden mikrometre ile alınan ölçüm örneklerinin aritmetik ortalaması alınarak bulunmuştur.

$$m_{ilk} = 69.8007 \text{ g.}$$

$$m_{son} = 6.0625 \text{ g.}$$

Yumurta kabuk kalınlık ölçümleri: 0.385 mm., 0.34 mm., 0.33 mm., 0.365 mm., 0.34 mm., 0.335 mm., 0.335 mm., 0.345 mm., 0.34 mm., 0.31 mm.

i- Kabuk Yüzdesinin Tayini

$$\%kabuk = \frac{m_{son}}{m_{ilk}} \times 100 = \frac{6.0625}{69.8007} \times 100 = \%8.6854$$

ii- Ortalama Kabuk Kalınlığının Tayini

$$d_{11} = \frac{0.385 + 0.34 + 0.33 + 0.365 + 0.34 + 0.335 + 0.335 + 0.345 + 0.34 + 0.31}{10} = 0.3425 \text{ mm}$$

iii- Piknometre Yardımı ile Kabuk Özkütlesinin Tayini

Piknometrenin su ile dolu kütlesi $m_s = 46.1408 \text{ g}$.

Piknometre içine atılacak kabuk kütlesi $m_k = 0.3559 \text{ g}$.

Piknometrenin su + kabuk kütlesi $m_{ks} = 46.2926 \text{ g}$.

$$V_{su} = V_{kabuk} = [m_s] - [m_{ks} - m_k] = [46.1408] - [46.2926 - 0.3559] = 0.2041 \text{ cm}^3.$$

$$\delta_{11} = \frac{m_k}{V_{kabuk}} = \frac{0.3559 \text{ g}}{0.2041 \text{ cm}^3} = 1.7437 \text{ g/cm}^3$$

iv- Kabuğun Yüzey Alanının Hesaplanması

$$\text{Kabuk toplam hacmi } (V_{11}) = \frac{m_{son}}{\delta_{11}} = \frac{6.0625}{1.7437} = 3.4766 \text{ cm}^3$$

$$\text{Toplam kabuk yüzeyi } (S_{11}) = \frac{V_{11}}{d_{11}} = \frac{3.4766}{0.03425} = 101.5093 \text{ cm}^2$$

v- Kabuktaki Gözenek Sayısının Tayini

Mikroskop yardımıyla $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ 'de 20 tane gözenek sayıldı.

$$\text{Gözenek yoğunluğu } (\delta_{G11}) = \frac{20 \text{ tane}}{0.25 \text{ cm}^2} = 80 \text{ gözenek/cm}^2$$

$$\text{Toplam gözenek sayısı } (G_{11}) = \delta_{G11} \times S_{11} = 80 \times 101.5093 = 8120.7507 \text{ gözenek.}$$

vi- Zarla İlgili Bilgiler

Zarlar biraraya getirilerek çıplak gözle bakıldığında birbirlerine göre parlaklıkları ve damarları incelendiğinde 11 nolu örneğin diğerlerine göre az parlaklık gösterdiği ve damarların düzgün olduğu gözlenmiştir.

vii- Kabuğun Adsorpsiyon zelliklerinin İncelenmesi

Quantachrome firmasının ürünü olan NOVA-2200 modeli volümetrik adsorpsiyon cihazı kullanılarak, kabuğun azot adsorpsiyon verileri elde edildi. Bu veriler yardımıyla

a) $P/P_0 \leq 0.7$ için çok noktalı BET adsorpsiyon izotermi çizildi (Şekil 5.2).

b) Bu verilerin analizi yapılarak ,

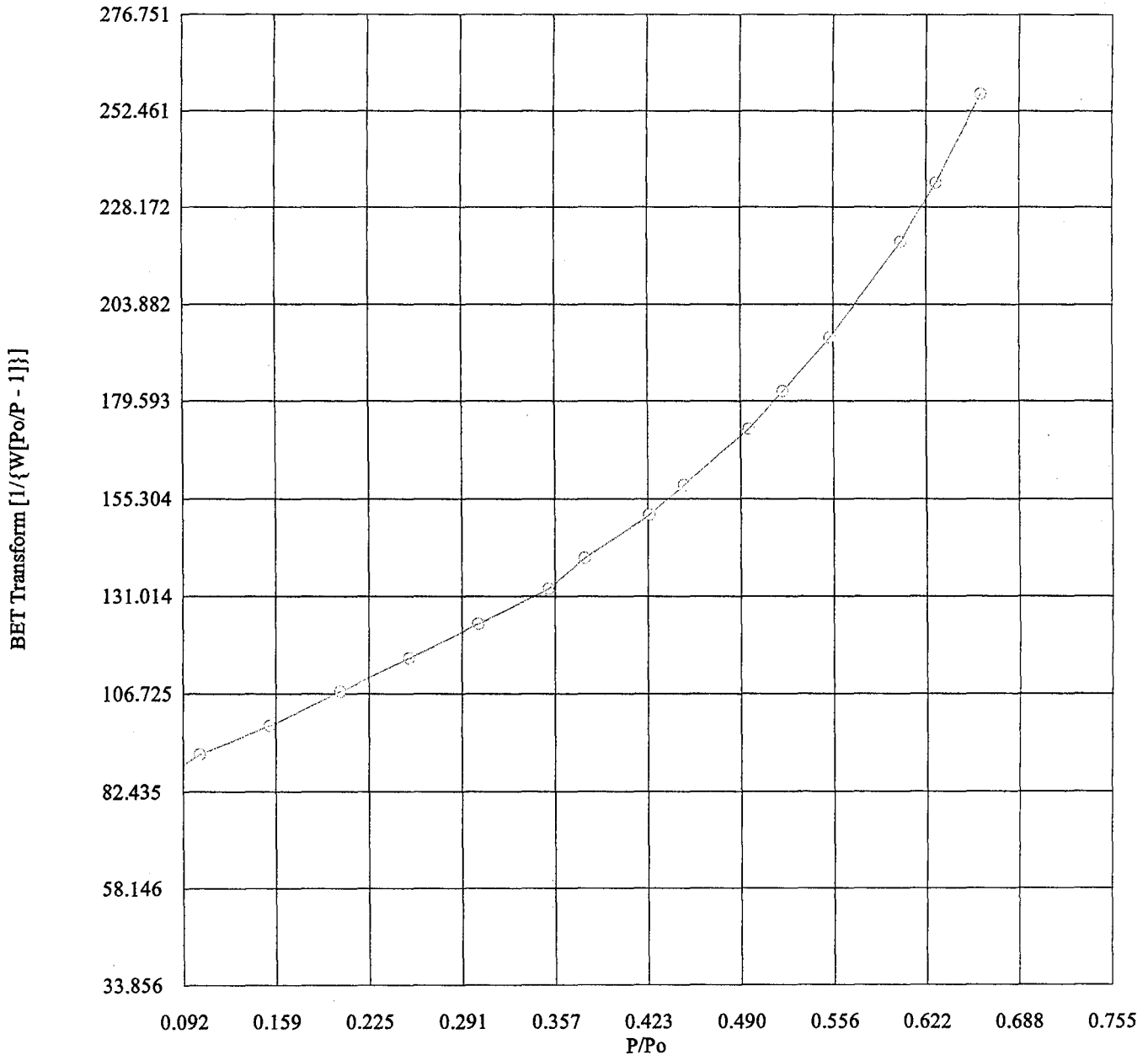
zgl yüzey alanı : $10.931 \text{ m}^2/\text{g}$

Ortalama gözenek apı : 34.371 \AA

olarak bulunmuştur (izelge 5.2).

