



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ÇİĞ VE PIŞIRILEREK TÜKETİLEN BAZI BESİNLERİN İYOT İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Nazlı Nur ASLAN ÇİN

BESLENME VE DİYETETİK ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Ayşe Özfer ÖZÇELİK

ANKARA

2021

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇİĞ VE PİŞİRİLEREK TÜKETİLEN BAZI BESİNLERİN
İYOT İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Nazlı Nur ASLAN ÇİN

BESLENME VE DİYETETİK ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Ayşe Özfer ÖZÇELİK

ANKARA

2021

Etik Beyan

Ankara Üniversitesi

Sağlık Bilimleri Enstitü Müdürlüğü'ne,

Doktora tezi olarak hazırlayıp sunduğum “Çiğ ve Pişirilerek Tüketilen Bazı Besinlerin İyot İçeriklerinin Belirlenmesi” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Nazlı Nur ASLAN ÇİN

Tarih: 24.08.2021

İmza:



İÇİNDEKİLER

Etik Beyan	ii
Kabul ve Onay	iii
İçindekiler	iv
Önsöz	vi
Simgeler ve Kısaltmalar	vii
Şekiller	x
Çizelgeler	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. İyot	3
1.1.1. İyot Metabolizması	3
1.1.2. Vücutta İyotun Önemi ve Etkileri	5
1.1.3. Dünya’da İyot Dağılımı	6
1.1.4. Diyet İyot Kaynakları	7
1.2. İyot Yetersizliği Etiyolojisi	10
1.2.1. Guatrojenler	10
1.2.2. Besin Ögesi Eksiklikleri	11
1.3. İyot Yetersizliği Hastalıkları	11
1.3.1. Guatr	13
1.3.2. Kretenizm	13
1.3.3. Bilişsel Gelişim	14
1.3.4. Tiroid Bozuklukları	14
1.4. İyot Yetersizliği Epidemiyolojisi	15
1.4.1. Dünyada İyot Yetersizliği Prevalansı	15
1.4.2. Türkiye’de İyot Yetersizliği Prevalansı	17
1.5. İyot Yetersizliği Hastalıklarının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler	18
1.5.1. Tiroid incelemesi	19
1.5.2. İdrar iyot konsantrasyonu	20
1.5.3. Tiroid Stimüle Edici Hormon (TSH)	21
1.5.4. Tioglobulin	21
1.5.5. Tiroid Hormon Konsantrasyonları	22
1.5.6. Diyetle İyot Alımı	22
1.6. İyot Gereksiniminin Belirlenmesi	23
1.7. İyot Yetersizliği Hastalıklarının Önlenmesi	25
1.7.1. İyotlu tuz	25
1.7.2. İyotlu ekmek	27
1.7.3. İyotlu süt	27
1.7.4. İyotlu yağ	27
1.7.5. İyot suplemanları	28
1.8. Aşırı İyot Alımı ve Sağlık Üzerine Etkileri	29
2. GEREÇ VE YÖNTEM	32
2.1. Araştırma Yeri, Zamanı ve Örneklem Seçimi	32

2.2. Balık Örnekleri	32
2.2.1. Balık Örneklerinin Seçimi ve Hazırlanması	32
2.2.2. Balık Örneklerinin Pişirilmesi	33
2.3. Süt ve Süt Ürünleri Örneklerinin Seçimi ve Hazırlanması	34
2.4. Tavuk Yumurtasının Seçimi ve Hazırlanması	36
2.5. Guatrojen Besinlerin Seçimi ve Hazırlanması	36
2.6. Tuz Örneklerinin Seçimi ve Hazırlanması	36
2.7. Tahıl, Çay, Kahve Örneklerinin Seçimi ve Hazırlanması	37
2.8. Çiğ ve Pişmiş Besin Örneklerinde İyot Analizi	38
2.8.1. Kullanılan Araç-Gereçler	38
2.8.2. Örnek Hazırlama	39
2.8.3. Standart Hazırlama	40
2.8.4. İyot Analizi	40
2.9. İyot Gereksinimini Karşılama Yüzdesi Değerleri	41
2.11. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi	42
3. BULGULAR	43
3.1. Çiğ ve Pişmiş Balık Örneklerinin İyot İçeriği	43
3.2. Süt ve Süt Ürünleri ile Yumurta Örneklerinin İyot İçeriği	47
3.3. Tuz Örneklerinin İyot İçeriği	52
3.4. Tahıl Örneklerinin İyot İçeriği	53
3.5. Çay ve Kahve Örneklerinin İyot İçeriği	55
3.6. Çiğ ve Pişmiş Bazı Besinlerin İyot İçeriklerinin Önerilen Günlük İyot Alımını Karşılama Yüzdesi	57
4. TARTIŞMA	62
4.1. Çiğ ve Pişmiş Balık Örneklerinin İyot İçeriği	62
4.2. Süt ve Süt Ürünleri ile Yumurtanın İyot İçeriği	66
4.3. Tuz Örneklerinin İyot İçeriği	69
4.4. Tahıl Örneklerinin İyot İçeriği	72
4.5. Çay ve Kahve Örneklerinin İyot İçeriği	74
4.6. Çiğ ve Pişmiş Bazı Besinlerin İyot İçeriklerinin Önerilen Günlük İyot Alımını Karşılama Yüzdesi	75
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	81
ÖZET	86
SUMMARY	87
KAYNAKLAR	88
EKLER	106
Ek-1.Laboratuvar İzni	106
Ek-2.ICP-MS Cihazının Kullanım İzni	107
Ek-3. ICP-MS Cihazına Ait Parametreler ve Çalışma Koşulları	108
ÖZGEÇMİŞ	109

ÖNSÖZ

Son yıllarda beslenme alışkanlıklarındaki değişiklikler, diyetle iyot alımını etkileyebilir. Besinlerin gerçek iyot içeriğinin bilinmesi, diyetle önerilen iyot alımını belirleyebilmek için gereklidir. Farklı iyot türlerinin değişen biyoyararlanımından dolayı, besinlerin işlenmesinden sonra iyot türünün ve miktarının tahmini belirlenmesi, uygun iyot alımı için de önemlidir. Bu araştırma, Türkiye’de tüketilen çığ ve pişmiş bazı besinlerin iyot içeriklerinin incelenmesi amacıyla yapılmıştır.

Doktora eğitimim ve tez çalışmam boyunca görüşleri, desteği ve yönlendirmeleri ile bana her konuda yol gösteren, her ihtiyaç duyduğumda bilgisini paylaşan ve zamanını ayıran, çok kıymetli hocam ve danışmanım Prof. Dr. Ayşe Özfer ÖZÇELİK’e; çalışmaya verdikleri katkılarından dolayı değerli hocalarım Prof. Dr. Süleyman TABAN ve Doç. Dr. Hülya YARDIMCI’ya teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince destekleri ile büyük yardımları dokunan Ankara Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü Mineral Maddeler Laboratuvar Şefi Metehan YÜCE’ye, örneklerin iyot analizlerinin yapılmasında kolaylık sağlayan Ercan SARIKAYA’ya, Merve TOPÇU’ya ve Gülay AKKAYA’ya teşekkürlerimi sunarım.

Tez sürecindeki katkılarından dolayı Arş.Gör.Dr.Hanife Mert AKÇA’ya; manevi desteğiyle kalmayıp yardımcı olabilecekleri her konuda yanımda olan arkadaşlarım Arş. Gör. Nursena ERSOY ve Arş. Gör. Özge ESGİN’e teşekkür ederim.

Yaşamım boyunca emeklerini asla üzerimden eksik etmeyen, çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen ve hayatımın her evresinde bana destek olan sevgili annem Saadet ASLAN’a, babam Yunus ASLAN’a ve abim Mehmet Gökhan ASLAN’a tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

Birlikte çıktığımız yolda bana her zaman destek olan sevgili eşim Ali ÇİN’e ve her zaman desteklerini hissettiğim çok değerli ÇİN ailesine çok teşekkür ederim.

SİMGELER VE KISALTMALAR

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AÇSAP	Ana Çocuk Sağlığı ve Aile Planlaması
AI	Yeterli Alım (Adequate Intake)
α	Alfa
β	Beta
°C	Santigrat Derece
CDC	Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezi (Centers for Disease Control and Prevention)
dL	Desilitre
DIT	Diiodotirozin
DRI	Diyet Referans Alım (Dietary References Intake)
dk	Dakika
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
EAR	Tahmini Ortalama Gereksinim (Estimated Average Recommendation)
g	Gram
H₂O₂	Hidrojen Peroksit
I⁻	İyodür
I₂	İyot
IO₃⁻	İyodat
ICCIDD	Uluslararası İyot Eksikliği Bozukluklarının Kontrolü Konseyi (The International Council for the Control of Iodine Deficiency Disorders)
ICP-MS	İndüktif Eşleşmiş Kütle Spektrofometresi
IGN	Küresel İyot Ağı (Iodine Global Network)
IOM	Tıp Enstitüsü (Institute of Medicine)
İYH	İyot Yetersizliği Hastalıkları
kg	Kilogram
KI	Potasyum İyodür
KI₃	Potasyum İyodat

L	Litre
LOD	Tespit Limiti (Limit of Detection)
LOQ	Teşhis Limiti (Limit of Quantification)
m³	Metreküp
mg	Miligram
MIT	Monoiyodotirozin
mL	Mililitre
ng	Nanogram
NHANES	Ulusal Sağlık ve Beslenme İnceleme Araştırması (National Health and Nutrition Examination Survey)
NIS	Sodyum İyodür Simporter
PP	Polipropilen
ppm	Milyonda Bir Birim (Parts Per Million)
r-T₃	Reverse-T ₃
RDA	Önerilen Diyet Alımı (Recommendation Dietary Allowance)
RNI	Önerilen Besin Ögesi Alımı (Recommended Nutrient Intake)
rpm	Dakikadaki Devir Sayısı (Revolutions Per Minute)
S	Sayı
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
STEPS	Türkiye Hanehalkı Sağlık Araştırması Bulaşıcı Olmayan Hastalıkların Risk Faktörleri
T₃	Triiodotironin
T₄	Tiroidin
TBG	Tiroidin Bağlayıcı Globulin
Tg	Tiroidglobulin
TMAH	Tetrametil Amonyum Hidroksit
TPO	Tiroid Peroksidaz
TSH	Tiroid Stimüle Edici Hormon
TÜRKOMP	Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı
UHT	Ultra Yüksek Isı (Ultra High Temperature)
UL	Tolere Edilebilir Üst Alım Seviyesi (Tolerable Upper Intake Level)

UNICEF	Birleşmiş Milletler Çocuk Fonu (United Nation's Children's Fund)
USI	Evrensel Tuz İyotlama (Universal Salt Iodization)
%	Yüzde
$\bar{X}$	Aritmetik Ortalama
SS	Standart Sapma
μg	Mikrogram
μm	Mikrometre
γ	Gama



ŞEKİLLER

Şekil 1.1.	Dünyada 2020 yılı medyan iyot konsantrasyon dağılımı	17
Şekil 2.1.	İyot standardının kalibrasyon eğrisi	41



ÇİZELGELER

Çizelge 1.1.	Norveç ve ABD’de bazı besinlerdeki iyot miktarları	8
Çizelge 1.2.	Yaşam dönemlerine göre iyot yetersizliği hastalıkları	12
Çizelge 1.3.	Tiroid büyüklüğü sınıflaması	19
Çizelge 1.4.	Tüm yaş gruplarında medyan idrar iyot konsantrasyonuna göre iyot alımının değerlendirilmesi	20
Çizelge 1.5.	Yaşa veya popülasyona göre iyot alımına ilişkin öneriler	24
Çizelge 2.1.	Satın alınan balık örneklerine ait bilgiler	33
Çizelge 2.2.	Satın alınan süt ve süt ürünleri ve yumurta örneklerine ait bilgiler	35
Çizelge 2.3.	Satın alınan tuz örneklerine ait bilgiler	37
Çizelge 2.4.	Kullanılan araç ve gereçlerin özellikleri ve kullanım amaçları	39
Çizelge 2.5.	Referans standart ve ölçülen değerin karşılaştırılması	40
Çizelge 2.6.	İyot Elementinin LOD, LOQ ve Birleşik Belirsizlik Değerleri	41
Çizelge 2.7.	Besinlerin standart bir porsiyon miktarları	42
Çizelge 3.1.	Farklı pişirme yöntemlerinden önce ve sonra balık örneklerinin ortalama ağırlığı ($\bar{X} \pm SS$) ve değişim yüzdesi (%)	44
Çizelge 3.2.	Çiğ ve pişmiş balık örneklerinin iyot içeriklerinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	45
Çizelge 3.3.	Balık örneklerinin farklı pişirme yöntemlerinden sonra ortalama iyot değişim yüzdeleri ($\bar{X} \pm SS$)	47
Çizelge 3.4.	Markaya göre süt ve süt ürünlerinin ve yumurtanın iyot içeriklerinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	48
Çizelge 3.5.	Süt ve süt ürünleri ve yumurta örneklerinin iyot içeriklerinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	49
Çizelge 3.6.	Yağ içeriğine göre süt ürünlerinin iyot içeriklerinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	50

Çizelge 3.7.	İşlenme özelliğine göre süt ürünlerinin iyot içeriklerinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	51
Çizelge 3.8.	Mevsime göre açık süt ve süttten üretilen süt ürünlerinin iyot içeriklerinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	51
Çizelge 3.9.	Açık süt ve süttten üretilen süt ürünlerinin mevsime göre üretim sürecinde ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri ve iyot değişim yüzdeleri	52
Çizelge 3.10.	Markaya göre tuz örneklerinin iyot içeriklerinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	53
Çizelge 3.11.	Tuz örneklerinin iyot içeriğinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri	53
Çizelge 3.12.	Markaya göre tahıl ve su örneklerinin iyot içeriğinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	54
Çizelge 3.13.	Tahıl örneklerinin iyot içeriğinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri	54
Çizelge 3.14.	Un çeşidine göre ekmek örneklerinin iyot içeriğinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri	55
Çizelge 3.15.	Markaya göre çay, kahve ve su örneklerinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	55
Çizelge 3.16.	Çay, kahve ve su örneklerinin iyot içeriğinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri	56
Çizelge 3.17.	Markaya göre çay ve kahve örneklerinin pişirme sürecinde ortalama iyot değişim yüzdeleri (%)	56
Çizelge 3.18.	Pişmiş balık örneklerinin bir porsiyonunun (150 g) önerilen iyot gereksinmesini karşılama yüzdesinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS) değerleri	58
Çizelge 3.19.	Süt ve süt ürünleri örneklerinin ve yumurtanın bir porsiyonunun önerilen iyot gereksinmesini karşılama yüzdesinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS) değerleri	59
Çizelge 3.20.	Tuz örneklerinin önerilen günlük tuz tüketimine (5 g) göre iyot gereksinmesini karşılama yüzdesinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS) değerleri	60

Çizelge 3.21.	Tahıl örneklerinin bir porsiyonunun iyot gereksinmesini karşılama yüzdesinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS) değerleri	60
Çizelge 3.22.	Çay, kahve ve su örneklerinin bir porsiyonunun iyot gereksinmesini karşılama yüzdesinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS) değerleri	61



1. GİRİŞ

İyot, beyin ve merkezi sinir sisteminin normal büyüme ve gelişmesi için gerekli olan vücudun metabolizmasını düzenleyen tiroid hormonlarının sentezi için gerekli elzem mikro besin ögesidir (Pearce, 2017 ve Zimmermann ve ark., 2008). İyot yetersizliği, tüm dünyada, açlıktan sonra zekâ geriliğinin en önemli önlenabilir nedeni olarak bilinmektedir (Lazarus, 2005). İnsanlarda iyot eksikliği, eksikliğin ciddiyetine ve eksikliğin hangi yaşta gerçekleştiğine bağlı olarak çeşitli bozukluklarla sonuçlanmaktadır (Carlsen ve ark., 2018). İyotun bebeğin gelişimindeki kritik rolü nedeni ile, gebe kadınların, üreme çağındaki kadınların, bebeklerin ve küçük çocukların iyot yeterliliğinin sağlanması özellikle önemlidir (Pearce, 2008). Yaşamın ilerleyen dönemlerinde yetersiz iyot alımı guatr ve diğer olumsuz sağlık sonuçlarına neden olabilir (Pearce, 2017).

Deniz ortamlarında karasal bölgelere göre daha çok iyot birikimi olduğu için, denizden uzak bölgelerde ve alçak dağlar arasında yaşayan nüfusta iyot eksikliği riski yüksektir (Muramatsu ve Wedepohl, 1998). İyot eksikliği bulunan bölgelerde iyot desteğini arttırmak için, geçen yüzyılın sonunda ulusal kontrol programları başlatılmıştır. Dünyadaki iyot durumu Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), Birleşmiş Milletler Çocuklara Yardım Fonu (United Nations International Children's Emergency Fund-UNICEF) ve Küresel İyot Ağı (Iodine Global Network-IGN) tarafından ortaklaşa izlenmektedir (Iodine Global Network, 2017; UNICEF, 2018 ve WHO, 2007).

İnsanlar besinler, içme suyu ve besin suplemanlarından iyot aldıkları için diyetle alınan toplam iyot miktarının değerlendirilmesinde, günlük diyetle yer alan besinlerin iyot içeriği önemlidir (Carlsen ve ark., 2018). İyot, doğal olarak, deniz ortamında yetişen besinlerde (örneğin, balık ve deniz yosunu) bulunur. İyot konsantrasyonları balık türleri arasında, aynı zamanda mevsimsel ve coğrafi olarak da değişir. Bunun nedeni balıkların hem deniz suyundan hem de besinlerinden iyot almalarıdır (Julshamn ve ark., 2001). Besin olarak tüketilen bitkilerde, bitkilerin yetiştirildiği toprakların iyot

içeriğine bağlı iyot konsantrasyonları değişmektedir (Whitehead, 1984). Sütün iyot konsantrasyonu, kullanılan yemlerin iyot konsantrasyonuna, hayvanın yediği guatrojenlerin miktarına, iyot içeren sağım ürünleri kullanılmasına, iyot kaynağına, laktasyon aşamasına, süt verimine ve süt işlemesine bağlıdır (Trøan ve ark., 2015). İyot takviyeli hayvan yemleri, süt ve yumurtaların iyot içeriğine katkıda bulunan başlıca faktörlerdir (Flachowsky ve ark., 2014 ve Rottger ve ark., 2012). Yapılan çalışmalarda çevresel iyot eksikliği bulunan bölgelerde yetiştirilen hayvanların yemlerinin iyotlanmasının, süt ve yumurtalarda daha yüksek iyot içeriğine neden olarak iyot eksikliğini giderebileceği bildirilmiştir (Nerhus ve ark., 2018 ve Schone ve ark., 2009). Buna ek olarak, iyot doğrudan veya dolaylı olarak meme başı temizleyicileri ve genel temizlik maddeleri olan iyodoforlardan da süte geçebilir (Castro ve ark., 2012 ve Flachowsky ve ark., 2014). İnek sütü ve tavuk yumurtasının iyot içeriği, bu ürünlerle yapılan yiyeceklerin iyot konsantrasyonlarına da yansımaktadır. Ancak özel diyetleri tüketen insanlarda (örneğin veganlar) diyetle iyot alımının yetersiz olma riski yüksektir (Meinhardt ve ark., 2019).

Günümüzde, hem uluslararası araştırma toplulukları hem de ülkelerin beslenme önerileri, besinlerdeki iyot içeriğine ilişkin daha fazla veriye ihtiyaç duyulduğunu belirtmektedir (Carriquiry ve ark., 2016; Ershow ve ark., 2016 ve Pehrson ve ark., 2016). Beslenme epidemiyolojisi çalışmalarında, diyet ile besin öğelerinin alımının doğru tahminini yapmak, yüksek kaliteli besin bileşim veritabanlarına bağlıdır. İyot içeren besin bileşim verilerinin kaliteli olması, besin bileşim verileri ve iyot alım tahminlerinin güvenilir olması için önemli bir ön koşuldur (Carriquiry ve ark., 2016 ve Katagiri ve ark., 2015). Ancak, besinlerin iyot içeriğine ilişkin kapsamlı ve yüksek kaliteli veriler eksik veya güncel olmadığı için son yıllarda yurtdışında besinlerdeki iyot içeriğine yönelik iyot verileri güncellenmektedir. Bu çalışmalarda, besinlerin iyot içeriklerinin mevsimlere göre değiştiği ve iyotla ilgili bilgilerin güncellenmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Carlsen ve ark., 2018; Doh ve ark., 2019 ve Nerhus ve ark., 2018). Türkiye’de balık ve kabuklu deniz ürünleri hariç, besinlerin iyot içeriği bilinmemektedir (TürkKomp, 2014). Bu nedenle; bu çalışmanın amacı Türkiye’de tüketilen çiğ ve pişmiş bazı besinlerin iyot içeriklerinin incelenmesidir.

1.1. İyot

İyot, 53 atom numarasına ve 126,9 g atom kütesine sahip bir halojendir. Deniz yosunu külünden ayıran Bernard Courtois tarafından 1811 yılında keşfedilmiştir. Joseph Louis Gay-Lussac ve Humphry Davy 1813 yılında iyotu bağımsız kimyasal bir element olarak tanımlamıştır (Kendrick, 2016). İyotun 200 yıllık temel araştırma ve pratik kullanım döneminin yanı sıra, bu elementin tıpta bin yıllık bir uygulama geçmişi vardır. İyotça zengin kahverengi algler *Sargassum* ve hayvanların tiroid bezleri ile ilaçlar Çin’de eskiden kullanılmış ve deniz süngerlerinin külleri ortaçağ Avrupasında guatr tedavisi için kullanılmıştır (Langer, 1960). Ondokuncu yüzyılın sonlarından 20. yüzyılın ortalarına kadar biyokimya ve endokrinolojideki ilerleme ve moleküler biyolojideki sonraki gelişmeler, iyotun biyolojik rolünü, insan organizmasındaki metabolizmasını ve iyot eksikliği ile ilişkili sağlık risklerini netleştirmeyi sağlamıştır (Antonyak ve ark., 2018). Bu ilerlemeler ile iyotun, tiroid bezinin ürettiği hormonların temel bileşeni olduğu belirlenmiştir (Zimmermann, 2009a). Tiroid hormonlarının oluşumundaki rolü nedeniyle iyot; vücut metabolizmasının düzenlenmesi, büyüme, beyin ve merkezi sinir sisteminin gelişiminde gerekli olduğu için memeli yaşamlarında önemlidir (Carlsen ve ark., 2018).

1.1.1. İyot Metabolizması

İyot, çeşitli kimyasal formlarda sindirilir. Diyetle alınan iyot moleküler (I_2) formda kolaylaştırılmış difüzyonla emilirken, iyodür formunda (I^-) emilimi gastrik mukozada bulunan sodyum/iyodür simporter (NIS) taşıyıcı proteini yardımı ile gerçekleşir (Nicole ve ark., 2009). İyodür mide ve oniki parmak bağırsağında hızlı ve neredeyse tamamen emilirken, tuzun iyodizasyonunda yaygın olarak kullanılan iyodat, bağırsakta seyreltilerek iyodür olarak emilmektedir. Sağlıklı yetişkinlerde iyodürün %90’dan fazlasının emildiği tahmin edilmektedir (Eskandari ve ark., 1997). Organik olarak bağlı iyot genellikle sindirilir ve serbest kalan iyodür olarak emilir. Ancak bazı formların bozulmadan emildiği de bildirilmiştir. Örneğin, tiroid hormonu olan oral tiroksin dozunun %75’i bozulmadan emilmektedir (Zimmermann, 2018).

Emilen iyotun dağılım alanı, hücre dışı sıvı hacmine neredeyse eşittir. İyot, esas olarak tiroid ve böbrek yoluyla dolaşımdan atılır. Renal iyot klirensi oldukça sabitken, tiroid iyot klirensi iyot alımına göre değişmektedir. Vücutta yeterli iyot varlığında, emilen iyotun %10'u tiroid bezi tarafından alınırken; kronik iyot eksikliğinde bu oran %80'i geçebilir (Zimmermann, 2009a). Kandaki iyot hızla dönüştürülür. Normal şartlar altında yaklaşık 10 saat olan plazma iyodunun yarı ömrü, iyot eksikliği veya hipertiroidizmde olduğu gibi tiroid aşırı aktifse daha kısadır. Sağlıklı yetişkin bir insan vücudu 15-20 mg iyot içerir ve bunun %70-80'i tiroiddedir (Zimmermann, 2008). Kronik iyot eksikliğinde tiroidin iyot içeriğinin $<20 \mu\text{g}$ 'a düşebildiği bildirilmektedir. İyot yeterli bölgelerde, yetişkin tiroid bezi, tiroid hormon sentezini sürdürmek ve kayıpları dengelemek için günlük 50-60 mg iyota ihtiyaç duyar (Zimmermann, 2009a). İnorganik iyot, folikül hücrelerinin kapillere yakın bazolateral membranında yerleşmiş olan ve elektrokimyasal gradyente karşı iki Na^+ iyonu ve bir I^- iyonunun hücre içine geçişini sağlayan NIS ile hücre içine alınır (Zimmermann, 2018). Bazolateral membranda bir plazma membran proteini olan NIS, iyodürü plazmanın 20 ila 50 katı bir konsantrasyon gradyanında tiroide aktarır (Eskandari ve ark., 1997).

Büyük bir glikoprotein olan tiroglobulin (Tg) (moleküler ağırlık 660.000), tiroid bezindeki iyot için depo proteindir (Di Jeso ve Arvan, 2016). Tiroid hormon sentezinin ilk adımı tiroglobulindeki tirozil kalıntılarına iyodürün eklenmesidir. Bu eklenme, apikal plazma membranı-folikül lümeninde, H_2O_2 , tiroperoksidaz (TPO), iyodür ve tiroglobulin varlığında oluşur (Zimmermann, 2009a). İlk olarak iyodür okside olur ve daha sonra tiroglobulinin tirozil kalıntısı ile birleşir. Hormon sentezinde sonraki adım komşu iki monoiyodotirozil (MIT) kalıntısının diiyodotironin (DIT) oluşturmak üzere birleşmesidir. İki DIT birleşerek tiroksini (T_4), bir DIT ve bir MIT birleşerek triiyodotironini (T_3) oluşturur (Ruf ve Carayon, 2006). Tiroperoksidaz iyodotirozinin fenil gruplarının bağlanmasını katalize eder. T_3 yapısal olarak T_4 'e benzer ancak bir iyot daha azdır (Zimmermann, 2018). İyot, T_4 ve T_3 ağırlıklarının sırası ile %65 ve %59'unu oluşturmaktadır. Tiroide, ağırlığının %0.1-1.0'i iyot olan olgun Tg, tiroid folikülünün lümenal kolloidinde hücre dışı olarak depolanır (Cooper ve Ladenson, 2004). Endositozdan sonra, endozomal ve lizozomal proteazlar Tg'yi sindirir ve T_4 ve T_3 dolaşıma salınır. Monoiyodotirozil ve DIT normalde kana salınmaz. İyot, tiroid

içindeki selenyum bağımlı deiyodinaz tarafından bu tirozinlerden uzaklaştırılır ve daha sonra iyotu koruyarak tiroid içinde kullanılmak üzere geri dönüştürülür. Tiroid günde 80 µg T₄, 4 µg T₃ ve 2 µg reverse T₃ (rT₃) salgılar (Shah ve ark., 2020). Tüm T₄ üretimi tiroid içinde olmasına rağmen, T₃'ün yaklaşık %80'i T₄'ün tiroid dışı deiyodinasyonu ile gerçekleşir. T₄'den T₃ üretimi için asıl organlar karaciğer ve böbrek olsa da, birçok dokunun da T₃ üretim kapasitesi vardır (Newsome ve Hickmen, 2010).

Tiroid fonksiyonu; hipotalamus, hipofiz bezi ve tiroid arasındaki karşılıklı ilişkiler tarafından kontrol edilmektedir (Jameson ve Wheetman, 2010). Tiroid hormon metabolizmasının temel düzenleyicisi, hipofizden salgılanan bir protein hormonu olan tiroid uyarıcı hormondur (TSH). Tiroid uyarıcı hormon salgılanması, hipotalamustan dolaşımdaki tiroid hormon seviyesi üzerinden negatif geri bildirim yolu ile kontrol edilir. Tiroidde TSH, NIS ekspresyonunun uyarılmasıyla iyot alımını artırır. Tiroid uyarıcı hormon, Tg'nin parçalanmasını ve tiroid hormonunun kana salınmasını uyarmakla birlikte, bağırsaktan veya renal iyodür atılımından iyot emilimini etkilememektedir (Taki ve ark., 2002). Tiroid uyarıcı hormon salgılanmasına yönelik birincil uyarı dolaşımdaki tiroid hormonu olduğu için, yüksek serum TSH düzeyi genellikle birincil hipotiroidizmi gösterirken, düşük konsantrasyon birincil hipertiroidizmin göstergesidir (Zimmermann, 2009b).

1.1.2. Vücutta İyotun Önemi ve Etkileri

İyotun insanlarda en iyi bilinen işlevi, üreme, büyüme ve gelişme olmak üzere pek çok fizyolojik süreci düzenleyen tiroid hormonlarının temel bir bileşeni olmasıdır. Memelilerde iyotun çoğu işlevine, metabolik süreçlerin güçlü biyolojik düzenleyicisi olarak bilinen tiroid hormonlarının etkileri aracılık etmektedir (Deng ve ark., 2017 ve Mullur ve ark., 2014). Gebelikte fetal tiroid hormonu işlev gösteremediği için ilk trimesterin başlarında tiroid hormonları plasentadan fetüse geçer. Gelişen beyinde hücre büyümesi ve transportunu da etkiler (WHO, 2007). Aynı zamanda periferik dokuların ve iskeletin büyümesini ve olgunlaşmasını destekler (Zimmermann, 2009a). Hücre proliferasyonunun, farklılaşmasının ve apoptozunun düzenlenmesinde rol oynayan tiroid hormonları (Tata, 2011); organizmanın büyümesinin ve gelişmesinin

düzenlenmesinde, doku yenilenmesinde, olgunlaşmasında ve organ sistemlerinin düzgün çalışmasının sürdürülmesinde rol oynar (Forhead ve Fowden, 2014). Ayrıca, merkezi sinir sisteminin olgunlaşması, kardiyovasküler, kas-iskelet sistemi, gastrointestinal fonksiyonların düzenlenmesinde önemli etkilerinin olduğu bilinmektedir (Anwar ve Gibofsky, 2010; Bernal, 2017; Brown ve ark., 2013; Calza ve ark., 2015; Klein ve Danzi, 2016 ve Sirakov ve Plateroti, 2011). Tiroid hormonları dışındaki diğer fizyolojik işlevleri belirsiz olan iyotun, son yıllarda fibrokistik meme hastalığı, bağışıklık yanıtı veya bir antioksidan etkisi ile mide kanser riskini değiştirebileceği bildirilmiştir (Zimmermann, 2018).

1.1.3. Dünya’da İyot Dağılımı

İyot, doğal ortamın farklı bölgelerinde düzensiz ve oldukça değişken bir dağılıma sahip, dünyanın kabuğunun ultra iz elementidir (ortalama konsantrasyon yaklaşık 0,25 mg/kg’dır) (Fuge ve Johnson, 2015). Genellikle litosferde düşük olan konsantrasyon, deniz suyu ile deniz ve okyanus çökeltlerinde daha yüksek seviyelere ulaşır. İyot, ortamda baskın olan iyodür (I^-), iyodat (IO_3^-) ve organik iyot bileşikleriyle farklı oksidasyon seviyelerinden (-1 'den $+7$ 'ye) oluşur (Kupper ve Kroneck, 2015). Küresel biyojeokimyasal iyot döngüsünün önemli bir parçası, dünya okyanusunun yüzeyinden atmosfere buharlaşmasıdır. Uçucu iyot türleri arasında makrofitik algler, fitoplankton ve bakteriler tarafından üretilen moleküler iyot (I_2) ve organik bileşikler (CH_3I , CH_2I_2 ve CH_2ClI) bulunur (Leblanc ve ark., 2006). Deniz suyunda ortalama iyot konsantrasyonu 45–60 $\mu g/L$ iken, çoğu tatlı suda $<20 \mu g/L$, özellikle 0,5-5 $\mu g/L$ aralığında bulunmaktadır (Fuge ve Johnson, 1986). Atmosferdeki toplam iyot konsantrasyonu 10–20 ng/m^3 ’tür ve hem organik hem de inorganik fraksiyonları içermektedir. Yağış durumunda iyot, atmosferden kara yüzeyine aktarılır ve toprağın türüne ve konumuna bağlı olarak konsantrasyonunun geniş bir aralıkta (0,5–50 mg/kg) değiştiği topraklara sızar. Böylece, denize yakın topraklar iyot bakımından zenginleşirken, denizden uzakta bulunan topraklarda iyot azalmaktadır (Fuge ve Johnson, 2015). İyot, organik madde ve diğer toprak bileşenleri tarafından bağlandığı için genellikle toprakta güçlü bir şekilde emilirken, toplam toprak iyotunun yalnızca küçük bir miktarı bitkiler tarafından alınabilmektedir. Şiddetli yağışlar, mevsimsel

seller, toprak erozyonu, hava koşulları ve aşırı gübre kullanımı topraktaki iyot içeriğini azaltmaktadır. Toprağı iyottan fakir bölgelerde üretilen ürünlerin tüketilmesi ile iyot eksikliği riski artmaktadır (Antonyak ve ark., 2018).

