



**TUZ ÇEŞİTLERİNİN MİNERAL MADDE, AĞIR METAL
KONSANTRASYONLARI VE POTASYUM FERROSİYANÜR İÇERİĞİ**

GİZEM ŞÖFÖRTAKIMCI

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ömer ÖKSÜZ

2022

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TUZ ÇEŞİTLERİNİN MİNERAL MADDE, AĞIR METAL KONSANTRASYONLARI
VE POTASYUM FERROSIYANÜR İÇERİĞİ

GİZEM ŞÖFÖRTAKIMCI
ORCID: 0000-0002-4074-4771

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Danışman: Prof. Dr. Ömer ÖKSÜZ

TEMMUZ-2022
Her hakkı saklıdır.

ÖZET

TUZ ÇEŞİTLERİNİN MİNERAL MADDE, AĞIR METAL KONSANTRASYONLARI VE POTASYUM FERROSIYANÜR İÇERİĞİ

Gizem ŞÖFÖRTAKIMCI

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ömer ÖKSÜZ

Bu araştırmada piyasada iyotlu ve iyotsuz tuz olarak satışı sunulan farklı firmalara ait toplamda 8 adet olmak üzere kaya tuzu, deniz tuzu, göl tuzu ve himalaya tuzu örnekleri ağır metal ve mineral madde (Na, Mg, K, Ca, P, Fe, Cu, B, Mn, Zn, Al, As, Bi, Cd, Co, Cr, Mo, Ni, Pb, Pt, Sb, Se, Sn ve Hg) içerikleri ICP-OES yöntemi ile belirlenmiştir. Araştırmadaki tuzlarda ağır metaller arasından Al elementi tespit edilmiş olup, Zn, Cr, Hg içeriğine rastlanmamıştır. Al elementi en yüksek iyotsuz göl tuzunda (0,12 mg/kg) bulunmuştur. Gıda Katkı Maddeleri FAO/WHO Ortak Uzmanlar Komitesi JECFA tarafından belirlenen vücut ağırlığı başına haftalık tolere edilebilir alüminyum alım değerine (2 mg/kg) göre tüm tuz çeşitlerinde tespit edilen miktarın, insan sağlığı açısından risk oluşturmayacak kadar az olduğu görülmüştür. Bulunan mineral madde ve ağır metal konsantrasyonları daha önce yapılmış olan çalışmalar ile kıyaslanmış ve günlük tavsiye edilen element miktarınının 6 g tuz tüketen yetişkin bir birey için karşılanma yüzdesi belirlenmiştir. Sodyum elementinin vücut için temininde tuzun önemli bir kaynak olduğu ancak Mg, K, C, P, Fe gibi elementleri için uygun bir kaynak olarak değerlendirilemeyeceği görülmüştür. Ayrıca çalışmamızdaki iyotlu tuz örneklerinin içerdiği iyot miktarınının Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliği'nde belirtilen iyotlu tuzlara katılması gereken iyot değerini karşılamadığı görülmüştür. Örneklerin topaklanma önleyici madde olarak kullanılan potasyum ferrosiyandır içerikleri Spektrofotometre yöntemi ile belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre iyotlu göl tuzu örneğinin potasyum ferrosiyandır konsantrasyonu 10,52 mg/kg iken diğer yedi örnekte tespit edilememiştir. Tüm örneklerin bu katkı maddesi açısından Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde belirtilen sınırlar içerisinde kaldığı ve insan sağlığı üzerine herhangi bir zararlı etkisinin olmayacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Göl tuzu, Deniz tuzu, Himalaya tuzu, Kaya tuzu, Mineral madde, Potasyum ferrosiyandır

ABSTRACT

MINERAL MATERIAL, HEAVY METAL CONCENTRATIONS AND POTASSIUM FERROCIANIDE CONTENT OF SALT VARIETIES

Gizem ŞÖFÖRTAKIMCI

Department of Food Engineering

MSc. Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Ömer ÖKSÜZ

In this study, heavy metal and the mineral matter (Na, Mg, K, Ca, P, Fe, Cu, B, Mn, Zn, Al, As, Bi, Cd, Co, Cr, Mo, Ni, Pb, Pt, Sb, Se, Sn ve Hg) contents of 8 samples of the iodized and non-iodized varieties of rock salt, sea salt, lake salt and himalayan salt collected from the market has been studied by ICP-OES method. Al element has been detected among the heavy metals in the researched salts and Zn, Cr and Hg content has not been detected. The highest Al element was found in the non-iodized lake salt (0,12 mg/kg). Al amount detected in the salt variety seems to be not threatening human health according to weekly tolerable aluminum amount (2 mg/kg) per body mass defined by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) studies. The results of mineral content and heavy metal concentrations that found has compared by the previous researches and the coverage percentage of advised daily mineral content need of an adult human who consumes 6 g salt in a day has been determined. It has been seen that salt is an important source for the Na need of human body but for the substances like Mg, K, Ca, P, Fe, salt is not a viable source. In addition, it was seen that the amount of iodine contained in the iodized salt samples in our study did not meet the iodine value required to be added to the iodized salts specified in the Turkidh Food Codex Salt Communique. According to the results of analysis, iodized lake salt sample has 10,52 mg/kg potassium ferrocyanide content but other 7 salt samples has no content. All analyze results of the samples are in the suitable values of potassium ferrocyanide content stated in the Turkish Food Codex Regulation on Food Additives and according to that Codex, it has been seen that none of them has any toxic effect on human health.

Keywords: Lake salt, Sea salt, Himalayan salt, Rock salt, Mineral matter, Potassium ferrocyanide

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
SİMGELER DİZİNİ	vii
KISALTMALAR DİZİNİ	ix
TEŞEKKÜR	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Özeti.....	3
1.1.1. Tuzun Sağlık Üzerine Etkisi	3
1.1.2. Türkiye'deki Tuz Tüketimi	6
1.1.3. Çeşitli Tuzların Mineral Madde ve Ağır Metal İçerikleri	7
1.2. Tezin Amacı ve Literatüre Sağladığı Katkı	10
2. MATERYAL VE YÖNTEM	11
2.1. Materyal	11
2.2. Yöntem	11
2.2.1. Mineral Madde ve Ağır Metal Analizi	11
2.2.2. Potasyum Ferrosiyanyür Analizi	13
2.2.3. İstatiksel Analiz	15
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	16
3.1. Tuz Örneklerinin Mineral Madde ve Ağır Metal İçerikleri	16
3.1.1. Kaya Tuzu Örneklerinin Element İçerikleri	16
3.1.2. Deniz Tuzu Örneklerinin Element İçerikleri	18
3.1.3. Göl Tuzu Örneklerinin Element İçerikleri.....	21
3.1.4. Himalaya Tuzu Örneklerinin Element İçerikleri	23
3.1.5. Tuz Çeşitlerinin Element İçeriklerinin Kıyaslanması.....	25
3.1.6. Mineraller için Günlük Referans Değerleri	29
3.2. Tuz Çeşitlerinin Potasyum Ferrosiyanyür İçerikleri.....	32
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	34
KAYNAKLAR	37
EKLER	40

EK- 1. İYOTLU VE İYOTSUZ KAYA TUZU ÖRNEKLERİNİN İSTATİKSEL ANALİZİ.....	40
EK-2. İYOTLU VE İYOTSUZ DENİZ TUZU ÖRNEKLERİNİN İSTATİKSEL ANALİZİ.....	41
EK-3. İYOTLU VE İYOTSUZ GÖL TUZU ÖRNEKLERİNİN İSTATİKSEL ANALİZİ.....	42
EK-4. İYOTLU VE İYOTSUZ HİMALAYA TUZU ÖRNEKLERİNİN İSTATİKSEL ANALİZİ.....	43
EK-5. İYOTSUZ TUZ ÖRNEKLERİNİN İSTATİKSEL ANALİZİ.....	44
EK-6. İYOTLU TUZ ÖRNEKLERİNİN İSTATİKSEL ANALİZİ.....	48
EK-7. İYOTSUZ TUZ ÖRNEKLERİNİN DUNCAN TESTİ SONUÇLARI.....	52
EK-8. İYOTLU TUZ ÖRNEKLERİNİN DUNCAN TESTİ SONUÇLARI	55



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Tuz ve Tuz İkamelerinde Kullanılabilecek Katkı Maddelerinin Mevzuattaki Değerleri	6
Çizelge 2.1. ICP-OES Cihazının Çalışma Koşulları	12
Çizelge 3.1. İyotsuz ve İyotlu Kaya Tuzu Örneklerinin Element İçerikleri (ppm)	16
Çizelge 3.2. Kaya Tuzu Örneklerinin Literatür Değerleri İle Karşılaştırılması (ppm)	17
Çizelge 3.3. İyotsuz ve İyotlu Deniz Tuzu Örneklerinin Element Derişimleri (ppm)	19
Çizelge 3.4. Deniz Tuzu Örneklerinin Literatür Değerleri İle Karşılaştırılması (ppm)	20
Çizelge 3.5. İyotsuz ve İyotlu Göl Tuzu Örneklerinin Element Derişimleri (ppm)	21
Çizelge 3.6. Göl Tuzu Örneklerinin Literatür Değerleri İle Karşılaştırılması (ppm)	22
Çizelge 3.7. İyotsuz ve İyotlu Himalaya Tuzu Örneklerinin Element Derişimleri (ppm)	23
Çizelge 3.8. Himalaya Tuzu Örneklerinin Literatür Değerleri İle Karşılaştırılması (ppm)	24
Çizelge 3.9. İyotlu ve İyotsuz Tuz Çeşitlerinin Element Derişimleri (mg/kg)	26
Çizelge 3.10. İyotsuz Tuz Çeşitlerinin Element Derişimleri (mg/kg)	26
Çizelge 3.11. İyotlu Tuz Çeşitlerinin Element Derişimleri (mg/kg)	26
Çizelge 3.12. Elementlerin Günlük Tavsiye Edilen Miktarlarının Karşılama Oranları (%) ..	30
Çizelge 3.13. Tuz Çeşitlerinin Potasyum Ferrosiyandır İçeriği	33

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Kaya tuzu [3]	2
Şekil 1.2. İri taneli deniz tuzu [5]	2
Şekil 1.3. Göl tuzu	3
Şekil 1.4. Himalaya tuzu [7]	3
Şekil 3.1. Tuz çeşitlerinin potasyum, magnezyum, kalsiyum, fosfor ve demir içerikleri	28
Şekil 3.2. Tuz çeşitlerinin sodyum, alüminyum ve iyot içerikleri.....	28



SİMGELER DİZİNİ

Ag	Gümüş
Al	Alüminyum
As	Arsenik
B	Bor
Ba	Baryum
Bi	Bizmut
Br	Brom
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Cl	Klor
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cs	Sezyum
Cu	Bakır
F	Flor
Fe	Demir
Hg	Cıva
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Mo	Molibden
Na	Sodyum
Ni	Nikel
P	Fosfor
Pb	Kurşun
Ppb	$\mu\text{g/kg}$
Ppm	mg/kg
Pt	Platin
Rb	Rubidyum
S	Kükürt
Sb	Antimon
Sc	Skandiyum

Sm	Samaryum
Sr	Stronsiyum
Ta	Tantal
Tb	Terbiyum
Th	Toryum
V	Vanadyum
Zn	Çinko



KISALTMALAR DİZİNİ

AAS	Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi
EDX	Enerji Dağılımlı X Işını (Energy-Dispersive X-Ray)
EFSA	Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
FAAS (AAAS)	Alev Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
FDA	Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi
FTIR	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
ICP-AES	İndüktif Eşlenmiş Plazma Atomik Emisyon Spektrometresi
ICP-MS	İndüktif Eşlenmiş Plazma Kütle Spektrometresi
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi
JECFA	Gıda Katkı Maddeleri FAO/WHO Ortak Uzmanlar Komitesi
LOD	Gözlenebilme Sınırı (Limit of Detection)
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
XRF	X Işını Floresans

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın konusunun belirlenmesinden düzenlenmesine ve eksikliklerin giderilip tamamlanmasına kadar tüm aőamalarında desteklerini esirgemeyen saygıdeğer danıőmanım Prof. Dr. Ömer ÖKSÜZ hocama teőekkürlerimi sunarım. Her zaman yanımda olan ve bana bu çalıőmayı yapmam konusunda en büyük destekçilerim olan annem, babam Sabriye ve Őukr YILDIZ ile sevgili eőim Alp ŐFRTAKIMCI'ya en içten teőekkürlerimi bildiririm.

Gizem ŐFRTAKIMCI

Gıda Mühendisi



1. GİRİŞ

Sofra tuzu insanlığın ilk çağlarından beri çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Eskiden gıdaların lezzetini ve dayanıklılığını artırmak için kullanılan tuz, günümüzde sanayi ve sağlık sektöründe de çok fazla kullanılan gıda maddesi haline gelmiştir. Plinius da tuzun önemini “canlı için değil, insanlık için önemli bir element” olarak belirtmektedir [1].

Eski adıyla Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığınca 16.08.2013 tarihinde yürürlüğe konulan Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliğinin (Tebliğ No:2013-48) amacı, “Gıda olarak tüketime uygun olan işlenmiş tuzun tekniğine uygun ve hijyenik şekilde üretim, hazırlama, işleme, muhafaza, depolama, taşıma ve pazarlamasını sağlamak üzere bu ürünlerin özelliklerini belirlemektir” olarak bildirilmiştir. Bu tebliğ kapsamında işlenmiş veya yeraltı kaynak tuzlarına ait bazı özellikler belirtilmektedir [2].

Tuz, kimyada sodyum klorür olarak adlandırılmaktadır. %60’ı klorürden oluşurken %40’ı sodyumdan oluşmaktadır. Besinlerde doğal olarak bulunmasının yanı sıra göl, deniz ve kayalardan da elde edilebilir. Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliğine göre işlenmiş tuz; ana maddesi sodyum klorür olan ve insan tüketimine uygun nitelikte üretilen deniz, göl ve kaya tuzlarıdır. İşlenmiş tuzun rafine edilmeden veya yıkanmadan piyasaya sunulması yasaktır.

Günümüzde belli başlı kaynaklardan tuz üretimi yapılmaktadır. Bunlardan biri himalaya tuzu ve kaya tuzunun elde edildiği yeraltı madenciliği diğeri ise deniz tuzu ve göl tuzunun elde edildiği doğal kaynak sularıdır.

Kaya tuzu, içeriğinde değişen safsızlık oranına bağlı olarak saydam veya yarı saydam grimsi, beyaz, sarı, turuncu, pembe ve kahverengi gibi çeşitli renklere sahip önemli tuz kaynaklarından biridir. Türkiye’de Çankırı, Gülşehir, Tepesidelik, Sekili, Kağızman ve Tuzluca gibi belli başlı bölgelerde üretilmektedir. Bu tuz çeşidi oda-topuk yöntemi ile üretilmektedir. Bu yöntemle üretilen tuz, yerüstü kaynaklarından elde edilen tuza göre miktar yönünden daha azdır. Kaya tuzu ile oluşturulan terapik uygulamalara dayanan tuz terapisinin havadaki pozitif yüklü iyonları nötr hale getirerek astım, bronşit gibi üst solunum yolları hastalıkları için olumlu sonuçlar verdiği düşünülmektedir [3].



Şekil 1.1. Kaya tuzu [3]

Deniz tuzu, Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliği (Tebliğ No: 2013/48)'ne göre “deniz suyundan tekniğine uygun olarak üretilen tuz” olarak tanımlanmaktadır. Deniz suyunun derin olmayan özel havuzlara aktarılması ve burada güneş ışığı yardımıyla suyunun buharlaştırılmasıyla elde edilmektedir. Denizler, dünyamızın en büyük tuz rezervlerini oluşturmaktadır. Avrupa'nın Akdeniz ve Atlantik'teki tuzlarında, deniz suyundan elde edilen tuzlarda genellikle % 77-78 oranlarında NaCl içerirken az miktarda KCl ve MgSO₄, çok miktarda MgCl₂ içerdiği gözlenmiştir. Bu bölgelerde saf tuz elde edilmesi için deniz suyunun güneş ve rüzgar ile buharlaştırılarak bu belirtilen bileşiklerin çöktürülmesi işlemi uygulanması gerekmektedir. Bu amaçla deniz suyu uygun konsantrasyona getirilmelidir [4].



Şekil 1.2. İri taneli deniz tuzu [5]

Ülkemizde tuz eldesindeki en önemli göl Tuz gölüdür. Ülkemizde bulunan göl tuzları burada konuşlanmaktadır. Bunlar Yavşan, Kayacık ve Kaldırım tuzlarıdır [6]. Göl, deniz ve diğer kaynak sularına uygulanan evaporasyon işlemi suyun buharlaştırılarak tuzun kristalleşmesinin sağlanması esasına dayanır. Tuzlu göl sularından tuz eldesi için uygulanan yöntem deniz tuzu eldesindeki yöntem ile aynıdır. Göl tuzu üretiminde, alınan tuzlu su buharlaştırma havuzlarında buharlaştırılır daha sonra kristalizatöre alınan tuz kristalleştirilerek, tuz elde edilir [4].



Şekil 1.3. Göl tuzu

Himalaya tuzu, Pakistan'ın Kherva bölgesinde çıkarılan, 'kristal tuz' diye de adlandırılan, beyaz, pembe ve kırmızı gibi değişik renklerde olan bir çeşit kaya tuzudur. İçerdiği iz mineraller sebebiyle genellikle pembemsi bir renk tonuna sahiptir. Himalaya tuzunun sağlık üzerine faydalı etkileri olduğu söylenmekte olup bu konuda sınırlı sayıda araştırma bulunduğundan bu söylemin doğruluğu kanıtlanamamıştır [7].



Şekil 1.4. Himalaya tuzu [7]

Kaliteli bir tuz elde etmek ya da yeni özellikler kazandırmak amacıyla tuza birtakım kimyasallar eklenmektedir. Günümüzde kullanımını artan ve Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından üst düzey toksik madde olması sebebiyle yasaklanan E-536 kodlu "Potasyum Ferrosiyaniür" tuzda topaklanmayı önleyici madde olarak kullanılmaktadır. Potasyum ferrosiyaniür kimyasal formülü $K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$ olan bir bileşiktir [8].

1.1. Literatür Özeti

1.1.1. Tuzun Sağlık Üzerine Etkisi

Gıdalarda kullanımının yanı sıra kozmetik sektöründe de sıkça kullanılan deniz tuzu üzerine yapılan çalışmalarda insan sağlığı için önemli olan iyot elementini yüksek konsantrasyonlarda içerdiği tespit edilmiştir [9]. Bu çalışmalarda 1 m³ havada 1 mikro gram

iyot bulunduğu ve bu miktarın denizin üzerinde bulunan havada daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu orana göre denizden uzakta yaşayan bölge insanlarında halk tarafından iyot eksikliği hastalığı olarak bilinen Guatr hastalığının sıkça görüldüğüne inanılmaktadır [4].

Yapılan araştırmalar, aşırı tuz tüketimi ile birçok hastalığın ilişkili olduğunu ortaya koyarken, yetersiz tuz tüketiminin de insan sağlığı için zararlı etkiye sahip olacağını öne sürmüştür. Aşırı tuz tüketimi hipertansiyon başta olmak üzere böbrek hasarı gibi önemli sağlık sorunlarına neden olmaktadır [10].

Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Kalp, Akciğer ve Kan Enstitüsü (National Heart Lung and Blood Institute (NHLBI))'nün yayımlanmış olduğu Hipertansiyonu Durdurmak İçin Diyet Yaklaşımları (DASH) programında kalp dostu bir beslenme planı için sodyumun (tuz), doymuş ve trans yağların, ilave şekerlerin ve alkolün sınırlanması gerektiğini belirtmiştir. Bu plana göre 14 yaşın üzerindeki yetişkinlerin ve çocukların günde 2300 miligramdan az sodyum tüketmesi önerilmektedir. Yüksek tansiyonu olan bireylerin sodyumu daha da sınırlamasının sağlık açısından faydalı olduğunu belirten NHLBI, 14 yaşından küçük çocuklarda cinsiyete ve yaşlarına bağlı olarak daha az sodyum tüketmelerinin gerekliliği üzerinde durmuştur. Bu program kapsamında sodyum alımını azaltan katılımcıların kan basıncında düşmeler gözlemlendiği raporlanmıştır [11].

Günlük ihtiyacın üzerinde sodyum tüketen bireylerin hepsinde hipertansiyon görülmeyebilir ancak bu durum kan basıncını yükselterek kalp hastalıklarına sebep olmaktadır [12]. Kan basıncını tek başına sodyumdan çok, klorür iyonuyla birlikte oluşturduğu sodyum klorürün artırdığı ileri sürülmektedir [13].

Yapılan çalışmalar fazla tuz tüketiminin kardiyovasküler hastalıklara neden olabileceğini göstermiştir [14]. 2012 yılındaki WHO verilerinde tahminen 17,5 milyon kişinin kardiyovasküler hastalıklar sebebiyle öldüğü tespit edilmiştir. Bu hastalıklardaki en önemli riskin; aşırı tuz tüketimi de dahil olmak üzere sağlıksız beslenme, sigara kullanımı, fiziksel aktivite yetersizliği kaynaklı olduğu belirtilmiştir [15].

Böbrek hastalıkları, dünyada çok sık görülmesinin yanı sıra ülkemizde de görülen ve gittikçe sıklığı artan önemli bir sağlık problemidir. T.C. Sağlık Bakanlığı'na göre böbrek hastalığının temel nedenleri arasında aşırı tuz tüketimi dahil olmak üzere diyabet, kalp-damar hastalıkları, hipertansiyon, obezite ve sigara kullanımı gösterilmektedir [16].

Yüksek oranlarda tuza sahip gıdaların tüketimi mide mukozasına zarar vererek, mide kanserine neden olabilir [15]. Son 50 yılda batı ülkelerinde görülen mide kanseri oranındaki önemli miktarda düşüşün, buzdolabı kullanımının yaygınlaşması sonucunda gıdaların korunması için tuzun daha az kullanılması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir [17].

Son yıllarda yapılan araştırmalar doğrultusunda fazla tuz tüketiminin, metabolik kemik rahatsızlığı olan osteoporoz hastalığında artışa sebep olduğu belirtilmektedir [18]. Vücuda alınan yüksek tuz miktarının, kalsiyumun yeniden emilimini azaltarak vücuttan atılımını artırdığı ve sayısal olarak ifade edilecek olursa vücuda alınan 2290 mg sodyumun yaklaşık 40 mg kalsiyum kaybına sebep olduğu görülmüştür. Günde 40 mg kalsiyum kaybının 10 yılda %10 kemik kaybına yol açtığı görülmüştür [19].

Tuz sadece sodyumdan oluşmaz, içerisinde klor iyonu da bulundurur. Yapılan çalışmalarda klorun vücut çalışması için önemli olduğu belirtilmekte olup, aşırı tuz tüketiminde olduğu gibi yetersiz tuz tüketiminin de sağlık açısından zararlı sonuçlara yol açabileceği ileri sürülmüştür. Dengeli tuz tüketiminin vücudumuzda sıvı ve elektrolit dengesini sağladığı ve böylece kan basıncını dengede tutmak gibi yaşamsal fonksiyonlara yönelik faydalı etkiye sahip olduğu belirtilmiştir [20]. Tuz eksikliğinin kısa vadede zayıflamaya ve sinirliliğe yol açtığı, uzun vadede ise kan basıncının düşmesine neden olduğu belirtilmektedir. Yapılan çalışmalarda daha ileri aşamalarda tuz yetersizliğinin koma ve ölüm getirebileceği tespit edilmiştir [21].

Günümüzde kullanımı artan ve tuzda topaklanmayı önleyici madde olarak kullanılan “potasyum ferrosiyanyür” bileşiğinin Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği’nde belirtilen sınırları Çizelge 1.1’de verilmiş olup bu sınırlar içerisinde kullanıldığı takdirde insan sağlığı üzerine herhangi bir zararlı etkisinin olmayacağı belirtilmiştir.

Çizelge 1.1. Tuz ve Tuz İkamelerinde Kullanılabilecek Katkı Maddelerinin Mevzuattaki Değerleri

E-kodu ve adı	Maksimum miktar (mg/l veya mg/kg)	Sınırlamalar/İstisnalar
E 535 Sodyum ferrosiyanür	20 mg/kg	Susuz potasyum ferrosiyanür cinsinden
E 536 Potasyum ferrosiyanür		Tek başına veya birlikte
E 538 Kalsiyum ferrosiyanür		
E 551-559 Silikon dioksit— silikatlar	10 mg/kg	

Yapılan araştırmalar neticesinde düşük dozlarda kullanılan potasyum ferrosiyanürün toksik etkiye yol açmadığını belirten Avrupa Gıda Güvenliği Kurumu (EFSA) E-536 kodlu bu katkı maddesinin tuz ve tuz ikamelerinde kullanım miktarını maksimum 20 mg/kg (susuz potasyum ferrosiyanür cinsinden) olarak sınırlamıştır [22]. Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından üst düzey toksik madde olmasından dolayı bu maddenin gıdalarda katkı maddesi olarak kullanımı yasaklanmıştır. FAO/WHO Gıda Standartlarına göre ise bu gıda katkı maddesinin tuzdaki yasal sınırının 14 mg/kg olduğu belirtilmektedir [23].

1.1.2. Türkiye’deki Tuz Tüketimi

Tuz insanoğlunun en eski dönemlerinden beri tüketilmekte olan bir gıda maddesidir. Besinlerde lezzet artırmadan gıdaları korumaya kadar birden fazla amaç için kullanılmaktadır. Son zamanlarda tuz tüketimini azaltmaya yönelik yapılan çalışmalar başarı göstermiş ancak, işlenmiş besinlerin kullanım miktarındaki artış ile tuz kullanımı tekrardan yükselişe geçmiştir [24].

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ‘ne göre yetişkin bir birey için günlük en fazla 5 g tuz tüketilmesi önerilmektedir. Bu değer Türk Gıda Kodeksi Gıda Etiketleme ve Tüketicileri Bilgilendirme Yönetmeliği’ne göre 6 g olarak belirtilmiştir [25].

Ülkemizde 2008 yılında Türk Hipertansiyon ve Böbrek Hastalıkları Derneği tarafından gerçekleştirilen SALTurk-1 çalışmasında tuz tüketiminin günlük 18 g olduğu saptanmış olup, 2012 yılındaki “Türkiye’de Tuz Tüketimi (SALTurk-2)” isimli çalışmada ise günlük tuz tüketimimizin 15 g’a düşerek biraz da olsa azaldığı ancak hala önerilen değer üzerinde olduğu

ve bu değerin sağlığı olumsuz etkileyecek seviyede olduğu belirtilmiştir [26]. 2017 yılında Sağlık Bakanlığının gerçekleştirmiş olduğu Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırmasına göre ise kişi başına düşen günlük tuz tkretiminin 10,2 g olduğu tespit edilmiştir. Bu değerin hala önerilenin üzerinde olması sebebiyle Sağlık Bakanlığı günümüzde de tuz tkretimini azaltma amaçlı çalışmalarına devam etmektedir [27].

Aşırı tuz tkretiminin önüne geçmek için ülkemizde uygulanan ‘‘Türkiye Aşırı Tuz Tkretiminin Azaltılması Eylem Planı’’ isimli bir plan yer almaktadır. 2011 yılında oluşturulan ve günümüze kadar güncellenerek gelen bu eylem planında tuz tkretimine neden olan majör faktörler saptanıp, bunu azaltmaya yönelik hedefler belirlenmektedir [15]. Öncelikle 2011-2015 yılını kapsayan Eylem Planında ekmek, salça, zeytin ve peynir gibi işlenmiş gıdaların tuz oranının azaltılması ile başlanmış, 2016-2021 yılı Eylem Planı ile güncellemeye gidilmiş, konu ile alakalı farkındalık ve bilinçlendirme çalışmaları yapılmıştır. Çalışmalarda toplu tkretim yerlerinin menlerindeki yiyeceklerin tuzu gerektiği kadar azaltılmış ve masalarda tuz bulundurulmaması sağlanmıştır. Özellikle ambalajlı gıdalarda tuzun azaltılması, toplum sağlığının korunması amacıyla büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle ülkemizde bu eylem planı kapsamında Türk Gıda Kodeksinin ilgili tebliğlerinde güncelleme yapılmış ve uyum zorunluluğu getirilmiştir.

1.1.3. Çeşitli Tuzların Mineral Madde ve Ağır Metal İçerikleri

Heo ve ark [28] çalışmalarında ticari olarak satılan tuzun mineral ve ağır metal içeriğini incelemişlerdir. ICP-AES/MS yöntemlerinin kullanıldığı çalışmada, Kore tuzlarının Mg ve K içeriğinin ithal edilen tuzlara göre nispeten yüksek çıktığı görülmüştür. Çalışmada hem ticari hem de laboratuvar yapımı örneklerin As, Hg ve Ni içermediği tespit edilirken, ticari tuzların ortalama 0,1 ppm Cd içerdiği, laboratuvar yapımı tuzun ise ortalama 0,28 ppm Pb içerdiği belirtilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, Avusturya, Almanya, Pakistan, Polonya, İsviçre ve Ukrayna'dan temin edilen 18 adet kaya tuzu numunesi eser element içerikleri açısından incelenmiştir. Tespit edilen elementler Al 6x10⁴ ppb, Ca 2x10⁶ ppb, Sc 0,2 ppb, Cr 300 ppb, Mn 7x10⁴ ppb, Zn 100 ppb, Fe 3100 ppb, Co 3ppb, Br, 310 ppb, Sr 2350 ppb, Rb 150 ppb, Sb 4 ppb, Cs 4ppb, Ba 5600 ppb, La 270 ppb, Ce 280 ppb, Sm 40 ppb, Eu 41 ppb, Tb 2 ppb, Hf 11 ppb, Ta 1 ppb, Th 15 ppb olarak belirlenmiştir. Alınan sonuçlara göre beslenmede kaya tuzu kullanımının günlük önerilen eser element alımına önemli bir katkı sağlamadığı sonucuna varılmıştır [29].

Titler ve Curry [30] çalışmalarında çeşitli kaya tuzu örneklerini inceleyerek mevcut kaya tuzu bileşimini belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmada yapılan tüm metal analizler ICP metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. ICP-MS yöntemiyle analizi yapılan kaya tuzu örneklerinin ortalama Al derişimi 41,6 ile 256 mg/kg arasında, Br derişimi 4,18 ile 5,2 mg/kg arasında, Ca derişimi 3473 mg/kg, Cl derişimi 590000 ile 606000 mg/kg arasında, I derişimi 18,1 ile 324 mg/kg arasında, Mg derişimi 256 ile 1386 mg/kg arasında, Mn derişimi 2,0 ile 5,2 mg/kg arasında, K derişimi 119 ile 295 mg/kg arasında, Na derişimi 371,606 ile 400,015 mg/kg arasında bulunmuştur.

Yalçın ve Mutlu [31] araştırmasında, himalaya tuzu, kaya tuzu, deniz tuzu, göl tuzu, kaynak tuzu ve indirgenmiş sodyum tuzu olmak üzere 6 çeşit tuz örneğini yapılarını farklı yöntemlerle incelemiştir. Yapılan SEM (EDX), ICP, XRF ve FTIR çalışmaları neticesinde farklı sonuçlara ulaşılmış olup ICP metodu kullanılarak incelenen tuz örneklerindeki sırasıyla Al, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Na, P derişimleri; kaynak tuzu, <5 mg/kg, 2123,5 mg/kg, <5 mg/kg, 17,78 mg/kg, 265,15 mg/kg, 144,85 mg/kg, 374150 mg/kg, 2,275 mg/kg; Himalaya tuzu, <5 mg/kg, 178,1 mg/kg, <5 mg/kg, 5,59 mg/kg, 552,3 mg/kg, <5 mg/kg, 378700 mg/kg, <5 mg/kg; Kaya tuzu, <5 mg/kg, 1044,75 mg/kg, <5 mg/kg, 11,595 mg/kg, 283,95 mg/kg, 89,56 mg/kg, 368900 mg/kg, 2,197 mg/kg; Deniz tuzu, 5,629 mg/kg, 7944 mg/kg, <5 mg/kg, 13,465 mg/kg, 9278,5 mg/kg, 10395 mg/kg, 325900 mg/kg, 3,421 mg/kg; Göl tuzu, 3,213 mg/kg, 1827,5 mg/kg, <5 mg/kg, 8,469 mg/kg, 4048 mg/kg, 379 mg/kg, 339000 mg/kg, <5 mg/kg olarak tespit edilmiştir.

Nafees ve ark [32] tarafından yapılan çalışmada Pakistan'daki farklı tuz çeşitlerinin içerdiği ağır metal konsantrasyonları incelenmiştir. Bu amaçla çalışmada, Pakistan'ın farklı bölgelerinden yedi numune toplanmış ve dört temel element (Fe, Zn, Mn ve Co) ve üç temel olmayan ağır metal (Cu, Cd ve Ni) için analiz edilmiştir. Yenilebilir Khewra cinsi 21,182 mg/kg ile Fe bakımından, Gawadar deniz tuzu 28,61 mg/kg ile Zn bakımından zengin bulunmuştur. Karaçi deniz tuzu ve yenilebilir Khewra tuzunda Kobalt sırasıyla 10,02 ve 10,01 mg/kg olarak bulunmuştur. Benzer şekilde Cu, Cd ve Ni gibi temel olmayan ağır metallerin konsantrasyonlarının Khewra tuzunda sırasıyla 4,04 mg/kg, 79,75 mg/kg ve 8,20 mg/kg ortalama değeriyle nispeten yüksek olduğu görülmüştür.

Aksel [33] Türkiye'nin Iğdır-Tuzluca bölgesinden elde edilen kaya tuzu numunelerindeki bazı eser metal düzeylerinin tayini amacıyla yapmış olduğu çalışmada ICP-

MS yöntemini kullanmış ve sonuçları ilgili standartlarla karşılaştırmıştır. Yaptığı analiz ile numunelerin Cd, Cr, Se, Hg içermediği ancak vücut için gerekli olduğu düşünülen elementlerden Mo, Cu, Zn ve Mn ile sağlık açısından zararlı olan elementlerden Pb ve As elementlerinin her iki numunede de tespit edildiği görülmüştür. Çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar, Türkiye ve bazı komşu ülkelerde çıkarılan kaya tuzu numunelerinin analiz sonuçları ile de karşılaştırılmış ve Kars Kağızman'dan elde edilen numunelerin bu numunelere göre daha yüksek oranda faydalı element ve daha düşük oranda (As hariç) zararlı element içeriğine sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Papp [34] araştırmasında Himalaya tuzunun özellikleri hakkındaki bilgilerin listesini genişletmek amacıyla iki tuz örneğini (tuz plakası ve öğütülmüş tuz) SEM/EDS yöntemiyle incelemiştir. Çalışmada örneklerde sodyum ve klor elementine ek olarak dokuz element (Cl, Na, O, S, Ca, K, Mg, Si, Al, Fe, F) tespit edilmiştir. Sonuçlar, numunelerin hem morfolojik hem de kimyasal olarak heterojen olduğunu ve bölgeye bağlı olarak farklı sonuçlar elde edildiğini göstermiştir.

Hassan ve ark [35] yapmış oldukları çalışmada Khewra ve Kalabagh tuz madenlerinden toplanan Himalaya tuzunun nem içeriği, suda çözünmeyen maddeler, kalsiyum, magnezyum, sülfat içeriği ve Fe, Cu gibi eser mineraller açısından incelemiştir. Atomik absorpsiyon spektrometresi ile örneklerin Cd, Pb, As, Ag ve Zn içerikleri belirlenmiştir. Belirtilen sonuçlara göre bakır konsantrasyonu 0,2–1,85 mg / kg arasında; manganez 0,21-0,42 mg / kg arasında; çinko 0,04-0,06 mg / kg arasında; arsenik 0,12 ile 0,18 mg / kg arasında ve kurşun için 0.03 ile 0.05 mg / kg arasında bulunurken, kadmiyum içeriğinin ya yöntemin tespit limitlerinin altında ya da çok az miktarda olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İncelenen tüm parametrelerin konsantrasyonlarının Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından belirlenen sınırların altında olduğu görülerek tuz madenlerinden elde edilen himalaya tuzunun kullanımının güvenli olduğu sonucuna varılmıştır.

Eyüboğlu [36] Çankırı ilinde bulunan 3 farklı tuz ocağından toplamış olduğu 45 adet kaya tuzu örneğinin ağır metal (V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Mo ve Pb) içeriklerini X-ışını flüoresans spektrometresi kullanarak analiz etmiş ve ortalama derişimlerini sırasıyla 2,7 mg/kg, 2,3 mg/kg, 12,9 mg/kg, 504.0 mg/kg, 3,6 mg/kg, 1,9 mg/kg, 2,0 mg/kg, 0,1 mg/kg ve 1,4 mg/kg olarak tespit ederek numunelerin içerdiği elementleri $Fe > Mn > Ni > V > Cr > Zn > Cu > Se > Mo > Co$ olarak sıralamıştır. Çalışmada kaya tuzu örneklerinin K, P, S, Ca ve Mg ortalama değerleri sırasıyla 291 mg/kg, 114 mg/kg, 6162 mg/kg, 5531 mg/kg ve 1340 mg/kg olarak

bulunurken, Cl, I ve Br'nin ortalama değerleri sırasıyla 21976 mg/kg, 2,2 mg/kg ve 4,27 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Eyüboğlu bu çalışması ile kaya tuzu tüketilmesinin ağır metal açısından herhangi bir sağlık riski oluşturmadığını ortaya koymuştur.

Üstek [37] çalışmasında piyasada paketli olarak satılmakta olan 6 farklı kaya tuzu markasına ait numunelerde ağır metal analizleri yapmıştır. Alınan tuz numuneleri JEOL JSM-6510 Scanning Electron Microscope cihazında 50 µm, 250 µm, 500 µm ve 1000 µm'lik ölçülere büyütülerek fotoğrafları çekilmiş, element analizlerinin yapılması için tuz numunelerinin her birine ilk önce mikrodalga cihazı kullanılarak numune yakma işlemi uygulanmış, daha sonra da element analizleri çeşitli standart çözeltiler kullanılarak ICP-MS NexION® 2000 (PerkinElmer® Inc., USA) cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda kaya tuzu numunelerinde sodyum ve klor elementlerinin yanında çeşitli miktarlarda Li, Be, B, Na, Mg, Al, K, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Co, Cu, Zn, Sc, Ga, Rb, Se, Ag, Cd, Sr, Cs, Y, Tl, Pb, U, Bi, Ba, U, Cs elementlerinden de bulunduğu tespit edilmiştir. Çalışmada özellikle HCl asidi ile hazırlanan numunelerde tespit edilen Pb metalinin 5000 ppb civarında bulunmasına dikkat çekilmiş, yüksek tuz tüketimi ile vücuda alınacak kurşun miktarının özellikle çocukların tükettiği tuz miktarının artması ile tehlikeli boyutlara ulaşacağı sonucuna varılmıştır.