Instrument	= NOVA-2200 Ver. 1.20	Station	= B
User ID	= 15	User Setup	= 28
Comments	=		
Sample ID	= 9	Sample Cell Number	= 35
Sample Weight	= 0.1740 g	Sample Volume	= 0.0000 cc
Sample Density	= 0.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 714.72 mm Hg
Adsorbate	= Nitrogen	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 120 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Tue Sep 08 11:45:01 1998	Elapsed Time	= 120.70 Minutes.

Multi Point BET (Adsorption)



Şekil 5.2 11 nolu yumurta örneği kabuğunun $p/p_0 \leq 0.7$ için çok noktalı BET azot adsorpsiyon izotermi.

Çizelge 5.2 Şekil 5.2' deki adsorpsiyon izotermine ait veriler.

Multi Point BET (Adsorption)

P/Po	BET Transform [1/{W[Po/P - 1]}]
0.053312	80.378282
0.104229	91.697869
0.154269	98.725805
0.204331	107.240955
0.253447	115.464628
0.302743	124.017618
0.352693	132.857110
0.378594	140.428525
0.424753	151.214466
0.449499	158.718991
0.495778	172.605702
0.520209	181.952492
0.553946	195.475330
0.604323	219.345437
0.629272	234.287065
0.661103	256.676568

Slope = 267.447682
 Intercept = 51.143071
 Correlation Coefficient = 0.970221
 BET C = 6.229402

Total Surface Area in Cell = 1.901995 m²
 Specific Surface Area = 10.931004 m²/g

Total Pore Volume is 0.00939 cc/g for all pores of diameter smaller than 23.090 Å.

Average pore diameter is 34.371 Å.

5.3.4 12 No'lu Yumurta Örneği İle Yapılan İşlemler

Örneğin Tanıtımı: %5 oranında zeolit katkılanmış yemle beslenen tavuklardan, aradan bir gün geçtikten sonra alınan yumurtalardan ikinci örnektir. Yumurta, kırılmadan önce (m_{ilk}) ve kırıldıktan sonra tamamen içi temizlenerek, yumurtanın kabuğu yıkanıp kurutulduktan sonra (m_{son}) tartılmıştır. Ortalama kabuk kalınlığı (d_{12}) 10 ayrı yerinden mikrometre ile alınan örneklerin aritmetik ortalaması alınarak bulunmuştur.

$$m_{ilk} = 76.08465 \text{ g.}$$

$$m_{son} = 6.7171 \text{ g.}$$

Yumurta kabuk kalınlık ölçümleri: 0.345 mm., 0.385 mm., 0.38 mm., 0.385 mm., 0.355 mm., 0.34 mm., 0.325 mm., 0.355 mm., 0.375 mm., 0.41 mm.

i- Kabuk Yüzdesinin Tayini

$$\%kabuk = \frac{m_{son}}{m_{ilk}} \times 100 = \frac{6.7171}{76.8465} \times 100 = \%8.7409$$

ii- Ortalama Kabuk Kalınlığının Tayini

$$d_{12} = \frac{0.345 + 0.385 + 0.38 + 0.385 + 0.355 + 0.34 + 0.33 + 0.355 + 0.37 + 0.41}{10} = 0.3655 \text{ mm}$$

iii- Piknometre Yardımı ile Kabuk Özkütlesinin Tayini

Piknometrenin su ile dolu kütlesi $m_s = 46.1371 \text{ g.}$

Piknometre içine atılacak kabuk kütlesi $m_k = 0.5406 \text{ g.}$

Piknometrenin su + kabuk kütlesi $m_{ks} = 46.4343 \text{ g.}$

$$V_{su} = V_{kabuk} = [m_s] - [m_{ks} - m_k] = [46.1371] - [46.4343 - 0.5406] = 0.2434 \text{ cm}^3.$$

$$\delta_{12} = \frac{m_k}{V_{kabuk}} = \frac{0.5406 \text{ g.}}{0.2434 \text{ cm}^3} = 2.2210 \text{ g/cm}^3$$

iv- Kabuğun Yüzey Alanının Hesaplanması

$$\text{Kabuk toplam hacmi (V}_{12}) = \frac{m_{\text{son}}}{\delta_{12}} = \frac{6.7171}{2.2210} = 3.0243 \text{ cm}^3$$

$$\text{Toplam kabuk yüzeyi (S}_{12}) = \frac{V_{12}}{d_{12}} = \frac{3.0243}{0.03655} = 82.7441 \text{ cm}^2$$

v- Kabuktaki Gözenek Sayısının Tayini

Mikroskop yardımıyla $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ 'de 18 tane gözenek sayıldı.

$$\text{Gözenek yoğunluğu } (\delta_{G12}) = \frac{18 \text{ gözenek}}{0.25 \text{ cm}^2} = 72 \text{ gözenek/cm}^2$$

Toplam gözenek sayısı (G_{12}) = $\delta_{12} \times S_{12} = 72 \times 82.7441 = 5957.5752$ gözenek.

vi- Zarla İlgili Bilgiler

Zarlar biraraya getirilerek çıplak gözle bakıldığında birbirlerine göre parlaklıkları ve damarları incelendiğinde 12 nolu örneğin diğerlerine göre mat ve düzgün az damarlı olduğu gözlenmiştir.

5.3.5 21 No'lu Yumurta Örneği İle Yapılan İşlemler

Örneğin Tanıtımı: %5 oranında zeolit katkılanmış yemle beslenen tavuklardan, aradan iki gün geçtikten sonra alınan yumurtalardan birinci örnektir. Yumurta kırılmadan önce (m_{ilk}) ve kırıldıktan sonra tamamen içi temizlenerek, yumurtanın kabuğu yıkanıp kurutulduktan sonra (m_{son}) tartılmıştır. Ortalama kabuk kalınlığı (d_{21}) 10 ayrı yerinden mikrometre ile alınan örneklerin aritmetik ortalaması alınarak bulunmuştur.

$$m_{\text{ilk}} = 73.4008 \text{ g.}$$

$$m_{\text{son}} = 6.2253 \text{ g.}$$

Yumurta kabuk kalınlık ölçümleri: 0.41 mm., 0.385 mm., 0.365 mm., 0.365 mm.