Diğer temel besin öğelerinin çoğunun aksine, iyot durumu sosyoekonomik gelişme ile değil, yaşanan coğrafya ile ilgilidir. İyot (iyodür olarak) dünyada çok fazla bulunmakla birlikte dağılımı farklıdır. İyot, iyodür olarak toprakta bulunmasına rağmen, toprağın içeriği jeolojik oluşum sırasında meydana gelen farklılıklar, buzullaşma, su baskını ve toprak erozyonunun etkisi gibi çeşitli faktörlerin bir sonucu olarak bölgeler içinde ve bölgeler arasında değişebilir. İyodürün çoğu okyanuslarda bulunur (yaklaşık 50 µg/L). Deniz suyundaki iyodür iyonları, uçucu olan ve atmosfere buharlaşan ve yağmurla toprağa dönen elemental iyotu oluşturmak için okside olur ve döngüyü tamamlar (Zimmermann ve ark., 2008). Birçok bölgede iyot döngüsünün yavaş ve eksik olması toprakları ve içme suyunu iyot bakımından yetersiz hale getirir. Bu bölgelerde yetişen besinlerin iyot içeriği, topraktaki iyot içeriğine bağlıdır. Toprak ve sudaki düşük iyot konsantrasyonunun, iyot eksikliği olan bitki ve hayvanların varlığına neden olacağı bildirilmektedir (Rohner ve ark., 2014).

1.1.4. Diyet İyot Kaynakları

Diyet, insanlar için iyotun ana kaynağıdır. Ekzojen kaynaklardan elde edilmesi gerektiği ve tiroid hormonundaki görevinden dolayı iyot, elzem bir mikro besin öğesidir. Besinlerde doğal olarak bulunmaktadır. Besinlerdeki iyot çoğunlukla iyodür formundadır, ancak konsantrasyonu büyük ölçüde topraktaki seviyesine bağlıdır. Ancak, iyotun topraktaki miktarı, topraktan denize sızan buzullaşma, su baskını ve erozyon gibi çevresel süreçlerin etkilerinden dolayı farklı coğrafi bölgeler içinde ve arasında değişkenlik göstermektedir (WHO, 2007).

Okyanustan elde edilenler dışında çoğu yiyeceğin doğal iyot içeriği düşüktür. Okyanus bitkileri ve hayvanları, deniz suyundan iyodu konsantre ettikleri için deniz kaynaklı yiyecekler, yüksek iyot içeriğine sahiptir. Bu nedenle deniz yosunu, balık ve kabuklu deniz ürünleri gibi yiyecekler yüksek konsantrasyonda iyot içerir ve

tüketildiğinde diyetle mükemmel bir iyot kaynağı sağlar (Zimmermann, 2010). Dünyanın pek çok yerinde süt ve yumurta, diyetle önemli iyot kaynaklarıdır. Denizden elde edilenlere kıyasla orta miktarda iyot içermelerine rağmen, sık tüketilmeleri nedeni ile diyet iyot alımına etkileri daha fazladır. Etin iyot içeriği, çeşitli besleme yöntemlerine, hayvanların iyottan yoksun toprakta otlayıp otlamadığına veya mevsime göre değişebilmektedir. Bunun yanı sıra hayvanın iyotlu besin takviyesi ile beslenip beslenmediğine bağlı olarakta oldukça değişkenlik göstermektedir (Haldimann ve ark., 2005).

Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Norveç'teki bazı besinlerdeki medyan iyot miktarları Çizelge 1.1'de verilmiştir (Nerhus ve ark., 2018 ve Pehrsson ve ark., 2016). Çizelgeden de görüldüğü gibi Norveç'teki besinlerdeki iyot içeriği ABD'den düşüktür. Türkiye'de Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından geliştirilen Ulusal Gıda Kompozisyonu Veri Tabanına (TürKomp) göre iyot içeriği; palamutun 33,70 µg/100 g, kalkanın 30,07 µg/100 g, istavritin 25,96 µg/100 g, lüferin 25,22 µg/100 g, mezgitin 19,50 µg/100 g, hamsinin 10,68 µg/100 g olup; kabuklu deniz ürünlerindeki ortalama iyot miktarı 101,13 µg/100 gramdır (TürKomp, 2014).

Çizelge 1.1. Norveç ve ABD'de bazı besinlerdeki iyot miktarları

Besin	ABD İyot µg/100 g	Norveç İyot µg/100 g
İnek sütü (tam yağlı)	42	15
İnek sütü (yarım yağlı)	41	14
Yoğurt	42	16
Beyaz peynir	66	16
Yumurta	47	37
Mezgit balığı	227	180
Morina balığı	94	81
Somon balığı	18	4

Farklı ülkelerde yaşayan bireylerde tahmini günlük iyot alımı, iyot eksikliği bölgelerinde <50 µg'dan az iken, düzenli olarak deniz ürünleri tüketen bireylerde 500 µg'dan daha fazladır (Zava ve Zava, 2011 ve WHO, 2004). Afrika, Asya, Latin Amerika ve Avrupa'nın bazı bölgelerinde iyot alımının yetersiz olduğu ve günde diyet ile iyot alımının 20 ila 80 µg arasında değiştiği belirtilmektedir (IGN, 2020). Japonya, ABD ve Kanada'da yaşayanların diyetle iyot alımı dünya nüfusuna kıyasla daha

yüksektir (WHO, 2004). Besin örneklerindeki iyot konsantrasyonuna göre hesaplanan ortalama günlük iyot alımının, ABD nüfusu için kişi başına 216,4 µg olduğu belirlenmiştir (Abt ve ark., 2018). Ancak, Japon popülasyonda iyot alımı 1-3 mg/gün olarak saptanmıştır (Zava ve Zava, 2011). Norveç'te Norkost-3 popülasyonunda günlük iyot alımının 130-176 µg olduğu bildirilmiştir (Carlsen ve ark., 2018). İsviçre'de doğrudan yapılan besin analizlerinde diyetle ortalama iyot alımının yaklaşık olarak 140 µg/gün olarak belirlenmiştir (Haldimann ve ark., 2005). Türkiye Beslenme Sağlık Araştırması (2017) verilerine göre 19-64 yaş grubu yetişkin bireylerde diyetle ortalama iyot alımının 161,3 µg/gün olduğu saptanmıştır (TBSA, 2017).

Norveç'te günlük diyetle iyot alımının %55'inin süt ve süt ürünlerinden, %20'sinin balıktan karşılandığı bildirilmiştir (Dahl ve ark., 2004). Danimarka'da, ekmek endüstrisinde kullanılan tuz, zorunlu tuz takviyesi ve ev tuzu diyetin esas iyot kaynaklarıdır (Rasmussen ve ark., 2008). İzlanda'da balık, İsveç'te iyotlu tuz ve Finlandiya'da süt diyetin iyot kaynağı olarak belirlenmiştir (Nystrom ve ark., 2016). İyotlu tuz programına sahip olmayan Birleşik Krallık'ta, süt ve süt ürünleri diyet iyot alımına en fazla katkıda bulunan besinlerdir (Bath ve Rayman, 2013).

İyot diğer formlara kolayca dönüşebildiği için, pişirme yöntemleri iyot içeriğini ve iyot türlerini önemli ölçüde etkileyebilir. Dünya Sağlık Örgütü tarafından önerilen kılavuzda tuzdaki iyot, üretim yerinden evde kullanılabilecek kadar %20'sini kaybetmekte, diğer %20'si tüketim öncesi pişirilme ile kaybedilmektedir (WHO, 2007). Yapılan bazı çalışmalarda, farklı besinlerin hazırlama süreçlerinde iyot kayıplarının %3-100 arasında değiştiği belirtilmiştir (Comandini ve ark., 2013; Rana ve Raghuvanshi, 2013 ve Winger ve ark., 2008). Goindi ve ark. (1995), farklı pişirme prosedürleri sırasında ortalama iyot kaybının kavurma ile %6, kaynatma ile %37 azaldığını bildirmişlerdir. Wang ve ark. (1999), iyot kaybının besinlerin türüne göre değiştiğini ve besinlerin su içeriğinden de etkilendiğini belirtmişlerdir. Ancak, genellikle konu ile ilgili yapılan çalışmalar, tuzda kullanılan iyot türünü göstermediği, ölçümün kalite kontrolü ve istatistiksel önemi hakkında bilgi vermediği için farklı sonuçlar saptanmıştır (Comandini ve ark., 2013; Goindi ve ark., 1995; Longvah, ve ark., 2012; Longvah ve ark., 2013; Rana ve Raghuvanshi, 2013 ve Winger ve ark., 2008).

1.2. İyot Yetersizliği Etiyolojisi

İyot yetersizliği hastalıklarının en önemli nedeni diyet ile yetersiz iyot alımıdır. Ayrıca guatrojenik besinlerden zengin beslenme, selenyum, çinko ve demir gibi mikro besin öğelerinin diyet ile yetersiz alımı da iyot eksikliğine neden olan diyetel faktörlerdir (Zimmermann ve Köhrle, 2002). Bu faktörler dışında bağırsaklardan yetersiz iyot emilimi, protein enerji malnütrisiyonu, malabsorbsiyon, viral enfeksiyonlar, bisfenol A, izoflavinler gibi endokrin bozucular ve antitiroid ilaçlarla uzun süreli tedavi gibi çevresel faktörler de iyot yetersizliğine neden olmaktadır (Doggui ve Atai, 2015).

1.2.1 Guatrojenler

Guatrojenler; iyot kullanımı veya tiroid bezinin fonksiyonunu etkileyen maddelerdir (Güleç, 2020). Bazı besinlerde bulunan guatrojenlerin fazla miktarda alınması tiroid metabolizmasını etkileyerek iyot eksikliğine neden olur (Gaitan, 1990). Lahana, karalahana, karnabahar, brokoli, şalgam ve kolza tohumu gibi sebzeler glukozinolatlar içerir ve metabolitleri, iyot alımı için tiroid ile yarışır. Benzer şekilde, manyok, lima fasulyesi, keten tohumu, sorgum ve tatlı patates siyanojenik glukozitler içerir. Bunlar iyot alımı için tiroid ile rekabet eden tiyosiyanatlara metabolize edilebilir (Brauer ve ark., 2006). Örneğin, linamarin, birçok gelişmekte olan ülkede sıklıkla tüketilen manyokta bulunan bir tiyoglikoziddir. Manyok, linamarinı çıkarmak için yeterince ıslatılmaz veya pişirilmezse, tiyosiyanata metabolize olan siyanürü serbest bırakmak için bağırsakta hidrolize edilir (Zimmermann, 2009a). Soya ve darı, TPO aktivitesini bozabilecek flavonoidler içerir. İyot eklenmemiş soya bazlı formüla kullanımı bebeklerde guatr ve hipotiroidizme neden olabilir (Messina ve Redmond, 2006). Ancak sağlıklı yetişkinlerde soya bazlı ürünlerin tiroid fonksiyonu üzerinde ihmal edilebilir etkileri olduğu gösterilmiştir (Zimmermann, 2018).

Temiz olmayan içme suyu, tiroid iyotlamasını engelleyen hümit maddeler içerebilir ve resorsinol ve ftalik asit dahil endüstriyel kirleticiler de guatrojenik olabilir (Gaitan, 1990). Perklorat, tiroidal iyot alımının rekabetçi bir inhibitörüdür (Blount ve

ark., 2006). Ancak altı aylık süre ile günde 3 mg'a kadar olan dozda perklorata maruziyetin, tiroid iyodür alımı veya tiroid hormonlarının serum seviyeleri üzerinde hiçbir etkisinin olmadığı belirtilmekle birlikte, bu guatrojenik maddelerin çoğunun, iyot eksikliği olmadıkça önemli bir klinik etkiye sahip olmadığı bildirilmiştir (Braverman ve ark., 2006).

1.2.2 Besin Ögesi Eksiklikleri

İyot eksikliğinin etkilerini şiddetlendirebilen besin ögeleri selenyum, demir ve A vitamini eksiklikleridir. Glutasyon peroksidaz ve deiyodinazlar selenyum bağımlı enzimlerdir. Selenyum eksikliğinde biriken peroksitler tiroide zarar verebilir ve deiyodinaz aktivitesinin bozulmasına neden olarak tiroid hormon sentezini azaltır (Zimmermann ve Köhrle, 2002). Demir eksikliği, tiroide hem-bağımlı TPO aktivitesini azaltır ve böylece tiroid hormon üretimini bozmaktadır. Guatrlı çocuklarda, demir eksikliği anemisi iyot profilaksisinin etkinliğini azaltırken, demir takviyesinin iyotlu yağ ve iyotlu tuzun etkinliğini artırdığı saptanmıştır (Zimmermann, 2006). Gebelikte demir eksikliğinin, maternal hipotiroidizm riskini artırabileceği de belirtilmiştir (Teng ve ark., 2018). İyot eksikliği olan çocuklarda A vitamini eksikliğinin, hipofiz TSH- β geninin A vitamini aracılı baskılanmasını azaltarak TSH stimülasyonunu ve guatr riskini artırdığı gözlemlenmiştir (Zimmermann ve ark., 2007).

1.3. İyot Yetersizliği Hastalıkları

İsviçreli doktor Coindet 1813'de guatrın deniz yosunu ile tedavi edilebileceğini bildirmiştir. Guatrın önlenmesinde iyotla zenginleştirilmiş tuz profilaksisini savunan ilk kişi 1833 yılında Fransız kimyager Boussingault olmuş, guatrın nedeninin iyot eksikliği olduğu hipotezini ilk kez yayımlamıştır. Baumann ve Roos 1896'da tiroid içi iyotun keşfi ile miksödem, guatr ve iyot arasındaki ilişkiyi bulmuşlardır. David Marine 1916-1917 yıllarında ABD'de iyot desteğiyle guatrın önlenmesine dair ilk büyük ölçekli çalışmayı yapmıştır. Başlangıçta iyot yetersizliğinin sadece guatra neden olduğu düşünülürken her yaş grubunda klinik tablo oluşturması nedeni ile 1983 yılında

İyot Yetersizliği Hastalıkları terminolojisinin kullanılması önerilmiştir (Zimmermann, 2008).

İyot yetersizliği, insanları yaşamın her aşamasında etkileyen ve sağlık üzerinde çok sayıda olumsuz etkisi olan yaygın bir mikro besin ögesi eksikliğidir (Zimmermann, 2009b). İyot eksikliğinin var olması için, öncelikle diyetle yetersiz iyot alımı olması gerekir ki, bu durum tiroid bezinin kullanabileceği daha az iyot alımı ile sonuçlanmaktadır. İyot eksikliği devam ederse, tiroid hormon üretimi azalmakta ve böylece tiroid hormon konsantrasyonu da azalmaktadır (Zimmermann ve Boelaert, 2015). Bu durumun hayvanlarda ve insanlarda büyüme ve gelişme üzerinde çok sayıda olumsuz etkisi vardır (Çizelge 1.2.). İyot eksikliği, çocuklarda bozulmuş büyüme ve gelişmeye, yetişkinlerde guatra, gebelerde düşük, fetal gelişim anomalilerine ve bebek ölümlerine neden olmaktadır. Ayrıca iyot eksikliği çocukluk çağında önlenabilir zihinsel yetersizliğin önde gelen nedenidir (Zimmermann, 2009a). İyot yetersizliğinden kaynaklanan bütün bu hastalıklar “İyot Yetersizliği Hastalıkları” (İYH) olarak adlandırılır (Zimmermann, 2008).

Çizelge 1.2. Yaşam dönemlerine göre iyot yetersizliği hastalıkları

Yaş Grupları	İyot yetersizliğinin neden olduğu sağlık sonuçları
Fetüs	Düşük Ölü doğum Doğuştan anomaliler Perinatal mortalite
Yenidoğan	İnfan mortalite Endemik kretinizm
Çocuk ve adölesan	Bozulmuş mental fonksiyon Gecikmiş fiziksel gelişim
Yetişkin	Bozulmuş zihinsel işlev Azalan iş üretkenliği Toksik nodüler guatr; iyot kaynaklı hipertiroidizm Orta ila ciddi iyot yetersizliğinde hipotiroidizm
Tüm yaşlar	Guatr Tiroid bezinin nükleer radyasyona karşı artan duyarlılığı

1.3.1. Guatr

Yaşamın her döneminde görülen guatr (tiroid büyümesi), iyot eksikliğinin klasik belirtisi olup, kronik iyot eksikliğine fizyolojik bir adaptasyondur (Stanbury ve ark., 1954). İyot alımı azaldıkça, mevcut iyot alımını en üst düzeye çıkarmak için TSH sekresyonu artar ve TSH tiroid hipertrofisi ve hiperplazisini uyarır. Başlangıçta guatr, yaygın, homojen genişleme ile karakterize olmasına rağmen, zamanla tiroid folikülleri kaynaşabilir ve nodüler guatr olarak adlandırılan bir durum ortaya çıkar (Zimmermann, 2009a). Guatrın genişlemesi, trakea ve yemek borusunu tıkayabilir ve tekrarlayan laringeal sinirlere zarar verip ses kısıklığına neden olabilir. Guatrın azaltılmasına yönelik cerrahi, kanama ve sinir hasarı dahil olmak üzere önemli risklere sahip olmakla birlikte tiroid dokusunun çıkarılmasından sonra hipotiroidizm gelişebilir (Zimmermann, 2018).

1.3.2. Kretinizm

İyot eksikliğinin en gözle görülür etkisi guatr olmasına rağmen, en ciddi yan etkisi gebelikte ve gebelik sonrasında görülmektedir. Gebelikte ciddi iyot eksikliği, ölü doğum, düşük ve doğuştan anormallik insidansının daha yüksek olması ile ilişkili bulunmuştur (Zimmermann, 2009b). Gebe kadınlarda ciddi eksiklik bölgelerinde iyotlu yağ ile iyot profilaksisinin fetal ve perinatal mortaliteyi azalttığı belirtilmiştir. Nöronal migrasyon ve merkezi sinir sisteminin miyelinasyonu için normal tiroid hormon seviyeleri gerekli olduğu için, özellikle fetal beyin, iyot eksikliğine karşı hassastır (Zimmermann, 2009a). Buna bağlı fetal hipotiroidizmden kaynaklanan en şiddetli nörolojik hasar şekli kretinizm olarak adlandırılmaktadır (Morreale de Escobar ve ark., 2004). Kretinizm, çeşitli derecelerde boy kısalığı, sağırılık ve spastisite ile birlikte ileri düzey zeka geriliği ile karakterize bir bozukluktur (Zimmermann, 2009a).

İki farklı tür kretinizm tanımlanmıştır. Daha yaygın olan nörolojik kretinizm, distal ekstremiteleri koruyan spastik kuadriplejiyi içeren spesifik nörolojik eksikliklere sahip türü iken, en sık Orta Afrika'da görülen miksödematöz form, baskın olarak tiroid atrofi ve fibroz ile birlikte derin hipotiroidizm bulgusuna sahiptir (Zimmermann,

2018). Ciddi iyot eksikliği olan popülasyonların yaklaşık %10'unun kreten olabileceği rapor edilmiştir. İyot profilaksisinin, daha önce iyot eksikliği olan İsviçre'de yeni kretenizm vakalarının ortaya çıkmasını tamamen ortadan kaldırdığı bildirilmiştir (Zimmermann, 2008).

1.3.3. Bilişsel Gelişim

Yeni kretinizm vakaları artık nadir görülse de, hafif-orta iyot eksikliği hala birçok ülkeyi etkilemekte olup, bilişsel gelişimi bozabilir. Yapılan iki sistematik derlemede, bilişsel gelişimin düzeltilmesi için iyot eksikliğini düzeltmenin yararlı olduğu belirtilmiştir (Aburto ve ark., 2014 ve Bougma ve ark., 2013). İlk sistematik derleme, pediatrik ve yetişkin popülasyonda iyotlu tuz takviyesinin, düşük zeka riskini %72-76 azalttığını ve zeka puanında 8,2-10,5 puanlık bir artış sağladığını göstermiştir (Aburto ve ark., 2014). Benzer şekilde ikinci derlemede de, iyot yetersizliği olan çocukların, iyot eksikliği olan çocuklardan 6,9-10,2 puan daha yüksek zeka puanına sahip oldukları saptanmıştır (Bougma ve ark., 2013). Bu nedenle, iyot eksikliği, dünya çapında önlenabilir zihinsel bozukluğun en yaygın nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir (WHO, 2007). Hafif-orta iyot eksikliği olan bölgelerde, okul çağı çocuklarında iyot profilaksisi ile bilişsel bozukluğun en azından kısmen geri döndürülebileceği düşünülmektedir (Gordon ve ark., 2009 ve Zimmermann ve ark., 2006). Genel olarak, iyot eksikliği popülasyonun, eğitilebilirliğinde azalma, ilgisizlik ve azalan iş üretkenliği gibi hafif ancak yaygın olumsuz etkiler yaratabileceği ve bu durumun toplumda, sosyal ve ekonomik kalkınmanın bozulmasına neden olabileceği bildirilmektedir (Zimmermann, 2018).

1.3.4. Tiroid Bozuklukları

Bir popülasyonun iyot durumu, yetişkinlikte görülen tiroid hastalıklarının önemli bir belirleyicisidir (Zimmermann ve Boelart, 2015). Yetişkinlerde iyot eksikliğinin, yaygın guatr ve tiroid nodülleri riskini artırdığı bilinmektedir. Yetişkin bir popülasyon ciddi iyot eksikliğinden hafif iyot eksikliğine ve ardından iyot yeterliliğine geçerken, aşırı hipotiroidizmden geçici aşırı hipertiroidizme ve daha

sonra aşırı hafif subklinik hipotiroidizme doğru küçük bir geçiş gösterir (Zimmermann, 2008). Ciddi iyot eksikliği durumunda tiroid aktivitesi, iyot alımı ve geri dönüşümünü maksimize etmek için artmasına rağmen, iyot konsantrasyonları tiroid hormonu üretimini sürdürmede yeterince yüksek olmadığı için hipotiroidizme neden olur. Hafif-orta iyot eksikliğinde, tiroid bezi, tiroid hormon üretimini sürdüren tiroid aktivitesini arttırarak yetersiz diyet alımını telafi edebilir. Bu durum bazı bireylerde, tiroidin kronik uyarılması sonucunda tiroid nodülüne ve otonomiye neden olmaktadır. İyot alımı, supleman veya besin zenginleştirme ile arttırılırsa, tiroid nodülündeki bu artış hipertiroidizm riskini arttırabilir (Zimmermann, 2018). Ancak, iyot yeterliliği tiroid aktivitesini normalleştirdiği ve uzun vadede azalmış nodül ve otonomi ile sonuçlandığı için, popülasyondaki bu artmış hipertiroidizm riski geçicidir (Petersen ve ark., 2019).

Eksik iyot alımından optimum veya aşırı iyot alımına geçişle ortaya çıkan hafif subklinik hipotiroidizmdeki küçük artış, tiroid otoimmünitesi riskinin artması ile bağlantılı ve geçici olabilir, ancak daha uzun vadeli çalışmalara ihtiyaç vardır (Petersen ve ark., 2019). Popülasyonda tiroid kanser insidansı, diyet kaynaklarından normal veya fazla iyot alımından etkilenmiş gibi görünmekle birlikte (Peterson ve ark., 2012), iyot eksikliği, özellikle foliküler ve anaplastik tiroid kanseri için bir risk faktörüdür (Zimmermann ve Galetti, 2015).

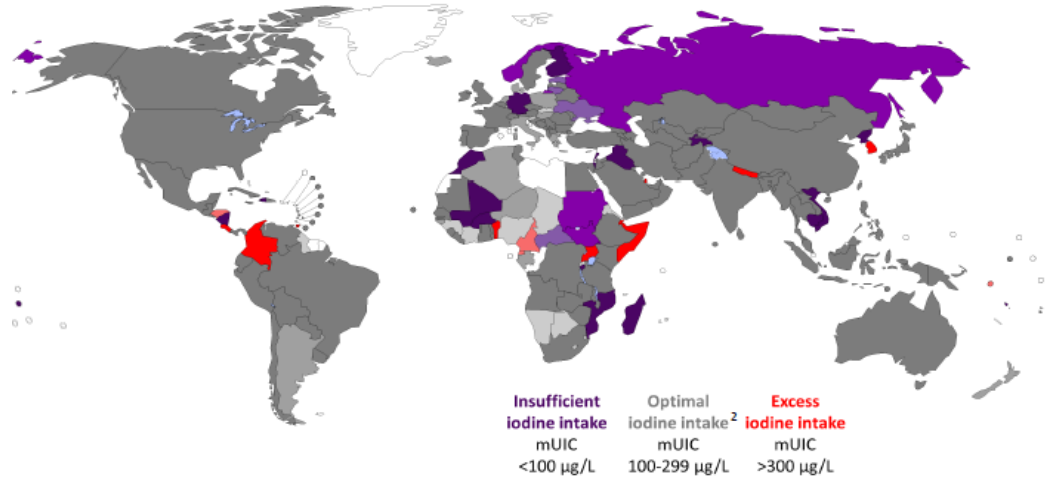
1.4. İyot Yetersizliği Epidemiyolojisi

1.4.1. Dünyada İyot Yetersizliği Prevalansı

Dünyadaki iyot durumunun değerlendirilmesi için ilk çalışma DSÖ tarafından 1960 yılında başlatılmış olup DSÖ, UNICEF ve IGN tarafından ortaklaşa izlenmektedir (IGN, 2020; UNICEF, 2018 ve WHO, 2007). O dönemde DSÖ, iyot yetersizliği sıklığının dünya nüfusunun %20-60'ını etkilediğini tahmin etmiştir (WHO, 1960). İsviçre, İskandinav Ülkeleri, Avustralya, ABD ve Kanada gibi sadece birkaç ülke 1990'dan önce tamamen iyot yeterli ülkeler olarak belirlenmiştir (IGN,

2020). Daha sonra iyot yetersizliği saptanan 110 ülkeyi kapsayan bir derlemede, küresel guatr sıklığı %12 olarak bildirilmiştir (WHO, 1993). Dünya Sağlık Örgütü'nün 1993-2003 yıllarındaki raporlarında, dünya çapında yaklaşık 54 ülkede iyot eksikliği olduğu belirtilmiş ve en çok etkilenen grup olan bebek, gebe ve emziren kadınlar dahil yaklaşık 3 milyar insanın yeterli iyot alımına sahip olmadığı saptanmıştır (Al-Hosani ve ark., 2003). O zamandan beri, hem küresel hem de ulusal düzeyde Evrensel Tuz İyotlama (Universal Salt Iodization-USI) uygulaması ve iyot takviye stratejileri gibi etkiler nedeniyle küresel iyot eksikliği giderek azalmıştır (Andersson ve ark., 2010).

Son on yılda, dünya nüfusunun %98'ini temsil eden 150'den fazla ülkede küçük veya büyük ölçekli ulusal iyot durumu araştırmaları yapılmıştır. Andersson ve ark. (2012), küresel ve bölgesel iyot durumunu değerlendirdikleri derleme bir çalışmada, 2003 yılından 2011 yılına kadar iyot eksikliği olan ülke sayısının 54'ten 32'ye düştüğünü ve yeterli iyot alımı olan ülke sayısının 67'den 105'e yükseldiğini bildirmişlerdir. Pearce ve ark. (2013), okul çağı çocuklarında medyan idrar iyot konsantrasyonu 100-299 µg/L yeterli olarak değerlendirildiğinde, 10 ülkede aşırı ve 111 ülkede yeterli iyot alımı olduğunu Küresel İyot Beslenmesi raporunda belirtmişlerdir. Küresel İyot Beslenmesi raporuna göre 2019 yılında iyot alımı 121 ülkede yeterli, 21 ülkede eksik ve 14 ülkede aşırı bulunmuştur (IGN, 2019). İyot eksikliği olan 21 ülkenin %90,5'inde hafif iyot eksikliği, %9,5'inde orta derecede iyot eksikliği olduğu saptanmıştır. Rapora göre ciddi düzeyde iyot eksikliği olan ülke bulunmamaktadır. Okul çağı çocuklarında medyan idrar iyot konsantrasyonuna göre ülkelerin 2020 yılı iyot durumu Şekil 1.1.'de gösterilmiştir. Bu haritada 23 ülkede iyot alımı yetersiz, 115'inde yeterli ve 14'ünde aşırı yüksek olarak bulunmuştur (IGN, 2020).



Şekil 1.1. Dünyada 2020 yılı medyan iyot konsantrasyon dağılımı (IGN, 2020)

1.4.2. Türkiye’de İyot Yetersizliği Prevalansı

Türkiye’de 1956 yılında 30.000 kişi ile endemik guatr prevalansının değerlendirildiği bir çalışmada; Batı Anadolu’da Burdur-Isparta çevresi, Doğu Karadeniz bölgesinde Giresun-Rize arası ve Batı Karadeniz’de Kastamonu bölgesi üç endemik guatr bölgesi olarak belirlenmiştir (Egemen ve Midyat, 2006). Koloğlu ve arkadaşlarının 1968 yılında yaptıkları etiyolojik ve epidemiyolojik çalışmalarda iyot yetersizliğinin belirlenmesinde suyun içindeki iyot miktarının ölçmenin yetersiz olacağı bildirilmiştir (Koloğlu, 1984). Sungur ve arkadaşlarının (1981) içme sularında iyot analizi yaptıkları çalışmalarda da sudaki iyot miktarının düşük olduğu saptanmıştır. “Türkiye’de Endemik Guatr Araştırması’nda” 1980-1988 yıllarında 73757 kişi değerlendirilmiş, Türkiye’de guatr prevalansı DSÖ kriterlerine göre %30,5 olarak belirlenmiştir. Guatr prevalansının en yüksek olduğu ilk üç bölge sırası ile Karadeniz, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgeleridir (Ergüler ve ark., 1996).

Sağlık Bakanlığı Ana Çocuk Sağlığı ve Aile Planlaması Genel Müdürlüğü ile Hacettepe Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü’nün birlikte yürüttüğü 1995 yılında yapılan bir çalışmada, okul çağı çocuklarda (6-12 yaş) guatr prevalansı %30,3 olarak bulunmuştur (Erdoğan, 2008). Sağlık Bakanlığı’nın 1997-1999 yılları arasında

20 ilde yaptığı başka bir çalışmada ise Türkiye’de okul çağı çocuklarında (9-11 yaş) guatr prevalansı %31,8 olarak belirlenmiş; çalışmaya alınan tüm illerde okul çağı çocukların medyan idrar iyot konsantrasyonunun 100 µg/L’in altında olduğu saptanmıştır (Erdoğan ve ark., 2002). Büyük kentlerin alındığı başka bir çalışmada okul çağı çocukların idrar iyot konsantrasyonu sadece dört ilde (İstanbul, Eskişehir, Artvin ve Tekirdağ) 100 µg/L’in üzerinde saptanmıştır (Erdoğan ve ark., 2009). Zorunlu iyotlu tuz programı öncesi Türkiye, okul çağındaki çocuklarda “ciddi-orta derecede iyot eksikliği” olan bir ülke iken, en son ulusal ankete göre 2007 yılında okul çağı çocukları arasında “iyot yeterli” ülke olarak belirlenmiştir (Erdoğan ve ark., 2009). Türkiye’de iyot eksikliği okul çağı çocukları arasında 1997’den 2014’e kadar yapılan çeşitli araştırmaların sonuçlarına göre, 1997’de %58 iken, 2014’te %23’e düşmüştür (Çelmeli ve ark., 2020; Erdoğan ve ark., 2002; Erdoğan ve ark., 2009 ve Semiz ve ark., 2000). Sonuçlar son yıllarda Türkiye’de iyot durumunda bir iyileşme olduğunu göstermektedir. Ancak, iyot eksikliği ve guatr, Türkiye’nin Batı Karadeniz Bölgesi kırsal kesimlerinde hala önemli halk sağlığı sorunları olarak kabul edilmektedir (Uzun ve ark., 2014). Türkiye, tuzlarına iyot eklenmesinden 22 yıl sonra, dünyada iyot alımı yeterli ülkeler arasında yer almaktadır (IGN, 2020).

1.5. İyot Yetersizliği Hastalıklarının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler

İyot yetersizliğinin değerlendirilmesi için çeşitli yöntemler mevcuttur. En yaygın kullanılan yöntem; tiroid incelemesi ve idrar iyot konsantrasyonunun (UIC) ölçümüdür. Buna ek olarak kanda tirotropin ve kan tiroglobulin, tiroksin (T₄) veya triiyodotironin (T₃) konsantrasyon ölçümleri de kullanılmaktadır. İdrar iyot konsantrasyonu, yakın zamanlı iyot alımının (gün) hassas bir göstergesidir. Serum tiroglobulin (Tg), haftalar ile aylar arasındaki iyot alımını gösterirken, guatr oranındaki değişiklikler uzun vadeli iyot alımını (ay-yıl) yansıtmaktadır (Zimmermann, 2018).

1.5.1. Tiroid incelemesi

Guatr sıklığının değerlendirilmesinde en yaygın kullanılan yöntemler tiroid palpasyonu ve tiroid ultrasonografisidir. Tiroid bezi krikoid kıkırdak ve sternumun üst kenarı arasındaki trakea boyunca her iki tarafta palpe edilmeye çalışılır. Her bir lateral lobun büyüklüğü başparmakların terminal falanksından daha büyük bir hacme sahip olduğunda tiroid guatrlı olarak kabul edilir. Dünya Sağlık Örgütü tarafından önerilen tiroid büyüklüğü sınıflandırılması Çizelge 1.3’de gösterilmiştir (WHO, 2007).

Çizelge 1.3. Tiroid büyüklüğü sınıflaması

Evre 0	Tiroid elle tutulur ve görünen guatr yok
Evre 1	Elle tutulur ancak boyun normal pozisyondayken görülemez
Evre 2	Guatr boyun normal pozisyondayken açıkça görülebilir

Guatr genelde adölesan dönemde ortaya çıkmaktadır ve 6-12 yaş arası çocukların tiroid bezi küçük olduğu için palpasyon yöntemi uygulanamamaktadır. Tiroid palpasyonu ile orta veya ağır derecede iyot yetersizliği sonucu büyüyen tiroid saptanabilir ancak hafif iyot yetersizliğini belirlemede zayıf duyarlılık ve özgüllüğe sahiptir. Endemik guatrlı bölgelerde iyot alımının artmasına karşın tiroid boyutu küçülebilir ve iyot yetersizliğinin düzeltilmesi ile tiroid boyutunda değişim gözlenmeyebilir (Zimmermann, 2009a).