1.2. Tezin Amacı ve Literatüre Sağladığı Katkı

Rafine edilmemiş tuz içerisinde canlı yaşamı için gerekli olan birçok elementi barındırmaktadır. İçerisinde bulundurduğu birçok mineral canlı için fayda sağlarken, dışarıdan eklenen veya içeriğinde doğal olarak bulunan bazı kontaminantlar sağlığı olumsuz etkilemektedir. Bu çalışma ile göl tuzu, kaya tuzu, deniz tuzu ve himalaya tuzu gibi gıda olarak tüketime uygun tuz çeşitlerinin mineral madde, ağır metal ve topaklanma önleyici madde olarak kullanılan potasyum ferrosiyanyür içerikleri incelenerek farklı kaynaklardan elde edilen yemeklik tuzların sağlık açısından değerlendirilmesine, çalışmanın sonunda bu içeriklerin analiz edilerek literatürde belirtilen sınır değerlerle karşılaştırılıp, güvenilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Ülkemizde perakende satış yerlerinde pek çok tuz çeşidi bulunmaktadır. Geçmiş yıllarda yapılan araştırmalarda bazı tuz çeşitleri için ağır metal ve mineral madde içerikleri incelenmiştir. Ancak bu konuda birçok tuz çeşidi hakkında çok az sayıda bilimsel çalışma bulunmaktadır. Ayrıca yapılan araştırmalar neticesinde günümüzde kullanımı giderek artan bir katkı maddesi olan 'Potasyum Ferrosiyanyür' içeriklerine ait bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada ortaya konulacak sonuçlar ile daha sonra yapılması planlanan diğer çalışmalara öncü bir çalışma olması sağlanacaktır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Araştırma materyali olarak piyasada satılan kaya, deniz, göl ve himalaya tuzlarının iyotlu ve iyotsuz olarak üretilen çeşitleri kullanılmıştır. Çalışmadaki örneklerin çoğu popüler büyük marketlerden temin edilmiş olup, ülkemizde tuz üretimi yapılan 6 adet kaya tuzu madeni, 2 adet deniz (İzmir/Çamaltı ve Balıkesir/Ayvalık Tuzlası) ve 3 adet göl tuzlası(Tuz Gölü, Seyfe Gölü ve Palas Gölü) arasından 6 farklı marka tuzu kapsamaktadır.

Örneklerin içerdiği Na, Mg, K, Ca, P, Fe, Cu, B, Mn, Zn, Al, As, Bi, Co, Cr, Mo, Ni, Pb, Pt, Sb, Se, Sn ve Hg miktarı analizleri Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü (NABİLTEM) laboratuvarında, Potasyum Ferrosiyanür analizi ise İstanbul Gıda ve Kontrol Laboratuvar Müdürlüğünde gerçekleştirilmiştir.

2.2. Yöntem

2.2.1. Mineral Madde ve Ağır Metal Analizi

Bu çalışmada tuz numunelerinin ağır metal ve mineral madde içerikleri analizi için kullanılan ICP-OES cihazının çalışma koşulları Çizelge 2.1.'de verilmiştir. ICP-OES, birçok numunenin eser elementlerin analizi için sık kullanılan bir tekniktir.

Çizelge 2.1. ICP-OES Cihazının Çalışma Koşulları

Cihaz İsmi	Spectro SpectroBlue SOP Model
Optik Sistem	Konfokal optik sistem (optimize Paschen-Runge birikim (ORCA) ve alüminyum yarım kabuk teknoloji.
Çözünürlük	165-285 nm aralığında 8 pikometer (pm), ve yüksek dalga boylarında 16 pm
Dedektör	SCD
Sisleştirici	Eş merkezli
Sprey Bölmesi	Siklonik
Plasma Gücü	1400 W
Pompa Gücü	30 rpm
Soğutma Akışı	12 l/min
Yardımcı Akış	1 l/min
Sisleştirici akışı	1 l/min

Araştırmada EPA 3052 metodu ile nitrik asit kullanılarak ön işlem gerçekleştirilmiştir. Kurutulmuş numunelerin asit ile parçalanmasını sağlamak amacıyla CEM MARS 6 markalı mikrodalga yakma ünitesi kullanılmıştır. Numunelerin içerdiği metal konsantrasyonlarını ölçmek amacıyla Spectro SpectroBlue markalı ICP-OES Cihazı kullanılmıştır. Bu yöntem metallerin plazmada atomlaşması ve plazma ışığı emisyonunun ölçülmesine dayanır. Radyo frekans halkasının içerisinden geçirilen argon gazı plazma oluşturur. Plazma sıcaklığı 6000K ile 8000K arasında değişir. Numuneler bir nebulayzerde aerosolleştirilerek plazmaya verilir. ICP'ye verilmeden önce numunelerin asit ve sıcaklık ile yakılması sağlanır [38].

İyice karıştırılmış kaya tuzu, deniz tuzu, göl tuzu ve himalaya tuzu örneklerinin iyotlu ve iyotsuz çeşitleri 60 °C'de etüvde kurutulmuştur. İyice kuruyan numuneler 0,001 g hassasiyetli terazide her bir çeşitten 0,5 g olacak şekilde tartılıp teflon mikrodalga yakma tüplerine alınmıştır. Tartılan numunelerin asitle parçalanmasını sağlamak için bir çeker ocak içerisinde üzerine 10 mL nitrik asit eklenmiştir. Elde edilen örnekler mikrodalga yakma sistemine uygun sıcaklık ve basınç sensörlerini ayarlanarak yerleştirilmiştir. Her numunenin

sıcaklığı yaklaşık 5,5 dakikada 180 ± 5 °C'ye çıkacak şekilde ayarlanmış ve 9,5 dakika boyunca 180 ± 5 °C'de tutulmuştur. Mikrodalga programının sonunda kaplar sistemden çıkarılmadan önce 5 dk soğumaya bırakılmıştır. Oda sıcaklığına yaklaşan kapların kapakları dikkatli bir şekilde açılarak çeker ocakta havalandırılmaya bırakılmıştır. Partikül içeren numuneler 10 dk süreyle 2000-3000 rpm'de santrifüjlenmiştir.

Numuneler hacimsel kaplara aktarılmış ve seyreltme işlemi yapılmıştır (50 mL'ye saf su ile tamamlandı). Her bir elementin konsantrasyonu SPECTROBLUE model İndüktif Eşleşmiş Plazma/Optik Emisyon Spektroskopisi (ICP-OES) cihazı ile belirlenmiştir. Analizi yapılacak olan elementlere ait standartlardan 1000 ppm'lik CPI International Analytical and Life Science Solutions marka stok çözeltisinden 10 ppm'lik ana stok hazırlanmıştır. Daha sonra analize uygun standartlara göre ana stok çözeltilerden seyreltme işlemi uygulanmıştır. Her bir element için kalibrasyon eğrileri çizilmiştir. Kör numune için de aynı işlemler uygulanmıştır. ICP-OES cihazında elementlerin konsantrasyonları ölçülürken cihaz kendiliğinden üç ölçüm yapmaktadır. Yapılan bu üç ölçümün ortalaması alınmıştır.

2.2.2. Potasyum Ferrosiyaniür Analizi

Bu çalışmada örneklerin "Potasyum Ferrosiyaniür" içeriğinin incelenmesi için Spektrofotometre cihazı ile EuSalt/AS 004-2008 metodu kullanılmıştır.

Prusya Mavisi Fotometrik Metot Prensibi

Asit içinde ferrosiyaniürler [Heksasiyanoferrat(II)] ve demir (II), demir(II) heksasiyanoferrat(II) kompleksi oluşturmaktadır. İçindeki demir (III) varlığı, bu bileşiği hızlı bir şekilde $F_4[Fe(CN)_6]_3$ (Prusya Mavisi) bileşiğine okside eder. Bu çözülmeyen bileşik yaklaşık 700 nm dalga boyunda ölçülmüştür [39].

Reaktifler

- Sodyum Klorür, heksasiyanoferrat içermeyen
- Sülfirik Asit, H_2SO_4 , 0,5 mol/l
- Potasyum Hidroksit Çözeltisi, KOH: 0,05 mol/l
- Fe(II)/Fe(III) Çözeltisi:

1000 mL hacimli kaba, 200 g amonyum demir (II) sülfat [$(NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6H_2O$] ve 25 g amonyum demir(III) sülfat; [$(NH_4)_2SO_4 \cdot Fe_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$] eklenmiş, saf su ile

çözündürüldükten sonra üzerine 100 mL sülfürik asit çözeltisi eklenip, karıştırma işlemi uygulanmıştır. Çözelti süzülüp ışık almayan bir şişede saklanmıştır [39]

- Potasyum hekzasiyanoferrat (II) stok çözeltisi I:

1000 mL hacimli bir kaba 1 g potasyum hekzasiyanoferrat $K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$ alındıktan sonra saf su içerisinde çözündürülmüş, üzerine 5 mL potasyum hidroksit çözeltisi eklenip karıştırma işlemi uygulanmıştır. Çözelti ışık almayan bir şişede, en fazla bir ay saklanmıştır.

- Potasyum hekzasiyanoferrat (II) stok çözeltisi II:

1000 mL hacimli bir kaba 50 mL stok çözeltisi (I) ve 5 mL potasyum hidroksit çözeltisi eklenip, karıştırılmıştır. Kullanmadan hemen önce hazırlanmıştır.

Cihazlar

Spektrofotometre

Membran Filtre: Yaklaşık 50 mm çapında, 0,3 µm maksimum gözenek boyutunda

Örnekler

Analiz için tüm partiyi temsil eden örnek alınmıştır.

Test Bölümü: Maksimum 100 g numuneden yaklaşık 0,1 g örnek alınmış, üzerine 500 mL hacimli bir kabı dolduracak şekilde saf su eklenmiştir. Kap işaretlenip, karıştırılmıştır.

Test çözeltisi: 500 mL'lik bir kaba test bölümü eklenmiş ve üzeri saf su ile tamamlanmıştır.

Kalibrasyon Çözeltisi: Bu preparatlar 4-5 cm'lik küvetlerde fotometrik ölçümler için kullanılmaktadır. Çözelti içerisine 10 g sodyum klorür ve hazırlanmış olan stok çözelti (II) eklenmiştir. 100 mL hacimli bu kaba yaklaşık 50 mL saf su ve 10 mL potasyum hidroksit çözeltisi ilave edilmiştir.

Tanımlama ve Kalibrasyon

Direkt Metot: 1 kg tuz için >2,5 mg hekzasiyanoferrat (II) kullanılmıştır. 100 mL hacimli bir kaba 50 mL test çözeltisi ve 10 mL potasyum hidroksit çözeltisi eklenip 1 dakika karıştırılmıştır.

Fotometrik ölçümler için maksimum absorpsiyona ayarlanmış spektrofotometre (700 nm civarında dalga boyu) kullanılarak ölçüm yapılmıştır [39].

2.2.3. İstatiksel Analiz

Analiz verileri SPSS programı (SPSS Inc., SPSS Statistics 20.0, Chicago, ABD) kullanılarak değerlendirilmiştir. Mineral madde ve ağır metal analizleri üç paralel olarak gerçekleştirilmiştir. Her tuz örneğinin (kaya tuzu, deniz tuzu, göl tuzu ve himalaya tuzu) iyotlu ve iyotsuz çeşitlerinin kendi aralarında değerlendirilmesi için t-testi analizi yapılmıştır. Bu örnekler için hesaplanan değerler aksi belirtilmediği sürece %5 güven aralığında ($P<0.05$) olduğunda anlamlı kabul edilmiştir.

İyotlu tuz çeşitlerinin ve iyotsuz tuz çeşitlerinin kendi aralarında değerlendirilmesi Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılarak varyans analizi (ANOVA) ile yapılmıştır. Bu değerler için alfa değeri 0,008 olarak hesaplanmış olup yaklaşık olarak 0,01 değeri alınmıştır. Aksi belirtilmediği sürece %1 güven aralığında ($P<0.01$) olduğunda anlamlı kabul edilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Tuz Örneklerinin Mineral Madde ve Ağır Metal İçerikleri

Türkiye'de iyotlu ve iyotsuz olarak satışı sunulan kaya tuzu, deniz tuzu, göl tuzu ve himalaya tuzu örneklerinde bulunan Na, Mg, K, Ca, P, Fe, Cu, B, Mn, Zn, Al, As, Bi, Cd, Co, Cr, Mo, Ni, Pb, Pt, Sb, Se, Sn ve Hg elementleri ICP-OES tekniği ile incelenerek LOD değeri üzerinde tespit edilen mineral madde ve ağır metal miktarları hesaplanmıştır.

3.1.1. Kaya Tuzu Örneklerinin Element İçerikleri

Türkiye'de perakende satışı bulunan iyotsuz ve iyotlu kaya tuzu örneklerinin mineral madde ve ağır metal içeriklerindeki farklılıkları belirlemek için Na, Mg, K, Ca, P, Fe, Cu, B, Mn, Zn, Al, As, Bi, Cd, Co, Cr, Mo, Ni, Pb, Pt, Sb, Se, Sn ve Hg miktarları incelenerek sonuçlar Çizelge 3.1'de verilmiştir

Çizelge 3.1. İyotsuz ve İyotlu Kaya Tuzu Örneklerinin Element İçerikleri (ppm)

	İyotsuz Kaya Tuzu				İyotlu Kaya Tuzu			
	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
Na	366589,5	3207,11	363007,80	369195,3	320137,5	7748,45	312131,7	327600
Na (%)	36,66	0,32	36,30	36,92	32,01	0,78	31,21	32,76
Mg	34	1,15	33	35	105	1,53	104	107
K	459,67	9,02	451	469	20,67	16,07	9	39
Ca	6543	0	6543	6543	1040,67	33,50	1011	1077
P	9	1,73	8	11	5,67	0,58	5	6
Fe	1,67	0,58	1,00	2,00	2,33	0,58	2	3,00
Al	0,01	0	0,01	0,01	0,02	0	0,02	0,02
I	0	0	0	0	1,18	0,03	1,15	1,21

Çizelge 3.1'de görüldüğü üzere örneklerde taraması yapılan elementler arasından Na, Mg, K, Ca, P, Fe, Al ve I olmak üzere 8 elementin varlığı tespit edilmiştir. İyotsuz kaya tuzunun ortalama değerlerine göre element içerikleri Na>Ca>K>Mg>P>Fe>Al olarak sıralanmaktadır.

İyotlu tuzunun ortalama değerlerine göre elementlerin sıralamasının ise Na>Ca>Mg>K>P>Fe>I>Al şeklinde olduğu görülmüştür. İyotsuz örnekte Na, K, Ca ve P miktarlarının iyotlu örnekten daha fazla olduğu, iyotlu örneğin de Mg ve Fe açısından daha zengin olduğu belirlenmiştir. İyotsuz kaya tuzu ve iyotlu kaya tuzunun Na, Mg, K, Ca, P ve I konsantrasyonları arasında anlamlı bir fark varken ($p<0,05$), Fe konsantrasyonu açısından aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($p>0,05$) (EK-1). İki grup içinde Al konsantrasyonlarının standart sapma değerleri sıfır (0) olduğu için t-testi bu element için hesaplanamamıştır.

Çizelge 3.2. Kaya Tuzu Örneklerinin Literatür Değerleri İle Karşılaştırılması (ppm)

Çeşit	Araştırmamızda Kullanılan Örnekler		Kaya Tuzu 1 [34]	Kaya Tuzu 2 [31]	Kaya Tuzu 3 [30]	Kaya Tuzu 4 [28]
	İyotsuz	İyotlu				
Na	366589,8	320137		368900		371,606-400,015
Mg	34,00	105	1340	89,56		256-1386
K	460	21	291,32	283,95		119-295
Ca	6543	1041	5531,12	1044,75		3473
P	8,00	6,00	113,58	2,197		
Fe	1,67	2,33	504,56	11,595	12,18	
Al	0,01	0,02		<5		41,6-256
I	0	1,18	4,27			18,1-324

Tuzların içerdiği mineral madde konsantrasyonları ile alakalı birtakım çalışmalar yapılmıştır. Bulgularımızla diğer çalışmalardan elde edilen kaya tuzu örneklerinin içerdiği element değerlerini karşılaştırmak amacıyla Çizelge 3.2 oluşturulmuştur.

Buna göre diğer çalışmalardan [30, 31, 36] elde edilen bulgulardan bariz bir şekilde yüksek olan elementlerin, iyotsuz kaya tuzu örneğinde belirlediğimiz Ca ve K olduğu görülmektedir.

İyotlu ve iyotsuz örneklerimizde belirlenen Na değerlerinin Yalçın ve Mutlu [31] ile Titler ve Curry [30] tarafından tespit edilen oranlara paralellik gösterdiği, Mg içeriğinin Titler ve Curry [30] ile Eyüboğlu [36]'nın belirlediklerinden düşük, iyotlu örneğin Mg içeriğinin Yalçın ve Mutlu [31]'nin bildirdiğinden yüksek olduğu, iyotsuz örneğe ait K ve Ca'un Titler ve Curry [30], Yalçın ve Mutlu [31] ve Eyüboğlu [36]'nın değerlerinden yüksek, iyotlu örneğimizin K ve Ca miktarlarının ise en düşük değerlere sahip olduğu fakat iyotlu örneğin Ca oranının Yalçın ve Mutlu [31] tarafından tespit edilen değere de paralellik gösterdiği, P içeriğinin Yalçın ve Mutlu [31]'nin değerinden yüksek Eyüboğlu [36]'nın ifade ettiği değerden düşük olduğu, Al içeriğinin Titler ve Curry [30]'nin açıkladığı değerden oldukça düşük olduğu belirlenmiştir.

I elementi incelendiğinde, bulgularımızın Titler ve Curry [30] ve Eyüboğlu [36]'nın sonuçlarından düşük olduğu belirlenmiş olup, iyotsuz örneğimizde beklenildiği gibi I belirlenememiştir. Çalışmamızdaki iyotlu kaya tuzu örneğinin içerdiği iyot miktarının (1,18 mg/kg) Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliği'nde belirtilen iyotlu tuzlarda bulunması gereken 25-40 mg/kg değerini karşılamadığı görülmüştür.

