ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇANKIRI'DA SATILAN ÇANKIRI KAYA TUZLARININ BAZI FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Nermin SALÇIN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2021

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Nermin SALÇIN tarafından hazırlanan **"ÇANKIRI'DA SATILAN ÇANKIRI KAYA TUZLARININ BAZI FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ"** adlı tez çalışması 12.03.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans/Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Hüdayi ERÇOŞKUN

Jüri Üyeleri :

Başkan : Doç. Dr. Hüdayi ERÇOŞKUN

Üye : Doç. Dr. Atilla ŞİMŞEK

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Seda ÖZGEN

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Dr. Öğr. Üyesi İlkay ÇORAK ÖCAL

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum **"ÇANKIRI'DA SATILAN ÇANKIRI KAYA TUZLARININ BAZI FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ"** konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı"yla tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim. (12/03/2021).

Nermin SALÇIN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇANKIRI'DA SATILAN ÇANKIRI KAYA TUZLARININ BAZI FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Nermin SALÇIN

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hüdayi ERÇOŞKUN

Bu çalışmanın amacı, Çankırı kaya tuzunun karakteristik özelliğini belirlemek ve mineral kaynağı olmadığını ispat etmektir. Bu kapsam doğrultusunda ICP-MS analizleri ile Çankırı piyasasından elde edilen kaya tuzu numunelerinin eser element ve ağır metal içerikleri belirlenmiştir. Analiz sonuçlarında numunelerde Al, Ni, Fe, Co, Sn, Sb, Li gibi elementlerin As, Hg, Pb, Cd gibi toksik ağır metallerin bulunmadığı tespit edilmiştir. Kaya tuzu numunelerinde tespit edilen elementler şunlardır: Ti, V, Mn, Mg, Ca, Cu, Zn ve Ba. Titanyum (Ti) derişim aralığı 0,3±0,8 µg kg^{-1} olarak sonuç verirken, vanadyum (V) derişim aralığı 0,2±0,7 µg kg^{-1} olarak elde edilmiştir. Esansiyel-eser elementlerden olan manganez (Mn), 6,7±25,7 µg kg^{-1} derişim aralığında bulunmuştur. Kalsiyum (Ca) minerali, kaya tuzu numunelerinin hepsinden anlamlı ve yüksek sonuçlar vererek 569,7±775,2 mg kg^{-1} konsantrasyon aralığında çıkmıştır. Magnezyum (Mg), 40,7±77,6 mg kg^{-1} derişim aralığında çıkmıştır. Bakır (Cu) elementi 0,1±5,6 µg kg^{-1} aralığında elde edilmiştir. Çinko (Zn) mineralinin tuz numunelerindeki miktarı, 102,3±365,2 µg kg^{-1} aralığında elde edilmiştir. Kaya tuzu numunelerinin hepsinde toksik olupta yüksek konsantrasyonda sonuç veren element baryum (Ba) olmuştur. Baryumun derişim aralığı 2816,4±589,3 µg kg^{-1} olarak tespit edilmiştir. Baryum toksik bir element olmakla birlikte numunelerde derişimi limit değerlerin çok altında çıkmıştır. Diğer elementlerin konsantrasyonları ise yüksek çıkmakla birlikte tuzun mineral kaynağı olarak tüketimi açısından anlamlı bir sonuç vermemiştir. FT-IR analizlerinde kaya tuzu numunelerinin moleküler düzeyde tanımlanması amaçlanmıştır. Elde edilen FT-IR spektrum aralıkları ise şu şekildedir: 151-156 cm^{-1}, 532-550 cm^{-1}, 854-866 cm^{-1}, 1526-1528 cm^{-1}, 1970-1996 cm^{-1}, 2042-2050 cm^{-1}. Bu sonuçlar bazında kaya tuzu numunelerinin birbirine benzer özellikte olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Çankırı kaya tuzundaki safsızlıkları görmek amacıyla numunelerin mikro fotoğrafları çekilmiştir. Elde edilen görüntüler, Çankırı kaya tuzunun yüksek saflıkta olduğunu ispat etmiştir. Neticede Çankırı kaya tuzu, ağır metal içermemesi, safsızlık derecesinin düşük olması ve bazı iz mineralleri içeriğinde bulundurması bakımından önemlidir ancak tek başına mineral kaynağı olması açısından yetersizdir.

2021, 107 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Çankırı kaya tuzu, ağır metaller, iz mineraller, ICP-MS, FT-IR, safsızlık

ABSTRACT

MSc. Thesis

SOME PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF ÇANKIRI ROCK SALT WHİCH IS BEING SOLD IN ÇANKIRI

Nermin SALÇIN

Çankırı Karatekin University
Institute of Science
Department of Food

Supervisors: Doç. Dr. Hüdayi ERÇOŞKUN

The purpose of this study is to determine the characteristic feature of Çankırı rock salt and to show that it is not a mineral source. In this context, heavy metal contents and trace elements of rock salt samples obtained from Çankırı market were determined by ICP-MS analysis. As the result of the analysis it was determined that the samples do not contain the following elements; Al, Ni, Fe, Co, Sn, Sb, Li and also toxic heavy metals such as As, Hg, Pb, Cd. The elements which were detected in rock salt samples are: Ti, V, Mn, Mg, Ca, Cu, Zn ve Ba. Titanium (Ti) concentration range was measured as 0,3±0,8 µg kg-1, while vanadium (V) concentration range was 0,2 ± 0,7 µg kg^{-1}. The concentration range of Manganese (Mn) which is one of the essential-trace elements was measured as 6,7±25,7 µg kg^{-1}. The concentration range of Calcium (Ca), Magnesium (Mg) and Copper (Cu) were found to be 569,7±775,2 mg kg^{-1}, 40,7±77,6 mg kg^{-1} and 0,1±5,6 µg kg^{-1}respectively. Also the amount of the Zinc (Zn) mineral in salt samples was measured as 102,3±365,2 µg kg^{-1}. Barium (Ba) , which is known as a toxic element was found in all rock salt samples and its concentration range was found to be 2816,4±589,3 µg kg^{-1} which shows that its concentration in samples is below the limits. Although the concentration of other elements were high, a significant result can not be reached in terms of consumption of salt as a mineral source. It is aimed to identify rock salt samples at molecular level in FT-IR analysis. The FT-IR spectrum ranges obtained are as follows: 151-156 cm^{-1}, 532-550 cm^{-1}, 854-866 cm^{-1}, 1526-1528 cm^{-1}, 1970-1996 cm^{-1}, 2042-2050 cm^{-1}. Based on these results, it has been determined that rock salt samples are similar to each other. Additionally , micro photographs of the samples were taken in order to see the impurities in Çankırı rock salt. The images proved that Çankırı rock salt is of high purity. As a result, Çankırı rock salt is important in that it does not contain heavy metals, has a low degree of impurity and contains some trace minerals. However, it is insufficient in terms of being a mineral source.

2021, 107 pages

KEY WORDS: Çankırı rock salt, heavy metals, trace minerals, ICP-MS, FT-IR, impurity

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tuz, antik çağlarda esrimenin ateşi, altın başlı ritonlardan dökülen adakların simgesi, sadık bir köle gibi adına anlam atfedilen her yerde seyyahlık yapan kutsal bir figürdü. Gözü kara bir tevazuluğun bezendiği zaman örüntülerinde adına destanlar yazıldı, aristokrat güveniyle nişan alındığı satırlar aşkı tanımladı, kan rengi sloganların çepellediği mızrak darbelerinin sancağıydı, sonsuz bir hürriyetin seher yürüyüşlerini zımparalayan yaşamın içindeki nadide parçaydı.. Varoluşundan bu yana mevhum benzetmelerin ilham kaynağı olmasıyla insanlığın zihinsel provalarında evrensel bir statü kazanmıştı. Sunduğu beyanatlar her ne kadar düşsel unsurların göz alıcı cezbediciliğine hizmet etse de en doğru koordinatlara gıda olarak tanındığında ulaşmıştı. İnsanlık, geçirdiği başkalaşımlarla tuzun işlevlerini öğrenmiş, damaklarında bıraktığı o rastlantısal mutlulukla bütünleşmişti. Karanlıkta doğan bir aykuşağı parıltısında en yüksek perdeli lezzet notalarıyla tanışıklık başlamıştı. 20. yüzyılın kapıları aralandığında ise tuz, tat noktalarında bıraktığı görsel şölenin ötesine geçerek endüstriyel üretimlerin yüksek kar marjlarına teslim olmuştu. Dünya tuz rezervlerinin sonsuz kaynakları maksimum seviyede işletilmeye başlanmış ve tuz sektörü küresel egemenliğini ilan etmişti. Bu insanlık adına övgülere mazhar bir ilerlemeydi ancak artan tuz üretimiyle beraber tüketimin de yükseliş görüntüleri paradokslar ortaya çıkararak bilime göz kırpmıştı. Dönen çarkın tek bir dişlisine sıkışan bu artan tuz tüketiminin birçok hastalığın birincil nedeni olduğu vurgulanmıştı. Ayrıca tuzlarda bulunan sağlığa zararlı toksik metaller, mikroplastikler gibi safsızlık etkeni yabancı maddeler tuz partiküllerinde bir kaosa neden oluyordu. Bilim, bunları kristalleştirerek somut verilerle bize anlamlı argümanlar sunuyordu. Ancak 21. yüzyıl, bilimin ışığından uzaklaşarak, temeli olmayan iddiaların yüksek sesli propagandasının yapıldığı tuhaf bir zamandı. Çankırı kaya tuzunun sağlıklı olduğu ve bol miktarda tüketilmesi gerektiği yaftaları ortalığı karıştırıyordu. Çankırı kaya tuzu, ağır metal içermemesi ve yüksek saflık özellikleriyle eşsizdi ancak içeriğindeki mineraller asla günlük alınması gereken dozları karşılayacak boyutta değildi ve olamazdı. Ayrıca aşırı tuz tüketiminin neden olduğu hastalıklar yüzünden her yıl milyonlarca insan ölümün soğuk yüzüyle tanışıyordu. Bunu insanlığa anlatmak, bilime gönül vermiş insanların ilksel göreviydi. Kendi kendine doğuş gizeminin sarsıcı boyutu geleneksel sahaların dışına çıkmaktı. Bu nedenle, Çankırı kaya tuzunun bilimsel kalıplara dökülerek şekillendirilmesi ve kimliğinin belirlenmesi gerekiyordu. Üzerindeki bütün etiketlerin kaldırılarak kendi özünün ortaya çıkarılması şart olmuştu. Neticede Çankırı kaya tuzunun safsızlık derecesinin düşük olduğu, toksik metalleri bünyesinde barındırmayışıyla değerli bir tuz olduğu bu tez çalışmasına ilintilenmişti. Bu kıymetli yolculuğu başlatarak her anını bir nakkaş gibi incelikle işleyen, bilgisiyle bu çalışmayı sayfaların ötesine götürerek zihnimize didaktik bir yapıt sunan saygı değer hocam, Doç. Dr. Hüdayi ERÇOŞKUN'a teşekkürlerimi sunarım. Tatlı korunmuşluk hissiyatının sevgi sarmallarıyla birleştiği yerde, yeryüzünün bütün sevinçlerini bana sunan, varlıklarıyla ömrüme zarif umutlar yağdıran, yüksek ökçeli hayallerimin ürkütücü gerçekliğini dağıtan, yaşamın her katmanında sınırsız merhametleriyle yanımda olan sevgili babam Mehmet SALÇIN'a, annem Fatma SALÇIN'a ve kardeşim Nur Begüm SALÇIN'a minnettarım. Ayrıca manevi desteğini hiçbir koşulda esirgemeyen sevgili arkadaşım Esranur DEMİRCİ'ye sonsuz teşekkürler.

Nermin SALÇIN

Çankırı, Mart 2021

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI ..... **i**
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ ..... **ii**
ÖZET ..... **iii**
ABSTRACT ..... **iv**
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **vi**
SİMGELER DİZİNİ ..... **viii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **x**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xi**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Tuz Hakkında Genel Bilgi **1**
2. KURAMSAL TEMELLER **4**
2.1 Dünyada Tuz Madenciliği **4**
2.1.1 Dünya Tuz Yatakları **6**
2.1.2 Dünya Tuz Üretimi **8**
2.1.3 Dünya Tuz Tüketimi **11**
2.1.3.1 Dünya Kişi Başı Tuz Tüketimi **12**
2.1.3.2 Dünya Tuz Azaltma Stratejileri **15**
2.1.4 Dünya Tuz Ekonomisi **16**
2.1.4.1 Dünya Tuz İhracatı **16**
2.1.4.2 Dünya Tuz İthalatı **19**
2.2 Türkiye'de Tuz Madenciliği **21**
2.2.1 Türkiye Tuz Yatakları **22**
2.2.2 Türkiye Tuz Üretimi **26**
2.2.3 Türkiye Tuz Tüketimi **29**
2.2.3.1 Türkiye Kişi Başı Tuz Tüketimi **31**
2.2.3.2 Türkiye Tuz Azaltma Stratejileri **34**
2.2.4 Türkiye Tuz Ekonomisi **37**
2.2.4.1 Türkiye Tuz İhracatı **37**
2.2.4.2 Türkiye Tuz İthalatı **40**
2.3 Tuzun Doğada Bulunuş Biçimleri **44**
2.3.1 Deniz Tuzları **44**
2.3.2 Göl Tuzları **46**
2.3.3 Kaynak Tuzları **47**
2.3.4 Kaya Tuzları **47**
2.4 Tuzlar İle İlgili Literatür Çalışmaları **49**
2.5 Kaya Tuzları İle İlgili Literatür Çalışmaları **53**

3. MATERYAL VE YÖNTEM 56
3.1 Kaya Tuzu Numunelerinin Toplanması 56
3.2 Kaya Tuzu Numunelerinin Analiz İşlemleri İçin Hazırlanması 57
3.2.1 ICP-MS Analizi İçin Ön İşlemler 57
3.2.2 FT-IR Analizi İçin Ön İşlemler 57
3.3 Enstrümantasyon ve Standartlar 58
3.3.1 ICP-MS Cihaz Konfigürasyonu 58
3.3.2 FT-IR Cihaz Konfigürasyonu 60
3.3.3 Stereo Mikroskop Cihaz Konfigürasyonu 61
3.4 Analiz Yöntemleri 62
3.4.1 ICP-MS Analizi 62
3.4.2 FT-IR Analizi 64
3.4.3 İstatiksel Analizler 65
4. BULGULAR 66
4.1 Kaya Tuzu Numunelerinin Stereo Mikroskobu İle Görüntülenmesi 66
4.2 Kaya Tuzu Numunelerinin ICP-MS Analiz Sonuçları 70
4.2.1 Kaya Tuzu Numunelerinde Tespit Edilebilir Limit Değerlerin Altında Kalan Elementler 71
4.2.2 Kaya Tuzu Numunelerinde Tespit Edilen Elementlerin İçerikleri 76
4.2.3 Kaya Tuzu Numunelerinde Tespit Edilen Element Derişimlerinin İstatistiki Değerlendirmesi 89
4.3 Kaya Tuzu Numunelerinin FT-IR Analizi Sonuçları 93
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 95
KAYNAKLAR 98
ÖZGEÇMİŞ 107

SİMGELER DİZİNİ

Simgeler

Pb	Kurşun
Cd	Kadmiyum
As	Arsenik
Hg	Civa
Al	Alüminyum
Fe	Demir
Cr	Krom
Co	Kobalt
Ni	Nikel
S	Kükürt
V	Vanadyum
Ca	Kalsiyum
Mg	Magnezyum
Ti	Titanyum
Mn	Manganez
Li	Lityum
Zn	Çinko
Sn	Kalay
Sb	Antimon
Cu	Bakır
Ba	Baryum
Si	Silisyum
Cs	Sezyum
Ga	Galyum
Sr	Stronsiyum
Rb	Rubidyum
^{226}Ra	Radyum 226
^{232}Th	Toryum 232
^{40}K	Potasyum 40
Na_2SO_4	Sodyum sülfat
$MgSO_4$	Magnezyum sülfat
K_2SO_4	Potasyum sülfat
$CaSO_3$	Kalsiyum sülfit
$CaSO_4$	Kalsiyum sülfat
KCl	Potasyum klorür
SO_3	Kükürt dioksit
Al_2SO_3	Alüminyum sülfat
CaO	Kalsiyum oksit
MgO	Magnezyum oksit
Fe_2O_3	Demir (III) oksit
KBr	Potasyum bromür
$KBrO_3$	Potasyum bromat

$HClO_3$	Klorik oksit
HNO_3	Nitrik oksit
g	Gram
kg	Kilogram
mg	Miligram
ng	Nanogram
µg	Mikrogram
µm	Mikrometre
ppb	Milyarda bir
ppm	Milyonda bir
m^3	Metreküp
Nm^3	Normal metreküp
m^2	Metrekare
L	Litre
ml	Mililitre

Kısaltmalar

WHO	Dünya Sağlık Örgütü
AHA	Amerikan Kalp Derneği
ESC	Avrupa Kardiyoloji Derneği
NHS	Birleşik Krallık Ulusal Sağlık Hizmeti
SALTURK	Türk Toplumunda Tuz Tüketimi ve Kan Basıncı
AB	Avrupa Birliği
AWASH	Avustralya Tuz ve Sağlık Dünya Eylemi
FDA	Amerika Gıda ve İlaç Dairesi
TGDF	Türkiye Gıda ve İçecek Sanayii Dernekleri Fedarasyonu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
NIR	Yakın Kızılötesi Spektroskopisi
XRD	X-Işını Kırınım Yöntemi
XRF	X-Işını Floresans Spektrometresi
ICP-MS	Endüktif Olarak Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi
FT-IR	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometresi
AAS	Alevli Atomik Absorbsiyon Spektrometresi
ICP-OES	Endüktif Olarak Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon
SEM-EDX	Taramalı Elektron Mikroskobu
LC	Likit Kromatografisi
IC	İyon Kromatografisi
GC	Gaz Kromatografisi
PTWI	Tolere Edilebilen Haftalık Alım Miktarı
UL	Tolere Eddilebilir Üst Düzey Alım Miktarı
PAH	Polisiklik Aromatik Hidrokarbon
PVC	Polivinil Klorür
US $	Amerikan Doları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 1975'den 2019'a kadar dünya tuz üretimi 9
Şekil 2.2 2017-2019 yılı küresel tahmini günlük tuz alım miktarları 14
Şekil 2.3 Dünya tuz ihracatının ülkelere göre dağılımı 18
Şekil 2.4 Dünya tuz ithalatının ülkelere göre dağılımı 20
Şekil 2.5 Türkiye kaya tuzu yatakları 23
Şekil 2.6 Türkiye tahmini tuz tüketimi 30
Şekil 2.7 Diyetteki tuz kaynakları 32
Şekil 2.8 Türkiye kişi başı sodyum alımının tolere edilebilir üst düzey alım miktarları (UL) ile karşılaştırılması 33
Şekil 2.9 Türkiye tuz ihracatının ülkelere göre dağılımı 38
Şekil 2.10 Türkiye tuz ithalatının ülkelere göre dağılımı 42
Şekil 3.1 Kaya tuzu numunelerinin lokasyon bilgisi 56
Şekil 3.2 Stereo mikroskobun genel görünümü 61
Şekil 3.3 ICP-MS cihazının çalışma prensibi 63
Şekil 3.4 FT-IR cihazının analiz şeması 65
Şekil 4.1 K1, K2, K3 ve K4 numunelerinin 50 µm'lik görüntüleri 66
Şekil 4.2 K5, K6, K7, K8, K9, K10 numunelerinin 50 µm'lik görüntüleri 67
Şekil 4.3 K11, K12, K13, K14, K15, K16 numunelerinin 50 µm'lik görüntüleri 68
Şekil 4.4 K17 numunesinin 50 µm'lik görüntüsü 69
Şekil 4.5 Kaya tuzu numunelerinin titanyum element derişimleri açısından karşılaştırılması 78
Şekil 4.6 Kaya tuzu numunelerinin vanadyum element derişimleri açısından karşılaştırılması 80
Şekil 4.7 Kaya tuzu numunelerinin manganez element derişimleri açısından karşılaştırılması 81
Şekil 4.8 Kaya tuzu numunelerinin kalsiyum element derişimleri açısından karşılaştırılması 83
Şekil 4.9 Kaya tuzu numunelerinin magnezyum element derişimleri açısından karşılaştırılması 84
Şekil 4.10 Kaya tuzu numunelerinin bakır element derişimleri açısından karşılaştırılması 86
Şekil 4.11 Kaya tuzu numunelerinin çinko element derişimleri açısından karşılaştırılması 87
Şekil 4.12 Kaya tuzu numunelerinin baryum element derişimleri açısından karşılaştırılması 89
Şekil 4.13 Kaya tuzu numunelerinin FT-IR spektrumları 93

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Başlıca tuz kaynağı olan su kütleleri ve tuz oranları 4
Çizelge 2.2 Dünyanın önemli tuz gölleri ve tuzluluk oranları 5
Çizelge 2.3 Dünya tuz üretim ve rezervi 10
Çizelge 2.4 Dünya tuz tüketimi 11
Çizelge 2.5 Ülkelere göre dünya tuz ihracat miktarları 18
Çizelge 2.6 Ülkelere göre dünya tuz ithalat miktarları 21
Çizelge 2.7 Türkiye tuz rezervleri 25
Çizelge 2.8 Türkiye yıllık tuz üretim miktarı 27
Çizelge 2.9 Tuz Gölü'ndeki Tuzlaların faaliyet alanları ve yıllık tuz üretimi 28
Çizelge 2.10 Ülkelere göre Türkiye tuz ihracat miktarları 40
Çizelge 2.11 Ülkelere göre Türkiye tuz ithalat miktarları 43
Çizelge 2.12 Dünya üzerindeki çeşitli denizlerin tuzluluk oranları 45
Çizelge 3.1 ICP-MS cihazının teknik özellikleri 59
Çizelge 3.2 FT-IR cihazının teknik özellikleri 60
Çizelge 4.1 Kaya tuzu numunelerinin element konsantrasyonları 77
Çizelge 4.2 Kaya tuzu numunelerinin betimleyici istatistiki bilgileri 90
Çizelge 4.3 Kaya tuzu numunelerinde varyansların homojenlik testi 91
Çizelge 4.4 Kaya tuzu numunelerinin tek yönlü varyans analizi (Anova) sonuçları 91
Çizelge 4.5 Kaya tuzu numunelerinin çoklu karşılaştırmalı duncan testi sonuçları 92

1. GİRİŞ

Tuz, binlerce yıl önce var oluşuyla değer kazanmış insanlığın en eski gıda maddelerinden biridir. Tuzun keşfedilmesiyle birlikte uğruna savaşlar yapılarak kan dökülmüş, kutsallık atfedilerek dinlerin dua törenlerinde sunak olarak kullanılmıştır. İnsanlık, bilimde ilerleme kaydettikçe tuzun hem lezzet açısından hem de insan vücudu için gerekli olması bakımından ne kadar önem sarf ettiği anlaşılmıştır. Tuz, insanlar ve diğer organizmalar için önemli bir madde olmasının yanında ülkelerin ekonomisinde ve kalkınma seviyelerinde ciddi payı bulunan benzersiz bir mineral maddedir.

Dünya'da tuz, yaklaşık %70'lik bir yüzde ile kimya endüstrisinin hammadde alt yapısını oluşturmaktadır. İnsan beslenmesinin en temel yapı taşı olduğu halde gıda biçiminde tüketim maddesi olarak kullanılması, dünyadaki tuz tüketiminin %19'una tekabül etmektedir (Alp vd. 1995). Tuz, sıvı şekilde göller, tuzlu su kaynakları ve denizlerden elde edilirken katı formda kaya tuzu yataklarından üretilmektedir (Ergin 1988). Türkiye'deki en önemli kaya tuzu yatakları İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde bulunmaktadır. İç Anadolu'nun tuz yatakları yönünden ilk akla gelen şehri ise Çankırı'dır. Çankırı ilinde bulunan kaya tuzu yataklarından elde edilen tuzlar, hem iç piyasada satılarak Çankırı halkının tüketimine sunulmakta hem de dış piyasada işlem görerek Türkiye geneline hizmet vermektedir. Ancak bir pazarlama stratejisi olarak Çankırı kaya tuzlarının 84 minerali bünyesinde barındırarak birçok hastalığa şifa olduğu yönünde batıl söylemler kullanılmaktadır. Ve ayrıca Çankırı kaya tuzu adı altında başka bir ülkenin böcek kalıntıları ve mikroplastik içeriği yüksek tuzları Çankırı il merkezinde satılmaktadır. Bu tuzların ortaya çıkarılması açısından bu çalışma önem teşkil etmektedir.

Bu çalışma, Çankırı il merkezinde Çankırı kaya tuzu adı altında satılan tuzların bazı fizikokimyasal özelliklerini araştırmıştır. Tuzların ICP-MS analizleri ile element içerikleri, FTIR analizleri ile yapılan tağşişler belirlenerek orijinal Çankırı kaya tuzunun kimliğini belirlemek amaçlanmıştır.

1.1 Tuz Hakkında Genel Bilgi

Tuz, insan yaşamı için gerekli çoğu minerali bünyesinde bulunduran bir gıda maddesidir. Tuz sözcüğünün temelinin Latincede tuz anlamı taşıyan "Sal" yapısından geldiği ifade edilmektedir (Bayar 2014). Tuz, binlerce yıl önce insanoğlunun yaşamına girerek söz

sahibi olmuş, gıdaların muhafaza edilmesinde, yemeklerin lezzet kazanmasında baş faktör olarak yer almış bir gıdadır. Mikroorganizmaları öldüren bir antiseptik olması yönüyle de önemlidir. Tuzla harmanlanmış ürünlerde ozmotik basınç ile suyun çekilmesi gerçekleşir ve bu olay gıdaların hem fiziksel hem kimyasal olarak bozulmasına sebebiyet veren mikroorganizmaların ölmesini sağlar. Gıda sektöründe ise raf ömrünü uzatan bir madde olarak tercih edilmektedir. Gıdanın parçalanması ve dağılmasını önlemek amacıyla da stabilizatör olarak görev yapmaktadır (Aydın 2018). En eski zamanlardan beri gıdalar tuzlama yöntemi ile korunmaktadır. "İnsanlığın Tuzlu Tarihi" isimli kitapta ise Mısır uygarlığının balık ve eti tuzlama yöntemini uygulayarak sakladığı geçmektedir (Kurlansky 2003). Arkeologların yaptığı kazılarda M.Ö. 5. yy.da Yunan çömleklerinin içinde balıklardan kalan kemiklere ulaşılmıştır. Ayrıca İspanya'da yapılan kazı çalışmaları da balıkların tuzlanarak saklandığını ve ihraç ürünü olarak kullanıldığını göstermektedir (Çaklı 2007). Tuz, gıdaların lezzetini artıran vazgeçilmez bir unsurdur. Sucuk, pastırma, kuru et gibi ürünlerin en önemli aşamalarından biri tuzlamadır. Ayrıca yöresel ürünlerimizden olan çökelek, ekşimik, tulum peyniri gibi ürünlerde de tuz, önemli bir ayrıntıyı oluşturmaktadır.

Tuz, saf haliyle yaklaşık %40 sodyum, %60 klor içeren, suda 25 °C'de 360 g/L ile yüksek çözünme kabiliyetine sahip, renksiz yapıda bir maddedir (Düzyol 2004). Erime noktasının 800 °C, kaynama noktasının ise 1412 °C olduğu bilinmektedir. Yüksek basınca maruz bırakıldığında elastikiyeti artmakta ve plastik yapısı kazanmaktadır (Özşen 2009). Mohs skalasına göre tuzun sertlik derecesi 2-2,5 arasındadır. Özgül ağırlığı ise 2,1-255 g/cm^3 arasında değişen değerlere sahiptir. Tuz, tuz yataklarından ilk çıkarıldığı haliyle gri, kırmızı, sarı, yeşil ve mavi gibi geniş bir renk portföyüne erişmektedir. Bunun nedeni değişen safsızlık oranlarıdır. Türkiye'de kaya tuzu yaklaşık %10'luk bir yüzde ile şeffaf beyaz bir özellik göstermektedir. Yapısına sonradan dâhil olan kil parçaları ise tuza siyah, gri ve koyu gri renklerini verebilmektedir (Ergin 1988).

Göl ve deniz sularının çözelti olarak ihtiva ettiği maddeler Na_2SO_4, $MgSO_4$, K_2SO_4, $CaSO_3$, $CaSO_4$, $NaCl_4$ ve KCl'dir. Akarsular bol miktarda $CaSO_3$ ve az bir oranda NaCl içermelerine rağmen denizlerde yaşayan canlılar tarafından tüketildiğinden az miktar $CaSO_3$ ve çokça NaCl bulundurur. NaCl, denizler ve göllerdeki canlıların tercih ettiği bir madde olmadığı için havzalarda çökelme sonucunda birikintiler oluşturur. Çökelmenin

ardından dolomit, anhidrit, silvit, kalsit, halit ve jips gibi mineraller havzaların dibinde çökelti oluşturur (Üşenmez 1985). Kaya tuzu, tuzlu suların evaporasyonu ile meydana gelen tortul bir kayaçtır (Küçükaytan 2007). Çökelmenin gerçekleştiği zamanda ortaya çıkan tortullara evaporit denilmektedir (Anıl ve Bastacıoğlu 2013). Sadece kaya tuzu değil sodyum sülfat, potasyum nitrat, boraks, anhidrit, jips gibi tuz yatakları da evaporit adıyla geçmektedir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1 Dünyada Tuz Madenciliği

Tuz, ekonomik ikamesi veya bir alternatifi olmaması yönünden kıymetli bir madendir. Sadece kalsiyum klorür, kalsiyum magnezyum asetat, hidroklorik asit ve potasyum klorür buz çözmede tuz yerine kullanılabilir ancak maliyeti çok daha yüksek olduğundan daha az tercih edilmektedir. Sodyum klorür olarak bilinen tuz, sodyum ve klorür elementlerinden oluşmaktadır. Sodyum su varlığında şiddetli reaksiyonlar veren gümüş renkli bir metaldir. Klor, tehlikeli ve öldürücü yeşilimsi bir gazdır. Bu iki element, hayat için gerekli olan beyaz kristalli bir bileşiği yani sodyum klorürü meydana getirir. Neredeyse dünyadaki her insanın doğrudan veya dolaylı olarak günlük tuz ile teması vardır. İnsanlar yiyeceklerine rutin olarak tuz katar veya kışın buzlanan yolları temizlemek için yürüyüş yollarına tuz serpilir. Kostik soda imalatında tuz, klor için hammadde olarak kullanılır. Bu iki kimyasal tüketiciye birçok ürün yapmak için işlenir. Polivinil klorür (PVC) olarak, plastik veya sodyum hidroksitten üretilmiş matbaa kimyasalları olarak tüketiciye sunulur.

Çizelge 2.1'de başlıca tuz kaynağı olan su kütleleri ve tuz oranları verilmiştir. Dünyanın en büyük tuz kaynağını %97'lik yüksek bir oran ile okyanuslar oluşturmaktadır. Diğer su kütlelerinden kaynak suları ve akarsular, tuzlu göller ve yeraltı sularının içeriğindeki eriyik halde bulunan tuzlar ise daha az bir oranla tuz kaynaklarını meydana getirmektedirler (Kruck *et al.* 2013).

Çizelge 2.1 Başlıca tuz kaynağı olan su kütleleri ve tuz oranları (Avcı 2003)

Su kütleleri	Miktar (bin m^3)	%
Okyanuslar	1.370.000	97,610
Buzullar, buz ve kar	29.000	2,080
Toprak suyu	4.067	0,295
Kaynak suları ve akarsular	126	0,009
Tuzlu göller	104	0,008
Atmosferdeki su buharı	14	0,001

Dünyanın en büyük ve en önem teşkil eden tuz göllerinin başında Aral Gölü, Baykal Gölü ve ABD'de bulunan Büyük Tuz Gölü (Great Salt Lake) gelmektedir. Listenin devamında ise dünyanın en alçak ve en tuzlu üçüncü gölü olma özelliğine sahip Filistin'de bulunan Lut Gölü yer almaktadır. %32,9 tuzluluk oranıyla Türkiye'de yer alan Tuz Gölü, dünyanın ikinci en tuzlu gölü olma karakterine sahiptir (Koday 1998). Çizelge 2.2'de dünyanın hem yüz ölçümü hem de tuzluluk oranları itibariyle önem arz eden tuz göllerinin listesi verilmiştir. İçeriğinde 300 g/L'den fazla tuz bulunduran Tuz Gölü, Lut Gölü, Urmiye Gölü dikkat çekmektedir. Göllerdeki mevcut tuz miktarları bulundukları iklim bölgelerine, havzadaki kayaç yapısına ve derinlik ölçütlerine göre değişim göstermektedir.

Çizelge 2.2 Dünyanın önemli tuz gölleri ve tuzluluk oranları (Avcı 2003)

Göl	Tuzluluk(g/L)	Yüz ölçümü(km^2)
Great Salt Lake	150-280	4.400
Salton	33	891
Pyramid	5.3	446
Big Quill	43-53	307
Mono	95	158
Walker	10,6	150
Natron	340	900
Magadi	114	95
Nakuru	10-120	40
Bogoria	50	33
Elmenteita	29,5	20
Hazar	10-12	422.000
Aral	8-10	66.000
Baykal	0,5-7	22.000
Işık	5-6	6.300
Canı	1,5-4	3.245
Ala	5-7	2.650
Tengiz	3-19	1.590
Koko (Quinghai)	12,5	4.600
Lop Nor	5	3.010

Çizelge 2.1 Dünyanın önemli tuz gölleri ve tuzluluk oranları (Avcı 2003) (devam)

Namu	3	1.961
Selin	19	1.628
Zarinanmu	12	996
Dabuxun	380	184-334
Dalay	5,5	238
Urmiye	300+	5.000+
Van	24	3.600
Niriz	7-56	1.810
Tuz Gölü	300+	1.600
Lut Gölü	300+	940
Eyre	-50-+300	8.430
Corangamite	30-50	233
Bullen Meri	9	4,9

2.1.1 Dünya Tuz Yatakları

Dünya yüzeyinde en çok rastlanan tortul kayaçlar, merkezinde çokça tuz yatakları barındırmaktadır. Tuz yataklarının çok büyük bir kısmını kaya tuzları oluşturmakla birlikte daha az bir oranla da olsa potasyum yataklarına da rastlanmaktadır. Bu yataklar biçim, büyüklük ve oluşma şekli bakımından çok farklı yapılara sahiptir. Bazıları çok büyük alanlara yayılım göstermiş ve yüzlerce metre kalınlığa erişmiş bir halde bulunmaktadır. Bazıları jeolojik alanların üst yüzeyinde parçalar halinde kendini gösterirken bazıları toprak katmanlarının metrelerce derinliğinde bulunabilmektedir. Tuz çökeltileri ile bu çökeltilerin içindeki maddeleri meydana getiren jeolojik formasyonlar aynı yaşlara sahip değildir. Bazı tuz oluşumlarının normalden fazla yayıldığı genişlik ve sahip olduğu kalınlık ölçüleri Karbonifer, Permiyen, Devoniyen ve Silüryen dönemlerinde tuz çökelmeleri için elverişli ortamların olduğunu ispat eder niteliktedir (Lefond 1969).

Dünyada, varlığı tescillenmiş birçok tuz yatağı mevcuttur. Dünyanın en değerli tuz yatakları Kuzey Afrika bölgesinde bulunan Cezayir, Tunus, Libya ve Fas tuz yataklarıdır. Bu tuz yatakları Mezozoik zamanın ilk dönemindeki formasyonları bulundurmasıyla önem teşkil etmektedir. Bölgenin yüzeyinde mantar şekline benzer oluşumlarıyla tuz kütleleri ve binlerce mostra dikkat çekmektedir (Anıl ve Bastacıoğlu 2013). Kuzey Amerika ise hem tuz yatakları yönünden hem de dünyanın en büyük tuz rezervlerine sahip olması bakımından önemlidir. Kanada'da bulunan Büyük Göller bölgesinde Paleozoik zamanın silüryen dönemine ait tuz formasyonları bulunmaktadır. New York, Batı Virginia, Ohio, Pennsylvania, Michigan, Ontario gibi eyaletler ise zengin tuz rezervlerine sahiptir. Paleozoik zamanın dördüncü orta döneminde ortaya çıkan Priarie Evaporitleri adı verilen tuz formasyonları ise Kuzey Dakota'dan başlayarak Mantinoba ve Alberta eyaletleri boyunca yayılmaktadır. Utah ve Colorado eyaletlerinde ise önemli kaya tuzu rezervleri yer almaktadır. Güney Amerika'da da önemli kaya tuzu ve potasyum rezervleri bulunmaktadır. Şili, Peru, Arjantin ve Kolombiya'da bulunan Kratese dönemi Sergipe-Alagoa baseni ve Karbonifer dönemine ait Olinda formasyonu bunlara örnektir (Lefond 1969).

Asya kıtasının tuz yatakları bakımından profili çıkarıldığında oldukça fakir olduğu görülmektedir. Ortadoğu'da ise çok sayıda tuz yatağı varlığını devam ettirmektedir. İran sınırından başlayan bu yataklar İran Körfezi'ne doğru yayılım göstermekte ve tuz domlarını meydana getirmektedir. Güney Asya'yı içine alan bölgede ise Hindistan ve Pakistan sınırları içinde yaşı en yüksek tuz formasyonları yer almaktadır. Çin'in Sichuan eyaletinde bulunan tuz rezervleri de azımsanmayacak ölçüdedir. Doğu Sibirya'da Kambriyen dönemine ait dünyanın en büyük tuz rezervlerine sahip olma potansiyelini taşıyan bölgeler mevcuttur.

Avrupa kıtasında ise Tersiyer dönemine ait tuz formasyonları büyük miktarda bulunmaktadır. Hollanda, Almanya, Avusturya, Fransa, İsviçre, Portekiz, İtalya, Büyük Britanya ve İspanya Tersiyer yaşlı tuz kayaçları yönünden zengindir. Avrupa'nın kuzeybatı tarafında Üst Permiyen döneminden tuz yatakları vardır. Danimarka, Polonya, Hollanda'yı içine alan bölgede bulunan bu tuz formasyonları dünyanın en yoğun kullanılan tuz formasyonlarından birisi olma özelliğine sahiptir. Rusya'dan başlayarak

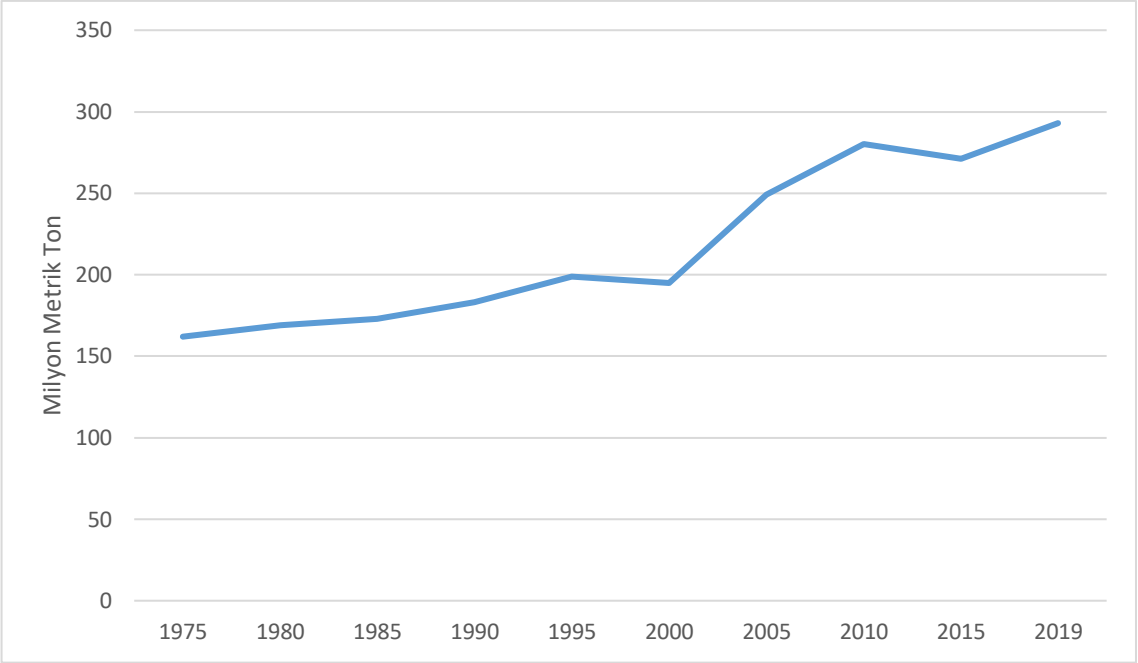
Hazar Deniz'ine kadar uzanan bölge sınırları içerisinde ise oldukça büyük Permiyen yaşlı tuz formasyonları mevcuttur (Anıl ve Bastacıoğlu 2013).

2.1.2 Dünya Tuz Üretimi

Dünya, kıtasal tuz kaynakları bakımından çok geniştir ve okyanuslardaki tuz içeriği neredeyse sınırsızdır. Tuzlu sudan elde edilen kaya tuzunun ABD'de ki en önemli kaynaklarının başında Kansas, Louisiana, Michigan, New York, Ohio ve Texas gelmektedir. Tuz gölleri ve güneş sistemiyle tuz buharlaştırma tesisleri daha çok Arizona, California, Nevada, New Mexico, Oklahoma ve Utah eyaletlerinde bulunmaktadır. Doğu Avrupa'da yer alan Karpatlar bölgesinde, Almanya'nın kuzey tarafında, Fransa'daki Lorraine bölgesinde bulunan Metz topraklarında, İtalya'nın Adriyatik kıyı kesiminde, Afrika kıtasının kuzey bölgelerinde önemli tuz üretim alanları bulunmaktadır. Ayrıca Rusya'nın Avrupa bölgesinde yer alan Perm şehri civarında, Hindistan'ın kuzeyinde ve Pakistan'ın doğusunda kalan Pencap bölgesinde ve son olarak dünya tuz üretim birincisi Çin'de dünyanın en büyük tuz üretim merkezleri vardır. Dünyadaki hemen hemen her ülkede çeşitli tuz yatakları mevcuttur (Avcı 2003).

Dünya tuz üretiminin son 40 yıllık geçmişine bakıldığında 1975'den 2000 yılına kadar dengeli bir çizgi görülürken 2000'den 2019'a kadar hızla artan bir grafik görülmektedir. 2016 yılında ise dünya tuz üretimi 274 milyon metrik ton iken 2017'de %5,1 artarak 288 milyon tona ulaşmıştır. 2018 yılında küçük bir azalan ivme göstermiş ve 2019'da pik yaparak 293 milyon ton tuz üretimi gerçekleşmiştir (Şekil 2.1). Bu yükselişte en çok pay sahibi olan ve 2016'dan 2020 yılına kadar artan üretim şemasını koruyarak zirvede kalan tek ülke Çin olmuştur.

Çin Hükümeti 2016'da, ülke çapındaki satışları ve tuz hareket girdilerinin tüm kontrolünü elinde bulunduran asırlık tuz tekelini yıkmayı planlamıştır. Çin Ulusal Tuz Endüstrisi Kurumu üretim miktarlarını ve fiyatları belirleyerek yaklaşık yüz şirket için dağıtım lisansı vermiştir. Tuz politikasındaki bu değişim sonucunda 2016'da 67 milyon ton olan toplam üretim 2019'a gelindiğinde ise %10,4 azalarak 60 milyon ton olmuştur. Bu durum Çin'in dünyanın en büyük tuz üreticisi olma konumunu zedelememiştir. Çin, 2019 yılında gerçekleştirdiği 60 milyon ton üretimle dünya tuz üretiminde zirvede kalmaya devam etmektedir (Zhu 2016).