0.35 mm., 0.34 mm., 0.32 mm., 0.32 mm., 0.365 mm., 0.375 mm.

i- Kabuk Yüzdesinin Tayini

$$\%kabuk = \frac{m_{son}}{m_{ilk}} \times 100 = \frac{6.2253}{73.4008} \times 100 = \%8.4812$$

ii-Ortalama Kabuk Kalınlığının Tayin

$$d_{21} = \frac{0.41 + 0.385 + 0.365 + 0.365 + 0.35 + 0.34 + 0.32 + 0.32 + 0.365 + 0.375}{10} = 0.3595mm$$

iii- Piknometre Yardımı ile Kabuk Özkütlesinin Tayini

Piknometrenin su ile dolu kütlesi $m_s = 46.1536$ g.

Piknometre içine atılacak kabuk kütlesi $m_k = 0.5924$ g.

Piknometrenin su + kabuk kütlesi $m_{ks} = 46.4215$ g.

$$V_{su} = V_{kabuk} = [m_s] - [m_{ks} - m_k] = [46.1536] - [46.4215 - 0.5924] = 0.3245cm^3.$$

$$\delta_{21} = \frac{m_k}{V_{kabuk}} = \frac{0.5924g}{0.3245cm^3} = 1.8255 g/cm^3$$

iv- Kabuğun Yüzey Alanının Hesaplanması

$$\text{Kabuk toplam hacmi } (V_{21}) = \frac{m_{son}}{\delta_{21}} = \frac{6.2253}{1.8255} = 3.4100cm^3$$

$$\text{Toplam kabuk yüzeyi } (S_{21}) = \frac{V_{21}}{d_{21}} = \frac{3.4100}{0.03595} = 94.8551cm^2$$

v- Kabuktaki Gözenek Sayısının Tayini

Mikroskop yardımıyla, 0.5×0.5 cm² 'de 25 tane gözenek sayıldı.

$$\text{Gözenek yoğunluğu } (\delta_{G21}) = \frac{25 \tan e}{0.25cm^2} = 100 \text{ gözenek/cm}^2$$

$$\text{Toplam gözenek sayısı } (G_{21}) = \delta_{G21} \times S_{21} = 100 \times 94.8551 = 9485.51 \text{ gözenek.}$$

vi- Zarla İlgili Bilgiler

Zarlar biraraya getirilerek çıplak gözle bakıldığında birbirlerine göre parlaklıkları ve damarları incelendiğinde 21 nolu örneğin diğerlerine göre mat ve damarlı olduğu gözlenmiştir.

vii- Kabuğun Adsorpsiyon Özelliklerinin İncelenmesi

Quantachrome firmasının ürünü olan NOVA-2200 modeli volümetrik adsorpsiyon cihazı kullanılarak, kabuğun azot adsorpsiyon verileri elde edildi. Bu veriler yardımıyla

a) $P/P_0 \leq 0.7$ için çok noktalı BET adsorpsiyon izotermi çizildi (Şekil 5.3).

b) Bu verilerin analizi yapılarak ,

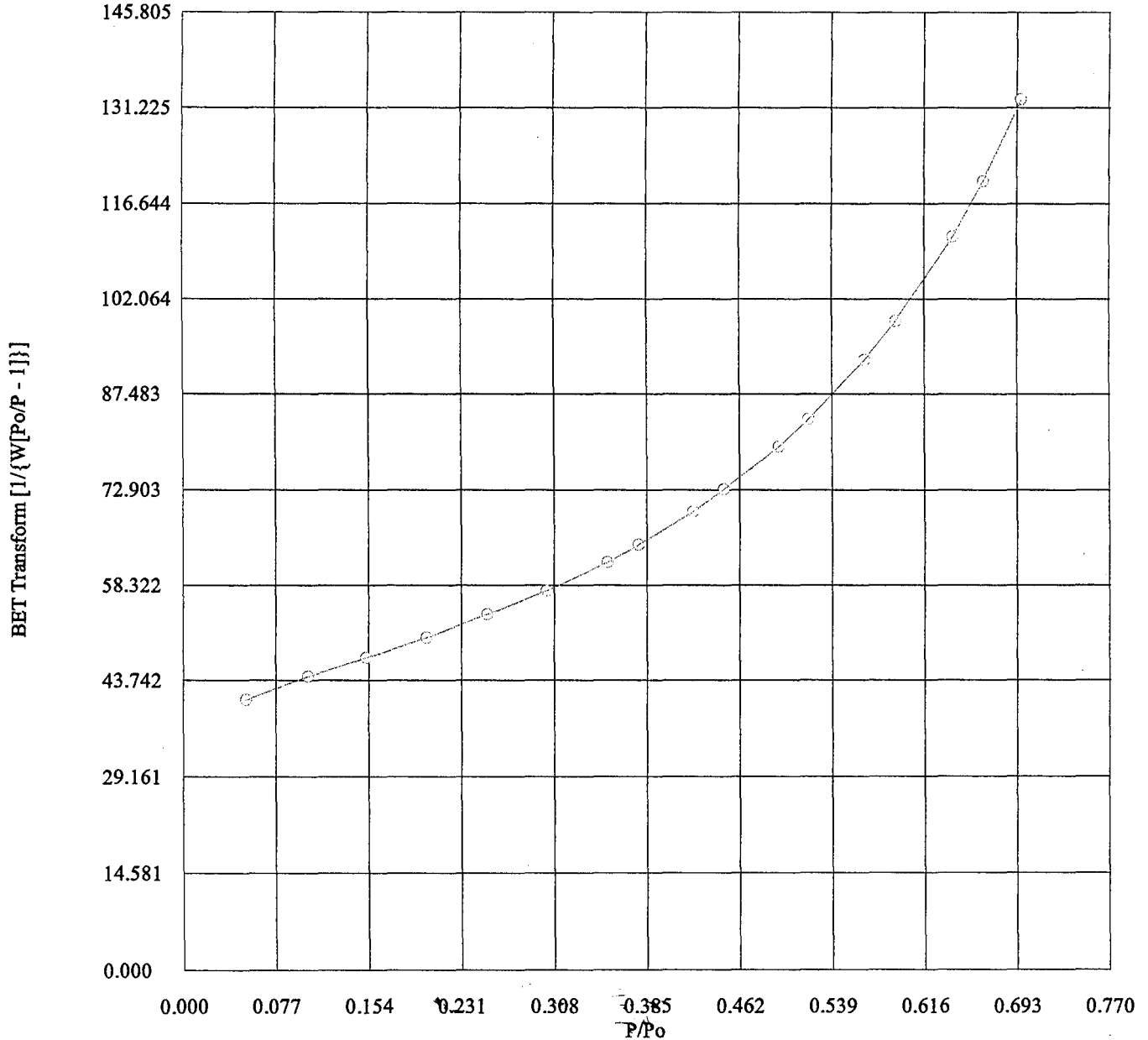
Özgül yüzey alanı : 22.698 m²/g

Ortalama gözenek çapı : 37.717 Å⁰

olarak bulunmuştur (Çizelge 5.3).