3.1.2. Deniz Tuzu Örneklerinin Element İçerikleri

Türkiye'de perakende satışı bulunan iyotsuz ve iyotlu deniz tuzu örneklerinin mineral madde ve ağır metal içeriklerindeki farklılıkları belirlemek için Na, Mg, K, Ca, P, Fe, Cu, B, Mn, Zn, Al, As, Bi, Cd, Co, Cr, Mo, Ni, Pb, Pt, Sb, Se, Sn ve Hg miktarları incelenerek sonuçlar Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. İyotsuz ve İyotlu Deniz Tuzu Örneklerinin Element Derişimleri (ppm)

	İyotsuz Deniz Tuzu				İyotlu Deniz Tuzu			
	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
Na	342738,9	3048,56	340472,7	346204,80	363961,2	8113,12	354625,2	369301,5
Na (%)	34,27	0,30	34,05	34,62	36,4	0,81	35,46	36,93
Mg	446,33	4,16	443	451	523,66	9,07	514	532
K	171	20,66	148	188	266,67	18,17	252	287
Ca	533	47,84	493	586	423,33	11,55	410	433
P	2,67	0,58	2	3	3	1,00	2	4
Fe	6,33	0,58	6	7	5,67	0,58	5	6
Al	0,02	0	0,02	0,02	0,02	0	0,02	0,02
I	0,02	0,01	0,01	0,03	1,02	0,05	0,97	1,07

Çizelge 3.3'te görüldüğü üzere örneklerde taraması yapılan elementler arasından Na, Mg, K, Ca, P, Fe, Al ve I olmak üzere 8 elementin varlığı tespit edilmiştir. İyotsuz deniz tuzunun ortalama değerlerine göre element içerikleri Na>Ca>Mg>K>Fe>P>A olarak sıralanırken, iyotlu deniz tuzunun ortalama değerlerine göre element içeriklerinin sıralamasının Na>Mg>Ca>K>Fe>P>I>Al şeklinde olduğu görülmüştür. Örnekler birbiri ile karşılaştırıldığında görülmektedir ki; iyotsuz örnekte Ca ve Fe içeriğinin, iyotlu örnekte ise Na, Mg, K, P ve I içeriğinin daha yüksektir. İyotsuz deniz tuzu ve iyotlu deniz tuzunun içerdiği Na, Mg, K, Ca ve I konsantrasyonları açısından aralarında anlamlı bir fark varken ($p<0,05$), P ve Fe konsantrasyonu açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$) (EK-2). İki grup Al konsantrasyonları açısından aynı değere (0,02 mg/kg) sahiptir.

Çizelge 3.4. Deniz Tuzu Örneklerinin Literatür Değerleri İle Karşılaştırılması (ppm)

Çeşit	Araştırmamızda Kullanılan Örnekler		Deniz Tuzu 1 [36]	Deniz Tuzu 2 [31]	Deniz Tuzu 3 [32]
	İyotsuz	İyotlu			
Na	342738,9	363960,9		325900	
Mg	446	523	-	10395	
K	171	266	421,7	9278,5	
Ca	533	424	1038	7944	
P	3	3	97,5	3,421	
Fe	6,33	5,67		13,47	23,05
Al	0,02	0,02		5,629	
I	0,01	1,02	9,95		

Bulgularımızla diğer çalışmalardan elde edilen deniz tuzu örneklerinin içerdiği element değerlerini karşılaştırmak amacıyla Çizelge 3.4 oluşturulmuştur.

Buna göre araştırmamızda kullanılan tuz örneklerindeki Mg, K, Ca, P, Fe, Al ve I elementlerinin diğer çalışmalardan [31, 32, 36] elde edilen bulgulardan düşük olduğu görülmektedir.

İyotlu ve iyotsuz örneklerimizde belirlenen Na değerlerinin Yalçın ve Mutlu [29] tarafından tespit edilen oranlara göre yüksek olduğu, Mg değerlerinin Yalçın ve Mutlu [31] ‘nun belirlediklerinden düşük, K ve Ca değerlerinin Yalçın ve Mutlu [31] ile Eyüboğlu [36]’nun değerlerinden düşük olduğu, P değerlerinin Eyüboğlu [36]’nun değerinden düşük, Yalçın ve Mutlu [31] tarafından tespit edilen değere paralellik gösterdiği, Fe değerlerinin Yalçın ve Mutlu [31] ile Nafees ve ark. [32] tarafından tespit edilen değerlerden düşük olduğu, Al içeriğinin Yalçın ve Mutlu [31] tarafından tespit edilen değere göre düşük olduğu belirlenmiştir.

I elementi incelendiğinde, bulgularımızın Eyüboğlu [36] tarafından tespit edilen değerden düşük olduğu belirlenmiş olup, iyotsuz örneğimizde 0,01 gibi oldukça düşük I içeriği tespit edilmiştir. Çalışmamızdaki iyotlu deniz tuzu örneğinin içerdiği iyot miktarının (1,02 mg/kg) Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliği’nde belirtilen iyotlu tuzlarda bulunması gereken değeri karşılamadığı görülmüştür.

3.1.3. Göl Tuzu Örneklerinin Element İçerikleri

Türkiye’de perakende satışı bulunan iyotsuz ve iyotlu göl tuzu örneklerinin mineral madde ve ağır metal içeriklerindeki farklılıkları belirlemek için Na, Mg, K, Ca, P, Fe, Cu, B, Mn, Zn, Al, As, Bi, Cd, Co, Cr, Mo, Ni, Pb, Pt, Sb, Se, Sn ve Hg miktarları incelenerek sonuçlar Çizelge 3.5’te verilmiştir.

Çizelge 3.5. İyotsuz ve İyotlu Göl Tuzu Örneklerinin Element Derişimleri (ppm)

	İyotsuz Göl Tuzu				İyotlu Göl Tuzu			
	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
Na	329935,5	3435,68	325976,4	332134,2	353816,4	5833,19	347505,3	359010
Na (%)	32,99	0,348	32,60	33,21	35,38	0,58	34,75	35,90
Mg	369,33	75,03	308	453	139,66	15,01	115	145
K	442	24,25	420	468	52	51,26	4	106
Ca	3289	389,50	2992	3730	2348,67	98,89	1396	2415
P	135	11,13	123	145	11,67	2,89	10	15
Fe	74,33	7,02	67	81	13	2,00	11	15
Al	0,12	0,04	0,08	0,16	0,02	0	0,02	0,02
I	0,03	0,006	0,03	0,04	1,54	0,08	1,46	1,62

Çizelge 3.5’te görüldüğü üzere örneklerde taraması yapılan elementler arasından Na, Mg, K, Ca, P, Fe, Al ve I olmak üzere 8 elementin varlığı tespit edilmiştir. İyotsuz göl tuzunun ortalama değerlerine göre element içerikleri Na>Ca>K>Mg>P>Fe>Al>I olarak sıralanmaktadır. İyotlu tuzun ortalama değerlerine göre element içeriklerinin sıralamasının ise Na>Ca>Mg>K>Fe>P>I>Al şeklinde olduğu görülmüştür. Örnekler birbiri ile karşılaştırıldığında görülmektedir ki; iyotsuz örnekte Mg, K, Ca, P, Fe ve Al içeriğinin, iyotlu örnekte ise Na ve I içeriğinin daha yüksektir. İyotsuz göl tuzu ve iyotlu göl tuzunun içerdiği Na, Ca, Mg, K, P, Fe ve I konsantrasyonları açısından aralarında anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$) (EK-3). İki grup içinde Al konsantrasyonlarının standart sapma değerleri sıfır(0) olduğu için t-testi bu element için hesaplanamamıştır.

Çizelge 3.6. Göl Tuzu Örneklerinin Literatür Değerleri İle Karşılaştırılması (ppm)

Çeşit	Araştırmamızda Kullanılan Örnekler		Göl Tuzu 1 [36]	Göl Tuzu 2 [31]
	İyotsuz	İyotlu		
Na	329935,5	353816,1		339000
Mg	369	130	-	3379
K	442	52	330	4048
Ca	3289	2349	1274	1827,5
P	135	12	71	<5
Fe	74,33	13		8,469
Al	0,12	0,02		3,213
I	0,03	1,54	8,45	

Göl tuzların içerdiği mineral madde konsantrasyonları ile alakalı birtakım çalışmalar yapılmıştır. Bulgularımızla diğer çalışmalardan elde edilen göl tuzu örneklerinin içerdiği element değerlerini karşılaştırmak amacıyla Çizelge 3.6 oluşturulmuştur.

Buna göre diğer çalışmalardan [31, 36] elde edilen bulgulardan bariz yüksek olan elementlerin, iyotsuz göl tuzu örneğinde belirlediğimiz Ca, P ve Fe olduğu görülmektedir.

İyotsuz örneğimizde belirlenen Na değerlerinin Yalçın ve Mutlu [31] tarafından tespit edilen oranlara paralellik gösterdiği, Mg değerlerinin Yalçın ve Mutlu [31] 'nun belirlediklerinden düşük, iyotlu örneğimizin K değerlerinin Yalçın ve Mutlu [31] ve Eyüboğlu [36]'nun değerlerinden düşük olduğu, iyotsuz örneğimizin ise Yalçın ve Mutlu [31]'nun değerinden düşük ve Eyüboğlu [36]'nun değerinden yüksek olduğu, Ca değerlerinin Yalçın ve Mutlu [31] ile Eyüboğlu [36] tarafından tespit edilen değerlerden yüksek olduğu, iyotsuz örneğimizin P değerinin Eyüboğlu [36] ve Yalçın ve Mutlu [31] tarafından tespit edilen değerlerden yüksek olduğu, iyotlu tuz örneğimizin P değerinin Yalçın ve Mutlu [31]'nun değerinden yüksek, Eyüboğlu [36]'nun değerinden düşük olduğu, Fe değerlerinin Yalçın ve Mutlu [31] tarafından tespit edilen değerden yüksek olduğu, Al değerlerinin Yalçın ve Mutlu [31] tarafından tespit edilen değerlere göre düşük olduğu belirlenmiştir.

I elementi incelendiğinde, bulgularımızın Eyüboğlu [36] tarafından tespit edilen değerden düşük olduğu belirlenmiş olup, iyotsuz örneğimizde 0,03 mg/kg gibi oldukça düşük I içeriği tespit edilmiştir. Çalışmamızdaki iyotlu göl tuzu örneğinin içerdiği iyot miktarının (1,54 mg/kg) Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliği'nde belirtilen iyotlu tuzlarda bulunması gereken iyot değerini karşılamadığı görülmüştür.

3.1.4. Himalaya Tuzu Örneklerinin Element İçerikleri

Türkiye'de perakende satışı bulunan iyotsuz ve iyotlu himalaya tuzu örneklerinin mineral madde ve ağır metal içeriklerindeki farklılıkları belirlemek için Na, Mg, K, Ca, P, Fe, Cu, B, Mn, Zn, Al, As, Bi, Cd, Co, Cr, Mo, Ni, Pb, Pt, Sb, Se, Sn ve Hg elementleri açısından incelenerek tespit edilen element miktarları Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. İyotsuz ve İyotlu Himalaya Tuzu Örneklerinin Element Derişimleri (ppm)

Çeşit	İyotsuz Himalaya Tuzu				İyotlu Himalaya Tuzu			
	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
Na	356097,3	7610,43	347733,9	362615,4	357548,4	4993,18	352660,50	362640,6
Na (%)	35,61	0,76	34,77	36,26	35,75	0,49	35,27	36,26
Mg	1193,33	7,09	1187	1201	604,67	5,51	601	611
K	3014,33	111,51	2902	3125	636	36,75	602	675
Ca	3738,67	134,24	3600	3868	769,33	4,51	765	774
P	9,67	2,08	8	12	6,33	1,53	5	8
Fe	27,33	0,58	27	28	25	1	24	26
Al	0,04	0	0,04	0,04	0,03	0,05	0,03	0,04
I	0	0	0	0	1,58	0,02	1,55	1,6

Çizelge 3.7'de görüldüğü üzere örneklerde taraması yapılan elementler arasından Na, Mg, K, Ca, P, Fe, Al ve I olmak üzere 8 elementin varlığı tespit edilmiştir. İyotsuz himalaya tuzunun ortalama değerlerine göre element içerikleri Na>Ca>K>Mg>Fe>P>Al olarak sıralanmaktadır. İyotlu tuzun ortalama değerlerine göre element içeriklerinin sıralamasının ise Na>Ca>K>Mg>Fe>P>Al şeklinde olduğu görülmüştür. Örnekler birbiri ile karşılaştırıldığında; iyotsuz örnekte Mg, K, Ca, P ve Fe içeriğinin, iyotlu örnekte ise Na ve I içeriğinin daha yüksek

olduğu görülmektedir. İyotsuz himalaya tuzu ve iyotlu himalaya tuzunun arasında Mg, K, Ca, Fe ve I konsantrasyonları açısından aralarında anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Na, P ve Al elementleri açısından örnekler arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p > 0,05$) (EK-4).

Çizelge 3.8. Himalaya Tuzu Örneklerinin Literatür Değerleri İle Karşılaştırılması (ppm)

Çeşit	Araştırmamızda Kullanılan Örnekler		Himalaya Tuzu 1 [36]	Himalaya Tuzu 2 [31]	Himalaya Tuzu 3 [32]
	İyotsuz	İyotlu			
Na	356097,6	357548,4		378700	
Mg	1193	604	-		<5
K	3014	636	190		552,3
Ca	3738	769	3514		178,1
P	10	6	77		<5
Fe	27,33	25			5,59
Al	0,04	0,03			<5
I	0	1,58	7,1		

Bulgularımızla diğer çalışmalardan elde edilen himalaya tuzu örneklerinin içerdiği element değerlerini karşılaştırmak amacıyla Çizelge 3.8 oluşturulmuştur. Buna göre diğer çalışmalardan [31, 32, 36] elde edilen bulgulardan yüksek olan elementlerin, iyotsuz himalaya tuzu örneğinde belirlediğimiz Mg, K, Ca ve Fe olduğu görülmektedir.

İyotlu ve iyotsuz örneklerimizde belirlenen Na değerlerinin Yalçın ve Mutlu [31] tarafından tespit edilen değerlere paralellik gösterdiği, Mg değerlerinin Yalçın ve Mutlu [31] ‘nun belirlediği değerden bariz yüksek olduğu, K değerlerinin Yalçın ve Mutlu [31] ile Eyüboğlu [36] tarafından tespit edilen değerlerden yüksek olduğu, iyotsuz örneğimizin Ca değerinin Yalçın ve Mutlu [31]’nun belirlediği değere göre yüksek, Eyüboğlu [36] tarafından tespit edilen değere ise paralellik gösterdiği, iyotlu örneğimizin Ca değerinin Yalçın ve Mutlu [31]’nun değerinden yüksek ve Eyüboğlu [36]’nun değerinden düşük olduğu, P değerlerinin Yalçın ve Mutlu [31]’nun değerinden yüksek ve Eyüboğlu [36]’nun değerinden düşük olduğu, Fe değerlerinin Yalçın ve Mutlu [31] ile Nafess ve ark [32] tarafından tespit edilen değerlere

göre yüksek olduğu, Al değerlerinin ise Yalçın ve Mutlu [31]'nin belirttiği değere paralellik gösterdiği belirlenmiştir.

I elementi incelendiğinde, bulgularımızın Eyüboğlu [36] tarafından tespit edilen değerden düşük olduğu belirlenmiş olup, iyotsuz örneğimizde beklenildiği gibi I belirlenmemiştir. Çalışmamızdaki iyotlu himalaya tuzu örneğinin içerdiği iyot miktarının (1,58 mg/kg) Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliği'nde belirtilen iyotlu tuzlara katılması gereken iyot değerini karşılamadığı görülmüştür.

3.1.5. Tuz Çeşitlerinin Element İçeriklerinin Kıyaslanması

İyotlu ve iyotsuz olarak piyasada satışa sunulan kaya tuzu, deniz tuzu, göl tuzu ve himalaya tuzu örneklerinde belirlenen mineral madde ve ağır metal içeriklerindeki farklılıkları birbiri ile kıyaslamak amacıyla tespit edilen değerler Çizelge 3.9'da verilmiştir.

Çizelge 3.9. İyotlu ve İyotsuz Tuz Çeşitlerinin Element Derişimleri (mg/kg)

Örnek Adı		Na	Mg	K	Ca	P	Fe	Al	I
Kaya Tuzu	İyotsuz	366589,8	34	460	6543	8	1,67	0,01	0
	İyotlu	320137,2	105	21	1041	6	2,33	0,02	1,18
Deniz Tuzu	İyotsuz	342738,9	446	171	533	3	6,33	0,02	0,01
	İyotlu	363960,9	523	266	424	3	5,67	0,02	1,02
Göl Tuzu	İyotsuz	329935,5	369	442	3289	135	74,33	0,12	0,03
	İyotlu	353816,1	130	52	2349	12	13	0,02	1,54
Himalaya Tuzu	İyotsuz	356097,6	1193	3014	3738	10	27,33	0,04	0
	İyotlu	357548,4	604	636	769	6	25	0,03	1,58

İyotsuz tuz çeşitlerinin mineral madde ve ağır metal içeriklerindeki farklılıkları birbiri ile kıyaslamak amacıyla tespit edilen değerler ve bunların istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.9. İyotsuz Tuz Çeşitlerinin Element Derişimleri (mg/kg)

	Na	Mg	K	Ca	P	Fe	Al	I
Kaya Tuzu	366589,8 ^{a*}	34,00 ^c	460,00 ^b	6543,00^a	8,00 ^b	1,67 ^c	0,01 ^b	0,00 ^b
Deniz Tuzu	342738,9 ^{bc}	446,00 ^b	171,00 ^c	533,00 ^c	3,00 ^b	6,33 ^c	0,02 ^b	0,01 ^{ab}
Göl Tuzu	329935,5 ^c	369,00 ^b	442,00 ^b	3289,00 ^b	135,00^a	74,33^a	0,12^a	0,03 ^a
Himalaya Tuzu	356097,6 ^{ab}	1193,00^a	3014,00^a	3738,00 ^b	10,00 ^b	27,33 ^b	0,04 ^b	0,00 ^b

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler, veriler arasında istatistiki olarak önemli fark ($p < 0,01$) olduğunu gösterir.

Çizelge 3.10'da görüldüğü üzere iyotsuz örneklerde taraması yapılan elementler arasından Na, Mg, K, Ca, P, Fe, Al ve I olmak üzere 8 elementin varlığı tespit edilmiştir. Bu bulgulara göre kaya tuzunun Ca ve Na değerlerinin, göl tuzunun P, Fe ve Al değerlerinin, himalaya tuzunun ise Mg ve K değerlerinin diğer tuz çeşitlerine göre bariz yüksek olduğu görülmektedir. Na değerleri bakımından göl tuzunun en düşük, kaya tuzunun en yüksek içeriğe sahip olduğu, diğer örneklerin ise birbirine yakınlık gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge Ek.5).

Çizelge 3.10'da belirtilen değerlere göre iyotsuz tuz çeşitleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak incelenmiştir. Bu değerlere göre kaya tuzunun Mg ve Ca değeri, deniz tuzunun K ve Ca değeri, göl tuzunun P, Fe ve Al değeri ve himalaya tuzunun Mg, K ve Fe değeri tüm çeşitlerden farklı bir grupta yer almaktadır (EK-7).