Son yıllarda tiroid hacminin belirlenmesi için kullanılan tiroid ultrasonografisi yöntemi, noninvazivdir, hızlı bir şekilde yapılır ve taşınabilir ekipman kullanılarak uzak yerlerde bile uygulanabilir. Ancak tiroid hacmi verilerinin yorumlanması iyot eksikliği olmayan çocuklarda geçerli referans gerektirir (Zimmermann ve ark., 2004; Zimmermann, 2018). Buna ek olarak, tiroid ultrasonografisinde yorum ve deneyim gerektiği için öznelidir (Egemen ve Midyat, 2006).

1.5.2. İdrar iyot konsantrasyonu

Diyet ile alınan iyotun %90'dan fazlası idrarla atıldığı için idrar iyot konsantrasyonu, yakın zamanlı iyot alımının en iyi göstergesidir (IOM, 2001 ve WHO, 2007). İdrarda ölçüm yöntemlerinin çoğu, iyodürün arseniöz asit varlığında sarı serik amonyum sülfatın renksiz seröz forma indirgenmesini katalize ettiği “Sandell-Kolthoff” reaksiyonuna dayanmaktadır (Zimmermann, 2009a). İdrar iyot konsantrasyonu, kreatin atımı (μg iyot/g kreatinin) veya 24 saatlik atım ($\mu\text{g/gün}$) ile belirlenebilir. Bireylerin iyot alımının tahmin etmek için 24 saatlik idrar toplama tercih edilir. Epidemiyolojik çalışmalarda 24 saatlik idrar örneklerinin toplanması pratik olmadığından, spot idrar örnekleri toplanır ve $\mu\text{g/L}$ cinsinden medyan olarak ifade edilir (Zimmermann, 2018).

Tüm yaş gruplarında medyan idrar iyot konsantrasyonuna göre iyot alım durumunun değerlendirilmesi Çizelge 1.4.'te gösterilmiştir. İki yaş altı çocuklarda ve emzirenler için günde 100 $\mu\text{g/L}$ 'ın yeterli olduğu bilinmesine rağmen yetersiz, fazla ve aşırı alım değer aralıkları henüz bilinmemektedir (WHO, 2007).

Çizelge 1.4. Tüm yaş gruplarında medyan idrar iyot konsantrasyonuna göre iyot alımının değerlendirilmesi

Medyan idrar İyot ($\mu\text{g/L}$)	İyot Durumu
Okul çağı çocuklar	
<20	Ciddi iyot yetersizliği
20-49	Orta derecede iyot yetersizliği
50-99	Hafif iyot yetersizliği
100-199	Yeterli
≥ 300	İyotla indüklenen hipertiroidi riski yüksek
Gebe kadınlar	
<150	Yetersiz
150-249	Yeterli
250-499	Fazla
≥ 500	Aşırı
Emzikli kadınlar	
<100	Yetersiz
≥ 100	Yeterli
2 yaşından küçük çocuklar	
<100	Yetersiz
≥ 100	Yeterli

1.5.3. Tiroid Stimüle Edici Hormon (TSH)

Dolaşımdaki tiroid hormon seviyesi tarafından belirlenen serum TSH, iyot alımını yansıtan bir gösterge olarak kullanılabilir. Ancak, ileri yaştaki çocuklarda ve yetişkinlerde, serum TSH düzeyi iyot yetersizliğinde hafif artımı gösterse de, genellikle normal değerler içinde kalır. Bu nedenle TSH'ın, yetişkinlerde iyot alımının nispeten duyarsız bir göstergesi olduğu bildirilmiştir. Buna karşın, yenidoğan döneminde TSH düzeyi, iyot durumunun hassas bir göstergesidir (Zimmermann, 2018). Yetişkinlere kıyasla, yenidoğan tiroidi daha az iyot içermekle birlikte daha yüksek iyot turnover hızına sahiptir. Özellikle iyot miktarı azaldığında, artan iyot turnoverinin sürdürülebilmesi için artan TSH stimülasyonuna gereksinim vardır. Bu nedenle serum TSH konsantrasyonları, iyot eksikliği olan bebeklerde yaşamın ilk birkaç haftası artış gösterir. Bu duruma “yeni doğanın geçici hipotiroidisi” adı verilir. Doğum sonrası üçüncü veya dördüncü günde toplanan kanda TSH düzeyinin 5 mIU/L üzerinde olması iyot yetersizliği olarak tanımlanır (Delange, 1997).

1.5.4. Tiroglobulin

Tiroglobulin (Tg) sadece tiroid bezinde sentezlenebilen ve en bol bulunan intratiroidal proteindir. Yeterli iyot varlığında, dolaşıma az miktarda Tg salgılanır. Serum Tg normal düzeyi <10 mg/L'dir. Endemik guatr bölgelerinde serum Tg düzeyi, tiroid hücre kütlesi ve TSH stimülasyonu artmasından dolayı yükselir. Serum Tg düzeyi, idrar iyot konsantrasyonu ile belirlenen iyot eksikliğinin ciddiyeti ile pozitif yönde korelasyon gösterir ve iyot replasmanının hassas bir göstergesidir (Vejbjerg ve ark., 2009). Okul çağındaki çocuklarda ve gebelerde kurumuş kan örnekleri için Tg düzeyi referans aralıkları mevcuttur ve çocuklarda iyot durumunu değerlendirmek için Tg ölçümü önerilmektedir (Stinca ve ark., 2017). Ayrıca Tg düzeyi popülasyonda fazla iyot alımının bir biyobelirteci olabilir (Zimmermann ve ark., 2013).

1.5.5. Tiroid Hormon Konsantrasyonları

Tiroid hormon konsantrasyonları, iyot durumunun belirlenmesinde zayıf göstergelerdir. İyot eksikliği olan popülasyonlarda, serum T₃ düzeyi artar veya değişmeden kalırken, serum T₄ düzeyi genellikle azalır. Ancak, bu değişiklikler genellikle normal aralık içindedir. Bu nedenle, tiroid hormon düzeylerinin iyot yetersizliğinde iyot durumunun değerlendirilmesinde duyarsız bir ölçüt olduğu belirtilmektedir (Zimmermann, 2018).

1.5.6. Diyetle İyot Alımı

Besinler, toplam iyot alımına en büyük katkıyı sağlamaktadır (Kim ve ark., 1998). Bir popülasyon grubunun beslenme durumu, en yaygın kullanılan biyokimyasal gösterge olan iyotun idrarla atılımı analiz edilerek değerlendirilebilir. İyotun besin gruplarının katkısına ilişkin bilgiler bireylerin beslenme durumlarını iyileştirmeye yönelik önerilerde bulunmak için gereklidir. Buna ek olarak, bu tür bilgiler beslenme politikalarının diyet durumu üzerindeki etkisini tahmin etmek için yararlıdır. Ancak, iyot alımının günlük diyet ile değerlendirilmesinin bir takım sınırlılıkları vardır. Bu nedenle tek başına iyot durumunu değerlendirmek için kullanılması tavsiye edilmez. Ancak idrar iyot konsantrasyonu veya Tg gibi diğer yöntemleri desteklemek için kullanılması önerilmektedir (Subar ve ark., 2012 ve Thomson ve ark., 2008).

İyot alımını tahmin etmek, diyet iyot kaynaklarını belirlemek ve diyet önerilerine göre iyot durumunu değerlendirmek için diyet değerlendirme yöntemleri kullanılabilir (Rohner ve ark., 2014). İyot içeren besinlerin alım miktarlarını belirlemek için besin tüketim sıklığının kullanılması ile, nitel veriler elde edilir. Ogawa ve ark. (2017), Japonya’da yaptıkları çalışmada gebelerin besin sıklığı yöntemi ile aldıkları iyot alımını $437,5 \pm 167,9$ µg/gün olarak belirlemişlerdir. Castilla ve ark. (2017), İspanya’da yaptıkları çalışmada gebelerin günlük diyetle iyot alımını 137 µg/gün olarak saptamışlardır. Rasmussen ve ark. (2002), Danimarka’da yaptıkları çalışmada yetişkin bireylerin besin sıklığı yöntemi ile aldıkları iyot miktarını 162,0 µg/gün olarak hesaplamışlardır. Türkiye’de Aslan Çin ve ark. (2020), gebelerin besin

tüketim sıklığı anketi ile ortalama iyot alımını $217,7 \pm 59,5$ µg/gün ve idrar iyot konsantrasyonu fazla olan gebelerin ortalama iyot alımının ($479,9 \pm 159,5$ µg), yeterli ($280,1 \pm 35,0$ µg) ve yetersiz ($198,8 \pm 38,9$ µg) olan gruba göre yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan çalışmalarda besinlerle alınan iyot miktarının idrar iyot konsantrasyonuna göre yüksek olduğu belirtilmiştir (Aslan Çin ve ark., 2020; Castilla ve ark., 2017; Ogawa ve ark., 2017 ve Rasmussen ve ark., 2002). Besin sıklığı anketlerinin genellikle porsiyon büyüklüğünün tahmini ve tüketilen yiyeceklerin kaydedilmesindeki hatalar nedeni ile doğru sonuç vermediği bilinmektedir (Thompson ve Subar, 2008). Besinlerden iyot alımının tahmin edilmesi ile ilgili bir başka sorun da, besin bileşim veri tabanlarında bulunan bilgilere dayanmasıdır. Bu veri tabanları sürekli güncellenmediği veya başka ülkelerin (özellikle ABD veya İngiltere) değerleri kullanıldığı için her zaman besinin iyot içeriğinin güvenilir bir tahminini sunmamaktadır (Roberts ve ark., 2018). Ayrıca, besinin iyot içeriği, besinlerin içeriğinde ve farklı mevsimler arasında oldukça değişkendir. Buna ek olarak, işlenmiş besinlerin tuz içeriği genellikle besin bileşim veri tabanlarına dâhil edilirken, kullanılan tuz çeşitleri genellikle belirtilmemektedir (Carriquiry ve ark., 2016 ve Rohner ve ark., 2014).

1.6. İyot Gereksiniminin Belirlenmesi

Her yaşta insan, günlük olarak meydana gelen kayıpları gidermek ve eksikliği önlemek için düzenli olarak diyet iyot alımına ihtiyaç duymaktadır. İnsanlarda diyetle iyot gereksinimini birden fazla faktör belirlemektedir. Bu faktörlerin belirlenmesi; günlük idrarla iyot atılımına, plazma iyodür seviyelerinin korunmasına, tiroid iyot depolarının durumuna, radyoaktif iyot alımına ve iyot turnoverine göre hesaplanmaktadır (WHO, 2007). Bebekler için önerilen alım miktarının temeli, yalnızca anne sütü ile beslenen bebeklerin gözlemlenen ortalama iyot alımıdır. Çocuklar için önerilen diyetle iyot alımı ise idrar iyot atılımına ve okul çağı çocuklarında guatr prevalansı ile ilişkiye dayanmaktadır. Yetişkinlerde önerilen diyetle iyot alımı ötiroid yetişkinlerde tiroidal radyoiyot birikimine; gebelik ve emzirenlerde, büyüyen fetus için gereken miktar ile anne sütüne salgılanan miktara göre hesaplanmıştır (IOM, 2001).

İyotun yetersiz alımı, organizmada hem eksiklik hem de fazla iyot alımı ile ilişkili tiroid bozuklukları ile ilişkilidir (Zimmermann, 2018). Yetersiz iyot alımıyla ilişkili olumsuz etkilerin gelişmesini önlemek ve uygun tiroid işlevini sürdürmek için, uluslararası sağlık kuruluşları tarafından farklı popülasyon alt grupları için optimal iyot alımı seviyeleri belirlenmiştir. Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Tıp Enstitüsü'nün Gıda ve Beslenme Kurulu, 2002 yılında ABD ve Kanada için bebeklik döneminde iyot için yeterli alım (Adequate Intake-AI); çocuklar, yetişkinler ve gebe ve emzikli kadınlar için iyot için önerilen diyet alımı (Recommendation Dietary Allowance-RDA) belirlemiştir (Çizelge 1.5.) (WHO, 2007). Dünya Sağlık Örgütü, Birleşmiş Milletler Çocuk Fonu (UNICEF) ve Uluslararası İyot Eksikliği Hastalıkları Kontrolü Konseyi (ICCIDD) önerilerine göre günlük iyot alımı okul öncesi çocuklar için 90 µg (0-5 yaş); okul çağı çocukları için 120 µg (6-12 yaş); adölesan (12 yaş üstü) ve yetişkinler için 150 µg ve gebe ve emzikli kadınlar için 250 µg'dır (Çizelge 1.5.). Türkiye Beslenme Rehberi'ne göre günlük iyot gereksinimi çocuklar için 90 µg, yetişkinler için 150 µg gebe ve emziklilerde 200 µg'dır (TÜBER, 2015).

Çizelge 1.5. Yaşa veya popülasyona göre iyot alımına ilişkin öneriler (µg/gün)

	IOM önerileri				DSÖ önerileri	
YAŞ	EAR	AI	RDA	UL	YAŞ	RNI
Bebekler					Bebekler	
0-6 ay		110			0-12 ay	90
7-12 ay		130			Çocuklar	
Çocuklar					0-5 yaş	90
1-3 yaş	65		90	200	6-12 yaş	120
4-8 yaş	65		90	300		
9-13 yaş	73		120	600		
14-18 yaş	95		150	900		
Yetişkin (19+ yaş)	95		150	1100	Yetişkin >12	150
Gebelik					Gebelik	250
14-18 yaş	160		220	900		
19+ yaş	160		220	1100		
Emzicilik					Emzicilik	250
14-18 yaş	209		290	900		
19+ yaş	209		290	1100		

EAR: Tahmini ortalama gereksinim (Estimated Average Recommendation-EAR)

AI: Yeterli alım (Adequate Intake-AI)

RDA: Önerilen diyet alımı (Recommendation Dietary Allowance-RDA)

UL: Tolere Edilebilir Üst Alım Seviyesi (Tolerable Upper Intake Level)

RNI: Önerilen besin ögesi alımı (Recommended Nutrient Intake-RNI)

1.7. İyot Yetersizliği Hastalıklarının Önlenmesi

İyot yetersizliği durumunda ortaya çıkan metabolik değişikliklerin çoğunun önlenabilir olduğu ve yeterli iyot alımı sağlandığında önlenileceği bilinmektedir. Bu nedenle, insanların beslenmesinde iyot içeriğini arttırmak için çeşitli stratejiler geliştirilmiştir (Gonzali ve ark., 2017). Bu stratejiler; sık yenen besinlerin iyotla zenginleştirilmesi, hayvancılıkta ve kümes hayvancılığında kullanılan yemlere iyot eklenmesi ve bitkilerin biyolojik olarak iyotla zenginleştirilmesidir (Flachowsky ve ark., 2014). Toplumda iyot yetersizliği hastalıklarını önlemek için en yaygın uygulama sık tüketilen besinlerin iyotla zenginleştirilmesi işlemidir. Birçok ülkede sofraya tuzuna iyot eklenmesi, ekmeğe iyot eklenmesi, iyotlu yağ kapsül ve enjeksiyonu ve içme suyuna iyot eklenmesi gibi yöntemlere başvurulmuştur (Antonyak ve ark., 2018).

1.7.1. İyotlu tuz

İyot yetersizliği ile ilk mücadele 1917 yılında David Marine tarafından okul çağı çocuklarında düşük doz iyodür kullanımının guatr belirtilerini azaltması ile başlamıştır (Marine ve Kimbal, 1917). Daha sonra 1920'lerde ABD ve İsviçre'de sofraya tuzunun iyotlanması programı geliştirilmiş ve sonrasında bu uygulama birçok ülkede tanıtılmıştır. Ardından 1970 yılına gelindiğinde, iyot desteğinin zihinsel gelişim düzeyini ve bebek ölüm oranlarını azalttığı bulunmuştur (Hetzel, 1983). Dünya Sağlık Örgütü ve UNICEF tarafından 1993 yılında, 15-80 mg/kg iyotlu tuz ile dünyada iyot yetersizliği hastalıklarını tedavi etmek için ana strateji olarak “evrensel tuz iyotlaması” önerilmiştir (WHO, 1993). O zamandan beri, iyot eksikliğinin küresel yükünü azaltmak için dünyanın üçte ikisinden fazlasında tuzun iyotlanması programı uygulanmaya başlamış (Zimmermann ve ark., 2015) ve yaklaşık 100 ülke ulusal iyotlu tuz programını uyguladığını bildirmiştir (Zimmermann ve Galletti, 2015).

Tuzun iyot ile zenginleştirilmesi, iyot desteğinde kullanılan en uygun yöntemdir. Bunun nedenleri arasında; herkes tarafından tüketilmesi, tuz alımının yıl boyunca genellikle sabit olması, iyot ekleme işleminin maliyetinin basit ve ucuz olması, iyot

veya iyodat eklenmesinin tuzun renk, tat ve kokusunda değişik yapmaması ve tuzdaki iyot miktarının basit ve ucuz bir şekilde izlenebilmesi sayılabilir (Zimmermann, 2018).

Besin endüstrisinde kullanılan tuzlar dahil tüm tuzlar sürekli olarak iyotlanmalıdır. Daha önce endemik guatr ve kretenizmden etkilenen İsviçre’de, yarım yüzyılı aşkın süredir uygulanan ulusal iyotlu tuz programı ile iyot yetersizliğini etkili bir şekilde ortadan kaldırılmıştır. İyot, tuza potasyum iyodür (KI) veya potasyum iyodat (KIO_3) şeklinde eklenebilir. Potasyum iyodat, nem ve ışığı geçiren ambalajlamaya karşı daha yüksek stabiliteye sahip olduğu için önerilen formdur (Zimmermann, 2009). İyot, tuz alımına bağlı olarak genellikle 20-40 mg iyot/kg tuz seviyesinde eklenir. İyotlu tuzun ışıktan etkilenmemesi için renkli polietilen ambalajlarda veya preslenmiş ve lamine edilmiş kağıt kutularda, ışıktan uzak ve karanlık yerlerde saklanması gereklidir (Campbell ve ark., 2012).

Tuzlara iyot eklenmesi çalışmaları Türkiye’de 1968 yılında başlamıştır. Daha sonra Sağlık Bakanlığı Ana Çocuk Sağlığı ve Aile Planlaması Genel Müdürlüğü (AÇSAP) ile UNICEF işbirliğinde 1994 yılında “Ulusal İyot Yetersizliği Hastalıkları ve Tuzun İyotlanması Programı” yürürlüğe girmiştir. Türk Gıda Kodeksi 2013/48 no’lu tuz tebliğine göre sofraya tuzuna iyot eklenmesi ülkemizde zorunlu hale getirilmiştir. Bu tebliğe göre sofraya tuzuna 25-40 mg/kg oranında KIO_3 katılması önerilmiştir (Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 2013). İyot kullanmaması gereken bazı hastalar (Graves Hastalığı, Hashimoto tiroidi ve sıcak nodülü olan) için iyotsuz sofraya tuzu üretimi serbest hale gelmiştir. İyotlu tuz kullanım oranı 1995 yılında %18 iken, 2008 yılında %84,4’e ulaşmıştır. Kentsel yerleşim yerlerinde kullanım oranı %89,9 iken kırsal bölgelerde kullanım oranı %71,5’dir (TNSA, 2013). Ancak, Çelmeli ve ark. (2020), Antalya’da 6-14 yaş arası 1594 çocuk ile yürüttükleri bir çalışmada, çocukların %19’unda hala iyot eksikliği olduğu belirlenmiştir. Sorunun tamamen çözümü için hane halkı iyotlu tuz kullanım oranının en az %90 olması gerektiği önerilmektedir (WHO, 2007). Buna ek olarak, son yıllarda gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde, genel tuz alımının %80-90’ı satın alınan işlenmiş besinlerden olduğu için, sadece ev tuzu iyotlu olduğunda yeterli iyot alımı sağlanamadığı düşünülmektedir. Bu nedenle, besin endüstrisinin iyotlu tuz kullanması kritik önem taşıdığı belirtilmiştir. Ayrıca

kronik hastalıkları önlemek için tuz tüketimini azaltmaya yönelik alınan önlemler ve iyot eksikliğini ortadan kaldırmak için tuzun iyotlanması politikası çalışmaktadır. Kişi başına düşen tuz alımı günde beş gramdan az olduğunda, iyotlama yöntemlerinin önerilen iyot alımını sağlamak için yeterli olmadığı tahmin edilmektedir (Campbell ve ark., 2012).

1.7.2. İyotlu ekmek

Hollanda, Danimarka, Yeni Zelanda ve Avusturya'da iyotlu tuz yerine denenmiş olmasına rağmen, ekmek tüketim miktarının farklı olmasından dolayı uygulanmamaktadır (Egemen ve Midyat, 2006).

1.7.3. İyotlu süt

Gelişmiş ülkelerin çoğunda iyot kaynağı olarak süt kullanılmaktadır. Hayvan yemlerine iyot eklenmesi, süt içeriğindeki iyot miktarını artırmaktadır. Süt, Kuzey Avrupa ülkeleri, İngiltere ve Amerika Devletleri gibi gelişmiş ülkelere iyot kaynağı olarak belirtilmektedir (Delange, 2002). Dünya Sağlık Örgütü'ne göre ortalama iyot miktarı 35-56 µg/100 g olup günde iki bardak süt tüketiminin günlük iyot gereksinimini karşılayabileceği belirtilmektedir (WHO, 2007). Türkiye'de 2002 yılında yapılan bir çalışmada, sütlerde ortalama iyot miktarı 53,98±4,58 µg/100 g olarak saptanmıştır (Egemen ve Midyat, 2006).

1.7.4. İyotlu yağ

Ulaşımın zor olduğu veya çok sayıda küçük ölçekli tuz üreticisinin bulunduğu uzak bölgelerde tuzun iyotlanması, kısa vadede iyot eksikliğinin kontrolü için yeterli olmayabilir. Böyle yerlerde, iyot eksikliğinin giderilmesi için oral veya intramusküler iyotlu yağ takviyeleri verilmesi önerilmektedir (WHO, 2007). İyotlu yağ, tohum veya bitkisel yağlardaki doymamış yağ asitlerinin esterleştirilmesi ve çift bağlara iyot ilavesi ile hazırlanmaktadır. İyot eklenmiş yağ takviyeleri, bir mililitresinde 480 mg

iyot içeren 10 mL’lik ampuller halindedir ve iyot içeriği %48,0’dır. İntramusküler yağ uygulamasının etki süresi (2 yıla kadar) oral yola göre daha uzun olmakla birlikte daha basit olduğu için oral uygulama daha yaygındır (Zimmermann, 2018).

İyotlu tuza erişimi olmayan ve doğurganlık çağındaki kadınlar, gebe kadınlar ve çocukların bulunduğu orta ve ciddi iyot eksikliği olan popülasyonlar için iyotlu yağ kullanımı önerilmektedir (Andersson ve ark., 2007). Doğumdan sonra bir doz 400 mg oral iyotlu yağ alan emziren kadınların, en az altı ay boyunca anne sütü yoluyla bebeklerine yeterli iyot sağlayabildiği bilinmektedir (Bouhouch ve ark., 2014). Yapılan bir çalışmada, gebelik süresi boyunca iyotlu yağ takviyesi alan gebe kadınların çocuklarında nörolojik bozukluk görülme sıklığının azaldığı ve gelişimsel test skorlarının arttığı saptanmıştır (O’Donnell ve ark., 2002).

1.7.5. İyot suplemanları

Son yıllarda, tuz iyotlama programlarının büyük ölçüde uygulanmasından dolayı ülkelerde ciddi iyot yetersizliği nispeten nadir görülmektedir. Ancak özellikle gebe kadınlarda hafif-orta derece iyot yetersizliği yaygın olarak görülmektedir. Bu durum gebelikte iyot suplemanı kullanılmasının gerekli olup olmadığı sorununun ortaya çıkmasına neden olmuştur (Bath, 2019 ve Zimmermann ve ark., 2015). Amerika Birleşik Devletleri’nde gebelikte diyet iyot alımının yeterli olup olmadığı belirsiz olduğu için, uzmanlar gebelikte iyot takviyesi almanın gerekli olduğunu belirtmektedir (Alexander ve ark., 2017). Avustralya ve Yeni Zelanda’daki Ulusal Sağlık ve Tıbbi Araştırma Konseyi, hem Avrupa hem de Amerikan Tiroid Dernekleri gebe olan veya gebe olmayı planlayan kadınlar için günde 150 µg iyot içeren suplemanların kullanımını tavsiye etmektedir (Abel ve ark., 2017 ve Abel ve ark., 2019). Buna karşın, DSÖ iyot suplemanını yalnızca iyotlu tuz uygulaması olmayan ülkelere kullanımı önermektedir (Markhus ve ark., 2018). Ancak, Türkiye’de gebelikte iyot suplemanı kullanımı için resmi bir öneri bulunmamaktadır.

Üçüncü Ulusal Sağlık ve Beslenme İnceleme Araştırması’ndan (National Health and Nutrition Examination Survey-NHANES III) elde edilen verilere göre, erkeklerin

%12'sinin ve gebe olmayan kadınların %15'inin iyot içeren bir supleman aldıkları saptanmış ve suplemanlardan alınan ortalama iyot alımının yetişkinler için 140 µg/gün olduğu belirlenmiştir (IOM, 2001). Türkiye'de yapılan küçük örneklem grubundaki çalışmalarda gebelerin hiçbirinin ya da çok azının iyot içeren supleman kullandıkları saptanmıştır (Aslan Çin ve ark., 2020 ve Şenbayram ve ark., 2007).

1.8. Aşırı İyot Alımı ve Sağlık Üzerine Etkileri

Deniz ürünleri içermeyen diyetler genellikle günde bir miligramdan az iyot içerir. Bu nedenle insanlarda aşırı iyot alımına sıklıkla rastlanmamaktadır. Ancak, diyetle çok miktarda deniz ürünleri, deniz yosunu bulunduğu zaman veya bir kişi amiodaron ve tanısal kontrast maddeler gibi iyot içeren ilaçlar aldığı anda aşırı alım durumu ortaya çıkabilir. Özellikle, antiaritmik bir ilaç olan amiodaron almak, günde 3-21 mg ek iyot alımına yol açmaktadır (Aceves ve ark., 2013). İyot profilaksisi kapsamında, tuz iyodizasyonu aşırı olduğunda ve yetersiz kontrol edildiğinde, aşırı iyot alımı da meydana gelebilir (WHO, 2007).

Tiroid bezinde fazla iyodür salgılanmasına yol açan aşırı iyot alımı, iyodür üretimi ve salgılama sürecini etkileyerek tiroid hormonlarının üretimini (Wolff-Chaikoff etkisi) inhibe edebilir (Ferreira ve ark., 2005). Ancak bu etkiler için hız sınırlayıcı adım TPO aktivitesine bağlıdır. İnhibisyon genellikle geçicidir (24-48 saat sürer) ve bunu tiroid hormon üretiminin normalleşmesi (Wolff-Chaikoff etkisinden "kaçış") izlemektedir. Tiroid hormon üretiminin geçici inhibisyonu, aşırı iyot alımında organizmayı hipertiroidizme karşı koruyan, tiroid fonksiyonunun yeniden başlamasını sağlayarak ötiroid durumun korunmasını sağlayan bir otoresülasyon mekanizmasıdır. Akut Wolff-Chaikoff etkisinin mekanizmasını, intratiroidal iyodolipid bileşiklerin (iyodolaktonlar, iyodoaldehitler) oluşumu ve bunların tiroperoksidaz tarafından katalize edilen iyodür organizasyonu üzerindeki inhibe edici etkilerinin aracılık ettiği düşünülmektedir (Pramyothin ve ark., 2011).

İnsanlarda farklı iyot doz toleransına ilişkin çeşitli veriler bulunmaktadır. Bazı çalışmalar, günde iki miligramlık bir dozda iyot tüketiminin insanlara zararlı olarak

kabul edilmesi gerektiğini gösterirken (Wolff, 1969), ötiroid kişilerde düşük ve orta iyot dozlarının (sırası ile 1,5-8 ve 10-32 mg/gün) iyi tolere edildiğini öne süren çalışmalar bulunmaktadır (Backer ve Hollowell, 2000 ve Bürği, 2010). Ancak, tiroid bozukluğu olan kişiler, iyot kaynaklı hipertiroidizme yol açabilen Wolff-Chaikoff etkisinden kaçamayabilirler. Otoimmün tiroid hastalığı, tiroidit, amiodaronun neden olduğu tip 2 tirotoksikozu olan hastalar, Graves hastalığı için radyoiyot veya antitiroid ilaçlarla tedavi olanlar, interferon- α ile tedavi edilen hastalar ve eşzamanlı olarak potansiyel guatrojen kullanan bireyler risk altındadır. Bu hastaların tıbbi kaynaklardan, yiyeceklerden veya aşırı yüksek iyot içeriğine sahip besin katkı maddelerinden uzun süreli fazla iyot alması, tiroid otoantikorlarının gelişimi ile ilişkilendirilmiştir. Aşırı iyot alımının bu hasta grubunda otoimmün tiroidit, guatr, hipotiroidizm ve hipertiroidizm gibi tiroid fonksiyonunda değişiklik oluşturan hastalıklara neden olabileceği gösterilmiştir (Foppiani ve ark., 2016 ve Luo ve ark., 2014).

Dünya Sağlık Örgütü, idrar iyot konsantrasyonunun çocuk ve yetişkinlerde sırası ile 300 $\mu\text{g/L}$ ve 500 $\mu\text{g/L}$ üzerinde olmasını aşırı iyot alımının göstergesi olarak kabul etmektedir (WHO, 2007). Yetişkinlerde iyot alımının tolere edilebilir eşik değerinin günde 1100 μg olduğu bildirilmiştir (Leung ve Braverman, 2014). Japonya’da, Sağlık, Çalışma ve Refah Bakanlığı tarafından günde 3 mg iyot alımının güvenli üst limit olduğu belirtilmiştir (Zava ve Zava, 2011).

İyotun hem aşırı hem de yetersiz alımının pek çok sağlık sorununa neden olduğu bilinmektedir. Günlük diyetle alınan iyotun belirlenmesi için besinlerin ve suyun içerdiği iyot miktarının bilinmesi gereklidir. Besinlerin içerisindeki iyot; coğrafya, mevsim, pişirme yöntemleri gibi pek çok faktöre göre değişmektedir. Özellikle pişirmenin iyotlu tuza veya besinlerin içerisindeki iyota etkisini inceleyen çalışmalarda, besin kompozisyon veritabanları oluşturulurken pişirmenin iyot üzerine etkisinin mutlaka incelenmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Carlsen ve ark., 2018; Dahl ve ark., 2020; Ershow ve ark., 2016 ve Rana ve Raghuvanshi, 2013).

Ancak Türkiye’de bazı besinlerin iyot içeriği dışında çoğu besinin iyot içeriği bilinmemektedir. Ayrıca, besinlerdeki pişirme ile iyot içeriğinde meydana gelen

değişiklikler incelenmemiştir. Bu nedenle, bu araştırmada Türkiye’de tüketilen çiğ (süt ürünleri, yumurta, tuz, guatrojenler) ve pişmiş (balık, süt, tahıl ürünleri, çay ve kahve) bazı besinlerin iyot içeriklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.



2. GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Araştırma Yeri, Zamanı ve Örneklem Seçimi

Türkiye’de tüketilen çiğ (süt ve süt ürünleri, yumurta, tuz) ve pişmiş (balık, ekmek, siyah çay ve kahve) bazı besinlerin iyot içeriklerinin incelenmesi amacıyla planlanan bu araştırma Ocak 2020 ve Mayıs 2021 tarihleri arasında yürütülmüştür. Gerekli izinler alındıktan sonra araştırmanın laboratuvar analizleri; Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Laboratuvarı’nda (EK-1) ve T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Ankara Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü Mineral Maddeler Laboratuvarı’nda (EK-2) yapılmıştır.

2.2. Balık Örnekleri

2.2.1. Balık Örneklerinin Seçimi ve Hazırlanması

Araştırmaya dahil edilen sekiz farklı balık türü Doğu Karadeniz Bölgesi’nin Trabzon ilinden satın alınmıştır. Balık türleri belirlenirken balıkların dipte (mezgit) ve yüzeyde (çinekop, istavrit, somon, sargan/zargana, levrek, palamut ve hamsi) yaşama durumları göz önüne alınmıştır. Ayrıca, balıkların türlerine göre avlanma sezonu süresince balık çeşitleri çalışmaya alınmıştır. Tüm balık türleri aynı bölgeden toplanmış, Ankara’daki üç farklı süpermarketten, üç farklı parti numarası ile konserve sardalya ve konserve ton balığı da çalışma kapsamına alınmıştır. Satın alınan balık türlerine ait bilgiler Çizelge 2.1.’de verilmiştir. Balık büyüklüğüne bağlı olarak iyot konsantrasyonunun olası biyolojik varyasyonunu azaltmak amacı ile en küçük ve en büyük balıklar çalışmaya alınmamıştır. Ancak levrek ve somon 10 taneden az alındığı için boyutuna bakılmaksızın çalışmaya dâhil edilmiştir. Her bir balığın cinsi ve ağırlığı, satın alındıktan hemen sonra kaydedilmiştir. Satın alınan tüm balık örnekleri; buzluk taşıma çantasında buz kalıpları ile soğuk zincir bozulmadan Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Laboratuvarı’na getirilmiş, -20 °C’de dondurulmuştur. Pişirme işleminden önce buzdolabında +4°C’de

24 saatte çözdürülmüştür. Tüm balık türleri çözdürüldükten sonra, balıkların kılçığı, kafası ve kuyruğu ayrılarak yenilebilir kısmı ayrılmıştır. Çiğ balık örnekleri, herhangi bir ısıtım işlemi olmadan oda sıcaklığında yaklaşık 100 g olarak numune kaplarına konulmuştur. Balıklar $\leq$ %5 veya $>$ %5 yağ içermelerine göre sınıflandırılmıştır. Hamsi, palamut ve somon balığı $>$ %5 yağ içerirken, mezgit, sargan/zargana, istavrit, çinekop ve levrek balıkları $\leq$ %5 yağ içermektedir (Nerhus ve ark., 2018).