Instrument	= NOVA-2200 Ver. 1.20	Station	= A
User ID	= 28	User Setup	= 28
Comments	= 0000		
Sample ID	= 10	Sample Cell Number	= 26
Sample Weight	= 0.1657 g	Sample Volume	= 0.0000 cc
Sample Density	= 0.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 714.72 mm Hg
Adsorbate	= Nitrogen	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 120 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Wed Sep 09 09:53:11 1998	Elapsed Time	= 142.53 Minutes.

Multi Point BET (Adsorption)



Şekil 5.3 21 nolu yumurta örneği kabuğunun $p/p_0 \leq 0.7$ için çok noktalı BET azot adsorpsiyon izotermi.

Çizelge 5.3 Şekil 5.3' deki adsorpsiyon izotermine ait veriler.

Multi Point BET (Adsorption)

P/Po	BET Transform [1/{W[Po/P - 1]}]
0.052456	40.828424
0.103486	44.295527
0.152055	47.150304
0.202177	50.218571
0.252321	53.763398
0.302000	57.431133
0.352355	61.800261
0.377904	64.445525
0.423860	69.533820
0.449184	72.993148
0.495035	79.464801
0.519856	83.726194
0.566818	92.684192
0.592480	98.612958
0.640237	111.568720
0.665096	120.049812
0.696484	132.503693

Slope = 130.670343
 Intercept = 22.752254
 Correlation Coefficient = 0.953517
 BET C = 6.743182

Total Surface Area in Cell = 3.761200 m²
 Specific Surface Area = 22.698852 m²/g

Total Pore Volume is 0.02140 cc/g for
 all pores of diameter smaller than 26.418 Å.

Average pore diameter is 37.717 Å.

5.3.6 22 No'lu Yumurta Örneği İle Yapılan İşlemler

Örneğin Tanıtımı: %5 oranında zeolit katkılandırılmış yemle beslenen tavuklardan iki gün sonra alınan yumurtalardan ikinci örnektir. Yumurta kırılmadan önce (m_{ilk}) ve kırıldıktan sonra tamamen içi temizlenerek, yumurtanın kabuğu yıkanıp kurutulduktan sonra (m_{son}) tartılmıştır. Ortalama kabuk kalınlığı (d_{22}) 10 ayrı yerinden mikrömetre ile alınan örneklerin aritmetik ortalaması alınarak bulunmuştur.

$$m_{ilk} = 68.5158 \text{ g.}$$

$$m_{son} = 6.2600 \text{ g.}$$

Yumurta kabuklarının kalınlıkları; 0.37 mm., 0.385 mm., 0.355 mm., 0.37 mm., 0.36 mm., 0.35 mm., 0.34 mm., 0.33 mm., 0.36 mm., 0.375 mm.

i- Kabuk Yüzdesinin Tayini

$$\%kabuk = \frac{m_{son}}{m_{ilk}} \times 100 = \frac{6.2600}{68.5158} \times 100 = \%9.1365$$

ii- Ortalama Kabuk Kalınlığının Tayini

$$d_{22} = \frac{0.37 + 0.385 + 0.355 + 0.37 + 0.36 + 0.35 + 0.34 + 0.33 + 0.36 + 0.375}{10} = 0.3595 \text{ mm}$$

iii- Piknometre Yardımı ile Kabuk Özkütlesinin Tayini

Piknometrenin su ile dolu kütlesi $m_s = 47.0043 \text{ g.}$

Piknometre içine atılacak kabuk kütlesi $m_k = 0.6858 \text{ g.}$

Piknometrenin su + kabuk kütlesi $m_{ks} = 47.3686 \text{ g.}$

$$V_{su} = V_{kabuk} = [m_s] - [m_{ks} - m_k] = [47.0043] - [47.3686 - 0.6858] = 0.3215 \text{ cm}^3.$$

$$\delta_{22} = \frac{m_k}{V_{kabuk}} = \frac{0.6858 \text{ g.}}{0.3215 \text{ cm}^3} = 2.1331 \text{ g/cm}^3$$

iv- Kabuğun Yüzey Alanının Hesaplanması

$$\text{Kabuk toplam hacmi } (V_{22}) = \frac{m_{son}}{\delta_{22}} = \frac{6.2600}{2.1331} = 2.9346 \text{ cm}^3$$

$$\text{Toplam kabuk yüzeyi (S}_{22}) = \frac{V_{22}}{d_{22}} = \frac{2.9346}{0.03595} = 81.6317 \text{ cm}^2$$

v- Kabuktaki Gözenek Sayısının Tayini

Mikroskop yardımıyla, $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ 'de 23 tane gözenek sayıldı.

$$\text{Gözenek yoğunluğu } (\delta_{G22}) = \frac{23 \text{ tane}}{0.25 \text{ cm}^2} = 92 \text{ gözenek/cm}^2$$

Toplam gözenek sayısı (G_{22})= $\delta_{G22} \times S_{22} = 92 \times 81.6317 = 7510.1164$ gözenek.

vi- Zarla İlgili Bilgiler

Zarlar biraraya getirilerek çıplak gözle bakıldığında birbirlerine göre parlaklıkları ve damarları incelendiğinde 22 nolu örneğin diğerlerine göre az parlaklık ve az damarlı olduğu gözlenmiştir.

5.3.7 31 No'lu Yumurta Örneği İle Yapılan İşlemler

Örneğin Tanıtımı: %1 oranında zeolit katkılanmış yemle beslenen tavuklardan, aradan iki gün geçtikten sonra alınan yumurtalardan birinci örnektir. Yumurta kırılmadan önce (m_{ilk}) ve kırıldıktan sonra tamamen içi temizlenerek, yumurtanın kabuğu yıkanıp kurutulduktan sonra (m_{son}) tartılmıştır. Kabuk kalınlığı (d_{31}) 10 ayrı yerinden mikrometre ile alınan ölçüm örneklerinin aritmetik ortalaması alınarak bulunmuştur.

$$m_{ilk} = 71.7606 \text{ g.}$$

$$m_{son} = 6.8180 \text{ g.}$$

Yumurta kabuk kalınlık ölçümleri: 0.385 mm., 0.41 mm., 0.40 mm., 0.40 mm., 0.385 mm., 0.335 mm., 0.335 mm., 0.375 mm., 0.40 mm., 0.39 mm.

i- Kabuk Yüzdesinin Tayini

$$\%kabuk = \frac{m_{son}}{m_{ilk}} \times 100 = \frac{6.8180}{71.7606} \times 100 = \%9.5010$$

ii- Ortalama Kabuk Kalınlığının Tayini

$$d_{31} = \frac{0.385 + 0.41 + 0.40 + 0.40 + 0.385 + 0.335 + 0.335 + 0.375 + 0.40 + 0.39}{10} = 0.3815 \text{ mm}$$

iii- Piknometre Yardımı ile Kabuk Özkütlesinin Tayini

Piknometrenin su ile dolu kütlesi $m_s = 46.1407 \text{ g}$.