Şekil 2.1 1975'den 2019'a kadar dünya tuz üretimi (Statista 2020a)

ABD, 2005 yılına kadar dünyanın en önde gelen tuz üreticisiydi. Daha sonra Çin, ABD'yi geçerek tuz üretiminde dünya liderliği konumuna erişti. ABD'nin 2015 yılındaki toplam tuz üretimi 45,1 milyon metrik ton iken 2016 yılında %8'lik bir azalma ile 42 milyon metrik ton olmuştur. Bu durumda ABD'yi ikinci en çok tuz üretimi yapan ülke konumuna getirmiştir. 2016 yılındaki 274 milyon tonluk küresel tuz üretiminin 42 milyon tonu ABD'ye aittir. ABD'de 2020 yılına kadar toplam tuz üretimi dengeli bir politika izlemiştir. Küçük çapta değişmeler göz ardı edilirse son 4 yıldır 42 milyon ton üretimin üstüne çıkamamıştır. Çin ile aralarında yaklaşık 18 milyon ton üretim farkı bulunmaktadır. ABD, zengin tuz yataklarına sahip olmasına rağmen Çin'in tuz üretim politikaları daha başarılı sonuçlar vermiştir. Bu durum Çin'in açık ara farkla zirvede olmasına neden olmuştur. Küresel tuz üretiminin gelecek yıllardaki istatistik çalışmalarında da bu durumun değişmeyeceği ön görülmektedir (Çizelge 2.3).

Hindistan, yüksek tuz formasyonlarının bulunduğu tuz kayaçlarına sahip bir ülkedir. 2016'da yaklaşık 25 milyon ton tuz üretimi gerçekleştirmiştir. Hindistan'ın Gujarat eyaletinde 2016 yılının nisan ayında tuz protestoları yapılmış ve Gujarat Hükümeti tuzdaki %5 katma değer vergisini kaldırma kararı almıştır. Bunun sonucunda Gujarat eyaleti, 17 milyon ton tuz üreterek Hindistan'ın toplam tuz üretiminin %68'ini karşılamıştır (PTI 2016). Yine 2016 yılında Hindustan Salts şirketi, Himanchal eyaletinin

Mandi bölgesinde yer alan kaya tuzu yataklarını işletme kararı almıştır. Bu durumun etkisi de toplam tuz üretimine yaklaşık %4'lük bir artışla katkı sağlamıştır. 2016 yılında 25 milyon ton olan tuz üretimi 2019'a gelindiğinde 30 milyon tona ulaşarak yıllar içerisinde gerçekleştirilen olumlu tuz politikalarını doğrulamıştır (Tribune 2016).

Çizelge 2.3'de dünya tuz üretiminde öncü ülkeler listelenmiştir. Listenin en başında 2019 yılı toplam tuz üretimi 60 milyon ton olan Çin yer almaktadır. Çin'i 42 milyon ton üretimle ABD ve 30 milyon ton üretimle Hindistan takip etmektedir. Almanya, listenin 4. sırasında yer alırken Türkiye 6,6 milyon ton üretimle 12. sırada yer almaktadır.

Çizelge 2.3 Dünya tuz üretim ve rezervi (USGS 2018, 2020)

	Tahmini Üretim (milyon ton)			
	2016	2017	2018	2019
Çin	67,000	68,000	58,000	60,000
ABD	42,000	43,000	41,000	42,000
Hindistan	25,000	26,000	29,000	30,000
Almanya	12,000	13,000	14,000	14,000
Avustralya	11,000	11,000	12,000	13,000
Kanada	14,000	13,000	12,000	12,000
Meksika	8,800	9,000	9,000	9,000
Şili	12,000	12,000	8,000	9,000
Brezilya	7,600	7,500	7,500	7,600
Hollanda	6,000	6,940	7,000	7,000
Rusya	5,800	5,800	7,000	7,000
Türkiye	11,000	11,000	6,500	6,600
Fransa	6,000	6,000	5,700	5,700
Avusturya	4,700	4,800	4,900	4,900
Pakistan	3,100	3,100	4,400	4,500
Polonya	3,500	3,500	4,400	4,500
İspanya	4,300	4,300	4,200	4,300

Çizelge 2.2 Dünya tuz üretim ve rezervi (USGS 2018, 2020) (devam)

Birleşik Krallık	5,000	5,000	4,100	4,100
Diğer Ülkeler	25,000	36,000	43,000	43,000
Dünya toplamı	274,000	288,000	286,000	293,000

2.1.3 Dünya Tuz Tüketimi

Küresel tuz tüketimi 2010 yılında 282 milyon metrik ton olarak kaydedilmiştir. 2015 yılında %8,04 artarak 304,7 milyon metrik tona ulaşmıştır (Çizelge 2.4). Küresel tuz pazarı her yıl büyüklüğünü daralan bir açı ile artırarak devam etmiş ve 2018 yılında %3,05'lik bir artış yüzdesi ile 314 milyon metrik ton olmuştur (Freedonia 2019). 2020 yılının sonunda ise %6,68 artış göstererek 335 milyon metrik tona ulaşacağı tahmin edilmektedir. Kimya endüstrisinde özellikle de klor üretiminde kullanılan tuz talebindeki artışa bağlı olarak küresel tuz talebinin 2023 yılında 346 milyon metrik tona ulaşacağı ön görülmektedir (Freedonia 2019).

Çizelge 2.4 Dünya tuz tüketimi (Food Executive 2020)

	Tahmini Tüketim (milyon metrik ton)				
				Yıllık Büyüme (%)	
	2010	2015	2020	2010-2015	2015-2020
Asya/Pasifik	116,5	133,1	152,0	2,7	2,7
Kuzey Amerika	67,6	73,0	79,0	1,6	1,6
Batı Avrupa	45,9	43,1	43,9	-1,3	0,3
Doğu Avrupa	25,8	24,5	24,3	-1,0	-0,2
Afrika/Ortadoğu	15,0	18,0	21,7	3,7	3,8
Orta-Güney Amerika	11,2	13,0	14,2	3,0	1,7
Dünya Toplamı	282,0	304,7	335,0	1,6	1,9

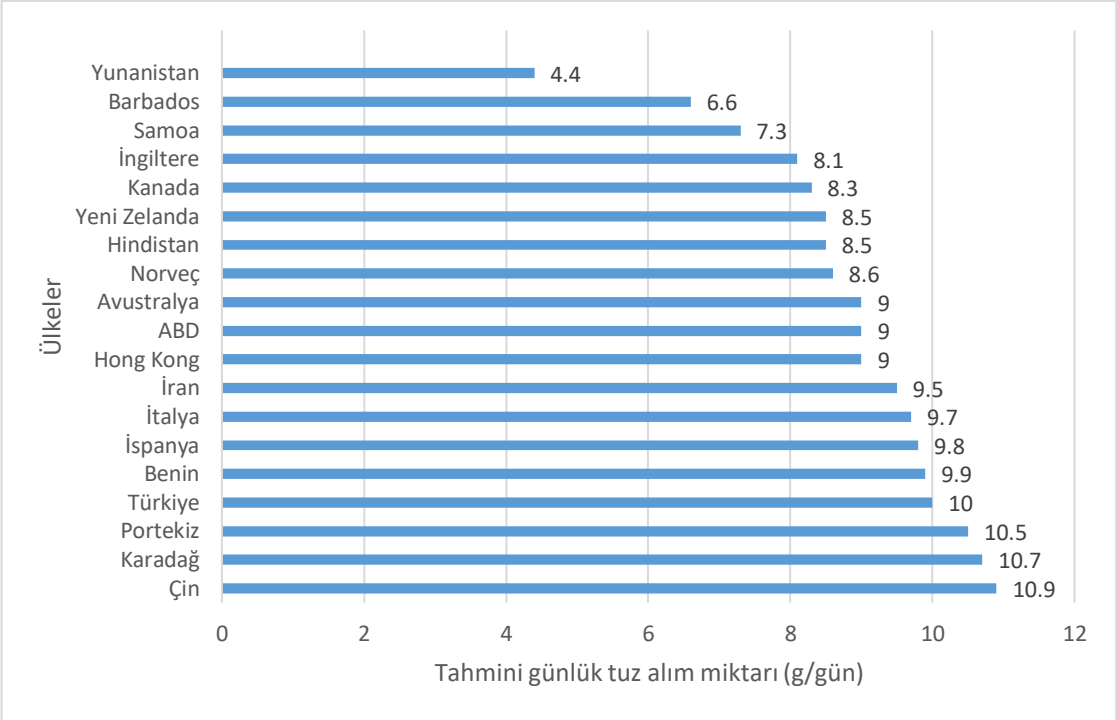
2.1.3.1 Dünya Kişi Başı Tuz Tüketimi

Tüketilen diyet tuzu (sodyum klorür) miktarı, kan basıncı seviyelerinin ve hipertansiyonun ve genel kardiyovasküler riskin önemli bir belirleyicisidir. Dünya çapında gerçekleşen ölümlerin baş nedeni olarak gösterilen kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi için kişi başına günde 5 gramdan (yaklaşık 2 g sodyum) az tuz alımı Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından önerilmektedir. Bununla birlikte, çeşitli ülkelerden elde edilen veriler, çoğu popülasyonun tavsiye edilenden çok daha fazla tuz tükettiğini göstermektedir. Birçok yüksek gelirli ülkede, diyetteki tuzun yaklaşık %75'i işlenmiş gıdalardan ve ev dışında hazırlanan yemeklerden gelir. Pek çok düşük ve orta gelirli ülkede, sodyum tüketiminin çoğu evde yemek pişirirken ve sofrada eklenen tuzdan veya balık sosu ve soya sosu gibi çeşniler yoluyla sağlanır. Kişi başı günde 9-12 gram tuz alımı mevcut küresel tüketimin ne kadar fazla olduğunu göstermektedir. Bunun yanında günlük önerilen 5 gram tuz alımının azaltılması, kan basıncı ve kardiyovasküler hastalıklar üzerinde önemli bir etkiye sahip olacak ve kalp krizi nedeniyle yaşamını yitiren 2,5 milyon insanın önüne geçecektir. Dünya Sağlık Örgütü, 2025 yılına kadar küresel tuz alımını %30 oranında azaltacak politikaları uygulamaya koyacaklarını söylemiştir (WHO 2020a).

Amerikan Kalp Derneği (AHA), günlük tuz alımının 3,75 gramın altında olması gerektiğini belirtmiştir. AHA'nın bu önerisi tuzun kan basıncını artırması ve yüksek sodyumun kardiyovasküler hastalıkları artırmasına dayanmaktadır (Arnett *et al.* 2019). Avrupa Kardiyoloji Derneği (ESC), Birleşik Krallık Ulusal Sağlık Hizmeti (NHS) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ise bu öneriyi desteklemekte ve günlük 5 gramın üstünde alınan tuz miktarının sağlığı olumsuz yönde etkileyeceğini söylemektedir. Kişi başı küresel tuz tüketimi tahmini olarak 9 gramın altına düşmemektedir. 9 gram tuz yaklaşık 3,6 sodyum miktarına denk gelmektedir. Yüksek sodyum alımına karşılık sağlıklı yaşam süresinin uzun olduğu ülkelerin çoğunlukta olması bu iki varyant arasında ters bir korelasyon olduğunu düşündürmektedir. Çin'de kişi başı günlük tuz alımı yaklaşık 10,9 gram olmasına rağmen yaşam süresinin uzun olması buna örnek teşkil eder niteliktedir. 87,3 yıl ortalama yaşam süresine sahip olan Hong Kong'da günde kişi başı yaklaşık 8-9 gram tuz alımı mevcuttur. Buradan günlük sodyum alımının önerilen miktarın 3-4 katı olsa bile yaşam süresini uzatacağı gibi bir çıkarım yapmak doğru olmaz. 2010 yılında

Çin'in en önemli iki ölüm nedeninin yüksek tansiyonun yol açtığı kalp krizi ve felç olduğu belirtilmiştir. Günde 5 gramdan fazla sodyum alımı da yüksek tansiyonun nedenleri arasında gösterilmektedir. Bu durumda dolaylı yoldan yüksek sodyum alımı ölüm riski doğurmaktadır. Ancak elbette sağlıklı yaşam süresinin birçok parametresi vardır. Beslenme kurallarına dikkat eden, spor yapan, vücudun detoksifikasyon yönetimini kontrol edebilen, alkol ve sigara kullanmayan insanlar önerilen tuz miktarının fazlasını tüketseler bile tolere etme ihtimalleri doğmaktadır. Çin bu parametreleri oldukça iyi sağlayan bir ülke olduğu için her ne kadar tuz alımı yüksek olsa da yaşam süresi uzun olmaktadır.

Şekil 2.2' de 2017-2019 yılına ait ülkelere göre günlük tuz alım miktarları gösterilmiştir. Bu grafiği temel alarak ve Queen Mary University of London liderliğindeki yeni bir araştırmaya göre Çin, günlük 10,9 gram tuz alımıyla dünyadaki en yüksek tuz alımına sahip ülkeler arasındadır. Ulusal Sağlık Araştırmaları Enstitüsü tarafından finanse edilen ve *Journal of the American Heart Association*' da yayınlanan sistematik bir inceleme, 3-6 yaşındaki Çinli çocukların günde 5 gramdan fazla tuz aldığını söylemektedir. Bu Dünya Sağlık Örgütü'nün önerdiği miktarın yaklaşık 2 katıdır. Kuzey Çin'deki tuz alımı ise günlük 12,8 gram ile dünyadaki en yüksek değerlerin arasındadır. 2000'lerden önce çok daha yüksek bir tuz alımına sahip olan Çin, hükümetin tuz alımına ilişkin farkındalık çalışmalarının ve salamura gıdaya olan bağımlılığının azalmasının sonucunda tuz alımını azaltmıştır (Monique *et al.* 2019).



Şekil 2.2 2017-2019 yılı küresel tahmini günlük tuz alım miktarları (g/gün) (Statista 2020b)

SALTURK çalışmasının 2017 verilerine göre Türkiye'nin kişi başı günlük tuz alım miktarı 14,8 ile 18,1 g arasında değişkenlik göstermektedir (Erdem vd. 2017). Yine 2017 yılında Dünya Sağlık Örgütü işbirliği ile Sağlık Bakanlığı tarafından gerçekleştirilen **"**Türkiye Hanehalkı Sağlık Araştırması (Bulaşıcı Olmayan Hastalıkların Risk Faktörleri -2017)**"** başlıklı çalışma kapsamında kişi başı günlük tuz alım miktarı 10 g olarak bildirilmiştir. Bu değer WHO'nun belirlemiş olduğu 5 g/gün tuz sınırının 2 katı olurken AHA' nın çizdiği sınırın yaklaşık 3 katı olmaktadır (T.C. Sağlık Bakanlığı 2020).

Şekil 2.2'de küresel tuz alımlarına dair değerlerin verildiği grafiğin, Dünya Sağlık Örgütü'nün çizdiği sınırların çok uzağında olduğu görülmektedir. WHO, kişi başı günlük 5 gramdan daha az tuz alınması gerektiğini önermektedir. AHA ise bu değeri daha fazla sınırlandırarak 3,75'in altında olması gerektiğini söylemektedir. Ancak küresel veriler bu sınırları ciddi düzeyde aşmaktadır. AB ülkeleri ve diğer devletler tuz azaltma politikaları ile birçok proje yaparak kişi başı tuz alımını düşürmek için çaba göstermektedir.

2.1.3.2 Dünya Tuz Azaltma Stratejileri

Son yıllarda işlenmiş gıda üretiminin artması, hızlı kentleşme, değişen yaşam tarzları ve farklı beslenme modelleri tüm dünya ülkelerini etkisi altına almıştır. Yüksek oranda işlenmiş gıdaların kolay bulunabilir olması ve daha uygun fiyatlı ürünler arasında yer alması endüstriyel ürünlere yönelimi artırmıştır. Değişen dünya şartlarında insanlar trans yağdan, şekerden ve tuzdan zengin işlenmiş gıdaları, hazır yemekleri daha pratik olması açısından tercih etmektedir. Tuz, birincil sodyum kaynağıdır ve artan sodyum tüketimi kalp hastalıkları ve felç riskini doğuran etkenlerin başından gelmektedir. Aslında sodyum plazma hacminin, asit-baz dengesinin, sinir uyarılarının iletiminin ve hücre fonksiyonlarının düzgün çalışması için gerekli temel bir besindir. Ancak aşırı sodyum kan basıncını artırmakta ve sağlığı olumsuz etkilemektedir. Sodyum, süt, et ve kabuklu deniz ürünleri gibi yiyeceklerde doğal olarak bulunurken ekmek, işlenmiş et ve atıştırmalık yiyecekler gibi işlenmiş gıdalarda yüksek miktarlarda bulunmaktadır. Sodyum, dünyanın birçok ülkesinde gıda katkı maddesi olarak kullanılan sodyum glumatta da vardır. Dünya Sağlık Örgütü günlük kişi başı tuz tüketiminin en az 5 gram (sodyum tüketimi en az 2 g) olması gerektiğini ifade etmiştir. Küresel kişi başı tuz tüketimi yaklaşık 9-12 gram arasında değişmektedir. Dünya çapında kişi başına düşen 9-12 gramlık tuz alımı, önerilen tuz miktarının yaklaşık iki katı olmaktadır. Tuz tüketimi ile kan basıncı arasında pozitif ve doğrudan bir ilişki olduğunu gösteren epidemiyolojik, klinik ve deneysel çalışmaların ikna edici kanıtları vardır. Yüksek tuz alımının, hipertansiyon, felç, damar tıkanıklığı gibi kardiyovasküler hastalıklar için başlıca risk faktörü olduğu ise yaygın olarak kabul edilmektedir (Menyanu *et al.* 2019). Dünya Sağlık Örgütü 2007'den beri dünya çapındaki sağlık örgütleriyle ortaklık kurarak tuz azaltma stratejilerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapmaktadır (Webster *et al.* 2011). WHO'nun kişi başı tuz alımını azaltmaya yönelik hedef ve programlarına rağmen ülkelerin tuz alım miktarları tavsiye edilen miktardan fazla olmaya devam etmektedir. WHO üye devletleri, 2025 yılına kadar nüfusun ortalama tuz alımında %30 seviyesinde bir azalma planladıklarını ve buna yönelik çalışmaların küresel kapsamda uygulanacağını söylemiştir. Çoğu gelişmiş ülkede tuz alımını azaltmak adına gıda endüstrisi tarafından gıdaya eklenen tuz miktarında azaltmaya gidilmiştir. Tüketilen tuzun büyük bir kısmının pişirme sırasında eklenen tuzdan, soslardan ve endüstriyel gıdalardan geldiği yönünde tüketicileri bilgilendirici çalışmalar yapılmıştır. Örneğin Japonya, Finlandiya ve Birleşik

Krallık 1975'den bu yana tuz azaltma politikalarına ağırlık vermiştir. Bu çalışmaları diğer ülkelere de yaymak küresel anlamda insan sağlığını korumak adına önemlidir (He *et al.* 2009). Ancak tuz azaltma stratejilerinin uygulanması düşük ve orta gelirli ülkelerde daha yavaş gerçekleşmektedir. Bu ülkelerin sağlık için ayırdıkları finansal kaynaklar sınırlı düzeyde olmaktadır. Ayrıca fazla tuz alımının neden olduğu kardiyovasküler hastalıklardan önce bulaşıcı hastalıkların önlenmesi bu ülkelerin öncelikli hedefleri arasındadır. Gıda reformülasyonu, tüketici eğitimi, endüstriyel ürünlerde tuz içeriğinin etiketlenmesi gibi tuz alımını azaltmaya yönelik faaliyetler birçok ülkede yürürlüğe girmiştir. Tuz alımını azaltmak adına uluslararası düzeyde bir mekanizmanın oluşturulması için ülkelerin üst düzey taahhütlerine ihtiyaç vardır. Tuz azaltma projeleri çerçevesinde küresel tuz tüketimi önerilen düzeye düşürülebilirse her yıl tahmini 2,5 milyon insanın ölümü önlenebilecektir (Raj *et al.* 2019).

2.1.4 Dünya Tuz Ekonomisi

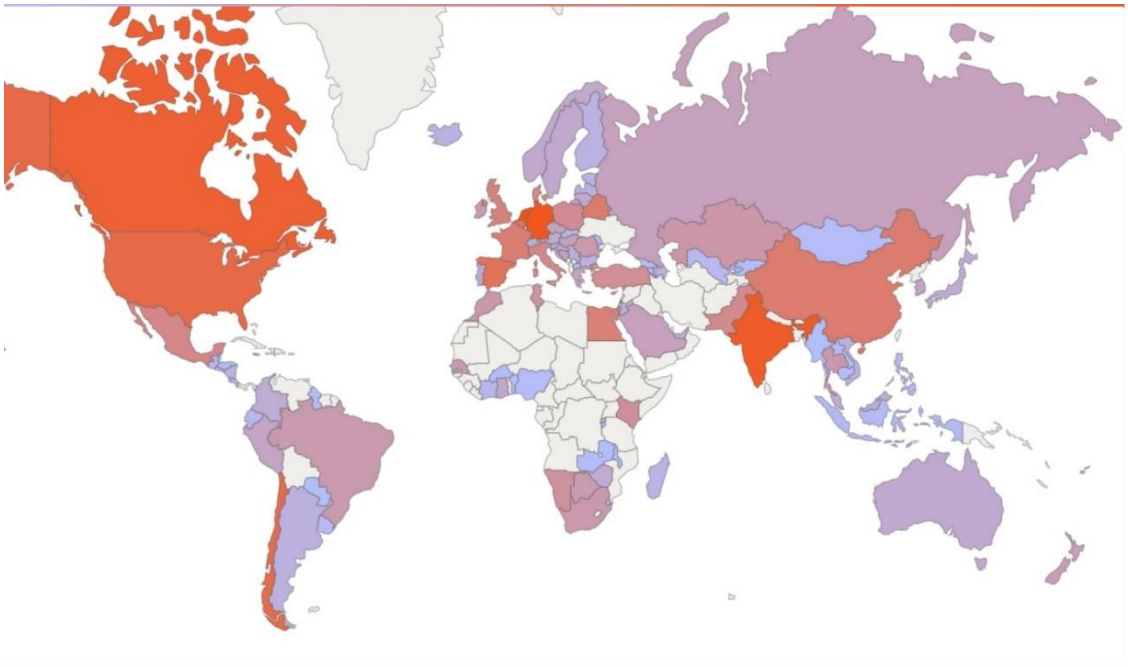
Küresel endüstriyel tuz pazarı, dinamik bir yapıya sahip olup arz-talep dengesini zirvede tutarak pozitif bir açıyla büyüme göstermektedir. Küresel tuz pazarının piyasa değeri 28 milyar dolar üzerinden işlem görmektedir. 2019-2025 döneminde küresel tuz pazarının %4'ün üzerinde yıllık bileşik büyüme oranına sahip olacağı düşünülmektedir. 2020-2027 dönemini analiz eden başka bir veri kaynağına göre ise %6,2'lik yıllık bileşik büyüme oranı öngörülmektedir. 2027'de ABD pazarı 309,1 milyon dolar olarak tahmin edilirken, Çin'in %9,5 yıllık bileşik büyüme oranı doğrultusunda 371,3 milyon dolar değerinde büyük bir pazara sahip olacağı beklenmektedir. Japonya'nın %3,4, Kanada'nın %5,6, Almanya'nın ise %3,9 yüzdelik dilimlerle büyüyeceği düşünülmektedir. Güney Kore, Hindistan ve Avustralya gibi tuz ticaretinde söz sahibi olan ülkelerin yer aldığı Asya/Pasifik bölgesindeki pazarın 2027 yılına kadar 235,4 milyon dolara ulaşarak tuz sektörünün en hızlı yükseliş oranına sahip olacağı belirtilmektedir. Latin Amerika'nın ise 2020-2027 döneminde %6,5 yıllık bileşik büyüme oranına ulaşacağından bahsedilmektedir (Globe Newswire 2020).

2.1.4.1 Dünya Tuz İhracatı

2018'de 76,1 milyon ton olan küresel tuz ihracatı, 2019'da 1,4 milyon tonluk bir düşüşle 74,7 milyon ton civarında gerçekleşmiştir. 2020'de ise 63,2 milyon tonu aşması

bekleniyor (Roskill 2020). Dünya tuz ihracat değeri 2018 yılında 2,81 milyar dolar iken 2019 yılında 2,73 milyar doları aşarak tuz piyasasındaki ticaret akışını güçlendirmiştir.

Şekil 2.3'de dünya tuz ticaretinin ülkelere göre değer bazında haritası gösterilmiştir. Küresel tuz ihracat değerlerinde lider konumda olan ülkeler pembe renk temasıyla haritaya yansıtılmıştır. Buna göre Avrupa ülkelerinin tuz ticaretinde önemli bir ölçekte yer aldığı görülmektedir. Harita'da Avrupa kıtasının kuzeybatı bölümünde yer alan Hollanda'nın ve Orta Avrupa'da bulunan Almanya'nın küresel tuz ihracat değerlerinde lider ülke konumunda yer aldığı ve tuzun finans değerine önemli bir yükseliş kazandırdığı gösterilmektedir. 2019 yılında dünya tuz ihracat değerinde lider ülke Hollanda olmuştur. İhracatın büyük bir kısmını kloralkali ve birçok kimyasalın üretilmesinde kullanılan güneş tuzu oluşturmaktadır. Sıralamada ikinci sırada yer alan Almanya ise tuz ihracatında çoğunlukla komşu Avrupa ülkelerini tercih etmektedir. Bu ihracatın büyük bir bölümü, buz çözme pazarından ileri gelmektedir. Kanadalı ve Şilili üreticiler buz çözme amaçlı kullanmak üzere ABD'ye büyük miktarlarda kaya tuzu göndermektedir. Asya/Pasifik bölgesinin tuz ihracatında zirvede olan ülkesi ise Hindistan olmuştur. Kuzey Amerika ülkelerinden Kanada ve Meksika, Güney Amerika ülkelerinden ise Şili, dünya tuz ihraç ülkeleri arasında listenin başlarında yer almaktadır (Şekil 2.3). Harita üzerinde pembe renklerin, dolayısıyla tuz ihracat değerleri sıralamasında zirve ülkelerin ağırlıklı olduğu bölgelerden biride Amerika kıtası olarak görülmektedir. Cezayir, Libya, Moritanya, Mali, Nijerya, Çad ve Sudan'ı içine alan Kuzey Afrika ülkeleri ise dünya tuz ihracatında sıralamaya girememektedir. Namibya, Mozambik, Botsvana gibi ülkeleri içine alan Güney Afrika bölgesi ise tuz ihraç eden ülkeler arasında yer almakla birlikte Avrupa ve Amerika kıtalarına göre daha düşük ihracat değerlerine sahiptir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Dünya tuz ihracatının ülkelere göre dağılımı (US $) (2019) (TrendEconomy 2020)

Çizelge 2.5'da 2018 ve 2019 yılı ülkelerin tuz ihracat miktarları listelenmiştir. Hollanda, 287 milyon dolar ile tuz ihracat değerlerinde lider konumda olmasına karşın ihraç ettiği 4 milyon ton tuz miktarıyla 4. sıraya taşınmıştır. 2019 yılı istatistiklerine göre Hindistan, 13 milyon ton ihracat miktarıyla zirvede yer almıştır. 8,6 milyon ton ile Şili ikinci sırada yer alırken, Almanya 4,3 milyon ton ihracat miktarıyla 3. sırada göze çarpmaktadır. Hem insan tüketiminde tuz ihracat değeri hem de küresel tuz ihracat değeriyle lider konumunu bırakmayan Hollanda ise 4,1 milyon ton ile 4. sırada listeye girmiştir. Türkiye ise dünya tuz ihracat miktarlarına göre yapılan ülkeler sıralamasında 14. Sırada yer almıştır. 2018 yılında yaklaşık 375 bin ton tuz ihracını gerçekleştirmişken 2019 yılında 631 ton tuz ihraç etmiştir.

Çizelge 2.5 Ülkelere göre dünya tuz ihracat miktarları (TrendEconomy 2020)

Ülkeler	İhracat	İhracat
	2018	2019
	Net Ağırlık (kg)	Net Ağırlık (kg)
Hindistan	12.787.686.394,00	13.010.324.105,00
Şili	9.281.256.672,00	8.639.741.431,00

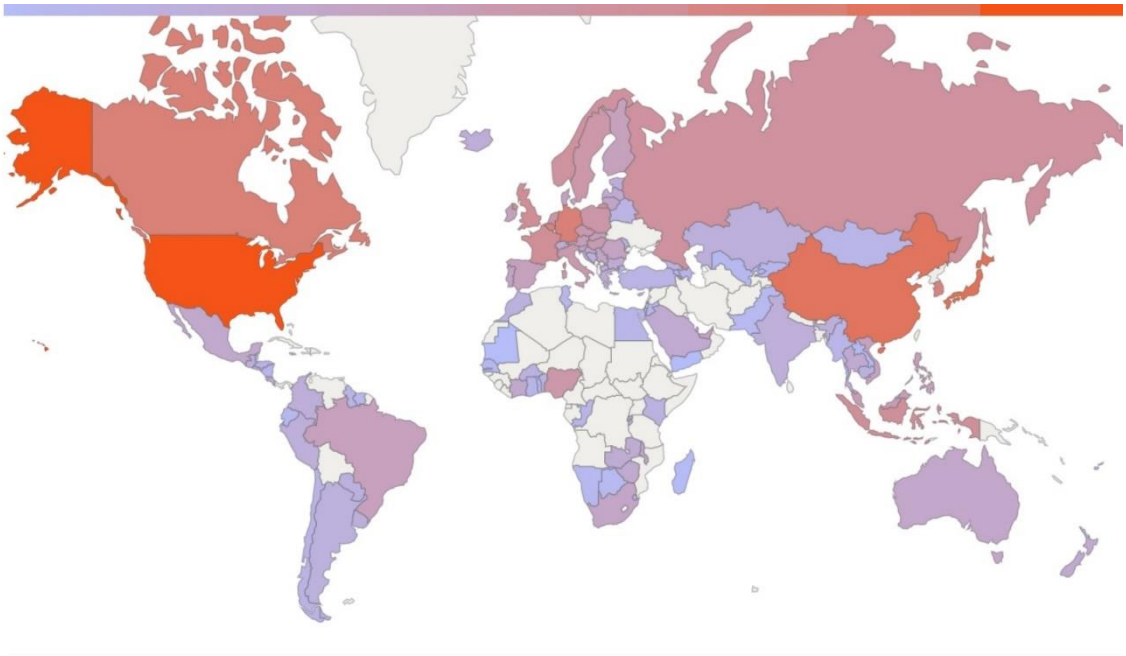
Çizelge 2.5 Ülkelere göre dünya tuz ihracat miktarları (TrendEconomy 2020) (devam)

Almanya	3.825.146.267,00	4.335.463.471,00
Hollanda	4.480.854.211,00	4.197.524.519,00
Mısır	3.501.671.345,00	3.480.524.035,00
İspanya	1.661.753.673,00	1.441.301.705,00
Çin	1.571.845.661,00	1.310.470.891,00
ABD	1.008.492.000,00	995.846.000,00
Brezilya	755.417.684,00	817.861.955,00
Fas	709.929.000,00	728.023.547,00
Türkiye	375.142.857,00	631.556.829,00

2.1.4.2 Dünya Tuz İthalatı

143 ülkenin ticaret istatistiklerine göre dünya tuz ithalatı 2018 yılında 4,08 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. 127 ülkenin dış ticaret istatistiklerine göre ise 2019 yılında 4,02 milyar doları aşmıştır. Şekil 2.4'de küresel tuz ithalat değerinin ülkelere göre dağılım haritası verilmiştir. Bu dağılımda küresel tuz ithalat değerleri bazında Çin, Japonya, Endonezya ve Kore başta olmak üzere Asya ülkeleri ilk sıralarda yer almaktadır. Şekil 2.4'de Almanya, Belçika, Birleşik Krallık, Fransa, Hollanda, İtalya, İsveç, Polonya başta olmak üzere Avrupa Birliğine üye ülkelerin tuz ithalat değerleri mor renk temasıyla gösterilmiştir. Pembe rengin baskın olduğu bölgeler tuz ithalat değerinin en yüksek olduğu yerleri gösterirken, mor rengin hakim olduğu bölgeler küresel tuz ithalat değerleri sıralamasında lider olmasa da ciddi bir paya sahip olduğu göstermektedir. 2019 yılında Avrupa ülkeleri yaklaşık 905,47 milyon dolar değerinde tuz ithal etmiştir. Avustralya, Yeni Zelanda, Papua Yeni Gine, Fiji ve Samoa başta olmak üzere Okyanusya ülkeleri ise 2019'da 389 milyon dolar değerinde tuz ithal etmiştir (TrendEconomy 2020). Şekil 2.4'de Nijerya, Uganda, Güney Afrika, Zambiya, Fildişi Sahili, Tanzanya gibi Afrika ülkelerinin ithalat dağılımı gösterilmiştir. Buna göre Afrika ülkeleri dünya tuz ithalat değerlerleri listesinde daha alt sıralarda yer almaktadır. Birleşik Arap Emirlikleri, Suudi Arabistan, Katar, Umman gibi Orta Doğu ülkelerini içine alan bölge, 2019 yılında yaklaşık 105,7 milyon dolar değerinde tuz ithal etmiştir. Brezilya, Kosta Rika, Arjantin, Uruguay, Paraguay, Guatemala başta olmak üzere Latin Amerika ülkeleri ve Karayipler

bölgesi ise küresel tuz ithalat değerleri sıralamasında sonlarda yer almaktadır. 2019 yılı yaklaşık tuz ithalat değeri ise 89 milyon dolardır (TrendEconomy 2020).



Şekil 2.4 Dünya tuz ithalatının ülkelere göre dağılımı (US $) (2019) (TrendEconomy 2020)

Çizelge 2.6'da küresel tuz ithalat miktarlarının ülkelere göre sıralaması listelenmiştir. 2019'da dünya çapında yaklaşık 60 milyon ton tuz ithalatı gerçekleştirilmiştir. Bu miktarın yaklaşık %30'u ABD'ye aittir. ABD, 2018 yılında 17,8 milyon ton tuz ithalatı gerçekleştirirken 2019 yılında ise bu miktarı %4,49 artırarak 18,6 milyon ton tuz ithal etmiştir. En büyük tuz ithalatçılarından olan Çin, 2018'de 9,5 milyon ton tuz ithal ederken 2019'da yaklaşık %18,9'luk bir düşüşle 7,7 milyon ton tuz ithal etmiştir. Çin'in 2019 yılında küresel tuz üretiminde lider ülke konumunda olması ithal edilen miktarın azalmasını doğrular niteliktedir. Dünyanın en büyük ikinci ekonomisi olan Çin, küresel tuz pazarında en etkili Asya ülkelerinin başında gelmektedir. Kore'de benzer şekilde 2018'de 4,07 milyon ton tuz ithal ederken 2019'da bu miktarı düşürerek 4,07 milyon ton tuz ithalatı gerçekleştirmiştir. Avrupa ülkeleri, küresel tuz ithalatında daha az bir paya sahip olmaktadır. Türkiye ise 2018'de 10,2 bin ton tuz ithal ederken 2019 yılında %4,9'luk bir artışla 10,7 bin ton tuz ithalatı gerçekleştirmiştir.

Çizelge 2.6 Ülkelere göre dünya tuz ithalat miktarları (TrendEconomy 2020)

Ülkeler	İthalat	İthalat
	2018	2019
	Net Ağırlık (kg)	Net Ağırlık (kg)
ABD	17.870.559.000,00	18.689.442.000,00
Çin	9.510.204.345,00	7.780.183.468,00
Kore	4.864.829.785,00	4.078.787.217,00
Diğer Asya, nes	3.399.711.089,00	3.320.609.072,00
Almanya	3.057.388.106,00	2.324.735.776,00
Belçika	1.480.533.978,00	1.455.591.179,00
Rusya	1.436.402.143,00	1.439.879.511,00
Norveç	1.359.867.345,00	1.234.121.167,00
Macaristan	1.003.564.780,00	971.450.828,00
Birleşik Krallık	1.230.420.394,00	961.999.902,00
Polonya	883.259.864,00	916.027.949,00
İtalya	-	804.278.894,00
Fransa	-	756.197.351,00
Çek Cumhuriyeti	618.881.336,00	738.552.073,00
İsveç	776.382.969,00	727.035.663,00
Türkiye	10.279.246,00	10.799.135,00

2.2 Türkiye'de Tuz Madenciliği

Madencilik, kamu sabit sermaye yatırımlarında %2,8'lik payla en çok yatırım yapılan ikinci sektör konumundadır (2020 Yılı Cumhurbaşkanlığı Yıllık Programı 2020). Türkiye'nin maden endüstrisinin ilk sıralarında ise metaller ve endüstriyel mineraller yer almaktadır. Devletin maden endüstrisine katılımı öncelikle bor, kömür ve hidrokarbonları arama ve üretme çalışmaları doğrultusunda gerçekleşmiştir. 2016 yılında Türkiye, ABD verileri hariç %74'lük ciddi bir payla dünyanın en önemli bor üreticisi olmuştur (USGS 2016). Türkiye maden çeşitliliği açısından dünyada 10. sırada yer almakla birlikte küresel metalik maden rezervlerinin %0,4'üne, endüstriyel hammadde rezervlerinin %2,2'sine ve kömür rezervlerinin ise %1'ine sahiptir. Türkiye'de 53 adet işletilebilir maden ve 4500 maden yatağı bulunmaktadır (Businesswire 2019). 2019 yılı dış ticaret verilerine

bakıldığında ise maden ihracatının 2018 yılına göre %14,83'lük ciddi bir yüzde ile artarak yaklaşık 5 milyar dolar, ithalatının ise %14,59'luk azalan bir oran ile yaklaşık 5,7 milyar dolar olarak gerçekleştiği görülmektedir. Bu veriler baz alınarak ihracatın ithalatı karşılama yüzdesi %87,11 iken madencilikte dış ticaret açığı ise yaklaşık 736 milyon dolar olmaktadır. Maden ihracatında öncü ülkeler; Çin, ABD, Hindistan, Belçika, İspanya, İtalya, Bulgaristan, Suudi Arabistan, İtalya ve İsrail'dir. Maden ithalatında ise Rusya, Kolombiya, Avustralya, Brezilya, Kanada, Hindistan, ABD, Güney Afrika Cumhuriyeti, Çin ve İsveç ilk sıralarda yer almaktadır (Şahiner 2020). Türkiye, madencilik sektörünü geliştirmeye ve maden ihracatçısı olarak büyümeye güçlü bir şekilde odaklanmaktadır. 2023 yılında ise maden ihracatının 15 milyar dolar olması hedeflenmektedir (Mining for Generations 2019).

Türkiye, endüstriyel hammadde açısından yeterli kaynaklara sahiptir. Türkiye'de 2019 yılı endüstriyel hammaddeler üretimi toplam 75 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Bu üretimin yaklaşık %9,19'unu tuz madeni oluşturmaktadır. Türkiye'de kaya tuzu toplam rezervi ise 5,7 milyar tondur. Bunun yaklaşık 211 milyon tonunu göl rezervi oluşturmaktadır (Şahiner 2020). Göl rezervi veri akışının neredeyse tamamı Tuz Gölü'nde yer alan Kaldırım, Kayacık ve Yavşan tuzlalarından sağlanmaktadır (Özdemir 2016). Türkiye tuz minerali bakımından kendine yeten bir ülke konumunda olmasının yanında 2019 yılında yaklaşık 630 bin ton tuz ihracatı yapmıştır. En çok ihracat yaptığı ülke ise Irak ve ABD olmuştur.

2.2.1 Türkiye Tuz Yatakları

Türkiye, jeolojik yapısı sebebiyle zengin tuz yataklarına sahip olması açısından küresel tuz pazarında azımsanmayacak bir değerin öncüsü konumundadır. Bilhassa Senozoik Zamanın Eosen, Oligosen ve Miyosen gibi şiddetli kuraklığın hâkim olduğu zaman dilimlerinde, denizlerin iç bölgelerinde geniş kapsamlı çöküntüler meydana gelmiştir. Türkiye'de tuz yatakları Çankırı İli sınırlarından başlayarak Çorum, Sivas, Yozgat, Kırşehir, Nevşehir, Erzurum ve Kars bölgelerine doğru uzanmaktadır. Bu bölgelerde 30'dan fazla kaynak ve kaya tuzlaları bulunmaktadır. Küresel anlamda kaya tuzu yatakları, sulu çözeltilerin buharlaşarak kristalize olması esasına dayanan evaporasyon sürecinin etkileriyle oluşmuştur. Şekil 2.5'de Türkiye'de bulunan kaya tuzu yataklarının harita üzerinde gösterimi yapılmıştır. Türkiye'de yer alan evaporit bölgeleri ile kaya tuzu

yataklarının coğrafi uzanışı benzer olmaktadır. Şekil 2.5'e göre İç Anadolu ve Kuzey Anadolu bölgesinde yer alan tuz yatakları dikkat çekmektedir. Hem tuz rezervi hem de üretimi açısından zengin olan, İç Anadolu bölgesinin küresel tuz ekonomisine katkı sağlayan en önemli tuz şehri Çankırı olmaktadır. Göl tuzlalarında tek isim olan Tuz Gölü ise, tuz potansiyeli açısından dünya çapında ikinci sırada yer almaktadır.



Şekil 2.5 Türkiye kaya tuzu yatakları

Kaya tuzu yatakları, Orta Anadolu'dan başlayarak Kuzeydoğu Anadolu bölgelerine doğru uzanmaktadır. Çankırı, Çayan, Sekili, Tepesidelik, Tuzköy Orta Anadolu'da yer alırken Tuzluca, Kağızman, Oltu ve Sağırkaya ise Kuzeydoğu Anadolu'da kendini göstermektedir. Amasya'nın bir köyü olan Çayan'da bulunan tuz yatakları ile Bitlis'te yer alan Sağırkaya tuz yatakları günümüzde faaliyetlerini sürdürmemekte ve kullanım dışı kalmaktadır (Barutoğlu 1961). Kaya tuzu yataklarının rezerv bakımından en değerli bölgesi olan Orta Anadolu kaya tuzu yatakları, Geç Eosen ve Oligosen zaman dilimlerinde neotetis okyanusunun açılmasıyla eşzamanlı olarak oluşmaya başlamıştır (Çevikayak 1979, 1981). Çankırı ve Sekili kaya tuzu yatakları, Çankırı ve Çorum'u içine alan havzanın sınırları dâhilinde Kırşehir Masifinin kuzey bölgesinde yer almaktadır. Havzanın meydana gelmesi Üst-Kretase Eosen zamanda Sakarya ve Kırşehir kütlelerinin çarpışması sırasında gerçekleşmiştir (Şengör ve Yılmaz 1981). Havza çevresinde bulunan farklı formasyonlar, çeşitli zaman dönemlerinde Halit mineralinin çökme eğilimi

göstermesine işarettir (Sönmez ve Aydındağ 2017). Bu formasyonlar şu şekilde sıralanmaktadır; Oligosen yaşlı İncik, Miyosen yaşlı Bayındır ve jeolojik çağın son dönemi olan Pliyosen yaşlı Bozkır. Çökelmeler, karasallığın şartlarını yansıtan playa gölsellerinde gerçekleşmiştir. Çankırı ve Sekili kaya tuzu yatakları, Pliyosen öncesi çökelmiş Halit minerallerinden meydana gelmektedir (Çevikayak 1979, 1981). Bu bölgeleri kapsayan kaya tuzu bantları beyaz ve gri tonlar arasında renk skalasına sahiptir. Ortamda mevcut bulunan kil, kaya tuzlarının çoğunlukla gri renge bürünmesine neden olmuştur. Nevşehir'in Gülşehir ilçesinde bulunan Tuzköy kaya tuzu yatağı, Kırşehir Masifinin üst tarafında yer almaktadır. Üst Oligosen ve Alt Miyosen yaşta olup Kızılöz Formasyonu üzerinde bulunan Tuzköy formasyonunda geniş bir alan bulmaktadır (Atabey vd. 1988). Tepesidelik kaya tuzu yatağı ise Kırşehir Masifi üzerinde yer almakla birlikte Miyosen yaşlı Halit minerallerinden meydana gelmektedir (Eşder 1968, Şaraoğlu ve Yılmaz 1986).