Çizelge 2.1. Satın alınan balık örneklerine ait bilgiler

Balık Türü	Satın Alınma Zamanı	Balık Miktarı
Mezgit (<i>Melanogrammus aeglefinus</i>)	Şubat-Mart 2021	3 kg
Çinekop (<i>Pomatomus saltatrix</i>)	Kasım-Aralık 2020	3 kg
İstavrit (<i>Trachurus trachurus</i>)	Kasım-Aralık 2020	3 kg
Hamsi (<i>Engraulis encrasicolus</i>)	Kasım-Aralık 2020	3 kg
Sargan/Zargana (<i>Belone belone</i>)	Şubat-Mart 2021	3 kg
Somon (<i>Salmo labrax</i>)	Kasım-Aralık 2020	8 kg
Palamut (<i>Sarda sarda</i>)	Kasım-Aralık 2020	4 kg
Levrek (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	Kasım-Aralık 2020	4 kg
Konsere sardalya	Şubat-Mart 2021	500 g
Konsere ton balığı	Şubat-Mart 2021	500 g

2.2.2. Balık Örneklerinin Pişirilmesi

Bu çalışmada balıklar buğulama, kızartma ve fırında olmak üzere üç farklı pişirme yöntemi ile pişirilmiştir. Bu üç farklı pişirme yöntemi için her bir balık örneği 100 g hassas terazi (Radwag AS220; 0,001 g hassasiyette) kullanılarak tartılmıştır. Tüm balık örnekleri pişirme öncesi ve sonrası tartılmış ve pişirme sonrası değişim yüzdeleri hesaplanmıştır. Balıklar, pişirilmeden önce deiyonize suyla yıkanarak, hane halkı pişirme prosedürlerine göre pişirilmiştir (Dağ, 2006). Ağırlıktaki değişimleri elimine etmek için pişirildikten sonra numuneler süzdürülüp kâğıt havlu ile kurulanmıştır.

Buğulama için, numuneler 71-82°C'de 100 mL su eklenerek düşük sıcaklıkta yavaş yavaş 10 dk pişirilmiştir. Kızartma için, önce tava ısıtıldıktan sonra marketten alınan yemeklik sıvı yağdan 10 g ilave edilmiş; yağ 170-185°C'ye ısıtıldıktan sonra balıklar 10 dakika kızartılmıştır. Fırın yönteminde kullanılacak balıklar 200°C'de küçük balık örneklerinde 15 dakika, büyük balıklarda 20 dakika olacak şekilde ev tipi ankastre fırında fırın tepsisinde pişirilmiştir (Dağ, 2006). Pişirme prosedürlerinde tuz,

baharat veya herhangi besin katkısı eklenmemiştir. Üç farklı yöntem ile pişirilen balıklar oda sıcaklığına getirildikten sonra mutfak robotu ile blenderize edilerek analizler için homojen hale getirilmiştir.

2.3. Süt ve Süt Ürünleri Örneklerinin Seçimi ve Hazırlanması

Bu çalışmada, tam yağlı, yarım yağlı ve yağsız üretilen toplam yedi farklı inek sütü, 11 farklı süt ürünü örneği (tam yağlı yoğurt, yarım yağlı yoğurt, açık yoğurt, kefir, beyaz peynir, süzme peynir, kaşar peynir, tulum peynir, labne peynir, açık ev peyniri, tereyağ) çalışmaya dahil edilmiştir.

Açık süt örnekleri Türkiye'nin Trabzon ilinde iki farklı üreticiden iki farklı dönemde (Ekim-Kasım ve Nisan-Mayıs) hayvanın beslenmesinde kullanılan yemi ile beraber alınmıştır (Çizelge 2.2.). Aynı süttten yapılan yoğurt, beyaz peynir ve tereyağı da analiz edilmiştir. Sokak sütündeki mikroorganizma faaliyetinin yok edilebilmesi için öneri doğrultusunda kaynamaya başladıktan sonra 10 dakika kaynatma işlemi uygulanmıştır. Yoğurt yapmak için kaynatılmış süt örneği 40-45 °C'ye gelinceye kadar ılıtılmış sonra maya eklenerek 2-3 saat bekletilmiştir (Şanlıer ve ark., 2019). Açık süttten yapılan peynir, süttün kaynatılması ile elde edilen peynir altı suyu yoğunlaştırılarak yapılmıştır. Ayrıca, yoğurdun kaymağının yayık ile çalkalanması sonucu tereyağ elde edilmiştir (Şanlıer ve ark., 2019).

Paketlenmiş süt ve süt ürünleri, aynı dönemdeki üç farklı parti numarası alınabilmesi için Ankara ilindeki üç farklı süpermarketten üretici, üretim bölgesi, parti numarası, üretim tarihi, numune alınma yeri ile ilgili bilgiler kaydedilerek satın alınmıştır. Ayrıca diğer meyveli sütlere göre yağ içeriği yüksek olduğu bilinen çikolatalı süttün (Mueller ve ark., 1939) yanı sıra kefir de aynı dönemdeki üç farklı parti numarası ile tek marka olarak satın alınmıştır. Satın alınan süt ve süt ürünlerine ait bilgiler Çizelge 2.2.'de verilmiştir. Örnekler homojenleştirmeden önce buzdolabında (+4°C) saklanmıştır.

Çizelge 2.2. Satın alınan süt ve süt ürünleri ve yumurta örneklerine ait bilgiler

Süt ve Süt Ürünleri	n*	Miktar	Satın Alınma Zamanı	Yağ içeriği
Süt Çeşitleri				
Tam yağlı süt, A marka	3	600 g	Ocak-Şubat 2021	%3,3 yağ, UHT
Yarım yağlı süt, A marka	3	600 g	Ocak-Şubat 2021	%1,5 yağ, UHT
Tam yağlı süt, B marka	3	600 g	Ocak-Şubat 2021	%3,3 yağ, UHT
Yarım yağlı süt, B marka	3	600 g	Ocak-Şubat 2021	%1,5 yağ, UHT
Yağsız süt, B marka	3	600 g	Ocak-Şubat 2021	%0,6 yağ, UHT
Tam yağlı süt, C marka	3	600 g	Ocak-Şubat 2021	%3,0 yağ, Pastörize
Açık süt	4	600 g	Kasım-Aralık 2020 Nisan-Mayıs 2021	-
Çikolatalı süt	3	600 g	Ocak-Şubat 2021	%1,6 yağ, UHT
Hayvan yemi	2	500 g	Kasım-Aralık 2020 Nisan-Mayıs 2021	-
Yoğurt Çeşitleri				
Tam yağlı yoğurt, A marka	3	1500 g	Ocak-Şubat 2021	%3,8 yağ
Tam yağlı yoğurt, B marka	3	1500 g	Ocak-Şubat 2021	%3,0 yağ
Tam yağlı yoğurt, C marka	3	1500 g	Ocak-Şubat 2021	3,0 yağ
Yarım yağlı yoğurt, B marka	3	1500 g	Ocak-Şubat 2021	0,6 yağ
Açık yoğurt	4	1500 g	Kasım-Aralık 2020 Nisan-Mayıs 2021	-
Kefir	3	3000 g	Ocak-Şubat 2021	2,0 yağ, Pastörize
Peynir Çeşitleri				
Tam yağlı beyaz peynir, A marka	3	1500 g	Ocak-Şubat 2021	%45,0 yağ
Tam yağlı beyaz peynir, B marka	3	1500 g	Ocak-Şubat 2021	%45,0 yağ
Tam yağlı beyaz peynir, C marka	3	1500 g	Ocak-Şubat 2021	%45,0 yağ
Süzme peynir, A marka	3	750 g	Ocak-Şubat 2021	%45,0 yağ
Süzme peynir, B marka	3	750 g	Ocak-Şubat 2021	%45,0 yağ
Kaşar peynir, A marka	3	1500 g	Ocak-Şubat 2021	%45,0 yağ
Kaşar peynir, B marka	3	1500 g	Ocak-Şubat 2021	%45,0 yağ
Tulum peynir, A marka	3	900 g	Ocak-Şubat 2021	%45,0 yağ
Tulum peynir, B marka	3	900 g	Ocak-Şubat 2021	%45,0 yağ
Labne peynir, A marka	3	1500 g	Ocak-Şubat 2021	%45,0 yağ
Labne peynir, B marka	3	1500 g	Ocak-Şubat 2021	%25,0 yağ
Açık ev peyniri	4	600 g	Kasım-Aralık 2020 Nisan-Mayıs 2021	-
Tereyağ Çeşitleri				
Tereyağ, A marka	3	1500 g	Ocak-Şubat 2021	%82,0 yağ
Tereyağ, B marka	3	1500 g	Ocak-Şubat 2021	%82,0 yağ
Tereyağ, C marka	3	1500 g	Ocak-Şubat 2021	%82,0 yağ
Açık tereyağ	4	600 g	Kasım-Aralık 2020 Nisan-Mayıs 2021	-
Yumurta				
Tavuk yumurtası, A marka	22	1100 g	Ocak-Şubat 2021	-
Tavuk yumurtası, B marka	22	1100 g	Ocak-Şubat 2021	-

*n=örnek sayısı

İnek sütü homojenleştirme prosedürüne göre (Nerhus ve ark., 2018) her bir markanın üç farklı parti numarasının her birinden 200 mL'lik bir alt numune, bir cam şişede karıştırılmış ve toplam 600 mL'lik havuz oluşturulmuştur. Bundan, iki alt örnek analiz için buzdolabında bekletilmiş (iki adet 12,5 mL) ve diğeri yedek (50 mL) olarak

ayrılmıştır. Yoğurt (1500 g), süzme peynir (750 g), beyaz peynir (1500 g), kaşar peynir (1500 g), tulum peyniri (900 g), labne peynir (1500 g) ve tereyağının (1500 g) homojenleştirme prosedüründe, her bir ürünün üç farklı parti numarası karıştırılmış ve mikserle homojenize edilerek bir havuzda toplanmıştır. Biri analiz için (iki adet 12,5 g) ve diğeri yedekleme (50 g) alt numunelerde toplanmıştır.

2.4. Tavuk Yumurtasının Seçimi ve Hazırlanması

Yumurta örnekleri, pazar payları hakkındaki bilgilere göre (Yum-Bir, 2020), pazar payının en yüksek olduğu iki marka seçilerek, Ankara'daki üç farklı süpermarketten üç farklı parti numarası ile satın alınmıştır (Çizelge 2.2.). Altı veya 10 yumurtadan oluşan toplam altı yumurta kutusu satın alınmıştır. Aynı markadan alınan 22'şer yumurta örnekleri mutfak çırpma teli kullanılarak homojenleştirilmiş ve analize kadar +4°C buzdolabında 12 saat saklanmıştır.

2.5. Guatrojen Besinlerin Seçimi ve Hazırlanması

Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Trabzon ilinde halkın günlük yaşamda en sık tükettiği karalahana, beyaz lahana, karnabakar ve turp guatrojen besinler çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmaya alınan guatrojen besinler, üç farklı üreticiden bir kilogram olarak satın alınmıştır. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Laboratuvarı'nda örnekler hazırlandıktan sonra analiz edildiğinde iyot belirlenen teşhis ve tespit sınırlarında bulunmadığı için analiz sonuçları verilmemiştir.

2.6. Tuz Örneklerinin Seçimi ve Hazırlanması

İyotlu tuz, iyotsuz tuz, deniz tuzu, kaya tuzu ve Himalaya tuzu örnekleri Ankara ilindeki üç farklı süpermarketten iki farklı marka ve üç farklı parti numarası ile satın alınmıştır. Satın alınan tuz örneklerine ait bilgiler Çizelge 2.3'te gösterilmiştir. Tuz örnekleri toplanırken üretici, üretim bölgesi, parti numarası, üretim tarihi ve numune

alınma yeri ile ilgili bilgiler kaydedilmiştir. Tuz örnekleri bir blenderda toz halinde homojenleştirilerek analiz edilmiştir.

Çizelge 2.3. Satın alınan tuz örneklerine ait bilgiler

Tuz türü	n*	Satın Alınma Zamanı	Miktar
İyotlu sofr tuzu, A	3	Ocak-Şubat 2021	500 g
İyotlu sofr tuzu, B	3	Ocak-Şubat 2021	500 g
İyotsuz sofr tuzu, A	3	Ocak-Şubat 2021	500 g
İyotsuz sofr tuzu, B	3	Ocak-Şubat 2021	500 g
Deniz tuzu, A	3	Ocak-Şubat 2021	500 g
Deniz tuzu, B	3	Ocak-Şubat 2021	500 g
Kaya tuzu, A	3	Ocak-Şubat 2021	500 g
Kaya tuzu, B	3	Ocak-Şubat 2021	500 g
Himalaya tuzu, A	3	Ocak-Şubat 2021	500 g
Himalaya tuzu, B	3	Ocak-Şubat 2021	500 g

*n=örnek sayısı

2.7. Tahıl, Çay, Kahve Örneklerinin Seçimi ve Hazırlanması

Ankara ve Trabzon ilindeki iki farklı fırından beyaz un, beyaz ekmek, tam buğday unu ve tam buğday ekmeği satın alınmıştır. Ekmek örnekleri çalışmaya alınırken ekmeğin yapımında kullanılan iki farklı musluk suyu örneği de dahil edilmiştir.

İstant kahve, Türk kahvesi ve siyah çay örnekleri de analiz edilmiştir. Aynı bölgede üretim yapan iki farklı üreticiden siyah çay örnekleri alınmıştır. Çay örnekleri kaynamış su eklenerek, kısık ateşte 10-12 dakika demlenmiştir (Ünal, 2016). Çay yapımında kullanılan su örnekleri (musluk suyu ve damacana su) de çalışmaya alınmıştır.

Türk kahvesi ve instant kahve örnekleri Ankara'daki süpermarketlerden üç farklı parti numarasına sahip iki farklı markadan alınmıştır. Kahve örnekleri toplanırken üretici, üretim ülkesi, parti numarası, üretim tarihi ve numune alınma yeri ile ilgili bilgiler kaydedilmiştir. Türk kahvesi geleneksel pişirme prosedürlerine göre hazırlanmış, elektrikli kahve makinesi ile pişirilmiştir. İstant kahve 100°C'de kaynamış suya eklenerek süt tozu ve şeker eklenmeden hazırlanmıştır. Kahve

yapımında kullanılan iki farklı su örneği de çalışmaya dahil edilmiştir. Tüm örnekler satın alınan miktarların homojenleştirilmesinden sonra analiz edilmiştir.

2.8. Çiğ ve Pişmiş Besin Örneklerinde İyot Analizi

2.8.1. Kullanılan Araç-Gereçler

İyot analizi sırasında -aşağıda bahsedilen- grade (kimyasal saf) kalitesinde kimyasallar ve çözeltiler kullanılmıştır.

- Tetrametilamonyum hidroksit (TMAH $\geq$ %25 saflıkta) (Sigma Aldrich-USA),
- ICP-MS Tuning çözeltisi; Tune B (1 μ g/L $\pm$ %2,5 HNO₃ + %0,5 HCl) (Ba, Bi, Ce, Co, In, Li, U) (High-Purity Standards-Charleston-USA),
- Ultra saf su (MilliQ Element, Millipore, USA),
- ICP-MS ile iyot analizinde, yüksek saflıkta (%99,998) Argon (Ar) gazı (Habaş Gaz, Türkiye) kullanılmıştır.

Çözelti hazırlamak için kullanılan tüm araç-gereçler (beher, huni, mezür, falkon tüpü) (Vitlab-Germany) polipropilen (PP) olup, ICP-MS’de yapılacak analizler için uygun malzemelerdir. Numune hazırlama için mavi kapaklı 50 mL’lik vidalı falkon tüpleri (ISOLAB Tüp-Germany) kullanılırken, analiz için kırmızı kapaklı 15 mL’lik santrifüj tüpleri kullanılmıştır. Kullanılan araç ve gereçlerin özellikleri ve kullanım amaçları Çizelge 2.4.’te verilmiştir.

İyot analizi için; Thermo Scientific marka, iCAP RQ ICP-MS cihazı kullanılmıştır. ICP-MS, yüksek hassasiyet ve seçiciliği nedeni ile biyolojik numunelerde iyotun kantitatif tayini için yaygın olarak kullanılmaktadır. İyotu belirlemek için birkaç yöntem olmasına rağmen, ICP-MS’deki iyot duyarlılığı diğerlerine göre daha üstün olduğu belirtilmektedir (Shelor ve Dasgupta, 2011). ICP–MS cihazının ana bileşenleri; Scott tip ultrasonic nebulizer, örnekleme-sıyırma konileri (sample cone ve skimmer cone), iyon optik, hexapole kütle spektrometresi, diferansiyel odaklama birimi, çarpışma hücresi, Quadrupole kütle spektrometresi, ETP

elektron çoğaltıcı dedektör (electron multiplier tube), Neslab Merlin M100 RF jeneratör soğutucusu, Powerpack-Spray Chamber soğutucusu ve vakum sisteminden oluşmaktadır. ICP-MS cihazına örneklerin yüklenmesi amacıyla CETAC ASX-520 model otomatik örnek yükleyici kullanılmıştır. İyot analizi için ICP-MS cihazına ait parametreler ve işlem koşulları EK-3’de verilmiştir. İyot için “Standart Mode” tercih edilmiştir.

Çizelge 2.4. Kullanılan araç ve gereçlerin özellikleri ve kullanım amaçları

Araç-Gereçlerin Adı	Marka Model	Kullanım Amacı
İndüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometresi (ICP-MS)	Thermoscientific iCAP RQ	Örneklerin iyot konsantrasyonlarının belirlenmesi için kullanılmıştır.
Hassas Terazi (0,001 hassasiyette)	Radwag AS 220	Örneklerinin tartımında kullanılmıştır.
Vorteks	IKA	Besin örneklerin karıştırılmasında kullanılmıştır.
Saf su	Millipore Q	Analizlerde kullanılan saf suyun temininde kullanılmıştır.
Etüv	Jeotech OF-22G	Hazırlanan çözeltilerin ekstrakte edilmesi için kullanılmıştır.
Santrifüj cihazı	Nuve NF 800R	Çözeltileri ICP-MS cihazına vermeden önce parçacıkların çöktürülmesi için kullanılmıştır.
Şırınga ucu filtre	Merck	Çözeltiden berrak sıvı kısmın alınması için kullanılmıştır.

2.8.2. Örnek Hazırlama

ICP-MS’de analiz öncesi 50 mL’lik falkon tüplerine 0,5 g analiz edilecek örnekler (balık çeşitleri, süt, süt ürünleri, hayvan yemi, yumurta, tuz çeşitleri, ekmek, un, çay ve kahve) tartılmıştır. Üzerine iyot analizi için 10 mL %5 TMAH eklenmiş ve sonra örnekler bir dakika vortekslenmiştir. Daha sonra örnekler 3 saat süresince $85^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ’de ekstrakte edilmek için etüvde bekletilmiştir. Örnekler oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra vortekslenmiş ve ultra saf su ile 50 mL’ye seyreltilmiştir. Hazırlanan çözelti tekrar vortekslenerek karıştırıldıktan sonra 3000 rpm’de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj işleminden sonra 0,45 μm ’lik selüloz asetat şırınga filtresinden süzülerek, okuma işlemi için iCAP RQ ICP-MS cihazına verilmiştir. Farklı dönemlerde alınan hayvan yemleri analiz edildiğinde, kalibrasyon aralığında iyot konsantrasyonlarına sahip olmak için %1 TMAH ilave edilerek 100 kat seyreltme yapılmıştır (Todorov ve Gray, 2016).

2.8.3. Standart Hazırlama

Standart hazırlama işlemi sertifikalı referans standart (yağsız süt tozu- Skimmed milk powder; ERM-BD-150) kullanılarak üç farklı günde yedi farklı kişi tarafından 21 okuma yapılarak gerçekleştirilmiştir (Çizelge 2.5.). İyot ana stok çözeltisinden öncelikli olarak %1'lik ultra saf TMAH'ta çözünen 10 ppm ara stok standart hazırlanmıştır. Daha sonra analiz öncesi iyot standardı için 1, 5, 10, 15, 20 ve 30 ppb'lik standart çözeltiler hazırlanarak bu noktaları içeren kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur.

Çizelge 2.5. Referans standart ve ölçülen değerin karşılaştırılması

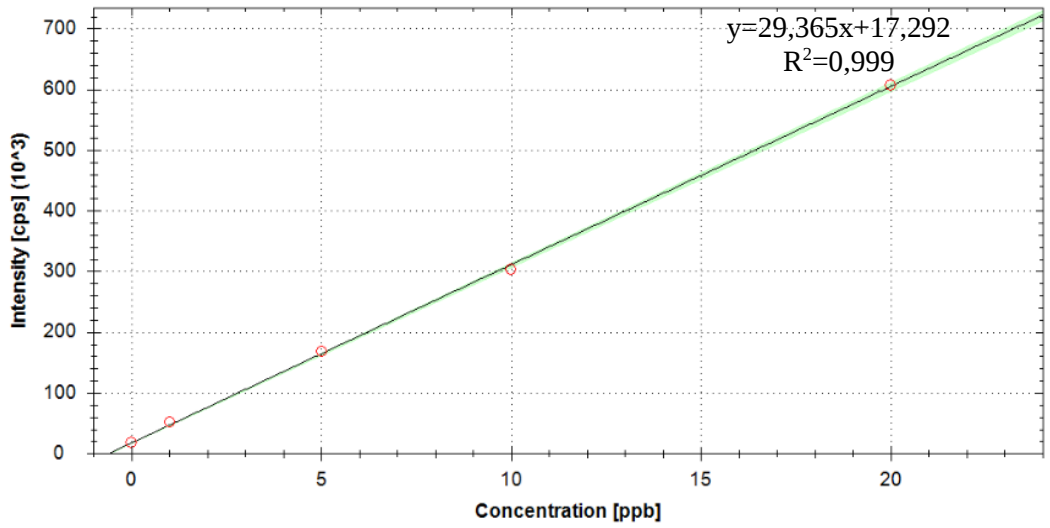
Sertifikalı referans	Sertifikalı değer	Ölçülen değer	Geri kazanım (%)
Yağsız süt tozu (ERM-BD-50)	1,73±0,14 mg/kg	1,61±0,09 mg/kg	%93,5

2.8.4. İyot Analizi

Analiz edilmek istenen örnekteki iyot ICP-MS'de iyonlaştırıldıktan sonra kütle spektroskopisine geçmekte ve burada kütle/yük (m/z) oranlarına göre ayrılarak ölçüm yapılmaktadır. Periyodik tablodaki birçok elementin birinci iyonlaşma enerjisi, argonun iyonlaşma enerjisinden küçük olduğu için elementler plazma içerisinde pozitif iyonlara dönüşmektedir (Todorov ve Gray, 2016). Analiz için, ICP-MS cihazı hazır hale getirildikten sonra cihazda sinyal optimizasyonu, başlangıç performans kontrolleri tune (ayar) çözeltileri ile yapılmış, tune (ayar) çözeltileri ile de cihaz kalibrasyonları (dedektör kalibrasyonu ve kütle kalibrasyonu) yapılmıştır.

Ankara Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü Mineral Maddeler Laboratuvarı'nda oluşturulan metoda göre iyot için belirlenen konsantrasyonlarda hazırlanan standartlar ile oluşturulan kalibrasyon grafiğine göre numuneler analiz edilmiştir (Şekil 2.1.). Tüm örnekler triplike çalışılmış ve her örnek üç kez okutularak sonuçların ortalaması alınmıştır. Metod oluşturulduktan sonra kalibrasyon eğrisi oluşturulan tüm konsantrasyonlarda blank (kör) (%1 TMAH) altı kez bilinmeyen

numune gibi, altı kez de spayklanıp analiz edilmiştir. Standart sapmanın üç katı alınarak tespit limiti (LOD), 10 katı alınarak ise teşhis limiti (gözlenebilme limiti) (LOQ) belirlenmiştir (Cunningham ve ark., 2014). İyot için LOD, LOQ ve birleşik belirsizlik değerleri Çizelge 2.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 2.1. İyot standardının kalibrasyon eğrisi

Çizelge 2.6. İyot Elementinin LOD, LOQ ve Birleşik Belirsizlik Değerleri

Element	LOD ^a (ppb)	LOQ ^b (ppb)	Birleşik belirsizlik u(x)/x
¹²⁷ I	0,69	1,58	0,087

^aLOD: Limit of Detection (Tespit Limiti)

^bLOQ: Limit of Quantification (Teşhis Limiti)

2.9. İyot Gereksinimini Karşılama Yüzdesi Değerleri

Analiz edilen besin örneklerinin bir porsiyonunun yetişkin bir bireyin günlük gereksiniminin ne kadarını karşıladığını belirlemek için, TÜBER'de (2015) verilen porsiyon miktarları göz önüne alınmıştır (Çizelge 2.7.). Türkiye Beslenme ve Sağlık Rehberi (TÜBER) yetişkinler için günlük 150 µg iyot alım düzeyinin yeterli olduğunu bildirmektedir. Bu önerilere göre hesaplamalar, bireylerin sadece bir porsiyonunu analiz edilen besinlerden karşıladıkları düşünülerek yapılmıştır.

Çizelge 2.7. Besinlerin standart bir porsiyon miktarları

Besinler	Porsiyon Ölçüleri
Balık çeşitleri	150 g
Süt çeşitleri	240 mL
Yoğurt çeşitleri	200 mL
Beyaz peynir	60 g
Kaşar peyniri	40 g
Süzme peynir	60 g
Tulum peyniri	40 g
Labne peyniri	40 g
Açık ev peyniri	60 g
Tereyağ çeşitleri	8-9 g
Yumurta	100 g
Tuz çeşitleri	5 g
Un çeşitleri	15 g
Ekmek çeşitleri	50 g
Siyah çay	70 mL
İstant kahve	200 mL
Türk kahvesi	80 mL
Su	200 mL

2.11. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi

Tüm istatistiksel hesaplamalar Sosyal Bilimler İçin İstatistik Programı [Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)] paket programı ile yapılmıştır. Verilerin normal dağılıp dağılmadıkları Shapiro Wilk testi ile belirlenmiş, normal dağılım gösteren iki grup arasındaki ortalamaların değerlendirilmesinde t-testi, normal dağılım göstermeyen iki grup arasındaki ortalamaların değerlendirilmesinde Mann Whitney U testi kullanılmıştır. Normal dağılım göstermeyen üç grup arasındaki ortalamaların değerlendirilmesinde ise Kruskal Wallis Varyans Analizi, normal dağılım gösteren üç grup arasındaki ortalamaların değerlendirilmesinde ise One Way Anova Analizi kullanılmıştır. Gruplar arasındaki farkların hangi gruptan kaynaklandığının saptanması için Kruskal Wallis Varyans Analizi sonucunda Kruskal Wallis Hipotez Testi, One Way ANOVA Analizi sonucunda varyansları homojen dağılan ortalamaların değerlendirilmesinde Bonferroni post hoc testi uygulanmıştır. Tüm istatistiksel testlerde güven aralığı %95,0 kabul edilmiş olup $p < 0,05$ anlamlılık düzeyinde değerlendirilmiştir (Alpar, 2020).

3. BULGULAR

Bu bölümde Türkiye’de tüketilen çiğ ve pişmiş bazı balık örnekleri, süt ürünleri, yumurta, çeşitli tuz türleri, ekmek, siyah çay ve kahve örneklerinin iyot içerikleri, pişirmenin balık örneklerindeki iyot miktarındaki değişime etkisi ve Türkiye Beslenme Rehberi’ne (TÜBER) göre günlük iyot gereksinimini karşılama yüzdeleri verilmiştir.

3.1. Çiğ ve Pişmiş Balık Örneklerinin İyot İçeriği

Üç farklı pişirme yöntemine göre pişirilmiş değişik balık örneklerinin pişirme öncesi ve sonrası iyot içeriğinin belirlenmesi “Gereç ve Yöntem” bölümünde belirtilen yöntemlere göre gerçekleştirilmiştir. Ölçümler triplike olarak çalışılmış ve sonuçlar üç ölçüm sonucunun ortalaması, standart sapması ($X \pm SS$), medyan ve alt-üst değerleri verilmiştir.

Araştırmada hamsi, palamut, somon, mezgit, sargan/zargana, istavrit, çinekop ve levrek olmak üzere sekiz balık türü buğulama, kızartma ve fırın olmak üzere üç farklı yöntem ile pişirilmiştir. Başlangıçta 100 g alınan çiğ balık örneklerinin pişirme öncesi ve sonrası ortalama ağırlıkları (g) ve değişim yüzdesi (%) Çizelge 3.1.’de gösterilmiştir. Hamsi balığında fırın, kızartma ve buğulama üç farklı pişirme yöntemine göre pişirme öncesi ve sonrası ağırlık kaybı sırası ile %16,0 $\pm$ 3,9, %31,3 $\pm$ 1,6 ve %10,9 $\pm$ 1,3 olarak saptanmıştır. Pişirme öncesi 100 g çiğ somon balığı pişirme sonrası fırın yöntemi ile 65,4 $\pm$ 2,2 g, kızartma ile 62,4 $\pm$ 1,1 g ve buğulama ile 92,4 $\pm$ 0,7 g olarak tartılmıştır. Balık örnekleri pişirme yöntemleri açısından incelendiğinde en yüksek ve en düşük ağırlık kaybı fırında pişirme ile mezgit balığında (%49,6 $\pm$ 7,7), buğulama pişirme ile levrek balığında (%2,3 $\pm$ 1,1) belirlenmiştir. Ağırlık kaybı mezgit hariç tüm balık örnekleri için kızartma yöntemi ile en fazla, buğulama yönteminde en az olmuştur.