Piknometre içine atılacak kabuk kütlesi $m_k = 0.5755 \text{ g}$.

Piknometrenin su + kabuk kütlesi $m_{ks} = 46.4137 \text{ g}$.

$$V_{su} = V_{kabuk} = [m_s] - [m_{ks} - m_k] = [46.1407] - [46.4137 - 0.5755] = 0.3025 \text{ cm}^3.$$

$$\delta_{31} = \frac{m_k}{V_{kabuk}} = \frac{0.5755 \text{ g}}{0.3025 \text{ cm}^3} = 1.9024 \text{ g/cm}^3$$

iv- Kabuğun Yüzey Alanının Hesaplanması

$$\text{Kabuk toplam hacmi (} V_{31} \text{)} = \frac{m_{son}}{\delta_{31}} = \frac{6.8081}{1.9024} = 3.5785 \text{ cm}^3$$

$$\text{Toplam kabuk yüzeyi (} S_{31} \text{)} = \frac{V_{31}}{d_{31}} = \frac{3.5785}{0.03815} = 93.8018 \text{ cm}^2$$

v- Kabuktaki Gözenek Sayısının Tayini

Mikroskop yardımıyla, $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ 'de 20 tane gözenek sayıldı.

$$\text{Gözenek yoğunluğu (} \delta_{G31} \text{)} = \frac{20 \text{ tane}}{0.25 \text{ cm}^2} = 80 \text{ gözenek/cm}^2$$

$$\text{Toplam gözenek sayısı (} G_{31} \text{)} = \delta_{G31} \times S_{31} = 80 \times 93.8018 = 7504.1485 \text{ gözenek.}$$

vi- Zarla İlgili Bilgiler

Zarlar biraraya getirilerek çıplak gözle bakıldığında birbirlerine göre parlaklıkları ve damarları incelendiğinde 31 nolu diğerlerine göre mat ve az damarlı olduğu gözlenmiştir.

vii- Kabuğun Adsorpsiyon Özelliklerinin İncelenmesi

Quantachrome firmasının ürünü olan NOVA-2200 modeli volümetrik adsorpsiyon cihazı kullanılarak, kabuğun azot adsorpsiyon verileri elde edildi. Bu veriler yardımıyla

a) $P/P_0 \leq 0.7$ için çok noktalı BET adsorpsiyon izotermi çizildi (Şekil 5.4).

b) Bu verilerin analizi yapılarak ,

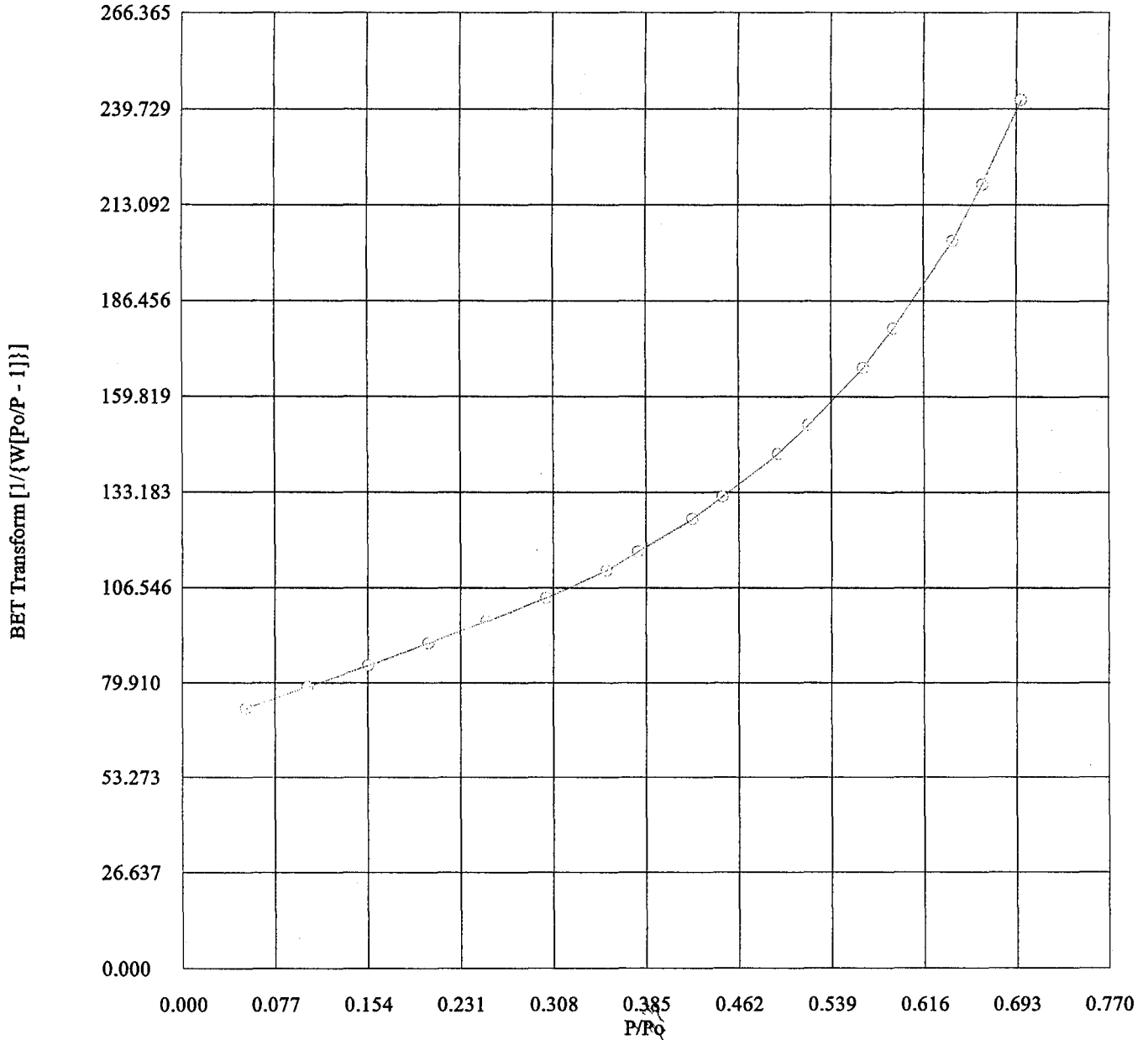
Özgül yüzey alanı : $12.42 \text{ m}^2/\text{g}$

Ortalama gözenek çapı : 37.825 \AA

olarak bulunmuştur (Çizelge 5.4).

Instrument	= NOVA-2200 Ver. 1.20	Station	= B
User ID	= 28	User Setup	= 28
Comments	= 000		
Sample ID	= 11	Sample Cell Number	= 35
Sample Weight	= 0.1593 g	Sample Volume	= 0.0000 cc
Sample Density	= 0.0000 g/cc		
Po Type	= User	Po	= 714.72 mm Hg
Adsorbate	= Nitrogen	Bath Temperature	= 77.40 deg K
Adsorption Tolerance	= 0.1000 mm Hg	Desorption Tolerance	= 0.0000 mm Hg
Adsorption Equil Time	= 60 sec	Desorption Equil Time	= 0 sec
Adsorption Dwell Time	= 120 sec	Desorption Dwell Time	= 0 sec
Analysis Start Time	= Wed Sep 09 09:53:11 1998	Elapsed Time	= 144.08 Minutes.