Kuzeydoğu Anadolu'da bulunan Tuzluca ve Kağızman kaya tuzu yatakları, Geç Pliyosen yaşta olup Tuzluca formasyonu içinde geniş bir dağılıma sahiptir. Tuzluca formasyonu Orta Miyosen'de kuzey ve güney yönde eğilim gösteren tektonik hareketlenmelerin merkezinde yer almıştır. Geç Miyosen'de ise neotetis okyanusunun tamamen çekilmesiyle göl sistemleri gelişmiştir (Şaraoğlu ve Yılmaz 1986). Tuzluca formasyonunda çöken Halit mineralinin temelinde neotetis bölgesinden başlayarak gelişim gösteren gölsel depolanma alanları yatmaktadır. Kuzeydoğu Anadolu'da yer alan Oltu kaya tuzu yatağı, Oltu-Balkaya Havzası içinde yayılım göstermiştir. Neotetis okyanusunun kapanma süreci çökelme şartlarının meydana gelmesinde önemli bir faktör olmuştur. Bu bölgedeki kaya tuzu yatakları, Erken Miyosen yaşta olup jips ve anhitrit mineralleri ile aynı alanda dağılım göstermektedir. Oltu kaya tuzu yatağında gerçekleşen Halit mineralinin çökelmesi ise göl playalarında karasallığın etkisi ile meydana gelmiştir (Bozkuş 1998, Konak vd. 2001).

Türkiye'nin 1,8 milyar tonluk görünür tuz rezervinin yaklaşık %43,5'i Çankırı iline aittir. Çizelge 2.7'de verilen kaya tuzu rezerv miktarlarına göre Çankırı ilinin Balıbağı köyünün görünür rezervi 808 milyon tondur. Çankırı'nın merkezinde ise 327 milyon tonluk tuz rezervi bulunmaktadır. Yozgat'ın Sekili köyü mevkisinin görünür tuz rezervi 107 milyon ton iken muhtemel tuz rezervi 359 milyon ton olmaktadır. Nevşehir'in Gülşehir ilçesinde

ise 959 milyon ton gibi ciddi bir tuz rezervi söz konusu iken görünür rezerv sadece 75 milyon ton olmaktadır. Kars'ın Tuzluca ve Kağızman mevkilerinde toplam 160 milyon ton tuz rezervi çıkarılması mümkün görünürken Erzurum'un Oltu ilçesinde ise 30 milyon ton tuz kaynağı yer almaktadır. En az tuz yataklarına sahip bölge ise 20 milyon ton tuz rezervi ile Kırşehir'de yer alan Tepesidelik köyüdür (Çizelge 2.7).

Çizelge 2.7 Türkiye tuz rezervleri (ton) (Erşahin ve Kırıkoğlu 2012)

	Görünür	Mümkün	Muhtemel
Yozgat-Sekili	107.000.000	300.000.000	359.000.000
Nevşehir-Gülşehir	75.000.000	959.000.000	96.000.000
Kırşehir-Tepesidelik	-	20.000.000	-
Kars-Tuzluca	-	100.000.000	-
Kars-Kağızman	-	60.000.000	-
Erzurum-Oltu	-	30.000.000	-
Tuz Gölü	211.000.000	-	-
Çankırı-Balıbağı	808.000.000	-	-
Çankırı-Merkez	327.230.545	-	-
Çankırı Merkez-Yenidoğan 1 Sahası	122.704.820	263.990.655	-
Çankırı Merkez-Yenidoğan 2 Sahası	122.120.005	366.360.015	-
Çankırı Merkez-Balıbağı 1 Sahası	74.431.000	147.623.256	-
Çankırı Merkez-Ovacık 1 Sahası	7.974.750	63.798.000	-
Toplam Rezerv	1.855.546.000	2.310.772.000	455.000.000

Türkiye'nin tuz üretim kaynaklarını kaya, kaynak, göl ve deniz tuzlaları oluşturmaktadır. Deniz tuzu rezervi sınırsız görünmesine rağmen üretim, iklim şartlarına ve havuzlama sistemlerinin kapasite miktarlarına göre değişim göstermektedir. Türkiye'de Ayvalık ve Çamaltı tuzlaları, hem uygun iklim koşulları hem de tuz oluşum mekanizması açısından avantajlı konumda olmasından dolayı deniz tuzlaları olarak kullanılmaktadır. 2010 yılından beri yükseltilen kapasite miktarı ile birlikte tuz üretimi yıllık 600 bin tona

çıkmıştır. Türkiye, jeopolitik konumunun getirdiği üç tarafı denizlerle çevrili olma potansiyelini deniz tuzlalarına entegre edebilirse deniz tuzlası işletmeciliği daha da yaygınlaşacaktır (Anıl ve Bastacıoğlu 2013).

Türkiye'nin göl tuzlalarını, Şereflikoçhisar ve Cihanbeyli'de bulunan Tuz Gölü'ne ait Yavşan, Kaldırım ve Kayacık tuzlaları oluşturmaktadır. 1665 km^2'lik yüzey alanına sahip Tuz Gölü'nün yaklaşık %72'sinin tuz bölgesi olduğu bilinmektedir. Görünür toplam tuz rezervinin yaklaşık %11'lik kısmı Tuz Gölü'ne aittir. Tuz Gölü, 211 milyon tonluk tuz potansiyeli ile küresel tuz pazarında çok ciddi bir değere sahiptir. Ayrıca Türkiye'de iç tüketimin çok önemli bir kaynağını oluşturarak arz-talep dengesinin ivme kazanmasına büyük katkıda bulunmaktadır. Tuz Gölü, Türkiye'nin yıllık tuz ihtiyacının yaklaşık %70'ini karşılamaktadır. Ayrıca ihracatta çok önemli bir paya sahiptir. Yavşan, Kayacık ve Kaldırım tuzlalarında şirketleri olan işletmeciler, elde ettikleri tuzun yaklaşık yarısını ihraç etmektedirler. Tuz Gölü, Türkiye'nin küresel tuz pazarında önemini artırmakla birlikte yıllık ortalama 425 milyon dolarlık bir değere sahiptir (Keskin Köylü 2017).

2.2.2 Türkiye Tuz Üretimi

Türkiye'de tuz sektöründe faaliyet gösteren yaklaşık 600 üretim tesisi bulunmaktadır. Küçük ve orta ölçekli işletme niteliği taşıyan 85 tuz firması ise sektörde aktif olarak tuz piyasasına katkı sağlamaktadır (Erşahin ve Kırıkoğlu 2012). Çizelge 2.8'de Türkiye yıllık tuz üretim miktarları verilmiştir. Türkiye'nin son 5 yılı içine alan toplam tuz üretim verilerine bakıldığında durağan bir politika izlediği görülmektedir. 2015 yılında 6,2 milyon ton olan tuz üretimi 2016 yılında yaklaşık %14 oranında kayba uğrayarak 5,3 milyon ton olmuştur. Bu azalan miktar, faaliyet gösteren tuz üretim tesislerinin kapanması, göl tuzlaları açısından bakıldığında iklim koşullarının olumsuz yönde değişime uğraması, faal halde bulunun fabrikaların kapasitelerinin çok altında çalışması olarak değerlendirilmektedir. 2017 yılında ise üretimi etkileyen kötü şartların iyileştirilmesi çabası olumlu sonuçlar vermiş ve yaklaşık %24'lük ciddi bir artışla tuz üretim miktarı 6,6 milyon ton olmuştur. 2018'de çok az bir düşüş göstererek 6,2 milyon ton olan tuz üretim miktarı, 2019 yılında 6,9 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'nin görünür ve muhtemel toplam kaya tuzu rezervi 5,7 milyar ton iken mevcut tuz potansiyelinin üretimi karşılayamaması sonucu tuz üretim miktarı 6,9 milyon ton olmaktadır. Türkiye tuz yatakları bakımından verimli ve geniş alanlara sahip olmasına

rağmen tuz gibi değerli bir madeni tam kapasite işleyememektedir. Bu nedenle yıllık üretimde son beş yıldır artan bir dalgalanma söz konusu olmamaktadır. Bu durumu, sadece tuz üretim tesislerinin kapasitelerinin altında çalışmasına bağlamak yetersiz kalmakla birlikte %50'dan fazla kayıt dışı üretim olduğu da göze çarpmaktadır. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının güncel veri kaynaklarında tuz çıkarımı yapan ve işleyen sadece 62 firmanın kaydı vardır (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı 2020). Kaya tuzu rezerviyle neredeyse Türkiye'nin bütün iç tüketimini karşılayan Çankırı ilinde 5 tane tuz işleten firma bulunmasına rağmen sadece 3 tane firmanın ismi sistemde kayıtlıdır. Çan-Kaya, Potuk Madencilik ve Safir Tuz işletmelerinin lonca sisteminde kaydı mevcut olmakla birlikte Salti Tuz ve Med-Mar Tuz firmalarının kaydı söz konusu değildir. Ayrıca Çankırı'da 13 tane tuz madeni bulunmaktadır. Bu tuz madenlerinden yalnızca 2 tanesi aktif olarak işletilmektedir. Netice de Çankırı'da bulunan tuz madenleri yaklaşık %84 gibi yüksek bir oranla tuz potansiyelini aktif hale getirememektedir. Bu durumda mevcut tuz rezervi üretimi karşılayamamakta ve küresel tuz pazarında söz sahibi olmamıza engel teşkil etmektedir.

Çizelge 2.8 Türkiye yıllık tuz üretim miktarı (ton) (MAPEG 2020)

Üretim Miktarı (Ton)					
Maden Adı	2015	2016	2017	2018	2019
Kaya Tuzu	2.955.575	2.732.362	2.870.499	2.915.830	3.314.120
Göl Tuzu	2.664.930	2.015.518	2.902.109	2.787.841	2.871.730
Deniz Tuzu	623.500	558.237	550.000	558.708	756.650
Kaynak Tuzu	5.661	15.801	318.756	18.952	14.786
Magnezyum Tuzu	7.654	6.338	31.878	17.374	3.729
Toplam	6.257.320	5.328.256	6.673.242	6.298.705	6.961.015

Tuz Gölü'nde, T.C. Tekel Genel Müdürlüğü'nün yetki ve izni ile faaliyete başlayan 3 adet tuzla bulunmaktadır. Bu tuzlalarda yıllık ortalama 1,3-3,5 milyon ton arasında tuz üretimi yapılmakla birlikte bu miktar Türkiye'nin tuz ihtiyacının tahmini %70'ine denk

gelmektedir. Tuz Gölü'nde tuz üretimi Kayacık, Kaldırım ve Yavşan Tuzlalarından yapılmaktadır. Tuz Gölü'nden biriken tuz miktarı birçok değişkene bağlı olarak farklılık göstermektedir. Gölü çevreleyen alanda Oligosen formasyonlarının yer alması gölün tuz biriktirmesindeki birincil nedendir (Kılıç vd. 2001). Gölde bulunan tuz kütlelerinde buharlaşma ile birlikte ısı transferi gerçekleşmektedir. Bunun sonucunda göl tabanındaki tuz kütleleri yer altı suları ile çözünmeye maruz kalır ve kırık sistemleri aracılığıyla yükselerek göle ulaşması ile tuz meydana getirmektedir. Gölde tuz üretimi, haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında yapılmaktadır. Tuz Gölü'nün kuzey tarafında yer alan Kaldırım, batısında bulunan Yavşan ve doğu yönünde yer alan Kayacık Tuzlalarında yaz aylarında meydana gelen yüksek buharlaşma ile tuz hasadı yapılmaktadır. Bölgede bulunan 3 tane tuz işletmesi tarafından işlenmekte ve tüketime hazır hale getirilmektedir (Keskin Köylü 2017).

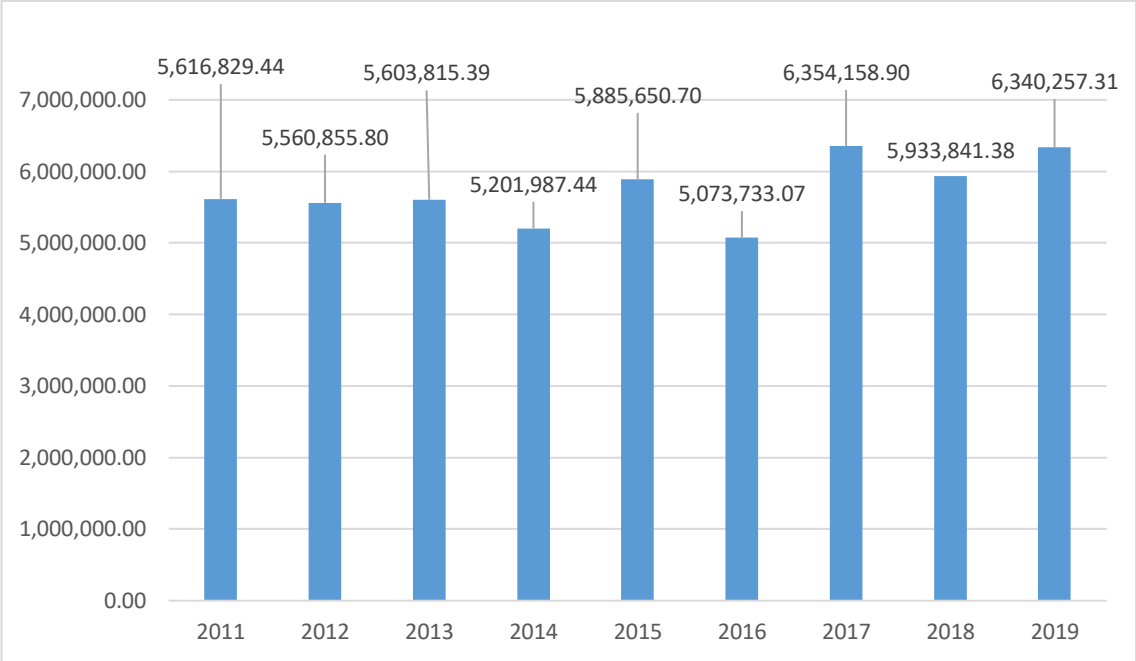
Çizelge 2.9'da Tuz Gölü'ndeki Kayacık, Kaldırım ve Yavşan Tuzlalarının yıllık tuz üretim miktarları verilmiştir. Kayacık Tuzlasında yılda yaklaşık 1-2 milyon ton, Kaldırım Tuzlasında 2 milyon tona kadar, Yavşan Tuzlasında ise 1 milyon tona kadar üretim gerçekleştirilmektedir. Ancak 211 milyon tonluk Tuz Gölü rezervini, bu üç tuzlanın üretimleri karşılamaya yetmemektedir. 2010 yılında Kayacık ve Kaldırım tuzlaları arasında kalan bölgede 10 adet yeni tuzla alanları belirtilerek ihalesi yapılmıştır. 2011'de 5940 sayılı Ankara Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu kararına doğrultusunda bu alanların tuz üretim alanları olarak kullanılması uygun bulunmamıştır (Keskin Köylü 2017).

Çizelge 2.9 Tuz Gölü'ndeki Tuzlaların faaliyet alanları ve yıllık tuz üretimi (ton) (Keskin Köylü 2017)

Tuzla Adı	Asgari Üretim (ton/yıl)	Faaliyet Alanı (Hektar)
Kayacık	1.000.000-2.000.000	2.900
Kaldırım	800.000-2.000.000	7.115
Yavşan	800.000-1.000.000	2.500

2.2.3 Türkiye Tuz Tüketimi

Küresel tuz tüketimi 2020 yılında yaklaşık 335 milyon ton olarak kaydedilmiştir. Türkiye tuz tüketimi ise dünya tuz tüketiminin tahmini %1,79'una tekabül ederek 6,3 milyon ton olmuştur. Şekil 2.6'da Türkiye'nin 2011-2019 yılları arası tahmini tuz tüketimi verilmiştir. Bu veriler Türkiye'nin ihracat, ithalat ve yıllık üretim verileri temel alınarak hesaplanmıştır. 2011 yılında 5,6 milyon ton olan tuz tüketimi 2012 yılında yaklaşık %1,78 oranında bir düşüş kaydederek 5,5 milyon ton olmuştur. Bu duruma, en çok Mısır'dan yapılan ithalatın %4,5 oranında düşmesi neden olmuştur. 2012 yılı tuz üretiminin bir önceki yıla göre %7,5 oranında azalması da etkili sebeplerden biridir. 2013 yılında 5,6 milyon ton olarak gerçekleşen tuz tüketimi 2014 yılında yaklaşık %7,1'lik bir düşüşle 5,2 milyon ton olmuştur. Bu düşüş tuz ithalatının %62 gibi çok ciddi bir oranla düşerken tuz ihracatının %75,5'lik bir sıçrama yapmasından kaynaklanmaktadır. 2013 yılında tuz ihracatı 80 ülkeye gerçekleştirilirken 2014 yılında 87 ülkeye gerçekleştirilmiştir. Tunus, Sri Lanka, Katar, Portekiz, Sierre Leona, Norveç, Cibuti, Mozambik, Madagaskar, Jamaika, Estonya, Fildişi Sahili ve Kamerun ülkelerine ilk defa 2014 yılında tuz ihracatı yapılmıştır. Kıbrıs, Malta, Macaristan, Yemen, Sudan ve Belarus ile ise tuz ihracat politikaları sekteye uğramış ve listeden çıkarılmıştır. 2015 yılında tuz tüketimi artan bir ivme ile 5,8 milyon tona ulaşırken 2016'da kararsız bir seyir izleyerek 5 milyon tona düşmüştür. Türkiye tuz tüketiminde ilk büyük sıçrama etkisini 2017 yılında yaşamıştır. 2016'da 5 milyon ton olan tüketim 2017'de %26'lık bir büyüme sahası bularak 6,3 milyon tona ulaşmıştır. Bu durum %24,5 oranında artan üretim yüzdesi ile açıklanabilir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Türkiye tahmini tuz tüketimi (ton)

2017 yılında Türkiye tuz üretimi 6,6 milyon ton olarak belirtilmiştir. Türkiye neredeyse ürettiği tuzun tamamına yakınını tüketen bir toplum modeli çizmektedir. Yıllarca durağan bir sistemin içerisinde yer alan tuz üretimi madencilik politikalarının olumlu yönde artması, tuz işletmelerinin sayısının çoğalması, hızla artan nüfusun arz-talep dengesini sağlama çalışmaları gibi birçok faktörün etkisi ile artmıştır. Tuz üretiminin çizdiği bu doğrusal eğri tüketim parametrelerine paralel bir şekilde yansıyarak ciddi bir artışa sebep olmuştur. 2017'de Kırıkkale'nin Delice ilçesinde doğal kaynak suyu tuzlasında yaklaşık 10 milyon lira yatırım yapılarak tuz işleme tesisi kurulmuştur. 2017'de kaynak tuzu üretimi önceki yıllara nazaran %95 gibi büyük bir oranla artmış ve 318 bin ton olarak gerçekleşmiştir. Delice tuzu, hem doğal iyot kaynağı olması hem de sodyum oranı düşük olmasından dolayı çok değerli bir tuzdur. Ayrıca direkt kaynaktan gelen suyun buharlaşması yöntemiyle elde edilmesi katkı maddesi gibi detaylara ihtiyaç duymadan tüketime sunulması gibi sağlığı ön plana çıkaran avantajlarından dolayı da tercih edilme oranı artmıştır. 2018'de ise kaynak tuzu üretimi hızlı bir inişle çakılarak 18 bin ton olarak gerçekleşmiştir. Kaynak tuzu üretiminde makine ve ekipmandan daha çok insan gücüne ihtiyaç duyulması maliyeti artırmış ve proses yöntemlerinde yaşanan sıkıntılardan dolayı üretim azalmıştır. Elbette bu durum toplam üretimin düşmesine ve dolayısıyla tüketimin de azalan bir eğri grafiği çizmesine neden olmuştur. 2019 yılında son on yılın en yüksek

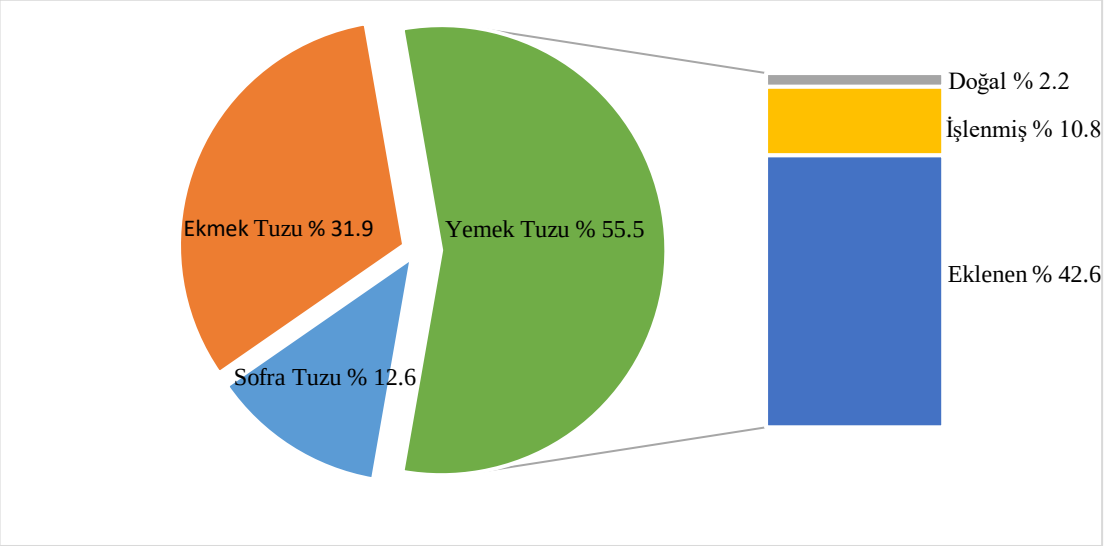
tuz üretimi gerçekleşmiştir. Kaya tuzu, göl tuzu ve deniz tuzu üretimleri önceki yıllara bakılarak artmış ve toplam üretim 6,9 milyon ton olmuştur. Bu üretimin yaklaşık 631 bin tonu ihraç edilmiş ve geriye kalan tuzun atıl kalan miktarları dışında büyük bir bölümü iç tüketime girmiştir. Tuzun kullanım alanlarının çeşitlenmesi ve kimya sanayiinde tercih edilen bir ürün olması da tüketimi artıran sebeplerdendir. 2019 yılı tahmini tuz tüketimi ise 6,3 milyon tona ulaşmıştır.

2.2.3.1 Türkiye Kişi Başı Tuz Tüketimi

Tuz, birincil sodyum kaynağıdır. Sodyum, sinirsel iletilerin geçtiği yolakların düzgün çalışması, kas dokularının doğru uyarılarla görevini yerine getirmesi, vücudun asit-baz dengesi gibi durumlarında gerekli olmaktadır. Ayrıca sodyum yetersizliği ile vücutta kusma, kas yorgunluğu, beyin sisi, eklem ağrıları ve solunum problemleri açığa çıkmaktadır. Ancak gereğinden fazla sodyum alımı hipertansiyon başta olmak üzere, kalp ve böbrek hastalıklarına neden olmaktadır. Yetişkin bir bireyin sodyum eksikliğinden kaynaklanan semptomları yaşamaması için günlük 1500 mg sodyuma gereksinimi vardır. Bu miktar yaklaşık 3,8 gram tuza denk gelmekle birlikte bir çay kaşığı tuzu bile ifade etmemektedir. Bir çay kaşığı tuz ortalama 2300 mg sodyum içerdiğine göre sağlıklı bir yaşam için günlük tüketilmesi gereken tuz miktarı 1 çay kaşığı bile olmamalıdır. Amerikan Kalp Derneği (AHA) gibi küresel sağlık yetkilileri, günlük 3,75 gramın altında tuz tüketilmesi gerektiğini belirtmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), kişi başı günlük tuz tüketiminin 5 gramın (2 gramdan az sodyum) altında olmasını ifade etmiş ve bu duruma küresel bir bakış kazandırmak adına da dünya tuz azaltma programlarını başlatmıştır. WHO, bu kapsamlı programlar sayesinde 2025 yılına kadar küresel kişi başı tuz tüketimini %30 azaltmayı planlamaktadır.

2008 yılında Türk Hipertansiyon ve Böbrek Hastalıkları Derneği, SALTurk-1 çalışması adı altında tüm ülkeyi kapsayan 24 saatlik spot idrar analizleri sonucunda Türkiye kişi başı günlük tuz tüketimini 18 g/gün olarak hesaplamıştır. 2012 yılında ise SALTurk-2 çalışması başlığıyla aynı yöntemle analizler tekrar edilmiş ve Türkiye kişi başı günlük tuz tüketimi 15 g/gün olarak belirtilmiştir. Bu miktar, 2008 yılı verileri baz alındığında %16,6 daha az gibi görünse de küresel çapta bakıldığında WHO'nun çizdiği tuz tüketim sınırının 5 katı olmaktadır (T.C. Sağlık Bakanlığı 2016). SALTurk-2 çalışmalarına göre günlük tüketilen tuzun %55.5'i yemeklere eklenen tuzdan gelirken %31,9'u ekmeğe eklenen

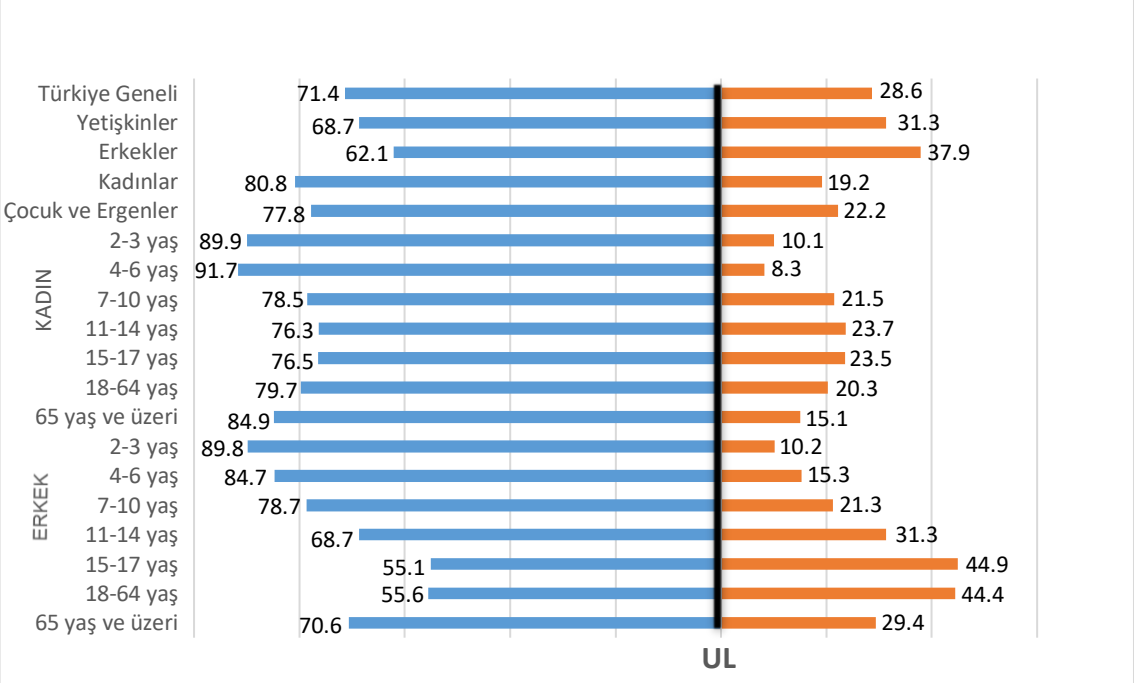
tuzdan, %12,6'sı sofra tuzundan gelmektedir. Doğal ve işlenmiş tuzun ise %58'i kahvaltılıklardan, %17'si turşudan, %12'si et-tavuk-balık ve et ürünlerinden, %5'i kuruyemişlerden, %2'si bisküvi ve krakerlerden, %6'sı ise diğer besinlerden gelmektedir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Diyetteki tuz kaynakları (T.C. Sağlık Bakanlığı 2016)

Türkiye'de yüksek tuz tüketiminin nedenlerine bakıldığında yemeklerden gelen tuz miktarının %55.5 gibi yüksek bir oranla öncü olduğu görülmektedir. Bu durum yemekleri tuzlu sevmek gibi kişisel tercihlerin yanında Türk kültüründeki yemeğe tuzla başlamakla ilgili deyimlerin zamanla anlam kaymasına uğrayarak yemeğin tadına bakmadan tuz eklemek olarak algılanmasına da bağlanabilir. Ayrıca kişi yemeğe sonradan tuz eklemese bile sofrada bulunan gıdaların çoğu tek başına yüksek tuz kaynakları olmaktadır. Türk toplumu, karbonhidrat ağırlıklı beslenme kültürünü ezelden beri sahiplenmesinin yanında misafirperverlik anlayışını had safhada yaşayan ve yaşatan bir toplumdur. Türk mutfağının zengin alt yapısının her hanede kendine uygun bir ürün bulmasından dolayı un ve unlu mamulleri de çok sık tercih edilmektedir. Bu durumda yemeğe eklenen tuzun dışında tuz almanın çok çeşitli kaynakları kişinin beslenmesine dâhil olmaktadır. Bu gıdalardan biri Türkiye geneli kişi başı günlük tüketimin yaklaşık 200-300 g arası olduğu ekmektir. Ekmek, ekonomik hiyerarşisi olmayan bir unlu mamul olmasından dolayı herkesin tüketebileceği bir ürün grubudur. 100 gram ekmekte yaklaşık 2 gram arası tuz bulunmaktadır. Günde 300 g ekmek tüketen bir birey için sadece ekmekten aldığı tuz bile

6 g olmaktadır. Ekmek, günlük beslenmenin en önemli sodyum kaynağı olması nedeniyle tuz azaltma politikalarının birincil maddesinde yer almış ve Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği yürürlüğe girerek ekmekteki tuz oranı %25 oranında azaltılmıştır. 100 gramlık bir ekmekte bulunan 2 gram tuz bu madde ile beraber 1,5 grama düşürülmüştür.



Şekil 2.8 Türkiye kişi başı sodyum alımının tolere edilebilir üst düzey alım miktarları (UL) ile karşılaştırılması (%) (TÜBER 2016)

Şekil 2.8'de Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması'nın veri sisteminde mevcut bulunan 13707 kişinin gıdalarla aldığı sodyum alım miktarları ile tolere edilebilir sodyum miktarlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Buna göre Türkiye geneli tablosuna bakıldığında %28,6'lık bir sıklık yüzdesi, tolere edilebilir sodyum alımının üstünde kalmaktadır. Sodyum alımının tolere edilebilir üst değerlerinin altında olan sıklık yüzdesi ise Türkiye geneli profil için %71,4 olmaktadır. Bu durum kişi başı günlük tuz tüketiminin 15 g/gün olduğu ülkemiz için iyi bir sonuçtur. 15 g tuz yaklaşık 5,8 gram sodyuma tekabül etmektedir. Erkekler ve kadınlar için belirtilen sodyum üst limiti ise 2,3 gramdır. Kadın yaş grupları ile erkek yaş grupları karşılaştırıldığında ise erkeklerin sodyum üst limit değerlerini daha çok aştığı görülmektedir. Erkeklerin yaş gruplarına daha ince bir perspektiften baktığımızda ise 15-17 yaş grubu ile 18-64 yaş gruplarının

neredeyse yarısının sodyum üst limit değerlerini geçtiği sonucu çıkmaktadır. Erkekler epigenetik faktörlerin etkisiyle ve yaradılış itibariyle daha çok yeme kapasitesine sahip bireylerdir. Yiyeceklerden alınan sodyum miktarının temel olarak alındığı bu grafiği düşündüğümüzde alınan yemek miktarıyla beraber sodyum alımı da artacaktır. Kadınlar antik çağlardan beri güzelliğin ve zarafetin simgesi olmalarından dolayı her çağda kilosuna ve dolayısıyla yemek yeme miktarına dikkat eden bireyler olmuşlardır. Bu yüzden kadınların sodyum alım üst değerlerini geçme yüzdesi erkeklerinkinin yaklaşık yarısı kadar olmaktadır.

2.2.3.2 Türkiye Tuz Azaltma Stratejileri

2008 yılında SALTurk-1 ve 2012 yılında SALTurk-2 çalışmaları adı altında Türkiye kişi başı tuz tüketimi hesaplanmıştır. 2008'de 18 g/gün olarak belirlenen tuz tüketimi 2012'de 15 g/gün olarak tespit edilmiştir. Bu değer küresel çapta belirlenen kişi başı günlük tuz tüketiminden (yaklaşık 9 g) fazla olmakla birlikte WHO'nun önerdiği miktarın ise 5 katı olmaktadır. Vücudun ihtiyacı olan miktar dışında tuz almak yüksek tansiyon, felç gibi kardiyovasküler hastalıklarının birincil kaynakları olarak gösterilmektedir. Bu hastalıkların önüne geçmek ve genel vücut sağlığını korumak adına 2007 yılında Dünya Sağlık Örgütü dünyanın birçok ülkesini kapsayan tuz azaltma programlarını başlatmıştır. Küresel sağlık örgütleri ve konuda uzman otoritelerinde bir araya gelerek tuz azaltma programlarının kapsamını genişletmesiyle kısa zamanda tüm dünyada tuz azaltmaya yönelik eylem planları hazırlanmıştır. Türkiye ise bu sürece sert devinimler ile direkt geçmemiş daha yavaş ve genel kapsamlı sağlığa yönelik tavsiyelerle yumuşak bir geçiş yapmayı tercih etmiştir.

T.C. Sağlık Bakanlığı 2013-2017 dönemi Stratejik Planının Stratejik Amaçlar bölümünün ilk maddesi "Sağlığa yönelik risklerden birey ve toplumu korumak ve sağlıklı hayat tarzını teşvik etmek" olmuştur. Bu madde kapsamında ortaya koyulan sağlıklı beslenme alışkanlıklarını belirlemek, fiziksel aktiviteyi artırmak ve obezitenin artmasını engellemek tuz azaltma programlarına temel oluşturmuştur. 2014-2018 dönemi Onuncu Kalkınma Planının 170. maddesinde, fiziksel aktivite yetersizliği, tütün kullanımı ve obezite ile ilgili mücadelede sağlıklı hayata yönelik program ve eylem planlarının uygulanmaya başlatılması gerektiği belirtilmiştir. Bu maddeler doğrultusunda "Türkiye Aşırı Tuz Tüketiminin Azaltılması Eylem Planı, 2011-2015" başlığı altında tuz

azaltılmasına yönelik ilk eylem planı oluşturulmuş ve plan dâhilinde olan uygulamalar gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Hazırlanan bu eylem planı doğrultusunda gıdalardaki tuz miktarını azaltmaya yönelik şu tebliğ maddeleri yürürlüğe konulmuştur:

- Ekmekteki tuz oranı %25 azaltılarak 100 gram ekmekteki tuz miktarı 2 gramdan 1,5 grama indirilmiştir (Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği 2012).
- Pastırmadaki tuz oranı %17,6 azaltılarak 100 g üründeki 8,5 gramlık tuz miktarı 7 grama düşürülmüştür (Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği 2012).
- Kırmızıbiberdeki tuz, %22 oranında düşürülmüştür. Böylece 100 gram üründeki 9 gram olan tuz miktarı 7 grama düşmüştür (Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliği 2013).
- Domates salçasındaki tuz miktarı, 100 gram için 14 gramdan 5 grama düşürülerek %64 oranında azaltılmıştır (Türk Gıda Kodeksi Salça ve Püre Tebliği 2014).
- Zeytindeki tuz oranı %50 düşürülmüştür. Zeytinde bulunacak tuz miktarının maksimum seviyesi ise %8 ile sınırlandırılmıştır (Türk Gıda Kodeksi Sofralık Zeytin Tebliği 2014).
- Peynirdeki tuz oranı %35-61 azaltılmıştır. Peynir türlerine göre değişmekle birlikte kuru maddede bulunması istenilen maksimum tuz miktarı 3-7,5 gram arasında farklılık göstermektedir. (Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği 2015).
- Tuz paketlerinde "Tuzu azaltın sağlığınızı koruyun" ibaresinin yazılması zorunlu tutulmuştur (Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliği 2013).
- Okul kafeteryalarında, kantinlerinde satılan ürünler için tuz miktarının kısıtlanması adına önlemler alınmıştır (Türkiye Aşırı Tuz Tüketiminin Azaltılması Programı (2017-2021) 2016).
- Radyo ve Televizyon Üst Kurulu'nun Yayın Hizmeti Usul ve Esasları Hakkındaki Yönetmeliğinde "Genel beslenme diyetlerinde aşırı tüketimi tavsiye edilmeyen yağ, yağa dönüşen asitler, tuz/sodyum ve şeker gibi gıda ve maddeleri içeren yiyecek ve içeceklerin ticarî iletişimi; Çocuk programlarının başında ve sonunda veya bu programların içinde yapılamaz. Diğer programlarla birlikte veya bu programların içinde yapılması durumunda, ekranın alt kısmında izleyiciler tarafından rahatça okunabilir, akar bant şeklinde yayınlanacak ve içerisinde düzenli ve dengeli beslenmeyi teşvik eden ifadelere yer veren yazılı uyarılarla

birlikte yapılır" maddesi yer almıştır (T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi 2011).

- 29.09.2014 tarihli ve 27714 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan genelge doğrultusunda kamu kurumlarının kafeteryalarından ve yemekhanelerinden tuzluklar kaldırılmıştır.
- World Action on Salt & Health tarafından çizilen kurallara uygun olarak T.C. Sağlık Bakanlığı, Türkiye genelinde tuz farkındalık haftaları yapmıştır. 4-10 Mart 2019'da sonuncusu yapılan programın afişinde "Tuz birçok gıdada gizli olarak bulunur, lokanta, kafe ve süpermarketlerdeki birçok yiyecek ve içecekten almaktayız. Tuz kan basıncını yükseltir ve felç kalp hastalığı, mide kanseri, osteoporoz ve böbrek hastalığı riskimizi artırır" cümleleri yer almıştır. Bu ifadeler ile topluma aşırı tuzun zararları hakkında bilinç kazandırılmaya çalışılmıştır. Ayrıca tuzu azaltmaya yönelik bilgilendirici konuşmaların yapıldığı stantlar kurulmuştur. Bu etkinliğe katılan herkese, "daha az tuz tüketin" etiketli kitap ayraçları hediye edilmiştir (T.C. Sağlık Bakanlığı 2019).

Aşırı tuz tüketiminin azaltılması adına yapılan çalışmalar revize edilerek devam etmektedir. Bu kapsamda Türkiye Aşırı Tuz Tüketiminin Azaltılması Eylem Planı güncellenerek 2017-2021 programı hazırlanmıştır. Bu eylem planının hedefi, toplumda aşırı tuz tüketimine neden olan faktörleri belirleyerek ortadan kaldırmak veya en aza indirgemek için kısa ve uzun vadede hazırlanan planları hayata geçirmektir. Böylece toplumda, tuz/sodyum tüketimini %30 azaltmak hedeflenmiştir.

Dünya Sağlık Örgütü, Avrupa Birliği Önerileri, küresel çapta en iyi tuz azaltma programları Sağlık Bakanlığı tarafından incelenmiş, Türkiye Gıda ve İçecek Sanayii Dernekleri Federasyonu (TGDF), gıda ve içecek sektörü temsilcileri ve akademisyenlerle birlikte bu çalışmalar değerlendirmeye alınmıştır. TGDF ile gıda ve içecek sektörü temsilcileri; tuz/sodyum miktarı azaltılacak gıda ve içecek kategorilerini belirleyerek her bir kategori için 2018 yılı ve 2023 yılı azaltma hedefleri oluşturmuştur. 19 tane gıda ve içecek kategorisi hazırlanmıştır. Gıda ve içeceklerdeki tuz azaltma hedefleri Sağlık Bakanlığı ve TGDF tarafından kontrol edilecek ve ortak işbirliği ile hedeflerin gerçekleştirilmesi sağlanacaktır. Sağlık Bakanlığı tarafından yürütülecek olan izleme çalışmaları gıda sektörü temsilcileri ile paralel olarak devam edecektir. Bu eylem planı

ile ulusal tuz azaltmaya yönelik teşvik edici çalışmalar gerçekleştirilecek ve birçok hastalığın birincil faktörü olan aşırı tuz tüketimi en aza indirilmeye çalışılacaktır. Tuz azaltma programları sayesinde kişi başı tuz tüketimi yaklaşık 6 gram azalacaktır. Böylece inme %24, koroner kalp hastalıkları %18 oranında azalacak bu hastalıklara bağlı 2,5 milyon kişinin hayatta kalması sağlanabilecektir (Üstündağ 2016).

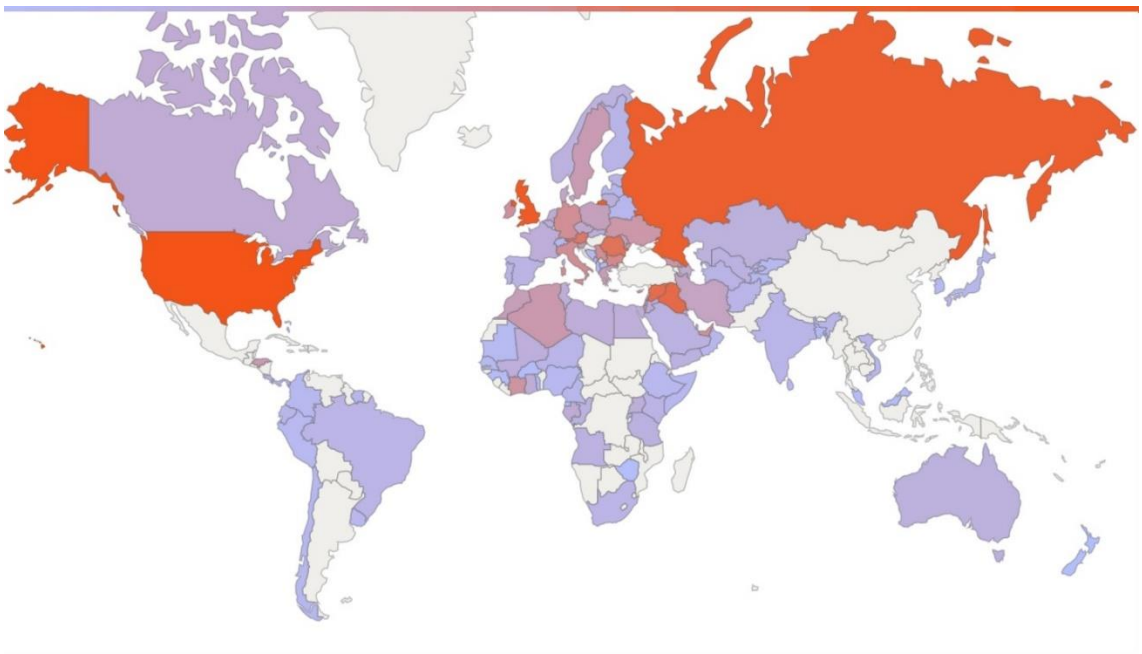
2.2.4 Türkiye Tuz Ekonomisi

Endüstriyel hammaddelerin 2019 yılı ihracat değeri 2018'e göre %3,92'lik bir azalma ile yaklaşık 1 milyar dolar olarak maden piyasasına yansırken ihracat miktarı 16,3 milyon ton olmuştur. Endüstriye hammaddeler grubunda yer alan tuzların ise ihracat değeri 2018'e göre %29,63'lük bir artışla 39,46 milyon dolar olarak gerçekleşirken ihracat miktarı ise 2018 yılına göre %67,16 gibi ciddi bir oranla artarak 631,5 bin ton olarak zirve yapmıştır. 2019 yılı endüstriyel hammaddeler ithalat değeri 2018'e göre %8,21'lik bir düşüşle yaklaşık 606 milyon dolar olarak piyasaları etkisi altına almıştır. 2019 yılı ithalat miktarı ise 2018 yılına göre %10,61 oranında artarak yaklaşık 3,4 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Tuz ithalat değeri ise 2019 yılında 2018'e göre yaklaşık %16 oranında artarak 2,9 milyon dolar olmuş ve piyasalara yeni bir perspektif kazandırmıştır. Paralel olarak 2019 yılı ithalat miktarı da %10,9 artarak 10,79 bin ton olmuş ve tuz piyasasında yeni bir dönemin başlangıcına imza atmıştır. Tuz ihracat miktarının hızla artması ve ithalat miktarının azalan bir eğri grafiği ile artması Türkiye'nin tuz dış ticaret devinimlerinde söz sahibi olmaya başladığının bir işaretidir. Hem ülke çapında tuz rezervlerini kullanabiliyor olduğunun hem de tuz üretim tesislerinin artarak iç tüketime yetiyor olduğunun göstergesi niteliğindedir (TÜİK 2020).