Çizelge 3.1. Farklı pişirme yöntemlerinden önce ve sonra balık örneklerinin ortalama ağırlığı ($\bar{X} \pm SS$) ve değişim yüzdesi (%)

Pişirme Yöntemleri	Ağırlık (g)		
	Piştirme Öncesi	Piştirme Sonrası	Değişim (%)
Hamsi			
Fırın	100,0	83,8 $\pm$ 4,2	16,0 $\pm$ 3,9
Kızartma	100,0	68,5 $\pm$ 1,5	31,3 $\pm$ 1,6
Buğulama	100,0	88,8 $\pm$ 1,2	10,9 $\pm$ 1,3
Palamut			
Fırın	100,0	69,4 $\pm$ 0,6	30,5 $\pm$ 0,6
Kızartma	100,0	63,0 $\pm$ 0,6	36,9 $\pm$ 0,6
Buğulama	100,0	95,9 $\pm$ 0,2	4,0 $\pm$ 0,2
Somon			
Fırın	100,0	65,4 $\pm$ 2,2	34,5 $\pm$ 2,1
Kızartma	100,0	62,4 $\pm$ 1,1	37,6 $\pm$ 1,1
Buğulama	100,0	92,4 $\pm$ 0,7	7,5 $\pm$ 0,7
Mezgit			
Fırın	100,0	50,4 $\pm$ 7,6	49,6 $\pm$ 7,7
Kızartma	100,0	53,2 $\pm$ 16,4	46,8 $\pm$ 16,4
Buğulama	100,0	76,5 $\pm$ 1,5	23,5 $\pm$ 1,5
Sargan/Zargana			
Fırın	100,0	60,3 $\pm$ 0,8	39,7 $\pm$ 0,8
Kızartma	100,0	54,4 $\pm$ 0,8	45,5 $\pm$ 0,8
Buğulama	100,0	63,6 $\pm$ 1,8	36,3 $\pm$ 1,0
İstavrit			
Fırın	100,0	75,3 $\pm$ 0,6	24,7 $\pm$ 0,5
Kızartma	100,0	72,2 $\pm$ 1,4	27,8 $\pm$ 1,4
Buğulama	100,0	83,5 $\pm$ 1,2	16,5 $\pm$ 1,2
Çinekop			
Fırın	100,0	78,5 $\pm$ 0,5	21,5 $\pm$ 0,6
Kızartma	100,0	71,8 $\pm$ 1,9	28,2 $\pm$ 1,3
Buğulama	100,0	87,0 $\pm$ 0,7	13,0 $\pm$ 0,7
Levrek			
Fırın	100,0	64,6 $\pm$ 0,8	35,3 $\pm$ 0,7
Kızartma	100,0	62,5 $\pm$ 1,1	37,5 $\pm$ 1,1
Buğulama	100,0	97,6 $\pm$ 1,2	2,3 $\pm$ 1,1

Farklı yöntemler ile pişirilmiş balıkların iyot içeriklerinin ortalama, standart sapma, medyan, alt ve üst değerleri Çizelge 3.2’de verilmiştir. Çiğ balıklarda iyot içeriği hamside (295,9 $\pm$ 4,2 μ g/100 g) en yüksek; somonda (90,1 $\pm$ 3,1 μ g/100 g) ise en düşüktür. Palamut balığı kızartma, fırın ve buğulama pişirme yöntemlerine göre incelendiğinde, iyot içeriği sırası ile 247,3 $\pm$ 8,4 μ g/100 g, 494,1 $\pm$ 12,2 μ g/100 g ve 203,3 $\pm$ 10,2 μ g/100 g olarak saptanmıştır. Palamut balığının pişirme öncesine göre tüm pişirme yöntemlerinde iyot içeriğinin anlamlı olarak arttığı belirlenmiştir ($p < 0,05$). Hamsinin iyot içeriğinin fırın (316,3 $\pm$ 35,1 μ g/100 g) yönteminden sonra pişirme

Çizelge 3.2. Çiğ ve pişmiş balık örneklerinin iyot içeriklerinin ortalama ($\bar{x}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)

Balık örnekleri (µg/100 g)	Pişirme öncesi		Pişirme sonrası						p ⁷
			Pişirme yöntemleri						
	Çiğ		Kızartma		Fırın		Buğulama		
	$\bar{x}\pm\text{SS}$	Medyan [Alt-Üst]	$\bar{x}\pm\text{SS}$	Medyan [Alt-Üst]	$\bar{x}\pm\text{SS}$	Medyan [Alt-Üst]	$\bar{x}\pm\text{SS}$	Medyan [Alt-Üst]	
Yağlı balıklar (>%5 yağ)									
Hamsi	295,9±4,2 ^a	295,6 [292,0-300,3]	266,9±5,6 ^a	264,2 [263,1-273,4]	316,3±35,1 ^b	327,1 [277,0-344,8]	195,6±1,9 ^b	195,3 [193,9-197,8]	<0,001*
Palamut	174,8±7,1 ^a	177,3 [166,8-180,4]	247,3±8,4 ^b	247,9 [238,6-255,5]	494,1±12,2 ^b	500,2 [480,1-502,2]	203,3±10,2 ^b	205,1 [192,4-212,5]	<0,001*
Somon	90,1±3,1 ^a	90,0 [87,0-93,3]	160,1±8,3 ^b	155,9 [154,7-169,7]	178,9±1,7 ^b	179,6 [177,0-180,3]	106,8±3,9 ^b	107,6 [102,7-110,3]	<0,001*
Yağsız balıklar (≤%5 yağ)									
Mezgit	138,8±7,1 ^a	142,3 [130,6-143,5]	348,6±7,3 ^b	346,7 [342,5-356,8]	351,0±3,9 ^b	350,3 [347,5-355,2]	119,8±3,9 ^a	119,5 [116,0-123,9]	<0,001*
Sargan/Zargana	94,4±7,4 ^a	91,2 [89,1-102,8]	91,6±1,0 ^a	92,1 [90,4-92,2]	115,7±7,8 ^a	116,7 [107,5-123,0]	71,0±3,9 ^b	72,2 [66,6-74,1]	<0,001*
İstavrit	127,9±8,1 ^a	125,9 [121,0-136-9]	151,2±8,1 ^a	153,2 [142,3-158,2]	312,5±7,9 ^b	316,6 [303,5-317,7]	145,4±9,0 ^b	144,8 [136-7-154,8]	<0,001*
Çinekop	139,9±2,1 ^a	140,7 [137,6-141,6]	156,2±9,7 ^b	250,6 [246,4-277,9]	258,3±17,1 ^b	155-2 [147,0-166,4]	92,1±2,4 ^b	91,3 [90,2-94,7]	<0,001*
Levrek	149,7±2,2 ^a	151,0 [147,2-151,1]	172,7±2,8 ^b	174,0 [169,5-174,7]	196,3±1,5 ^b	196,1 [194,8-197,9]	148,1±0,8 ^a	148,5 [147,2-148,6]	<0,001*
Konserve balıklar									
Sardalya	123,1±4,2	122,9 [119,0-127,3]	-	-	-	-	-	-	-
Ton balığı	97,7±3,9	98,2 [93,6-101,4]	-	-	-	-	-	-	-

^γOne-Way ANOVA; * $p<0,01$

**Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır.

öncesine göre ($295,9 \pm 4,2$ $\mu\text{g}/100$ g) anlamlı olarak arttığı, buğulama ($195,6 \pm 1,9$ $\mu\text{g}/100$ g) ile istatistiksel olarak anlamlı olarak azaldığı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Yağsız bir balık olan mezgit balığının pişirme öncesi iyot içeriği $138,8 \pm 7,1$ μg olarak bulunurken, kızartma, fırın ve buğulama pişirme sonrası sırası ile $348,6 \pm 7,3$ μg , $351,0 \pm 3,9$ μg ve $119,8 \pm 3,9$ $\mu\text{g}/100$ g olarak saptanmıştır. Mezgit balığında kızartma ve fırında pişirme yöntemleri iyot içeriğindeki değişim istatistiksel olarak anlamlı iken ($p < 0,05$), buğulamada anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). İstavrit balığının iyot içeriği pişirme öncesi $127,9 \pm 8,1$ $\mu\text{g}/100$ g olup; kızartma, fırın ve buğulama pişirme yöntemlerinden sonra sırası ile $151,2 \pm 8,1$ $\mu\text{g}/100$ g, $312,5 \pm 7,9$ $\mu\text{g}/100$ g ve $145,4 \pm 9,0$ $\mu\text{g}/100$ g olarak belirlenmiştir. İstavrit balığının iyot içeriğinde fırın ve buğulama yönteminden sonra istatistiksel olarak anlamlı artma saptanmış ($p < 0,05$); kızartma işleminden sonra meydana gelen değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Konserve sardalya ve ton balığında iyot içeriği $123,1 \pm 4,2$ $\mu\text{g}/100$ g ve $97,7 \pm 3,9$ $\mu\text{g}/100$ g olarak saptanmıştır.

Farklı pişirme yöntemleri uygulanan balıkların iyot içeriğindeki değişim yüzdeleri Çizelge 3.3'te verilmiştir. Çiğinde iyot içeriği en yüksek olan hamside buğulama ve kızartmada sırası ile $\%33,8 \pm 0,9$ ve $\%9,8 \pm 2,2$ oranlarında iyot içeriği azalırken, fırında pişirme yöntemi ile iyot içeriği $\%6,9 \pm 12,3$ artmıştır. Palamut ve somon balığında kızartma (sırası ile $\%41,7 \pm 10,5$; $\%77,8 \pm 10,7$), fırın (sırası ile $\%182,5 \pm 5,3$; $\%98,9 \pm 8,7$) ve buğulama (sırası ile $\%16,2 \pm 1,3$; $\%18,6 \pm 3,6$) pişirme yöntemlerinden sonra iyot içeriğinin arttığı saptanmıştır.

Mezgit, çinekop ve levrek balıklarında kızartma (sırası ile $\%151,6 \pm 13,4$; $\%11,6 \pm 5,5$; $\%15,3 \pm 0,3$) ve fırında (sırası ile $\%153,2 \pm 11,4$; $\%84,7 \pm 15,1$; $\%31,1 \pm 1,2$) pişirme ile iyot içeriğinin arttığı; buğulama (sırası ile $\%13,4 \pm 7,3$; $\%34,2 \pm 1,0$; $\%1,1 \pm 0,9$) ile ise iyot içeriğinin azaldığı belirlenmiştir. Tüm balıklarda fırında pişirme ile iyot içeriğinin arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, en fazla iyot kaybının buğulama yönteminde olduğu saptanmıştır (Çizelge 3.3.).

Çizelge 3.3. Balık örneklerinin farklı pişirme yöntemlerinden sonra ortalama iyot değişim yüzdeleri ($\bar{X} \pm SS$)

Balık örnekleri	Pişirme Yöntemi		
	İyot Değişim (%)		
	Kızartma	Fırın	Buğulama
Yağlı balıklar			
Hamsi	-9,8±2,2	+6,9±12,3	-33,8±0,9
Palamut	+41,7±10,5	+182,5±5,3	+16,2±1,3
Somon	+77,8±10,7	+98,9±8,7	+18,6±3,6
Yağsız balıklar			
Mezgit	+151,6±13,4	+153,2±11,4	-13,4±7,3
Sargan/Zargana	-2,6±6,6	+23,2±13,1	-24,6±5,5
İstavrit	+18,8±13,5	+144,8±11,7	+13,7±1,1
Çinekop	+11,6±5,5	+84,7±15,1	-34,2±1,0
Levrek	+15,3±0,3	+31,1±1,2	-1,1±0,9

3.2. Süt ve Süt Ürünleri ile Yumurta Örneklerinin İyot İçeriği

Bu bölümde süt ve süt ürünleri örneklerinin marka, yağ içeriği, işlenme özelliği ve mevsime göre iyot içerikleri ile yumurta örneklerinin iyot içeriği verilmiştir.

Araştırmaya alınan A, B ve C marka tam yağlı sütlerin iyot içerikleri sırası ile 89,4±4,2 µg/100 mL, 54,6±1,9 µg/100 mL ve 69,2±0,9 µg/100 mL olarak saptanmıştır. Ortalama iyot içeriği bakımından üç marka arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,01$). Markaya göre A marka yarım yağlı sütün 100 mL’de ortalama iyot içeriği 78,7±3,2 µg, B marka sütün 73,5±2,1 µg saptanmış olmakla birlikte iki marka arasındaki ortalama iyot içeriği arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0,05$) (Çizelge 3.4.).

Araştırmaya alınan peynir çeşitlerinin ortalama iyot içerikleri Çizelge 3.4.’tedir. A marka tam yağlı beyaz peynirin medyan iyot içeriği 62,3 µg/100 g, B marka 50,1 µg/100 g ve C marka 60,7 µg/100 g’dır. Markaya göre medyan iyot içeriği arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). B marka tam yağlı beyaz peynir ile A ve C marka tam yağlı beyaz peynir medyanları arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). A marka süzme peynir ve kaşar peynirinin B marka süzme peynir ve kaşar peynirine göre iyot içeriği istatistiksel olarak anlamlı daha yüksektir (sırası ile $p < 0,05$; $p < 0,01$). Markaya göre tereyağın iyot içeriği incelenmiş; A marka

tereyağının iyot içeriği B ve C markaya göre daha yüksek bulunmuştur ve A marka tereyağının iyot içeriğinin C markaya göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). A marka tavuk yumurtasının ($88,4\pm2,2$ $\mu\text{g}/100$ g) B marka tavuk yumurtasına ($95,6\pm3,6$ $\mu\text{g}/100$ g) göre iyot içeriği istatistiksel olarak anlamlı daha düşük bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 3.4. Markaya göre süt ve süt ürünlerinin ve yumurtanın iyot içeriklerinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri ($\mu\text{g}/100$ g)

Süt ve süt ürünleri ($\mu\text{g}/100$ g)	A marka		B marka		C marka		p
	$\bar{X}\pm\text{SS}$	Medyan [Alt-Üst]	$\bar{X}\pm\text{SS}$	Medyan [Alt-Üst]	$\bar{X}\pm\text{SS}$	Medyan [Alt-Üst]	
Tam yağlı süt	$89,4\pm4,2^a$	90,7 [84,7-92,8]	$54,6\pm1,9^b$	53,7 [53,3-56,7]	$69,2\pm0,9^c$	69,6 [68,1-69,8]	$<0,001^{**\gamma}$
Yarım yağlı süt	$78,7\pm3,2$	77,6 [76,2-82,3]	$73,5\pm2,1$	73,7 [71,3-75,4]	-	-	$0,075^{\dagger}$
Tam yağlı yoğurt	$82,3\pm4,6^a$	84,0 [77,1-85,8]	$49,1\pm3,2^b$	49,2 [45,9-52,3]	$88,1\pm2,2^a$	87,5 [86,2-90,5]	$<0,001^{**\gamma}$
Tam yağlı beyaz peynir	$63,4\pm1,9$	62,3 ^a [62,3-65,6]	$48,9\pm2,2$	50,1 ^b [46,3-50,2]	$61,3\pm0,9$	60,7 ^a [60,7-62,3]	$0,039^{*\alpha}$
Süzme peynir	$59,2\pm0,9$	59,1 [58,4-60,2]	$48,6\pm2,4$	49,9 [45,8-50,1]	-	-	$0,002^{*\dagger}$
Kaşar peynir	$88,8\pm2,8$	90,1 [85,6-90,7]	$46,9\pm2,0$	47,7 [44,7-48,4]	-	-	$<0,001^{**\dagger}$
Labne peyniri	$65,9\pm1,9$	67,0 [63,7-67,1]	$69,5\pm1,6$	69,5 [67,9-71,1]	-	-	$0,050^{\beta}$
Tulum peyniri	$69,1\pm2,6$	69,7 [65,1-72,2]	$125,2\pm12,1$	118,1 [114,8-140,8]	-	-	$<0,001^{**\dagger}$
Tereyağ	$26,1\pm0,9^a$	26,1 [25,1-26,9]	$25,4\pm0,8^a$	25,1 [24,8-26,3]	$19,7\pm0,3^b$	19,8 [19,4-19,9]	$<0,001^{**\gamma}$
Tavuk yumurtası	$88,4\pm2,2$	94,9 [92,3-99,4]	$95,6\pm3,6$	89,3 [85,9-89,9]	-	-	$0,042^{\dagger*}$

^{\gamma}One-Way ANOVA; ^{\dagger}Independent t test; ^{\alpha}Kruskal Wallis H testi; ^{\beta}Mann-Whitney U testi

* $p<0,05$; ** $p<0,01$

***Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır.

^{\dagger}“-” ile gösterilen markalardan satın alınan ürünler analize alınmamıştır.

Süt ve süt ürünleri ile yumurta örneklerinin iyot içeriklerinin ortalama, standart sapma, medyan, alt-üst değerleri Çizelge 3.5.’te gösterilmiştir. Ortalama tam yağlı sütün iyot içeriği $71,1\pm15,3$ $\mu\text{g}/100$ mL, yarım yağlı sütün $76,1\pm3,7$ $\mu\text{g}/100$ mL ve yağsız sütün $46,6\pm1,0$ $\mu\text{g}/100$ mL olarak saptanmıştır. Trabzon’da üreticiden alınan sütün iyot içeriği $28,9\pm3,3$ $\mu\text{g}/100$ mL iken, hayvanın beslendiği yemin iyot içeriği $76,5\pm15,9$ $\mu\text{g}/100$ mL olarak bulunmuştur.

Tam yağlı yoğurdun ortalama iyot içeriği $73,2\pm18,4$ $\mu\text{g}/100$ g, yarım yağlı yoğurdun $65,9\pm5,8$ $\mu\text{g}/100$ g ve açık yoğurdun $20,1\pm7,2$ $\mu\text{g}/100$ g’dir. Yüz gram tam

yağlı beyaz peynir, süzme peynir, kaşar peyniri, tulum peyniri ve labne peynirin ortalama iyot içerikleri sırası ile $57,8 \pm 6,9$ μg , $53,9 \pm 6,1$ μg , $67,8 \pm 23,1$ μg , $97,1 \pm 30,7$ μg ve $67,7 \pm 2,5$ μg olarak bulunmuştur. Süzme peynirin iyot içeriği en düşük iken, tulum peynirinin en yüksektir. Çalışmaya alınan tereyağ çeşitlerinin ortalama iyot içeriği $23,7 \pm 3,1$ $\mu\text{g}/100$ g olup, alt ve üst değer iyot miktarlarının $19,4$ μg ila $27,0$ μg arasında değiştiği belirlenmiştir. Tavuk yumurtasının 100 gramında $92,0 \pm 4,7$ μg iyot olduğu saptanmıştır (Çizelge 3.5.).

Çizelge 3.5. Süt ve süt ürünleri ve yumurta örneklerinin iyot içeriklerinin ortalama ($\bar{x}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri ($\mu\text{g}/100$ g)

Süt ve Süt Ürünleri	İyot İçeriği ($\mu\text{g}/100$ g)		
	$\bar{x} \pm \text{SS}$	Medyan	Alt-Üst
Süt Çeşitleri			
Tam yağlı süt (n=3)	$71,1 \pm 15,3$	69,6	53,3-92,7
Yarım yağlı süt (n=2)	$76,1 \pm 3,7$	75,8	71,3-82,3
Yağsız süt (n=1)	$46,6 \pm 1,0$	46,2	45,7-47,7
Açık süt (n=2)	$28,1 \pm 3,1$	28,6	23,5-32,2
Çikolatalı süt (n=1)	$82,9 \pm 9,9$	87,8	71,3-89,4
Hayvan yemi (n=2)	$76,5 \pm 15,9$	72,6	55,7-96,5
Yoğurt Çeşitleri			
Tam yağlı yoğurt (n=3)	$73,2 \pm 18,4$	84,0	45,9-90,5
Yarım yağlı yoğurt (n=1)	$65,9 \pm 5,8$	68,8	59,8-69,5
Açık yoğurt (n=2)	$20,1 \pm 7,2$	18,4	13,3-31,0
Kefir (n=1)	$54,2 \pm 0,6$	54,2	53,7-54,8
Peynir çeşitleri			
Tam yağlı beyaz peynir (n=3)	$57,8 \pm 6,9$	60,8	46,3-65,6
Süzme peynir (n=2)	$53,9 \pm 6,1$	54,3	45,8-60,2
Kaşar peyniri (n=2)	$67,8 \pm 23,1$	67,0	44,7-90,7
Tulum peyniri (n=2)	$97,1 \pm 30,7$	93,5	65,1-140,8
Labne peyniri (n=2)	$67,7 \pm 2,5$	67,5	63,7-71,1
Açık ev peyniri (n=2)	$18,7 \pm 1,7$	18,9	16,2-20,5
Tereyağ Çeşitleri			
Tereyağ (n=3)	$23,7 \pm 3,1$	25,1	19,4-27,0
Açık tereyağ (n=2)	$9,4 \pm 0,7$	9,2	8,7-10,3
Yumurta			
Tavuk yumurtası (n=2)	$92,0 \pm 4,7$	91,1	85,9-99,4

*n sayıları çalışmaya dâhil edilen marka sayısını göstermektedir.

Çizelge 3.6.'da yağ içeriğine göre süt ürünlerinin iyot içerikleri gösterilmiştir. Çalışmaya alınan yarım yağlı sütlerin ($76,1 \pm 3,7$ $\mu\text{g}/100$ mL) iyot içeriği tam yağlı ($71,1 \pm 15,3$ $\mu\text{g}/100$ mL) ve yağsız sütlerden ($46,6 \pm 1,0$ $\mu\text{g}/100$ mL) daha yüksek olmakla birlikte, yarım yağlı süt ile yağsız süt arasındaki ortalama iyot içerikleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). Yoğurttaki yağ içeriği arttıkça

iyot içeriği artmasına rağmen, aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).

Çizelge 3.6. Yağ içeriğine göre süt ürünlerinin iyot içeriklerinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)

Süt ürünleri ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	Tam yağlı		Yarım yağlı		Yağsız		p
	$\bar{X}\pm\text{SS}$	Medyan [Alt-Üst]	$\bar{X}\pm\text{SS}$	Medyan [Alt-Üst]	$\bar{X}\pm\text{SS}$	Medyan [Alt-Üst]	
Süt	71,1 $\pm$ 15,3 ^a	69,6 [53,3-92,7]	76,1 $\pm$ 3,7 ^a	75,8 [71,3-82,3]	46,6 $\pm$ 1,0 ^b	46,2 [45,7-47,7]	0,07 ^{γ*}
Yoğurt	73,2 $\pm$ 18,4	84,0 [45,9-90,5]	65,9 $\pm$ 5,8	68,8 [59,8-69,5]	-	-	0,405 ^β

^γOne-Way ANOVA; ^βMann-Whitney U testi

^{*} $p<0,05$

^{**}Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır.

Süt, yoğurt, peynir ve tereyağ örneklerinin işlenme özelliğine göre iyot içeriklerinin ortalama, standart sapma, medyan, alt-üst değerleri Çizelge 3.7.'de verilmiştir. Ultra yüksek ısı (Ultra high temperature -UHT) yöntemine göre hazırlanan sütlerin ortalama iyot içeriği 73,1 $\pm$ 12,1 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$, pastörizasyonda 46,6 $\pm$ 1,0 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ ve kaynatma yönteminde 28,1 $\pm$ 3,1 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ 'dir. Süt örneklerinin işlenme özelliğine göre ortalama iyot içerikleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,001$). Pastörizasyon yöntemiyle üretilen yoğurt ve beyaz peynir örneklerinin medyan iyot içeriği (sırası ile 84,0 μg ; 60,8 μg), sütün kaynatılması ile elde edilen örneklerle (18,4 μg ; 18,9 μg) göre daha yüksek olup, aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,001$). Sütün kaynatılması ile üretilen tereyağının medyan iyot içeriği 9,2 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ iken, pastörizasyon yönteminde 25,1 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ olarak saptanmıştır. İşlenme yöntemine göre tereyağı örneklerinin medyan iyot içerikleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p=0,001$).

Çizelge 3.7. İşlenme özelliğine göre süt ürünlerinin iyot içeriklerinin ortalama ($\bar{x}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)

Süt ürünleri	UHT		Pastörizasyon		Kaynatma		p
	$\bar{x}\pm\text{SS}$	Medyan [Alt-Üst]	$\bar{x}\pm\text{SS}$	Medyan [Alt-Üst]	$\bar{x}\pm\text{SS}$	Medyan [Alt-Üst]	
Süt	73,1 $\pm$ 12,1 ^a	73,7 [53,3-92,7]	46,6 $\pm$ 1,0 ^b	46,2 [45,7-47,7]	28,1 $\pm$ 3,1 ^c	28,6 [23,5-32,2]	<0,001 ^{γ*}
Yoğurt	-	-	73,2 $\pm$ 18,5	84,0 [45,9-90,5]	20,1 $\pm$ 7,2	18,4 [13,3-31,0]	<0,001 ^{**β}
Beyaz Peynir	-	-	57,8 $\pm$ 6,9	60,8 [46,3-65,6]	18,7 $\pm$ 1,7	18,9 [16,2-20,5]	<0,001 ^{**β}
Tereyağ	-	-	23,7 $\pm$ 3,1	25,1 [19,4-27,0]	9,4 $\pm$ 0,7	9,2 [8,7-10,3]	0,001 ^{β*}

^γOne-Way ANOVA; ^βMann-Whitney U testi

*p<0,05; **p<0,001

***Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır.

Mevsime göre açık süt ve bu süttten üretilen süt ürünlerinin ortalama, standart sapma, medyan, alt-üst değerleri iyot içerikleri Çizelge 3.8.'de gösterilmiştir. Ekim-Kasım ayında üretilen süütün iyot içeriği (28,1 $\pm$ 3,1 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$), Nisan-Mayıs ayında üretilen süütün iyot içeriğine (11,4 $\pm$ 0,4 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$) göre istatistiksel olarak anlamlı daha düşük bulunmuştur (p<0,001). Ekim-Kasım dönemindeki süttten elde edilen yoğurt ve beyaz peynir örneklerinin 100 gramındaki iyot sırası ile 20,1 $\pm$ 7,2 μg ve 18,7 $\pm$ 1,7 μg iken, Nisan-Mayıs döneminde sırası ile 11,8 $\pm$ 0,3 μg ve 21,8 $\pm$ 0,2 μg 'dır ve aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0,05).

Çizelge 3.8. Mevsime göre açık süt ve süttten üretilen süt ürünlerinin iyot içeriklerinin ortalama ($\bar{x}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)

Süt ürünleri	Ekim-Kasım		Nisan-Mayıs		p
	$\bar{x}\pm\text{SS}$	Medyan [Alt-Üst]	$\bar{x}\pm\text{SS}$	Medyan [Alt-Üst]	
Süt	28,1 $\pm$ 3,1	28,6 [23,5-32,2]	11,4 $\pm$ 0,4	11,4 [10,9-11-8]	<0,001 ^{α**}
Yoğurt	20,1 $\pm$ 7,2	18,4 [13,3-31,0]	11,8 $\pm$ 0,3	11,6 [11,6-12,2]	0,020 ^{β*}
Beyaz Peynir	18,7 $\pm$ 1,7	18,9 [16,2-20,5]	21,8 $\pm$ 0,2	21,9 [21,5-21,9]	0,020 ^{β*}
Tereyağ	9,4 $\pm$ 0,8	9,2 [8,7-10,3]	6,1 $\pm$ 0,3	6,0 [5,9-6,4]	0,019 ^{β*}

^γOne-Way ANOVA; ^βMann-Whitney U testi

*p<0,05; **p<0,001

Çizelge 3.9'da açık süt ve süttten elde edilen süt ürünlerinin mevsime göre üretimi sürecindeki iyot değişim yüzdelerinin ortalama, standart sapma, medyan, alt-üst değerleri verilmiştir. Ekim-Kasım döneminde hayvanın yediği yemin iyot içeriği 76,5 $\pm$ 15,9 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 'dır. Ancak yemden süt üretimi sürecinde %6,03 $\pm$ 18,4 iyot kaybı olduğu saptanmıştır. Nisan-Mayıs döneminde hayvan yeminde ortalama 65,4 $\pm$ 8,3

$\mu\text{g}/100$ g iyot bulunurken, işlem görmemiş sütün iyot içeriği $28,8 \pm 1,1$ $\mu\text{g}/100$ mL olarak belirlenmiş ve iyot kaybının %55,4 $\pm$ 5,5 olduğu bulunmuştur. Ekim-Kasım döneminde kaynamış süttten yapılan yoğurt ve peynirdeki %28,6 $\pm$ 23,4 ve %32,5 $\pm$ 10,9 iyot kaybı; Nisan-Mayıs döneminde %4,1 $\pm$ 4,5 ve %91,8 $\pm$ 5,4 iyot artışı olduğu bulunmuştur. Ekim-Kasım ve Nisan-Mayıs dönemlerinde yoğurdun 100 gramında ortalama iyot içeriği sırası ile 20,1 $\pm$ 7,2 μg ve 11,8 $\pm$ 0,3 μg ; tereyağında 9,4 $\pm$ 0,7 μg ve 6,11 $\pm$ 0,3 μg olarak tespit edilmiştir. Ekim-Kasım döneminde yoğurttan tereyağ yaparken iyot içeriği %48,4 $\pm$ 16,7 azalırken, Nisan Mayıs döneminde 93,4 $\pm$ 3,5 azalma saptanmıştır.

Çizelge 3.9. Açık süt ve süttten üretilen süt ürünlerinin mevsime göre üretim sürecinde ortalama ($\bar{x}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri ve iyot değişim yüzdeleri

Süt ve Süt ürünleri	Üretim Süreci					
	Ekim-Kasım			Nisan-Mayıs		
	$\bar{x} \pm \text{SS}$	Medyan [Alt-Üst]	İyot Değişim Yüzdesi (%)	$\bar{x} \pm \text{SS}$	Medyan [Alt-Üst]	İyot Değişim Yüzdesi (%)
Hayvan yemi	76,5 $\pm$ 15,9	72,6 [55,7-96,5]	-	65,4 $\pm$ 8,3	68,0 [55,6-76,9]	-
Çiğ süt	69,8 $\pm$ 7,3	70,9 [58,75-79,50]	-6,03 $\pm$ 18,4	28,8 $\pm$ 1,1	28,8 [27,3-30,6]	-55,4 $\pm$ 5,5
Kaynamış süt	28,1 $\pm$ 3,1	28,6 [23,5-32,2]	-59,7 $\pm$ 0,3	11,4 $\pm$ 0,4	11,4 [10,9-11,8]	-60,5 $\pm$ 2,3
Yoğurt	20,1 $\pm$ 7,2	18,4 [13,3-31,0]	-28,6 $\pm$ 23,4	11,8 $\pm$ 0,3	11,6 [11,6-12,2]	+4,1 $\pm$ 4,5
Peynir	18,7 $\pm$ 1,7	18,9 [16,2-20,5]	-32,5 $\pm$ 10,9	21,8 $\pm$ 0,2	21,9 [21,5-21,9]	+91,8 $\pm$ 5,4
Tereyağ	9,4 $\pm$ 0,7	9,2 [8,7-10,3]	-48,4 $\pm$ 16,7	6,11 $\pm$ 0,3	6,0 [5,9-6,4]	-93,4 $\pm$ 3,5

3.3. Tuz Örneklerinin İyot İçeriği

Çizelge 3.10’da tuz örneklerinin iyot içeriklerinin ortalama, standart sapma, medyan, alt-üst değerleri gösterilmiştir. A marka iyotlu sofr tuzunun iyot içeriği ortalama 788,0 $\pm$ 65,9 $\mu\text{g}/100$ g, B marka iyotlu sofr tuzunun 645,5 $\pm$ 21,6 $\mu\text{g}/100$ g olup aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$). A marka iyotsuz sofr tuzunun medyan iyot içeriği (4,8 $\mu\text{g}/100$ g) B marka tuzdan (5,1 $\mu\text{g}/100$ g) istatistiksel anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur ($p < 0,05$). A marka kaya tuzunun 100 gramında 4,6 $\pm$ 0,4 μg , B marka kaya tuzunda 3,8 $\pm$ 0,1 μg iyot saptanmıştır. Markaya göre kaya tuzlarının iyot içerikleri arasında anlamlı farklılık vardır ($p < 0,001$). B marka Himalaya

tuzunun iyot içeriği ($2,8 \pm 0,1$ $\mu\text{g}/100$ g) A markadan ($2,7 \pm 0,1$ $\mu\text{g}/100$ g) yüksek olmakla birlikte aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0,05$).

Çizelge 3.10. Markaya göre tuz örneklerinin iyot içeriklerinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri ($\mu\text{g}/100$ g)

Tuz örnekleri	A marka		B marka		p
	$\bar{X} \pm \text{SS}$	Medyan [Alt-Üst]	$\bar{X} \pm \text{SS}$	Medyan [Alt-Üst]	
İyotlu sofr tuzu	$788,0 \pm 65,9$	761,7 [712,9-918,1]	$645,5 \pm 21,6$	650,2 [621,9-664,4]	0,003 ^{†*}
İyotsuz sofr tuzu	$4,8 \pm 0,1$	4,8 [4,8-4,8]	$5,1 \pm 0,1$	5,1 [5,0-5,2]	0,040 ^{†*}
Kaya tuzu	$4,6 \pm 0,4$	4,7 [4,0-5,2]	$3,8 \pm 0,1$	3,8 [3,6-3,9]	<0,001 ^{†**}
Deniz tuzu	$7,7 \pm 0,2$	7,7 [7,4-7,8]	$2,9 \pm 0,1$	2,8 [2,8-2,9]	<0,001 ^{†**}
Himalaya tuzu	$2,7 \pm 0,1$	2,6 [2,6-2,8]	$2,8 \pm 0,1$	2,8 [2,7-2,8]	0,107

[†]Independent t testi; [†]Mann-Whitney U testi

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Tuz örneklerinin iyot içeriğinin ortalama, standart sapma, medyan, alt-üst değerleri Çizelge 3.11.'de sunulmuştur. İyotlu sofr tuzunun 100 gramındaki iyot içeriği ortalama $759,5 \pm 83,4$ μg , iyotsuz sofr tuzunda $5,0 \pm 0,2$ μg 'dır. Kaya tuzu, deniz tuzu ve Himalaya tuzunun ortalama iyot içerikleri sırası ile $4,5 \pm 0,5$ $\mu\text{g}/100$ g, $5,3 \pm 2,6$ $\mu\text{g}/100$ g ve $2,7 \pm 0,9$ $\mu\text{g}/100$ g olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.11. Tuz örneklerinin iyot içeriğinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri

Tuz Örnekleri	İyot İçeriği ($\mu\text{g}/100$ g)		
	$\bar{X} \pm \text{SS}$	Medyan	Alt-Üst
İyotlu sofr tuzu	$759,5 \pm 83,4$	753,6	621,9-918,1
İyotsuz sofr tuzu	$5,0 \pm 0,2$	5,0	4,8-5,1
Kaya tuzu	$4,5 \pm 0,5$	4,4	3,6-5,2
Deniz tuzu	$5,3 \pm 2,6$	5,2	2,8-7,8
Himalaya tuzu	$2,7 \pm 0,9$	2,7	2,6-2,8

3.4. Tahıl Örneklerinin İyot İçeriği

Çizelge 3.12.'de markaya göre tahıl örnekleri arasındaki ortalama farklar gösterilmiştir. A marka beyaz unun ortalama iyot içeriği ($7,7 \pm 0,1$ $\mu\text{g}/100$ g), B markaya ($7,3 \pm 0,2$ $\mu\text{g}/100$ g) göre anlamlı olarak daha yüksektir ($p < 0,05$). A marka

beyaz ekmeğin ortalama iyot içeriği $37,4 \pm 0,5$ $\mu\text{g}/100$ g iken, B marka beyaz ekmeğin ortalama iyot içeriği $7,3 \pm 0,1$ $\mu\text{g}/100$ g olup, aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$). A marka tam buğday ekmeğinin ($34,3 \pm 1,1$ $\mu\text{g}/100$ g) B markaya ($8,1 \pm 0,0$ $\mu\text{g}/100$ g) göre anlamlı olarak daha yüksek iyot içerdiği belirlenmiştir ($p < 0,001$). A marka beyaz ve tam buğday ekmeği yapımında kullanılan suyun iyot ortalaması $8,5 \pm 0,2$ $\mu\text{g}/100$ mL iken, B marka suyun iyot içeriği $0,6 \pm 0,3$ $\mu\text{g}/100$ mL'dir.