Multi Point BET (Adsorption)



Şekil 5.4 31 nolu yumurta örneği kabuğunun $p/p_0 \leq 0.7$ için çok noktalı BET azot adsorpsiyon izotermi.

Çizelge 5.4 Şekil 5.4' deki adsorpsiyon izotermine ait veriler.

Multi Point BET (Adsorption)

P/Po	BET Transform [1/{W[Po/P - 1]}]
0.053252	72.640516
0.104049	78.836522
0.154179	84.722388
0.204046	90.881171
0.252869	97.158722
0.302556	103.640047
0.352370	111.304779
0.378174	116.526761
0.423905	125.688500
0.448801	131.907827
0.494787	143.831610
0.520577	151.890686
0.565760	167.800719
0.591249	178.741108
0.640590	202.999336
0.665171	218.683481
0.697122	242.148089

Slope = 240.998616
 Intercept = 39.334882
 Correlation Coefficient = 0.953516
 BET C = 7.126842

Total Surface Area in Cell = 1.978946 m²
 Specific Surface Area = 12.422764 m²/g

Total Pore Volume is 0.01175 cc/g for
 all pores of diameter smaller than 26.485 Å.

Average pore diameter is 37.825 Å.

5.3.8 32 No'lu Yumurta Örneği İle Yapılan İşlemler

Örneğin Tanıtımı: %1 oranında zeolit katkılandırılmış yemle beslenen tavuklardan, aradan iki gün geçtikten sonra alınan yumurtalardan ikinci örnektir. Yumurta kırılmadan önce (m_{ilk}) ve kırıldıktan sonra tamamen içi temizlenerek, yumurtanın kabuğu yıkanıp kurutulduktan sonra (m_{son}) tartılmıştır. Kabuk kalınlığı (d_{32}) 10 ayrı yerinden mikrometre ile alınan ölçüm örneklerinin aritmetik ortalaması alınarak bulunmuştur.

$$m_{ilk} = 67.8862 \text{ g.}$$

$$m_{son} = 5.9292 \text{ g.}$$

Yumurta kabuk kalınlık ölçümleri: 0.335 mm., 0.36 mm., 0.36 mm., 0.37 mm.

0.33 mm., 0.39 mm., 0.37 mm., 0.335 mm., 0.38 mm., 0.35 mm.

i- Kabuk Yüzdesinin Tayini

$$\%kabuk = \frac{m_{son}}{m_{ilk}} \times 100 = \frac{5.9292}{67.8862} \times 100 = \%8.7340$$

ii- Ortalama Kabuk Kalınlığının Tayini

$$d_{32} = \frac{0.335 + 0.36 + 0.36 + 0.37 + 0.33 + 0.39 + 0.37 + 0.335 + 0.38 + 0.35}{10} = 0.358mm$$

iii- Piknometre Yardımı ile Kabuk Özkütlesinin Tayini

Piknometrenin su ile dolu kütlesi $m_s = 47.0156 \text{ g.}$

Piknometre içine atılacak kabuk kütlesi $m_k = 0.4240 \text{ g.}$

Piknometrenin su + kabuk kütlesi $m_{ks} = 47.2246 \text{ g.}$

$$V_{su} = V_{kabuk} = [m_s] - [m_{ks} - m_k] = [47.0156] - [47.2246 - 0.4240] = 0.215cm^3.$$

$$\delta_{32} = \frac{m_k}{V_{kabuk}} = \frac{0.4240g.}{0.215cm^3} = 1.9720 \text{ g/cm}^3$$

iv- Kabuğun Yüzey Alanının Hesaplanması

$$\text{Kabuk toplam hacmi } (V_{32}) = \frac{m_{son}}{\delta_{32}} = \frac{5.9292}{1.9720} = 3.0065cm^3$$

$$\text{Toplam kabuk yüzeyi (S}_{32}) = \frac{V_{32}}{d_{32}} = \frac{3.0065}{0.0358} = 83.9818 \text{cm}^2$$

v- Kabuktaki Gözenek Sayısının Tayini

Mikroskop yardımıyla, $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ 'de 17 tane gözenek sayıldı.

$$\text{Gözenek yoğunluğu } (\delta_{G32}) = \frac{17 \text{ tane}}{0.25 \text{cm}^2} = 68 \text{ gözenek/cm}^2$$

Toplam gözenek sayısı (G_{32}) = $\delta_{G32} \times S_{32} = 68 \times 83.9818 = 5710.7624$ gözenek.

vi- Zarla İlgili Bilgiler

Zarlar biraraya getirilerek çıplak gözle bakıldığında birbirlerine göre parlaklıkları ve damarları incelendiğinde 32 nolu örneğin diğerlerine göre mat ve az damarlı olduğu gözlenmiştir.

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

i-Kabuk Yüzdesi Karşılaştırılması

Çizelge 6.1 Deneylerde elde edilen kabuk yüzdeleri karşılaştırılması

Örnek	Kabuk Yüzdesi (%)
01	9.3171
02	8.5808
11	8.6854
12	8.7409
21	8.4812
22	9.1365
31	9.5010
32	8.7340

Yumurtaların kabuklarının kendi ağırlıklarına göre yüzdelerinde herhangi bir farklılık gözlenmemiştir.

ii- Kabuk Özkütlerinin Karşılaştırılması

Çizelge 6.2 Deneylerden elde edilen özkütle karşılaştırılması

Örnek	Özkütle (g/cm ³)
01	1.7608
02	2.0991
11	1.7437
12	2.2210
21	1.8255
22	2.1331
31	1.9024
32	1.9720

Zeolit katkılı yem uygulamasından sonra az da olsa kabuk özkütlerinde tabloda görüldüğü gibi bir artış gözlenmektedir. Bu kabuğun daha kalınlaştığını gösterir böylece kırılabilirlik azalarak, dayanıklılık artmış olur.

iii- Toplam Yüzey Alanlarının Karşılaştırılması (Piknometre yöntemiyle)

Çizelge 6.3 Deneylerde elde edilen toplam yüzey alanlarının karşılaştırılması

Örnek	Toplam Yüzey Alanları(cm ²)
01	102.3279
02	81.9367
11	101.5093
12	82.7441
21	94.8551
22	81.6317
31	93.8018
32	83.9818

Genel olarak yüzey alanları arasında farklılık yoktur.

iv- Toplam Gözenek Sayılarının Karşılaştırılması

Çizelge 6.4 Deneylerden elde edilen toplam gözenek sayılarının karşılaştırılması

Örnek	Toplam Gözenek Sayısı(tane)
01	9004
02	13109
11	8120
12	5957
21	9485
22	7510
31	7504
32	5710