2.2.4.1 Türkiye Tuz İhracatı

Türkiye toplam tuz ihracat değeri 2019 yılında 39,46 milyon dolar olurken 2020 yılının geçici verilerine göre ise 31,5 milyon dolar olarak kaydedilmiştir. Bu ihracat değerinin yaklaşık %15,4'lük kısmını ABD tek başına karşılamaktadır. ABD'de yer alan Büyük Tuz Gölü rezerv ve yüz ölçümü bakımından dünyanın en büyük tuz gölü niteliğindedir. Ayrıca Kuzey Amerika'nın birçok eyaletinde tuz gölleri ve tuz yatakları yer almaktadır. ABD, dünya tuz üretiminde ise ikinci sırada yer alarak bu verilerin doğruluğunu ispatlar biçimde bir profil çizmektedir. Ancak arz-talep dengesizliğinden doğan problemler, tuzun

teknolojik anlamının artarak kimya sektöründe geniş bir kullanım alanı bulması gibi nedenler dış ticarette varlığını göstermiş ve ABD'nin tuz ithal etmesine zemin oluşturmuştur. Şekil 2.9'da Türkiye'nin tuz ihraç ettiği ülkelerin dağılımı gösterilmiştir. Açık renkte görülen alanlar ABD, Birleşik Krallık, Rusya ve Irak ülkelerine ait olmakla birlikte tuz ihracatında Türkiye dış ticaretinin en önemli payını oluşturmaktadır.



Şekil 2.9 Türkiye tuz ihracatının ülkelere göre dağılımı (US $) (2019) (TrendEconomy 2020)

Almanya, İtalya, Avusturya, Polonya gibi Avrupa ülkelerinin tuz ihracatında dış ticaret hacmine olumlu yansımaları Şekil 2.9'da görülmektedir. Mor renk tonu ile gösterilen Avrupa ülkeleri, dünya haritası üzerinde oldukça fazla yer kaplayarak Türkiye'nin tuz ihracatında kayda değer ülkeler arasında olduğunu belli etmektedir. Değerli tuz yataklarının bulunduğu Afrika kıtasının Cezayir, Mısır, Libya gibi kuzey ülkelerine çok az tuz ihraç edilirken, Çad, Sudan gibi güney ülkelerine ise tuz ihracatı hiç gerçekleşmemektedir. Bilhassa Kuzey Afrika'nın zengin maden yataklarını bulunduran bir bölge olmasından dolayı ve ekonomik gelişmişlik düzeyinin yetersiz olmasından dolayı ürettiği tuz miktarı, hem iç tüketim hem de iç sanayide yeterli olmaktadır. Çin ve Hindistan gibi ülkeleri içine alan Asya bölgesi ise dünya tuz üretiminde liderlik konumlarını sarsmayan bir otorite olmuştur. Çin, özellikle 2016 yılından sonra tuzda devrim niteliğinde uygulamalar ile politik değişikliklere gitmiş ve sonucunda ise üretim

potansiyelini yüksek oranda artırmıştır. Bu yüzden Asya bölgeleri Şekil 2.9'da tuz ihraç edilen ülkelerin verildiği dağılımda Türkiye'nin tuz ihraç ettiği ülkeler arasında yer almadığının emaresi olarak renksiz görünmektedir.

Çizelge 2.10'da Türkiye'nin ülkelere göre tuz ihracat miktarları verilmiştir. Listenin ilk sıralarında açık ara farkla ABD yer almaktadır. Türkiye, 2019 yılında ABD'ye 194 bin ton tuz ihraç ederek önceki yıllara göre ihraç miktarını yaklaşık 8 kat fazla artırmıştır. Tuz ihraç ettiğimiz ülkeler arasında diplomatik bağlantılarında önem kazandığı Rusya gelmektedir. Türkiye, Rusya'ya 2018 yılında 32,7 bin ton tuz ihraç ederken 2019 yılında bu miktarı yaklaşık %131 oranında artırarak 74,3 bin ton tuz ihraç etmiştir. En çok tuz ihracatı gerçekleştirilen üçüncü ülke Suriye Arap Cumhuriyeti olmuştur. 2016 yılında 7,7 bin ton gibi az bir miktar ihraç edilirken 2017'de 23,7 bin ton, 2018'de ise önceki yıllara büyük bir fark atarak 61,3 bin ton tuz ihracatı yapılmıştır. Suriye'de yaşanan savaş, ülkenin hem ekonomisini hem de alt yapısını çökertmekle kalmamış tüm sektörlerin işleyiş mekanizmalarını yer altına göndermiştir. Gelişmemiş bir ekonomisinin olması, teknolojik imkanların gelişmemesi ve savaşla birlikte gelen yıkıcı psikolojinin ülke çapında doğurduğu çaresizlik iç güdüsü insanları ticari gelişmeye değil hayatlarını kurtarmaya sürüklemiştir. Bu nedenle üretmeden tüketmeye odaklı bir toplum ortaya çıkmıştır. Suriye ile Türkiye'nin siyasi diplomaside bir araya gelerek iki taraflı uzlaşmacı tavırları da elbette ticarete yansımıştır. Bütün bu sebeplere bütüncül bir perspektifle bakıldığında Suriye'de talebin hızla artmasına bağlı olarak ihraç edilen tuz miktarı da yıldan yıla artmıştır.

En çok tuz ihraç ettiğimiz Avrupa ülkeleri 2019 yılı tuz ihraç miktarı 36,9 bin ton olan Avusturya, 36,3 bin ton olan Romanya ve 30,7 bin ton olan İtalya olmaktadır. En az tuz ihraç ettiğimiz ülkeler arasında ise İran göze çarpmaktadır. İran, en çok tuz ithal ettiğimiz ülkeler arasında lider pozisyonda olmasından dolayı ihraç ettiğimiz tuz miktarı ile listenin sonlarında yer almaktadır. Güney Amerika'da yer alan Peru, tuz göletleri ve tuz havuzlarıyla ünlüdür. Her yıl tuz hasadında gerçekleştirdiği üretim iç tüketim için yeterli gelmekte ve dışarıdan tuz almayı tercih etmemektedir. Bu nedenle ihraç ettiğimiz miktar çok düşük olmaktadır. Peru'ya 2019 yılında sadece 802 kg tuz ihracatı gerçekleşmiştir.

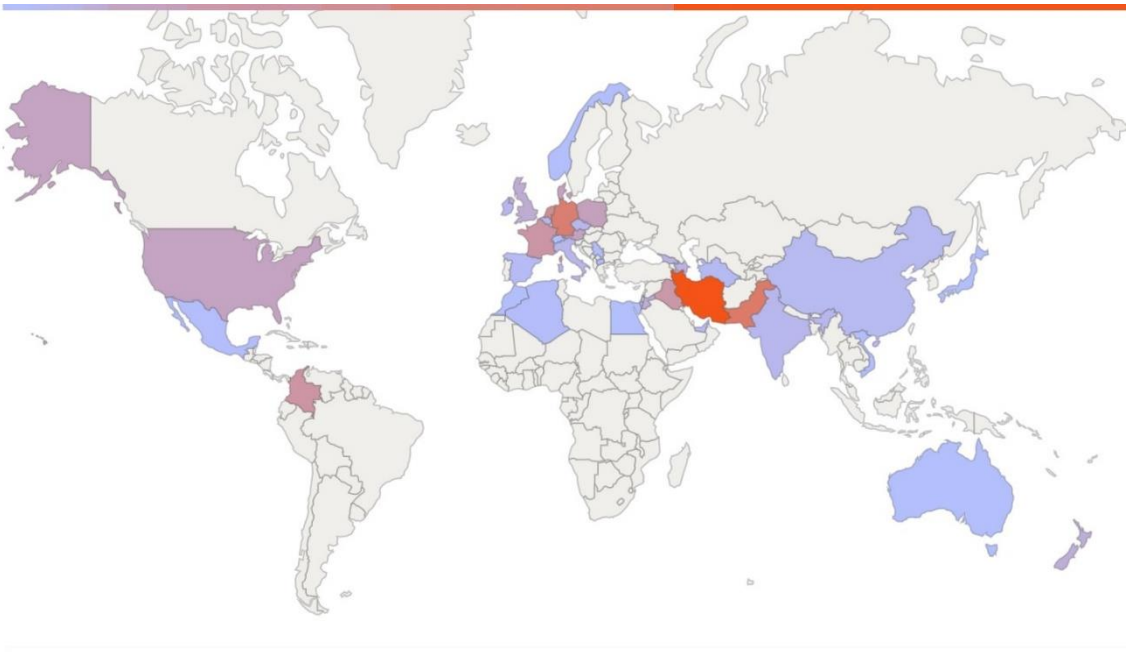
Çizelge 2.10 Ülkelere göre Türkiye tuz ihracat miktarları (TrendEconomy 2020)

Ülkeler	İhracat Miktarı (kg)			
	2016	2017	2018	2019
ABD	61.392.279,00	60.963.189,00	24.258.437,00	194.227.722,00
Rusya		32.081.444,00	32.738.835,00	74.302.191,00
Suriye Arap Cumhuriyeti	7.736.028,00	23.774.523,00	61.346.701,00	62.642.009,00
Avusturya	23.733,00	26.776,00	51.140.591,00	36.988.980,00
Romanya	25.463.693,00	23.829.754,00	25.950.634,00	36.395.400,00
Birleşik Krallık	16.538.830,00	11.651.165,00	12.598.715,00	32.194.913,00
İtalya	124.060,00	71.742,00	13.061.667,00	30.705.069,00
Irak	29.286.417,00	29.311.154,00	24.996.280,00	24.085.707,00
Bulgaristan	6.993.004,00	7.752.743,00	15.397.272,00	15.266.904,00
Sırbistan	8.640.052,00	12.061.730,00	9.054.472,00	15.086.201,00
Gürcistan	17.127.183,00	29.120.878,00	12.557.672,00	10.464.532,00
Ukrayna	1.590.906,00	3.687.000,00	4.050.280,00	9.218.560,00
Fildişi Sahili	423.400,00	506.500,00	4.684.931,00	8.454.800,00
Moldova	96.221,00	121.751,00	387.526,00	8.062.583,00
Kıbrıs		6.923.168,00	6.718.766,00	6.878.388,00
İrlanda	4.872.402,00	5.135.175,00	7.129.725,00	6.390.311,00

2.2.4.2 Türkiye Tuz İthalatı

Türkiye tuz ithalat değeri 2017 yılında 2,2 milyon dolar iken 2018'de 2,5 milyon dolar olmuştur. İthalat değeri yıllar içerisinde artan bir ivme ile yükselmeye devam etmiş ve 2019 yılında toplam ithalat değeri 2,9 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir. 2020 yılı geçici verilerine göre ise tuz sektörü 1,9 milyon dolar ithalat değerine sahip olmuştur. Türkiye, ithal ettiği tuz miktarını her yıl bir önceki yıla göre katlayarak artırmıştır. 2017'de yaklaşık 6 bin ton olan ithalat miktarını 2018'de 10 bin tona çıkararak %66,6'lık bir oranla hızlı bir artış gerçekleştirmiştir. 2019 yılında ise ithalat miktarı küçük yüzdelik değişimler dışında sabit kalmış ve 10,7 bin ton olarak dış ticarette yerini almıştır. Şekil

2.10'da Türkiye tuz ithalatının ülkelere göre dağılımı verilmiştir. Açık renk ile boyanmış bölgeler en çok tuz ithalatı yaptığımız ülkeleri göstermekle birlikte ilk göze çarpan ülke İran olmaktadır. İran, Türkiye'nin uzun yıllardır tuz ticareti yaptığı ve tuz ithalatımın büyük bir kısmını oluşturduğu bir ülkedir. İran'dan ithal edilen tuzun çok ucuz olması ve iç piyasada tüketim ihtiyacını uygun fiyatlarla karşılıyor olması bunun en büyük sebeplerindendir. Ayrıca Türkiye'ye yakın olması itibariyle lojistik sürecinde gerekli görülen finansman desteğinin de düşük olması İran'dan tuz ithal edilmesinin diğer sebeplerinden biridir. Birleşik Krallık, Fransa, Danimarka, Hollanda ve Polonya, Avrupa'da en çok tuz ithal ettiğimiz diğer ülkelerdir. Asya bölgesinde en çok tuz ithal ettiğimiz ülkeler olarak ise Pakistan ve Hindistan göze çarpmaktadır. Rusya, Güney Amerika ülkeleri, Kuzey Amerika'nın bir bölümü, Afrika kıtasının neredeyse tamamı renksiz olarak Şekil 2.10' da gösterilmiştir. Bu bölgeler ile tuz ithalatında herhangi bir ticari akış söz konusu değildir. Sadece Güney Amerika'nın Kolombiya eyaletine, Kuzey Afrika'nın Cezayir ve Mısır bölgelerinden çok az miktar tuz ithal edilmektedir. Avustralya kıtasından ise 2019 yılında sadece 4 kg gibi cüzi miktar bir tuz ithalatı olmuştur. Bunda elbette bu tuzun ekonomik değerinin yüksek olmasının çok büyük payı var. Avustralya'dan ithal edilen tuzun kg başına birim fiyatı 941 dolardır. Bu durumda kg başına fiyatı 0,02 dolar olan İran tuzunu tercih etmek ekonomik unsurlar, tüketim, nüfus, arz-talep gibi faktörler düşünüldüğünde daha makul görünmektedir.



Şekil 2.10 Türkiye tuz ithalatının ülkelere göre dağılımı (Net Ağırlık) (2019) (TrendEconomy 2020)

Çizelge 2.11'de Türkiye'nin ülkelere göre ithal ettiği tuz miktarı sunulmuştur. İran, son on yılda en çok tuz ithal ettiğimiz ülke olma konumundan hiç sapmamıştır. İran'da dünyanın en büyük ikinci tuz gölü olan Urmiye Gölü bulunmaktadır. İran, hem iç tüketim de hem de ihraç ürünü olarak bu gölden elde edilen tuzu pazarlamaktadır. Urmiye Gölü, 2016'da iklim değişiklikleri ve sosyoekonomik nedenler yüzünden kuraklık tehlikesi ile yüzleşmek zorunda kalmıştır. Bu doğrultuda Türkiye, 2016 yılında 4,8 bin ton tuz ithal ederken 2017'de bu miktar neredeyse yarı yarıya düşmüş ve 2,6 bin ton tuz ithal etmek durumunda kalmıştır. İran hükümetinin konuyla yakından alakadar olması neticesinde daralan hektar alanları genişlemiş ve tuz üretimi bir sonraki yıl artmıştır. Bu durum ihraç ettiği tuza yansımış ve 2018'de 5,6 bin ton tuz ithal etmemizin kaynağını oluşturmuştur. 2019 yılına gelindiğinde ise 4,8 bin ton tuz Türkiye'ye ihraç edilmiştir. İran, Türkiye'nin toplam ithalatının yaklaşık %48'ini karşılamaktadır. Bu yüksek oran, İran'ın sınır komşusu olması neticesinde azalan ulaşım masraflarından ve tuzun ham maliyetinin düşük olmasından ileri gelmektedir. İran tuzunun kg başına fiyatı 0,02 dolardır. Bu kadar düşük bir fiyat politikası, diplomasi ilişkilerinin güçlü olması gibi nedenlere taşıma maliyetinin az olması da eklenince Türkiye'nin İran'dan %48 oranında tuz ithal etmesi olağan duruma gelmektedir. Nitekim Pakistan için de benzer nedenleri ortaya koymakta

bir sıkıntı bulunmamaktadır. Pakistan'dan ithal edilen tuzun kilosu 0,24 dolardır. 2019 yılında ise Pakistan'dan 1,6 bin ton tuz ithal edilerek Pakistan, ikinci en çok tuz ithal ettiğimiz ülke sıralamasına girmiştir. Bu durum Avrupa açısından da değişkenlik göstermemekte ve birim başına fiyatın tuz ithalatında önemli bir parametre olduğu gerçeğini ortaya dökmektedir. Türkiye, Almanya'dan 2019 yılında 1,3 bin ton tuz ithal ederken Hollanda'dan 703 ton ithal etmiştir. Almanya'dan alınan tuzun birim fiyatı 0,40 dolar iken Hollanda'dan ithal edilen tuzun birim fiyatı 0,27 dolardır. Ancak en az tuz ithal ettiğimiz ülkelerden biri olan Fas'tan ithal edilen tuzun birim fiyatı 28,65 dolar iken Norveç'ten alınan tuzun kg fiyatı 82,57 dolardır. Bu durumda hem maliyet açısından bakıldığında hem de kar marjı düşünüldüğünde en az fiyata temin edilen tuzları ithal etmek Türkiye ekonomisi açısından daha uygun olmaktadır.

Çizelge 2.11 Ülkelere göre Türkiye tuz ithalat miktarları (TrendEconomy 2020)

Ülkeler	İthalat Miktarı (kg)			
	2016	2017	2018	2019
İran	4.803.806,00	2.699.038,00	5.600.704,00	4.841.615,00
Pakistan	866.932,00	1.001.478,00	1.243.690,00	1.605.097,00
Almanya	1.553.493,00	1.423.264,00	1.236.379,00	1.351.921,00
Hollanda	448.097,00	749.351,00	1.185.400,00	703.663,00
Kolombiya				480.000,00
Fransa	114.680,00	54.447,00	356.174,00	450.260,00
Irak			21.000,00	391.650,00
Polonya	31.799,00	43.865,00	160.877,00	206.927,00
Danimarka	96.423,00	90.922,00	99.406,00	179.858,00
Avusturya	83.859,00	105.500,00	82.220,00	166.082,00
ABD	122.345,00	174.222,00	170.835,00	165.901,00
Birleşik Krallık	78.521,00	43.370,00	31.968,00	63.949,00
Ürdün				52.002,00
Yeni Zelanda	24.000,00	48.000,00	48.000,00	48.000,00
Azerbaycan				19.174,00
Gürcistan	3.570,00	250,00		18.000,00

2.3 Tuzun Doğada Bulunuş Biçimleri

Tuz, doğada katı ve eriyik halde iki şekilde bulunmaktadır. Katı yapıda doğada var olan tuzlar, tuz madenlerinden kaya tuzu olarak çıkarılırken sıvı formda bulunan tuzlar ise göl, deniz ve kaynak tuzları şeklinde işleme alınmaktadır. Dünyada mevcut bulunan ve en geniş alanı kaplayan tuz kaynakları kategorisinde yer alanlar, denizler ve okyanuslardır. Denizlerde erimiş halde bulunan tuzların işlenerek kullanımına alınması iklim şartlarıyla beraber tuz üretimi yapılan havuzların toplam kapasitelerine bağlı olarak değişmektedir. Tuz konsantrasyonu %3,4 olan Pasifik Okyanusuna kıyısı olan Avustralya, Çin ve Meksika gibi ülkeler jeopolitik konumları gereği tuz üretimlerinin yaklaşık %90'dan fazlasında deniz sularını kaynak olarak kullanmaktadırlar. Bir diğer tuz elde edilen kaynak ise göllerdir (Güngörmez 2015). Dünya'nın en büyük tuz gölü olan Büyük Tuz Gölü tuzluluk oranı da yüksek göllerdendir. Hazar Gölü yüz ölçümü olarak en geniş alana sahip iken tuzluluk oranı daha düşüktür. Çin'de bulunan Dabuxun Gölü ise 380 g/L ile dünyanın en tuzlu gölleri arasında olma sıfatını kazanmıştır. Türkiye'de bulunan Tuz Gölü ise 300+ g/L tuz oranı ile tuzluluğu yüksek göllerdendir. Yeraltında bulunan tuz yataklarından çıkarılan kaya tuzları ise bilhassa Türkiye açısından en önemli tuz kaynağıdır. Yılda yaklaşık 3 milyon ton kaya tuzundan üretim yapıyor olmamız da bunu doğrular niteliktedir.

2.3.1 Deniz Tuzları

Deniz tuzu, deniz tuzlalarından deniz suyunun buharlaştırılması ile üretim havuzlarında çökelti haline gelen kristalize tuzun bazı üretim teknikleri ile toplanması ve yığın haline getirilmesi ile oluşan tuzdur (İthalatta Korunma Önlemlerine İlişkin Tebliğ 2016). Deniz suyunda tuzluluk etkeni olan tuzlar; klor, sodyum, sülfatlar, kalsiyum, magnezyum, potasyum bikarbonat ve brom olarak sıralanmaktadır. Bütün elementler deniz suyunda bulunmaktadır. 1 kg sudaki toplam klor, iyot ve bromun gram olarak miktarına tuzluluk denilmekte ve bir formülle hesaplanmaktadır. Ancak son yıllarda tuzluluk miktarı, güvenirlilik derecesi yüksek olmasından dolayı elektriksel iletkenlik yöntemleri kullanılarak yapılmaktadır. Denizlerde tuzluluk yüzdesi yüzeyden derinlere inildikçe artmaktadır. Okyanuslarda tuzluluk %3,4 ile %3,8 arasında değişkenlik göstermektedir. Çizelge 2.12'de dünya üzerindeki çeşitli denizlerin tuzluluk oranları verilmiştir ve bu oranlar %0,7 ile %4,3 aralığında değişen yüzdelerle ifade edilmektedir. Denizlere

dökülen tatlı su miktarına göre tuzluluk oranı değişebilmektedir. Örneğin Karadeniz, Akdeniz, Ege ve Marmara'ya göre daha az tuzluluk oranına sahiptir. Bu durum Karadeniz'e dökülen Tuna, Kızılırmak ve Dinyeper gibi büyük akarsulardan kaynaklanmaktadır (Can vd. 2002). Türkiye'nin 3 tarafı denizlerle çevrilidir ve bu denizlerin tuzluluk oranları dünya ortalamasıyla eş değerdir. Bilhassa Akdeniz'de tuzluluk oranının %4,3 olması hem ülkemiz açısından önem teşkil etmektedir hem de Cezayir, Tunus, Fas, Fransa, İtalya, Malta, Karadağ, İspanya, KKTC gibi Akdeniz'e kıyısı olan ülkeler için değerlidir. Türkiye'de deniz tuzlası olarak sadece Ayvalık ve Çamaltı tuzlaları kullanılmaktadır. Ancak elbette Türkiye için deniz tuzu rezervinin bir sınırı yoktur. Deniz tuzlalarının mevcut potansiyeli düşünüldüğünde tuzla işletmeciliğinin çok yetersiz kaldığı bir gerçektir. İlerleyen zamanlarda Türkiye mevcut deniz tuzu potansiyelini daha çok değerlendirecek bir konuma gelecektir.

Çizelge 2.12 Dünya üzerindeki çeşitli denizlerin tuzluluk oranları (Janisch 1994)

Denizler	Tuz Oranı (%)
Standart deniz suyu	3,5
Baltık Denizi	0,7
Hazar Denizi	1,3
Pasifik Okyanusu	3,4
Atlantik Okyanusu	3,6
Kızıldeniz	4,3
Basra Körfezi	4,3
Karadeniz	1,8
Marmara Denizi	2,2
Ege Denizi	3,8
Akdeniz	4,3

Çamaltı ve Ayvalık Tuzlalarından tuz üretimi Mart ve Ağustos aylarında yapılmaktadır. Deniz suyu, denizden çekilerek havuzlara aktarılmaya başlar. Ardından buharlaştıkça yoğunluğu artan deniz suyunun kristalizasyon havuzlarına aktarımı gerçekleşir. Bu havuzlarda deniz suyu buharlaşmaya devam ederek 28,5 bome derecesine kadar yoğunlaşır. Bu aşamada kristalizasyon havuzunun dibine çökmeye başlar. Havuzun

dibinde biriken tuz tabakaları, tuz toplama makineleri yardımıyla toplanarak yığın haline getirilir ve satışa sunulur. Tuz tabakalarının kalınlığı genelde 18-20 cm civarında olmaktadır. Ağustos ayı sonlarında ise tuzunu döken suların denize geri verilmesi işlemi başlamaktadır (Yalçın ve Ertem 1997). Deniz suyunun buharlaşmasının ardından denizde pembe ve kırmızıya yakın renk oluşumları gözlenir. Bu renk kristalizasyon havuzlarında daha koyu bir kırmızıya dönmektedir. Bunun nedeni ise tuzluluk oranı arttıkça halofilik bakterilere yaşam alanı doğmasıdır. Ayrıca tuzlalarda tuzla karidesi adı verilen "Artemia Salina" adlı canlı, suyu filtre ederek yaşamını sürdürür. Böylece suyun temiz ve berrak olmasını katkıda bulunur. Tuzla karidesleri, tuzlalarda bulunan flamingo kuşlarının besin kaynağını oluşturmasıyla da önem taşımaktadır.

2.3.2 Göl Tuzları

Tuz gölleri, Paleozoik zamanlardan kalan deniz yataklarının formasyonlarından oluşabilmekle birlikte yer çökelmelerinin neticesinde meydana gelen derin çukurların biriktirdiği tuzlu sulardan da meydana gelebilmektedir. Yaz mevsiminde yoğunluğu hızla artan sular buharlaşma reaksiyonları ile tuz tavası oluştururlar. Tuz tavalarının üzerinde kil tabakaları belirirse tuzun işlem sürecine girene kadar korunması sağlanmaktadır. Bu olayın Hazar Denizi'ndeki Kara Boğaz Göl lagünü ve Tuz Gölü'nde görülmesi olasıdır. Başka bir su kaynağını ihtiyaç duymadan sadece Kara Boğaz ile beslenen gölde sıcaklık akışı ile beraber buharlaşma başlar. Buharlaşma ile tuz yatak oluşturmak için gerekli şartları sağlamış olur ve tuz yatakları oluşur. Buharlaşmanın bitmesinin ardından çökelme, tuzların karakteristik özelliklerine göre en az çözünenden en erken çözünene doğru devam eder ve tuz çökeltileri işlenerek tüketim ağına katılır. Dünyada genellikle gölden tuz elde etme yöntemi olarak buharlaştırma tekniği kullanılmaktadır (Özşen 2009).

Dünyada tuz üretimi yapılan göllerden en önemlileri; ABD'de yer alan Salt Lake (Büyük Tuz Gölü), Türkiye'de Tuz Gölü ve Orta Doğu sınırlarında bulunan Lut Gölü (Ölüdeniz)'dür. Lut Gölü' nün tuzluluk oranı ‰340, Tuz Gölü'nün ‰329, Büyük Tuz Gölü'nün ise ‰270 düzeylerindedir (Avcı 2003). 1665 km^2'lik Tuz Gölü alanının yaklaşık 1200 km^2'si tuz bölgesi olarak kullanılmaktadır. Tuz tabakası kalınlığı 3-20 cm arasında değişmektedir. Tuz Gölü rezervi tahmini olarak 211 milyon ton olarak hesaplansa bile gerçek rezervi çok daha yüksektir ve üretim çoğunlukla iç tüketime

yönelik yapılmaktadır. Tuz Gölü, karasal iklimin baskın olduğu bir bölgede yer almaktadır. İklim koşulları gereği en fazla yapışı ilkbahar aylarında alırken en az yağış yaz aylarında olmaktadır. Gölü besleyen Peçenek, Bağlıca, Melendiz, İnsuyu derelerinin yazın kuruması ve göl suyunun buharlaşması sonucunda su seviyesi çok azalmaktadır. Buharlaşma ile bomesi artan suyun içindeki tuz, kristalleşerek çökmektedir. Çökelti halindeki tuz alınarak işlenmekte ve üretim gerçekleştirilmektedir. Yavşan, Kaldırım ve Kayacık Tuzlaların bulunduğu Şereflikoçhisar ve Cihanbeyli bölgelerinde, tuz hasadı yaz mevsiminde gerçekleştirilmektedir. Tuz oranının fazla ve buharlaşmanın da kuvvetli olmasından dolayı gölün büyük bir kesiminde 10-30 cm arasında değişiklik gösteren tortullar oluşmaktadır. Tuzluluk ise ‰329 gibi oranlara ulaşmaktadır. Göldeki tuzluluk oranı artmaya başladıkça, "dunaliella salina" adlı bir su yosununda bulunan beta karoten pigmenti gölün rengini kırmızıya çevirmektedir. Su seviyesi artınca ise göl tekrar buz mavisi rengine dönmektedir (Konya İli 2013 Çevre Durum Raporu 2014, Keskin Köylü 2017).

2.3.3 Kaynak Tuzları

Tuz içeren akarsular ve doğal su kaynaklarının tuz kaynağı genellikle kaya tuzları olmaktadır. Yeraltı sularının yüzeye çıkarken uğradığı formasyonlarda kaya tuzları bulunur ve bunları bünyesine hapsederek akışlarına devam ederler. Yeraltı sularının kaya tuzunu çektiği alan ne kadar geniş olursa suyun tuzluluk oranı o derece artar (Ergin 1988). Kağızman Tuzlalarında bu tür kaynaklara rastlanmaktadır. Kaynak tuzları Türkiye toplam tuz üretiminin yalnızca %0,2'sini oluşturmaktadır. Türkiye'de 2019 yılında 14,7 bin ton kaynak tuzu üretimi gerçekleştirilmiştir.

2.3.4 Kaya Tuzları

Dünyada mevcut bulunan tuz kaynakları arasında en çok rezervi olan, en yaygın üretimi yapılan ve ekonomik değeri en fazla olup küresel tuz pazarının öncüsü olan tuz, kaya tuzudur. Tuz yatakları, jeokronolojik zaman dilimlerin neticesinde tortul kayaçların alt tabakaları yerleşir. Bu kayaçlar, tuzdan daha yoğun bir tabaka oluşturur. Viskoz karakteri nedeniyle tuz bu kayaçların altında genelde durağan halde kalamaz ve zamanla bulundukları yerlerden farklı bölgelere doğru hareket ederler. Bu devinimler kırılmalara neden olur ve tuz domları meydana gelir. Tuz, her zaman bu hareketlenme dönemlerini

geçirmez ve bu durumda yer değişikliğine maruz kalmayacağı için istif halinde tuz tabakaları oluşur. Bu tabakalara ise tuz merceği denilmektedir. Domlar, mercekler ve katmanlar tuz formasyonlarının başkalaşmış hallerini oluşturmaktadır. Tuz deformasyonu ise halokinez olarak adlandırılmıştır (Richter-Bernburg and Schott 1959). Kaya tuzlarının yapısına giren yabancı maddeler birçok faktöre göre değişiklik göstermekle birlikte kaya tuzlarını birbirinden ayırmaktadır. Bilhassa safsızlık yüzdeleri tuzun çıkarıldığı madenlere göre farklılık gösterirken aynı alandan elde edilen tuzların bile safsızlık oranları birbirinden farklı olabilmektedir. Kaya tuzunda bulunan kil ve yabancı unsurlar tuzun görsel yapısında değişik renk skalası oluşturmaktadır. Genelde koyu renk göstergelerinin gri tonlarına sahip olan kaya tuzu, çok az da olsa beyaz renkte görünebilmektedir (Özşen 2009). Türkiye'de bulunan kaya tuzları çoğunlukla gri tonlara sahip olmaktadır.

Kaya tuzu yataklarından tuz elde etmek için iki yöntem kullanılmaktadır. Birisi yeraltında gerçekleştirilen oda topuk yöntemi diğeri çözelti madenciliğidir. Oda topuk yöntemi diğer yönteme nazaran daha pahalı bir yöntemdir. Bu yöntemde, yeraltında meydana gelen kaya tuzu yatakları oda ve topuk olarak iki kısma ayrılır. Oda bölümünde bulunan kaya tuzu tabakaları patlatma ve kazma teknikleri uygulanarak alınır. Topuk kısmında yer alan tuz kütleleri tavanın göçmesini engellemek için olduğu yerde bırakılır. Topukların yüksekliği ve büyüklüğü tuz yataklarının ve madenin üst bölgesinin durumuna göre hesaplanmaktadır. Çözelti madenciliği, tenörün yeterli görülmediği durumlarda ilk tercih edilen yöntem olması itibariyle önem taşımaktadır. Bu yöntem tuza sondaj yardımıyla ulaşarak su ile eritilip yeryüzüne çıkarılması ile gerçekleşmektedir. İlk olarak su iç borudan pompalanır ve tuzlu su bir boşluktan yüzeydeki depo bölgelerinden birine gönderilir. Bu yöntem de klasik madencilik yöntemleriyle elde edilemeyen düşük tenörlü ve düşük tonajlı rezervlerin elde edilmesi çok daha kolaydır. Yatırım maliyeti açısından ciddi bir finans desteğine gerek duyulsa da yatırımın geri dönüş süresinin kısa olmasından dolayı avantajlı konuma gelmektedir (Özşen 2009).

2.4 Tuzlar İle İlgili Literatür Çalışmaları

Soylak vd. (2008) çalışmalarında, Türkiye, Mısır ve Yunanistan'dan alınan rafine ve rafine edilmemiş sofra tuzlarının ağır metal içeriklerini araştırmışlardır. Türkiye, Mısır ve Yunanistan'dan alınan rafine ve rafine edilmemiş 28 sofra tuzu numunesinin eser metal içerikleri, disprosiyum (III) hidroksit ile birlikte çökeltildikten sonra alevli atomik absorpsiyon spektrometresi ile belirlenmiştir. Bakır, nikel, kobalt, manganez, kurşun ve kadmiyum seviyeleri sırasıyla 0,17-0,47, 0,16-1,57, 0,22-0,48, 0,26-4,68, 0,50-1,64 ve 0,14-0,30 $\mu g/g^{-1}$ aralığında bulunmuştur. Sunulan çalışmada bulunan sonuçlar literatür değerleri ile karşılaştırılmıştır. Rafine edilmemiş bazı eser metallerin seviyeleri Türkiye, Mısır ve Yunanistan'dan elde edilen tuz örneklerinde gram başına mikrogram düzeyinde çıkmıştır. Manganez genel olarak tüm tuz örneklerinde daha yüksek seviyede iken kadmiyum daha düşük seviyede bulunmuştur.

Cheraghali *et al.* (2010) çalışmalarında, İran'da tüketilen sofra tuzunun ağır metal kirliliğini tespit etmeyi amaçlamışlardır. Kurşun, kadmiyum, cıva ve arsenik kontamine gıdaların tüketilmesinden sonra sağlık risklerine neden olabilecek en önemli ağır metallerdir. Sofra tuzu, gıda tüketiminde benzersiz yeri olan en çok kullanılan gıda katkı maddelerinden biridir. Saflaştırılmış sofra tuzunun daha düşük kirlilik seviyesine sahip olması beklenmesine rağmen, İran'ın bir kesimi hala kaya tuzu kullanmayı tercih etmektedir. Kaya tuzunun gıda amaçlı kullanımı İran sağlık yetkilileri tarafından yasaklanmıştır. Bu çalışmada, İran'da tüketilen sofra tuzunun ağır metal kirliliği araştırılmıştır. Yüzlerce kaya ve rafine sofra tuzu numunesi, toksik ağır metallerin varlığı için atomik absorpsiyon spektrofotometrik yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Cd, Pb, Hg ve As dâhil olmak üzere test edilen iz metallerin ortalama konsantrasyonu sırasıyla 0,024, 0,438, 0,021 ve 0,094 µg/g olmuştur. Kodeks mevzuatına göre ise tuzda tolere edilebilen maksimum ağır metal miktarı 0,5 µg/g As, 2 µ/g Pb, 0,5 µg/g Cd ve 0,1 µg/g Hg'dir. Buna göre test edilen ağır metallerin konsantrasyonları Kodeks tarafından belirlenen maksimum seviyelerin oldukça altında çıkmıştır. Bununla birlikte, kaya tuzu ve rafine tuzun ağır metallerle kirlenmesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Galvis-Sanchez *et al.* (2011) çalışmalarında, yansıma modunda yakın kızılötesi spektroskopisi (NIR) ile deniz tuzlarını kalite tiplerine (geleneksel tuza karşı "tuz çiçeği")

ve coğrafi kökenine (Atlantik ve Akdeniz) göre ayırt etmeyi amaçlamıştır. Ayrıca deniz tuzları, spektroskopik sonuçları desteklemek için Ca (2+), Mg (2+), K (+), alkalinite ve sülfat konsantrasyonları açısından analiz edilmiştir. Atlantik örneklerinde yüksek konsantrasyonlarda Mg (2+) ve K (+) karakterize edilirken, geleneksel deniz tuzlarında yüksek Ca (2+) içeriği gözlenmiştir. 8500-7500 cm^{-1} bölgesini dikkate alan bir kısmi en küçük kareler ayırt edici analiz modeli, tuzların kalite türlerine göre ayrımına izin vermiştir. 4650-4350 ve 5900-5500 cm^{-1} bölgeleri, coğrafi kökenlerine göre tuz sınıflandırmasını tanımlamıştır. Analiz edilen numunelerin %85,3 ve %94,8'ini tuz tipine ve coğrafi kökenine göre sınıflandırmak mümkün olmuştur. Bu sonuçlar, NIR spektroskopisinin deniz tuzu kalite değerlendirmesi için uygun ve çok verimli bir araç olduğunu göstermiştir.

Pourgheysari *et al.* (2013) çalışmalarında, İsfahan'daki sofra tuzlarının ağır metal içeriğini ve tuz tüketimi yoluyla günlük alım dozlarını tahmin etmeye çalışmışlardır. 5'i rafine ve 5'i rafine edilmemiş olmak üzere 20 tuz numunesi analiz edilmiştir. Analizin kesinliği, şehirde büyük talep gören beş numunenin tekrar tekrar analiz edilmesiyle sağlanmıştır. Örneklerdeki ağır metal içeriği, Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (AAS) ve Endüktif Olarak Birleştirilmiş Plazma (ICP) ile belirlenmiştir. Metallerin PTWI'si bir formülle ve İran ortalama vücut ağırlığı kullanılarak hesaplanmıştır. Kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), arsenik (As), civa (Hg), bakır (Cu) ve çinkonun (Zn) ortalama ve standart sapmaları, rafine sofra tuzlarında sırasıyla 0,15±0,02, 0,57±0,1, 0,69±0,09, 0,061±0,008, 0,87±0,11 ve 6,34±1,08 µg/g ve rafine edilmemiş olanlar sırasıyla 0,16±002, 0,61±0,13, 0,63±0,07, 0,058±0,004, 0,86±0,06 ve 7,53±2,93 µg/g olarak bulunmuştur. Tuz tüketimi yoluyla bir PTWI yüzde 0,8 - 3,1 aralığında çıkmıştır. Ağır metal konsantrasyonları ile kılavuz değerleri arasında önemli bir fark vardır. PTWI, bir hafta boyunca toplam gıda tüketimine göre bir metalin toplam alımını gösterdiğinden, ağır metallere bağlı sağlık riskinin tahmini mümkün değildir. Bu nedenle, İran halkı tarafından tüketilen gıdalardaki bu toksik kirleticilerin varlığından kaynaklanan halk sağlığı risklerini değerlendirmek önemli görülmüştür.

Eftekhari *et al.* (2014) çalışmalarında, İran'ın Şiraz bölgesinden elde edilen kristalize edilmiş ve yıkanmış sofra tuzunun toksik ve temel metal içeriğini incelemişlerdir. İran'da tüketilen tuzun çoğu madenlerden geldiğinden, ağır metallerle kirlenme sağlık açısından

bir sorun teşkil etmektedir. İran'da en yaygın tuz arıtma yöntemi suyla yıkamadır. Ancak son zamanlarda bazı endüstriler yeniden kristalleştirme yöntemine yönelmiştir. Bu çalışmada, rekristalizasyon ve yıkama yöntemleriyle rafine edilen sofra tuzundaki esansiyel ve esansiyel olmayan ağır metallerin düzeyinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Şiraz'daki perakende pazarından otuz sekiz adet önceden paketlenmiş tuz numunesi doğrudan toplanmıştır (22 numune yeniden kristalleştirme yöntemiyle ve 16 numune yıkama yöntemiyle). Kurşun, kadmiyum, bakır, çinko, nikel ve kobalt seviyeleri Voltammetrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Günlük kurşun ve kadmiyum alımlarının yanı sıra haftalık alımları da hesaplanmıştır. Yeniden kristalize edilmiş numunelerde kurşun, kadmiyum, bakır, çinko, nikel ve kobalt seviyeleri sırasıyla 0,30±0,26, 0,02±0.02, 0,11±0,06, 0,34±0,22, 0,15±0,19 ve 0,008±0,007 µg/g çıkarken yıkanmış tuz örneklerinde 0,37±0,27, 0,017±0,021, 0,19±0,18, 0,37±0,20, 0,13±0,23 ve 0,037±0,06 µg/g olarak tespit edilmiştir. Hesaplanan haftalık kurşun ve kadmiyum alımı, rekristalize edilenler için sırasıyla 0,216 ve 0,014 µg/kg ve yıkanan tuzlar için 0,2653 ve 0,0119 µg/kg olarak belirlenmiştir. Tüm toksik metal değerleri, İran Kodeks ve Standartlar ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü tarafından öngörülen insan tüketimi için izin verilen maksimum değerlerden daha düşük çıkmıştır. Haftalık tuz tüketimi yoluyla sadece %0,8652-1,0612 kurşun ve %0,17-0,2 kadmiyum alınmaktadır.

Shariatifar *et al.* (2016) çalışmalarında, İran'ın Urmiye Gölü'nde elde edilen rafine edilmiş ve edilmiş tuzların ağır metal içerikleri değerlendirilmiştir. İran'da üretilen rafine edilmiş ve rafine edilmemiş yenilebilir tuzlardan hazırlanan yirmi örnek, toksik ağır metallerin belirlenmesi için alevli atomik absorbsiyon spektrometresi (FAAS) yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Analizin kesinliği, numunelerin tekrarlanan analizi ile sağlanmıştır. Kuru kaya tuzu örneklerinde toksik metallerin ortalama (± standart sapma) konsantrasyonları şu şekildedir: Ni (1,870±0,850), Cd (0,328±0,143), Mn (0,184±0,230) ve Co (3,124±0,880) mg/kg ve Urmiye pazarından alınan numunelerin kuru ağırlıklarında: Ni (1,982±0,021), Cd (2,461±0,036), Mn (0,192±0,028) ve Co (8,450±0,025) mg / kg olarak tespit edilmiştir. Rafine edilmemiş ve rafine edilmiş numunelerin mevcut sonuçlarında, kadmiyum içeriği 2,461 ve 0,328 mg/g olarak bulunmuştur. İran Kodeks mevzuatına göre ise tuzda izin verilen maksimum kadmiyum seviyeleri 0,2 ve 0,5 mg / g'dır. Bu durum İran piyasasında satılan rafine edilmiş tuzların kadmiyum içeriklerinin çizilen sınırların altında olduğunu göstermektedir. Ancak rafine

edilmemiş tuzların toksik metal konsantrasyonları ile kılavuz değerleri arasında önemli bir fark vardır. Rafine edilmemiş tuzlarda kadmiyum içeriğinin yüksek olmasının nedeni ise safsızlıklara veya çözülmeyen yabancı maddelerin varlığına dayandırılmaktadır. Sonuçlar incelediğinde bu çalışma, restoranlar, hastaneler, pastaneler gibi halka açık alanlarda rafine edilmemiş tuzların kontrol edilmesi gerektiğini ifade etmektedir.