Çizelge 3.10. İyotlu Tuz Çeşitlerinin Element Derişimleri (mg/kg)

Sample	Na	Mg	K	Ca	P	Fe	Al	I
Kaya Tuzu	320137,2 ^{b*}	105,00 ^c	21,00 ^c	1041,00 ^b	6,00 ^b	2,33 ^c	0,02 ^a	1,18 ^b
Deniz Tuzu	363960,9 ^a	523,00 ^b	266,00 ^b	424,00 ^d	3,00 ^b	5,67 ^c	0,02 ^a	1,02 ^c
Göl Tuzu	353816,1 ^a	130,00 ^c	52,00 ^c	2349,00^a	12,00^a	13,00 ^b	0,02 ^a	1,54 ^a
Himalaya Tuzu	357548,4 ^a	604,00^a	636,00^a	769,00 ^c	6,00 ^b	25,00^a	0,03 ^a	1,58 ^a

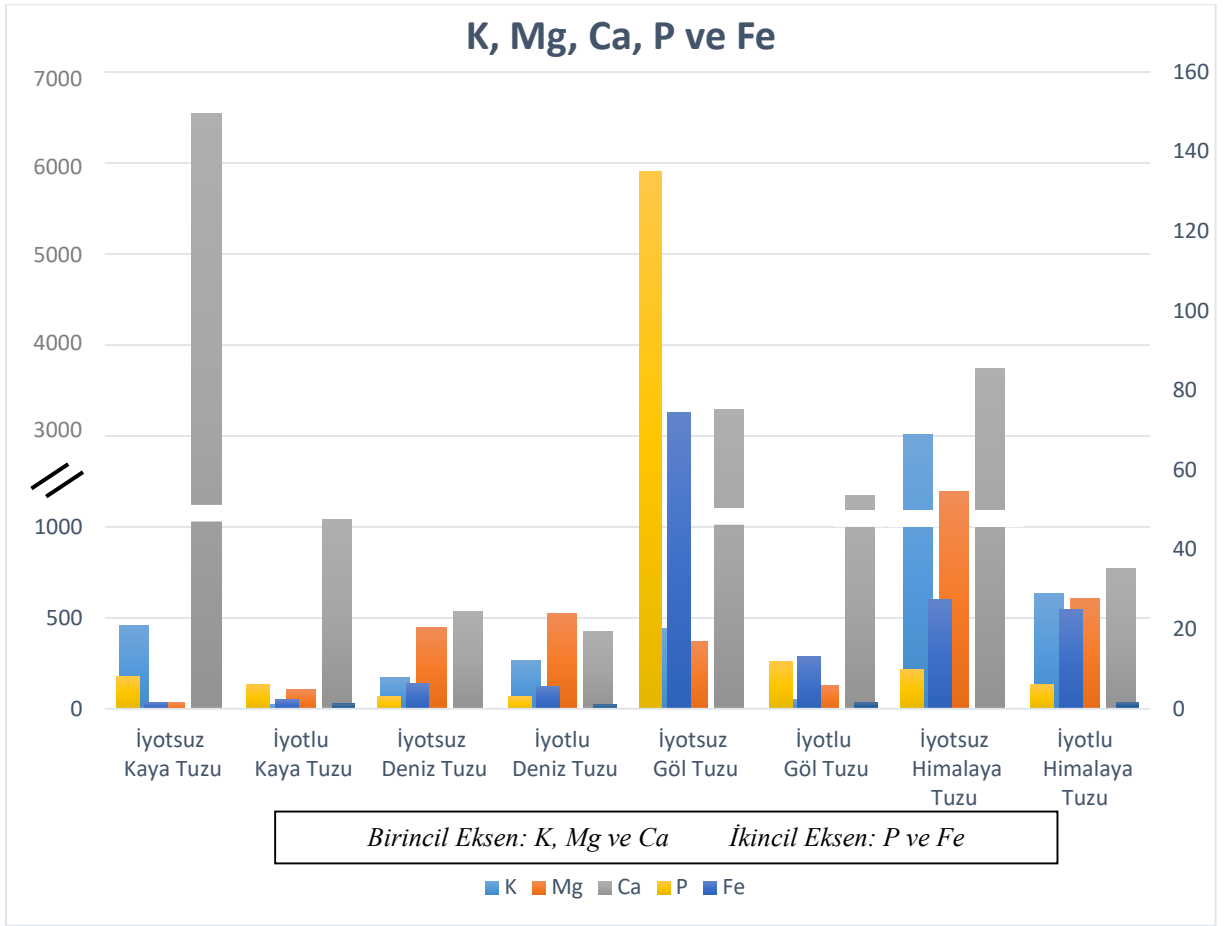
*Aynı sütunda bulunan farklı harfler, veriler arasında istatistiki olarak önemli fark ($p < 0,01$) olduğunu gösterir.

Çizelge 3.11'de görüldüğü üzere iyotlu örneklerde taraması yapılan elementler arasından Na, Mg, K, Ca, P, Fe, Al ve I olmak üzere 8 elementin varlığı tespit edilmiştir. Bu

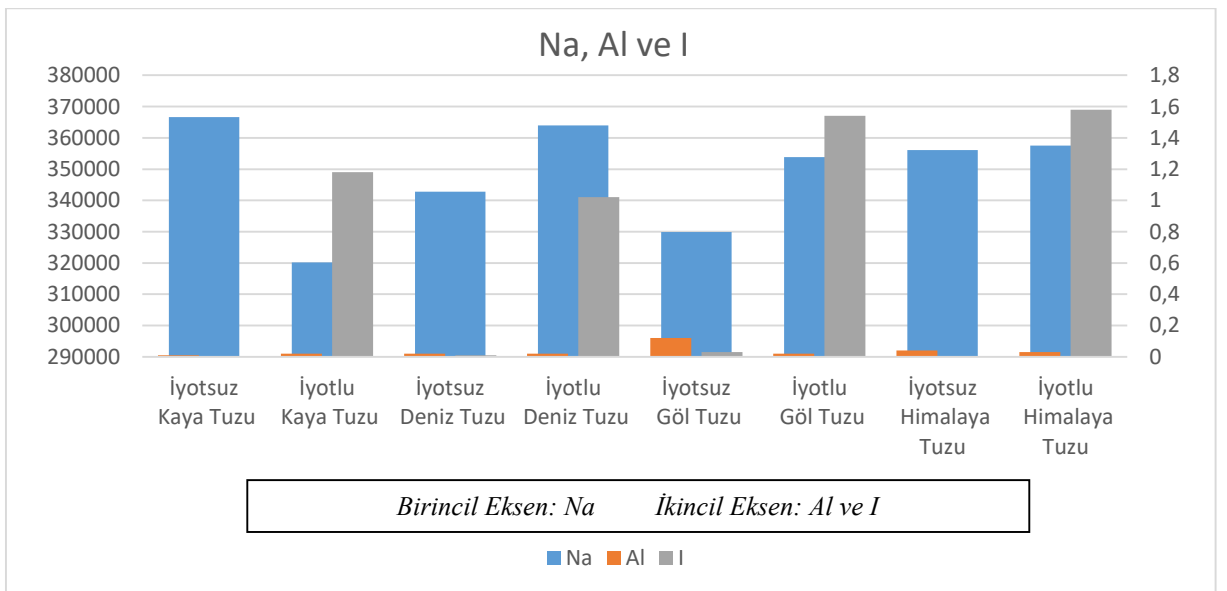
bulgulara göre göl tuzunun Ca ve P değerlerinin, himalaya tuzunun ise Mg, K, Fe ve Al değerlerinin diğer tuz çeşitlerine göre yüksek olduğu görülmektedir (EK-6).

Çizelge 3.11’de belirtilen değerlere göre iyotlu tuz çeşitlerinin Na, Mg, K, Ca, P, Fe ve I elementleri için aralarında anlamlı bir fark olup olmadığı incelenmiştir. Buna göre kaya tuzunun Na değeri, deniz tuzunun Mg, K, Ca, ve I değeri, göl tuzunun Ca ve P değeri ve himalaya tuzunun Mg, K, Ca, Fe değeri tüm tuz çeşitlerinden farklı bir grupta yer almaktadır. (EK-8).

Çizelge 3.9’da belirtilen iyotlu ve iyotsuz tuz çeşitlerinin element derişimlerinin grafiksel gösterimi Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de verilmiştir. Şekil 3.1 de belirtilen elementlerden K, Mg ve Ca birincil eksen; P ve Fe ikincil eksene ait iken Şekil 3.2’de belirtilen elementlerden Na birincil eksen; Al ve I ikincil eksene aittir.



Şekil 3.1. Tuz çeşitlerinin potasyum, magnezyum, kalsiyum, fosfor ve demir içerikleri (ppm)



Şekil 3.2. Tuz çeşitlerinin sodyum, alüminyum ve iyot içerikleri (ppm)

3.1.6. Mineraller için Günlük Referans Değerleri

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, ilgili elementler açısından Türk Gıda Kodeksi Gıda Etiketleme ve Tüketicileri Bilgilendirme Yönetmeliği Ek-9’da belirtildiği şekilde “Vitaminler ve Mineraller İçin Günlük Referans Alım Değerleri” açısından değerlendirilmiştir. Belirlenen besin ögesi beslenme referans değerleri dört yaş ve üzeri sağlıklı bireyler için geçerlidir.

Çizelge 3.12’de belirtilen değerlerden sadece sodyum (Na) elementi değeri ABD Tarım Bakanlığı (USDA) ve Sağlık ve İnsan Hizmetleri Bakanlığı (HHS) tarafından kronik hastalık riskini azaltmak ve sağlıklı bir yaşam için ihtiyaç duyulan vitamin ve mineralleri belirlemek için her beş yılda bir yayımlanan, Amerikalılar için Beslenme Rehberi 2020-2025 yönergesinden alınmış olup, Kronik Hastalık Riski Azaltma Seviyesi (CDRR) olarak belirtilmiştir.

Dünya Sağlık Örgütüne göre yetişkin bir birey için günlük tuz ihtiyacının 5 g olduğu belirtilirken Türk Gıda Kodeksi Etiketleme Yönetmeliği’nde bu değer 6 g olarak belirtilmektedir. Literatürde bu tür hesaplamalar yapılırken bir yetişkinin vücut ağırlığı genellikle ortalama 60 kg olarak alınmaktadır. Çizelge 3.12’de belirtilen değerler günlük 6 g tuz tüketen yetişkin bir bireye göre hesaplanmıştır.

Tavsiye edilen element miktarının günlük 6 g tuz tüketen yetişkin bir bireyde karşılama yüzdesi aşağıdaki denklemlerle hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Karşılama Oranı} = \frac{\text{ATEM} \times 6}{100 \times \text{DATEM}}$$

ATEM: Analizle tayin edilen miktar (mg/kg)

DATEM: Diyetle alınan miktar (mg)

Çizelge 3.11. Elementlerin Günlük Tavsiye Edilen Miktarlarının Karşılanma Oranları (%)

Element	Na	Mg	K	Ca	P	Fe	I	
Günlük Alım Değerleri* (mg)	1500 **	375	2000	800	700	14	0,15	
Kaya Tuzu	İyotsuz	146,64	0,05	0,14	4,91	0,01	0,07	-
	İyotlu	128,05	0,17	0,01	0,78	0,01	0,10	4,67
Deniz Tuzu	İyotsuz	137,10	0,71	0,05	0,40	0,00	0,27	0,04
	İyotlu	145,58	0,84	0,08	0,32	0,00	0,24	4,08
Göl Tuzu	İyotsuz	131,97	0,59	0,13	2,47	0,12	3,19	0,12
	İyotlu	141,53	0,21	0,02	1,76	0,01	0,56	6,16
Himalaya Tuzu	İyotsuz	142,44	1,91	0,90	2,80	0,01	1,17	-
	İyotlu	143,02	0,97	0,19	0,58	0,01	1,07	6,32

* Türk Gıda Kodeksi, Etiketleme ve Tüketicileri Bilgilendirme Yönetmeliği'ne göre belirlenen besin ögesi beslenme referans değerleri dört yaş ve üzeri sağlıklı bireyler için geçerlidir.

**CDRR:Kronik Hastalık Riski Azaltma Seviyesi

Sodyum elementinin fonksiyonu hücre dışı sıvının ozmotik basıncını sağlamaktır. Yetersiz alınması durumunda kusma, kas ağrıları ve solunum güçlüğü gibi belirtiler görülürken, fazla alınması ile vücutta birikerek ödeme yol açmaktadır. Ayrıca fazla sodyumun vücutta bulunmasının kan basıncının artışına neden olduğu öne sürülmektedir [40]. Yaş aralığı 19-50 olan yetişkin bir bireyin kronik hastalık riskini azaltma seviyesi olarak görülen CDRR değeri günlük 1500 mg'dır. Tolere edilebilir üst sınır (UL) ise 2300 mg/gün olarak belirlenmiştir [41]. Çizelge 3.12'ye baktığımızda bu elementin vücut için temininde tüm tuz çeşitlerinin 1500 mg olan kronik hastalık riski azaltma seviyesini aştığı (karşılanma oranı %100 ün üzerinde) ancak tolere edilebilir üst sınır değerinin altında kaldığı görülmektedir. Günlük 6 g tuz tüketimi ile sodyum elementinin karşılanma oranı en yüksek olan tuz çeşidi %146,64 ile iyotsuz kaya tuzu

olurken, en düşük %128,05 ile iyotlu kaya tuzu olarak hesaplanmıştır. Bu değerin aşılmaması için günlük alınması gereken maksimum tuz miktarı ise yaklaşık 4 g olarak hesaplanmıştır.

Magnezyum, kalsiyum ve fosforla beraber kemik ve dişlerin yapısında bulunan önemli elementlerdendir. Yetersizliğinde büyümede gerilemeye ve mental bozukluğa yol açmaktadır. Yetişkinler için tavsiye edilen günlük magnezyum miktarı 375 mg'dır [27]. 6 g tuz tüketimi ile magnezyum elementinin karşılanma oranı en yüksek iyotsuz himalaya tuzunda (% 1,91) görülürken, en düşük iyotsuz kaya tuzunda (% 0,05) belirlenmiştir.

Potasyum, hücre içi basınçtan sorumlu bir mineraldir. Yetersizliğinde kalp atışında bozulma, solunum yetersizliği gibi sonuçlara yol açmaktadır. Yetişkin bir bireyin günlük potasyum alım değeri 2000 mg/gün olarak belirlenmiştir [27]. Çizelge 3.12'de hesaplanan değerlere göre potasyum elementi için; incelenen tuz çeşitlerinden iyotsuz himalaya tuzu (% 0.90), en yüksek karşılanma oranına sahipken, iyotlu kaya tuzu (% 0,01) en düşük karşılanma oranına sahiptir. Karşılanma oranları sırasıyla iyotsuz himalaya tuzu > iyotlu himalaya tuzu > iyotsuz kaya tuzu > iyotsuz göl tuzu > iyotlu deniz tuzu > iyotsuz deniz tuzu > iyotlu göl tuzu > iyotlu kaya tuzu olarak belirlenmiştir.

Kalsiyumun bilinen en önemli özelliği, kemik ve diş gelişimine katkı sağlamasıdır. Kanın pıhtılaşması için önemli bir mineral olan kalsiyum, sinir iletimi ve kalp atışının denetlenmesi için gereklidir. Yetişkin bir bireyin günlük önerilen kalsiyum ihtiyacı 800 mg/gün'dür [27]. Yapılan değerlendirmeler sonucunda vücut için elzem element olan Ca için, 6 g tuz tüketimiyle % karşılanma oranı en yüksek olan tuz çeşidinin iyotsuz kaya tuzu (% 4,91) olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla iyotsuz himalaya tuzu (% 2,80), iyotsuz göl tuzu (% 2,47), iyotlu göl tuzu (% 1,76), iyotlu kaya tuzu (% 0,78), iyotlu himalaya tuzu (% 0,58), iyotsuz deniz tuzu (% 0,40) ve iyotlu deniz tuzu (% 0,32) takip etmektedir.

Fosfor, vücutta birçok reaksiyonda rol oynamaktadır. Nükleik asitlerin temel bileşimi olmasının yanı sıra, kazein gibi bazı önemli proteinlerin bileşiminde yer almaktadır [40]. Yetişkinler için tavsiye edilen günlük fosfor miktarı tahmini 700 mg'dır [27]. Yapılan değerlendirmeler sonucunda P elementi için, 6 g tuz tüketimiyle vücuda alınan miktarın, % 0,12 değeriyle iyotsuz göl tuzu olduğu tespit edilmiştir. Deniz tuzunun iyotlu ve iyotsuz tuz çeşitleri için karşılanma oranı % 0 olarak belirlendi. Kalan diğer tüm tuz çeşitleri için tavsiye edilen günlük miktarı karşılanma oranı % 0,01 olarak belirlenmiştir.

Demirin oksijen taşıma ve depolama gibi önemli bir fonksiyonu vardır. Yetersiz demir alınması durumunda anemi görülmektedir. Anemi, kanda oksijenin yetersiz taşınmasına yol açacağından, kansızlık, iştahsızlık, yorgunluk gibi belirtiler görülmesine neden olmaktadır [40]. Günlük demir ihtiyacı yetişkin bireylerde 14 mg belirlenmiştir [27]. Vücut için elzem element olan Fe için, 6 g tuz kullanımıyla sırasıyla karşılanma oranları iyotsuz göl tuzu>iyotsuz himalaya tuzu>iyotlu himalaya tuzu>iyotlu göl tuzu>iyotsuz deniz tuzu > iyotlu deniz tuzu >iyotlu kaya tuzu>iyotsuz kaya tuzu olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre demir elementi için en uygun tuz kaynağının göl tuzu ve himalaya tuzu olduğu tespit edilmiştir.

İyot eksikliği tiroid bezinde büyümeye yol açarak guatr hastalığına neden olmaktadır. Guatr hastalığının kadınlarda görülme olasılığı erkeklere oranla daha fazladır. Tiroid hormonu üretimi için iyot ihtiyacı karşılanmazsa zeka geriliği, sağırılık, boy uzamaması gibi sorunlara neden olabilmektedir. Aşırı oranda iyot tüketilmesi ise ‘hipertiroidizm’e yol açmaktadır. Başlıca belirtisi ateş olan bu hastalık teşhisi konulmuş bireylerin iyotlu tuz kullanılmaması önerilmektedir [40]. Gebelikte yeterli iyot alımı fetüsün nörobilişsel gelişimi için önemlidir. Yeterli iyot alımı için hamilelik ve emzirme döneminde iyotlu tuz çeşitlerinin kullanılması önerilmektedir. Yetişkinler için tavsiye edilen günlük iyot miktarı tahmini 0,15 mg’dır [27]. I elementi için, en uygun tuz çeşidinin iyotlu himalaya tuzu olduğu tespit edilmiştir. Bu değeri sırasıyla iyotlu göl tuzu, iyotlu kaya tuzu, iyotlu deniz tuzu takip etmektedir.

Hesaplanan sonuçlara göre günlük tuz tüketimi referans alındığında en yüksek karşılama oranının bile %7’nin altında olduğu, Mg, K, Ca, P, Fe ve I elementlerinin vücut için temininde tuzun iyi bir kaynak olarak değerlendirilemeyeceği görülmektedir.

3.2. Tuz Çeşitlerinin Potasyum Ferrosiyandır İçerikleri

Kaliteli bir tuz elde edilmesi ve farklı amaçlar için tuza yeni bir özellik kazandırmak için tuza bazı kimyasal maddeler eklenmektedir.