Çizelge 3.12. Markaya göre tahıl ve su örneklerinin iyot içeriğinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri ($\mu\text{g}/100$ g)

Tahıl örnekleri ($\mu\text{g}/100$ g)	A marka (Ankara)		B marka (Trabzon)		P
	$\bar{X} \pm \text{SS}$	Medyan [Alt-Üst]	$\bar{X} \pm \text{SS}$	Medyan [Alt-Üst]	
Beyaz un	$7,7 \pm 0,1$	7,6 [7,6-7,7]	$7,3 \pm 0,2$	7,2 [7,1-7,5]	0,024*
Beyaz ekmeği	$37,4 \pm 0,5$	37,2 [37,0-37,9]	$7,3 \pm 0,1$	7,3 [7,3-7,4]	<0,001**
Tam buğday unu	$8,6 \pm 0,0$	8,6 [8,6-8,6]	$8,1 \pm 0,1$	8,1 [8,0-8,2]	0,001**
Tam buğday ekmeği	$34,3 \pm 1,1$	34,6 [33,0-35,2]	$8,1 \pm 0,0$	20,6 [8,0-35,2]	0,001*
Su	$8,5 \pm 0,2$	8,5 [8,4-8,7]	$0,6 \pm 0,3$	0,6 [0,0-0,9]	<0,001**

Independent t test; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Tahıl örneklerinin iyot içeriklerinin ortalama, standart sapma, medyan, alt-üst değerleri Çizelge 3.13.'te verilmiştir. Beyaz unda ortalama iyot $7,5 \pm 2,4$ $\mu\text{g}/100$ g iken, beyaz ekmekte $22,3 \pm 16,4$ $\mu\text{g}/100$ g olarak saptanmıştır. Tam buğday ununun 100 gramında ortalama iyot içeriği $8,3 \pm 0,3$ μg , tam buğday ekmeğinde $21,2 \pm 14,3$ μg 'dır.

Çizelge 3.13. Tahıl örneklerinin iyot içeriğinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri

Tahıl Örnekleri	İyot İçeriği ($\mu\text{g}/100$ g)		
	$\bar{X} \pm \text{SS}$	Medyan	Alt-Üst
Beyaz un	$7,5 \pm 2,4$	7,5	7,1-7,7
Beyaz ekmeği	$22,3 \pm 16,4$	22,2	7,3-37,9
Tam buğday unu	$8,3 \pm 0,3$	8,4	8,0-8,7
Tam buğday ekmeği	$21,2 \pm 14,3$	20,6	8,0-35,2

Un çeşidine göre ekmeği örneklerinin içerdiği iyotun ortalama, standart sapma ($\bar{X} \pm \text{SS}$), medyan, alt-üst değerleri Çizelge 3.14'te sunulmuştur. Beyaz ekmeğinin medyan iyot içeriği ($22,2$ $\mu\text{g}/100$ g) tam buğday ekmeğinkinden ($20,6$ $\mu\text{g}/100$ g) daha yüksek olmakla birlikte, aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0,05$).

Çizelge 3.14. Un çeşidine göre ekmek örneklerinin iyot içeriğinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri

Ekmek Örnekleri	İyot İçeriği ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)			p
	$\bar{X}\pm\text{SS}$	Medyan	Alt-Üst	
Beyaz ekmek	22,3 $\pm$ 16,4	22,2	7,3-37,9	0,897
Tam buğday ekmeği	21,2 $\pm$ 14,4	20,6	8,0-35,2	

Mann Whitney U testi; $p>0,05$

3.5. Çay ve Kahve Örneklerinin İyot İçeriği

Markaya göre çay, kahve ve su örneklerindeki ortalama, standart sapma, medyan, alt-üst iyot miktarı Çizelge 3.15.'te gösterilmiştir. B marka kuru siyah çay örneği (57,2 $\pm$ 1,5 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) A marka siyah çay örneğinden (57,2 $\pm$ 1,5 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) daha yüksek iyot içermekle birlikte aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). A marka 100 mL pişmiş instant kahve örneğinin iyot içeriği 21,1 $\pm$ 0,4 μg , B marka kahve örneğinin 13,0 $\pm$ 0,7 μg 'dır. Markaya göre instant kahve örneklerinin iyot içerikleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,001$). A marka çay ve kahve yapımında kullanılan musluk suyunun iyot içeriği 8,5 $\pm$ 0,2 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ iken, B marka çay, kahve yapımında kullanılan damacana suyunun iyot içeriği 5,6 $\pm$ 0,5 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ olarak belirlenmiştir ($p=0,001$).

Çizelge 3.15. Markaya göre çay, kahve ve su örneklerinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)

Çay, kahve ve su örnekleri	A marka		B marka		p
	$\bar{X}\pm\text{SS}$	Medyan [Alt-Üst]	$\bar{X}\pm\text{SS}$	Medyan [Alt-Üst]	
Siyah çay, kuru	57,2 $\pm$ 1,5	56,8 [55,9-58,8]	59,5 $\pm$ 2,2	59,8 [57,2-61,5]	0,198
Demlenmiş siyah çay	9,8 $\pm$ 0,2	9,7 [9,7-10,1]	12,8 $\pm$ 0,7	12,5 [12,4-13,6]	<0,001 ^{†**}
İnstant kahve, granül	26,6 $\pm$ 1,1	26,9 [25,3-27,5]	12,6 $\pm$ 0,4	3,8 [3,6-3,9]	<0,001 ^{†**}
İnstant kahve, pişmiş	21,1 $\pm$ 0,4	21,0 [20,6-21,5]	13,0 $\pm$ 0,7	12,8 [12,5-13,8]	<0,001 ^{†**}
Türk kahvesi, kuru	12,9 $\pm$ 0,2	12,8 [12,8-13,2]	12,6 $\pm$ 0,4	12,5 [12,2-12,9]	0,275 ^β
Türk kahvesi, pişmiş	10,9 $\pm$ 0,4	10,8 [10,6-11,3]	10,0 $\pm$ 0,3	10,2 [9,7-10,2]	0,034 ^{†*}
Su	8,5 $\pm$ 0,2	8,5 [8,4-8,7]	5,6 $\pm$ 0,5	5,5 [5,1-6,1]	0,001 ^{†*}

[†]Independent t testi; ^βMann-Whitney U testi; * $p<0,05$; ** $p<0,01$

Çay, kahve ve su örneklerinin iyot içeriklerinin ortalama, standart sapma, medyan, alt-üst değerleri Çizelge 3.16.'da verilmiştir. Kuru siyah çay örneklerinin iyot içeriği ortalama $58,3 \pm 2,1$ $\mu\text{g}/100$ g, granül instant kahve örneklerinin $19,6 \pm 7,7$ $\mu\text{g}/100$ g ve kuru Türk kahvesinin $12,7 \pm 0,3$ $\mu\text{g}/100$ g'dır. Demlenmiş siyah çay örneğinin 100 mililitresinde iyot içeriğinin ortalama $11,3 \pm 1,7$ μg , pişmiş Türk kahvesinde $10,4 \pm 0,6$ μg olduğu saptanmıştır.

Çizelge 3.16. Çay, kahve ve su örneklerinin iyot içeriğinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS), medyan, alt-üst değerleri

Çay, kahve ve su örnekleri	İyot İçeriği ($\mu\text{g}/100$ g)		
	$\bar{X} \pm \text{SS}$	Medyan	Alt-Üst
Siyah çay, kuru	$58,3 \pm 2,1$	58,0	55,9-61,5
Demlenmiş siyah çay	$11,3 \pm 1,7$	11,2	9,7-13,6
İstant kahve, granül	$19,6 \pm 7,7$	19,1	12,2-27,5
İstant kahve, pişmiş	$17,0 \pm 4,4$	17,2	12,5-21,5
Türk kahvesi, kuru	$12,7 \pm 0,3$	12,8	12,2-13,2
Türk kahvesi, pişmiş	$10,4 \pm 0,6$	10,4	9,7-11,3
Su	$8,5 \pm 1,2$	8,5	8,4-8,7

Toz çay ve kuru kahve örneklerinden hazırlanmış çay ve kahve ürünlerinin pişirme sürecindeki iyot değişim yüzdeleri Çizelge 3.17.'de verilmiştir. A marka siyah çay demlendiğinde $\%82,8 \pm 0,2$, B marka siyah çayın $\%78,5 \pm 0,7$ iyot kaybettiği saptanmış olup aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,001$). Pişirme ile Türk kahvesi örneklerinde $\%18,1 \pm 2,9$ iyot kaybı, instant kahve örneklerinde $\%8,6 \pm 13,7$ iyot kaybı olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.17. Markaya göre çay ve kahve örneklerinin pişirme sürecinde ortalama iyot değişim yüzdeleri (%)

Çay ve Kahve Örnekleri	A marka	B marka	Toplam	p
	İyot Değişim Yüzdesi (%)	İyot Değişim Yüzdesi (%)	İyot Değişim Yüzdesi (%)	
Siyah çay	$-82,8 \pm 0,2$	$-78,5 \pm 0,7$	$-80,6 \pm 2,4$	0,001*
İstant kahve	$-20,6 \pm 3,4$	$+3,4 \pm 5,4$	$-8,6 \pm 13,7$	0,003*
Türk kahvesi	$-15,7 \pm 1,5$	$-20,4 \pm 1,6$	$-18,1 \pm 2,9$	0,022*

Independent t test; * $p < 0,05$

3.6. Çiğ ve Pişmiş Bazı Besinlerin İyot İçeriklerinin Önerilen Günlük İyot Alımını Karşılama Yüzdesi

Türkiye Beslenme Rehberi'nde yetişkin bireylerin (19 yaş ve üstü) önerilen günlük iyot alım düzeyi 150 µg olarak belirtilmiştir (TÜBER, 2015). Besinlerin bir porsiyonu TÜBER'de (2015) verilen miktarlara göre alınmıştır. Bu bölümde çalışmaya alınan besin örneklerinin bir porsiyonlarının önerilen günlük iyot gereksinmesini karşılama yüzdesi değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.18.'de çiğ, kızartma, fırında ve buğulama ile pişirilen balıkların bir porsiyonunun (150 g) ortalama iyot miktarı ve günlük gereksinmeyi karşılama yüzdesi gösterilmiştir. Kızartma, fırında ve buğulama yöntemleri ile pişirilen hamsinin bir porsiyonunun (150 g) iyot içeriği sırası ile 400,4±8,4 µg, 474,4±52,7 µg ve 293,5±3,0 µg olup, önerilen günlük gereksinmeyi karşıladığı saptanmıştır. Günlük iyot alımını en yüksek oranda karşılayan fırında pişirilen mezgıt (%351,0) iken, en düşük karşılayanın buğulama sargan/zargana (%70,9) olduğu saptanmıştır. Çinekop hariç tüm balık örneklerinde önerilen günlük iyot gereksinmesini karşılama yüzdesinin en yüksek fırında pişirme ile olduğu belirlenmiştir. Önerilen günlük iyot gereksinmesini karşılamayan balık örneklerinin kızartma sargan/zargana (%91,5), buğulama sargan/zargana (%70,9), buğulama çinekop (%92,0) ve konserve ton balığı (%97,7) olduğu bulunmuştur.

Çizelge 3.18. Pişmiş balık örneklerinin bir porsiyonunun (150 g) önerilen iyot gereksinmesini karşılama yüzdesinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS) değerleri

Balık örnekleri (150 g)	$\bar{X} \pm SS$ ($\mu\text{g/porsiyon}$)	Önerilen günlük gereksinme (%)
Hamsi		
Kızartma	400,4 $\pm$ 8,4	266,9
Fırın	474,4 $\pm$ 52,7	316,2
Buğulama	293,5 $\pm$ 3,0	195,7
Palamut		
Kızartma	371,0 $\pm$ 12,7	247,3
Fırın	741,2 $\pm$ 18,3	494,1
Buğulama	305,0 $\pm$ 15,3	203,3
Somon		
Kızartma	240,1 $\pm$ 12,5	160,0
Fırın	268,4 $\pm$ 2,6	178,9
Buğulama	160,3 $\pm$ 5,8	106,8
Mezgit		
Kızartma	523,0 $\pm$ 11,0	348,7
Fırın	526,5 $\pm$ 5,9	351,0
Buğulama	179,6 $\pm$ 6,0	119,7
Sargan/Zargana		
Kızartma	137,3 $\pm$ 1,6	91,5
Fırın	173,6 $\pm$ 11,7	115,7
Buğulama	106,4 $\pm$ 5,8	70,9
İstavrit		
Kızartma	226,8 $\pm$ 12,2	151,2
Fırın	468,8 $\pm$ 11,9	312,5
Buğulama	218,2 $\pm$ 13,6	145,9
Çinekop		
Kızartma	387,4 $\pm$ 25,7	258,3
Fırın	234,3 $\pm$ 14,6	156,2
Buğulama	138,1 $\pm$ 3,5	92,0
Levrek		
Kızartma	259,1 $\pm$ 4,3	172,7
Fırın	294,4 $\pm$ 2,3	196,2
Buğulama	222,1 $\pm$ 1,2	148,0
Konserve ürünler		
Sardalya	184,6 $\pm$ 6,3	123,0
Ton balığı	146,6 $\pm$ 5,9	97,7

Süt ve süt ürünleri örneklerinin bir porsiyonunun ortalama iyot içeriği ve günlük iyot gereksinmesini karşılama yüzdesinin ortalama, standart sapma değerleri Çizelge 3.19.'da gösterilmiştir. Tam yağlı süt (%113,7), yarım yağlı süt (%121,7) ve çikolatalı süt (%132,6) örneklerinin bir porsiyonunun önerilen iyot gereksinmesini karşıladığı saptanmıştır. Yoğurt çeşitlerinden önerilen günlük iyot alımına en yüksek tam yağlı yoğurt, en düşük açık yoğurdun etkisinin olduğu belirlenmiştir. Peynir çeşitlerinden tulum peynirinin günlük iyot gereksinmesinin %25,9'unu, beyaz peynirin %23,1'ini

süzme peynirinin %21,5'ini, kaşar ve labne peynirlerinin %18,1'ini ve açık ev peynirinin %7,5'ini karşıladığı bulunmuştur. Süt ve süt ürünlerinden günlük iyot alımına katkısı en düşük olanın tereyağı, en yüksek olanın ise çikolatalı süt olduğu saptanmıştır.

Çizelge 3.19. Süt ve süt ürünleri örneklerinin ve yumurtanın bir porsiyonunun önerilen iyot gereksinmesini karşılama yüzdesinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS) değerleri

Süt ve süt ürünleri	$\bar{X} \pm SS$ ($\mu\text{g}/1$ porsiyon g)	Önerilen günlük gereksinme (%)
Süt Çeşitleri (240 mL)		
Tam yağlı süt	170,5 $\pm$ 36,8	113,7
Yarım yağlı süt	182,6 $\pm$ 9,0	121,7
Yağsız süt	111,7 $\pm$ 2,5	74,5
Açık süt	67,5 $\pm$ 7,5	45,0
Çikolatalı süt	198,9 $\pm$ 23,9	132,6
Kefir	130,2 $\pm$ 1,4	86,8
Yoğurt Çeşitleri (200 mL)		
Tam yağlı yoğurt	146,3 $\pm$ 36,9	97,5
Yarım yağlı yoğurt	131,8 $\pm$ 11,5	87,9
Açık yoğurt	40,1 $\pm$ 14,4	26,7
Yağsız peynir çeşitleri (60 g)		
Tam yağlı beyaz peynir	34,7 $\pm$ 4,2	23,1
Süzme peynir	32,3 $\pm$ 3,6	21,5
Açık ev peyniri	11,2 $\pm$ 1,0	7,5
Yağlı peynir çeşitleri (40 g)		
Kaşar peyniri	27,1 $\pm$ 9,2	18,1
Tulum peyniri	38,9 $\pm$ 12,3	25,9
Labne peyniri	27,1 $\pm$ 1,0	18,1
Tereyağ Çeşitleri (8-9 g)		
Tereyağ	2,0 $\pm$ 0,3	1,3
Açık tereyağ	0,8 $\pm$ 0,1	0,5
Yumurta (100 g)		
Tavuk yumurtası	92,0 $\pm$ 4,7	61,3

Çizelge 3.20.'de tuz örneklerinin önerilen günlük tuz tüketimine (5 g) göre ortalama iyot içeriği ve günlük iyot gereksinmesini karşılama yüzdesi verilmiştir. İyotlu sofrata tuzunun 5 gramının iyot içeriği ortalama 39,8 $\pm$ 5,7 μg iken, iyotsuz sofrata tuzu ve kaya tuzunda 0,2 $\pm$ 0,0 μg olarak bulunmuştur. Önerilen günlük tuz tüketimine göre iyotlu sofrata tuzunun günlük iyot alımına katkısı %26,5 olarak belirlenmiştir. Kaya tuzunun (%0,1), Himalaya tuzunun (%0,1), iyotsuz sofrata tuzunun (%0,1) ve deniz tuzunun (%0,2) önerilen günlük iyot gereksinmesine katkısının %1,0'in altında olduğu saptanmıştır.

Çizelge 3.20. Tuz örneklerinin önerilen günlük tuz tüketimine (5 g) göre iyot gereksinmesini karşılama yüzdesinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS) değerleri

Tuz örnekleri (5 g)	$\bar{X} \pm SS$ ($\mu\text{g}/5 \text{ g}$)	Önerilen günlük gereksinme (%)
İyotlu sofrata tuzu	39,8 $\pm$ 5,7	26,5
İyotsuz sofrata tuzu	0,2 $\pm$ 0,0	0,1
Kaya tuzu	0,2 $\pm$ 0,0	0,1
Deniz tuzu	0,3 $\pm$ 0,1	0,2
Himalaya tuzu	0,1 $\pm$ 0,0	0,1

Tahıl örneklerinin bir porsiyonunun iyot içerikleri ve günlük iyot gereksinmesini karşılama yüzdesi Çizelge 3.21.'de verilmiştir. Un örneklerinin bir porsiyonunun günlük gereksinim duyulan iyot miktarına katkısı %1,0'in altındadır. Beyaz ekmeğin bir porsiyonunun (50 g) iyot içeriği ortalama 11,2 $\pm$ 8,2 μg iken, tam buğday ekmeğinin 10,6 $\pm$ 7,1 μg 'dır. Bir porsiyon beyaz ekmeğin günlük gereksinmeyi karşılama yüzdesi %7,5, tam buğday ekmeğinin %7,1 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.21. Tahıl örneklerinin bir porsiyonunun iyot gereksinmesini karşılama yüzdesinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS) değerleri

Tahıl örnekleri	$\bar{X} \pm SS$ ($\mu\text{g}/1 \text{ porsiyon g}$)	Önerilen günlük gereksinme (%)
Un örnekleri (15 g)		
Beyaz un	1,1 $\pm$ 0,1	0,7
Tam buğday unu	1,3 $\pm$ 0,1	0,9
Ekmek örnekleri (50 g)		
Beyaz ekmekek	11,2 $\pm$ 8,2	7,5
Tam buğday ekmeği	10,6 $\pm$ 7,1	7,1

Çizelge 3.22.'de çay, kahve ve su örneklerinin bir porsiyonunun günlük iyot gereksinmesini karşılama yüzdeleri gösterilmiştir. Demlenmiş bir çay bardağı siyah çayın ortalama 7,9 $\pm$ 1,1 μg iyot içerdiği; günlük gereksinmenin %5,3'ünü karşıladığı belirlenmiştir. Bir fincan instant kahve (200 mL) önerilen günlük iyot gereksinmesinin %22,7'sini karşılarken, bir fincan Türk kahvesinin (80 mL) %5,6'sını karşıladığı saptanmıştır. Bir bardak musluk suyu 14,1 $\pm$ 3,3 μg iyot içermekte, günlük gereksinmenin %9,4'unu karşılamaktadır.

Çizelge 3.22. Çay, kahve ve su örneklerinin bir porsiyonunun iyot gereksinmesini karşılama yüzdesinin ortalama ($\bar{X}$), standart sapma (SS) değerleri

Çay, kahve ve su ürünleri	$\bar{X} \pm SS$ ($\mu\text{g}/1$ porsiyon g)	Önerilen günlük gereksinme (%)
Pişmiş örnekler		
Demlenmiş siyah çay=70 mL	7,9 $\pm$ 1,1	5,3
İnstant kahve, pişmiş=200 mL	34,0 $\pm$ 8,9	22,7
Türk kahvesi, pişmiş=80mL	8,4 $\pm$ 0,4	5,6
Su=200 mL	14,1 $\pm$ 3,3	9,4

4. TARTIŞMA

İyot, insan vücudunda az miktarda bulunan, insan ve hayvanların normal büyüme ve gelişmesi için gerekli tiroid hormonlarının sentezinde rol alan eser bir elementtir (Andersson ve ark., 2007). Tiroid hormonları, büyüme, gelişme, sinir sistemi, vücut ısısı, enerjinin düzenlenmesi gibi vücuttaki birçok metabolik olayda görev alır (WHO, 2007). İyot eksikliği; guatr, fiziksel ve zihinsel gelişim geriliği ve saç dökülmesine neden olurken, gebe kadınlarda fetüste düşük, ölü doğum ve geri dönüşü olmayan beyin hasarına, çocuklarda ise zeka geriliğine neden olabilir. Son yıllarda beslenme alışkanlıklarındaki değişikliklerin, iyot bakımından zengin besin kaynaklarını dışlayan veya kısıtlayan diyetlerin, diyetle iyot alımını etkilediği belirtilmiştir (Ershow ve ark., 2016). Besinlerin gerçek iyot içeriğinin bilinmesi, diyetle önerilen iyot alımını belirleyebilmek için gereklidir. Günümüzde, Türkiye Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı sadece bazı çiğ balık türleri ve kabuklu deniz ürünlerinin iyotla ilgili analitik verilerini içermektedir (TürKomp, 2014). Türkiye’de halkın çok sık tükettiği ve iyot açısından yüksek olduğu tahmin edilen çiğ ve pişmiş besinlerde iyot analizi yapılmaması araştırmacıların bu konu üzerinde yoğunlaşmasına neden olmuştur. Bu nedenle bu çalışmanın amacı Türkiye’de tüketilen çiğ ve pişmiş bazı besinlerin iyot içeriklerinin incelenmesidir.

4.1. Çiğ ve Pişmiş Balık Örneklerinin İyot İçeriği

Besinlerin iyot içeriği ve diyet ile iyot alımı coğrafi konum, toprak ve kültürel koşullara bağlı olarak değişmektedir. Balık hem Türkiye’de hem de dünyada diyet ile iyot alımının en iyi kaynağı olarak bilinmektedir. Bu nedenle, iyot eksikliğinin görüldüğü toplumlarda günlük diyetle yer alan besinlerin iyot içeriğinin belirlenmesi önemlidir. Bunun yanı sıra, besin bileşenlerinde işlenme nedeniyle meydana gelen değişiklikler de, iyot alımını etkilemektedir. Çiğ besinlerdeki minerallerin ve diğer bileşenlerin belirlenmesi, diyet alım tahminlerinde yararlı olmadığı için besinlerin iyot içeriği belirlenirken pişirme ve işleme yöntemlerinin dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir (Ersoy ve ark., 2006).

Bu çalışmada farklı pişirme yöntemlerinden sonra balık ağırlıklarının %2,3 ila %49,6 arasında azaldığı belirlenmiştir. Ağırlık kaybının mezgit hariç tüm balık örneklerinde en fazla kızartma ile en az buğulama ile olduğu bulunmuştur (Çizelge 3.1.). Dahl ve ark. (2020), morina balığı ile yaptıkları çalışmada, fırın, kızartma ve buğulama ile pişirmede ağırlık kayıplarının %15-21 arasında değiştiğini saptamışlardır. En yüksek ağırlık kaybının fırında pişirme (%20,4±2,4), en az kaybın buğulama yöntemi (%15,5±3,5) ile olduğu bulunmuştur. Bunun nedeni pişirme sırasında uygulanan ısıнын besinlerdeki protein yapısını bozması (denatürasyon) ve suyun buharlaşmasıdır (Delfieh ve ark., 2013). Sonuçlar bu çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

İnsanlar besinlerden, içme suyundan ve besin suplemanlarından iyot aldıkları için diyetle alınan toplam iyot miktarı değerlendirilirken günlük diyetle yer alan besinlerin iyot içeriği önemlidir (Carlsen ve ark., 2018). Bu çalışmada kullanılan balıkların ortalama iyot miktarları incelendiğinde, yağlı balık olan hamside 295,9±4,2 µg/100 g, palamutta 174,8±7,1 µg/100 g, somonda 90,1±3,1 µg/100 g olarak belirlenmiştir. Yağsız balıklardan mezgit, istavrit ve levrek balıklarının 100 gramında sırası ile ortalama 138,8±7,1, 127,9±8,1 µg ve 149,7±2,2 µg iyot olduğu saptanmıştır (Çizelge 3.2.). Türkiye Ulusal Gıda Kompozisyonu Veri Tabanı, hamsi balığının iyot miktarını 10,68 µg, palamut balığını 33,70 µg ve mezgit balığını 19,50 µg olarak rapor etmiştir (TürKomp, 2014). Erkan ve ark.'nın (2011), İstanbul'da yaptıkları çalışmada; hamsinin iyot içeriği 176,5 µg/100 g, istavritin 287,7 µg/100 g ve palamutun iyot içeriği 493,7 µg/100 g olarak belirlenmiştir. Özden'in (2010), mevsimlere göre palamut ve istavrit balıklarındaki iyot miktarını incelediği çalışmada; Aralık ayında palamutun iyot içeriği ortalama 80,8±2,3 µg/100 g, istavritin ise 63,5±5,6 µg/100 g olarak bildirilmiştir. Benzer şekilde, Norveç kıyılarında ve Kuzey Denizi'nde çeşitli balık türlerindeki iyot içeriğinin ölçüldüğü bir çalışmada, aynı türün farklı örnekleri ve farklı balık türleri arasında büyük bir farklılık olduğu bulunmuştur (Dahl ve ark., 2020). Bu çalışma sonuçlarına göre balıklardaki iyot içeriğinin yüksek oranlarda değişiklik gösterdiği gözlemlenmiştir. Balıklar hem deniz suyundan hem de beslendikleri yemlerden iyot aldığı için besin ögesi içeriği, yenilebilir kısımlara, habitatlara, bölgelere ve mevsimlere bağlı olarak balık türleri içinde ve arasında

değişiklik gösterir (Aakre ve ark., 2021). Bu çalışmadaki çiğ balıklar kış döneminde ve farklı coğrafik koşullara sahip Trabzon ilinden satın alınmış olduğu için diğer çalışmalara göre farklı değerler elde edilebileceği düşünülmektedir.

Pişirme işlemi, balıkların nem (su) içeriğini etkilemektedir. Nem içeriğindeki artma ve azalmalar; pişirme yöntemine, pişirme ortamına, pişirme süresi ve sıcaklığına, besinin büyüklüğüne, şekline, kalınlığına ve kimyasal içeriğine göre değişmektedir (Mai ve ark., 1978). İyot diğer formlara kolayca dönüşebildiği için, pişirme yöntemleri iyot içeriğini ve iyot türlerini de önemli ölçüde etkileyebilir (Comandini ve ark., 2013). Doh ve ark.'nın (2019), Doğu Asya'da denizkulağı ile yaptıkları çalışmada, çiğ denizkulağı kasında toplam iyot miktarı $26,91 \pm 3,25 \mu\text{g/kg}$, ızgarada pişirme ile $10,25 \pm 0,53 \mu\text{g/kg}$, kaynatma ile $12,08 \pm 0,88 \mu\text{g/kg}$ olarak bulunmuştur. Aynı çalışmada kaynattıktan sonra %60'tan fazla, buharda pişirme veya ızgara yapıldıktan sonra %32 iyot kaybı olduğu saptanmıştır. Norveç'te morina balığı ile yapılan çalışmada; fırın, kızartma ve buğulama yöntemlerine göre pişirme öncesi ortalama iyot içeriği sırası ile $66,7 \pm 33,8 \mu\text{g/100 g}$, $59,1 \pm 15,6 \mu\text{g/100 g}$ ve $116,9 \pm 182 \mu\text{g/100 g}$ olarak belirlenmiştir. Pişirme sonrası iyot içeriği fırında pişirme ile $79,5 \pm 43,9 \mu\text{g/100 g}$, kızartma ile $67,2 \pm 16,4 \mu\text{g/100 g}$ ve buğulama ile $97,6 \pm 130,8 \mu\text{g/100 g}$ saptanmış olup iyot içeriğinin fırın ve kızartma yöntemiyle pişirme ile anlamlı olarak arttığı belirlenmiştir ($p < 0,05$) (Dahl ve ark., 2020). Benzer şekilde, yapılan bu çalışmada, hamsinin iyot içeriğinin fırında pişirme ile istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı, buğulama ile ise azaldığı bulunmuştur ($p < 0,05$). Ancak, palamutun iyot içeriğinin kızartma, fırın ve buğulama yöntemi ile pişirildikten sonra anlamlı olarak arttığı ($p < 0,05$); mezgitin iyot içeriğinin sadece fırın ve kızartma yöntemi ile pişirildikten sonra anlamlı olarak arttığı saptanmıştır ($p < 0,05$) (Çizelge 3.2.). Buna karşın, Norveç'te uskumru balığı, ton balığı, pisi balığı, ahtapot, midye ve karides ile yapılan başka bir çalışmada, pişirme ile iyot içeriğinin değişmediği bildirilmiştir (Alves ve ark., 2018). Çalışma sonuçları arasında farklı sonuçlar çıkmasının nedeni, pişirme işlemi sırasında farklı sıcaklık derecelerinin besinlerin içerisinde farklı iyot kayıplarına neden olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca fırında pişirme sırasında fırın kapağının sıklıkla açılmıyor olması nem kaybının daha az olmasına dolayısı ile iyot kaybının daha düşük olmasına yol açmış olabilir.

Çalışmaların çoğunda, öncelikle farklı pişirme yöntemlerinden sonra çeşitli yemeklere eklenen iyotlu tuzun etkisi değerlendirilmiştir (Goindi ve ark., 1995; Longvah ve ark., 2013; Meinhardt ve ark., 2019 ve Rana ve Raghuvarshi, 2013). Ancak farklı pişirme ve işleme yöntemlerinin balıklarda ve diğer deniz ürünlerindeki iyot içeriği üzerindeki etkisini araştıran az sayıda çalışma vardır (Dahl ve ark., 2020). Dünya Sağlık Örgütü (1996) pişirme yöntemleri ile besinlerin iyot içeriğinin değişebileceğini bildirmiştir. Örneğin; iyotun kızartma yöntemi ile %20, ızgara yöntemi ile %23 ve kaynatma yöntemi ile %58 azalacağını rapor etmiştir. Longvah ark. (2013), iyotlu tuz kullanarak Hint mutfağından alınan farklı tariflerde kaynatma yönteminden sonra ortalama iyot kaybının %47 ve kayıp aralığının %14 ila %88 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Dahl ve ark. (2020), Norveç'te yaptıkları çalışmada; buğulama yöntemi ile iyot içeriğinin %10-20 arasında azaldığını, kızartma ve fırında pişirme ile %15-20 arttığını tespit etmişlerdir. Türkiye'de hamsi, istavrit, palamut ve mezgit balıklarının incelendiği bir çalışmada; fırında pişirme, kızartma ve buğulama ile mezgit balığının iyot içeriğinin arttığı (sırası ile %132,93; %36,67; %35,80); istavritin (sırası ile %3,09; %39,76; %55,96) iyot içeriğinin ise azaldığı saptanmıştır. Hamsi ve palamut balıklarının iyot miktarının (sırası ile %37,42; %46,46) kızartma ile azaldığı belirlenmiştir (Erkan, 2011). Benzer şekilde, bu araştırmada da hamsinin kızartma ile ($9,8 \pm 2,2$) iyot içeriğinin azaldığı, mezgitin ise kızartma (sırası ile $151,6 \pm 13,4$; $11,6 \pm 5,5$) ve fırında (sırası ile $153,2 \pm 11,4$; $84,7 \pm 15,1$) pişirme ile iyot içeriğinin arttığı belirlenmiştir (Çizelge 3.3.). Bu çalışmada balık türleri arasında kayıplar farklı olsa da, iyodür besin matrisi içinde oksidasyon ve indirgeme reaksiyonlarına girme potansiyeli ile reaktif olduğundan, buğulama sırasında bir miktar iyodun kaybolması olasıdır. Ayrıca, kızartma ve fırında pişirme yöntemlerinde suyun buharlaşması nedeniyle balıkların ağırlığının azalması iyot içeriğinin artmasına neden olmuştur. Bu nedenle, iyot içeriğini korumak açısından bu iki pişirme yönteminin buğulamaya kıyasla daha iyi olduğu varsayılmaktadır. Bununla birlikte, buğulama ile kaybın fazla olduğu balık örnekleri, suyunun da tüketildiği bir yemeğin parçası (örneğin çorba) olduğunda iyot kaybının daha az olacağı tahmin edilmektedir.

4.2. Süt ve Süt Ürünleri ile Yumurtanın İyot İçeriği

Süt ve süt ürünleri, gelişmiş ülkelerdeki insanların beslenmesinde önemli yeri olan diyet iyot kaynaklarıdır (Haldimann ve ark., 2005 ve van der Reijden ve ark., 2017). Süt ve süt ürünleri tüketiminin günlük iyot alımına katkısının %25-70'i olduğu tahmin edilmektedir (Arrizabalaga ve ark., 2015; Dahl ve ark., 2004 ve Pastorelli ve ark., 2015). Ancak bu durum, tüketilen süt ve süt ürünleri miktarı ve bunların iyot içeriğine bağlı olarak büyük ölçüde değişebilmektedir. Süt ve süt ürünlerindeki iyot konsantrasyonu; coğrafi ve mevsimsel değişimlerden, işleme teknikleri, hayvanın beslenmesi ve sağım uygulamaları gibi pek çok faktörden etkilenmektedir (Flachowsky ve ark., 2014).