Hassan *et al.* (2017) çalışmalarında, Pakistan'da tüketilen rafine ve unlu mamul tuzlarının ağır metal içeriğini araştırmışlardır. Pakistan'ın Lahor, Faisalabad ve Gujranwala yerel pazarlarından toplanan 100 adet rafine ve 100 adet unlu mamul rafine sofra tuzu örneklerinin ağır metal içerikleri incelenmiştir. Kurşun, bakır, kadmiyum ve demir seviyeleri atomik absorpsiyon spektrofotometresi kullanılarak tahmin edilmiştir. Sonuçlar, kurşun (0,85±0,22), bakır (1,37±0,25), kadmiyum (0,41±32) ve demir (7,72±2,1) için rafine edilmiş sofra tuzu örneklerinde ug/g seviyelerinde ortalama ± SD olarak bulunmuştur. Fırın rafine sofra tuzlarında aynı metaller için değerler sırasıyla 161±0,51, 2,07±1,2, 0,71±0,21 ve 12,6±5,1 aralığında çıkmıştır. Elde edilen sonuçlar, Codex Alimentarius Commission tarafından belirlenen insan tüketimi için maksimum limit önerilerinin altında bulunmuştur.

Gündoğdu (2018) çalışmasında, Türkiye'deki sofra tuzlarının mikroplastiklerle kirlenmesini incelemiştir. Bu çalışmada deniz ve göllerdeki mikroplastiklerin sofra tuzu yoluyla tüketicilere ulaşıp ulaşmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla Türkiye tuz pazarından 16 marka sofra tuzu temin edilerek mikroskobik ve Raman spektroskopik inceleme ile MP içerikleri belirlenmiştir. Sonuçlara göre MP partikül içeriği deniz tuzunda 16-84 adet/kg, göl tuzunda 8-102 adet/kg ve kaya tuzunda 9-16 adet/kg olarak çıkmıştır. En yaygın plastik polimerler polietilen (%22.9) ve polipropilendir (%19.2). Mikroplastik miktarları ile Türk tüketicilerin yıllık tükettikleri tuz miktarı birlikte düşünüldüğünde deniz tuzu, göl tuzu veya kaya tuzu tüketmeleri halinde yılda 249-302, 203-247 veya 64-78 adet mikroplastik tükettikleri sonucu çıkmaktadır. Bu kıyaslama dahilinde mikroplastik içeriği açısından en güvenilir tuzun kaya tuzu olduğu anlaşılmaktadır. Mikroplastiklerin insan sağlığı açısından toksik bir etkisi olduğu düşünülmemektedir. Ancak bu elbette tüketilmesi gerektiğini doğrulamamaktadır. En az mikroplastik içeriğine sahip tuzları tercih etmek daha faydalı görünmektedir.

Fayet-Moore *et al.* (2020) çalışmalarında, Avustralya'da bulunan pembe tuz adıyla bilinen bir tuzun mineral bileşimini karakterize etmeye çalışmışlardır. Avustralya'da tuz piyasasında iç tüketime sunulan pembe tuzun mineral bileşimi ve bunun halk sağlığı üzerindeki etkileri ilk kez bu çalışma ile değerlendirilmiştir. Pembe tuz numuneleri, Avustralya'nın iki büyük kentindeki ve bir bölgesel kasabadaki perakende satış noktalarından satın alınmıştır. Pembe tuzdaki (n=31) ve iyotlu beyaz sofra tuzu kontrolündeki (n=31) 25 besin ve besleyici olmayan mineral miktarını belirlemek için katılarda bir kütle spektrometresi taraması kullanılmıştır. Bir pembe tuz numunesinin, Avustralya Yeni Zelanda Gıda Standartları tarafından belirlenen ulusal maksimum kirletici seviyesini aşan bir seviyede kurşun (> 2 mg/kg) içerdiği bulunmuştur. Pul halinde pembe tuz, Himalayalardan kaynaklanan pembe tuz ve daha koyu renkli pembe tuzun genel olarak daha yüksek mineral seviyeleri içerdiği bulunmuştur ($p<0.05$). Besin maddeleri içeren pembe tuza rağmen, besin alımına anlamlı bir katkı sağlamak için günde> 30 g (yaklaşık 6 çay kaşığı) gerekir ki bu, aşırı sodyum ve potansiyel zararlı etkiler sağlayacak bir düzeydir.

2.5 Kaya Tuzları İle İlgili Literatür Çalışmaları

Yalçın ve Mutlu (2012) çalışmalarında, bazı sofra tuzu numunelerinin yapısal karakterizasyonunu XRD, XRF, ICP ve FT-IR teknikleri ile belirmeye çalışmıştır. Kaynak tuzu, himalaya tuzu, kaya tuzu, deniz tuzu, göl tuzu ve sodyumu azaltılmış tuz (minsalt) yapılarını ve safsızlıklarını araştırmışlardır. Tuz örneklerinin mineral bakımından incelenmesi ve ağır metal miktarlarını belirlemek için X ışını kırınım yöntemi (XRD), taramalı elektron mikroskobu-enerji dağıtıcı olan X-ışını spektroskopisi, endüktif kuplajlı plazma optik emisyon spektroskopisi, X-ışını floresans spektrometresi (ICP-XRF) ve Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi kullanılmıştır. ICP analizleri ile Cu, Al, Pb, As, Hg, Fe, Cr, Se, Cd, Co, Mn, Ni elementleri tespit edilmek istenmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında, farklı analitik yöntemlerin uygunluğu ve performansı bazı detaylarla tartışılmıştır. X ışını kırınım analizi sonuçlarına göre tuz numuneleri esas olarak halit içerirken X ışını toz kırınım analizine göre çok daha az miktarda kalsiyum klorür içermektedir. ICP sonuçlarına göre ise göl tuzları; Fe 1,27–1,55 mg/l, Pb 0,33-0,67 mg/l, Mn 0,15–0,17 mg/l, Cu 0,11–0,20 mg/l, Zn 0,02–0,08 mg/l gibi bazı ağır metalleri

içermektedir. Tuzların yapısını belirlemek için XRD analizleri kullanılmış ve tüm tuz örneklerinde halit yapıları gözlemlenmiştir.

Eyüboğlu (2019) çalışmasında, Çankırı ilinde yer alan tuz ocaklarından toplanan kaya tuzu örneklerinin radyonüklit ve ağır metal içeriklerini belirlemek istemiştir. Çankırı ili, Yenidoğan, Ballıbağı ve Doğantepe bölgelerinde yer alan 3 farklı tuz ocağından 45 adet tuz örneği toplanmıştır. Tuz numunelerinin radyonüklit seviyeleri, yüksek saflıklı germanyum dedektörlü (HPGe) gama-ışını spektrometresi ile analiz edilmiştir. ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K'ın aktivite derişimleri, sırasıyla < ÖEA – 3,1 Bq/kg, < ÖEA – 7,1 Bq/kg ve < ÖEA – 26,4 Bq/kg aralığında bulunmuştur. İnsanların sadece kaya tuzu tüketmesinden kaynaklı aldığı yıllık etkin radyasyon dozu, 1,6 μSv/y olarak tespit edilmiştir. Tuz numunelerinin ağır metal analizleri ise X-ışını flüoresans spektrometresi kullanılarak yapılmıştır. V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Mo ve Pb'nin derişimlerinin ortalama değerleri, 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 edilmiştir. As, Co, Cd, Sn ve Hg derişimleri, maksimum limit değerlerin altında gözlenmiştir. Neticede insanların günlük beslenmesinde kullandığı kaya tuzunun tüketiminden kaynaklı ağır metal ve radyasyon dozu sağlık açısından bir risk oluşturmamaktadır.

Karavoltsos *et al.* (2020) çalışmalarında, rafine edilmemiş deniz ve kaya tuzlarının FTIR karakterizasyonunu belirlemeye çalışmıştır. Yunanistan'da satılan rafine edilmemiş deniz ve kaya tuzlarından oluşan yirmi dört numune, deniz suyunda incelenen olağan kirleticileri oluşturan eser metaller ve polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) içerikleri açısından incelenmiştir. Ek olarak, numunelerin rengi ve mineralojisi kaydedilmiş ve zayıflatılmış toplam yansıma Fourier dönüşümü kızılötesi (ATR FT-IR) spektrumları elde edilmiştir. ATR FT-IR ise deniz, kaya, çiçek ve yer altı tuzlu su tuzlarını ayırt etmeyi başarmıştır. Deniz suyundaki tipik eser metal konsantrasyonları ile karşılaştırıldığında, hem deniz hem de kaya tuzlarında oldukça yüksek Pb değerleri tespit edilirken, incelenen eser elementlerin geri kalanında aykırı değerler az bulunmuştur. PAH (ΣPAH) konsantrasyonlarının toplamının medyan değerleri 2,1 ve 2,6 ng/g^{-1} olarak hesaplanmıştır. İz metal (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) içerikleri (V hariç) ve incelenen 15 polisiklik aromatik hidrokarbon açısından deniz ve kaya tuzları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır.

Hançerlioğulları ve Eyüboğlu (2020) çalışmalarında, Türkiye'nin İç Anadolu bölgesindeki madenlerinden elde edilen kaya tuzlarının doğal radyonüklid ve toksik metal içeriklerini incelemişlerdir. Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan Çankırı ilinde bulunan üç farklı tuz madeninden toplanan kaya tuzu örneklerinin doğal radyonüklid ve potansiyel olarak toksik ağır metal içerikleri gamma-ray ve X-ray fluorescence (XRF) spektrometresi kullanılarak belirlenmiştir. Türkiye'de tüketilen farklı sofra tuzlarında (deniz, göl ve Himalaya) radyonüklit ve ağır metal konsantrasyonları kaya tuzu ile karşılaştırılarak belirlenmiştir. Kaya tuzu örneklerinde ölçülen ortalama ^{226}Ra, ^{232}Th ve ^{40}K aktivite konsantrasyonu sırasıyla 1,4, 5,6 ve 34,0 $Bqkg^{-1}$ olarak bulunmuştur. Ti, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Zr ve Pb kaya tuzu örneklerinde ortalama 64,8, 12,9, 504,6, 3,6, 1,8, 2,0, 1,6 ve 1,4 µg/g olarak analiz edilmiştir. Cr, Co, As, Cd ve Hg konsantrasyonu tespit limitlerinin altında çıkmıştır. Ayrıca, toplam yıllık etkin doz (AED) ve kaya tuzundan radyonüklid ve ağır metal alımı nedeniyle potansiyel olarak toksik ağır metallerin günlük alımı örneklerle tahmin edilmiştir. Tuz örneklerinin ortalama AED değeri 8,4 µSv olarak tahmin edilmekle birlikte doğal radyonüklid tüketilmesiyle alınan 290 µSv yıllık ortalama etkili dozdan önemli ölçüde düşük çıkmıştır.

Horasan ve Öztürk (2021) çalışmalarında, Kırıkkale'de yer alan Eskikışla ve Ocakbaşı köylerinin arasında kalan bölgeden alınan tuzların ağır metal içeriklerini değerlendirmişlerdir. Dünyada ve ülkemizde tuz çok eski zamanlardan beri kullanılmaktadır. Başta kimya sanayi, metalurji, tekstil, tıp ve tarım olmak üzere birçok alanda tuz yer almaktadır. Türkiye deniz, göl ve kaynak tuzlarının yanı sıra çok zengin kaya tuzu rezervlerine sahiptir. Çankırı-Çorum havzasında Ocakbaşı ile Eskikışla kaynakları (Delice) arasındaki bölgede gözlenen Oligosen yaşlı birimlerden alınan tuz örneklerinde ağır metal miktarının belirlenmesi için kimyasal analizler yapılmıştır. Ağır metallerin jeokimyasal özelliklerini ve miktarlarını belirlemek için SEM-EDX, XRF ve ICP-OES cihazları kullanılmıştır. XRF sonuçlarına göre; Na % (33,70-38,30), Cl % (52,10 – 57,70), SO_3 % (0,75-1,93), Al_2O_3 % (0,90-1,93), CaO % (0,58-2,69), MgO % (0,40 -1,41), Fe_2O_3 % (0,18-0,64), SiO_2 % (1,75-4,95), SrO % (<0,010), BaO % (<0,010), Cr_2O_3% (<0,010), K_2O % (0,008-0,25), MnO % (<0,010) bulunmuştur. ICP-OES ile yapılan ağır metallerin tespitinde Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliğinde yayınlanan ağır metallerin (Hg, As, Pb, Cd) sınır değerlerin altında olduğu belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Kaya Tuzu Numunelerinin Toplanması

Kaya tuzu numuneleri, Çankırı ilinin tuz piyasasında iç tüketime sunulan Çankırı Kaya Tuzu adı altında tuz satışı yapan 17 işletmeden temin edilmiştir. Her bir tuz işletmesinden üçer adet olmak üzere toplamda 51 adet tuz örneği, 250 g'lık plastik numune kaplarında muhafaza edilmek suretiyle alınmıştır. Şekil 3.1'de kaya tuzu numunelerinin toplandığı Çankırı ili merkez bölgesinin konumu görülmektedir. Çankırı'nın Yenidoğan, Balıbağı ve Doğantepe bölgelerinde 3 adet maden ocağı bulunmaktadır. Ancak 2021 itibariyle sadece Yenidoğan ve Balıbağı mevkilerindeki maden ocaklarından tuz çıkarımı yapılmaktadır.



Şekil 3.1 Kaya tuzu numunelerinin lokasyon bilgisi

İşletmelerden elde edilen kaya tuzları, sofralık tuz olarak Çankırı'nın tuz pazarında iç tüketime yönelik satılmasının yanında Türkiye'nin de yemeklik tuz ihtiyacını büyük ölçüde karşılamaktadır. Çankırı'da tuz satışı yapan birçok işletmenin kendi üretim tesisi bulunmamaktadır. Aktif olarak işletilen Çankırı tuz mağaralarından elde edilen kaya tuzları, fabrikalarda işlem gördükten sonra iç piyasada tuz satışı yapan küçük ölçekli işletmelere verilmektedir. İşletme sahipleri, tüketime hazır hale gelen bu tuzları paketleyip kendi markalarını basarak satışa sunmaktadır. Bu tez çalışmasına konu olan kaya tuzlarının toplandığı işletmeler, tuzları bu şekilde temin etmektedir. Ancak elbette tağşiş yapılan tuzlar olabileceği gibi Çankırı tuzu adı altında satılan ihraç tuzları da iç

piyasada satılabilmektedir. Bu nedenle Çankırı Kaya Tuzu'na coğrafi işaret vererek karakterizasyonunu çizmek önem teşkil etmektedir.

3.2 Kaya Tuzu Numunelerinin Analiz İşlemleri İçin Hazırlanması

3.2.1 ICP-MS Analizi İçin Ön İşlemler

Kaya tuzu numuneleri, toplandıkları yer ve noktalara ait bilgileri içerecek şekilde K ile kodlanarak numaralandırıldı. Numuneler bir havan yardımıyla ince toz haline getirilerek partikül boyutları küçültüldü ve elekten geçirilerek kuru, temiz ve kapaklı plastik numune kaplarına alınıp oda sıcaklığında muhafaza edildi. Eser elementlerin ve ağır metallerin tayininde Endüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS) kullanılmıştır. ICP-MS, litre başına birkaç nanogram (trilyonda parça) kadar konsantrasyonlardaki elementleri algılayabildiğinden, kontaminasyon, ölçümlerden önce numunelerin toplanması ve depolanmasıyla ilişkili çok ciddi bir sorundur. Genel olarak, camdan kirliliklerin süzülmesi veya analitin cam tarafından emilmesi nedeniyle cam eşya kullanımının en aza indirilmesi gerekir. Cam kullanılıyorsa, periyodik olarak kromik asit veya ticari bir deterjan gibi güçlü bir oksitleyici ajanla yıkanmalıdır. Bu nedenle örnek kapları açısından plastik numune kapları en iyi seçenek olduğu için tercih edilmiştir. Analiz öncesi işlemlerde kullanılacak pipetler, pipet uçları, beherler gibi gerekli tüm laboratuvar malzemeleri %1'lik nitrik oksit (HNO_3) içinde yıkandı. Toz haline getirilerek plastik numune kaplarında muhafaza edilen tuz örneklerinden yaklaşık 0,3 gram kadar tartıldı ve saf su ile 10 ml hacmine tamamlandı . Numuneler, güçlü ve oksitleyici bir ajan olan klorik oksit ($HClO_3$) ile parçalanarak %1'lik nitrik oksit (HNO_3) ile seyreltildi. Çözelti formuna gelen örnekler, 10^6 sayımdan daha az bir sinyal yoğunluğu üretmek için %1'lik ultra saf klorik oksit ($HClO_3$) ile düşük bir konsantrasyona seyreltildi. Seyreltilen numuneler, partiküllerinin uzaklaştırılması için 0,25-0,45 µm membrandan filtre edildi ve ICP-MS cihazında analizi gerçekleştirilmek üzere hazır hale geldi.

3.2.2 FT-IR Analizi İçin Ön İşlemler

Kaya tuzu numuneleri, öğütülerek toz haline getirilir. FT-IR analizleri için katı numunelerin ön hazırlığında KBr ve Nujol olmak üzere iki yöntem kullanılabilir. Bu tez çalışmasında, KBr Pelet yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntem, alkali halojenürlerin basınca maruz kaldığında plastik hale gelmesi ve kızılötesi bölgede IR spektrumları

oluşturması özelliğine dayanmaktadır. Potasyum bromür (KBr), peletlerde kullanılan en yaygın alkali halojenürdür. 13 mm çaplı peletler oluşturmak için öncelikle %1'lik örnek, 250 mg ince alkali halojenür (KBr) tozuna iyice karıştırıldı ve daha sonra ince bir şekilde toz haline getirilerek pelet oluşturan bir kalıba konuldu. Birkaç mm Hg'lik vakum altında birkaç dakika boyunca yaklaşık 8 tonluk bir kuvvet uygulanarak presleme işlemi gerçekleştirildi. Gaz giderme, KBr tozundan hava ve nemi ortadan kaldırmak için uygulandı. Yetersiz vakum, ışığı yayan kolayca kırılan peletlere neden olabilir. KBr tozunu pelet haline getirmeden önce, maksimum 200 elek aralığına kadar toz haline getirildi ve sonra yaklaşık 110 °C'de 3 saat kurutuldu. Hızlı ısıtma işlemi KBr tozunun bir kısmını $KBrO_3$'e oksitleyerek kahverengi bir renk değişikliğine neden olabilir. Bu yüzden numuneler kurutulduktan sonra bir desikatöre alınarak FT-IR analizleri için saklandı.

3.3 Enstrümantasyon ve Standartlar

3.3.1 ICP-MS Cihaz Konfigürasyonu

Endüktif olarak eşleşmiş plazma kütle spektrometresi ölçümleri, Agilent 7700x model (Santa Clara, CA 95051 United States) ICP-MS cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çizelge 3.1'de ICP-MS cihazının teknik özellikleri ve genel ayarları verilmiştir. Cihazda 1 adet düşük pulslu ve 3 kanallı peristaltik pompa vardır ve bilgisayar kontrollüdür. RF jeneratörü gücü 1550 W ve frekansı 27,12 MHz olmakla birlikte daha geniş aralıkta çalışabilme gücü vardır. Spray chamber örnek girişi bölmesinde sabit sıcaklık ve düşük oksit oranının olması için -5 °C'den +20 °C'ye kadar veya daha geniş aralığa ayarlanabilir peltier sisteme sahiptir. Sistemde %99,99 saflıkta argon gazı kullanılmaktadır. Torch ve spray chamber quartz malzemeden üretilmiştir. İyonları ayrıştırmak için, bilgi işlem ünitesinden kontrol edilen ekstrat 1 lens bulunmaktadır. CeO/Ce oranı %2'den küçüktür. Kütle aralığı alt limiti en fazla 5 amu, üst limiti en az 260 amu olmaktadır. Dedektörün kütle kalibrasyon değişiminin günlük maksimum değeri 0,05 amu olarak belirlenmiştir. Cihazın girişim giderme ünitesi, bakım ve temizliğe ihtiyaç duyulmayacak biçimde tasarlanmış üniversal hücre (cell) tipindedir. Tüm hücre tiplerinde, hücre haznesinde çarpışma gazı olarak helyum kullanılmakla birlikte reaksiyon gaz olarak hidrojen, oksijen, metan veya amonyak gazları ile çalışılabilmektedir. Dedektör elektron multiplier şeklindedir. Düşük ve yüksek konsantrasyonları aynı modda veya ayrı ayrı modda

okuyabilmektedir. Lineer dinamik aralığı en az 10^6 ve daha geniş aralıktadır. Oto örnekleyicisi 15 ml'lik numune tüpleri için en az 240 örnek kapasiteli olacak şekilde tasarlanmıştır. Vakum sisteminde, 1 adet entegre turbo moleküler pompa ve 1 adet rotary pompa yer almaktadır. Pompa sistemi analizler için gerekli vakumu en fazla 15 dakika içinde sağlayacak kapasitededir. Sistem (chiller) kapalı devre ve yazılım sistemi üzerinden izlenebilecek dijital sıcaklık görüntülü soğutma sistemine sahiptir. Soğutma sisteminde ise su kullanılmaktadır.

Çizelge 3.1 ICP-MS cihazının teknik özellikleri

	Parametre	Değer
	RF Jeneratör Gücü (W)	1550
Plazma Ayarları	Taşıyıcı Gaz Akışı (L/min)	0,99
	Püskürtme Odası Sıcaklığı (°C)	2
	Örnek Haznesi (mm)	8
	Ekstrat 1 lens (V)	0
Otomatik Ayarlar	CeO^+/Ce^+ (%)	1,114
	Ce^{++}/Ce^+ (%)	1,867
	Duyarlılık	Li (62700)
		Y (92920)
		Tl (87080)

Ölçüm kaplarının temizlenmesi ve metal standart çözeltilerinin hazırlanması için kullanılan ultra saf su Direct-Q 8UV (18,2 mΩ, Milli-Q, Millipore-Merck, Darmstadt, Germany) cihazından temin edilmiştir. Kalibrasyon çözeltileri için gerekli olan Cd, As ve Cr elemetleri High-Purity Standards (Charleston, SC, USA 10 mgL^{-1}); Pb ve Ni elemetlerinin standart çözeltileri ise Millipore Sigma (Darmstadt, Germany, 1000 mgL^{-1}) firmalarından temin edilmiştir. Numune kaplarını, olabilecek herhangi bir kirlilikten arındırmak ve su numunelerini asitlendirmek için gerekli nitrik asit (HNO_3), Merck (%65, ultrapure reagent, Darmstadt, Germany) firmasından temin edilmiştir. Numunelerin süzme işlemleri için vakum süzme düzeneği (Merck, Darmstadt, Germany) kullanılmıştır.

3.3.2 FT-IR Cihaz Konfigürasyonu

Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi (FT-IR) ölçümleri, Bruker VERTEX 70v model FT-IR cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Çizelge 3.2'de FT-IR cihazına ait teknik bilgiler verilmiştir. Bruker VERTEX 70v spektrometresi, tek ölçümde 4000-400 cm^{-1} dalga sayısı aralığında ve üzerinde IR spektrumları elde etme imkanı sağlamaktadır. Aynı zamanda 4 cm^{-1} çözünürlüğüne kadar spektral ayrıştırma imkanı tanımaktadır. 4 cm^{-1} spektral çözünürlük katı örnekler için yeterince uygun bir değer sağlamaktadır. Veri toplama, paralel çalışan ve dedektörün ön yükseltici elektroniğine entegre olan 24 bit dinamik aralıklı iki kanal deltasigma ADC mevcuttur. Bu gelişmiş DigiTect™ teknolojisi, harici sinyal bozulmasını önler ve en yüksek sinyal oranını garanti eder.

Çizelge 3.2 FT-IR cihazının teknik özellikleri

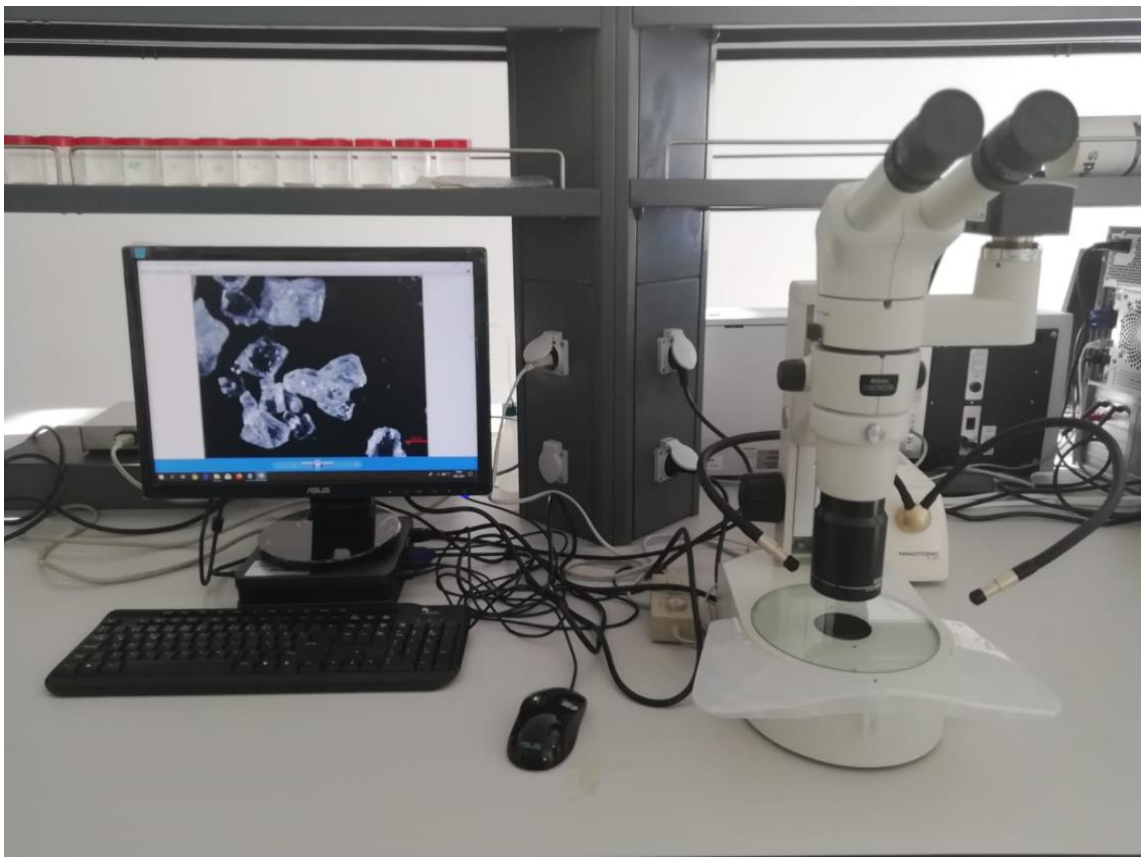
	Parametre	Değer
Performans	Spektral Aralık	400 cm^{-1} - 4000 cm^{-1}
	Spektral Çözünürlük	4 cm^{-1}
Optik Ayarlar	Optik Konum	Standart Vakum VE Kuru Vakum Pompası
	Giriş Portları	2
	Çıkış Portları	5
	Örnek Bölmesi	Vakum
	Aksesuar Tanıma	Standart
	Bileşen Ayrıştırma	Standart
Elektronik Ayarlar	İç Dedektörler	2 adet 24 bit kanal ADC DigiTect™
	Dış Detektörler	4
	İnterferometre	RockSolid™
	Kaynaklar	Harici Su Soğutmalı MIR
	Çift Kanal Elektronik	Standart
	Arayüz	Ethernet
	Bolometre	2
	Doğrulama Birimi	Standart

Çizelge 3.2 FT-IR cihazının teknik özellikleri (devam)

Teknik Bilgiler	Hızlı Tarama	>70 spektrum/çözünürlük - 16 cm^{-1} spektral çözünürlük
	Yavaş Tarama	100 Hz (0,0063 cm/sn), Faz modülasyon ve dahili demodülasyon, Zamansal çözünürlük 6 µsn/2,5 nsn

3.3.3 Stereo Mikroskop Cihaz Konfigürasyonu

Tuz numunelerinin mikro fotoğrafları, Toupcom TP105100a model bir kamera ve Nikon 0.55xDS model bir lens ile birleştirilmiş Nikon SMZ800N marka bir stereo mikroskop ile incelenmiştir. Şekil 3.2'de stereo mikroskobun genel görünümü verilmiştir.

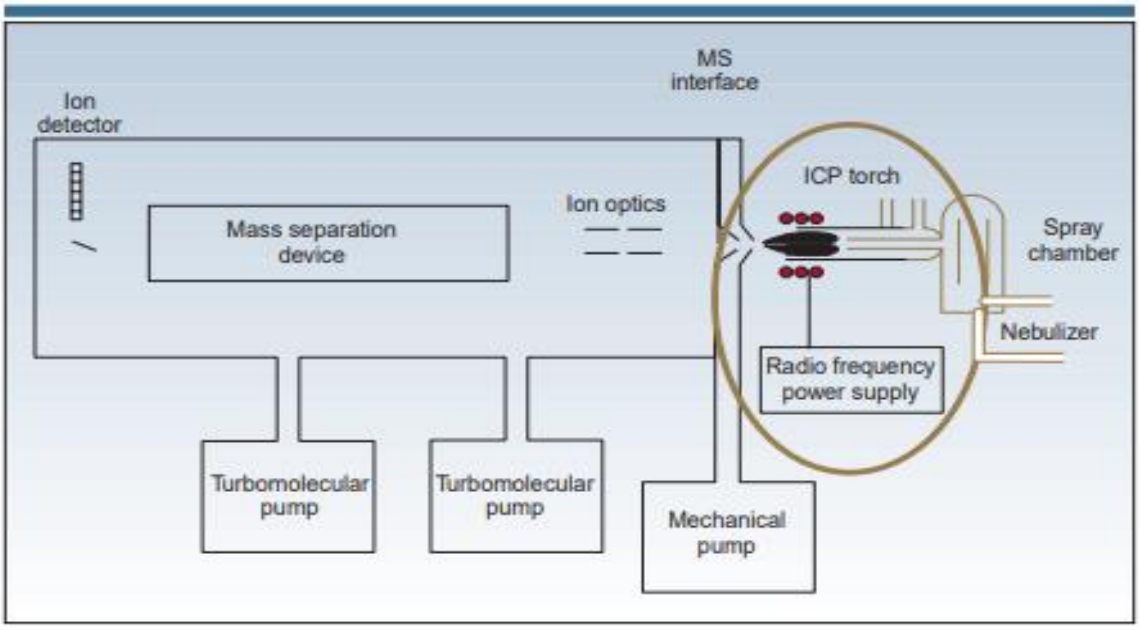


Şekil 3.2 Stereo mikroskobun genel görünümü

3.4 Analiz Yöntemleri

3.4.1 ICP-MS Analizi

Tuz numuneleri analiz işlemleri için hazırlandıktan sonra ICP-MS cihazına yerleştirildi. Örnek giriş sistemi, peristaltik pompa, nebulizör, sprey odacığı bölümlerinden oluşmaktadır ve örneklerin cihaza girişi bu sistemle gerçekleşmektedir. Şekil 3.2'de ICP-MS sisteminin çalışma prensibi ve analiz akış şeması gösterilmiştir. Bu sisteme göre numuneler önce peristaltik pompa aracılığıyla sprey odacığına ulaşır. Ayrıca, sprey odacığında oluşan büyük damlacıkların atığa gönderilmesine yardımcı olur. 2 °C sıcaklığında olan bu odacıkta numune nebulizör yardımıyla aerosol haline dönüşür ve taşıyıcı Argon gazı vasıtasıyla Torch bölümüne gelir. Torch kısmında RF jeneratörü ile sıcaklığı 10000 K olan plazma oluşturulur ve örnek iyonlaştırılır. İyonize olmamış fotonlar ve materyaller shadow stop ile tutulurlar. Vakum Sistemi, iyon optikleri, quadrupol ve detektör için yüksek derecede vakum sağlar. Lensler ise iyonlara odaklanır ve matriks bölümünün quadrapula geçmesine engel olur. Lenslerde gerçekleşen gerilimden kaynaklı pozitif yüklü iyonlar birbirleri ile çarpışmadan quadrupola ulaşırlar. Argon burada hem taşıyıcı hem de soğutucu gaz olarak kullanılır. İyonlaşmış numuneler kütle spektroskopisine (MS) gönderilir. Quadrapole'un bulunduğu bu bölümde iyonlar kütle/yük oranında ayrıştırılarak detektöre gönderilir. Detektör, quadropuldan geçen iyonların aktif yüzeye çarparak ölçülebilir sinyal oluşturduğu kısımdır. Dedektörün aktif yüzeyi dynode olarak bilinir ve yüzeye çarpan iyonlara karşılık elektron yayar ve elementler tayin edilir.



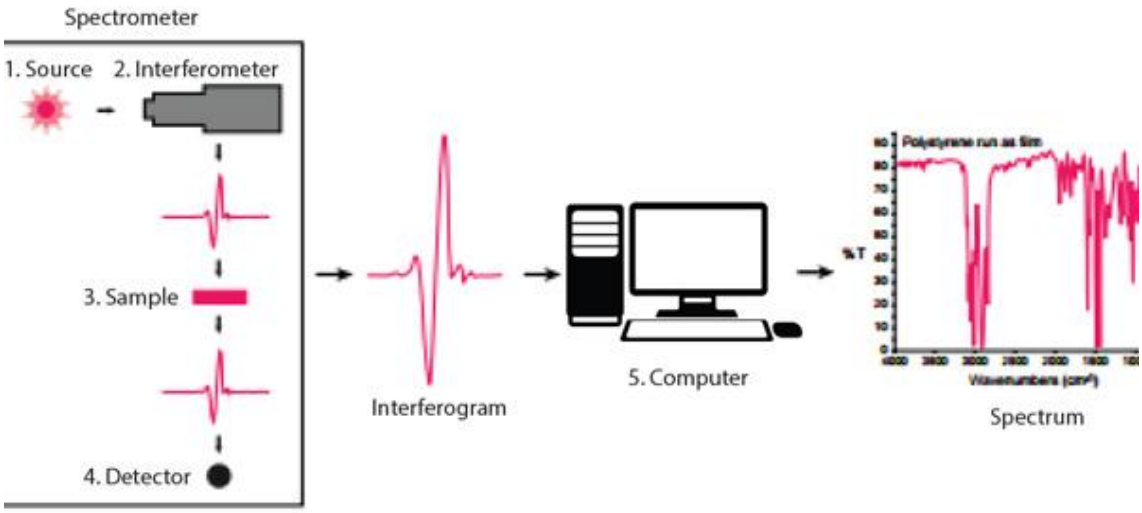
Şekil 3.3 ICP-MS cihazının çalışma prensibi (Thomas 2001)

ICP-MS, direkt olarak çözeltide eser element derişimlerinin belirlenmesi için uygun bir yöntemdir. Birçok element için gözlenebilme sınırı ng/L'nin (ppb ve daha düşük derişimler) altındadır. Çok sayıda elementi aynı anda analiz edebilme özelliği sayesinde nitel analizlerde, nicel ve yarı-nitel tayinlerinde yaygın olarak tercih edilmektedir.

ICP-MS'in ölçüm aralığı diğer yöntemlere kıyasla fazlasıyla geniştir. Birçok element için pg-mg/L arasında kalibrasyon grafikleri çizebilmesi açısından önem teşkil etmektedir. Farklı derişime sahip birçok elementin eş zamanlı analizine imkan tanımaktadır. Değişik numune göndericilerle kıyaslaması yapıldığında ICP-MS, sıvı örnekler dışında katı örneklerin analizinde de tercih edilmeye başlanmıştır. Farklı örnek gönderme sistemleri (hidrür oluşturma, elektrotermal ısıtma, lazerle parçalama, akışa enjeksiyon sistemi, çeşitli sisleştiriciler, vb.) ICP-MS ile de kullanılabilir. ICP-MS'e likit kromatografisi (LC), iyon kromatografisi (IC) ve gaz kromatografisi (GC) gibi kromotografik sistemler de eklenerek elementler hassas bir şekilde tayin edilebilir. ICP-MS cihazı ile şu an için idrar, kan, flora örneklerinde, metal, toprak ve maden örneklerinde, gıdalar, yemler ve ambalaj ürünlerinde metal analizleri yapılmaktadır (T.C. Mardin Artuklu Üniversitesi 2020).

3.4.2 FT-IR Analizi

IR spektroskopisi, moleküllerin IR ışınlarını absorbe etmesiyle oluşan titreşimlerin neden olduğu frekans değerlerinin kullanılmasıyla moleküler düzeyde madde analizi yapılmasını sağlar. Bu titreşim şekilleri bağ açısına (makaslama, salınma, burkulma vb.) ve uzunluğuna (simetrik ve asimetrik gerilme) göre değişiklik gösterir ve bu değişkenler frekans değerlerine yansır. Fourier dönüşümü ise matematiksel bir ifade olup, bir sinyal fonksiyonunun zaman serileri şeklindeki yansımasının bazı algoritmalar yardımıyla matematiksel denklemlerle analiz edilebilecek frekans spektrumuna dönüştürülmesidir. Bir FT-IR cihazı ışık (IR) kaynağı, interferometre ve algılayıcı (dedektör) olmak üzere temelde 3 bölümden oluşur. Ayrıca ışın ayırıcı, örnek haznesi ve verilerin işlendiği bilgisayar kısımları da mevcuttur. Tuz örneklerinin, FT-IR cihazında analiz edilmeden önce KBr Pelet yöntemi ile ön hazırlığı yapılmıştır. Cihaza numuneyi yerleştirmeden önce sıvı azot ile dedektör soğutulur. Dedektörün dengelenmesi için 15-20 dakika beklenir. Örnek yükleme aparatı cihaza takılır ve kapak kapatılır. Cihazın yanındaki "N_2" (azot) gazı önce tüpün üstünde bulunan vanadan açılır ve daha sonra tüpe bağlı olan regülatörün altındaki vana saat yönünün tersine doğru sıkıştırılarak gazın geçişi sağlanır. Örnek yükleme aparatına gazın dolması için 5-10 dakika beklenir. Bir IR spektrumu elde etmek için numuneye IR ışığı gönderilir. Bir molekülün IR ışığını soğurabilmesi için, molekülün titreşimi sonucunda molekülün doğal dipol momentinde net bir farklılığının ortaya çıkması gerekir. Örneğe iletilen ışığın ne kadarının belli bir enerjide soğurulduğuna bakılır. Soğurma spektrumunda bir sinyalin (bandın) elde edildiği enerji, örnek molekülünün titreşim frekansını verir (Demiralp vd. 2014).



Şekil 3.4 FT-IR cihazının analiz şeması (Wright 2015)

FT-IR cihazı ile direkt olarak atomik düzeyde bir veriye erişildiğinden, moleküllerde meydana gelen küçük değişimler dahi belirlenebilmektedir. Belli moleküller, kızılötesi ışığa maruz kaldıklarında, belirli frekanslarda (cm^{-1}) verdikleri moleküler bağ titreşimi sinyalleriyle karakterize olmaktadırlar. Bu sinyaller üzerinden farklı koşullardaki değişim FT-IR ile rahatlıkla izlenebilir. FT-IR diğer tayin yöntemleriyle kıyas edildiğinde, analiz aşamasında kimyasal madde kullanımına ihtiyaç duyulmaması, analiz maliyetinin düşük olması, birçok bileşenin eş zamanlı ve hızlı (15-90 s) analizi, analizi gerçekleştirilen numunenin farklı analizler için tekrar kullanılabilirliği ve az miktarda örnek ihtiyacının olması gibi birçok avantajından dolayı tercih edilmektedir (Demiralp vd. 2014).

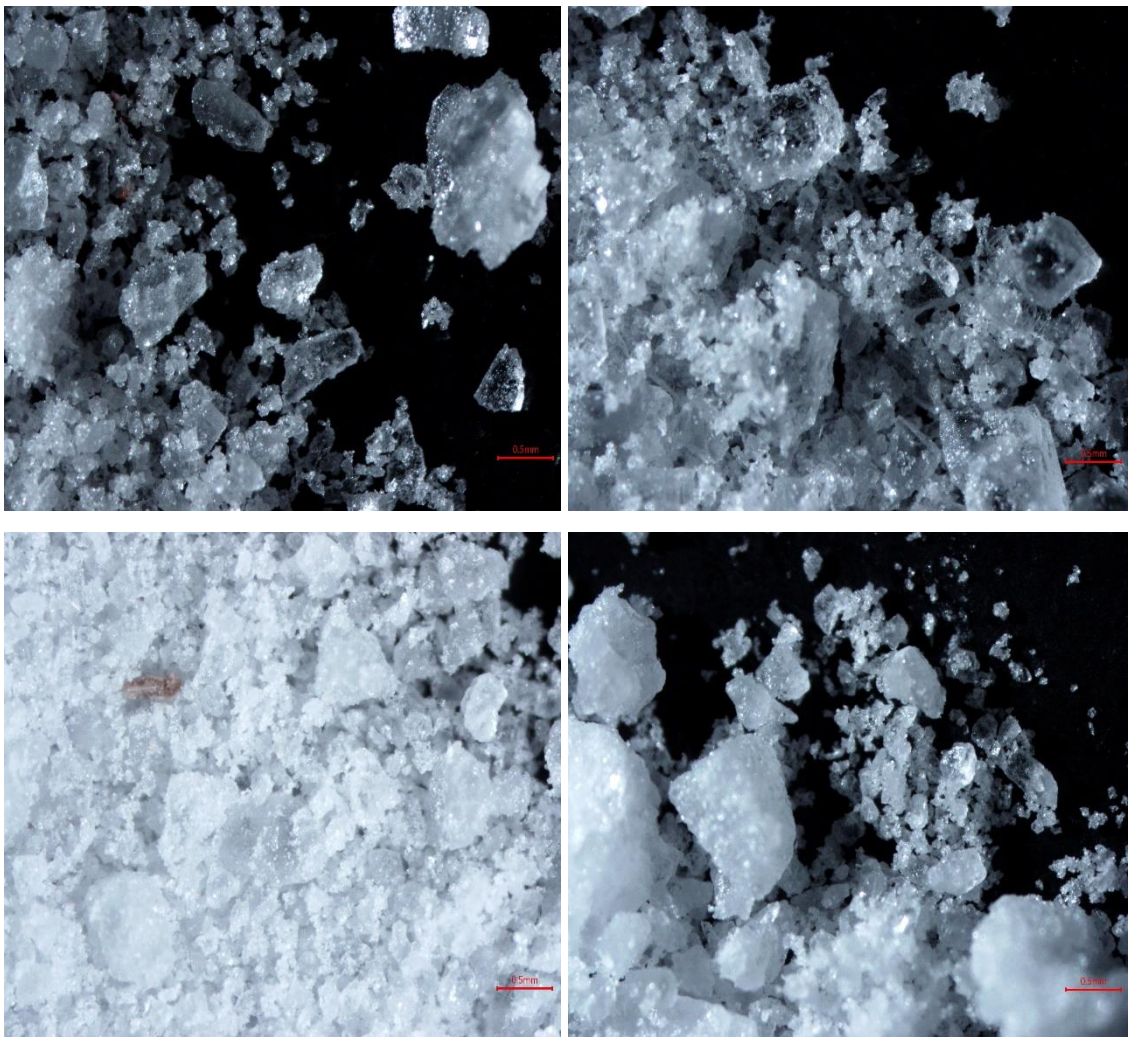
3.4.3 İstatiksel Analizler

Bu tez çalışmasında kaya tuzu numunelerinde yapılan analizlerin sonuçları SPPS 23.0 (IBM SPSS) istatistik programıyla değerlendirilmiştir. Kaya tuzu numunelerinde tespit edilen element derişimlerinin betimleyici istatiski bilgilerinin detaylı tablosu çıkarılmıştır. Kaya tuzu örnekleri açısından kıyaslaması ise varyans homojenlik testi ve tek yönlü varyans analizi kullanılarak yapılmıştır. Anlamlı bir fark bulunan gruplar için guruplar arasındaki farklılıkları belirlemek adına çoklu karşılaştırmalı duncan testi yapılmıştır.