Zeolit katkılı yem uygulanınca gözenek sayısında bir azalma gözlenmektedir, dış ortam sıcaklığı, nem oranı v.b. yumurtanın raf ömrünü etkileyen faktörler yanında, gözenek sayısının azalması, yumurtanın raf ömrünü uzatır. Bu gerçekleşmesi gereken ve istenen bir sonuçtur.

v- Özgül Yüzey Alanlarının Karşılaştırılması (Adsorpsiyon İzotermlerinden Bulunarak)

Çizelge 6.5 Özgül Yüzey Alanları

Örnek	Özgül yüzey alanı (m ² /g)
01	27.258
11	10.931
21	22.698
31	12.42

Çizelgede görüldüğü gibi, zeolit katkısız yemle beslenen tavuklardan yumurtanın (01) özgül yüzey alanı, zeolit katkılı yemle beslenme halindeki diğer yumurta örneklerine ait özgül yüzey alanlarından büyüktür. Dış ortam sıcaklığı, nem oranı v.b. yumurtanın raf ömrünü etkileyen faktörler yanında, zeolit katkılı yemle beslenme sonucu özgül yüzey alanının küçülmesinin yumurtanın raf ömrünün uzamasına yol açtığı görülmüyor. Çizelge 6.4 'den elde edilen sonuçlarda bunu doğrulamaktadır.

vi- Ortalama Gözenek Çaplarının Karşılaştırılması

Çizelge 6.6 Ortalama gözenek çapları

Örnek	Ortalama gözenek çapı(A ⁰)
01	38.42
11	34.37
21	37.71
31	37.82

Çizelgede görüldüğü gibi, zeolit katkısız yemle beslenen tavuklardan yumurtanın (01) ortalama gözenek çapı, zeolit katkılı yemle beslenme halindeki diğer yumurta örneklerine ait ortalama gözenek çaplarından büyüktür. dış ortam sıcaklığı, nem oranı v.b. yumurtanın raf ömrünü etkileyen faktörler yanında, zeolit katkılı yemle beslenme sonucu ortalama gözenek çaplarının küçülmesinin ve böylece yumurtanın raf ömrünün uzamasına yol açtığı görülmüyor.

vii- Zarla ile İlgili Karşılaştırma

Çizelge 6.7 Zarların görünümü ile ilgili bilgiler

Örnek	Zarın Görünüşü
01	Çok parlak az damarlı
02	Mat damarsız
11	Az parlaklık düzgün damar
12	Mat düzgün az damarlı
21	Mat damarlı
22	Az parlaklık az damarlı
31	Mat az damarlı
32	Mat az damarlı

Gözle görülebilir bir fark olarak zeolit katkılı yemle beslenme halinde yumurta parlaklıklarında bir değişiklik mevcut olup mikroskopta incelendiğinde bitki yaprağı gibi damarların olduğu gözlenmiştir.

Yumurtalar kırıldıktan sonra karşılaştırılmak üzere akı ve sarısı saklanarak incelendi. Zeolit katkılı yem uygulaması halinde yumurtanın sarısında bir renk açılması gözlemlendi.

7.ÖNERİLER

Literatürde zeolitlerin kanatlılarda kullanımı ile ilgili olumlu ve olumsuz sonuçlar bulunmaktadır. Bu görüşlerin ışığı altında zeolitlerin olumlu etkilerini şöyle sıralayabiliriz;

- 1.Hayvanlarda hızlı bir gelişme sağlamaktadır.
- 2.Yumurta kabuk kalitesi iyileşmektedir.
- 3.Yem masrafları düşmektedir.
- 4.Daha az kokulu daha az sulu dışkı elde edilmektedir.
- 5.Yumurta verimini arttırmaktadır.
- 6.Yumurta kabuğunun yapımı için kalsiyumdan yararlanmayı arttırmaktadır.
7. Ölümlerini azaltmaktadır (yaşama gücü artmakta).
- 8.Yemden yararlanma artmaktadır.
- 9-Bacak probleminin ortaya çıkışı önlenmektedir.

Bu deneyde de gözlemlendiği gibi yumurta tavukçuluğunda zeolitin etkisi olduğu gözlenmektedir. Bu deneyde zeolit Ca formu ile iyon değişimi yapıldığından endüstride şu anda kullanılması pahalıya mal olacağından daha çok araştırma yapıp maliyetinin gelir-gider ilişkisi göz önünde bulundurulmalıdır.

Buna ek olarak tavuğun ihtiyacı olan maddeler araştırılarak yeni formlar hazırlanabilir.Konunun daha geniş incelenmesi için diğer bilimlerle işbirliği yapılmalıdır.

Daha çok tavuklar üzerinde deneyin gerçekleştirilmesi sonuçların daha net görülmesine sağlayacaktır. Et tavukçuluğunda da denenmesinde büyük yarar gözlenebilir. Bu açıdan zeolit katkılı yem uygulamasının et verimine olan etkisi de incelenmelidir.

Bu çalışmada %90'a yakın oranında klinoptilolit içeren zeolitik tüf kullanılmıştır. Bu tür kaliteli zeolitlerin dışkı yoluyla atılarak dönüşümsüz şekilde kullanılması malzeme israfı anlamına gelir.Bu nedenle bu çalışmanın daha düşük (%30-40) oranda klinoptilolit içeren zeolitik tüfle gerçekleştirilmesi daha uygun olacaktır.

Çalışmanın başlangıcında tavuk yumurtasıyla ilgili TSE standartlarını belirlemek için yaptığım araştırmada bu tür standartların olmadığını saptadım. Oysa önemli bir besin maddesi olan tavuk yumurtasıyla ilgili birçok standardın belirlenmesi gereklidir.

Zeolitler endüstride oldukça geniş ve önemli bir düzeyde kullanılmaktadır. Bunun yanında doğada büyük rezervler halinde bulunup, işletilmesi diğer madenlere göre daha kolay ve ucuzdur.