Bu çalışmada tam yağlı sütlerin ortalama iyot içeriği $71,1 \pm 15,3$ µg olup markaya göre sütler arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır (Çizelge 3.4.). Trabzon'dan Ekim-Kasım döneminde elde edilen açık sütlerin iyot içeriği $28,1 \pm 3,1$ µg/100 mL olmakla birlikte marketlerde satılan sütlerle göre %60,0 daha düşük iyot içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, Norveç'te aynı sezonda üretilen organik sütlerin geleneksel sütlerle göre daha yüksek iyot içerdiği bildirilmiştir (Nerhus ve ark., 2018). Ancak bu çalışmaların aksine, İngiltere, Danimarka ve İsviçre'de yapılan çalışmalarda organik sütün iyot içeriği (sırası ile 14,45 µg/100 mL; 19,6 µg/100 mL; 6,5 µg/100 mL) geleneksel süte (sırası ile 24,95 µg/100 mL; 30,6 µg/100 mL; 11,6 µg/100 mL) göre daha düşük bulunmuştur (Bath ve ark., 2012; Rasmussen ve ark., 2000 ve van der Reijden ve ark., 2017). Satın alınan sütlerle kıyasla geleneksel sütlerin ortalama iyot konsantrasyonunun düşük olmasının nedenleri, vitamin ve mineral takviyesi kullanımının denetiminin ve düzenli takibinin olmaması, hayvan yemi yerine daha çok yemek artıkları ve otların verilmesinin diyet guatrojen alımını artırması veya süt sağım makinesi cihazlarının temizliğinde iyot içeren dezenfektanların ve meme başı temizleyicilerinin daha az sıklıkta kullanımı olmuş olabilir.

Peynir üretimi sırasında, ayırma işleminde peynir altı suyu fraksiyonunda çoğu iyot kaybolurken, pıhtılarda bir miktar iyot kalmaktadır (Haldimann ve ark., 2005). Sütün kesilmesi ne kadar ince olursa, peynir altı suyu o kadar çok süzülür ve iyot kaybı

daha fazla olur. Ancak, pıhtı iyot konsantrasyonu, olgunlaşma ilerledikçe nem kaybına bağlı olarak arttığı için iyot konsantrasyonunun taze ve yumuşak peynirlerde olgunlaşmış peynire göre daha düşük olması beklenmektedir (Beslenme Federal Komisyonu, 2013). Norveç'te %3-3,5 arasında yağ içeren tam yağlı yoğurt, yumuşak peynir ve whey peynirlerinin (lor) ortalama iyot içeriğinin sırası ile 13-18 µg, 13-46 µg ve 140-450 µg arasında olduğu belirlenmiştir (Dahl ve ark., 2003). İsviçre'de yoğurtların 100 gramlarının iyot içeriğinin 16,9 ila 156 µg arasında; taze ve yumuşak peynirlerin 83-101 µg; sert peynirlerin ise 93-301 µg arasında olduğu bildirilmiştir (Haldimann ve ark., 2005). Yeni Zelanda'da yapılan bir çalışmada, çeşitli süt ürünlerinde (tereyağı, süzme peynir, krem peynir, çedar peyniri, krema, dondurma, ekşi krema, yoğurt) <20-580 mg/kg arasında değişen iyot konsantrasyonu olduğu saptanmıştır (Cressey, 2003). Bu çalışmada kullanılan tam yağlı ve yarım yağlı yoğurt örneklerinin iyot içeriğinin 20,1-73,2 µg/100 g arasında değiştiği belirlenmiştir. Taze ve yumuşak peynirlerin (beyaz peynir, süzme peynir ve labne peynir) ortalama iyot içeriği sırası ile 53,9-67,7 µg, sert peynirlerin iyot içeriği (kaşar peyniri ve tulum peyniri) 67,8-97,1 µg olarak bulunmuştur (Çizelge 3.5.). Bu çalışmada diğer çalışmalara göre peynirlerin iyot içerikleri daha düşük olmasının nedeni, peynir yapımında iyotsuz tuz kullanılmasından kaynaklanabilir. Bunun yanı sıra, süt ürünlerinde iyot içeriğini belirlemek için farklı zamanlarda ve örnek sayısının daha çok olduğu daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Süt ve süt ürünlerinin iyot içeriğini etkilediği düşünülen bir başka faktörün, sütlerin yağ içeriği olduğu bilinmektedir (Mikláš ve ark., 2021). Bu çalışmada yarım yağlı sütlerin iyot içeriği (76,1±3,7 µg/100 mL) tam yağlı (71,1±15,3 µg/100 mL) ve yağsız sütlerden (46,6±1,0 µg/100 mL) daha yüksek bulunmakta ve yarım yağlı süt ile yağsız süt arasındaki ortalama iyot içerikleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0,05) (Çizelge 3.6.). İspanya'da yapılan bir çalışmada, yarım yağlı (213±26 µg/L) ve tam yağlı (204±25 µg/L) süte kıyasla yağsız sütün (225±28 µg/L) iyot içeriğinin biraz daha yüksek olduğu belirtilmiştir (p=0,214) (Soriguer ve ark., 2011). Roseland ve ark. (2020), ABD'de yaptıkları bir çalışmada; tam yağlı sütün iyot konsantrasyonunun 98,4±19,2 µg/240 mL, yağsız sütün 101,0±28,8 µg/240 mL olduğunu bulmuşlardır. Benzer şekilde, Norveç'te yapılan bir çalışmada; tam yağlı (15

$\mu\text{g}/100\text{ g}$), yarım yağlı ($14\ \mu\text{g}/100\text{ g}$) ve yağsız sütlerin ($15\ \mu\text{g}/100\text{ g}$) iyot miktarları arasında anlamlı farklılık saptanmamıştır (Nerhus ve ark., 2018). Bu çalışmada sonucun diğer çalışmalardan farklı olmasının nedeni, örnekleme planlarının, analiz yöntemlerinin ve coğrafi konumda farklılık olduğu için olabilir. Ayrıca perakende numune alma yerleri, yem, temizlik ve üretim standartları gibi süt üretimine yönelik uygulanan yasal düzenlemelere ilişkin sonuçlardan kaynaklanabilir.

Süt endüstrisinde ısıtma işlem ve kaymağı alma gibi işlem basamakları, iyot kaybının potansiyel nedenleri olarak kabul edilmekle birlikte, mevcut veriler sınırlı ve belirsizdir (Norouzian, 2011). Süt pastörizasyonu ile ilgili yapılan iki çalışmada, pastörizasyon sırasında %27-34 arasında değişen iyot kayıpları rapor edilirken (Norouzian ve ark., 2009 ve Norouzian, 2011), başka bir çalışmada iyot konsantrasyonunun pastörizasyonla azaldığı, sterilizasyonla değişmediği belirtilmiştir (Nazeri ve ark., 2015). Araştırmacılar, pastörizasyon sırasında iyot süblimasyonunun iyot konsantrasyonunu azalttığını ve bunun sterilizasyon sırasında yoğunlaşma ve süt hacmindeki azalma ile dengelendiğini bildirmişlerdir (Nazeri ve ark., 2015). Ancak başka bir çalışmada, UHT, pastörizasyon veya püskürtmeli kurutma işlemlerinin iyot içeriği üzerinde hiçbir etkisinin olmadığı saptanmıştır (Aumont ve ark., 1987). Yapılan bu çalışmada, UHT yöntemine göre hazırlanan sütlerin ortalama iyot içeriği ($73,1 \pm 12,1\ \mu\text{g}/100\text{ mL}$), pastörizasyon ($46,6 \pm 1,0\ \mu\text{g}/100\text{ mL}$) ve kaynatma yöntemine ($28,1 \pm 3,1\ \mu\text{g}/100$) göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,001$). Pastörizasyon yöntemiyle üretilen yoğurt ve beyaz peynir örneklerinin medyan iyot içeriği (sırası ile $84,0\ \mu\text{g}$; $60,8\ \mu\text{g}$) açık yöntemle ($18,4\ \mu\text{g}$; $18,9\ \mu\text{g}$) göre daha yüksek olup, aradaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$) (Çizelge 3.7.). Açık yöntemle Ekim-Kasım döneminde süt yeminden süt üretimi sürecinde $6,03 \pm 18,4$, Nisan-Mayıs döneminde $55,4 \pm 5,5$ iyot kaybı olduğu belirlenmiştir. Ekim-Kasım döneminde yoğurttan tereyağ yaparken iyot içeriğinde $48,4 \pm 16,7$, Nisan-Mayıs döneminde $93,4 \pm 3,5$ azalma olduğu saptanmıştır (Çizelge 3.9.). Kaynatma metodu ile açık süttten üretilen yoğurt, peynir veya tereyağında iyot düzeyinin daha düşük belirlenmesi ısıtma işlem ve kaymağı alma gibi yöntemlerin süt ürünlerinin iyot miktarı üzerine etkisinin olduğunu göstermektedir.

Mevsimsel iyot konsantrasyon varyasyonu, yemin bulunabilirliği, yemin piyasa fiyatı, çiftçilik tipi (organik veya geleneksel), süt verimi ve açık havada otlatma uygulamasına bağlı olarak değişmektedir (Mikláš ve ark., 2021). Ekim-Kasım ayında elde edilen sütün iyot içeriği ($28,1 \pm 3,1 \mu\text{g}/100 \text{ mL}$), Nisan-Mayıs ayında elde edilen sütün iyot içeriğine ($11,4 \pm 0,4 \mu\text{g}/100 \text{ mL}$) göre istatistiksel olarak anlamlı daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$) (Çizelge 3.8.). Çeşitli ülkelerde yapılan çok sayıda çalışmanın derlendiği bir çalışmada, sütlerdeki iyot konsantrasyonlarının genellikle kış mevsiminde ($16-128 \mu\text{g}/240 \text{ mL}$) yaz mevsiminden ($8-104 \mu\text{g}/240 \text{ mL}$) daha yüksek olduğu saptanmıştır (van der Reijden ve ark., 2017). Nerhus ve ark. (2018), Eylül-Ekim dönemindeki sütlerin iyot içeriğini $11,7 \pm 0,6 \mu\text{g}/100 \text{ g}$, Ocak-Şubat ayında $16,0 \pm 1,0 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ olduğunu bildirmişlerdir (Nerhus ve ark., 2018). Benzer şekilde, Amerika’da yapılan bir çalışmada ise, yaz aylarında üretilen sütlerin iyot içeriği kış aylarında üretilen sütlerden daha düşüktür (Pearce ve ark., 2004). İnek çiftliklerinde, tipik yaz beslemesi, yem ile birlikte yalnızca otlatmadır; kış beslemesi ise saman, silaj, mineral yem ve tuzdan oluşabilir (O’Kane ve ark., 2018). Flachowsky ve ark. (2014), yaz sütündeki düşük iyot içeriğinin, muhtemelen yemlerle daha düşük mineral takviyesi ve açık hava yaz diyetinin daha yüksek guatrojen besin içermesinden kaynaklandığını öne sürmüşlerdir (Flachowsky ve ark., 2014). Buna ek olarak, silolama işleminden dolayı kışın tüketilen yemin siyanojenik glikozit içeriği azaldığı için, yemin türü ve yemin guatrojen içeriğinin de mevsime bağlı iyot içeriğini etkileyebileceği düşünülmektedir.

4.3. Tuz Örneklerinin İyot İçeriği

Tuz tarihsel olarak, deniz suyu, kuyular, göller ve tuz kaynakları gibi çeşitli doğal kaynaklardan elde edilen tuzlu suyun kaynatılmasıyla üretilir ve madenlerde kaya tuzu olarak da bulunabilir (McKillop ve Aoyama, 2018). Ancak dünyada ve Türkiye’de artan tiroid hastalıkları nedeniyle 1968 yılında tuzlara iyot eklenmesi çalışmaları başlamış, 1994 yılında Ulusal “İyot Yetersizliği Hastalıklarının Önlenmesi ve Tuzun İyotlanması Programı” ile hızlanmıştır. Sağlık Bakanlığı “İyot Yetersizliği Hastalıklarının Önlenmesi ve Tuzun İyotlanması Programı”nı 1994 yılında başlatmış, 9 Temmuz 1998 tarih 23397 sayılı Resmi Gazete’de Yemeklik Tuz Tebliği ile sofr

tuzuna iyot eklenmesi ülkemizde zorunlu hale getirilmiştir (Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 1998). Resmi Gazete’de 2000 yılında yayınlanan “Türk Gıda Kodeksi Yemeklik Tuz Tebliği’nde Değişiklik Yapılması Hakkında Tebliğ” ile bazı hastaların (Graves Hastalığı, Hashimoto tiroidi ve sıcak nodülü olan) kullanımı için 250 g’lık ambalajlarda iyotsuz sofr tuzu üretilmesine düzenleme getirilmiştir (Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 2000). İyotsuz sofr tuzunun üretilmesi ve değerlendirilmesi 2005 yılında yasaklanmıştır. Daha sonra Türk Gıda Kodeksi yemeklik tuz tebliğine göre, sofr tuzuna sadece 25-40 mg/kg oranında potasyum iyodat katılması zorunlu kılınmıştır (Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 2013). Türkiye’de son yıllarda farklı tuz çeşitlerinin (kaya tuzu, iyotsuz sofr tuzu, deniz tuzu ve Himalaya tuzu vb.) yaygın olarak kullanılması ve içeriklerindeki iyot miktarının bilinmemesinin, gelecekte iyot yetersizliği riskinin daha da artmasına neden olabileceği düşünülmektedir.

İyotlu tuz programları bir popülasyonda yeterli iyot alımını sağlamak için önerilen yöntemdir. Bununla birlikte, iyot eksikliği olan ülkelerde, iyotlu tuz ile tüketilen besinlerden iyot alımı çok önemlidir (Nystrom ve ark., 2016). Bu çalışmada, iyotlu sofr tuzunun ortalama iyot içeriği $759,5 \pm 83,4$ µg/100 g bulunmuş, A marka iyotlu sofr tuzunun iyot içeriği ortalama $788,0 \pm 65,9$ µg/100 g, B marka iyotlu sofr tuzunun $645,5 \pm 21,6$ µg/100 g olup aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$) (Çizelge 3.10.). Zorunlu iyotlu tuz programı uygulanan Fas’ta yapılan bir çalışmada, tuz örneklerinin ortalama iyot konsantrasyonu 290 µg/100 g olarak saptanmış, %3,8’inin yönetmeliğe uygun olduğu bildirilmiştir (Zahidi ve ark., 2016). Türkiye Ulusal Gıda Kompozisyonu Veri Tabanına göre Türkiye’deki iyotlu tuzların iyot içeriği 950,81 µg/100 g olarak bildirilmiştir (TürKomp, 2014). Türkiye’de satılan tuz paketlerinin etiketlerinde iyot içeriği gösterilmemektedir. Ancak Türk Gıda Kodeksi yemeklik tuz tebliğine göre 25-40 mg/kg oranında potasyum iyodat katılması zorunlu olup (Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 2013), günde 10 g tuz tüketildiği zaman yaklaşık 148-237 µg iyot alınacağı tahmin edilmektedir (Erdoğan, 2015). Bu çalışmaya alınan tuz örneklerinin iyot içeriğinin tebliğde belirtilenden daha düşük olduğu belirlenmiştir. İyotlu tuzun gerçek iyot içeriği, özellikle iyotlu tuz açık kaplarda saklandığında ve yüksek neme maruz bırakıldığında bildirilen içerikten farklı olabilir (Campbell ve ark., 2012). Bu nedenle, zorunlu tuz iyotlama programının etkinliğinin ve kontrolünün

sağlanabilmesi için belli aralıklarla piyasadaki tuzların iyot içeriklerinin incelenmesi önemlidir.

Dünya çapında, satın alınabilecek beyaz sofr tuzunun ötesinde çok çeşitli tuzlar bulunmaktadır. Son yıllarda, Himalaya tuzu, medyanın ilgisinin artmasıyla popülerlik kazanmıştır (Sifferlin, 2017). Genellikle sağlık için yararlarının olduğu iddia edilmektedir (Jockers, 2017). Bu çalışmada Türkiye’de en çok satılan iki marka Himalaya tuz örneklerinin iyot içerikleri sırası ile ortalama $2,7 \pm 0,1 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ ve $2,8 \pm 0,1 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ olarak saptanmıştır (Çizelge 3.10.). Literatürde Himalaya tuzunun iyot hariç diğer mineral bileşimini araştıran bazı çalışmalar bulunmaktadır (Drake ve Drake, 2011; Fayet-Moore ve ark., 2020; Kuhn ve ark., 2020 ve Ul Hassan ve ark., 2017). Ancak literatürden bilindiği kadarı ile bu çalışmaların hiçbirinde Himalaya tuzunun iyot konsantrasyonu araştırılmamıştır. Bu çalışmadaki sonuçlara göre Himalaya tuzunun iyot içeriği çok düşüktür. Kişilerin bu tür bir tuzu da tükettikleri gerçeğinden yola çıkarak bundan sonraki çalışmalarda daha fazla Himalaya tuz örneğinde iyot içeriğinin analiz edileceği çalışmalara ihtiyaç vardır.

Son yıllarda daha düşük sodyum içeriği ve işlem görmediğinden dolayı deniz tuzu ve kaya tuzu tüketiminin daha sağlıklı olduğu gündeme gelmiştir. Aslında, çoğu iyotlu tuz orijinal olarak deniz suyundan üretilmekte, ancak iyotun eklendiği bir işleme aşamasından geçmektedir. Tuz daha sonra paketlenir ve içinde iyot olduğunu gösteren etiketler kullanılarak satılır. Bazı iyotlu tuzlar ise kaya tuzundan elde edilmekte, yani hem kaya tuzu hem de deniz tuzunda minimum işleme bulunmaktadır. Ayrıca büyük kristal tuzlar da iyotlanabilir veya iyot eklenmeden önce daha küçük parçacık boyutuna rafine edilebilir. Rafine tuz olarak iyotlu tuz, dokusu daha pürüzsüz ve daha homojen hale getirilerek iyotun daha eşit şekilde eklenmesi ve daha uzun süre iyotlu kalması sağlanmaktadır (IGN, 2020). Literatürde kaya ve deniz tuzunun iyot içerikleri ile ilgili çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada kaya tuzu ($4,5 \pm 0,5 \mu\text{g}/100 \text{ g}$) ve deniz tuzunun ($5,3 \pm 2,6 \mu\text{g}/100 \text{ g}$) iyot içerikleri iyotsuz sofr tuzuna benzer bulunmuştur (Çizelge 3.10.). Kaya tuzu ve deniz tuzu örneklerinin düşük iyot içeriğine sahip olduğu belirlenmiş olup, daha fazla kaya tuzu ve deniz tuzu örneğinde iyot içeriği incelenerek literatürdeki bu boşluk doldurulmaya çalışılmalıdır. Bununla birlikte

özellikle iyot yetersizliği hastalıklarının önlenmesi ve günlük beslenme örüntüsü içinde yer alan tuzun güvenli bir şekilde iyotlanması için, iyot içeriğinin düzenli olarak kontrol edilmesi, doğru tuz seçimi ve saklama koşulları konusunda toplumun bilgi düzeyinin artırılması da önemlidir.

Türkiye’de bazı hastalık durumları için ve gıda sanayi tuzlarında iyotsuz sofr tuzu kullanılmaktadır (Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 2013). Ulusal Gıda Kompozisyonuna göre iyotsuz sofr tuzlarının iyot içeriği 0,0 µg/100 g’dır (TürKomp, 2014). Bu çalışmada iyotsuz sofr tuzunun iyot içeriği 5,0±0,2 µg/100 g olarak saptanmıştır (Çizelge 3.11.). Son yıllarda, yanlış bir şekilde, daha sağlıklı olduğu ve işlem görmediği için iyotsuz sofr tuzunun tercih edilmesi gerektiği medyada vurgulanmaktadır. İyotsuz sofr tuzu, iyotlu sofr tuzu gibi sodyum klorürden oluşmaktadır. Ayrıca, iyotsuz sofr tuzuna sodyum alüminosilikat, silikon dioksit ve magnezyum karbonat gibi bazı katkı maddeleri ve topaklanma önleyici maddeler diğer tuzlara eklendiği gibi eklenmektedir (Koyuncu Salt, 2020). Sağlıklı olduğu sürekli vurgulanmasına rağmen, iyot içermediği için düzenli kullanımının, özellikle iyotla zenginleştirmenin sadece tuz üzerinden yapıldığı ülkemizde daha ciddi sağlık sorunlarına neden olabileceği göz ardı edilmemelidir.

4.4. Tahıl Örneklerinin İyot İçeriği

Besinler, insanoğlunun toplam iyot alımının başlıca kaynağı olmakla birlikte; tahıl, su ve içeceklerin günlük iyot alımına küçük miktarlarda katkıda bulunduğu belirlenmiştir (Rasmussen ve ark., 2000 ve Zia ve ark., 2015). Türk halkı tarafından çok sık tüketilen un ve ekmeğin iyot içeriklerinin belirlenmesi toplumun iyot alım düzeyi için önemlidir.

Bu çalışmada beyaz ekmekte iyot içeriği 22,3±16,4 µg/100 g, tam buğday ekmeğinde 21,2±14,3 µg olarak saptanmıştır. Trabzon ve Ankara’da üretilen un örnekleri arasında anlamlı farklılık bulunmazken, Trabzon’da üretilen beyaz ekme ve tam buğday ekmeğinin iyot içeriği Ankara’da üretilenden istatistiksel olarak anlamlı daha düşük bulunmuştur (p<0,05) (Çizelge 3.12.). Hindistan’da yapılan bir çalışmada,

iyotlu tuz kullanılarak hazırlanan ekmeklerin iyot içeriği ($25,0 \pm 3,1$ $\mu\text{g}/100$ g) iyotsuz tuzla hazırlanan ekmeklerden ($3,8 \pm 0,5$ $\mu\text{g}/100$ g) daha yüksektir (Longvah ve ark., 2013). İsviçre’de yapılan bir çalışmada iyotlu tuz içeren ekmekteki iyot miktarı 39,3 $\mu\text{g}/100$ g olarak belirlenmiştir (Haldimann ve ark., 2005). Norveç’te iyotsuz tuzla hazırlanan ekmeğin iyot içeriği ise 3 $\mu\text{g}/100$ g olarak bildirilmiştir (Dahl ve ark., 2003). Tinggi ve ark. (2011), Avustralya’da ekmek örneklerinde iyot konsantrasyonunun 2,0-8,1 $\mu\text{g}/100$ arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Tahılların iyot içeriğinin geometrik ortalamasının 5,6 $\mu\text{g}/100$ g olduğu ve iyot kaynağı kullanılmadığı zaman ekmek gibi tahıl ürünlerinin iyot içeriğinin düşük olduğu belirtilmektedir (Fordyce, 2003). Bu çalışmada ekmeğin ortalama iyot içeriğinin diğer çalışmalardan yüksek olmasının nedeni, çalışılan ekmek örneklerinden birinin yapımında iyotlu tuz, iyotlu hamur yumuşatıcıları veya iyot içeren yaygın bir gıda boyası olan eritrosin kullanılmasından kaynaklanabilir.

Beyaz ekmeğin medyan iyot içeriği (22,2 $\mu\text{g}/100$ g) tam buğday ekmeğinden (20,6 $\mu\text{g}/100$ g) daha yüksek olmakla birlikte, aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$) (Çizelge 3.14.). Benzer şekilde, Rasmussen ve ark.’nın (2000), Danimarka’da yaptıkları çalışmada da tam buğday 22 (1-38) $\mu\text{g}/100$ g ve beyaz ekmeklerin 21 (0-46) $\mu\text{g}/100$ g iyot içerikleri arasında anlamlı fark saptanmamıştır. Bir ekmek türü içindeki iyot içeriğindeki değişiklikler oldukça farklı olacağı için, Türkiye’nin her bölgesinden daha fazla çeşitli ekmek örneklerinin dahil edildiği çalışmalara ihtiyaç vardır.

Su temel iyot kaynağı olmamasına rağmen sularında iyot eksikliği olan bölgelerin topraklarında ve besinlerinde de iyot eksikliği olduğu belirtilmiştir (Koloğlu, 1984). Bu çalışmada Ankara’da (iyot yeterli bir bölgede) üretilen beyaz ve tam buğday ekmek yapımında kullanılan suyun iyot içeriği $8,5 \pm 0,2$ $\mu\text{g}/100$ mL iken, Trabzon’daki (endemik bölge) suyun iyot içeriği $0,6 \pm 0,3$ $\mu\text{g}/100$ mL’dir (Çizelge 3.12.). Türkiye’de iyot alımının yetersiz olduğu bir bölgede içme suyunun iyot konsantrasyonu 3 mg/L olarak belirlenmiştir (Özbakır ve ark., 1995). Yunanistan’da yapılan bir çalışmada iyot yeterli (0,47 $\mu\text{g}/100$ mL) olduğu bilinen bir bölgedeki iyot miktarı iyot yetersiz (0,24 $\mu\text{g}/100$ mL) bölgeden yüksektir (Koutras ve ark., 1970).

İspanya’da yapılan bir başka çalışmada, içme suyundaki iyot miktarının 3 ila 22 mg/L arasında değiştiği bildirilmiştir (Gonzales ve ark., 1998). Venezuela’da yapılan bir diğer çalışmada, < 1-100 mg/L arasında değişen oldukça değişken sonuçlar elde edilmiştir (Venanzi ve ark., 1967). Zeltser ve ark. (1992), içme suyundaki iyot içeriğinin, bölgede çevresel olarak iyot eksikliği veya toprağın iyottan fakir olduğunu gösterdiğini belirtmiş; bölgelerin iyot eksikliği durumlarını içme suyundaki iyot konsantrasyonuna göre sınıflamışlardır. Bu sınıflamaya göre içme suyunda iyot konsantrasyonu <4 µg/L ise şiddetli eksiklik bölgesi, 4-10 µg/L ise orta derecede eksiklik bölgesi ve >20 µg/L ise iyot yeterli bölgedir. Zeltser ve ark.’nın (1992), yaptıkları sınıflamaya göre endemik olarak bilinen Trabzon’un hala orta derecede eksiklik bölgesi olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, Türkiye’nin farklı bölgelerindeki eksiklik durumunu belirlemek için bölgelerin su örneklerinin dahil edildiği çalışmalara ihtiyaç vardır.

4.5. Çay ve Kahve Örneklerinin İyot İçeriği

Diyetteki iyot alımının yaklaşık %25’inin içme suyu, kahve ve çay gibi içeceklerden geldiği tahmin edilmektedir (Andersen ve ark., 1996). Bu nedenle içeceklerdeki iyot içeriğinin bilinmesi ve içme suyundaki iyot içeriğinin coğrafi konuma göre değişkenlik gösteren değerlerin bilinmesi önemlidir. Bu çalışmada, iyot içeriği aynı bölgede üretim yapan siyah çay örneklerinde ortalama 58,3±2,1 µg/100 g, demlenmiş siyah çayın 100 mililitresinde iyot içeriği ortalama 11,3±1,7 µg, pişmiş Türk kahvesinde 10,4±0,6 µg olduğu saptanmıştır (Çizelge 3.16.). Malezya’da yapılan bir çalışmada çay örneklerinin iyot içeriği bu çalışmadan daha düşük (40,73±5,54 µg/100 g) olarak bulunmuştur (Khalid ve ark., 2019). Dahl ve ark. (2003), Norveç’te yaptıkları bir çalışmada, demlenmiş siyah çayın iyot içeriğini 0,7 µg/100 g, kahvenin 8 µg/100 g olarak saptamışlardır. Çay ve kahvenin yetiştiği bölgenin toprağının, hasat edildiği mevsimin, suyunun ve pişirme yöntemlerinin çalışmalardaki iyot içeriğini etkileyen etmenler olduğu düşünülmektedir.

Danimarka’da yapılan bir çalışmada, musluk suyu, 5 dakika ısıtıcıda kaynamış su, çay ve kahve örneklerinin iyot içerikleri sırası ile 16,2 µg/L, 18,5 µg/L, 17,8 µg/L

ve 12 µg/L'dir (Rasmussen ve ark., 2000). Benzer şekilde Pedersen ve ark. (1999), çay ve kahve hazırlarken kullanılan suyun iyot konsantrasyonunun kaynatmayla azalmadığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada, A marka çay ve kahve yapımında kullanılan musluk suyun iyot içeriği $8,5 \pm 0,2$ µg/100 mL iken, B marka çay, kahve yapımında kullanılan damacana suyun iyot içeriği $5,6 \pm 0,5$ µg/100 mL'dir (Çizelge 3.15.). A marka siyah çay demlendiğinde %82,8±0,2, B marka siyah çayın %78,5±0,7 iyot kaybı olduğu belirlenmiştir. Pişirme ile Türk kahvesi örneklerinde %18,1±2,9 iyot kaybı, instant kahve örneklerinde %8,6±13,7 iyot kaybı olduğu saptanmıştır (Çizelge 3.17.). Kayıpların nedeni örneklerde bulunan iyotun pişirme sırasında buharlaşma sonucu oluşan kaybı ile açıklanabilir.

4.6. Çiğ ve Pişmiş Bazı Besinlerin İyot İçeriklerinin Önerilen Günlük İyot Alımını Karşılama Yüzdesi

İyot, yaşam boyunca normal büyüme, gelişme ve metabolizma için gerekli olan tiroid hormonlarının sentezinde görev alır (Zimmermann ve Boelaert, 2015). Yetersiz iyot alımı guatr ve üreme gibi sağlık sorunlarına neden olurken, aşırı alımı hipertiroidizme neden olabilir (Mesko ve ark., 2016 ve Zimmermann ve Boelaert, 2015). Bu nedenle, besinlerdeki gerçek iyot içeriği bilgisi, uygun diyet iyot alımı önerilerinde bulunmak için gereklidir. Bu tür bilgiler, beslenme politikalarının diyet durumu üzerindeki etkisini tahmin etmede yararlı olmaktadır (Doh ve ark., 2019).

Tıp Enstitüsü Gıda ve Beslenme Kurulu, belirli yaş grupları, gebe ve emziren kadınlar için iyot alımı için yaşa özel önerilen diyet alımını bildirmiştir (IOM, 2001). Yetişkinler için iyot alımı 150 µg/gün olarak önerilmektedir (IOM, 2001 ve TÜBER, 2015). Bu çalışmada, iyot alımını karşılama yüzdesi en yüksek bir porsiyon fırın mezgiti (%351,0), en düşük buğulama sargan/zargana (%70,9) ile olduğu saptanmıştır. Önerilen günlük iyot gereksinmesini karşılamayan balık örneklerinin buğulama sargan/zargana (%70,9), buğulama çinekop (%92,0) ve konserve ton balığı (%97,7) olduğu bulunmuştur (Çizelge 3.18.). Erkan'ın (2011), Türkiye'de yaptığı çalışmada, ızgara ve buğulama çinekop, kızartma lüfer ve kızartma barbunun günlük iyot alımını karşılamadığı belirlenmiştir. Haldimann ve ark. (2005), balıkta ortalama iyot içeriğini

120 µg/100 g olarak belirlemiş, bir porsiyon balık tüketildiğinde 180 µg iyot alındığını saptamışlardır. Ancak, İsviçre halkının günlük balık tüketimi 5,3 g olduğu için balık tüketiminin günlük iyot alımına katkısı düşük bulunmuştur. Bu çalışmada çoğu balığın bir porsiyonunun günlük iyot alımını karşıladığı bulunsu da, Türkiye’de TBSA (2017) sonuçlarına göre günlük ortalama balık tüketimi 13,2 g olduğu için günlük iyot gereksiniminin karşılanamadığı belirlenmiştir. Özellikle son yıllarda Türkiye’de, çevre kirliliğinden dolayı balık çeşitleri ve miktarının azalması, balık fiyatlarının pahalı olması, koku ve tadının sevilmemesi gibi nedenlerden dolayı halk tarafından balık tüketimi istenilen düzeyde olmamaktadır. Balıkların beslenmede iyot gereksinimini sağlamada önemli bir besin olduğunun topluma anlatılması ve değişik yöntemler ile hazırlandığında daha fazla birey tarafından tüketilebileceğinin de önemli olduğu düşünülmektedir.

İyot eksikliği, iyotlu tuz programı olan pek çok toplumda bile doğurganlık çağındaki kadınlar ve çocuklar için bir endişe kaynağıdır. Bu nedenle iyot alımını iyileştirmek ve iyot eksikliğini önlemek için alternatif diyet stratejileri araştırılmalıdır (Brantsæter ve ark., 2013). Birleşik Krallık’ta yapılan bir çalışmada, süt ve süt ürünleri en önemli diyet iyot kaynağı olarak saptanmış (O’Kane ve ark., 2018); yetişkin (19-64 yaş) nüfus için, süt ve süt ürünlerinin günlük iyot alımına %35 katkıda bulunduğu belirlenmiştir (Bates ve ark., 2014). İtalya’da yapılan bir çalışmada, süt ve süt ürünleri tüketimi günlük 190 g olup, iyot gereksiniminin %13-27’sini karşıladığı tespit edilmiştir (Leclercq ve ark., 2009). Derleme yapılan bir çalışmada, günlük süt ürünleri tüketimi 300 mL’nin altında olan popülasyonlarda süt ürünlerinin diyet iyot alımına katkısı %13-40 arasında değişirken, >300 mL süt ürünleri tüketen toplumlarda bu katkı %22 ila 64 arasında değişmektedir (van der Reijden ve ark., 2017). Bu çalışmada bir porsiyon tam yağlı (%113,7) ve yarım yağlı sütün (%121,7) iyot alımına önemli bir katkı sağladığı belirlenmiştir (Çizelge 3.19.). Ancak, TBSA (2017) verilerine göre Türk halkının UHT süt tüketimi 75,1 mL olduğu için UHT sütün günlük iyot alımına %35,5 katkı sağladığı hesaplanmıştır. Buna ek olarak, Türkiye’de ortalama açık süt tüketiminin 92,2 mL olduğu bildirilmiş (TBSA, 2017), günlük iyot alımına %17,3 katkı sağladığı saptanmıştır. Türkiye’de önerilenden az süt tüketilmesinin yanı sıra

daha çok açık süt olarak tüketilmektedir. Bu nedenle diğer ülkelere kıyasla sütün diyet iyotun iyi bir kaynağı olmadığı düşünülmektedir.