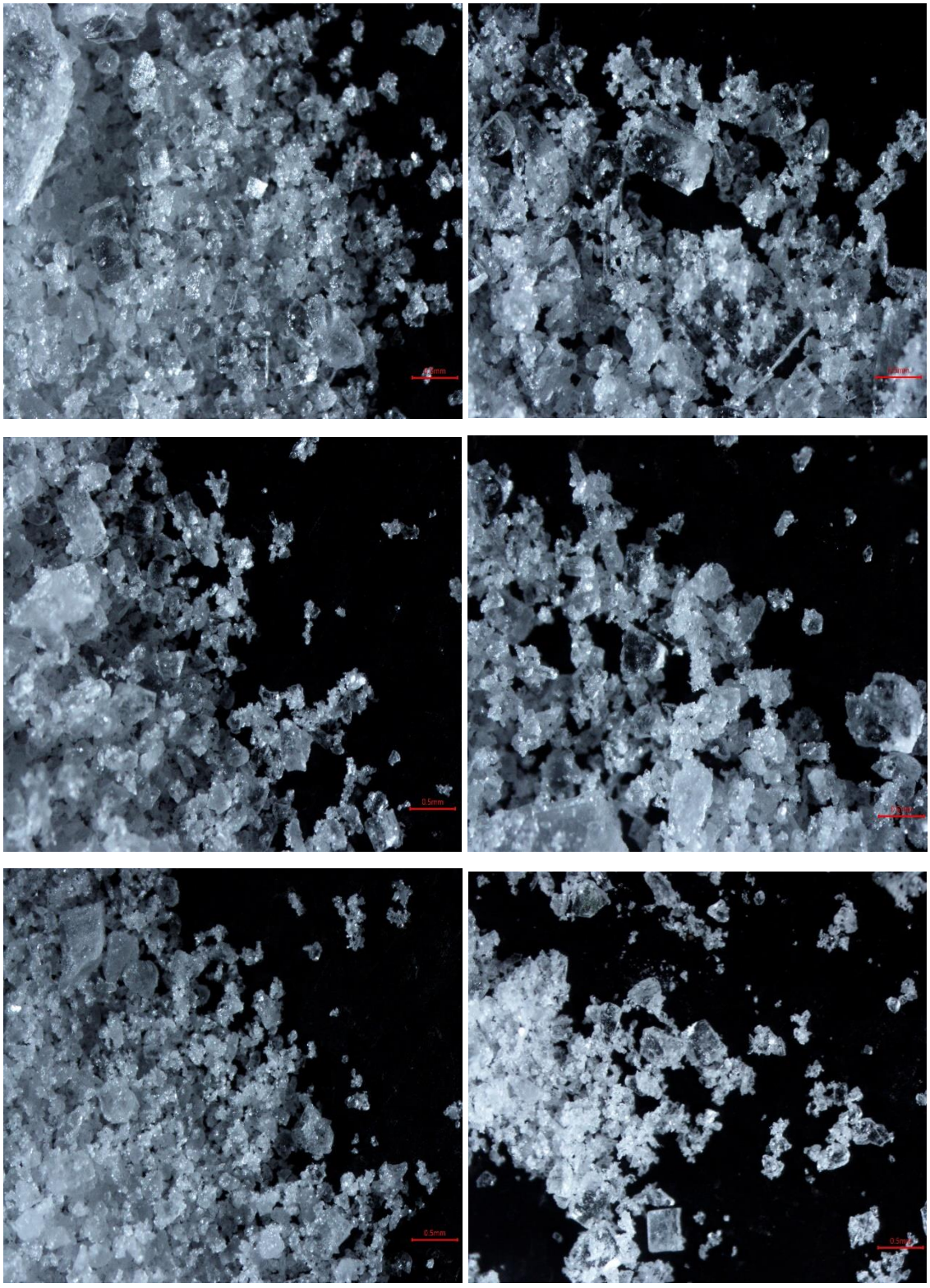
4. BULGULAR

4.1 Kaya Tuzu Numunelerinin Stereo Mikroskobu İle Görüntülenmesi

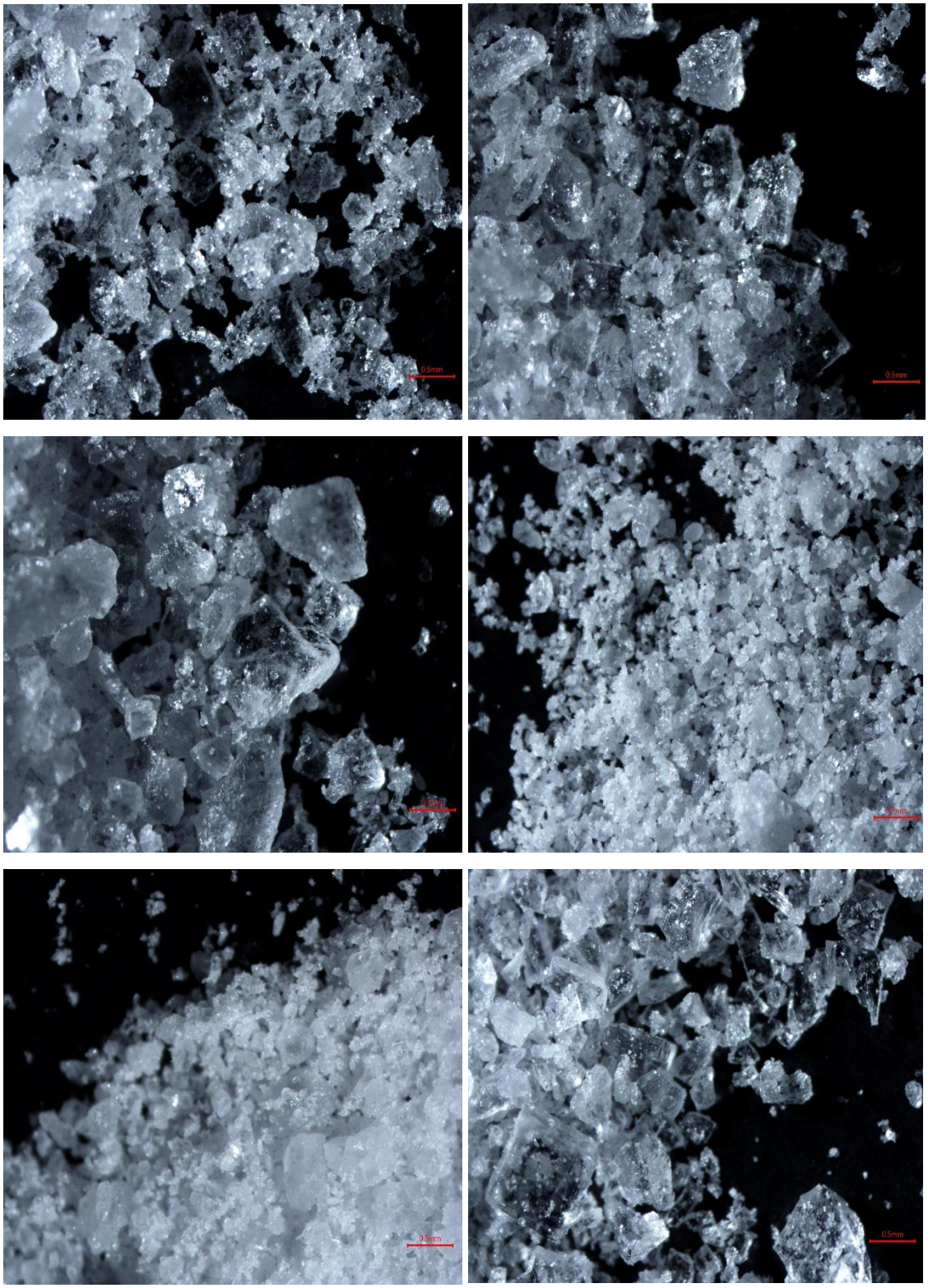
Tuz numunelerinin mikro fotoğrafları, tuzun matrisindeki safsızlıkların dağılımını görmek için Toupcom TP105100a model bir kamera ve Nikon 0.55xDS model bir lens ile birleştirilmiş Nikon SMZ800N marka bir stereo mikroskop ile incelenmiştir. Stereo mikroskobu ile 17 tane kaya tuzu numunesinin 50 µm'lik ölçülere büyütülmüş görüntüleri elde edilmiştir. Şekil 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4'de kaya tuzu numunelerinin 50 µm'lik görüntüleri verilmiştir. K harfi ile kodlanan numunelerin mikroskop görüntüleri soldan sağa olacak şekilde sıralanmıştır.



Şekil 4.1 K1, K2, K3 ve K4 numunelerinin 50 µm'lik görüntüleri



Şekil 4.2 K5, K6, K7, K8, K9, K10 numunelerinin 50 µm'lik görüntüleri



Şekil 4.3 K11, K12, K13, K14, K15, K16 numunelerinin 50 µm'lik görüntüleri



Şekil 4.4 K17 numunesinin 50 µm'lik görüntüsü

Kaya tuzu, halit mineralinin genel adıdır. Kimyasal formülü NaCl'dir. Kaya tuzu herhangi bir kimyasal arıtma işlemine tabi tutulmadığı için, mineralde bulunan tüm doğal safsızlıkları tutmaktadır. Bu safsızlıklar, alçıtaşı ($CaSO_4$) ve silvit (KCl) olabilir ancak potasyum sülfat (K_2SO_4) çok nadir görülür. Kaya tuzu, en az işlenmiş tuz şeklidir. Doğrudan bir yer altı maden yatağından elde edilir. Bunun için yapılan tek işlem tuzu parçalamak ve uygun boyutta kristaller elde etmek adına eleme yöntemini kullanmaktır. Kaya tuzunun saflığı yeraltı maden yataklarına bağlı olarak %95-99 sodyum klorür arasında değişir. Kaya tuzunun endüstriyel kullanımı, Ca, Mg, SO_4 gibi başlıca safsızlıkların ve bazen K, Br gibi bazı küçük safsızlıkların saflaştırılmasını gerektirir. Kaya tuzunun yıkama işlemine tabi tutulması genelde saflaştırma için yeterli olmamaktadır ve kimyasal evaporasyona tabi tutulmaktadır.

Şekil 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4'de Çankırı piyasasından toplanan ve kaya tuzu adı altında satılan tuz numunelerinin mikro fotoğrafları verilmiştir. 50 µm ölçekli bu tuz kristalleri incelediğinde safsızlık derecesinin düşük olduğu görülmektedir. Kaya tuzu üretiminde büyük kristaller parçalandığı için tuzun kübik kristal yapıda bulunmadığı görülmektedir. Kaya tuzlarının içerdiği düşük orandaki safsızlıkların ise kristalin tüm matriksine homojen olarak dağıldığı fark edilmektedir. Ancak K3 numunesinin izometrik kristal

yapısında heterojen bir oluşum gözlemlenmektedir. Homojen yapıyı bozarak tuz kristallerinin belirli bir bölgesine konuşlanan bu safsızlık etkeni maddenin böcek kalıntısı olduğu düşünülebilir. Bu nedenle, Çankırı kaya tuzu adı altında satılan bir tuzun gerçek bir Çankırı kaya tuzu olmadığı çıkarımı yapılabilir. Çünkü yüksek saflık derecesine sahip Çankırı kaya tuzu, yeraltı maden yataklarından çıkarılan bir tuz olması nedeniyle safsızlık olarak Ca, Mg, SO_4 içerebilir. Böcek kalıntısı ancak bir göl tuzundan veya daha düşük bir ihtimalle deniz tuzundan gelebilir. Tuz gölleri genel olarak zengin bir flora ve fauna çeşitliliğine sahiptir. Göl tuzu denildiğinde ilk akla gelen Türkiye'nin 2016-2019 yılları arasında en çok ithalat yaptığı İran'ın Urmiye Gölü olmaktadır. Urmiye Gölü Milli Parkı, Artemia urmiana adıyla bilinen endemik bir salamura karidesi türüne ev sahipliği yapmaktadır. Diğer yaşam biçimleri arasında çeşitli alg türleri, bakteriler, mikrofunguslar, bitkiler, kuşlar, sürüngenler, amfibiler ve memeliler bulunmaktadır. Göl, çeşitli bakteri topluluklarını, hiperhalofil fitoplanktonları ve özellikle makrozooplankton kabuklularını barındırır. Bu nedenle, ekolojik önemi ve eşsiz biyolojik çeşitliliği açısından değerlidir. Ancak göl tuzlarının buharlaştırma yöntemi ile elde edilmesi prosesinde titiz davranılmaması safsızlık derecesini artırmaktadır. Türkiye, İran'dan 2019 yılında 4,8 bin ton tuz ithalatı gerçekleştirmiştir. İthal edilen bu tuzların büyük bir bölümü iç tüketim ağına pazarlanmaktadır. Çünkü Türkiye, İran tuzunun kilogramını 0,02 dolar gibi çok düşük bir ücrete almaktadır. Tuz piyasasında ise bu durum fırsata çevrilerek yüksek kar marjı elde etmek adına Çankırı kaya tuzu adı altında fahiş fiyatlarla değer görmektedir. Kaya tuzu, sağlıklı yaşam standartlarının hayatımıza girdiği son yıllarda popülaritesi yüksek bir tuz çeşidi haline gelmiştir. Bu nedenle insanlar tarafından rağbet görmekte ve bu değerli madeni ucuza elde etmek tüketici açısından aile ekonomisine avantaj sağlamaktadır. Ancak insanlar tuzda yapılan tağşişler neticesinde gerçek bir Çankırı kaya tuzu tüketmekten mahrum bırakılmaktadır.

4.2 Kaya Tuzu Numunelerinin ICP-MS Analiz Sonuçları

17 tane kaya tuzu numunesinin eser element içeriklerini belirlemek ve ağır metal elementlerinin varlığını tayin etmek adına ICP-MS cihazı ile analizleri yapılmıştır. Analiz, iki paralel çalışılmıştır. Lityum (Li), alüminyum (Al), titanyum(Ti), vanadyum (V), krom (Cr), manganez (Mn), demir (Fe), kobalt (Co), nikel (Ni), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), bakır (Cu), çinko (Zn), arsenik (As), kadmiyum (Cd), kalay (Sn),

antimon (Sb), baryum (Ba), civa (Hg) ve kurşun (Pb) olmak üzere 20 tane elementin kaya tuzu numunelerindeki derişimleri tespit edilmiştir. Birçok kaya tuzu numunesinde potansiyel olarak toksik ağır metal element konsantrasyonları sıfırın altında bulunmuştur.

4.2.1 Kaya Tuzu Numunelerinde Tespit Edilebilir Limit Değerlerin Altında Kalan Elementler

Çankırı piyasasından toplanarak Çankırı kaya tuzu adı altında satışa sunulan kaya tuzu numunelerinin ICP-MS analizlerinde eser element derişimleri ve ağır metal kirliliği araştırılmıştır. Alüminyum (Al), nikel (Ni), demir (Fe), kobalt (Co), kalay (Sn), antimon (Sb), lityum (Li) gibi elementlere arsenik (As), civa (Hg), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) gibi nonesansiyel ve toksik ağır metallere, 17 adet kaya tuzu numunelerinin hiçbirinde rastlanılmamıştır. Bu ağır metallerin çok küçük derişimleri bile ciddi sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Vücuda iz miktarda alınmaları halinde bile dışarı atılımları çok yavaş gerçekleştiği için zamanla dokularda birikerek insan sağlığını tehdit etmektedir. Bilhassa civa ve kadmiyum 0,001-0,1 ppm (mg/kg) derişim aralığında dahi organizma açısından toksik bir etki doğurmaktadır (Jarup 2003).

Civa (Hg), vücuda alındığında kana karışarak tüm organ ve dokulara kolay bir şekilde ulaşır ve beyinde birikmeye başlar. Bu birikim %80 gibi yüksek bir oranda gerçekleşmektedir. Ayrıca civa buharı akciğerlerden hızlı bir şekilde emilerek merkezi sinir sistemine dağılmak suretiyle unutkanlık, görme bozukluğu, sinirlilik, konrolsüz titreme gibi semptomlara neden olmaktadır. Organizmaya alınan civa konsantrasyonu arttıkça semptomlar ilerleyerek geri dönüşü mümkün olmayan böbrek yetmezliği, karaciğer bozukluğu, periferal nöropati gibi hastalıklara sebebiyet vermektedir. Ek olarak solunum sisteminde, cilt yapısında, kardiyovasküler sistemde ciddi bir hasar bırakarak öldürücü bir etkiye sahip olmaktadır. Civanın öldürücü dozu 10-60 mg/kg aralığındadır (Akcan ve Dursun 2008). Türk Gıda Kodeksi'nde ise işlenmiş tuzlarda ve yeraltı tuzlarında bulunabilecek maksimum civa konsantrasyonu 0,1 mg/kg olarak verilmiştir (Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliği 2013). Ağır metal analizi gerçekleştirilen 17 adet kaya tuzu numunelerinin hepsinde civa konsantrasyonu, sıfırın altında tespit edilmiştir. Bu durum kaya tuzlarında civa toksititesinin yer almadığını ve civa açısından sağlığı bozacak bir etkiye sahip olmadığını göstermektedir.

Kurşun (Pb), insan hayatını tehdit eden ve dikkate alınması gereken çok önemli bir ağır metaldir. Kişi başı günlük kurşun alımı 20-400 mg aralığında değişkenlik göstermektedir. Dünya Sağlık Örgütü ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü birlikte hareket ederek bir dizi çalışmalar neticesinde haftalık kurşun alım seviyesinin 3000 mg olması gerektiği konusunda karar kılmışlardır. Kurşun, solunum sistemi, gastrointestinal sistem ve deri yoluyla emilmektedir. Organizmaya giren kurşunun %90 gibi tehlikeli bir yüzde ile emilimi gerçekleşmektedir. Kurşunun metabolizmadan atılım hızı çok yavaş olmaktadır. Kandan 30 günde atılan kurşun kemiklerden 27 yılda atılmaktadır. Kurşunun öncelikli yerleşim merkezi ise diş dokuları ve kemiklerdir. Kurşunun ilk tahribata nedne olduğu sistem sinir sistemidir. Bu sebeple yüksek doz kurşun alımı sonucunda zeka geriliği, hafıza kaybı, öğrenme sorunları gibi nörolojik semptomlar ortaya çıkmaktadır. Ayrıca kurşun toksititesi kemik tümörleri, gastrointestinal bozukluklar ve kalp-damar hastalıklar açısından da tehlikeli sonuçlar doğurmaktadır (Spiro *et al.* 1996, Erickson and Thompson 2005). Türk Gıda Kodeksi'nde ise işlenmiş tuzlarda ve yeraltı tuzlarında bulunabilecek maksimum kurşun konsantrasyonu 2 mg/kg olarak verilmiştir (Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliği 2013). Ağır metal analizi gerçekleştirilen 17 adet kaya tuzu numunelerinin hepsinde kurşun derişimi, sıfırın altında çıkmıştır. Kaya tuzu numunelerinin kurşun metalini bünyesinde barındırmaması, sağlığı tehdit edici bir unsur oluşturmadığını kanıtlar niteliktedir.

Arsenik (As), solunum yolları ve gastrointestinal kanallar ile organizmaya alınan toksik ve kanserojen bir elementtir. En fazla emilim ince bağırsakta gerçekleşir. Solunum sistemi yolaklarıyla vücuda giren arseniğin %80'i emilir ve böbrek, karaciğer, kalp ve akciğerde birikir. Yüksek dozda arseniğe maruz kalınması kangren ve cilt kanseri gibi ölümcül bir tehdit unsuru oluşturur. İnsanda toksik dozu 10-50 mg iken öldürücü doz 60-200 mg derişim aralıklarında görülmektedir (Dousova *et al.* 2003, Howard 2001). Türk Gıda Kodeksi'nde ise işlenmiş tuzlarda ve yeraltı tuzlarında bulunabilecek maksimum arsenik konsantrasyonu 0,5 mg/kg olarak verilmiştir (Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliği 2013). Ağır metal analizi gerçekleştirilen 17 adet kaya tuzu numunelerinin hepsinde arsenik konsantrasyonu, sıfırın altında bulunmuştur. Kaya tuzu numunelerinde arsenik elementinin tespit edilmemesi, kaya tuzlarının arsenik açısından sağlığı tehdit edici bir unsur oluşturmadığını ifade eder niteliktedir.

Kadmiyum (Cd), Toksik Madde ve Hastalık Kayıt Ajansı'nın (ATSDR) 2019 yılında açıkladığı sağlık açısından risk doğuran ilk 10 elementin içinde 7. sırada yer alan toksik bir ağır metaldir (ATSDR 2019). Kadmiyumun ağız yolu ile alınması halinde %5'i karaciğerde birikmektedir. Solunum yolaklarından geçerek alınan kadmiyum en tehlikeli vücuda girme şeklidir ve %10-30 oranlarında akciğerlere yerleşir. Böbrek hastalıkları, solunum sistemi hastalıkları ve prostat kanserine sebebiyet verir. Kadmiyum, diğer ağır metal statüsünde olan elementle gibi vücuttan çok zor atılmaktadır. Vücutta biriktikçe yol açtığı semptomlar ilerlemekte ve üreme sisteminde ciddi zararlara neden olmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü, içme suları ile vücuda alınan kadmiyum derişiminin 0,005 mg/L'yi geçmemesi gerektiğini belirtmiştir. Tütün, hava ve gıdalar dahil olmak üzere kişi başı günlük kadmiyum alım miktarı 18-200 µg arasında olmaktadır. Sadece bir paket sigara ile 2-4 µg kadmiyum alınmaktadır (Vural 1984, Kaya vd. 1998). Türk Gıda Kodeksi'nde ise işlenmiş tuzlarda ve yeraltı tuzlarında bulunabilecek maksimum kadmiyum konsantrasyonu 0,5 mg/kg olarak verilmiştir (Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliği 2013). Ağır metal analizi gerçekleştirilen 17 adet kaya tuzu numunelerinin hepsinde kadmiyum derişimi, sıfırın altında çıkmıştır. Kaya tuzu numunelerinde kadmiyum elementinin hesap edilemeyecek kadar küçük miktarlarda yer alması, kaya tuzlarının kadmiyum bakımından sağlığı tehdit edici bir unsur oluşturmadığını ifade eder niteliktedir.

Alüminyum (Al), yeryüzünde en çok bulunan elementlerden biridir. Vücuda ağız, solunum ve damar yoluyla alınmaktadır. En çok içme suyu, ilaçlar, alüminyum kaplar ile kontamine olan yiyecekler ve içecekler ile organizmaya giriş yapmaktadır. Yüksek dozda vücuda alüminyum alınması anemi, diyaliz ensefalopatisi ve nörolojik hastalıklara neden olmaktadır (Uysal vd. 1990). Gıda ile temas eden madde ve malzemelerden gıdaya geçebilecek alüminyum miktarı üzerine yapılan bir çalışmada, çikolatadan 1,73 mg/kg, gazozdan 0,64 mg/kg, koladan 0,30 mg/kg, şeftali suyundan 1,39 mg/kg, eritme peynirinden 0,93 mg/kg ve dondurmadan 0,68 mg/kg alüminyumun gıdaya geçtiği tespit edilmiştir (Biricik vd. 2015). Türk Gıda Kodeksi'nde gıda ile temas eden alüminyum ve alüminyum alaşımı madde ve malzemelerden geçen alüminyum miktarı en fazla 5 mg/kg gıda olarak verilmiştir (Türk Gıda Kodeksi Gıda İle Temas Eden Madde ve Malzemelere Dair Yönetmelik 2018). Türk Gıda Kodeksi'nde gıda maddelerinde bulunabilecek en fazla alüminyum miktarı gıda türüne göre değişmekle birlikte 2-15 mg/kg derişim aralığında belirtilmiştir (Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların

Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkında Tebliğ 2002). Kaya tuzu numunelerinde alüminyum elementinin tespit edilebilir sınır değerlerin altında kalması, kaya tuzlarının alüminyum açısından sağlığı tehdit edici bir unsur oluşturmadığını gösteren parametrelerden biridir.

Krom (Cr), vücuda genelde deri yoluyla ve solunum sistemiyle alınan bir ağır metaldir. Deride kromat ülserleri, alerji, dermatit gibi hastalıklara sebebiyet verir. Gözlerle teması sonucunda kornea zarı ciddi tahribata uğrar. Ayrıca böbrek yetmezliği, karın ağrısı, yutma zorluğu, dolaşım yetmezliği, akciğer kanseri gibi hastalıklara neden olur. İnsan vücudunun tolere edebileceği üst sınır 25 mg/L'dir (İlhan 2002). Türk Gıda Kodeksi'nde metal esaslı malzemelerin gıda ile temas eden yüzey kaplamasındaki krom miktarının en az 50 mg/m^2 ve krom oksit miktarının en az 7 mg/m^2 olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca gıda ile temas eden maddelerin krom içeriğinin en fazla %0,1 oranında bulunabileceği ifade edilmiştir (Türk Gıda Kodeksi Gıda İle Temas Eden Madde ve Malzemelere Dair Yönetmelik 2018). Türk Gıda Kodeksi'nde kromun günlük alınabilecek maksimum değeri ise 40 µg olarak belirtilmiştir (Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği 2017). Kaya tuzu numunelerinde krom elementinin tespit edilebilir sınır değerlerin altında kalması, kaya tuzlarının krom açısından sağlığı tehdit edici bir unsur oluşturmadığını gösteren maddelerden biridir.

Nikel (Ni), doğada çok düşük derişimlerde bulunan bir ağır metaldir. Yüksek dozda nikele maruz kalan insanlarda astım, gırtlak kanseri gibi solunum sistemi hastalıkları görülmektedir. Günlük olarak 150 µg'dan az alınması tavsiye edilmektedir (Boğa 2007). Türk Gıda Kodeksi'nde gıda maddelerinde bulunabilecek en fazla nikel miktarı 0,2 mg/kg olarak belirtilmiştir (Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkında Tebliğ 2002). Kaya tuzu numunelerinde nikel ağır metalinin tespit edilebilir sınır değerlerin altında kalması, kaya tuzlarının nikel açısından sağlığı tehdit edici bir unsur oluşturmadığını göstermektedir.

Demir (Fe), vücudun hemoglobin sentezi için gerekli olan esansiyel bir element olmakla birlikte aşırı dozda alımı tehlikeli sonuçlar doğuran bir ağır metaldir. Ağız yolu ile alınan demirin öldürücü dozu vücut ağırlığının 200-250 mg/kg kadarıdır. Akut zehirlenme semptomları ise vücut ağırlığının 20-60 mg/kg değerinde ortaya çıkmaktadır (Özkan 2009). Diyetteki demirin %10'u emildiği için günlük beslenme ile 0,1-0,2 g demir

alınması gerekir (Bülbül 2004). Türk Gıda Kodeksi'inde gıdalarda bulunabilecek maksimum sınır gıda çeşitlerine göre 0,2-25 mg/kg derişim aralığında verilmiştir (Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkında Tebliğ 2002). Türkiye Beslenme Rehberinde kişi başı günlük alınması gereken demir miktarı, yaşa ve cinsiyete göre değişen miktarlarda 7-11 mg olarak belirtilmiştir (TÜBER 2016). Türk Gıda Kodeksi'nde ise sağlık için günlük alınması gereken demir miktarı 14 mg olarak bildirilmiştir (Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği 2017). Demir eksikliğinde anemi gibi ciddi sağlık sorunları ortaya çıkmaktadır. Kaya tuzu numunelerinde demir ağır metali, tespit edilebilir sınır değerlerin altında kalmıştır.

Kobalt (Co), esansiyel element olmakla birlikte zehirli bir ağır metaldir. Kobaltın vücuttaki ortalama miktarı 80-300 µg' dır. Karaciğerde, kırmızı kan hücrelerinde, dalakta ve böbrekte birikir (Kartal vd. 2004). Türk Gıda Kodeksi'nde gıdalarla alımına izin verilen maksimum kobalt derişimi 0,2 mg/kg olarak verilmiştir (Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkında Tebliğ 2002). Kaya tuzu numunelerinde kobalt ağır metali, tespit edilebilir sınır değerlerin altında kalmıştır.

Kalay (Sn), emilimi çok düşük toksik etkisi çok nadir görülen bir elementtir. Türk Gıda Kodeksi'nde metal esaslı malzemelerin gıda ile temas eden yüzey kaplamasındaki kalay miktarının en az 2,3 g/m^2 olabileceği belirtilmiştir (Türk Gıda Kodeksi Gıda İle Temas Eden Madde ve Malzemelere Dair Yönetmelik 2018). Ayrıca gıdalarda 50-200 mg/kg derişim aralığı maksimum sınır olarak kabul edilmiştir (Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkında Tebliğ 2002). Kaya tuzu numunelerinde kalay elementi, tespit edilebilir sınır değerlerin altında kalmıştır.

Antimon (Sb), kısa süreli maruz kalındığında bile solunum sistemine ciddi zararlar veren toksik bir elementtir (Timur 2016). Türk Gıda Kodeksi'inde gıdarla temas eden madelerin antimon içeriğinin en fazla %0,05 olabileceği belirtilmiştir (Türk Gıda Kodeksi Gıda İle Temas Eden Madde ve Malzemelere Dair Yönetmelik 2018). Kaya tuzu numunelerinde antimon elementi, tespit edilebilir sınır değerlerin altında kalmıştır.

Lityum (Li), yeryüzünde %0,006 oranında yer alan bir metaldir. Lityum tıp, kozmetik, boya, waks, cam ve birçok endüstriyel üründe kullanılan bir elementtir (Akgök ve Şahiner 2017). Kaya tuzu numunelerinde lityum metali, tespit edilebilir sınır değerlerin altında kalmıştır.

4.2.2 Kaya Tuzu Numunelerinde Tespit Edilen Elementlerin İçerikleri

Kaya tuzu numunelerinin ICP-MS analiz sonuçlarından elde edilen bulgular Çizelge 4.1'de verilmiştir. Titanyum (Ti) elementi sadece 4 tane kaya tuzu numunesinde anlamlı bir değer vermiştir. K2 numunesinde 0,3±0,4 µg/kg, K3'de 0,6±0,5 µg/kg, K8'de 0,3±0,5 µg/kg, K13'de ise 0,8±0,7 µg/kg derişim aralığında bulunmuştur. Bir geçiş metali olan Vanadyum (V), 6 tane kaya tuzu numunesinde tespit edilebilir değerler vermiştir. K2 numunesinde 0,3±0,5 µg/kg, K3'de 0,2±0,3 µg/kg, K13'de 0,1±0,3 µg/kg, K14'de 0,6±0,7 µg/kg, K16'da 0,3±0,4 µg/kg, K17'de 0,1±0,2 µg/kg konsantrasyonları tespit edilmiştir. Manganez (Mn), insan sağlığı için gerekli bir mineral olmakla birlikte 17 adet kaya tuzu numunesinin hepsinde anlamlı sonuçlar vermiştir. Kaya tuzu numunelerinin manganez miktarları, 6,7±25,7 µg/kg derişim aralığında bulunmuştur. K7 numunesi 25,7±22,3 µg/kg derişim aralığı ile en çok manganez içeren numune olarak kaydedilirken K9 numunesi 6,5±6,7 µg/kg derişim aralığı ile en az manganez içeren numune olmuştur. Kalsiyum (Ca) minerali, kaya tuzu numunelerinin hepsinden anlamlı ve yüksek sonuçlar vermiştir. Numunelerin kalsiyum miktarları, 569,7±775,2 mg/kg konsantrasyon aralığında çıkmıştır. K7 numunesi 775,2±765 mg/kg ile en büyük kalsiyum derişim aralığına sahip tuz numunesi olurken K14 numunesi 569,7±587,3 mg/kg konsantrasyonları ile içeriğinde en az miktarda kalsiyum bulunduran numune olarak kaydedilmiştir. Magnezyum (Mg) miktarları tuz numunelerinde 40,7±77,6 mg/kg aralığında çıkmıştır. K9 numunesi 70,2±77,6 mg/kg konsantrasyon ile en çok magnezyum içeren numune olurken 42,5±42,7 mg/kg derişim aralığı ile K13 numunesi en az magnezyum içeren kaya tuzu olarak tespit edilmiştir. Bakır (Cu) elementinin tuz numunelerindeki miktarı 0,1±5,6 µg/kg aralığında elde edilmiştir. K9 numunesi 5,6±5,2 µg/kg derişim aralığı ile en çok bakır içeren numunedir. K4, K6 ve K15 numunelerinin bakır miktarları sıfırın altında çıkarak anlamlı bir sonuç vermemiştir. Çinko (Zn) mineralinin tuz numunelerindeki miktarı, 102,3±365,2 µg/kg aralığında elde edilmiştir. K3 numunesi 365,2±312,5 µg/kg ile en yüksek konsantrasyona sahip olurken K8

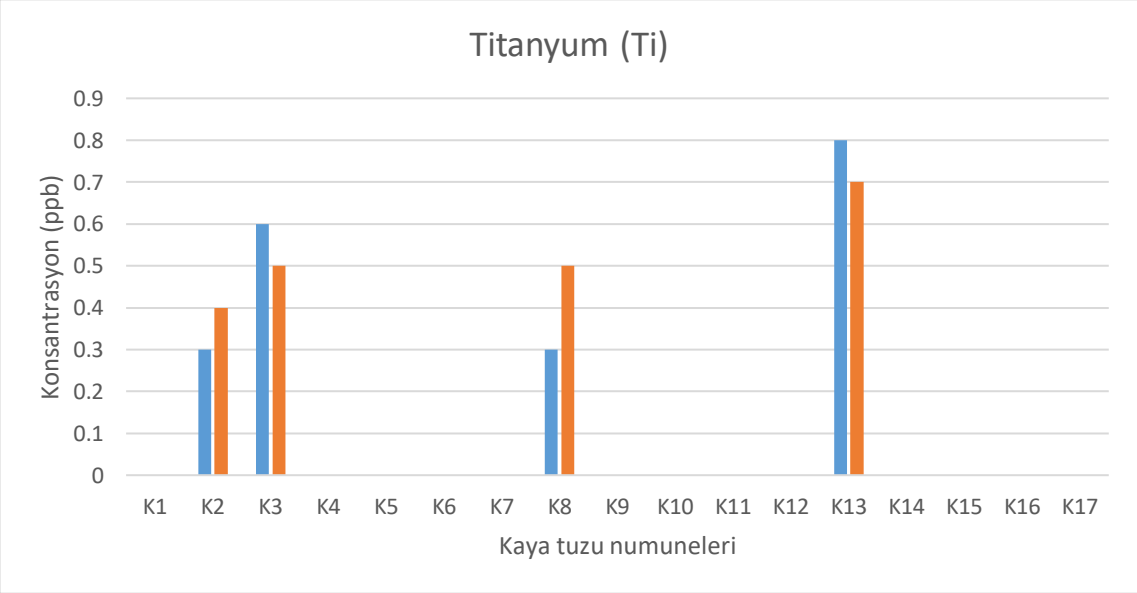
numunesi 102,3±125,3 µg/kg derişim aralığı ile en az çinko minerali içeren numune olarak kaydedilmiştir. Kaya tuzu numunelerinin hepsinde toksik olupta yüksek konsantrasyonda sonuç veren element Baryum (Ba) olmuştur. Baryumun derişim aralığı 2816,4±589,3 µg/kg olarak tespit edilmiştir. K13 numunesi 2816,4±2565,3 µg/kg ile en çok baryum içeren numune olmuştur. K1 numunesi ise 589,3±600,1 µg/kg derişim aralığı ile en az baryum elementi içeriğine sahip numune olarak çizelgede yer almıştır.

Çizelge 4.1 Kaya tuzu numunelerinin element konsantrasyonları

	Element Konsantrasyonları							
Numune Kodu	Ti (ppb)	V (ppb)	Mn (ppb)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Cu (ppb)	Zn (ppb)	Ba (ppb)
K1	-	-	22,3± 25,5	701,3± 685,6	52,3± 51,9	1,2± 1,6	210,2± 220,6	589,3± 600,1
K2	0,3± 0,4	0,3± 0,5	13,7± 14,3	747,1± 730,2	50,2± 54,2	0,9± 1,1	317,5± 318	2412,3± 2123,5
K3	0,6± 0,5	0,2± 0,3	11,3± 13,6	715,9± 759,6	42,3± 48,6	1,3± 1,4	365,2± 312,5	2336,9± 2589
K4	-	-	10,8± 10,5	727,1± 720,2	50,2± 54,2	-	163,6± 174,9	786,4± 765,3
K5	-	-	9,7± 9,4	579,6± 587,9	72,6± 70,4	3,3± 3,5	125,4± 123	852,3± 840
K6	-	-	25,3± 26,2	702,3± 712,4	62± 64,1	-	165,1± 160,4	652,3± 689,3
K7	-	-	25,7± 22,3	775,2± 765	52,4± 58,6	1,2± 1,1	200,6± 212,5	1698,6± 1544,6
K8	0,3± 0,5	-	9,2± 8,8	700,5± 689,5	55± 58,4	2,9± 2,7	102,3± 125,3	785,5± 722,3
K9	-	-	6,5± 6,7	651,8± 620,6	70,2± 77,6	5,6± 5,2	198,4± 195,4	713,6± 700,6
K10	-	-	16,3± 15,2	612,3± 623	40,7± 47,6	0,6± 0,7	211,4± 225,3	698,3± 702,3
K11	-	-	12,3± 18,6	702,3± 765,3	52± 58,4	1,3± 1,2	187,6± 160,2	798,3± 752,3
K12	-	-	17,6± 19,3	636,2± 682,4	42,5± 41,9	2,3± 2,1	200± 202,1	980,9± 982
K13	0,8± 0,7	0,1± 0,3	22,6± 23,1	770,6± 762,4	42,5± 40,7	1,4± 1,1	226,8± 212,7	2816,4± 2565,3
K14	-	0,6± 0,7	10,3± 10,7	569,7± 587,3	52,1± 58,4	2,8± 2,9	189,3± 200,1	721,6± 701,3
K15	-	-	19,8± 21,3	598,6± 610,2	42,5± 48	-	199,4± 189,5	969,7± 950,3
K16	-	0,3± 0,4	11± 11,6	653,1± 625,3	58,6± 62,6	0,6± 0,5	150,4± 125,6	980,9± 982
K17	-	0,1± 0,2	19,9± 17,5	665,3± 623,4	52,7± 60,4	0,3± 0,1	210,2± 213	1002,3± 1102,4

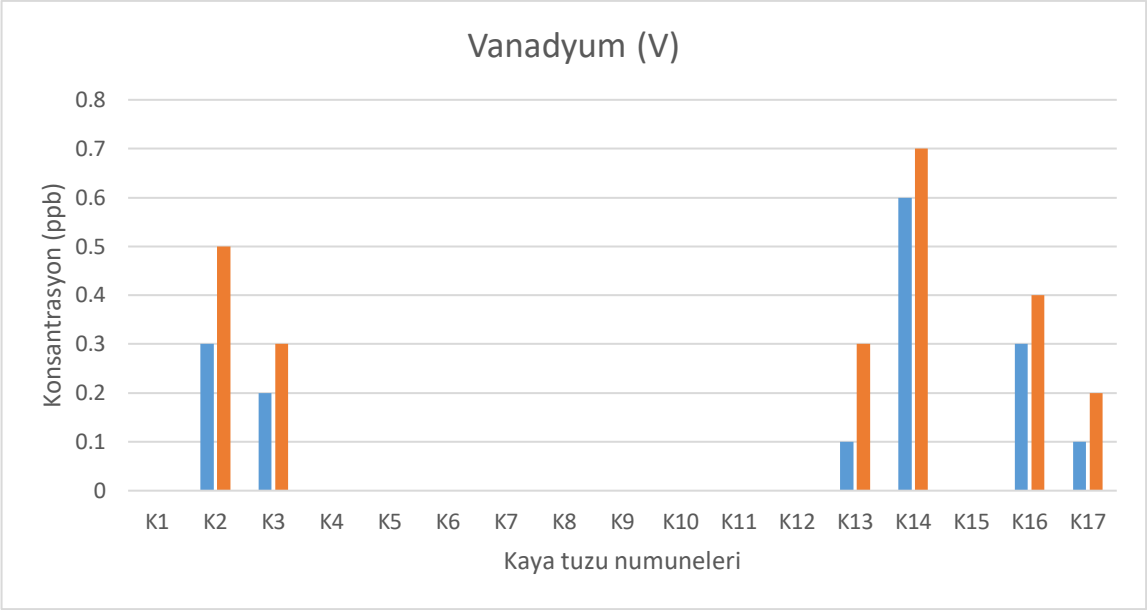
"-"= Algılama sınırının altında

Titanyum (Ti), korozyona karşı dirençli bir geçiş metalidir. Alüminyum, demir ve vanadyum ile alaşım yapar. Doğada oksit formuyla bulunmaktadır. Titanyum dioksitin sağlık için olumsuz etkileri olduğu ve kansere sebep olabileceği tartışmalı bir konudur. Bilimsel çalışmalar günlük alınması gereken limitin üstünde bir alım söz konusu olmadığı müddetçe olumsuz bir etkisi olmayacağını belirtmişlerdir. Titanyum dioksit E171 kodu ile gıdalarda kullanlan ve çok tercih edilen bir katkı maddesidir. Şekerlemeler, süt ürünleri gibi gıdalarda gıdanın rengini açmak ve parlaklığın artırmak için kullanılır. Ayrıca nem çekici olarak ve gıdanın raf ömrünü uzatmak içinde sık tercih edilen bir katkı maddesidir. Yüksek dozda alınması karaciğer tahribatına ve üreme organlarında hasara neden olmaktadır (Berik 2018). Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nin 19. maddesinin birinci fıkrasında yer alan taşınma prensibinin sonucu olarak tuz ve tuz ikamelerinde renklendirici grubunda yer alan titanyum dioksitin bulunmasına izin verilmemiştir (Türk Gıda Kodeksi Katkı Maddeleri Yönetmeliği 2013). Şekil 4.5'de kaya tuzu numunelerinin bir kısmında çıkan titanyum elementinin karşılaştırmalı grafiği verilmiştir. Buna göre sadece K2, K3, K8 ve K13 numunelerinde titanyum elementi tespit edilmiştir. K13 numunesinde en yüksek titanyum elementi derişimi tespit edilirken K2 numunesinde en az derişim aralığı bulunmuştur.