Son derece nem çekici bir madde olan tuz kristalleri çuvallarda veya paketlerde uygun bir nem ve sıcaklıkla birbirine yapışarak akıcılığını kaybeder ve topaklaşır. Tuzun akıcılığını ve topaklanmamasını sağlamak için bazı koruyucu maddeler kullanılmaktadır. Bunlardan en önemlisi olan ve günümüzde adını sıkça duyduğumuz katkı maddesi “Potasyum Ferrosiyandır” dır.

İyotlu ve iyotsuz kaya tuzu, deniz tuzu, göl tuzu ve himalaya tuzu örneklerinin “Potasyum Ferrosiyandır” analiz sonuçları Çizelge 3.13 ’de belirtilmiştir.

Çizelge 3.12. Tuz Çeşitlerinin Potasyum Ferrosiyandır İçeriği

Potasyum Ferrosiyandır (mg/kg)		
Kaya Tuzu	İyotsuz	Tespit Edilemedi
	İyotlu	Tespit Edilemedi
Deniz Tuzu	İyotsuz	Tespit Edilemedi
	İyotlu	Tespit Edilemedi
Göl Tuzu	İyotsuz	Tespit Edilemedi
	İyotlu	10,52
Himalaya Tuzu	İyotsuz	Tespit Edilemedi
	İyotlu	Tespit Edilemedi

Çizelge 3.13’de belirtilen sonuçlara göre iyotlu göl tuzunda değerin 10,52 mg/kg olarak ölçüldüğü, diğer 7 örnekte Potasyum Ferrosiyandır içeriğine rastlanmadığı görülmüştür. Tüm örneklerin Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği’nde belirtilen potasyum ferrosiyandır değerinin yasal sınır (20 mg/kg) içerisinde kaldığı görülmüş olup, söz konusu yönetmeliğe göre analizi yapılan tuz örneklerinin insan sağlığı üzerine herhangi bir zararlı etkisinin olmayacağı sonucuna varılmıştır. Ancak, üst düzey toksik madde özelliği taşıdığı düşünülen potasyum ferrosiyandırın kullanımını yasaklayan Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi (FDA)’ne göre inceleme yapıldığında çalışmamızdaki iyotlu göl tuzunun sağlığa zararlı olduğu yorumu yapılmaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yemeklerin tadına olumlu etki sağlamasının yanı sıra dayanıklılığını artırmak için kullanılan tuz, günümüzde sanayi ve sağlık sektöründe de çok fazla kullanılan gıda maddesi haline gelmiştir. Piyasada çok sayıda bulunan tuz çeşitlerinin hangisinin tüketilmesi gerektiği ise merak konusu olmuştur. Bu çalışmada toplamda 8 adet olmak üzere kaya tuzu, deniz tuzu, göl tuzu ve himalaya tuzu örneklerinin iyotlu ve iyotsuz çeşitleri analiz edilmiş, içerdiği bazı element miktarları belirlenmiştir. Bu element konsantrasyonlarına göre çeşitlerin aralarında anlamlı bir fark olup olmadığı tespit edilmiştir.

Öncelikle her tuz örneğinin iyotlu ve iyotsuz çeşitleri kendi aralarında değerlendirilmiştir. İyotsuz kaya tuzu ve iyotlu kaya tuzunun içerdiği Na, Mg, K, Ca, P ve I konsantrasyonları arasında anlamlı fark varken ($p < 0,05$), Fe konsantrasyonu açısından aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($p > 0,05$). İyotsuz deniz tuzu ve iyotlu deniz tuzunun içerdiği Na, Mg, K, Ca ve I konsantrasyonları açısından anlamlı fark varken ($p < 0,05$), P ve Fe konsantrasyonu açısından aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p > 0,05$). İyotsuz göl tuzu ve iyotlu göl tuzunun içerdiği Na, Ca, Mg, K, P, Fe ve I konsantrasyonları açısından anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p < 0,05$). İyotsuz himalaya tuzu ve iyotlu himalaya tuzunun arasında Mg, K, Ca, Fe ve I konsantrasyonları açısından anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Na, P ve Al elementleri açısından örnekler arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p > 0,05$).

Tuz çeşitleri iyotlu ve iyotsuz olarak ayrılacak şekilde değerlendirilmiştir. İyotsuz tuz çeşitlerinden kaya tuzu, deniz tuzu, göl tuzu ve himalaya tuzunun içerdiği element farklılıkları incelenmiş olup, Çizelge 3.10'da belirtilen değerlere göre Mg ve K değerleri için en yüksek konsantrasyona sahip örneğin himalaya tuzu olduğu tespit edilmiştir. Na ve Ca içeriği en yüksek olan tuz kaya tuzu iken Fe, P ve Al içeriği en yüksek tuz göl tuzudur. Çizelge 3.11'de belirtilen kaya tuzu, deniz tuzu, göl tuzu ve himalaya tuzu örneklerinden iyotlu çeşitlerin mineral madde değerleri incelendiğinde Mg, K ve Fe için en yüksek konsantrasyona sahip tuzun himalaya tuzu olduğu tespit edilmiştir. Tüm tuz çeşitlerinde paralellik gösteren Na içeriği iyotlu tuzlarda en yüksek deniz tuzunda tespit edilirken Ca içeriği açısından en yüksek orana sahip iyotlu tuzun göl tuzu olduğu görülmektedir. Sodyum içeriğinin daha az olup, diğer minerallerin genellikle diğer tuz çeşitlerine göre daha fazla olduğu himalaya tuzu günümüzde tercih sebebi olabilmektedir.

Alüminyum elementi kalsiyum, demir, magnezyum ve fosfor gibi birtakım elementler ile etkileşime girerek bunların emilimini azaltmaktadır. Ayrıca doğrudan Alzheimer hastalığında (AD) alüminyumun rolü henüz kesin olarak gösterilmemiş olsa da yapılan çalışmalara göre beyin dokusunda bulunan yüksek alüminyum seviyesinin bu hastalığın ilerlemesiyle bir bağlantısı olduğu düşünülmektedir [40]. Tuzun içerdiği element miktarı elde edildiği yere ve işlenme şekline göre değişiklik göstermektedir. Kirlenmiş bir göl veya denizden/okyanustan elde edilen tuzlar sağlığa zararlı olan “Al” gibi bazı ağır metaller içerebilir. Sağlık için potansiyel zararlı element olarak kabul edilen Al açısından inceleme yapıldığında, çalışmamızdaki iyotlu tuz çeşitleri arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. İyotsuz tuz çeşitlerinde ise sadece göl tuzu ile aralarında anlamlı bir fark tespit edilmiştir. 2011’de JECFA, vücut ağırlığı başına haftalık tolere edilebilir alüminyum alım değerinin 2 mg/kg olduğunu bildirmiştir. Kişinin kilogram ağırlığı başına hesaplama yapıldığında 70 kg ağırlığında bir bireyin haftada 140 mg alüminyum alması sağlık açısından herhangi bir risk oluşturmayacaktır. Çalışmamızdaki tuz çeşitlerinde tespit edilen alüminyum miktarları ise insan sağlığına zararlı olmayacak kadar azdır. İyotsuz çeşitlerde, göl tuzunun diğer tuz çeşitlerine göre daha yüksek oranda (0,12 mg/kg) Al elementi içermesi, çalışmamızdaki iyotsuz tuzun elde edildiği göldeki olası kirlilik ile alakalı olabilir.

Çizelge 3.12’de yer alan günlük tavsiye edilen elementlerin tuz tüketimi ile karşılanma yüzdelerine bakıldığında Mg, K, C, P ve Fe gibi elementlerin vücut için temininde tuzun uygun bir kaynak olarak değerlendirilemeyeceği görülmektedir. Sodyum elementi için bakıldığında ise analizi yapılan tüm tuz çeşitleri için günlük 6 g tüketildiğinde bu elementin vücut için temininde 1500 mg olan kronik hastalık riski azaltma seviyesini aştığı (karşılanma oranı %100 ün üzerinde) ancak tolere edilebilir üst sınır değerinin (2300 mg) altında kaldığı görülmektedir. Guatr gibi hastalıklarda ya da gebelikte önem arz eden iyot elementinin yeterli miktarlarda vücuda alımını sağlamak amacıyla iyotlu tuz tüketilmesi önerilmektedir. Ancak çalışmamızdaki iyotlu tuz örneklerinin içerdiği iyot miktarının Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliği’nde belirtilen iyotlu tuzlara katılması gereken iyot değerini karşılamadığı görülmüştür. Bu nedenle günlük iyot ihtiyacını sadece bu tuzlar ile sağlamak, tuz tüketimini ve içerdiği bazı ağır metallerin vücuda alımını artıracığından doğru bir yaklaşım olmayacaktır.

Tuz çeşitlerinin içerdikleri mineral madde miktarları incelendiğinde sodyum haricindeki elementlerin düşük konsantrasyona sahip olduğu ve günlük tuz tüketimi referans alındığında en yüksek karşılanma oranının bile %7’nin altında olduğu görülmektedir. Bu nedenle tuz mineral

kaynağı olarak tercih edilebilecek bir besin değildir. Tuz, vücudumuz için gerekli olmasının yanı sıra fazla tüketiminin büyük ölçüde zarara yol açtığı bir besin maddesidir.

Özellikle öğütülmüş tuz çeşitlerinde kullanılan ve tuzun nem çekerek topaklanmasını önleyen günümüzde sıkça adını duyduğumuz madde “potasyum ferrosiyanür” ismiyle bilinen bir katkı maddesidir. Yapılan çalışmada analizi yapılan tuz çeşitlerinde bulunan potasyum ferrosiyanür değerleri literatürde belirtilen sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Çizelge 3.13’de belirtilen sonuçlara göre iyotlu göl tuzunun içerdiği potasyum ferrosiyanür değeri 10,52 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu katkı maddesinin Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliğine göre sınır değeri 20 mg/kg olduğu için tüm tuz çeşitleri güvenilir aralıktadır. FAO/WHO Gıda Standartlarına göre yasal sınırın 14 mg/kg (tuzda) olduğu ve iyotlu göl tuzu da dahil çalışmadaki tüm tuz çeşitlerinin limitler dahilinde bulunduğu tespit edilmiştir. Ancak üst düzey toksik madde özelliği taşımasından dolayı Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından yasaklanan madde olan potasyum ferrosiyanürün analizi yapılan iyotlu göl tuzunda bulunması dolayısıyla sağlığa zararlı olduğu sonucuna varılmaktadır. Deniz, göl ve yeraltı madenciliğinden elde edilen ham tuzlar içerisinde nem barındırması, dolayısıyla akışkan olmaması nedeniyle sofraya tuzu olarak kullanıma uygun olmayabilir. Bu nedenle tuz üreticileri bu ham tuzlara topaklanmayı önlemesi ve tuzun kolay akmasını sağlaması açısından Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği’nce belirtilen sınırlar içerisinde potasyum ferrosiyanür adlı katkı maddesini ilave edebilmektedirler. Çalışmamızdaki örneklerde yapılan etiket incelemesinde sadece iyotlu göl tuzunun içerisine potasyum ferrosiyanür ilave edildiği diğer örneklerde bu maddenin bulunmadığı belirtilmektedir. Bu katkı maddesi her çeşit tuzda bulunabilmektedir. Ancak genellikle öğütülmemiş tuzlar içerisine ilave edildiğinden doğal tuz tüketmek isteyen tüketicilerin öğütülmemiş iri tuzu tercih etmesi ve ürünün etiket bilgilerini inceleyerek satın alması uygun olacaktır.

Yapılan araştırmalar neticesinde görsel medyada tuz tüketimi ile alakalı tüketicuyu yanıltacak birtakım söylemlere rastlanmıştır. Bu çalışma ile tüm tuz çeşitlerinin sodyum elementini yetkili otoritelerce belirlenen sınır değerden daha yüksek konsantrasyonlarda içerdiği ve örneklerin birbirine paralellik gösterdiği saptanmıştır. Çalışmada benzer oranlarda sodyum içeren örnekler bakılarak bir tuz çeşidini baz alıp, söz konusu çeşidin fazla tüketilmesi sonucunda sağlığa birtakım faydaları olacağı söylemlerinin doğru olmadığı görülmektedir. Yetersiz tuz tüketimi sağlık açısından olumsuz etkilere yol açacağı gibi aşırı tuz tüketimi de canlı vücudu için olumsuz etkiler doğurmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] S. A. M. Adshead, *Salt and Civilization*. New York: New York : St. Martin's Press, 1992.
- [2] T.C. Resmi Gazete, *Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliği*. 2013.
- [3] T.C. Kuzey Anadolu Kalkınma Ajansı, “Çankırı Tuz Çalıştay Raporu”, 2012.
- [4] Z. Ergin, “Tuzun Üretim Teknolojisi ve İnsan Sağlığındaki Yeri”, *Bilim. Madencilik Derg.*, c. 27, sayı 1, ss. 9–30, 1988.
- [5] Poyraz72, “Sea salt large grain”, *Wikimedia Commons*, 2015. .
- [6] E. Yalçın ve M. E. Ertem, “Deniz Tuzlarının Türkiye Tuz Potansiyelindeki Yeri”, 1997, ss. 208–215.
- [7] Hubertl, “Pakistanisches , sogenanntes Himalaya- Salz”, *Wikimedia Commons*, 2015. .
- [8] T. Tyner ve J. Francis, “Potassium Ferricyanide”, *ACS Reag. Chem.*, c. 77, sayı 58, 2017, doi: 10.1021/acsreagents.4287.20160601.
- [9] I. Cole, D. . Paterson, ve W. D. Ganther, “Holistic Model For Atmospheric Corrosion Part1. Theoretical Framework For Production, Transportation And Deposition of Marine Salts.”, *Corros. Eng. Sci. Technol.*, c. 38, sayı 2, ss. 129–134, 2003, doi: 10.1179/147842203767789203.
- [10] G. Gençtoy, “Tuz ve Böbrek Yetmezliği”, *Türkiye Klin. J Nephrol-Special Top.*, c. 10, sayı 2, ss. 73–83, 2017.
- [11] National Heart Lung and Blood Institute, “Heart-Healthy Living”. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/heart-healthy-living>.
- [12] S. U. Uzun, C. Özdemir, ve M. Zencir, “Pamukkale Üniversitesi Öğrencilerinin Tuz Kullanımı ile İlgili Bilgi, Tutum ve Davranışları.”, *Fırat Tıp Derg.*, c. 21, sayı 4, ss. 187–194, 2016, [Çevrimiçi]. Available at: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=120473071&%0Alang=es&site=ehost-live>.
- [13] E. M. Alphan, *Hastalıklarda Beslenme Tedavisi*. 2019.
- [14] H. Çetinkaya, “Kırsal ve Kentsel Kesimde Yaşayan Adolesanların Beslenme Durumu ve Diyete Bağlı Kardiyovasküler Risk Faktörlerinin Değerlendirilmesi”, Gazi Üniversitesi, 2009.
- [15] T.C. Sağlık Bakanlığı Türkiye Halk Sağlığı Kurumu Obezite Diyabet ve Metabolik Hastalıklar Daire Başkanlığı, “Türkiye Aşırı Tuz Tüketiminin Azaltılması Programı 2017- 2021”, 2016.
- [16] T.C. Sağlık Bakanlığı, “Türkiye Böbrek Hastalıkları Önleme ve Kontrol Programı (2014-2017)”, 2014. [Çevrimiçi]. Available at: http://www.nefroloji.org.tr/pdf/Turkiye_Bobrek_Hastaliklari_Onleme_ve_Kontrol_Pro

grami.pdf.

- [17] E. Yassıbaş, “Mide Kanseri Tanısı Konmuş Yetişkin Bireylerin Yaşam Tarzı ve Beslenme Alışkanlıklarının Değerlendirilmesi.pdf”, Hacettepe Üniversitesi, 2009.
- [18] İ. R. Öztürk ve M. Garipağaoğlu, “Tuz Tüketimi ve Sağlık”, *Türkiye Klin. J Heal. Sci.*, c. 3, sayı 1, ss. 57–65, 2018, doi: 10.5336/healthsci.2017-55160.
- [19] M. Zarkadas, R. Gougeon-Reyburn, E. B. Marliss, E. Block, ve M. Alton-Mackey, “Sodium Chloride Supplementation and Urinary Calcium Excretion In Postmenopausal Women”, *Am. J. Clin. Nutr.*, c. 50, sayı 5, ss. 1088–1094, Kas. 1989, doi: 10.1093/ajcn/50.5.1088.
- [20] T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Beslenme ve Fiziksel Aktiviteler Daire Başkanlığı, “Türkiye Aşırı Tuz Tüketiminin Azaltılması Programı 2011- 2015”, 2011.
- [21] S. Avcı, “Ekonomik Coğrafya Açısından Önemli Bir Maden: Tuz (Tarihi, Önemi ve Dünya Tuz Ekonomisi)”, *Coğrafya Derg.*, c. 11, sayı February, ss. 21–45, 2003.
- [22] M. Younes *vd.*, “Re-evaluation of sodium ferrocyanide (E 535), potassium ferrocyanide (E 536) and calcium ferrocyanide (E 538) as food additives”, *EFSA J.*, c. 16, sayı 7, 2018, doi: 10.2903/j.efsa.2018.5374.
- [23] Joint FAO/WHO Codex Alimentarius Commission, “Codex Alimentarius : Food Additives”, *J. Chem. Inf. Model.*, c. 53, sayı 9, ss. 1689–1699, 2014, [Çevrimiçi]. Available at: <https://sis.binus.ac.id/2016/12/15/pasar-monopoli/>.
- [24] F. J. He, M. Burnier, ve G. A. MacGregor, “Nutrition in Cardiovascular Disease: Salt in Hypertension and Heart Failure”, *Eur. Heart J.*, c. 32, sayı 24, ss. 3073–3080, 2011, doi: 10.1093/eurheartj/ehr194.
- [25] T.C. Resmi Gazete, *Türk Gıda Kodeksi Gıda Etiketleme Ve Tüketicileri Bilgilendirme Yönetmeliği*. 2017.
- [26] Türk Kardiyoloji Derneği, “Tuz Dosyası”, *Hipertansiyon Haber Bülteni*, c. 3, sayı 5, ss. 7-23, 2016.
- [27] T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü Sağlıklı Beslenme ve Hareketli Hayat Dairesi Başkanlığı, “Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması (TBSA)”, yayın no: 1132, Ankara, 2019.
- [28] O.-S. Heo, S.-H. Oh, H.-S. Shin, ve M. R. Kim, “Mineral and Heavy Metal Contents of Salt and Salted-Fermented Shrimp”, *Korean J. Food Sci. Technol.*, c. 37, ss. 519–524, 2005.
- [29] G. Steinhauser, J. H. Sterba, K. Poljanc, M. Bichler, ve K. Buchtela, “Trace Elements In Rock Salt and Their Bioavailability Estimated From Solubility In Acid”, *J. Trace Elem. Med. Biol.*, c. 20, sayı 3, ss. 143–53, 2006, doi: 10.1016/j.jtemb.2006.06.001.
- [30] R. V Titler ve P. Curry, “Chemical Analysis of Major Constituents and Trace Contaminants of Rock Salt”, *Pennsylvania Dep. Environ. Prot. Bur. Water Stand. Facil.*

Regul., s. 28, 2011.