Kullanım alanları açısından endüstride önemli bir yeri bulunan ve bu alanlarda başarı uygulanan zeolitin memleketimizde çeşitli alanlarda ve özellikle de hayvancılık alanında kullanılması için daha detaylı araştırmalara gereksinim duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

- ADAMS, B. A., HOLMES, E. L., *J. Soc. Chem. Ind.* 54, 1, 1935.
- ADAMSON, A. W., *Physical Chemistry of Surfaces*. Wiley Interscience, New York, 1975.
- AKSOY, T., *Tavuk yetiştiriciliği*. Ankara Üniversitesi, Ankara, 1991.
- AKYILDIZ, A.R., *Yeni Yem Kaynakları. Türkiye 1. Yem Sanayii Kongresi*.
- ANONYMOUS., *Zeolit. DPT VI. Beş Yıllık Kalkınma Planı ÖİK. Raporu Endüstri Mineralleri. T.C. Başbakanlık DPT Müsteşarlığı. Yayın No: DPT. 2300-OİK:407, Ankara, 1992.*
- BALLARD, R., and EDWARDS, M.JR., *Effect of Dietary Zeolite and Vitamin A on Tibial Dyschondroplasia in Chickens, Poultry Science* 67:113-119, 1988.
- BÜYÜKŞAHİN, H., *Türkiye Karma Sanayii'nin Mevcut Durumu ve Sorunları. Trakya Bölgesi. 1. Hayvancılık Kongresi 8-9 Ocak 1992, Hasad Yayıncılık, Hayvancılık Serisi, Tekirdağ, 1992.*
- CEBE, M., *Fizikokimya, C.1, Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa, 1987.*
- EDWARDS, H.M.Jr., *Effect of Dietary Calcium, Phosphorus, Chloride and Zeolite on the Development of Tibial Dyschondroplasia. Poultry Sci.* 67:1436-1446, 1988.
- ERENER, G., ve SARIÇİÇEK, B.Z., *Kanatlı Hayvan Beslemede Zeolit Kullanımı*, 1996.
- ESMERALDA, L. W. and GONZALES, J.L., *Comparative Evaluation of Zeolite, Bentonite and Kaolin through the Productive Performance of Broilers. Poultry Abst. Vol:18, No: 4, 1991.*
- EVANS, M., FARRELL, D.J., *Are There Economic Benefits to Adding Zeolites to Poultry Diets. Poultry Abst. Vol:19, No:9, 1993.*
- FISININ, V., AGEEV, V., SINTSEROVA, O., LENKOVA, T., KVASHALI, N., *(Zeolites in Diets for Poultry). Ptitsevodstvo No:9, 25-26, Poultry Abst.(86)12, 1985.*
- GANS,R., *Jahrb. preuss. geol. Landenstalt*, 26, 179, 1905.
- GUNTHER, K.D., *Zeolite Minerals in Pig and Poultry Feeding. Poultry*

KAYNAKLAR (DEVAM)

- HARM, F., RÜMPLER, A., *5th Int. Congr. Pure Appl. Chem.*, 59, 1903.
- HENNEBERG, W., STAHMANN, F., *Am. Chem. Pharm.* 107, 152, 1858.
- İLERİ, S., *Yeryuvarı ve İnsan*, 40-45, Şubat, 1978.
- KARELINE, O., *Zeolites for Feeding Broilers. Ptitsevodstvo No:9, 26 (Ru) Poultry Abst. (86) 12. Rep. Int. 34: 1097-1103*, 1985.
- LEMSER, A. and RICHTER, G., *Use of Absorbant Substances. Poultry Abst. 20(9): 287*, 1994.
- LENBERG, J., *Z. deut. geol. Ges.* 22, 365, 1870
- MİLLES, R.D., LAURENT, S.M., and HARMS R.H., *Influence of Sodium Zeolite A on Laying hen Performance. Poultry Sci. Vol:65 , Sup. 1:182*, 1986
- MUMPTON, F. A., and P.H. FISHMAN., *The Application of Natural Zeolites in Animal Science and Aquaculture. Jour. of Animal Science.*, 45(5): 1188-1203, 1977.
- NAKAUE, H.S. and KOELLİKLER, J.K., *Studies with Clinoptilolite in Poultry. 1. Effect of Feeding Varying Levels of Clinoptilolite (Zeolite to Dwarf Single Comp White Leghorn Pullets and Ammonia Production. Poultry Sci. 60 (5) 944-949*, 1981.
- OLVER, M.D., *The Effect of Feeding Clinoptilolite (Zeolite) to Laying Hens South Africa Journal of Anim. Sci. 13(2):107-110*, 1988.
- ONAGI, T., *Treating Experiment of Chicken Droppings with Zeolite Tuff Powder. 2. Experimental Use of Zeolite Tuffs as Dietary Supplements for Chicken. Rep. Yamagata Stock Raising Inst. 7-18*, 1966.
- ORHUN, Ö., *Zeolitlerde İyon Değişimi. Anadolu Üniversitesi, Eskişehir*, 1997.
- QUERLES, C.L., *Zeolites. A New Ingredient may Cut Calories Needed to Produce Poultry Red Meat. Feedstuffs. 7: 35-36*, 1985.
- ROLAND, D.A., Sr., LAURENT, S.M. and ORLOFF, H.D., *Shell Quarleity as Influenced by Zeolite with High ion Exchange Capability. Poultry Sci. 64:1177-1187*, 1985.

KAYNAKLAR (DEVAM)

ROLAND, D.A.,Sr., *Further Studies of Effect of Sodium Aluminosilicates on Egg Shell Quality. Poultry Sci. 67: 577-584, 1988.*

ROLAND, D.A.,Sr.,DORR, P.E., *Beneficial Effect of Synthetice Sodium Aluminosilicate on Feed Efficiency and Performance of Commercial Leghorns. Poultry Sci.68: 1241-1245, 1989.*

RUTHVEN, D.W., *Principles of Adsorption.* John Wiley and Sons, New York, 1984.

THOMSON, H.S., *J. Royel Agricul. Soc. Engl. 11, 68, 1850.*

U. S. Patent 2, 366, 007, G. F. d' Alelio, General Electric Co. 1945.

WATKINS, K.L., VAGNONI, D.B ve SOUTHERN, L.L., *Effect of Dietary Sodium Zeolites A and Excess Calcium on Growth and Tibia Calcium and Phosphorus Concentration in uninfected and Eimeire acervulina-Infected Chicks, Poultry Science 68:1236-1240,1989.*

WATKINS, K.L., ve SOUTHERN, L.L., *Effect of Dietary Sodium Zeolites A and Graded Levels of Calcium on Growth, Plazma and Tibia Characteristics of Chicks. Poultry Science 70:2295-2303, 1991.*

WAY, J.T., .. *J. Royel Agricul. Soc. Engl. 11, 313, 1850.*

WEIGNER. G., *J. Landwirtsch., 60,111, 1912.*

YALÇIN, S., ERGÜN, A., ÇOLPAN, İ., KÜÇÜKERSAN, K., *Zeolitin Yumurta Tavukları Üzerindeki Etkileri. Lalahan Hayvan Araştırma Dergisi. Cilt:27, 1-4, S:28-49'dan Ayri Basım, 1987.*

VII. BEŞ YILLIK KALKINMA PLANI, ÖZEL İHTİSAS KOMİSYONU RAPORU, *Diğer End. Mineralleri, C.1, Ankara, 1996.*

YÖRÜKOĞULLARI, E., *Doğal Zeolitlerde Fiziksel Adsorpsiyon Uygulamaları.* Anadolu üniversitesi, Eskişehir, 1997.

YÜCEL, H. ve ÇULFAZ, A., *O.D.T.Ü. Uyg. Arş. Dergisi, 3, 10, 1984.*

ZHANG, Z.S., HUANG, R.L., LI, F., *Study on Feeding Broilers with Natural Zeolites Poultry Abst. 20(4):103 Abst. No: 846, 1994.*