Şekil 4.5 Kaya tuzu numunelerinin titanyum element derişimleri açısından karşılaştırılması

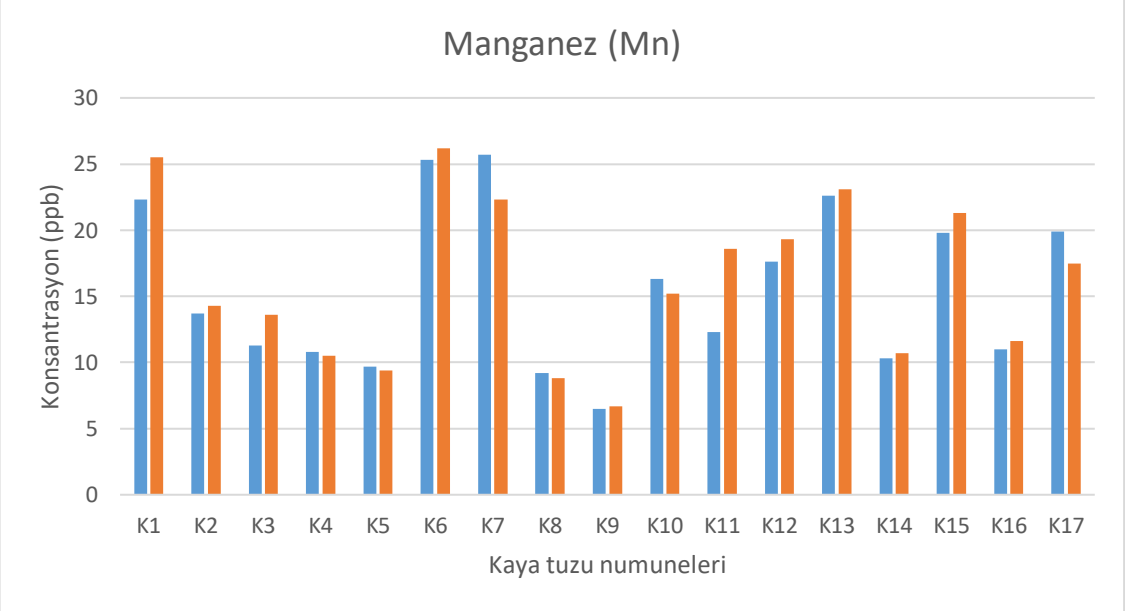
Vanadyum (V), toksik etkisi düşük bir geçiş elementidir. Yüksek doz alımında gözlerde ve solunum sisteminde ciddi bir hasar bırakır. Vanadyumun tozuna maruz kalındığında ise öksürük, burun akıntısı gibi hafif semptomlar görülür. Vanadyum eksikliği sonucunda ortaya çıkabilecek herhangi bir hastalık henüz tespit edilmemiştir. Vanadyumun vücutta yaklaşık 100 µg düzeyinde bulunduğu bilinmektedir (Sakurai *et al.* 2008). Solunabilir havada bulunacak en yüksek vanadyum tozu miktarı ABD Mesleki Güvenlik ve Sağlık İdaresi (PELTWA) tarafından 50 µg V_2O_5/m^3 hava olarak açıklanmıştır. (Barceloux and Barceloux 1999). Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde ise vanadyum ve bileşiklerinin sınır emisyon değeri 0,5 mg/Nm^3 olarak belirlenmiştir (Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik 2014). Organizma için gerekli vanadyum günlük 10-60 µg olarak belirtilmiştir (Mukherjee *et al.* 2004). Gıdaların çoğu <1 ng V/g gibi düşük bir derişimde vanadyum içerdiği halde, insanların en önemli vanadyum kaynağının yine gıdalar olduğu ifade edilmiştir. Vanadyum bakımında zengin bazı gıdalar ve vanadyum içerikleri şu şekildedir: karabiber, dereotu, mantar 0,05-2 µg V/g, maydanoz 1,8 µg V/g ve ıspanak 0,5-0,8 µg V/g. Vanadyumun diğer kaynakları ise hava ve içme suyudur. Uzun bir zaman 5-150 mg V/m3 gibi çok yüksek bir konsantrasyonda vanadyum tozu içeren hava ile temas halde olunması atrofik rinite ve bronşlarda kalıcı hasara neden olmaktadır (Kiviluoto *et al.* 1981). Vanadyum emilimi akciğerlerde %1-2 oranlarında gerçekleşmektedir (Barceloux and Barceloux 1999). Şekil 4.6'da kaya tuzu numunelerinin vanadyum element derişimleri bakımında karşılaştırmalı grafiği verilmiştir. Buna göre K2, K3, K13, K14, K16, K17 numaralı kaya tuzu numunelerinde vanadyum tespit edilmiştir. En az derişim aralığı K3 numunesinde tespit edilirken en yüksek vanadyum içeriği K14 numunesinde tespit edilmiştir. Numunelerin ortalama vanadyum derişim aralığı ise 0,1-0,7 µg kg^{-1} arasında çıkmıştır. Bu değer günlük gıdalarla alınan vanadyum seviyelerinden daha düşüktür ve toksik olarak çizilen sınırların çok altındadır.



Şekil 4.6 Kaya tuzu numunelerinin vanadyum element derişimleri açısından karşılaştırılması

Manganez (Mn), yeryüzünde en fazla bulunan elementler arasında 5. sırada yer alan faydalı bir geçiş metalidir. Organizmada az miktarda bulunan bir mineraldir. Hormonal sistemde, kemik oluşumunda, immün sistemin işleyişinde, proteinlerin sentezinde, yağ ve karbonhidrat metabolizmasında, vitaminlerin emilim fonksiyonlarında görev almaktadır. Manganez eksikliğinde; gelişme geriliği, sinirlilik, hafıza kaybı, zayıf kemik yapısı ortaya çıkmaktadır. Aşırı dozda alımında ise nörolojik ve psikolojik hastalıkların olabileceği belirtilmiştir. Böbrekler, karaciğer ve kemiklerde 10-20 mg arasında manganez birikmektedir. Vücuda gıdalar aracalığıyla girmektedir. İçeriğinde manganez bulunan bazı gıdalar şu şekilde sıralanabilir: kabak çekirdeği, ıspanak, böğürtlen, kuşkonmaz, brokoli, tahıllar, incir, muz, fındık, badem vb. Vücuda kişi başı günlük 2-9 mg arasında manganez alınmaktadır (Eskier 2017). Türk Gıda Kodeksi'nde manganez beslenme referans değeri 2 mg olarak belirtilmiştir. Bu değer günlük alınması gereken manganez miktarını ifade etmektedir (Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği 2017). Türkiye Beslenme Rehberinde ise günlük alınması gereken manganez miktarı 1-3 mg arasında bildirilmiştir (TÜBER 2016). Şekil 4.7'de kaya tuzu numunelerinin manganez element derişimleri bakımında karşılaştırmalı grafiği verilmiştir. 17 adet kaya tuzu numunesinin hepsinde manganez minerali anlamlı bir sonuç vermiştir. K7 numunesi en fazla manganez mineralini içeren kaya tuzu olurken K9

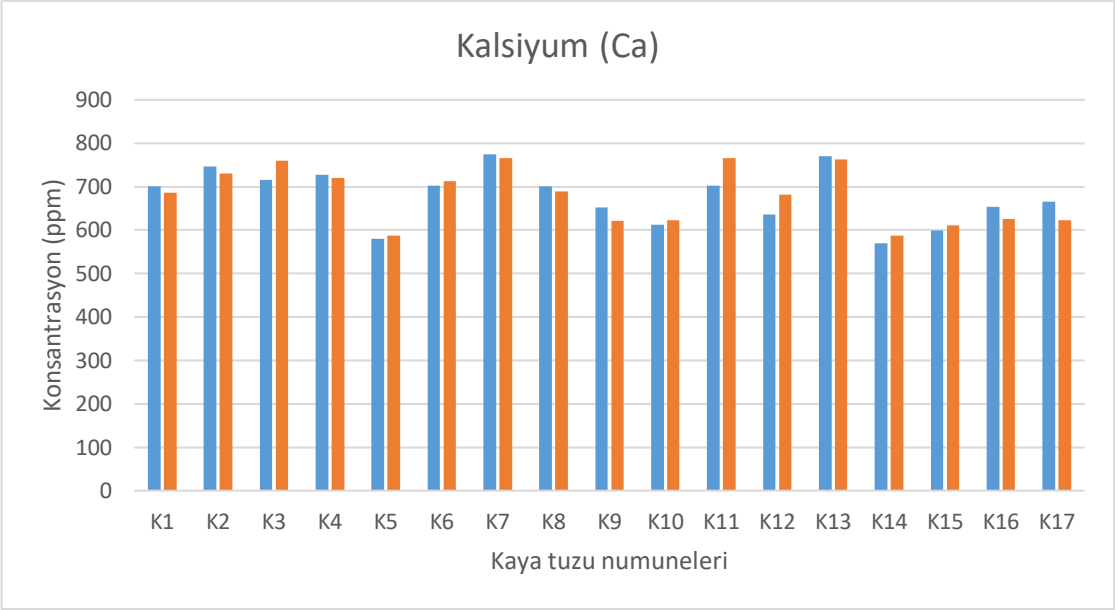
numunesinde en düşük derişim tespit edilmiştir. Numunelerin ortalama manganez derişim aralığı ise 6,5-25,7 µg kg^{-1} arasında çıkmıştır. Türk Gıda Kodeksi ile karşılaştırmak açısından mg dönüşümü yapılırsa 0,0065-0,0257 mg kg^{-1} sonucu elde edilir. Bu sonuca göre tuzdan alınan manganez minerali çok düşük miktarlarda olmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirtilen günlük 5 gramlık tuz miktarı açısından değerlendirildiğinde ise kaya tuzu numunelerinden alınan en fazla manganez miktarı $1285x10^{-7}$ mg/5 g gibi çok düşük bir değer olmaktadır. Eğer günlük alınması gereken 2 mg manganez miktarını sadece kaya tuzu ile karşılamak isteseydik yaklaşık 77 kg gibi astronomik bir miktarda tuz tüketmemiz gerekirdi. Bu açıdan bakıldığında kaya tuzu numuneleri, manganez mineralini içermesi açısından önemlidir ancak mineralleri karşılayacak tek kaynak olması bakımından son derece yetersizdir.



Şekil 4.7 Kaya tuzu numunelerinin manganez element derişimleri açısından karşılaştırılması

Kalsiyum (Ca), insan metabolizmasında kritik görevleri olan ve sağlık için günlük alınması gereken bir mineraldir. Kemik ve diş sağlığının korunmasında, kanın pıhtılaşmasında, hücre iletim ağının gerçekleşmesinde, kas fonksiyonlarında ve sinirsel iletimlerin sağlanmasında, kalp kaslarının düzenli çalışmasında ve denetiminde önemli görevler alır. Vücuda kalsiyum almanın en güzel kaynağı gıdalardır. Kalsiyum bulunan bazı gıdalar ve 100 gramdaki miktarları şu şekilde sıralanabilir: maydanoz 2142 mg, süt

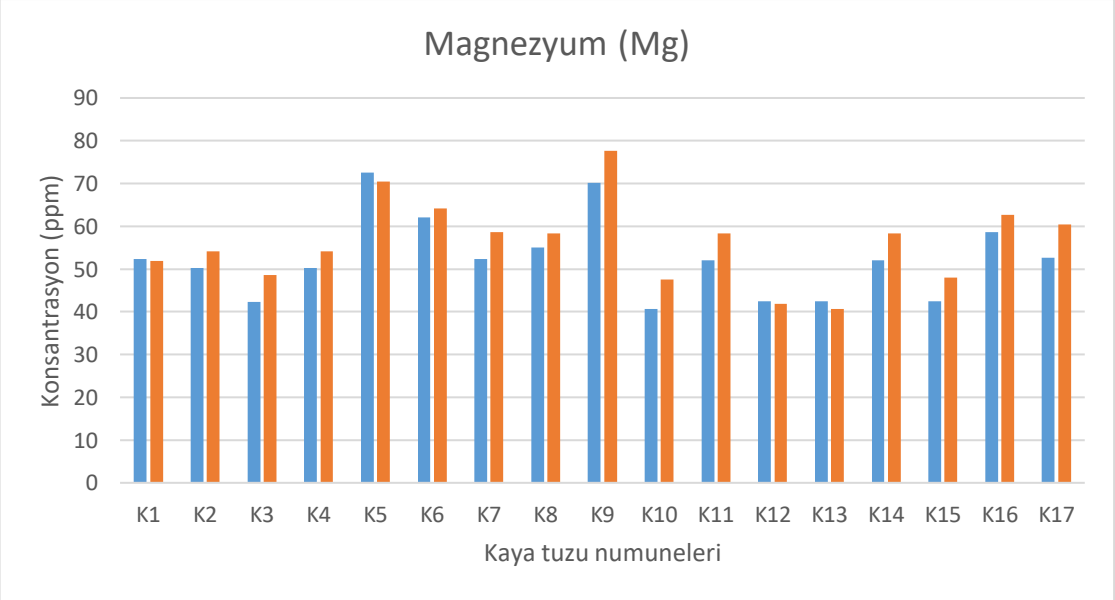
tozu 1316 mg, kaşar peyniri 715 mg, susam tohumu 693 mg, çay 642 mg, süt 523 mg, karamuk 479 mg, badem 247 mg (TÜRKOMP 2020a). Yetişkin bir insanın vücudunda 1200 mg kalsiyum bulunmaktadır. Kalsiyum çoğunlukla kemik ve dişlerde, dokularda ve vücut sıvılarında birikir. Gıdalar ile alınan kalsiyumun yaklaşık % 40 oranında bir emilimi mevcuttur (Rakıcıoğlu 2008). Türkiye Beslenme Rehberinde kalsiyum için önerilen günlük yeterli alım miktarı çocuklarda 450-800 mg, erkeklerde ve kadınlarda 800-1150 mg arasındadır (TÜBER 2016). Türk Gıda Kodeksi'nde ise kalsiyumun beslenme referans değeri 800 mg olarak bildirilmiştir (Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği 2017). Şekil 4.8'de kaya tuzu numunelerinin kalsiyum element derişimleri açısından karşılaştırmalı grafiği verilmiştir. Kaya tuzu numunelerinin hepsinde kalsiyum derişimi anlamlı değerler oluşturmuştur. Numunelerin kalsiyum miktarları, 569,7-775,2 mg kg^{-1} konsantrasyon aralığında bulunmuştur. K7 numunesi en yüksek kalsiyum derişim aralığına sahip tuz numunesi olurken K14 numunesi en az miktarda kalsiyum bulunduran numune olarak kaydedilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü'nün limit değer olarak belirttiği 5 g/gün tuz miktarı açısından değerlendirildiğinde ise kaya tuzu numunelerinden alınan en fazla kalsiyum miktarı 3,8 mg/5 g'dır. Bu miktarında %40'ı emilmekte ve vücuda alınan kalsiyum miktarı 1,52 mg olmaktadır. Eğer günlük alınması gereken 800 mg kalsiyum miktarını sadece kaya tuzu ile karşılamak isteseydik günlük yaklaşık 1 kg tuz tüketmemiz gerekirdi. Bu açıdan bakıldığında kaya tuzu numunelerinin kalsiyum mineralini içermesi önem teşkil etmektedir. Ancak mineralleri karşılayacak tek kaynak olması bakımından yetersizdir.



Şekil 4.8 Kaya tuzu numunelerinin kalsiyum element derişimleri açısından karşılaştırılması

Magnezyum (Mg), dışarıdan gıdalar yoluyla vücuda alınan ve organizmanın işleyişinde hayati görevleri olan önemli bir mineraldir. Sinirsel uyarıların, hormonların, nörotransmitterlerin ve elektrolitlerin iletilmesinde ve düzenlenmesinde görev alır. Hücrelerin yenilenmesinde ve protein sentezinde önemli rolleri vardır. Vücutta kalsiyum ve potasyum dengesinden sorumludur. Magnezyum eksikliğinde hücre içi potasyum oranı azalmaya başlar. Magnezyum yetersiz duruma gelirse kalsiyum ile potasyum böbreklerden dışarı atılır ve kalsiyum eklemlerde ve beyinde birikmeye başlar. Ayrıca magnezyum eksikliğinde titreme, kas krampları, ağrılar gibi fiziksel semptomlarda görülür (Reinhart 1988). Magnezyumun bulunduğu bazı gıdalar ve 100 gramdaki miktarları şu şekildedir: kabak çekirdeği 479 mg, keten tohumu 379 mg, tahin 349 mg, badem 303 mg, patlıcan 258 mg, siyah çay 200 mg, domates 177 mg, ceviz 138 mg, ıspanak 113 mg (TÜRKOMP 2020b). İnsan vücudunda yaklaşık 20-28 g magnezyum bulunmaktadır. Bu miktarın %60'ı kemiklerde %40'ı kan ve kas sistemindedir. Gıdalardaki magnezyum miktarının emilimi yaklaşık %40- 60 gibi yüksek oranlarda olmaktadır. Bu durum, normal bir günlük beslenme ile magnezyum ihtiyacının kolay bir şekilde karşılanabildiğini göstermektedir (Marino 1995). Dünya Sağlık Örgütü, kişi başı günlük alınması gereken magnezyum miktarını 280-350 mg olarak belirlemiştir. Türkiye Beslenme Rehberinde magnezyum için önerilen günlük yeterli alım miktarı çocuklarda

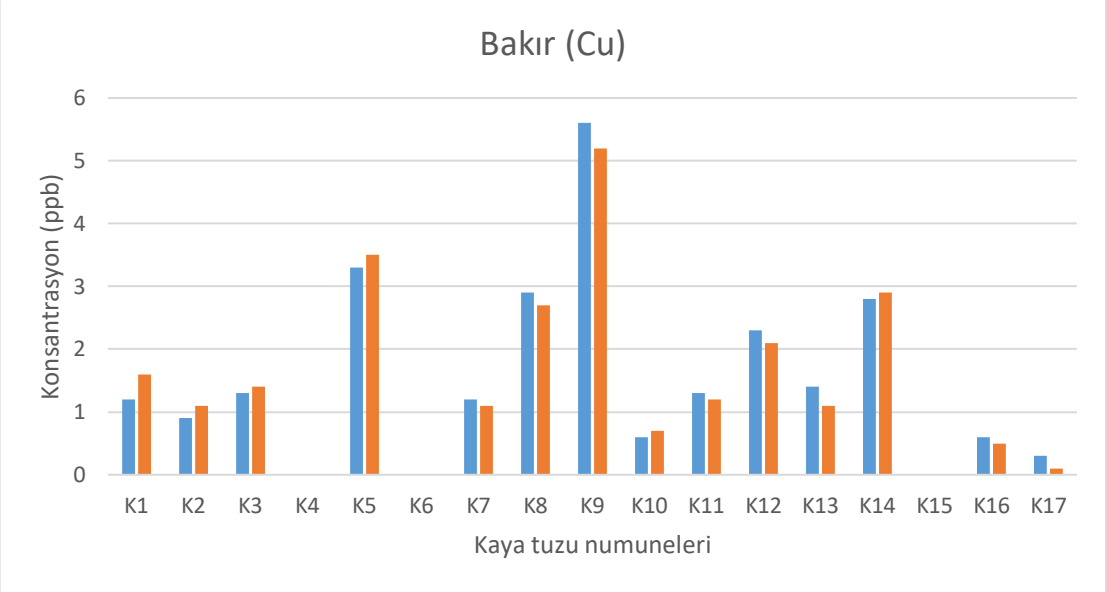
170-230 mg, erkeklerde 230-350 mg, kadınlarda 230-300 mg arasındadır (TÜBER 2016). Türk Gıda Kodeksi'nde ise magnezyumun beslenme referans değeri 375 mg olarak bildirilmiştir (Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği 2017). Şekil 4.9'da kaya tuzu numunelerinin magnezyum element derişimleri açısından karşılaştırmalı grafiği verilmiştir. Kaya tuzu numunelerinin hepsinde magnezyum derişimi anlamlı değerler oluşturmuştur. Numunelerin magnezyum miktarları, 40,7-77,6 mg kg^{-1} konsantrasyon aralığında bulunmuştur. K9 numunesi en yüksek magnezyum derişim aralığına sahip tuz numunesi olurken K13 numunesi en az miktarda magnezyum bulunduran numune olarak kaydedilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü'nün limit değer olarak bildirdiği 5 g/gün tuz miktarı açısından değerlendirildiğinde ise kaya tuzu numunelerinden alınan en fazla magnezyum miktarı 0,38 mg/5 g'dır. Bu miktarında en fazla %60 oranında emildiği hesaba katılırsa, vücuda alınan magnezyum miktarı 0,22 mg olmaktadır. Eğer günlük alınması gereken 375 mg magnezyum miktarını sadece kaya tuzu ile karşılamak isteseydik günlük yaklaşık 8,5 kg tuz tüketmemiz gerekirdi. Bu açıdan bakıldığında kaya tuzu numunelerinin magnezyum mineralini içermesi önemlidir ancak mineralleri karşılayacak tek kaynak olması bakımından yetersizdir.



Şekil 4.9 Kaya tuzu numunelerinin magnezyum element derişimleri açısından karşılaştırılması

Bakır (Cu), doğada çok yaygın bulunan esansiyel bir elementtir. Demirin bağırsaklardan absorbe edilmesini ve hemoglobine ulaştırılmasını sağlar. Bakır eksikliğinde kansızlık, iştahsızlık, baş dönmesi, kramplar ve Menkes hastalığı görülür. Bakır toksititesi, karaciğer, böbrek ve beyinde ciddi hasarlar meydana getirirken aynı zamanda Wilson hastalığına neden olur. Yiyecek ve içeceklere bakır içeren maddelerin yüksek dozda karışmasıyla veya bakır tuzlarının yutulması sonucu bakır zehirlenmesi gerçekleşir. Organizmada yaklaşık 80 mg bakır bulunmaktadır. Bunun %10'u karaciğerde ve %50'si kemiklerde birikir. Bir insanın günlük diyetle 2-5 mg aralığında bakır aldığı bilinmektedir. Bu miktarın %32'sinin (0,6-1,6 mg) emilimi gerçekleşmektedir (Aydın vd. 1992). Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde bakır ve bileşiklerinin maksimum emisyon değeri 0,5 mg/Nm^3 olarak belirlenmiştir (Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik 2014). Türkiye Beslenme Rehberinde bakır için önerilen günlük yeterli alım miktarı çocuklarda 0,7-1 mg, erkeklerde 1-1,6 mg, kadınlarda 1-1,5 mg arasındadır (TÜBER 2016). Türk Gıda Kodeksi'nde bakırın beslenme referans değeri 1 mg olarak bildirilmiştir (Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği 2017). Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliği'nde ise işlenmiş tuzlarda ve yeraltı tuzlarında bulunabilecek maksimum bakır konsantrasyonu 2 mg/kg olarak verilmiştir (Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliği 2013). Şekil 4.10'da kaya tuzu numunelerinin bakır element derişimleri açısından karşılaştırmalı grafiği verilmiştir. Numunelerin bakır miktarları, 0,1-5,6 µg kg^{-1} konsantrasyon aralığında bulunmuştur. K9 numunesi en yüksek bakır içeren numune olurken K17 numunesi en az bakır derişimine sahip numune olarak kaydedilmiştir. K4, K6 ve K15 numunelerinin bakır miktarları sıfırın altında çıkarak anlamlı bir sonuç vermemiştir. Kaya tuzu numunelerinin hepsi Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliği'nin çizdiği bakır limit değerinin altında sonuç vermiştir. Dünya Sağlık Örgütü'nün limit değer olarak bildirdiği 5 g/gün tuz miktarı açısından değerlendirildiğinde ise kaya tuzu numunelerinden alınan en fazla bakır miktarı $28x10^{-6}$ mg/5 g'dır. Bu miktarında en fazla %32 oranında emildiği hesaba katılırsa, vücuda alınan bakır miktarı $896x10^{-8}$ mg olmaktadır. Eğer günlük alınması gereken 1 mg bakır miktarını sadece kaya tuzu ile karşılamak isteseydik günlük yaklaşık 558 kg gibi ütopik bir miktarda tuz tüketmemiz gerekirdi. Bu açıdan bakıldığında kaya tuzu numunelerinin esansiyel ve eser bir element

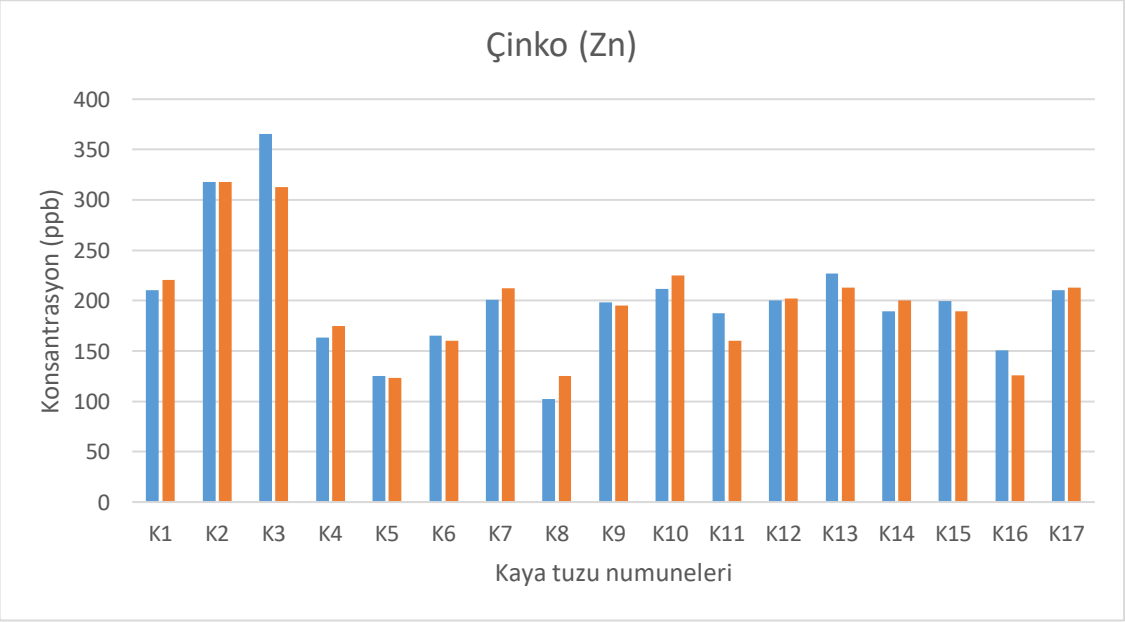
olan bakır mineralini içermesi önemlidir ancak mineralleri karşılayacak tek kaynak olması bakımından yetersizdir.



Şekil 4.10 Kaya tuzu numunelerinin bakır element derişimleri açısından karşılaştırılması

Çinko (Zn), vücutta önemli görevler alan, mutlaka günlük diyette alınması gereken esansiyel bir mikro elementtir. DNA, RNA ve protein sentezinde, insülinin aktive edilmesinde, A vitamininin hücrelere taşınmasında, yaraların iyileşmesinde, serbest radikallerin yıkımında görev alır. Ayrıca bağışıklık sisteminin güçlenmesinde ve hücre içi yapılarda düzenleyici olarak önemli bir rol oynamaktadır. Çinko fazlalığında ortaya çıkabilecek semptomlar ve hastalıklar tespit edilmemiştir. Bilhassa tedavi amacıyla gereğinden fazla alınan çinkonun patolojik bir etkiye sebep olmadığı belirtilmiştir. Çinko eksikliğinde ise büyümede gerilik, tat ve koku kaybı, yaraların geç iyileşmesi, majör depresyon, Alzheimer hastalığı, solunum yolu enfeksiyonları ve immünolojik rahatsızlıklar ortaya çıkmaktadır (Akdeniz vd. 2016). Çinko içeren başlıca gıdalar ve 100 gramdaki miktarları şu şekildedir: et ve et ürünleri 92 mg, kabak çekirdeği 10,35 mg, tahin 9,08 mg, buğday 5,93 mg, susam tohumu 5,13 mg, pikan cevizi 5,02 mg, tulum peyniri 4,32 mg, yumurta 2,80 mg (TÜRKOMP 2020c). İnsan vücudunda yaklaşık 2-3 g çinko bulunmaktadır. Bu miktarın %60' kaslarda, %20-30'u kemiklerde, 5'i karaciğerde, %1,6'sı beyinde depolanmakla birlikte %6'sı deri ve saçlarda bulunur ancak metabolik faaliyetlerde yer almaz. Vücuda alınan çinkonun yaklaşık %30 oranında emilimi

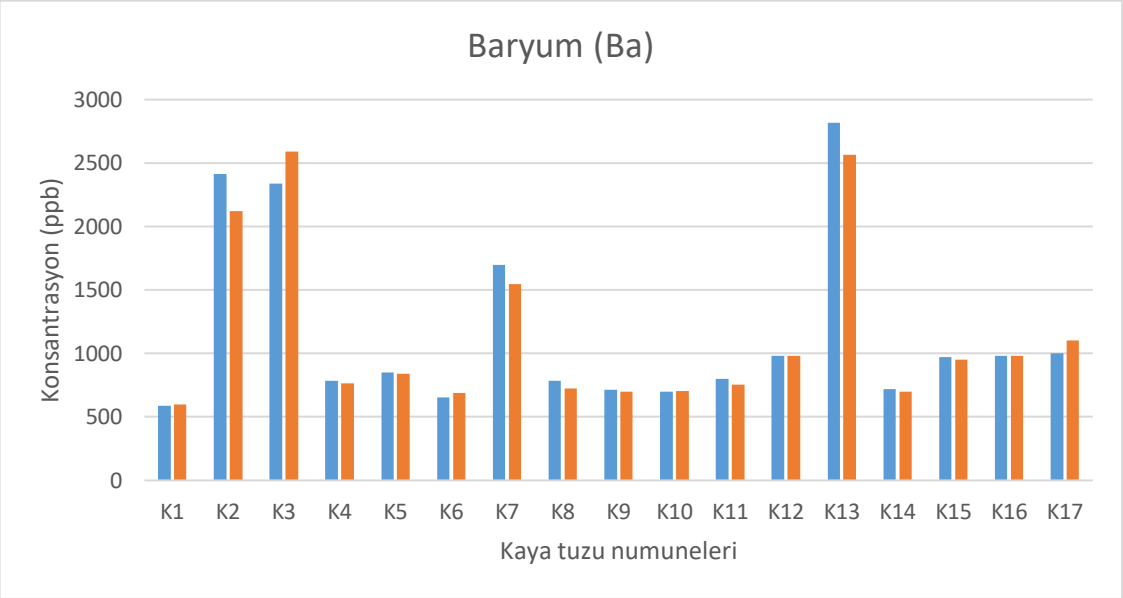
gerçekleşmektedir (Akdeniz vd. 2016). Türkiye Beslenme Rehberinde çinko için önerilen günlük yeterli alım miktarı çocuklarda 4,3-5,5 mg, erkeklerde 5,5-16,3 mg, kadınlarda 5,5-12,7 mg arasındadır (TÜBER 2016). Türk Gıda Kodeksi'nde ise çinkonun kişi başı günlük alınması gereken miktarı 10 mg olarak bildirilmiştir (Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği 2017). Şekil 4.11'de kaya tuzu numunelerinin çinko element derişimleri açısından karşılaştırmalı grafiği verilmiştir. Kaya tuzu numunelerinin hepsinde çinko derişimi anlamlı değerler oluşturmuştur. Numunelerin çinko miktarları, 102,3-365,2 µg kg^{-1} konsantrasyon aralığında bulunmuştur. K3 numunesi en yüksek konsantrasyonda çinko içeren kaya tuzu olurken K8 numunesi en az çinko minerali içeren numune olarak kaydedilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü'nün limit değer olarak bildirdiği 5 g/gün tuz miktarı açısından değerlendirildiğinde ise kaya tuzu numunelerinden alınan en fazla çinko miktarı 0,3652 mg/5 g'dır. Bu miktarın %30 oranında emildiği bilindiğine göre, vücuda alınan çinko miktarı 0,109 mg olmaktadır. Eğer günlük alınması gereken 10 mg çinko miktarını sadece kaya tuzu ile karşılamak isteseydik günlük yaklaşık 458 g tuz tüketmemiz gerekirdi. Bu açıdan bakıldığında kaya tuzu numunelerinin esansiyel bir element olan çinko mineralini içermesi önemlidir ancak mineralleri karşılayacak tek kaynak olması bakımından son derece yetersizdir.



Şekil 4.11 Kaya tuzu numunelerinin çinko element derişimleri açısından karşılaştırılması

Baryum (Ba), yüksek toksik etkiye sahip toprak alkali bir metaldir. Deniz sularında ve bazı toprak çeşitlerinde yüksek oranlarda bulunmakla birlikte fındık, fıstık, deniz yosunu ve bazı balık türlerinde çok düşük seviyelerde bulunmaktadır. Suda eriyebilen baryum bileşikleri ciddi oranda zehirlidir ve bileşiğin türüne göre 1-20 g aralığı öldürücü doz miktarıdır. Baryum kloridin 0,8-0,9 g ağız yoluyla alımı ölüm ile sonuçlanırken baryum karbonatın 0,8 g dozda alınması 2-12 saat içerisinde kişinin ölümüne sebep olur. Vücut tarafından absorbe edilen baryum yüksek oranda kemiklerde birikmektedir. %90-99 oranında dışkı ile, geri kalan miktarı ise %1-10 oranında idrarla atılmaktadır. İçinde baryum bulunan dumanların az miktarda bile solunması halinde 1 saat içerisinde solunum yetmezliği ve nörolojik bulgular açığa çıkarken 2-3 saat içinde kişinin ölümü gerçekleşmektedir (Gürpınar ve Aşırdizer 2007). Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde baryum ve bileşiklerinin maksimum emisyon değeri 5 mg/Nm^3 olarak belirlenmiştir (Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik 2014). Türk Gıda Kodeksi'nde ise plastik madde ve malzemelerden gıda veya gıda benzeri malzemelere geçebilecek maksimum baryum miktarı 1 mg/kg olarak verilmiştir (Türk Gıda Kodeksi Gıda İle Temas Eden Plastik Madde ve Malzemeler Tebliği 2013). Şekil 4.12'de kaya tuzu numunelerinin baryum element derişimleri açısından karşılaştırmalı grafiği verilmiştir. Kaya tuzu numunelerinin hepsinde baryum elementi bulunmakla birlikte bazı numunelerde yüksek değerlerde sonuçlar alınmıştır. Baryum bileşiklerinin sondaj uygulamalarında kullanılması tuz numunelerinde yüksek derişim baryum elde edilmesine neden olabilir. Çünkü kaya tuzu çıkarımında çözelti madenciliği tekniği tercih edilmektedir. Bu uygulamada kullanılan sondaj malzemelerinin baryum içerdiği bilindiğine göre doğal olarak çıkarılan kaya tuzlarında da baryum elementi bulunabilir. Numunelerin baryum derişim aralığı 589,3-2816,4 $\mu g\ kg^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. K13 numunesi en çok baryum içeren numune olurken K1 numunesi en az baryum elementi içeriğine sahip numune olarak kaydedilmiştir. Kaya tuzu numunelerinde tespit edilen en fazla baryum konsantrasyonu aralığı 1-2,81 $mg\ kg^{-1}$ olmuştur. Türk Gıda Kodeksi'nin çizdiği 1 $mg\ kg^{-1}$ limit değeri açısından kıyaslandığında ise K2, K3, K7, K13 kaya tuzu numunelerinde baryum sınır değerin üstünde çıkmıştır. Yapılan in vitro çalışmalarında kaya tuzu numunelerinde çıkan baryum seviyesi letal doz olarak tanımlanmamıştır. Dünya Sağlık Örgütü'nün limit değer olarak bildirdiği 5 g/gün tuz miktarı açısından

değerlendirildiğinde ise kaya tuzu numunelerinden alınan en fazla baryum miktarı 0,014 mg/5 g'dır. Bu miktarın %90'ının dışkı ile atıldığı bilindiğine göre 0,0126 mg dışkı ile, kalan %10'luk kısma tekabül eden 0,0014 mg ise idrar ile atılmaktadır. Bu nedenle kaya tuzu numunelerinde bulunan baryum miktarı organizma açısından sağlığı tehdit edecek bir problem doğurmamaktadır.



Şekil 4.12 Kaya tuzu numunelerinin baryum element derişimleri açısından karşılaştırılması

4.2.3 Kaya Tuzu Numunelerinde Tespit Edilen Element Derişimlerinin İstatistiki Değerlendirmesi

Kaya tuzu numunelerinin betimleyici istatistiki bilgileri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Kaya tuzu numunelerinde tespit edilen elementlerin derişimleri açısından örneklem genişliği, konsantrasyonların ortalamaları, standart sapma, standart hata, en küçük ve en büyük değerler gibi istatistik verileri tablo halinde sunulmuştur. Betimleyici istatistik analizi SPSS (Statistical Package for the Social Sciences)'de rapor edilmiştir. Analiz %95 güven aralığında çalıştırılmış ve sonuçlar bu kapsamda değerlendirilmiştir. Betimleyici istatistik analizi sonuçlarına göre kaya tuzu numunelerinin aralarında anlamlı bir farklılık bulunmadığı çıkarımına varılmaktadır. Ancak analizden en net ve doğru çıkarımların yapılabilmesi için varyansların homojenlik testi, tek yönlü varyans analizi ve gerekirse çoklu karşılaştırmalı duncan testi yapılacaktır.

Çizelge 4.2 Kaya tuzu numunelerinin betimleyici istatistiki bilgileri

	N (Örneklem Genişliği)	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Kitle Ortalamaları İçin %95 Güven Aralığı		En Küçük Değer	En Büyük Değer
					Alt Sınır	Üst Sınır		
1,0	8	197,6188	285,80722	101,04811	-41,3221	436,5596	0,00	693,45
2,0	8	424,0313	788,70974	278,85100	-235,3466	1083,4091	0,35	2267,90
3,0	8	449,9500	854,21643	302,01111	-264,1928	1164,0928	0,25	2462,95
4,0	8	216,4500	334,29917	118,19261	-63,0311	495,9311	0,00	775,85
5,0	8	204,8188	325,52568	115,09071	-67,3275	476,9650	0,00	846,15
6,0	8	203,6500	304,48680	107,65234	-50,9073	458,2073	0,00	707,35
7,0	8	334,8625	582,10184	205,80408	-151,7868	821,5118	0,00	1621,60
8,0	8	204,1313	323,88230	114,50969	-66,6411	474,9036	0,00	753,90
9,0	8	203,2625	297,25392	105,09513	-45,2480	451,7730	0,00	707,10
10,0	8	199,6063	293,51194	103,77214	-45,7759	444,9884	0,00	700,30
11,0	8	219,3625	335,54259	118,63222	-61,1581	499,8831	0,00	775,30
12,0	8	238,0813	375,50087	132,75961	-75,8453	552,0078	0,00	981,45
13,0	8	467,9688	935,55048	330,76704	-314,1710	1250,1085	0,20	2690,85
14,0	8	194,2375	287,86831	101,77682	-46,4264	434,9014	0,00	711,45
15,0	8	228,0812	360,75547	127,54632	-73,5179	529,6804	0,00	960,00
16,0	8	228,9313	373,28447	131,97599	-83,1424	541,0049	0,00	981,45
17,0	8	247,9875	392,60436	138,80660	-80,2380	576,2130	0,00	1052,35
Toplam	136	262,5313	464,44489	39,82582	183,7680	341,2945	0,00	2690,85

Çizelge 4.3'de varyansların homojenlik testi sonuçları verilmiştir. Varyans değerlerin homojenliği Levene İstatistiği kullanılarak kontrol edilmiştir. Levene testinden elde edilen p değeri >0,05'ten büyük ise varyans homojenliği varsayımının sağlanmış olduğu çıkarımı yapılır. Çizelge 4.3'de rapor edilen p=0,137 değeri 0,05'ten büyük olduğu için grupların varyanslarının eşit olduğu ve gruplar arasında bir farklılık olmadığı sonucuna varılmaktadır. Bu durumda H_0 kabul edilir ve homojenlik kontrolü sağlanmış olur. Eğer H_1 kabul edilseydi varyansların homojenliği dağılacak ve Kruskal-Wallis testinin yapılması zorunlu hale gelecekti. Varyansların eşitlik sağladığı veya eşitliğinin bozulduğu durumlarda Post Hoc testlerinin uygulanması gerekir. Analiz sonuçları, varyansların homojen olduğunu gösterdiği için tek yönlü varyans analizinin yapılmasına karar verilmiştir.

Çizelge 4.3 Kaya tuzu numunelerinde varyansların homojenlik testi

Levene Testi	Serbestlik Derecesi 1	Serbestlik Derecesi 2	p değeri
1,459	16	119	0,127

Çizelge 4.4'de tek yönlü varyans analizi (Anova) sonuçları verilmiştir. Tek yönlü varyans analizleri iki taneden fazla değişken gruplar söz konusu olduğunda, bu grupların arasında anlamlı bir fark olup olmadığını ifade etmektedir. Ancak hangi grupların birbirinden farklı olduğu bilgisi bu analiz ile elde edilememektedir. Hangi grupların birbirinden farklı olduğunu tespit etmek için ise Post Hoc testleri kullanılmaktadır. Anova verilerinin yer aldığı Çizelge 4.4'de F testi sonucunun 0,303 ve p değerinin 0,996 çıktığı görülmektedir. F değeri ile p değeri arasında fonksiyonel bir bağıntı vardır. İkisi de Anova tablosunu yorumlamak için önem arz eder. P değeri 0,05'ten büyük sonuç verdiği için H_0 hipotezi kabul edilmiştir. Yani %95 güven aralığında kaya tuzu numuneleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmadığı sonucu elde edilmiştir.

Çizelge 4.4 Kaya tuzu numunelerinin tek yönlü varyans analizi (Anova) sonuçları

Değişim	Karelerin Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F testi	p değeri
Gruplar arası	1138518,606	16	71157,413	0,303	0,996
Grup içi	27982203,738	119	235144,569		
Toplam	29120722,345	135			

Çoklu karşılaştırmalı duncan testi tek yönlü varyans analizi sonuçlarında anlamlı bir fark bulunduğu durumlarda yapılmaktadır. Gruplar arasında bir fark tespit edildiğinde hangi gruplar arasında farklılık olduğunu görmek adına çoklu karşılaştırmalı duncan testine başvurulur. Ancak Çizelge 4.4'de verilen Anova testi verilerini incelediğimizde gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmadığı ispatlanmıştır. Buna rağmen çoklu karşılaştırmalı duncan testi yapılarak gruplar arasında bir farklılık olmadığı sonucu doğrulanmıştır. Çizelge 4.5'de çoklu karşılaştırmalı duncan testi sonuçları verilmiştir. Netice itibariyle kaya tuzu numunelerinde tespit edilen element derişimleri arasında

anlamlı bir farklılık olmadığı ve dolayısıyla birbirine benzer özellikte olduğu çoklu karşılaştırmalı duncan testi ile kaydedilmiştir.