- [31] S. Yalçın ve I. H. Mutlu, “Structural Characterization of Some Table Salt Samples by XRD, ICP, FTIR and XRF Techniques”, *Acta Phys. Pol. A*, c. 121, sayı 1, ss. 50–52, 2012, doi: 10.12693/APhysPolA.121.50.
- [32] M. Nafees, N. Khan, S. Rukh, ve A. Bashir, “Analysis of Rock and Sea Salt For Various Essentials and Inorganic Elements”, *J. Sc. Tech. Univ. Peshawar*, c. 37, sayı 1, ss. 9–20, 2013.
- [33] A. Aksel, “İğdır Bölgesinde Çıkarılan Kaya Tuzu Örneklerindeki Bazı Eser Metallerin ICP-MS ile Analizi”, Kafkas Üniversitesi, 2014.
- [34] Z. Papp, “Morphological and Microchemical Characterization of Himalayan Salt Samples”, *Rev. Roum. Chim.*, c. 61, sayı 3, ss. 169–174, 2016.
- [35] A. Ul Hassan, A. M. U. Din, ve S. Ali, “Chemical Characterisation of Himalayan Rock Salt”, *Pakistan J. Sci. Ind. Res. Ser. A Phys. Sci.*, c. 60, sayı 2, ss. 67–71, 2017.
- [36] K. Eyüboğlu, “Çankırı İlinde Bulunan Tuz Ocaklarından Toplanan Kaya Tuzu”, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu, 2019.
- [37] M. A. Üstek, “Piyasadan Temin Edilen Kaya Tuzlarının Mineral İçeriklerinin T ICP - MS , FT-IR VE SEM-EDX Teknikleri ile Tespit Edilmesi”, Bingöl Üniversitesi, 2019.
- [38] USEPA, *Method 3052, Microwave Assisted Acid Digestion of Siliceous And Organically Based Matrices*. 1996, ss. 1–20.
- [39] European Salt Producers Association, *Determination of Water Soluble Hexacyanoferrate (II) Prussian Blue Photometrie Method*, c. 004. 2008, ss. 4–7.
- [40] M. Demirci, *Beslenme*, Namık Kemal. Tekirdağ: Namık Kemal Üniversitesi, 2009.
- [41] DGA, “Dietary Guidelines for Americans, 2020-2025. 9th Edition”, *Am. J. Clin. Nutr.*, c. 34, sayı 1, ss. 121–123, 2020.
- [42] A. Campbell, “The Potential Role of Aluminium in Alzheimer’s Disease”, *Nephrol. Dial. Transplant.*, c. 17, sayı SUPPL. 2, ss. 17–20, 2002, doi: 10.1093/ndt/17.suppl_2.17.

EKLER

EK- 1. İYOTLU VE İYOTSUZ KAYA TUZU ÖRNEKLERİNİN İSTATİKSEL ANALİZİ

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Na (ppm)	Equal variances assumed	1,370	,307	9,594	4	,001	46452,00000	4841,62618	33009,49070	59894,50930
	Equal variances not assumed			9,594	2,666	,004	46452,00000	4841,62618	29890,91258	63013,08742
Mg (ppm)	Equal variances assumed	4,565	,099	-76,195	4	,000	-68,67333	,90128	-71,17570	-66,17097
	Equal variances not assumed			-76,195	2,177	,000	-68,67333	,90128	-72,26388	-65,08279
K (ppm)	Equal variances assumed	1,878	,242	41,257	4	,000	439,00000	10,64059	409,45698	468,54302
	Equal variances not assumed			41,257	3,146	,000	439,00000	10,64059	406,00758	471,99242
Ca (ppm)	Equal variances assumed	7,266	,054	284,477	4	,000	5502,33333	19,34195	5448,63147	5556,03520
	Equal variances not assumed			284,477	2,000	,000	5502,33333	19,34195	5419,11163	5585,55504
P (ppm)	Equal variances assumed	6,400	,065	3,162	4	,034	3,33333	1,05409	,40670	6,25996
	Equal variances not assumed			3,162	2,439	,067	3,33333	1,05409	-,50294	7,16961
Fe (ppm)	Equal variances assumed	,000	1,000	-1,414	4	,230	-,66667	,47140	-1,97550	,64216
	Equal variances not assumed			-1,414	4,000	,230	-,66667	,47140	-1,97550	,64216
I(ppm)	Equal variances assumed	4,000	,116	-68,127	4	,000	-1,18000	,01732	-1,22809	-1,13191
	Equal variances not assumed			-68,127	2,000	,000	-1,18000	,01732	-1,25452	-1,10548

EK-2. İYOTLU VE İYOTSUZ DENİZ TUZU ÖRNEKLERİNİN İSTATİKSEL ANALİZİ

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Na (ppm)	Equal variances assumed	5,104	,087	-4,241	4	,013	-21222,30000	5003,87723	-35115,29044	-7329,30956
	Equal variances not assumed			-4,241	2,554	,033	-21222,30000	5003,87723	-38843,01303	-3601,58697
Mg (ppm)	Equal variances assumed	1,459	,294	-13,417	4	,000	-77,33333	5,76387	-93,33641	-61,33026
	Equal variances not assumed			-13,417	2,806	,001	-77,33333	5,76387	-96,41376	-58,25291
K (ppm)	Equal variances assumed	,073	,800	-6,021	4	,004	-95,66667	15,88850	-139,78022	-51,55312
	Equal variances not assumed			-6,021	3,936	,004	-95,66667	15,88850	-140,06511	-51,26822
Ca (ppm)	Equal variances assumed	4,866	,092	3,859	4	,018	109,66667	28,41557	30,77240	188,56093
	Equal variances not assumed			3,859	2,232	,051	109,66667	28,41557	-1,18099	220,51433
P (ppm)	Equal variances assumed	,400	,561	-,500	4	,643	-,33333	,66667	-2,18430	1,51763
	Equal variances not assumed			-,500	3,200	,649	-,33333	,66667	-2,38189	1,71522
Fe (ppm)	Equal variances assumed	,000	1,000	1,414	4	,230	,66667	,47140	-,64216	1,97550
	Equal variances not assumed			1,414	4,000	,230	,66667	,47140	-,64216	1,97550
I (ppm)	Equal variances assumed	2,114	,220	-33,865	4	,000	-1,00333	,02963	-1,08559	-,92107
	Equal variances not assumed			-33,865	2,213	,000	-1,00333	,02963	-1,11976	-,88691

EK-3. İYOTLU VE İYOTSUZ GÖL TUZU ÖRNEKLERİNİN İSTATİKSEL ANALİZİ

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Na(ppm)	Equal variances assumed	.836	.412	-6,110	4	,004	-23880,90000	3908,53837	-34732,74222	-13029,05778
	Equal variances not assumed			-6,110	3,239	,007	-23880,90000	3908,53837	-35816,97090	-11944,82910
M(ppm)	Equal variances assumed	6,032	,070	5,425	4	,006	239,66667	44,18019	117,00280	362,33053
	Equal variances not assumed			5,425	2,160	,027	239,66667	44,18019	62,43855	416,89478
K (ppm)	Equal variances assumed	1,273	,322	11,912	4	,000	390,00000	32,74141	299,09527	480,90473
	Equal variances not assumed			11,912	2,852	,002	390,00000	32,74141	282,68248	497,31752
Ca (ppm)	Equal variances assumed	6,151	,068	4,053	4	,015	940,33333	232,01533	296,15552	1584,51115
	Equal variances not assumed			4,053	2,257	,045	940,33333	232,01533	43,38178	1837,28489
P (ppm)	Equal variances assumed	3,462	,136	18,570	4	,000	123,33333	6,64162	104,89324	141,77343
	Equal variances not assumed			18,570	2,268	,002	123,33333	6,64162	97,75722	148,90944
Fe (ppm)	Equal variances assumed	2,560	,185	14,546	4	,000	61,33333	4,21637	49,62681	73,03985
	Equal variances not assumed			14,546	2,322	,002	61,33333	4,21637	45,40271	77,26395
Al(ppm)	Equal variances assumed	4,000	,116	4,330	4	,012	,10000	,02309	,03588	,16412
	Equal variances not assumed			4,330	2,000	,049	,10000	,02309	,00063	,19937
I(ppm)	Equal variances assumed	3,355	,141	-32,536	4	,000	-1,50667	,04631	-1,63524	-1,37809
	Equal variances not assumed			-32,536	2,021	,001	-1,50667	,04631	-1,70396	-1,30937

EK-4. İYOTLU VE İYOTSUZ HİMALAYA TUZU ÖRNEKLERİNİN İSTATİKSEL ANALİZİ

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Na (ppm)	Equal variances assumed	,754	,434	-,276	4	,796	-1451,10000	5255,17245	-16041,79783	13139,59783
	Equal variances not assumed			-,276	3,453	,798	-1451,10000	5255,17245	-17000,84597	14098,64597
Mg (ppm)	Equal variances assumed	,161	,709	113,523	4	,000	588,66667	5,18545	574,26955	603,06378
	Equal variances not assumed			113,523	3,768	,000	588,66667	5,18545	573,91371	603,41962
K (ppm)	Equal variances assumed	1,645	,269	35,085	4	,000	2378,33333	67,78725	2190,12576	2566,54091
	Equal variances not assumed			35,085	2,430	,000	2378,33333	67,78725	2130,91411	2625,75256
Ca (ppm)	Equal variances assumed	4,597	,099	38,290	4	,000	2969,33333	77,54927	2754,02205	3184,64462
	Equal variances not assumed			38,290	2,005	,001	2969,33333	77,54927	2636,38465	3302,28201
P (ppm)	Equal variances assumed	,500	,519	2,236	4	,089	3,33333	1,49071	-,80555	7,47221
	Equal variances not assumed			2,236	3,670	,095	3,33333	1,49071	-,95667	7,62334
Al (ppm)	Equal variances assumed	16,000	,016	1,000	4	,374	,00333	,00333	-,00592	,01259
	Equal variances not assumed			1,000	2,000	,423	,00333	,00333	-,01101	,01768
Fe (ppm)	Equal variances assumed	,400	,561	3,500	4	,025	2,33333	,66667	,48237	4,18430
	Equal variances not assumed			3,500	3,200	,036	2,33333	,66667	,28478	4,38189
I (ppm)	Equal variances assumed	5,953	,071	-108,514	4	,000	-1,57667	,01453	-1,61701	-1,53633
	Equal variances not assumed			-108,514	2,000	,000	-1,57667	,01453	-1,63918	-1,51415

EK-5. İYOTSUZ TUZ ÖRNEKLERİNİN İSTATİKSEL ANALİZİ

Dependent Variable			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99,2% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Na (ppm)	İyotsuz Kaya Tuzu	İyotsuz Deniz Tuzu	23850,60000*	3857,93054	,002	5282,6443	42418,5557
		İyotsuz Göl Tuzu	36654,00000*	3857,93054	,000	18086,0443	55221,9557
		İyotsuz Himalaya Tuzu	10492,20000	3857,93054	,158	-8075,7557	29060,1557
	İyotsuz Deniz Tuzu	İyotsuz Kaya Tuzu	-23850,60000*	3857,93054	,002	-42418,5557	-5282,6443
		İyotsuz Göl Tuzu	12803,40000	3857,93054	,063	-5764,5557	31371,3557
		İyotsuz Himalaya Tuzu	-13358,40000	3857,93054	,051	-31926,3557	5209,5557
	İyotsuz Göl Tuzu	İyotsuz Kaya Tuzu	-36654,00000*	3857,93054	,000	-55221,9557	-18086,0443
		İyotsuz Deniz Tuzu	-12803,40000	3857,93054	,063	-31371,3557	5764,5557
		İyotsuz Himalaya Tuzu	-26161,80000*	3857,93054	,001	-44729,7557	-7593,8443
	İyotsuz Himalaya Tuzu	İyotsuz Kaya Tuzu	-10492,20000	3857,93054	,158	-29060,1557	8075,7557
		İyotsuz Deniz Tuzu	13358,40000	3857,93054	,051	-5209,5557	31926,3557
		İyotsuz Göl Tuzu	26161,80000*	3857,93054	,001	7593,8443	44729,7557
Mg (ppm)	İyotsuz Kaya Tuzu	İyotsuz Deniz Tuzu	-409,67333*	30,81694	,000	-557,9932	-261,3535
		İyotsuz Göl Tuzu	-332,67333*	30,81694	,000	-480,9932	-184,3535
		İyotsuz Himalaya Tuzu	-1156,67333*	30,81694	,000	-1304,9932	-1008,3535
	İyotsuz Deniz Tuzu	İyotsuz Kaya Tuzu	409,67333*	30,81694	,000	261,3535	557,9932
		İyotsuz Göl Tuzu	77,00000	30,81694	,222	-71,3198	225,3198
		İyotsuz Himalaya Tuzu	-747,00000*	30,81694	,000	-895,3198	-598,6802
	İyotsuz Göl Tuzu	İyotsuz Kaya Tuzu	332,67333*	30,81694	,000	184,3535	480,9932
		İyotsuz Deniz Tuzu	-77,00000	30,81694	,222	-225,3198	71,3198
		İyotsuz Himalaya Tuzu	-824,00000*	30,81694	,000	-972,3198	-675,6802
	İyotsuz Himalaya Tuzu	İyotsuz Kaya Tuzu	1156,67333*	30,81694	,000	1008,3535	1304,9932
		İyotsuz Deniz Tuzu	747,00000*	30,81694	,000	598,6802	895,3198
		İyotsuz Göl Tuzu	824,00000*	30,81694	,000	675,6802	972,3198

EK-5. İyotsuz Tuz Örneklerinin İstatiksel Analizi (devamı)

K (ppm)	İyotsuz Kaya Tuzu	İyotsuz Deniz Tuzu	288,66667*	47,48801	,002	60,1101	517,2232	
		İyotsuz Göl Tuzu	17,66667	47,48801	1,000	-210,8899	246,2232	
		İyotsuz Himalaya Tuzu	-2554,66667*	47,48801	,000	-2783,2232	-2326,1101	
	İyotsuz Deniz Tuzu	İyotsuz Kaya Tuzu	-288,66667*	47,48801	,002	-517,2232	-60,1101	
		İyotsuz Göl Tuzu	-271,00000*	47,48801	,003	-499,5565	-42,4435	
		İyotsuz Himalaya Tuzu	-2843,33333*	47,48801	,000	-3071,8899	-2614,7768	
	İyotsuz Göl Tuzu	İyotsuz Kaya Tuzu	-17,66667	47,48801	1,000	-246,2232	210,8899	
		İyotsuz Deniz Tuzu	271,00000*	47,48801	,003	42,4435	499,5565	
		İyotsuz Himalaya Tuzu	-2572,33333*	47,48801	,000	-2800,8899	-2343,7768	
	İyotsuz Himalaya Tuzu	İyotsuz Kaya Tuzu	2554,66667*	47,48801	,000	2326,1101	2783,2232	
		İyotsuz Deniz Tuzu	2843,33333*	47,48801	,000	2614,7768	3071,8899	
		İyotsuz Göl Tuzu	2572,33333*	47,48801	,000	2343,7768	2800,8899	
	Ca (ppm)	İyotsuz Kaya Tuzu	İyotsuz Deniz Tuzu	6010,00000*	169,32382	,000	5195,0560	6824,9440
			İyotsuz Göl Tuzu	3254,00000*	169,32382	,000	2439,0560	4068,9440
			İyotsuz Himalaya Tuzu	2804,33333*	169,32382	,000	1989,3894	3619,2773
İyotsuz Deniz Tuzu		İyotsuz Kaya Tuzu	-6010,00000*	169,32382	,000	-6824,9440	-5195,0560	
		İyotsuz Göl Tuzu	-2756,00000*	169,32382	,000	-3570,9440	-1941,0560	
		İyotsuz Himalaya Tuzu	-3205,66667*	169,32382	,000	-4020,6106	-2390,7227	
İyotsuz Göl Tuzu		İyotsuz Kaya Tuzu	-3254,00000*	169,32382	,000	-4068,9440	-2439,0560	
		İyotsuz Deniz Tuzu	2756,00000*	169,32382	,000	1941,0560	3570,9440	
		İyotsuz Himalaya Tuzu	-449,66667	169,32382	,174	-1264,6106	365,2773	
İyotsuz Himalaya Tuzu		İyotsuz Kaya Tuzu	-2804,33333*	169,32382	,000	-3619,2773	-1989,3894	
		İyotsuz Deniz Tuzu	3205,66667*	169,32382	,000	2390,7227	4020,6106	
		İyotsuz Göl Tuzu	449,66667	169,32382	,174	-365,2773	1264,6106	

EK-5. İyotsuz Tuz Örneklerinin İstatiksel Analizi (devamı)

P (ppm)	İyotsuz Kaya Tuzu	İyotsuz Deniz Tuzu	6,33333	4,68449	1,000	-16,2128	28,8795	
		İyotsuz Göl Tuzu	-126,00000*	4,68449	,000	-148,5461	-103,4539	
		İyotsuz Himalaya Tuzu	-,66667	4,68449	1,000	-23,2128	21,8795	
	İyotsuz Deniz Tuzu	İyotsuz Kaya Tuzu	-6,33333	4,68449	1,000	-28,8795	16,2128	
		İyotsuz Göl Tuzu	-132,33333*	4,68449	,000	-154,8795	-109,7872	
		İyotsuz Himalaya Tuzu	-7,00000	4,68449	1,000	-29,5461	15,5461	
	İyotsuz Göl Tuzu	İyotsuz Kaya Tuzu	126,00000*	4,68449	,000	103,4539	148,5461	
		İyotsuz Deniz Tuzu	132,33333*	4,68449	,000	109,7872	154,8795	
		İyotsuz Himalaya Tuzu	125,33333*	4,68449	,000	102,7872	147,8795	
	İyotsuz Himalaya Tuzu	İyotsuz Kaya Tuzu	,66667	4,68449	1,000	-21,8795	23,2128	
		İyotsuz Deniz Tuzu	7,00000	4,68449	1,000	-15,5461	29,5461	
		İyotsuz Göl Tuzu	-125,33333*	4,68449	,000	-147,8795	-102,7872	
	Fe (ppm)	İyotsuz Kaya Tuzu	İyotsuz Deniz Tuzu	-4,66667	2,89636	,875	-18,6066	9,2733
			İyotsuz Göl Tuzu	-72,66667*	2,89636	,000	-86,6066	-58,7267
İyotsuz Himalaya Tuzu			-25,66667*	2,89636	,000	-39,6066	-11,7267	
İyotsuz Deniz Tuzu		İyotsuz Kaya Tuzu	4,66667	2,89636	,875	-9,2733	18,6066	
		İyotsuz Göl Tuzu	-68,00000*	2,89636	,000	-81,9400	-54,0600	
		İyotsuz Himalaya Tuzu	-21,00000*	2,89636	,001	-34,9400	-7,0600	
İyotsuz Göl Tuzu		İyotsuz Kaya Tuzu	72,66667*	2,89636	,000	58,7267	86,6066	
		İyotsuz Deniz Tuzu	68,00000*	2,89636	,000	54,0600	81,9400	
		İyotsuz Himalaya Tuzu	47,00000*	2,89636	,000	33,0600	60,9400	
İyotsuz Himalaya Tuzu		İyotsuz Kaya Tuzu	25,66667*	2,89636	,000	11,7267	39,6066	
		İyotsuz Deniz Tuzu	21,00000*	2,89636	,001	7,0600	34,9400	
		İyotsuz Göl Tuzu	-47,00000*	2,89636	,000	-60,9400	-33,0600	

EK-5. İyotsuz Tuz Örneklerinin İstatiksel Analizi (devamı)

Al (ppm)	İyotsuz Kaya Tuzu	İyotsuz Deniz Tuzu	-0,01000	,01633	1,000	-,0886	,0686
		İyotsuz Göl Tuzu	-,11000*	,01633	,001	-,1886	-,0314
		İyotsuz Himalaya Tuzu	-,03000	,01633	,621	-,1086	,0486
	İyotsuz Deniz Tuzu	İyotsuz Kaya Tuzu	,01000	,01633	1,000	-,0686	,0886
		İyotsuz Göl Tuzu	-,10000*	,01633	,002	-,1786	-,0214
		İyotsuz Himalaya Tuzu	-,02000	,01633	1,000	-,0986	,0586
	İyotsuz Göl Tuzu	İyotsuz Kaya Tuzu	,11000*	,01633	,001	,0314	,1886
		İyotsuz Deniz Tuzu	,10000*	,01633	,002	,0214	,1786
		İyotsuz Himalaya Tuzu	,08000*	,01633	,007	,0014	,1586
	İyotsuz Himalaya Tuzu	İyotsuz Kaya Tuzu	,03000	,01633	,621	-,0486	,1086
		İyotsuz Deniz Tuzu	,02000	,01633	1,000	-,0586	,0986
		İyotsuz Göl Tuzu	-,08000*	,01633	,007	-,1586	-,0014
I (ppm)	İyotsuz Kaya Tuzu	İyotsuz Deniz Tuzu	-0,01667	,00527	,080	-,0420	,0087
		İyotsuz Göl Tuzu	-,03333*	,00527	,001	-,0587	-,0080
		İyotsuz Himalaya Tuzu	0,00000	,00527	1,000	-,0254	,0254
	İyotsuz Deniz Tuzu	İyotsuz Kaya Tuzu	,01667	,00527	,080	-,0087	,0420
		İyotsuz Göl Tuzu	-,01667	,00527	,080	-,0420	,0087
		İyotsuz Himalaya Tuzu	,01667	,00527	,080	-,0087	,0420
	İyotsuz Göl Tuzu	İyotsuz Kaya Tuzu	,03333*	,00527	,001	,0080	,0587
		İyotsuz Deniz Tuzu	,01667	,00527	,080	-,0087	,0420
		İyotsuz Himalaya Tuzu	,03333*	,00527	,001	,0080	,0587
	İyotsuz Himalaya Tuzu	İyotsuz Kaya Tuzu	0,00000	,00527	1,000	-,0254	,0254
		İyotsuz Deniz Tuzu	-,01667	,00527	,080	-,0420	,0087
		İyotsuz Göl Tuzu	-,03333*	,00527	,001	-,0587	-,0080

*Anlamlı farklılık değeri 0.008

EK-6. İYOTLU TUZ ÖRNEKLERİNİN İSTATİKSEL ANALİZİ

Dependent Variable			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99,2% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Na(ppm)	İyotlu Kaya Tuzu	İyotlu Deniz Tuzu	-43823,70000*	5550,06238	,000	-70535,7705	-17111,6295
		İyotlu Göl Tuzu	-33678,90000*	5550,06238	,002	-60390,9705	-6966,8295
		İyotlu Himalaya Tuzu	-37410,90000*	5550,06238	,001	-64122,9705	-10698,8295
	İyotlu Deniz Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	43823,70000*	5550,06238	,000	17111,6295	70535,7705
		İyotlu Göl Tuzu	10144,80000	5550,06238	,630	-16567,2705	36856,8705
		İyotlu Himalaya Tuzu	6412,80000	5550,06238	1,000	-20299,2705	33124,8705
	İyotlu Göl Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	33678,90000*	5550,06238	,002	6966,8295	60390,9705
		İyotlu Deniz Tuzu	-10144,80000	5550,06238	,630	-36856,8705	16567,2705
		İyotlu Himalaya Tuzu	-3732,00000	5550,06238	1,000	-30444,0705	22980,0705
	İyotlu Himalaya Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	37410,90000*	5550,06238	,001	10698,8295	64122,9705
		İyotlu Deniz Tuzu	-6412,80000	5550,06238	1,000	-33124,8705	20299,2705
		İyotlu Göl Tuzu	3732,00000	5550,06238	1,000	-22980,0705	30444,0705
Mg(ppm)	İyotlu Kaya Tuzu	İyotlu Deniz Tuzu	-418,33333*	7,53142	,000	-454,5815	-382,0851
		İyotlu Göl Tuzu	-24,33333	7,53142	,072	-60,5815	11,9149
		İyotlu Himalaya Tuzu	-499,33333*	7,53142	,000	-535,5815	-463,0851
	İyotlu Deniz Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	418,33333*	7,53142	,000	382,0851	454,5815
		İyotlu Göl Tuzu	394,00000*	7,53142	,000	357,7518	430,2482
		İyotlu Himalaya Tuzu	-81,00000*	7,53142	,000	-117,2482	-44,7518
	İyotlu Göl Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	24,33333	7,53142	,072	-11,9149	60,5815
		İyotlu Deniz Tuzu	-394,00000*	7,53142	,000	-430,2482	-357,7518
		İyotlu Himalaya Tuzu	-475,00000*	7,53142	,000	-511,2482	-438,7518
	İyotlu Himalaya Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	499,33333*	7,53142	,000	463,0851	535,5815
		İyotlu Deniz Tuzu	81,00000*	7,53142	,000	44,7518	117,2482
		İyotlu Göl Tuzu	475,00000*	7,53142	,000	438,7518	511,2482

EK-6. İyotlu Tuz Örneklerinin İstatiksel Analizi (devamı)

K(ppm)	İyotlu Kaya Tuzu	İyotlu Deniz Tuzu	-246,00000*	27,59126	,000	-378,7949	-113,2051
		İyotlu Göl Tuzu	-31,33333	27,59126	1,000	-164,1282	101,4615
		İyotlu Himalaya Tuzu	-615,33333*	27,59126	,000	-748,1282	-482,5385
	İyotlu Deniz Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	246,00000*	27,59126	,000	113,2051	378,7949
		İyotlu Göl Tuzu	214,66667*	27,59126	,000	81,8718	347,4615
		İyotlu Himalaya Tuzu	-369,33333*	27,59126	,000	-502,1282	-236,5385
	İyotlu Göl Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	31,33333	27,59126	1,000	-101,4615	164,1282
		İyotlu Deniz Tuzu	-214,66667*	27,59126	,000	-347,4615	-81,8718
		İyotlu Himalaya Tuzu	-584,00000*	27,59126	,000	-716,7949	-451,2051
	İyotlu Himalaya Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	615,33333*	27,59126	,000	482,5385	748,1282
		İyotlu Deniz Tuzu	369,33333*	27,59126	,000	236,5385	502,1282
		İyotlu Göl Tuzu	584,00000*	27,59126	,000	451,2051	716,7949
Ca(ppm)	İyotlu Kaya Tuzu	İyotlu Deniz Tuzu	617,33333*	42,92694	,000	410,7289	823,9378
		İyotlu Göl Tuzu	-1308,00000*	42,92694	,000	-1514,6044	-1101,3956
		İyotlu Himalaya Tuzu	271,33333*	42,92694	,001	64,7289	477,9378
	İyotlu Deniz Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	-617,33333*	42,92694	,000	-823,9378	-410,7289
		İyotlu Göl Tuzu	-1925,33333*	42,92694	,000	-2131,9378	-1718,7289
		İyotlu Himalaya Tuzu	-346,00000*	42,92694	,000	-552,6044	-139,3956
	İyotlu Göl Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	1308,00000*	42,92694	,000	1101,3956	1514,6044
		İyotlu Deniz Tuzu	1925,33333*	42,92694	,000	1718,7289	2131,9378
		İyotlu Himalaya Tuzu	1579,33333*	42,92694	,000	1372,7289	1785,9378
	İyotlu Himalaya Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	-271,33333*	42,92694	,001	-477,9378	-64,7289
		İyotlu Deniz Tuzu	346,00000*	42,92694	,000	139,3956	552,6044
		İyotlu Göl Tuzu	-1579,33333*	42,92694	,000	-1785,9378	-1372,7289

EK-6. İyotlu Tuz Örneklerinin İstatiksel Analizi (devamı)

P(ppm)	İyotlu Kaya Tuzu	İyotlu Deniz Tuzu	2,66667	1,41421	,576	-4,1398	9,4732
		İyotlu Göl Tuzu	-6,00000	1,41421	,017	-12,8065	,8065
		İyotlu Himalaya Tuzu	-,66667	1,41421	1,000	-7,4732	6,1398
	İyotlu Deniz Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	-2,66667	1,41421	,576	-9,4732	4,1398
		İyotlu Göl Tuzu	-8,66667*	1,41421	,002	-15,4732	-1,8602
		İyotlu Himalaya Tuzu	-3,33333	1,41421	,277	-10,1398	3,4732
	İyotlu Göl Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	6,00000	1,41421	,017	-,8065	12,8065
		İyotlu Deniz Tuzu	8,66667*	1,41421	,002	1,8602	15,4732
		İyotlu Himalaya Tuzu	5,33333	1,41421	,033	-1,4732	12,1398
	İyotlu Himalaya Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	,66667	1,41421	1,000	-6,1398	7,4732
		İyotlu Deniz Tuzu	3,33333	1,41421	,277	-3,4732	10,1398
		İyotlu Göl Tuzu	-5,33333	1,41421	,033	-12,1398	1,4732
Fe(ppm)	İyotlu Kaya Tuzu	İyotlu Deniz Tuzu	-3,33333	,97183	,054	-8,0107	1,3440
		İyotlu Göl Tuzu	-10,66667*	,97183	,000	-15,3440	-5,9893
		İyotlu Himalaya Tuzu	-22,66667*	,97183	,000	-27,3440	-17,9893
	İyotlu Deniz Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	3,33333	,97183	,054	-1,3440	8,0107
		İyotlu Göl Tuzu	-7,33333*	,97183	,000	-12,0107	-2,6560
		İyotlu Himalaya Tuzu	-19,33333*	,97183	,000	-24,0107	-14,6560
	İyotlu Göl Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	10,66667*	,97183	,000	5,9893	15,3440
		İyotlu Deniz Tuzu	7,33333*	,97183	,000	2,6560	12,0107
		İyotlu Himalaya Tuzu	-12,00000*	,97183	,000	-16,6773	-7,3227
	İyotlu Himalaya Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	22,66667*	,97183	,000	17,9893	27,3440
		İyotlu Deniz Tuzu	19,33333*	,97183	,000	14,6560	24,0107
		İyotlu Göl Tuzu	12,00000*	,97183	,000	7,3227	16,6773

EK-6. İyotlu Tuz Örneklerinin İstatiksel Analizi (devamı)

Al(ppm)	İyotlu Kaya Tuzu	İyotlu Deniz Tuzu	0,00000	,00236	1,000	-,0113	,0113
		İyotlu Göl Tuzu	0,00000	,00236	1,000	-,0113	,0113
		İyotlu Himalaya Tuzu	0,01667*	,00236	,001	-,0280	-,0053
	İyotlu Deniz Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	0,00000	,00236	1,000	-,0113	,0113
		İyotlu Göl Tuzu	0,00000	,00236	1,000	-,0113	,0113
		İyotlu Himalaya Tuzu	-,01667*	,00236	,001	-,0280	-,0053
	İyotlu Göl Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	0,00000	,00236	1,000	-,0113	,0113
		İyotlu Deniz Tuzu	0,00000	,00236	1,000	-,0113	,0113
		İyotlu Himalaya Tuzu	-,01667*	,00236	,001	-,0280	-,0053
	İyotlu Himalaya Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	,01667*	,00236	,001	,0053	,0280
		İyotlu Deniz Tuzu	,01667*	,00236	,001	,0053	,0280
		İyotlu Göl Tuzu	,01667*	,00236	,001	,0053	,0280
I(ppm)	İyotlu Kaya Tuzu	İyotlu Deniz Tuzu	,16000	,04170	,030	-,0407	,3607
		İyotlu Göl Tuzu	-,36000*	,04170	,000	-,5607	-,1593
		İyotlu Himalaya Tuzu	-,39667*	,04170	,000	-,5974	-,1960
	İyotlu Deniz Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	-,16000	,04170	,030	-,3607	,0407
		İyotlu Göl Tuzu	-,52000*	,04170	,000	-,7207	-,3193
		İyotlu Himalaya Tuzu	-,55667*	,04170	,000	-,7574	-,3560
	İyotlu Göl Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	,36000*	,04170	,000	,1593	,5607
		İyotlu Deniz Tuzu	,52000*	,04170	,000	,3193	,7207
		İyotlu Himalaya Tuzu	-,03667	,04170	1,000	-,2374	,1640
	İyotlu Himalaya Tuzu	İyotlu Kaya Tuzu	,39667*	,04170	,000	,1960	,5974
		İyotlu Deniz Tuzu	,55667*	,04170	,000	,3560	,7574
		İyotlu Göl Tuzu	,03667	,04170	1,000	-,1640	,2374

*Anlamli farklılık değeri 0.008

EK-7. İYOTSUZ TUZ ÖRNEKLERİNİN DUNCAN TESTİ SONUÇLARI

Na

Tuz Çeşitleri	N	Subset for alpha = 0.008		
		1	2	3
Duncan ^a İyotsuz Göl Tuzu	3	329935,5000		
İyotsuz Deniz Tuzu	3	342738,9000	342738,9000	
İyotsuz Himalaya Tuzu	3		356097,3000	356097,3000
İyotsuz Kaya Tuzu	3			366589,5000
Sig.		,011	,009	,026

Mg

Tuz Çeşitleri	N	Subset for alpha = 0.008		
		1	2	3
Duncan ^a İyotsuz Kaya Tuzu	3	34,3333		
İyotsuz Göl Tuzu	3		369,3333	
İyotsuz Deniz Tuzu	3		446,3333	
İyotsuz Himalaya Tuzu	3			1193,3333
Sig.		1,000	,037	1,000

EK-7. İyotsuz Tuz Örneklerinin Duncan Testi Sonuçları (devamı)

K

Tuz Çeşitleri	N	Subset for alpha = 0.008		
		1	2	3
Duncan ^a İyotsuz Deniz Tuzu	3	171,0000		
İyotsuz Göl Tuzu	3		442,0000	
İyotsuz Kaya Tuzu	3		459,6667	
İyotsuz Himalaya Tuzu	3			3014,3333
Sig.		1,000	,720	1,000

Ca

Tuz Çeşitleri	N	Subset for alpha = 0.008		
		1	2	3
Duncan ^a İyotsuz Deniz Tuzu	3	533,0000		
İyotsuz Göl Tuzu	3		3289,0000	
İyotsuz Himalaya Tuzu	3		3738,6667	
İyotsuz Kaya Tuzu	3			6543,0000
Sig.		1,000	,029	1,000

EK-7. İyotsuz Tuz Örneklerinin Duncan Testi Sonuçları (devamı)

P

Tuz Çeşitleri	N	Subset for alpha = 0.008	
		1	2
Duncan ^a İyotsuz Deniz Tuzu	3	2,6667	
İyotsuz Kaya Tuzu	3	9,0000	
İyotsuz Himalaya Tuzu	3	9,6667	
İyotsuz Göl Tuzu	3		135,0000
Sig.		,190	1,000

Fe

Tuz Çeşitleri	N	Subset for alpha = 0.008		
		1	2	3
Duncan ^a İyotsuz Kaya Tuzu	3	1,6667		
İyotsuz Deniz Tuzu	3	6,3333		
İyotsuz Himalaya Tuzu	3		27,3333	
İyotsuz Göl Tuzu	3			74,3333
Sig.		,146	1,000	1,000

Al

Tuz Çeşitleri	N	Subset for alpha = 0.008	
		1	2
Duncan ^a İyotsuz Kaya Tuzu	3	,0100	
İyotsuz Deniz Tuzu	3	,0200	
İyotsuz Himalaya Tuzu	3	,0400	
İyotsuz Göl Tuzu	3		,1200
Sig.		,116	1,000

EK-8. İYOTLU TUZ ÖRNEKLERİNİN DUNCAN TESTİ SONUÇLARI

Na

Tuz Çeşitleri	N	Subset for alpha = 0.008	
		1	2
Duncan ^a İyotlu Kaya Tuzu	3	320137,5000	
İyotlu Göl Tuzu	3		353816,4000
İyotlu Himalaya Tuzu	3		357548,4000
İyotlu Deniz Tuzu	3		363961,2000
Sig.		1,000	,118

Mg

Tuz Çeşitleri	N	Subset for alpha = 0.008		
		1	2	3
Duncan ^a İyotlu Kaya Tuzu	3	105,3333		
İyotlu Göl Tuzu	3	129,6667		
İyotlu Deniz Tuzu	3		523,6667	
İyotlu Himalaya Tuzu	3			604,6667
Sig.		,012	1,000	1,000

EK-8. İyotlu Tuz Örneklerinin Duncan Testi Sonuçları (devamı)

K

Tuz Çeşitleri	N	Subset for alpha = 0.008		
		1	2	3
Duncan ^a İyotlu Kaya Tuzu	3	20,6667		
İyotlu Göl Tuzu	3	52,0000		
İyotlu Deniz Tuzu	3		266,6667	
İyotlu Himalaya Tuzu	3			636,0000
Sig.		,289	1,000	1,000

Ca

Tuz Çeşitleri	N	Subset for alpha = 0.008			
		1	2	3	4
Duncan ^a İyotlu Deniz Tuzu	3	423,3333			
İyotlu Himalaya Tuzu	3		769,3333		
İyotlu Kaya Tuzu	3			1040,6667	
İyotlu Göl Tuzu	3				2348,6667
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

EK-8. İyotlu Tuz Örneklerinin Duncan Testi Sonuçları (devamı)

P

Tuz Çeşitleri		N	Subset for alpha = 0.008	
			1	2
Duncan ^a	İyotlu Deniz Tuzu	3	3,0000	
	İyotlu Kaya Tuzu	3	5,6667	
	İyotlu Himalaya Tuzu	3	6,3333	
	İyotlu Göl Tuzu	3		11,6667
	Sig.		,054	1,000

Fe

Tuz Çeşitleri		N	Subset for alpha = 0.008		
			1	2	3
Duncan ^a	İyotlu Kaya Tuzu	3	2,3333		
	İyotlu Deniz Tuzu	3	5,6667		
	İyotlu Göl Tuzu	3		13,0000	
	İyotlu Himalaya Tuzu	3			25,0000
	Sig.		,009	1,000	1,000

EK-8. İyotlu Tuz Örneklerinin Duncan Testi Sonuçları (devamı)

AI

Tuz Çeşitleri	N	Subset for alpha = 0.008	
		1	2
Duncan ^a İyotlu Kaya Tuzu	3	,0200	
İyotlu Deniz Tuzu	3	,0200	
İyotlu Göl Tuzu	3	,0200	
İyotlu Himalaya Tuzu	3		,0367
Sig.		1,000	1,000

I

Tuz Çeşitleri	N	Subset for alpha = 0.008		
		1	2	3
Duncan ^a İyotlu Deniz Tuzu	3	1,0200		
İyotlu Kaya Tuzu	3		1,1800	
İyotlu Göl Tuzu	3			1,5400
İyotlu Himalaya Tuzu	3			1,5767
Sig.		1,000	1,000	,405