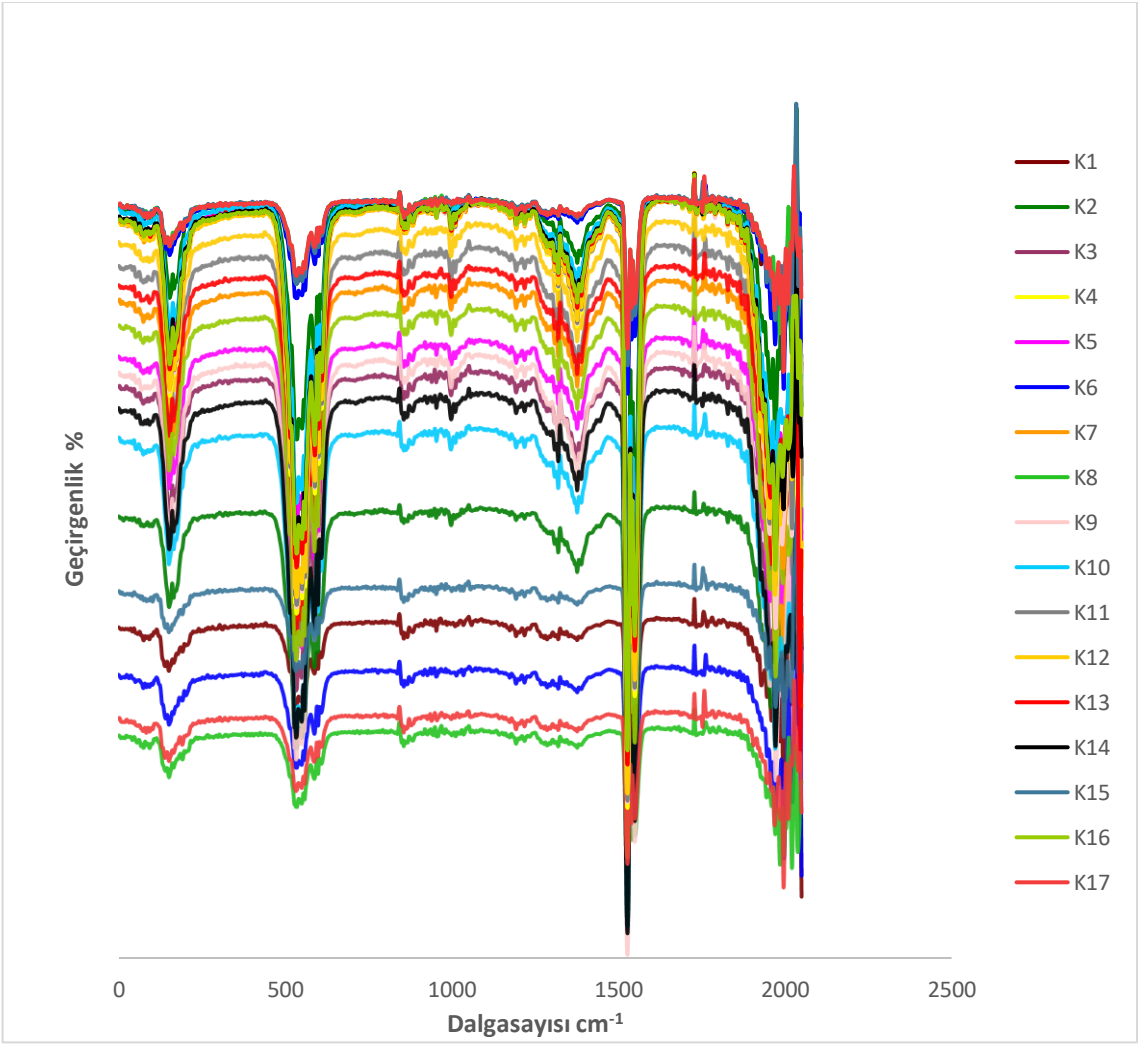
Çizelge 4.5 Kaya tuzu numunelerinin çoklu karşılaştırmalı duncan testi sonuçları

Duncan[a]

Numuneler	N (Örneklem Genişliği)	Güven Aralığı = 0.05
		1
14,0	8	194,2375
1,0	8	197,6188
10,0	8	199,6063
9,0	8	203,2625
6,0	8	203,6500
8,0	8	204,1313
5,0	8	204,8188
4,0	8	216,4500
11,0	8	219,3625
15,0	8	228,0812
16,0	8	228,9313
12,0	8	238,0813
17,0	8	247,9875
7,0	8	334,8625
2,0	8	424,0313
3,0	8	449,9500
13,0	8	467,9688
P Değeri		0,369

4.3 Kaya Tuzu Numunelerinin FT-IR Analizi Sonuçları

FT-IR spektroskopisi ile kaya tuzu numunelerinin IR titreşim bantları ölçülmüştür ve kaya tuzlarının yapısal özellikleri belirlenerek moleküler düzeyde madde analizi yapılmıştır. Şekil 4.13'de kaya tuzu numunelerinin FT-IR spektrumları verilmiştir. Elde edilen FT-IR spektraları negatif korelasyonlu bir grafik çizmiştir. Negatif korelasyon bölgelerinin pikleri bütün kaya tuzu numunelerinde benzerdir. Kaydedilen FT-IR spektrumları, kaya tuzu numunelerinin kalitatif özelliklerini ve benzerliklerini tanımlamak açısından önemlidir.



Şekil 4.13 Kaya tuzu numunelerinin FT-IR spektrumları

1526-1528 cm^{-1} dalga sayılarında spektral bölgelerin değişken şiddette kümelenmesi görülmektedir. Bu dalga sayılarındaki bantlar aromatik halka C=C tek gerilme

titreşimlerinin tipik göstergesidir. 1950-2050 cm^{-1}'deki pikler ise C≡C ve C≡N üçlü bağ gerilme titreşimine aittir. 1376 cm^{-1} dalga sayısında K1, K6, K8, K15 ve K17 numunelerinde pik oluşumu gözlenmemiştir ancak diğer numunelerde orta şiddette O-H eğilme titreşimi ortaya çıkmıştır. 1650-1800 cm^{-1} aralığındaki dalga spektraları çok az değerde pozitif korelasyon çizmektedir. Bu dalga boyları, karbonil grubunun gerilme titreşimi olarak tanımlanır. Ketonlar, aldehitler, asitler, amidler, karbonatlar, esterler, asit klorürler ve asit anhidridleri bu grupta yer alır. Kaya tuzu numuneleri, bu bölgede anlamlı bir pik oluşturmadığı için bu bileşiklerin yapısında yer almadığı tespit edilmiştir. İnfrared bölgesinin 1000 cm^{-1}'den az dalga sayısı gösterdiği alan parmak izi bölgesidir. Kaya tuzu numunelerinin hepsinde 530-533 cm^{-1} spektralarında sinyal yoğunluğu gözlenmiştir. Parmak izi bölgesi olarak tanımlanan bu bölgedeki frekanslar, molekül yapısı hakkında bilgi verdiği için molekülün tamamının karakteristik özelliklerini açıklar. Bir molekülün yapısı ve içeriğindeki küçük farklılıklar spektrumun absorbsiyon piklerinin dağılımında önemli değişikliklere neden olur. Bu bölgede, moleküllerin absorbsiyon bantları birbiri üzerine çakışmaktadır. Bu durum kaya tuzu numunelerinin birbirine benzer özellikte olduğunu göstermektedir. Kaya tuzu numunelerinin zirve bantlarında görülen dalga sayılarının spektral aralıkları paralel olmakla birlikte şu şekildedir: 151-156 cm^{-1}, 532-550 cm^{-1}, 854-866 cm^{-1}, 1526-1528 cm^{-1}, 1970-1996 cm^{-1}, 2042-2050 cm^{-1}. Sadece O-H eğilme titreşiminde bazı numuneler arasında farklılıklar tespit edilmiştir. Bu bölgedeki negatif yönlü pik değerinin sinyal yoğunluğu çok az olduğu için moleküler düzeyde anlamlı ve kayda değer bir sonuç vermemektir. Bu nedenle FT-IR analizi gerçekleştirilen 17 adet kaya tuzu numunesinden elde edilen spektrumlar, Çankırı kaya tuzunun karakteristiğini tanımlamakla birlikte kalitatif özelliklerinin birbirine benzer olduğu göstermektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çankırı kaya tuzunun içeriğindeki safsızlıkları belirleyebilmek ve tuz kristallerinin homojen veya varsa heterojen dağılımlarını görmek için numunelerin mikro fotoğrafları çekilmiştir. Çankırı kaya tuzunun moleküler düzeyde kalitatif özelliklerini çıkararak karakteristiğini belirlemek adına FT-IR analizleri, Çankırı piyasasından toplanan Çankırı kaya tuzu adı altında satışa sunulan kaya tuzu numunelerinde bulunan eser elementleri ve ağır metalleri tespit etmek amacıyla ise ICP-MS analizleri yapılmıştır.

17 adet kaya tuzu numunesinin 50 µm ölçeklerinde mikro fotoğrafları elde edilerek safsızlık dereceleri gözlemlenmiştir. Sadece K3 numunesinde, tuz kristallerinin bir bölgesine yerleşen ve böcek kalıntısı olduğu düşünülen saflığı büyük ölçüde bozan bir yabancı madde tespit edilmiştir. Bu durum, Çankırı kaya tuzu adı altında satılan Çankırı piyasası tuzlarında tağşiş yapılabileceği ihtimalini doğurmuştur. Ucuz olduğu için ithal edilen İran tuzunun, kaya tuzu adıyla paketlenerek iç piyasaya sunulduğu düşüncesi belirmiştir. Çünkü gerçek bir Çankırı kaya tuzunda yeraltı madenlerinden elde edilmesinden dolayı safsızlık etmeni olarak Ca, Mg ve SO_4 bulunabilir. Ancak elbette dış maruziyetten kaynaklanan bir kontaminasyon olabileceği de hesaba katılmalıdır. Çünkü diğer kaya tuzu numunelerinin hepsinden homojen bir dağılım söz konusu olup safsızlık derecesini yükseltecek sonuçlar görülmemiştir. Bu değerlendirmeler doğrultusunda Çankırı kaya tuzunun yüksek saflık derecesinde olduğu sonucuna varılmaktadır.

FT-IR analizi sonucunda kaya tuzu numunelerinde elde edilen spektrum aralıkları şu şekilde sıralanmıştır: 151-156 cm^{-1}, 532-550 cm^{-1}, 854-866 cm^{-1}, 1526-1528 cm^{-1}, 1970-1996 cm^{-1}, 2042-2050 cm^{-1}. 17 adet kaya tuzu numunesinden elde edilen bu spektrumlar, Çankırı kaya tuzlarının kalitatif özelliklerinin birbirine benzer olduğu ifade ederken karakteristik yapısını da ortaya çıkarmıştır.

ICP-MS analizi sonucunda; Lityum (Li), alüminyum (Al), titanyum(Ti), vanadyum (V), krom (Cr), manganez (Mn), demir (Fe), kobalt (Co), nikel (Ni), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), bakır (Cu), çinko (Zn), arsenik (As), kadmiyum (Cd), kalay (Sn), antimon (Sb), baryum (Ba), civa (Hg) ve kurşun (Pb) olmak üzere 20 tane elementin kaya tuzu numunelerindeki derişimleri tespit edilmiştir. Alüminyum (Al), nikel (Ni), demir (Fe), kobalt (Co), kalay (Sn), antimon (Sb), lityum (Li) gibi elementlere arsenik (As), civa

(Hg), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) gibi toksik ağır metallere, 17 adet kaya tuzu numunesinin hiçbirinde rastlanılmamıştır. Titanyum (Ti), sadece 4 adet kaya tuzu numunesinde sonuç vermiştir. Bu numunelerdeki titanyum derişim aralığı 0,3±0,8 µg kg^{-1} aralığında çıkmıştır. Vanadyum (V), 6 tane kaya tuzu numunesinde çıkmıştır ve 0,2±0,7 µg kg^{-1} derişim aralığı elde edilmiştir. Esansiyel-eser elementlerden olan manganez (Mn), kaya tuzu numunelerinde 6,7±25,7 µg kg^{-1} derişim aralığında bulunmuştur. Günlük diyette mutlaka alınması gereken kalsiyum (Ca) minerali, kaya tuzu numunelerinin hepsinden anlamlı ve yüksek sonuçlar vererek 569,7±775,2 mg kg^{-1} konsantrasyon aralığında çıkmıştır. Eksikliğinde kramp, ağrılar gibi semptomlar görülen ve sağlık için gerekli olan magnezyum (Mg), kaya tuzu numunelerinde 40,7±77,6 mg kg^{-1} aralığında çıkmıştır. Bakır (Cu) elementinin tuz numunelerindeki miktarı 0,1±5,6 µg kg^{-1} aralığında elde edilmiştir. Çinko (Zn) mineralinin tuz numunelerindeki miktarı, 102,3±365,2 µg kg^{-1} aralığında elde edilmiştir. Kaya tuzu numunelerinin hepsinde toksik olupta yüksek konsantrasyonda sonuç veren element baryum (Ba) olmuştur. Baryumun derişim aralığı 2816,4±589,3 µg kg^{-1} olarak tespit edilmiştir. Cheraghali *et al.* (2010) çalışmalarında, İran'da tüketilen sofra tuzunda 0,024 µg/g Cd, 0,438 µg/g Pb, 0,021 µg/g Hg ve 0,094 µg/g As tespit etmiştir. Pourgheysari *et al.* (2013) çalışmalarında, İsfahan'daki sofra tuzlarında 0.15 ± 0.02 µg/g Cd, 0.57 ± 0.1 µg/g Pb, 0.69 ± 0.09 µg/g As, 0.061 ± 0.008 µg/g Hg, 0.87 ± 0.11 µg/g Cu ve 6.34 ± 1.08 µg/g konsantrasyonlarında hem ağır metal hem de iz minerallere rastlamışlardır. Eftekhari *et al.* (2014) çalışmalarında, İran'ın Şiraz bölgesinden elde edilen tuzlarda 0.30 ± 0.26 µg/g kurşun, 0.02 ± 0.02 µg/g kadmiyum, 0.11 ± 0.06 µg/g bakır, 0.34 ± 0.22 µg/g çinko, 0.15 ± 0.19 µg/g nikel ve 0.008 ± 0.007 µg/g derişim aralığında kobalt bulmuşlardır. Hançerlioğulları ve Eyüboğlu (2020) çalışmalarında, Çankırı madenlerinden elde edilen kaya tuzlarında Cr, Co, As, Cd ve Hg konsantrasyonunu limit değerlerin altında bulurken Pb konsantrasyonunu 1.4 µg/g değerinde bulmuşlardır. Son olarak Horasan ve Öztürk (2021) çalışmalarında, Kırıkkale'de yer alan Eskikışla ve Ocakbaşı köylerinin arasında kalan bölgeden alınan tuzların ağır metal içeriklerini incelemişlerdir. Tuz numunelerinin hiçbirinde ağır metal içeriklerine rastlanılmadığını kaydetmişlerdir. Dünya çapında gerçekleştirilen bu çalışma verileri ile tez çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar kıyaslandığında, Çankırı kaya tuzunun temiz bir içeriğe sahip olduğu görülmektedir. Dünyanın en değerli ve en eski tuz yataklarının bulunduğu bölgelerden elde edilen tuzlarda dahi ağır metal içeriği tespit

edilirken Çankırı kaya tuzunda eser miktarda dahi olsa toksik metale rastlanılmaması bu tuzu elbette kıymetli kılmaktadır.

Çankırı kaya tuzunun içeriğinin toksik açıdan temiz çıkması elbette tüm sorunu çözmemektedir. Bu analiz sonuçlarını sağlıklı bir şekilde aktarmakta mühimdir. Çankırı kaya tuzunun yüksek saflıkta olması, bazı iz mineralleri içeriğinde bulundurması ve sağlığa zararlı toksik unsurlara sahip olmaması fazla miktarda kaya tuzu tüketilmesi gerektiği çıkarımını doğurmamalıdır. Dünya Sağlık Örgütü'nün 5 g tuz/gün olarak belirlediği kişi başı tuz tüketimi baz alındığında tuzdan günlük alınması gereken mineralleri ve miktarları alabilmek için astronomik rakamlarda tuz tüketmek gerektiği sonucu çıkmıştır. Bu miktarları tüketmek imkansız olduğu için sadece Çankırı kaya tuzu değil hiçbir tuz çeşidi mineral kaynağı değildir. Günlük diyette tüketilen tuzun doz aşımı, hipertansiyon ve kardiyovasküler hastalıklar gibi metabolik hastalıklara neden olmaktadır. Türkiye'de kişi başı tuz tüketimi 15-18 g gibi ciddi bir oranda tespit edilirken ve Sağlık Bakanlığı tarafından tuz azaltma programları belirlenirken, Çankırı kaya tuzunun 84 mineral içerdiği ve bol bol tüketilmesi gerektiği propagandasının halk arasında yayılması son derece üzücü bir hadisedir. Küresel çapta oluşturulan ve sürdürülen tuz azaltma stratejilerine ve programlarına ortak olarak bu projeleri desteklemek önemlidir. Geleceğini ve kendi sağlığını düşünen her insanın günlük beslenmesindeki tuz miktarını azaltması gerekir. Ancak elbette sağlıklı bir tuz tercihinde ağır metal ve mikroplastik içermemesi, yüksek saflıkta olması gibi olumlu özelliklerinden dolayı öncelikli tercih Çankırı kaya tuzu olmalıdır.

Bu tez çalışmasında, Çankırı kaya tuzuna coğrafi işaret vererek kimliğini belirlemek amaçlanmıştır. Aynı zamanda bir tuzun kalite kriterinin içerdiği mineral kaynağının sayısı değil niteliği olduğu analizlerle tespit edilerek anlatılmak istenmiştir. Esasında tuza değer atfedilmek istenirse bunu sadece içerdiği elementler bakımından değilde safsızlık derecesiyle paralel değerlendirmek daha doğru olur. Çünkü en değerli tuz, safsızlıkları içermeyen tuzdur. Çankırı kaya tuzu ise toksik etkiye sahip ağır metalleri bünyesinde barındırmayan ve yüksek saflık oranına sahip en değerli tuzdur.

KAYNAKLAR

Akcan, A.B. ve Dursun, O. 2008. Civa Zehirlenmeleri. *Güncel Pediatri Dergisi*, 6, s. 725

Akdeniz, V., Kınık, Ö., Yerlikaya, O., Akan, E. 2016. İnsan Sağlığı ve Beslenme Fizyolojisi Açısından Çinkonun Önemi. *Akademik Gıda,*14(3), s. 307-314.

Akgök, Y.Z. ve Şahiner, M. 2017. Dünyada ve Türkiye'de Lityum. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

Alp, M.S., Ergin, Z., Kahraman, B., Özkan, Ş.G. 1995. Ülkemizdeki tuz potansiyelinin değerlendirilmesi ve tuzun pazarlama koşulları. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, s. 267-275, İzmir.

Anıl, M. ve Bastacıoğlu, B.G. 2013. Tuz tabakalarında çözelti madenciliği ve oluşan boşlukta doğalgaz depolama imkânlarının araştırılması. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,* 28(2), s. 149-160.

Arnett, D.K., Blumenthal, R.S., Albert, M.A., Buroker, A.B., Goldberger, Z.D., Hahn, E.J., *et al.* 2019. ACC/AHA Guideline on the Primary Prevention of Cardiovascular Disease: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol,* 140(11), pp. e596-e646.

Atabey, E., Tarhan, N., Yusufoğlu, H., Canpolat, M. 1988. Hacıbektaş, Gülşehir, Kalaba (Nevşehir) Himmetdede (Kayseri) Arasının Jeolojisi, M.T.A. Raporu, 8523, Ankara.

ATSDR. 2019. CERCLA Priority List of Hazardous Substances. https://www.atsdr.cdc.gov/spl/index.html. Erişim Tarihi: 16.01.2021.

Avcı, S. 2003. Ekonomik coğrafya açısından önemli bir maden: tuz. *Coğrafya dergisi,* 11, s. 21-45.

Aydın, F., Ulusoy, Ş., Mocan, Z., Mocan, H., Uzun, Y. 1992. Eser element olarak bakır ve ilgili durumlar. *SSK Tepecik Hast Derg,* 2(3), s. 260-264.

Aydın, A. 2018. Prof. Dr. Ahmet Aydın'dan tuz hakkında çarpıcı tespitler. https://www.cankirituzu.com/blog/ahmet-aydin-tuz-hakkinda-aciklamalar. Erişim Tarihi: 10.11.2020.

Barceloux, D.G. and Barceloux, D. 1999. Vanadium. *Clin. Toxicol,* 37, pp. 265-278.

Barutoğlu, H.Ö. 1961. Türkiye Tuz Yatakları. *Bilimsel Madencilik Dergisi,* 1(2), s. 68-78.

Bayar, G. 2014. Edebi Metinlerde "Tuz "un motif olarak kullanımı. *AVRASYA Uluslararası Araştırmalar Dergisi,* 3(5), s. 91.

Berik, N. 2018. Titanyum dioksit ve nano titanyum dioksit kullanımının su ürünlerine olası zararları. *COMU J Mar Sci Fish,* 1(2), s. 59-65.

Biricik, G.F., Çöplü, N., Dağdelen, A.F. 2015. Gıda ile temas eden madde ve malzemelerden gıdaya geçebilecek alüminyum miktarı ve bunun riskleri. *Gıda ve Yem Bilimi - Teknolojisi Dergisi*, 15, S. 1-8.

Boğa, A. 2007. Ağır metallerin özellikleri ve etki yolları. Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, 16, s. 218-234.

Bozkuş, C. 1998. Kuzeydoğu Anadolu'da (OltuNarman Arası) Pontid / Anatolid kenet Kuşağının Stratigrafisi ve Yapısal Evrimi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(1-2), s. 487-499.

Businesswire. 2019. https://www.businesswire.com/news/home/20190604005876/en/The-Mining-Market-in-Turkey-2019-2020---ResearchAndMarkets.com. Erişim Tarihi: 11.12.2020.

Bülbül, S.H. 2004. Çocuk beslenmesinde demirin yeri ve önemi. Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fak. Çocuk Sağ. Ve Hast. A.D, 13(12), s. 446-450.

Can, M., Etemoğlu, A.B., Avcı, A. 2002. Deniz suyundan tatlı su eldesinin teknik ve ekonomik analizi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi,* 7(1), s. 147-160.

Cheraghali, A.M., Kobarfard, F., Faeizy, N. 2010. Heavy Metals Contamination of Table Salt Consumed in Iran. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research,* 9(2), pp. 129-132.

Çaklı, Ş. 2007. Su ürünleri işleme teknolojisi 1. Ege üniversitesi yayınları. Su ürünleri fakültesi, 76, İzmir.

Çevikayak, A.E. 1979. Yozgat-Yerköy-Sekili sahası tuz aramaları jeofizik (Rezistivite) etüdü. MTA Raporu, 6745, Ankara.

Çevikayak, A.E. 1981. Çankırı Balıbağ sahası tuz aramaları jeofizik (Rezistivite) etüdü. MTA Raporu, 7079, Ankara.

Demiralp, Ö.D., Naşit, İ., Selen, P., Beycan, A. 2014. Temel proteomik stratejiler. Ankara Üniversitesi Yayınevi.

Dousova, B., Machovic, V., Kolousek, D., Kovanda, F., Dornicak. 2003. Sorption of As(V) species fromaqueous systems. *Water Air Soil Pollut,* 149, pp. 251-67.

Düzyol, S. 2004. Kaya tuzuna ait mekanik parametrelerin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi. Selçuk Üniversitesi, s. 204, Konya.

Eftekhari, M.H., Mazloomi, S.M., Akbarzadeh, M., Ranjbar, M. 2014. Content of toxic and essential metals in recrystallized and washed table salt in Shiraz, Iran. *Journal of Environmental Health Sciences & Engineering,* 12(10), pp. 1-5.

Erdem, Y., Akpolat, T., Derici, Ü., Şengül, Ş., Ertürk, Ş., Ulusoy, Ş., vd. 2017. Türkiye'de yüksek sodyum alımının diyet kaynakları: SALTURK II. *Nutrients,* 9(9), s. 933.

Ergin, Z. 1988. Tuzun üretim teknolojisi ve insan sağlığındaki yeri. *Madencilik dergisi*, s. 10-30.

Erickson, L. and Thompson, T. 2005. A review of a preventable poison: pediatric lead poisoning. *J Spec Pediatr Nurs*, 10, pp. 171-82.

Erşahin, S., ve Kırıkoğlu, M. 2012. Çankırı'daki yer altı kaynakları. T.C. Kuzey Anadolu Kalkınma Ajansı. Çankırı Tuz Çalıştayı Raporu, s. 15-18, Kastamonu.

Eskier, U. 2017. Manganez Nedir ? (Özellikleri, Faydaları). https://www.makaleler.com/mangan-manganez-nedir-ozellikleri-faydalari. Erişim Tarihi: 16.01.2021.

Eşder, T. 1968. Orta Aras Depresyon bölgesinin 1 / 25000 ölçekli detay petrol etüd raporu, MTA Raporu, 42543, Ankara.

Eyüboğlu, K. 2019. Çankırı İlinde Bulunan Tuz Ocaklarından Toplanan Kaya Tuzu Örneklerinin Radyonüklit ve Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Kastamonu Üniversitesi, s. 77, Kastamonu.

Faye-Moore, F., Wibisono, C., Carr, P., *et al.* 2020. An Analysis of the Mineral Composition of Pink Salt Available in Australia. *Foods*, 9, pp. 1-15.

Food Executive. 2020. https://www.foodexecutive.com/en/marketing/2096-global-salt-consumption-raises.html. Erişim Tarihi: 03.11.2020.

Freedonia Group. 2019. Global Salt. https://www.freedoniagroup.com/brochure/W1xx/W1003smwe.pdf. Erişim Tarihi: 03.11.2020.

Globe Newswire. 2020. https://www.globenewswire.com/news-release/2020/09/11/2092500/0/en/Global-Kosher-Salt-Industry.html. Erişim Tarihi: 12.11.2020.

Google Haritalar. 2020. https://www.google.com/maps/place/Tuz+G%C3%B6l%C3%BC/@38.8566742,33.1281316,10z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x14d46bcf739b797d:0xda5f91ff31d3aa34!8m2!3d38.7627226!4d33.3486168. Erişim Tarihi: 15.12.2020.

Gündoğdu, S. 2018. Contamination of table salts from Turkey with microplastics. *Food Additives & Contaminants: Part A*, pp. 1-19.

Güngörmez, H. 2015. İktisadi açıdan bir faaliyet: Tuzluca Kaya Tuzlası. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, *Coğrafya Dergisi,* 30, s. 26-37.

Gürpınar, T., Aşırdizer, M. 2007. Baryum bileşikleriyle meydana gelen intoksikasyonlar. *Toksikoloji Dergisi*, 5(1-2), s. 5-9.

Hançerlioğulları, A. and Eyüboğlu, K. 2020. Natural radionuclide and toxic metal contents of rock salts from mines in Central Anatolia of Turkey. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, pp. 1-10.

Hassan, A., Ali, S., Muhsen, S., Rizwan, M. 2017. Heavy Metal Content of Refined and Bakery Salts Consumed in Pakistan. *Pak. j. sci. ind. res. Ser. A: phys. Sci,* 60(3), pp. 172-174.

He, F.J., MacGregor, G.A. 2009. A comprehensive review on salt and health and current experience of worldwide salt reduction programmes. *Journal of Human Hypertension*, 23, pp. 363-384.

Horasan, B.Y., Öztürk, A. 2020. Evaluation of heavy metal content of salts between Eskıkışla and Ocakbaşı (Kırıkkale) villages. *Turkish Journal of Engineering*, 5(1), pp. 29-34.

Howard H. 2001. Heavy metal poisoning In Harrison's Principles of Internal Medicine 15th Ed. McGraw-Hill, Philadelphia.

İlhan, M.N. 2002. Krom ve bileşiklerinin zararlı sağlık etkileri ve korunma. Türk Tabipleri Birliği Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi, 1, s. 35-37.

İthalatta Korunma Önlemlerine İlişkin Tebliğ. 2016. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2006/07/20060711-18.htm. Erişim Tarihi: 23.12.2020.

Janisch, E. 1994. Solare Meerwasserentsalzung. *Drechsler Gate*, Deutchland.

Jarup, L. 2003. Hazards of heavy metal contamination. *Br Med Bull*, 68, pp. 167-82.

Kiviluoto, M., Pyy, L., Pakarinen, A. 1981. Clinical laboratory results of vanadium exposed workers. *Arch. Environ. Health*, 36, pp. 109–113.

Karavoltsos, S., Sakellari, A., Bakeas, E., Bekiaris, G., *et al.* 2020. Trace elements, polycyclic aromatic hydrocarbons, mineral composition, and FT-IR characterization of unrefined sea and rock salts: environmental interactions. *Environmental Science and Pollution Research*, pp. 1-12.

Kartal, G., Güven, A., Kahvecioğlu, Ö., Timur, S. 2004. Metallerin çevresel etkileri –II, İTÜ, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Kaya, S., Pirinçci, İ., Bilgili, A. 1998. Veteriner hekimliğinde toksikoloji. Ankara.

Keskin Köylü, M. 2017. Tuz Gölü'nün finansal yatırım değeri ve ekonomik büyümeye katkısı. *International Journal of Academic Value Studies*, 3(15), pp. 127-137.

Kılıç, O., Kılıç, A.M., Uyanık, E. 2001. "Tuz Gölü'nden tuz yan ürünleri üretiminin/sraştırılması". 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, s. 316 -322, İzmir.

Koday, S. 1998. Tuz Gölü tuzlaları. Marmara Coğrafya Dergisi, 0(2), s. 128-149.

Konak, N., Hakyemez, H.Y., Bilgiç, T., Bilgin, R., Hepşen, N., Ercan, T. 2001. Kuzeydoğu Pontidlerin (Oltu-Olur-Şenkaya-Narman-Uzundere-Yusufeli) jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Raporu, 10489, Ankara (yayımlanmamış).

Konya İli 2013 Çevre Durum Raporu. 2014. https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Konya_icdr2013.pdf. Erişim Tarihi: 24.12.2020.

Kruck, O., Crotogino, F., Prelicz, R., and Rudolph, T. 2013. Overview on all known underground storage Technologies for hydrogen. *HyUnder Deliverable*, 3(1).

Kurlansky, M. 2003. Tuz- İnsanlığın Tuzlu Tarihi (Çeviren A. Çakıroğlu). Aykırı Yayınları. İstanbul.

Küçükaytan, B. 2007. Masif kaya tuzunda depo tasarımı amaçlı kuramsal yaklaşım ve fiziksel çalışmalar. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi, s. 114, Ankara.

Lefond, S.J. 1969. Handbook of world salt resources. Plenum Pres, 384 p., New York.

Laatikainen, T., Pietinen, P., Valsta, L., Sundvall, J., Tuomilehto, J. 2006. Sodium in the Finnish diet: 20-year trends in urinary sodium excretion among the adult population. *European Journal of Clinical Nutrition*, 60(8), pp. 965-970.

MAPEG. 2020. http://www.mapeg.gov.tr/maden_istatistik.aspx. Erişim Tarihi: 14.12.2020.

Marino, P.L. 1995. Calcium and magnesium in critical illness: A practical approach. In: Sivak ED, Higgins TL, Seiver A, eds. The high risk patient: Management of the critically ill. Baltimore: Williams and Wilkins, pp. 1183-95.

Mining for Generations. 2019. Turkish-Swedish Mining Platform for More Sustainable, Safe and Efficient Mining. https://miningforgenerations-turkey-2019.b2match.io/. Erişim Tarihi: 11.12.2020.

Monique, T., Feng, J.H., Changgiong, W., Graham, A.M. 2019. Twenty-four-hour urinary sodium and potassium excretion in China: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Heart Association*, 8(14), pp. 1-44.

Mukherjeea, B., Patraa, B., Mahapatraa, S., Banerjeea, P., Tiwarib, A., Chatterjeea, M. 2004. Vanadium an element of atypical biological significance. *Toxicol. Lett*, 150, pp. 135–143.

Özdemir, Ö. 2016. Türkiye'de tuz sektörü. Bloomberg İrfan Donat röportajı. 02.11.2016. Erişim: http://www.bloomberght.com/yorum/irfan-donat/1938663-turkiyede-tuz-sektoru/. Erişim Tarihi: 14.12.2020.

Özkan G. 2009. Endüstriyel bölge komşuluğunda kıyısal kırsal alandaki hava kalitesi; Muallimköy'de partikül madddede ve topraktaki ağır metal kirliliği. Yüksek Lisans Tezi. GYTE Fen Bilimleri Enstitüsüsü, Gebze.

Özşen, H. 2009. Kaya tuzuna ait kısa ve uzun dönemli özelliklerin belirlenmesi ve matematiksel modellenmesi. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi, 340 s., Konya.

Pourgheysari, H., Moazeni, M., Ebrahimi, A. 2013. Heavy metal content in edible salts in Isfahan and estimation of their daily intake via salt consumption. *International Journal of Environmental Health Engineering*, 1(1), pp. 41-45.

PTI. 2016. Gujarat government rolls back 5 per cent VAT on industrial salt: The New Indian Express. http://www.newindianexpress.com/business/news/Gujarat-Government-rollsback-5-per-cent-VAT-on-industrial-salt/2016/05/26/article3452385.ece. Erişim Tarihi: 26.05.2017.

Rakıcıoğlu, N. 2008. Kalsiyum, D vitamini ve Osteoporoz. T.C. Sağlık Bakanlığı, s. 20, Ankara.

Raj, S., Santos, J. A., McKenzie, B., Trieu, K., *et al*. 2019. The Science of Salt: Updating the evidence on global estimates of salt intake. *The Journal of Clinical Hypertension*, 21(6), pp. 710-721.

Reinhart, R.A. 1988. Magnesium metabolism: A review with a special reference to the relationship between intracellular content and serum levels. *Arch Intern Med*, 148, pp. 2415-2420.

Richter-Bernburg, G. ve Schott, W. 1959. The structural development of Northwest German salt domes and their importance for oil accumulation. *Fifth World Petroleum Congress*, pp. 1-13.

Roskill. 2020. https://roskill.com/market-report/salt/. Erişim Tarihi: 07.11.2020.

Sakurai, H., Yoshikawa, Y. and Yasui, H. 2008. Current state for the development of metallopharmaceutics and antidiabetic metal complexes. *Chem. Soc. Rev*, 37, pp. 2383-2392.

Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde Değişik Yapılmasına Dair Yönetmelik. 2014. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/12/20141220-2.htm. Erişim Tarihi: 16.01.2021.

Shariatifar, N., Mozaffari Nejad, A.S., Fathabad, A.E. 2016. Assessment of heavy metal content in refined and unrefined salts obtained from Urmia, Iran. *Toxin Reviews*, pp. 1-5.

Soylak, M., Peker, D.S., Türkoğlu, O. 2008. Heavy metal contents of refined and unrefined table salts from Turkey, Egypt and Greece. *Environ Monit Assess*, 143, pp. 267-272.

Sönmez, İ. ve Aydındağ, K.A. 2017. Çankırı Çorum Havzasında halit (NaCl), globerit ($Na_2Ca(SO_4)_2$) ve blodit ($Na_2Mg(SO_4)_24H_2O$) Oluşumları. *MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, 23, s. 13-26.

Spiro, T.G., Purvis Roberts, K.L., Stigliani, W.M. 1996. Chemistry of the environment, 3rd edition. University Science Books, US.

Statista. 2020a. https://www.statista.com/statistics/237162/worldwide-salt-production/. Erişim Tarihi: 28.10.2020.

Statista. 2020b. https://www.statista.com/chart/18937/salt-consumption/ sitesinden değiştirilerek alınmıştır. Erişim Tarihi: 30.10.2020.

Şahiner, M. 2020. Madencilik sektörüne ait temel ekonomik göstergeler 2019. MTA Genel Müdürlüğü Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı, s. 99, Ankara.

Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics,* 75, pp. 181–241.

T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi. 2011. Yayın Hizmeti Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik. https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=15508&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5. Erişim Tarihi: 20.12.2020.

T.C. Mardin Artuklu Üniversitesi. 2020. https://www.artuklu.edu.tr/merkezi-arastirma-laboratuari/icp-ms-induktif-olarak-eslestirilmis-plazma---kutle-spektrometresi. Erişim Tarihi: 10.01.2021.

T.C. Sağlık Bakanlığı. 2019. https://sggm.saglik.gov.tr/TR,19805/tuza-dikkat-haftasi-farkindalik-etkinligi.html Erişim Tarihi: 20.12.2020.

T.C. Sağlık Bakanlığı. 2020. https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/beslenmehareket-haberler/tuza-dikkat-haftas%C4%B1-4-10-mart-2019.html. Erişim Tarihi: 02.11.2020.

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. 2020. http://www.lonca.gov.tr/Sektor.aspx?sektorkodu=08.93. Erişim Tarihi: 15.12.2020.

Thomas, R. 2001. A Beginner's guide to ICP-MS, Part III: The plasma source. *Spectroscopy*, 16(6), pp. 26-30.

Timur, M. 2016. Fren balatalarında kullanılan antimonun çevre ve insan sağlığına etkilerinin araştırılması. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 32(2), s. 1-5.

TrendEconomy. 2020. https://trendeconomy.com/. Erişim Tarihi: 11.11.2020.

Tribune. 2016. Kaul opens rock salt mine project: The Tribune (Chandigarh, India). http://www.tribuneindia.com/news/himachal/kaul-opens-rock-salt-mineproject/306842.html. Erişim Tarihi: 09.10.2016.

TÜBER. 2016. T.C. Sağlık Bakanlığı, Türkiye Halk Sağlığı Kurumu. Ankara.

TÜİK. 2020. https://biruni.tuik.gov.tr/disticaretapp/menu.zul. Erişim Tarihi: 20.12.2020.

Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliği. 2013. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/04/20130410-19.htm. Erişim Tarihi: 20.12.2020.

Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği. 2017. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/01/20170126M1-5.htm. Erişim Tarihi: 17.01.2021.

Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği. 2012. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/01/20120104-6.htm. Erişim Tarihi: 20.12.2020.

Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği. 2012. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/12/20121205-12.htm. Erişim Tarihi: 20.12.2020.

Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği. 2013. https://kms.kaysis.gov.tr/(X(1)S(dux43opzjndvm55qzmfmnrjm))/Home/Goster/42410. Erişim Tarihi: 16.01.2021.

Türk Gıda Kodeksi Gıda İle Temas Eden Madde ve Malzemelere Dair Yönetmelik. 2018. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/04/20180405-2-1.pdf. Erişim Tarihi: 16.01.2021.

Türk Gıda Kodeksi Gıda İle Temas Eden Plastik Madde ve Malzemeler Tebliği. 2013. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130717-5.htm. Erişim Tarihi: 17.01.2021.

Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkında Tebliğ, EK-2. 2002. http://www.istanbulsaglik.gov.tr/w/mev/mev_tebl/tebl_temel_saglik/belirli_bulasanlar.pdf. Erişim Tarihi: 16.01.2021.

Türk Gıda Kodeksi Salça ve Püre Tebliği. 2014. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/06/20140614-5.htm. Erişim Tarihi: 20.12.2020.

Türk Gıda Kodeksi Sofralık Zeytin Tebliği. 2014. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/08/20140823-7.htm. Erişim Tarihi: 20.12.2020.

Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği. 2015. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/02/20150208-16.htm. Erişim Tarihi: 20.12.2020.

Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliği. 2013. https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=18730&MevzuatTur=9&MevzuatTertip=5. Erişim Tarihi: 20.12.2020.

Türkiye Aşırı Tuz Tüketiminin Azaltılması Programı (2017-2021) 2016. T.C. Sağlık Bakanlığı, s. 80, Ankara.

TÜRKOMP. 2020a. http://www.turkomp.gov.tr/component_result-kalsiyum-ca-21. Erişim Tarihi: 16.01.2021.

TÜRKOMP. 2020b. http://www.turkomp.gov.tr/component_result-magnezyum-mg-23. Erişim Tarihi: 16.01.2021.

TÜRKOMP. 2020c. http://www.turkomp.gov.tr/component_result-cinko-zn-27. Erişim Tarihi: 17.01.2021.

USGS. 2016. Minerals Yearbook, TURKEY. https://prd-wret.s3-us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/myb3-2016-tu.pdf. Erişim Tarihi: 11.12.2020.

USGS. 2018. Salt chapter from Mineral Commodity Summaries. https://s3-us-west-2.amazonaws.com/prd-wret/assets/palladium/production/mineral-pubs/mcs/mcs2018.pdf. Erişim Tarihi: 27.10.2020.

USGS. 2020. Salt chapter from Mineral Commodity Summaries. https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020.pdf. Erişim Tarihi: 27.10.2020.

Uysal, H., Ergene, N., Baltacı, A.K. 1990. Alüminyum ve insan sağlığı. *Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi,* 6(2), s. 230-237.

Üstündağ, S. 2016. Tuza duyarlı hipertansiyon ve tedavisi. *Türkiye Kardiyoloji Derneği,* 3(5), 15. s.

Üşenmez, Ş. 1985. Sedimantoloji ve sedimanter kayaçlar. Gazi Üniversitesi, 403 s., Ankara.

Vural, N. 1984. Toksikoloji. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, 73, s. 416.

Yalçın, E. ve Ertem, M.E. 1997. Deniz tuzlalarının Türkiye tuz potansiyelindeki yeri. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir.

Yalçın, Ş. and Mutlu, İ.H. 2012. Structural Characterization of Some Table Salt Samples by XRD, ICP, FTIR and XRF Techniques. *Acta Physica Polonica A,* 121, pp. 50-52.

Zhu, G. 2016. China announces reforms to salt monopoly: Wall Street Journal. https://www.wsj.com/articles/china-announces-reforms-to-salt-monopoly-1462451878. Erişim Tarihi: 12.11.2020.

Webster, J., Dunford, E., Hawkes, C., Neal, B. 2011. Salt reduction initiatives around the world. *Journal of Hypertension*, 29(6), pp. 1043-1050.

WHO. 2020a. https://www.who.int/data/gho/indicator-metadata-registry/imr-details/3082. Erişim Tarihi: 01.11.2020.

WHO. 2020b. https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/salt-reduction. Erişim Tarihi: 13.11.2020.

Wright, J. 2015. Benefits of FTIR oil analysis. https://www.machinerylubrication.com/Read/30205/ftir-oil-analysis. Erişim Tarihi: 12.01.2021.

2020 Yılı Cumhurbaşkanlığı Yıllık Programı. 2020. Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı, Strateji ve Bütçe Başkanlığı. https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/11/2020_Yili_Cumhurbaskanligi_Yillik_Programi.pdf. Erişim Tarihi: 14.12.2020.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nermin SALÇIN

Doğum Yeri : Polatlı

Doğum Tarihi : 09.11.1988

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Adres : Şehitlik Mah. Yağmur Sok. Bağlarbaşı Gül Sitesi. C blok. No: 6/2 Polatlı/Ankara

Tel : 05317913792

E-posta : nerminsalcin@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Özel Samanyolu Lisesi, 2005

Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi, 2010

Yüksek Lisans : Çankırı Karatekin Üniversitesi, 2021

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Emek Un Ve İrmik San A.Ş, 2011

Nazlı Küçükgöl Belediye Yemek Şirketi, 2012

REBA Gıda Ltd. Şti, 2012-2015

Aşene Mutfak Yemek Şirketi, 2015-2019

TESK, 2010-2020

Yayınları (SCI ve diğer)

1- Salçın, N. ve Erçoşkun, H. 2020. Covid-19'la mücadelede doğru beslenme. *Food Sektör,* 116, s. 34-35.

2- Salçın, N., Demirci, E., Toptancı, İ. 2021. Dünya tuz ekonomisi. Her Yönüyle Tuz, 1. Baskı, Nobel Akademik Yayıncılık, s. 41-53, Ankara.

3- Demirci, E., Salçın, N., Erçoşkun, H. 2021. Dünya tuz tarihi. Her Yönüyle Tuz, 1. Baskı, Nobel Akademik Yayıncılık, s. 107-144, Ankara.

4- Salçın, E. ve Erşoşkun, H. 2021. Türk kültürü ve edebiyatında tuz kavramı. Her Yönüyle Tuz, 1. Baskı, Nobel Akademik Yayıncılık, s. 145-169, Ankara.

5- Erçoşkun, H. ve Salçın, N. 2021. Tuz ve islam. Her Yönüyle Tuz, 1. Baskı, Nobel Akademik Yayıncılık, s. 171-177, Ankara.