Türkiye Beslenme Sağlık Araştırması 2010 ve 2017 verilerine göre ülkemizde halkın %50'sinden fazlası yoğurt ve peynir tüketmektedir (TBSA, 2010 ve TBSA, 2017). Bu çalışmada bir porsiyon tam yağlı, yarım yağlı ve açık yoğurt tüketiminin günlük iyot alımını karşılama yüzdesi sırası ile %97,5, %87,9 ve %26,7 olarak belirlenmiştir. Buna ek olarak, bir porsiyon tulum peynirinin günlük iyot gereksinmesinin %25,9'unu, beyaz peynirin %23,1'ini süzme peynirin %21,5'ini, kaşar ve labne peynirlerinin %18,1'ini ve açık ev peynirinin %7,5'ini karşıladığı bulunmuştur (Çizelge 3.19.). Türkiye'de 15 yaş üzeri bireylerin günlük ortalama yoğurt ve peynir tüketimi sırası ile 112,7 g ve 39,0 g olarak saptanmıştır (TBSA, 2017). Yoğurdun günlük iyot alımına katkısı %15,0-54,9 arasında değişmektedir. Peynirin günlük iyot alımına çeşidine göre %4,8 ila %25,2 arasındadır. Yoğurt ve peynirin günlük iyot alımına katkısının tam belirlenebilmesi için halkın tükettiği yoğurt/peynir çeşitlerinin ve miktarının belirlenmesi gereklidir. Bununla birlikte bu ürünlerin hammaddesinin süt olması nedeni ile özellikle sütün iyot içeriğinin zenginleştirilmesi, yoğurt ve peynirdeki iyot miktarını da arttıracak için günlük diyet ile iyot alımına önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Ucuz ve kolayca temin edilebilen yumurta, protein, makro ve mikro besin ögesi kaynağı olduğu için diyetle önemli bir yer tutar (Dolińska ve ark., 2011). İsviçre'de yapılan bir çalışmada yumurtanın ortalama iyot içeriği 160 µg/100 g bulunmuş; günlük iyot alımının %9,5'inin yumurtadan (ortalama tüketim 5,8 g) karşılandığı bildirilmiştir (Haldimann ve ark., 2005). Norveç'te yapılan bir çalışmada, yumurtanın ortalama iyot içeriğinin 23-43 µg/100 g arasında değiştiği belirlenmiş; tüketilen bir porsiyon yumurtanın önerilen günlük gereksinmenin %15,3-28,7'sini karşıladığı saptanmıştır (Nerhus ve ark., 2018). Bu çalışmada bir porsiyon yumurtanın iyot içeriği 92,0 µg bulunmuş; günlük iyot gereksinmesinin yarıdan fazlasının (%61,3) karşılandığı saptanmıştır (Çizelge 3.19.). Ancak TBSA (2017) verilerine göre Türk halkının günlük ortalama yumurta tüketimi 31,6 gramdır ve önerilen gereksinmenin %19,4'ünü karşıladığı hesaplanmıştır. Diğer ülkelere kıyasla ülkemizde, yumurta ucuz olduğu ve

sevildiği için daha fazla tüketilmektedir. Bu nedenle yumurtanın günlük iyot gereksinmesine önemli katkı sağlayan bir besin olduğu düşünülmektedir. Gelecek çalışmalarda pişirme yöntemlerinin yumurtanın iyot miktarına etkisi ve önerilen günlük gereksinmeye katkısının belirlenmesi önemlidir. Yumurta üreticilerinin kullandıkları yemin içeriğinin iyotla zenginleştirilmesi de yumurtanın iyot içeriğinin artırılmasında katkı sağlayabilir.

Tuzun iyotlanması, optimal iyot alımına ulaşmak için en etkili uzun vadeli halk sağlığı müdahalesi olarak kabul edilmektedir (Jooste, 2003). Amerika’da yapılan bir çalışmada, 201 gün boyunca bireylerin bir paket (737 g) tuz tüketimleri takip edilmiş; günlük tuz tüketimlerinin 0,34 ila 4,03 g olduğu saptanmıştır. Katılımcıların bir kısmı tuzun çoğunun, fırıncılıkta kullanıldığını veya tuzun kaynatma için suya eklendiğini bildirmiş, tuzdan iyot alımının (0,45 µg/100 g) iyot gereksinimlerini karşılamada önemli ölçüde yetersiz kaldığını belirtmişlerdir (Dasgupta ve ark., 2008). Bu çalışmada, günde 5 gram iyotlu tuz tüketildiğinde günlük iyot alımına katkısı %26,5 olarak belirlenmiştir. Diğer tuz çeşitlerinden aynı miktar tüketildiğinde diyetle iyota alım katkısı çok düşük (%0,1-1) bulunmuştur (Çizelge 3.20.). Türkiye Hanehalkı Sağlık Araştırması Bulaşıcı Olmayan Hastalıkların Risk Faktörleri (STEPS) (2017) ve TBSA (2017) verilerine göre Türkiye’de yetişkin bireylerin ortalama tuz tüketimi sırası ile 9,9 g ve 10,4 g olarak belirlenmiştir. Ayrıca, bireylerin %66,5’i iyotlu sofratuzunu, %5,0’i sofrada öğütme tuzu/himalaya tuzunu ve %2,6’sı iyotsuz softa tuzunu tercih ettiğini belirtmişlerdir (TBSA, 2017). Bu verilere göre halkın yarısından fazlası iyotlu sofratuzunu tükettiğini bildirmiş; iyotlu sofratuzunun günlük iyot alımına katkısının yaklaşık %52,4-55,1 arasında değiştiği saptanmıştır. Ancak hem dünyada hem de Türkiye’de yapılan çalışmalarda iyotlu tuz kullanmanın özellikle gebe ve çocuklarda hafif iyot eksikliğini önlemede başarısız olduğu gösterilmiştir (Aslan Çin ve ark., 2020; Johner ve ark., 2013 ve Wang ve ark., 2017). Bu durumun nedenleri, sodyum alımının azaltılmasına yönelik diyet önerileri, genellikle iyotlu tuz ile hazırlanmayan işlenmiş ve restoran yiyeceklerinin artan tüketimi ve çeşitli iyotsuz tuzların popülaritesi olduğu tahmin edilmektedir (Maalouf ve ark., 2015; Pearce, 2015 ve Winger ve ark., 2008). Bu nedenle işlenmiş besinlerde ve restoranlarda iyotlu sofratuzunun kullanılmasının hafif iyot eksikliğini önleyip önlemeyeceğinin araştırılması

gereklidir. Ayrıca, iyotlu tuzun nasıl kullanılacağı ve saklanacağı konusunda bilgilendirmenin yanı sıra, özel durumu olan bireylerde iyot yönünden zengin olabilecek alternatif besinlerin tüketimi konusunda farkındalık yaratmak iyot eksikliğinin önlenmesinde etkili olabilir.

Türkiye’de ekmeğin en fazla tüketilen tahıl ürünüdür (TÜBER, 2015). Bu çalışmada, ekmeğin bir porsiyonunun (50 g) iyot içeriği ortalama 10,9 µg olduğu ve günlük iyot gereksinmesinin yaklaşık %7,3’ünü karşıladığı belirlenmiştir (Çizelge 3.21.). Türkiye’de halkın ortalama ekmeğin tüketimi 179,8 g olup (TBSA, 2017), günlük gereksiniminin %26,2’sini karşılamaktadır. İsviçre’de iyotlu ekmekteki iyot miktarı, bu çalışmadan daha yüksek (39,3 µg/100 g) ve günlük ortalama ekmeğin tüketimi 148 g olduğu için önerilen gereksinmeye katkısı %57,8 olarak rapor edilmiştir (Haldimann ve ark., 2005). Norveç’te ekmeğin 3 µg/100 g iyot içerdiği ve günlük iyot gereksinmesinin yaklaşık %5’ini karşıladığı saptanmıştır (Dahl ve ark., 2003). Türkiye’de gıda endüstrisinde iyotsuz tuz hala kullanılmaktadır ve işlenmiş gıdalarda zorunlu iyotlama ile ilgili bir mevzuat bulunmadığı için ekmekler iyotlanmamaktadır. Bu nedenle halkın büyük çoğunluğu tarafından tüketilen ekmeğe iyotlu tuz katılması gerektiği düşünülmektedir. Özellikle ekmeğin tüketiminin fazla olduğu ülkemizde ekmekte zorunlu olarak iyotlu tuz kullanılması konusunda tebliğler/yönetmelikler oluşturulabilir.

Türkiye’de içme suyu, kahve ve çay gibi içecekler çok sık tüketilmektedir. Bu çalışmada bir çay bardağı demlenmiş siyah çay günlük iyot gereksinmesinin %5,3’ünü karşıladığı saptanmıştır (Çizelge 3.22.). TBSA (2017) çalışmasının sonuçlarına göre Türkiye’de halkın ortalama çay tüketimi 416,4 mL bulunmuş olup, günlük iyot gereksinmesinin %31,5’inin çaydan geldiği belirlenmiştir. Sıcaklık besinlerin içeriğindeki iyot düzeyini etkileyen faktörlerden biridir. Bu çalışmadaki çay örneklerinin demleme süresi ortalama 10 dakikadır. İdeal demleme süresi ile hazırlanan çaylardaki iyot içeriği saptandıktan sonra uzayan demleme sürelerinin iyot içeriğini ne kadar etkileyeceğini gösteren çalışmaların yapılması, içecekler arasında en fazla tüketilen çaydan gelecek iyot miktarının günlük gereksinime olan katkısı açısından önemli olabilir.

Bu alışmada Türk kahvesi ve instant kahve örneklerinin önerilen günlük gereksinmeyi karşılama yüzdesi sırası ile %5,6 ve %22,7 olarak bulunmuştur. Türkiye’de yapılan farklı çalışmalarda Türk halkının ortalama kahve tüketimi 26,5 mL olarak saptanmış (TBSA, 2010 ve TBSA, 2017), iyot açısından gereksinmenin yaklaşık %2-3’n karşıladığı belirlenmiştir. Kahvenin iyot açısından gereksinmeye katkısı düşüktür. Bu nedenle kahvenin iyot açısından günlük diyeteye etkisi göz ardı edilebilir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye’de tüketilen çiğ (süt ürünleri, yumurta, tuz, guatrojenler) ve pişmiş (balık, süt, tahıl ürünleri, çay ve kahve) bazı besinlerin iyot içeriklerinin incelenmesi amacıyla yapılmış olan bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Araştırmadaki çiğ balıklarda iyot içeriği hamside ($295,9 \pm 4,2$ $\mu\text{g}/100$ g) en yüksek, somonda ($90,1 \pm 3,1$ $\mu\text{g}/100$ g) ise en düşüktür. Tüm balıklarda fırında pişirme ile iyot içeriğinin arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, en fazla iyot kaybının buğulama yönteminde olduğu saptanmıştır.

A marka tam yağlı sütün iyot içeriği ($89,4 \pm 4,2$ $\mu\text{g}/100$ g) B ($54,6 \pm 1,9$ $\mu\text{g}/100$ g) ve C marka $69,2 \pm 0,9$ $\mu\text{g}/100$ g süte kıyasla anlamlı olarak daha yüksek saptanmıştır ($p < 0,01$). Benzer şekilde, A marka yarım yağlı sütün 100 gramında ortalama iyot içeriği $78,7 \pm 3,2$ μg , B marka sütün $73,5 \pm 2,1$ μg saptanmış olmakla birlikte iki marka arasındaki ortalama iyot içeriği arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0,05$). Tam yağlı yoğurdun iyot içeriği ($73,2 \pm 18,4$ $\mu\text{g}/100$ g), yarım yağlı yoğurt ($65,9 \pm 5,8$ $\mu\text{g}/100$ g) ve açık yoğurda göre ($20,1 \pm 7,2$ $\mu\text{g}/100$ g) istatistiksel olarak anlamlı daha düşüktür ($p < 0,05$). Yüz gram tam yağlı beyaz peynir, süzme peynir, kaşar peyniri, tulum peyniri ve labne peynirin ortalama iyot içerikleri sırası ile $57,8 \pm 6,9$ μg , $53,9 \pm 6,1$ μg , $67,8 \pm 23,1$ μg , $97,1 \pm 30,7$ μg ve $67,7 \pm 2,5$ μg olarak bulunmuştur. Süzme peynirin iyot içeriği en düşük iken, tulum peynirinin en yüksektir. Çalışmaya alınan tereyağ ve tavuk yumurtasının ortalama iyot içeriği sırası ile $23,7 \pm 3,1$ $\mu\text{g}/100$ g ve $92,0 \pm 4,7$ μg ’dır.

Ultra yüksek ısı yöntemine göre hazırlanan sütlerin ortalama iyot içeriği ($73,1 \pm 12,1$ $\mu\text{g}/100$ g), pastörizasyon ($46,6 \pm 1,0$ $\mu\text{g}/100$ g) ve kaynatma yöntemine göre ($28,1 \pm 3,1$ $\mu\text{g}/100$ g) istatistiksel olarak anlamlı daha yüksektir ($p < 0,01$). Ekim-Kasım ayında elde edilen sütün iyot içeriği ($28,1 \pm 3,1$ $\mu\text{g}/100$ g), Nisan-Mayıs ayında üretilen sütün iyot içeriğine ($11,4 \pm 0,4$ $\mu\text{g}/100$ g) göre istatistiksel olarak anlamlı daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,001$).

A marka iyotlu sofratuzunun iyot içeriği ($788,0 \pm 65,9 \mu\text{g}/100 \text{ g}$), B marka iyotlu sofratuzundan ($645,5 \pm 21,6 \mu\text{g}/100 \text{ g}$) anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). İyotsuz sofratuzu, kayatuzu, denizatuzu ve Himalayatuzunun ortalama iyot içerikleri sırası ile $5,0 \pm 0,2 \mu\text{g}/100 \text{ g}$, $4,5 \pm 0,5 \mu\text{g}/100 \text{ g}$, $5,3 \pm 2,6 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ ve $2,7 \pm 0,9 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ olarak belirlenmiştir. En yüksek iyot içeriği iyotlu sofratuzunda, en düştük Himalayatuzunda saptanmıştır.

Beyaz ekmeğin medyan iyot içeriği ($22,2 \mu\text{g}/100 \text{ g}$) tam buğday ekmeğinkinden ($20,6 \mu\text{g}/100 \text{ g}$) daha yüksek olmakla birlikte, aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0,05$). B marka toz siyah rneği ($57,2 \pm 1,5 \mu\text{g}/100 \text{ g}$) A marka çay örneğinden ($57,2 \pm 1,5 \mu\text{g}/100 \text{ g}$) daha yüksek iyot içermekle birlikte aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Toz siyah çay örneklerinin iyot içeriği ortalama $58,3 \pm 2,1 \mu\text{g}/100 \text{ g}$, granül instant kahve örneklerinin $19,6 \pm 7,7 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ ve kuru Türk kahvesi örneklerinin $12,7 \pm 0,3 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 'dır. Demlenmişt siyah çay örneğinin 100 gramında iyot içeriği ortalama $11,3 \pm 1,7 \mu\text{g}$, piştmişt Türk kahvesinde $10,4 \pm 0,6 \mu\text{g}$ olduğu saptanmıştır.

Kızartma ($443,9 \pm 6,2 \mu\text{g}$), fırında ($400,4 \pm 8,4 \mu\text{g}$) ve buğulama ($293,5 \pm 3,0 \mu\text{g}$) yöntemleri ile piştirilen hamsinin önerilen günlük gereksinmeyi karştıladığı saptanmıştır. En yüksek ve en düştük iyot alımını karştılama yüzdesi fırında piştirilen mezeit ($\%351,0$) iken en düştük buğulama sargan/zarganada ($\%70,9$) olduğu saptanmıştır. inekop hariç tüm balık örneklerinde önerilen günlük iyot gereksinmesini karştılama yüzdesi en yüksek fırında piştirme ile olduğu belirlenmiştir.

Tam yağlı süt ($\%113,7$), yarım yağlı süt ($\%121,7$) ve çikolatalı süt ($\%132,6$) rneklerinin bir porsiyonunun önerilen iyot gereksinmesini karştıladığı saptanmıştır. Yoğurt eştirlerinden önerilen günlük iyot alımına en yüksek tam yağlı yoğurt, en düştük açık yoğurdun etkisinin olduğu belirlenmiştir. Süt ve süt ürünlerinden günlük iyot alımına katkısı en düştük olanın tereyağı, en yüksek olanın ise çikolatalı süt olduğu saptanmıştır.

Önerilen günlük tuz tüketimine göre iyotlu sofr tuzunun günlük iyot alımına katkısı %26,5 olarak belirlenmiştir. Bir porsiyon beyaz ekmeğın günlük gereksinmeyi karşılama yüzdesi %7,5, tam buğday ekmeğın %7,1'dir. Bir fincan instant kahve (200 mL) önerilen günlük iyot gereksinmesinin %22,7'sini karşılarken, bir fincan Türk kahvesinin (80 mL) %5,6'sını karşıladığı saptanmıştır. Bir su bardağı musluk suyu $14,1 \pm 3,3$ µg iyot içermekte, günlük gereksinmenin %9,4'unu karşılamaktadır.

Günümüzde ciddi iyot yetersizliği çok sık görülmemesine rağmen, gelişmiş ülkelerde dahil birçok ülkede hala hafif ve orta derecede iyot yetersizliği görülmektedir. Besinlerle yeterli iyot alımı sağlandığı zaman iyot yetersizliğinin önleildiği bilinmektedir. Literatürde besinlerin iyot içeriğı ile ilgili çalışmalar olmasına rağmen bu araştırma tarladan sofraya kadar gelen tüm aşamalarda bazı besinlerin iyot içeriğindeki değişimleri göstermektedir. Son yıllarda, yurtdışında bu konu ile ilgili çalışmalar yapılarak veriler güncellenmektedir. Bu çalışmalarda, besinlerin iyot içeriklerinin mevsimlere göre değiştiğı ve iyotla ilgili bilgilerin güncellenmesi gerektiğı vurgulanmıştır. Aynı durumun Türkiye'de de değerlendirilmesi ve iyot eksikliğinin açacağı sorunların çözömlenmesi ve gereken önlemlerin alınması açısından çalışma önem kazanmaktadır.

Fırında ve kızartma yöntemleri ile bazı balıklar pişirildiğinde iyot içeriğinin azalmadığı saptanmıştır. Bu nedenle özellikle fırında pişirme ile balığın en az haftada iki kez tüketimi iyot yetersizliğini önleyebileceğı düşünülmektedir. Bu çalışmada balıklar pişirilirken tuz eklenmemiştir. Türkiye'nin farklı bölgelerinden balıkların dahil edildiğı tuz eklenerek pişirmenin yapıldığı daha fazla çalışma gereklidir.

Besinler ve içme suyunda iyot içeriğı son derece değişken olup, deniz kenarında yaşayan popölasyonlar dışında, deniz ürünleri genellikle az miktarlarda tüketilir. Bu nedenle; süt, süt ürünleri ve yumurta günlük diyetin temel iyot kaynaklarıdır. Ancak bu besinlerdeki iyot miktarının günlük önerilen gereksinmeyi karşılamadığı saptanmıştır. Önerilen gereksinmeyi karşılamak için süt veya süt ürünlerinde iyotla zenginleştirme yapılmasının eksikliği önlemeye yardımcı olacağı tahmin edilmektedir.

Besinler ile yeterli iyot alamayan popülasyonlarda iyot eksikliği iyotlu tuz kullanımı ile önlenmektedir. Bu çalışmada, son yıllarda popüler olan tuzların iyot içeriklerinin çok düşük olduğu belirlenmiştir. İyot eksikliği açısından iyotlu tuz tüketmenin önemi medya ve kitle iletişim araçları ile halka duyurulmaya çalışılmalıdır.

Bu çalışma sonuçlarına göre 18-49 yaş arası yetişkin erkek bir birey, günde bir porsiyon tam yağlı süt (240 mL), bir porsiyon tam yağlı yoğurt (200 mL), yarım porsiyon tam yağlı beyaz peynir (30 g), bir porsiyon fırında pişirilmiş balık (150 g), 1 tane haşlanmış yumurta (50 g), 2 dilim beyaz ekmek (50 g), 5 g iyotlu tuz, 2 L su (10 su bardağı), 1 fincan Türk kahvesi ve 3 çay bardağı çay tükettiğinde günlük ortalama 931 µg iyot aldığı belirlenmiştir. Diyet ile alınan iyotun doğru miktarının daha iyi değerlendirilebilmesi için, bireylerin tabaklarında tükettikleri besinlerin iyot analizinin ve idrar iyot konsantrasyonunun belirlenmesinin bundan sonraki çalışmalar için önemli olduğu düşünülmektedir.

Son yıllarda, Türkiye’de, dahil pek çok ülkede iyot eksikliği yeniden ortaya çıkmıştır. İyot alımındaki bu düşüşün nedeni, geleneksel olarak iyotlu tuzla yapılan evde hazırlanan besinlerin, iyotsuz tuzla yapılan hazır yiyeceklerle değiştirildiği besin tüketim modellerinin olabileceği düşünülmektedir. Bu durum ticari olarak hazırlanmış besinlerden yüksek miktarda tuz alımına rağmen yetersiz iyot alımına neden olduğu tahmin edilmektedir. Bu nedenle, Türkiye’de hazır paketli besinlerin iyot içeriğinin belirlenmesi, popülasyonun iyot durumunu belirleyebilmek için önemli olacağı düşünülmektedir.

Yiyecekler, içecekler, su ve tuz dahil olmak üzere tüm besinlerdeki iyot kaynakları hakkında bilgi sahibi olmak, iyot alım modellerini anlamak ve müdahaleleri planlamak için önemlidir. Tek tek ülkelere özgü güncel, geniş örnekleme sahip ve yüksek kaliteli besin bileşim tabloları popülasyondaki besin alımını tahmin etmek için büyük öneme sahiptir. Bu nedenle Türkiye’de de geniş örneklemlerli besin bileşim tablolarının hazırlanması iyot yetersizliği hastalıklarının izlem ve takibinin yapılması için önemlidir.

Kimyasal analiz, besin bileşim tablolarını oluşturmak için altın standart olmasına rağmen, maliyetler nedeniyle iyot analiz verileri, çoğu besin bileşim veri tabanında ve besin bileşim tablolarında mevcut bilgilerin yalnızca küçük bir bölümünü oluşturmaktadır. Besinlerin iyot içeriği toplum sağlığını etkilediği için bu düzeyin doğru bir şekilde belirlenmesinde kullanılan analiz yöntemi de çok önemlidir. İyotu belirlemek için birkaç yöntem olmasına rağmen, iyot duyarlılığı diğerlerine göre daha üstün olduğu ve Türkiye’de daha önce kullanılmamış bir yöntem olmasından dolayı besinlerdeki iyot miktarının saptanmasında bu çalışmada ICP-MS cihazı tercih edilmiştir. Besinlerin iyot içeriklerini saptamaya yönelik yapılan başka çalışmalarda kullanılan deneysel yöntemlerde standart olmaması ve iyot miktarını ölçen cihazların farklı olması nedeniyle bu çalışmalarda bulunan iyot miktarları değişkenlik göstermektedir. Besinlerdeki iyot miktarını en doğru şekilde saptamak için standart yöntem geliştirilmesi gereklidir. Buna ek olarak, bu çalışmada tek bir laboratuvarda geçerlik çalışması yapılmıştır. Yöntemin doğruluğunun tam olarak sağlanabilmesi için Türkiye’de başka laboratuvarlarda da iyot analizi için geçerlilik çalışmasının yapılması gereklidir.

Türkiye’de çiğ ve pişmiş besinlerin iyot içeriğinin belirlenmesi için farklı besinlerin, bu besinlerin yetiştikleri toprağın ve daha fazla örnek sayısının olduğu daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç vardır.

ÖZET

Çiğ ve pişirilerek tüketilen bazı besinlerin iyot içeriklerinin belirlenmesi

İyot, beyin ve merkezi sinir sisteminin normal büyüme ve gelişmesi için gerekli olan vücudun metabolizmasını düzenleyen tiroid hormonlarının sentezi için gerekli elzem mikro besin ögesidir. İnsanlar diyetten, içme suyundan ve besin suplemanlarından iyot aldıkları için diyetle alınan toplam iyot miktarının değerlendirilmesinde, günlük diyetle yer alan besinlerin iyot içeriği önemlidir. Bu çalışma Türkiye’de tüketilen çiğ ve pişmiş bazı besinlerin iyot içeriklerinin incelenmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışmaya Doğu Karadeniz Bölgesi’nin Trabzon ilinden satın alınan sekiz farklı balık türü (mezgıt, çinekop, istavrit, somon, sargan/zargana, levrek, palamut ve hamsi), tam yağlı, yarım yağlı ve yağsız üretilen toplam beş farklı inek sütü, 11 farklı süt ürünü ve 22 yumurta örneği dahil edilmiştir. Ayrıca guatrojen besinlerden karnabahar, karalahana, beyaz lahana, turp; bazı tahıl ürünleri; un (beyaz) ve ekmek çeşitleri (beyaz ve tam buğday), siyah çay, kahve ve çeşitli tuz örnekleri (iyotlu tuz, iyotsuz tuz, deniz tuzu, kaya tuzu ve Himalaya tuzu) analiz edilmiştir. Sekiz farklı balık çeşidine üç farklı pişirme yöntemi (kızartma, buğulama ve fırınlama) uygulanmıştır. İyot analizi için ICP-MS cihazı kullanılmıştır. Balık örnekleri pişirme yöntemleri açısından incelendiğinde en yüksek ve en düşük ağırlık kaybı fırında pişirme ile mezgıt balığında, buğulama pişirme ile levrek balığında belirlenmiştir. Çiğ balıklarda iyot içeriği hamsi ve palamutta en yüksek; somon ve sargan/zarganada ise en düşüktür. Tüm balıklarda fırında pişirme ile iyot içeriğinin arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, en fazla iyot kaybının buğulama yönteminde olduğu saptanmıştır. Çalışmaya alınan yarım yağlı sütlerin iyot içeriği tam yağlı ve yağsız sütlerden daha yüksek olmakla birlikte, yarım yağlı süt ile yağsız süt arasındaki ortalama iyot içerikleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). Yoğurtta yağ içeriği arttıkça iyot içeriği artmasına rağmen, aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). Ultra yüksek ısı yöntemine göre hazırlanan sütlerin ortalama iyot içeriği, pastörizasyon ve kaynatma yöntemine göre istatistiksel olarak anlamlı daha yüksektir ($p<0,01$). Ekim-Kasım ayında elde edilen sütün iyot içeriği, Nisan-Mayıs ayında üretilen sütün iyot içeriğine göre istatistiksel olarak anlamlı daha yüksek bulunmuştur ($p<0,001$). En yüksek iyot içeriği iyotlu sofraya tuzunda, en düşük Himalaya tuzunda saptanmıştır. Beyaz ekmeğin iyot içeriği tam buğday ekmeğinkinden daha yüksek olmakla birlikte, aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$). En yüksek ve en düşük iyot alımını karşılama yüzdesi fırında pişirilen mezgıt iken en düşük buğulama sargan/zarganada olduğu saptanmıştır. Çinekop hariç tüm balık örneklerinde önerilen günlük iyot gereksinmesini karşılama yüzdesi en yüksek fırında pişirme ile olduğu belirlenmiştir. Süt ve süt ürünlerinden günlük iyot alımına katkısı en düşük olanın tereyağı, en yüksek olanın ise çikolatalı süt olduğu saptanmıştır. Önerilen günlük tuz tüketimine göre iyotlu sofraya tuzunun günlük iyot alımına katkısı %26,5 olarak belirlenmiştir. Bir porsiyon beyaz ekmeğin günlük gereksinmeyi karşılama yüzdesi %7,5, tam buğday ekmeğin %7,1’dir. Sonuç olarak balık örneklerinde fırında pişirme ile iyot içeriğinin arttığı, buğulama ile de genellikle iyot kaybının olduğu belirlenmiştir. Kaynatma ile elde edilen süt ve süttan elde edilen süt ürünlerinin iyot içeriğinin diğer yöntemlere göre daha düşük iyot içerdiği saptanmıştır. Türkiye’de çiğ ve pişmiş besinlerin iyot içeriğinin belirlenmesi için farklı besinlerin, bu besinlerin yetiştirilme toprağın ve daha fazla örnek sayısının olduğu daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar sözcükler: Besin, ICP-MS, iyot, iyot analizi, pişirme yöntemi.

SUMMARY

Determination of iodine content of some raw and cooked foods

Iodine is an essential micronutrient for the synthesis of thyroid hormones, which regulate the body's metabolism and necessary for the normal growth and development of the brain and central nervous system. Due to people take iodine from diet, drinking water and food supplements, the iodine content of foods in the daily diet is important in evaluating the total amount of iodine ingested. This study was conducted to examine the iodine content of some raw and cooked foods consumed in Turkey. In the study, eight different fish species (haddock, blueberry, horse mackerel, salmon, sargan/garfish, sea bass, bonito and anchovy) purchased from Trabzon province of the Eastern Black Sea Region, a total of five different cow's milk produced with full fat, semi-skimmed and skimmed milk, 11 different dairy products and 22 egg samples were included in the study. In addition, guatrogenic foods cauliflower, kale, white cabbage, radishes; some cereal products; flour (white), pasta and bread types (white and whole wheat), black tea, coffee and various salt samples (iodized salt, iodine-free salt, sea salt, rock salt and Himalayan salt) were analyzed. Three different cooking methods (frying, steaming and baking) were applied to eight different types of fish. ICP-MS device was used for iodine analysis. When the fish samples were examined in terms of cooking methods, the highest and lowest weight loss was determined in haddock fish with oven cooking, and sea bass fish with steam cooking. Iodine content of raw fish is highest in anchovy and bonito; it is the lowest in salmon and sargan/garfish. It was determined that the iodine content of all fish increased with baking in the oven. In addition, the highest iodine loss was determined in the steaming cooking method. Although the iodine content of the semi-skimmed milks included in the study is higher than the full-fat and skim milks, the average iodine contents between semi-skimmed milk and skimmed milk are statistically significant ($p < 0.05$). Although the iodine content increased as the fat content of yogurt increased, the difference was not statistically significant ($p > 0.05$). The average iodine content of the milk prepared according to the ultra-high temperature method was statistically significantly higher than the pasteurization and boiling method ($p < 0.01$). The iodine content of the milk obtained in October-November was statistically significantly higher than the iodine content of the milk produced in April-May ($p < 0.001$). The highest iodine content was determined in iodized table salt, the lowest in Himalayan salt. Although the iodine content of white bread is higher than that of whole wheat bread, the difference is not statistically significant ($p > 0.05$). The highest and lowest iodine intake percentage was found in the oven-cooked haddock, while the lowest steamed sargan/garfish were determined. It was determined that the recommended percentage of meeting the daily iodine requirement in all fish samples, except for blueberry, was with cooking in the highest oven. The lowest contribution to daily iodine intake from milk and dairy products was butter, and the highest one was chocolate milk. According to the recommended daily salt consumption, the contribution of iodized table salt to daily iodine intake was determined as 26.5%. The percentage of meeting the daily requirement of a serving of white bread is 7.5%, while that of whole wheat bread is 7.1%. As a result, the iodine content of fish samples increased with baking in the oven, and iodine loss was generally observed with steaming. the iodine content of milk obtained by boiling and dairy products obtained from milk contain lower iodine than other methods. In order to determine the iodine content of raw and cooked foods in Turkey, there is a need for more comprehensive studies with different foods, the soil in which these foods are grown, and a larger number of samples.

Keywords: Food, ICP-MS, iodine, iodine analysis, cooking method.

KAYNAKLAR

- AAKRE I, MORSETH MS, DAHL L, HENJUM S, KJELLEVOLD M, MOE V, MARKHUS MW (2021). Iodine status during pregnancy and at 6 weeks, 6, 12 and 18 months postpartum. *Maternal & Child Nutrition*, **17(1)**: e13050.
- ABEL MH, BRANDLISTUEN RE, CASPERSEN IH, AASE H, TORHEIM LE, MELTZER HM, BRANTSÆTER AL (2019). Language delay and poorer school performance in children of mothers with inadequate iodine intake in pregnancy: results from follow-up at 8 years in the Norwegian Mother and Child Cohort Study. *Eur J Nutr*, **58(8)**: 3047-3058.
- ABEL MH, CASPERSEN IH, MELTZER HM, HAUGEN M, BRANDLISTUEN RE, AASE H, ALEXANDER J, TORHEIM LE, BRANTSÆTER AL (2017). Suboptimal Maternal Iodine Intake Is Associated with Impaired Child Neurodevelopment at 3 Years of Age in the Norwegian Mother and Child Cohort Study. *J Nutr*, **147**: 1314-1324.
- ABT E, SPUNGEN J, POUILLOT R, GAMALO-SIEBERS M, WIRTZ M (2018). Update on dietary intake of perchlorate and iodine from U.S. food and drug administration's total diet study: 2008-2012. *J Expo Sci Environ Epidemiol*, **28(1)**: 21-30.
- ABURTO NJ, ABUDOU M, CANDEIAS V, WU T, WORLD HEALTH ORGANIZATION (2014). Effect and safety of salt iodization to prevent iodine deficiency disorders: a systematic review with meta-analyses. World Health Organization. Erişim Adresi: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/148175>. Erişim Tarihi: 27/04/2021.
- ACEVES C, ANGUIANO B, DELGADO G (2013) The extrathyronine actions of iodine as antioxidant, apoptotic, and differentiation factor in various tissues. *Thyroid*, **23**: 938–946.
- ALEXANDER EK, PEARCE EN, BRENT GA, BROWN RS, CHEN H, DOSIOU C, SULLIVAN S (2017). 2017 Guidelines of the American Thyroid Association for the diagnosis and management of thyroid disease during pregnancy and the postpartum. *Thyroid*, **27(3)**: 315-389.
- AL-HOSANI H, OSMAN H, ABDEL WARETH L, SAADE D, SALAH M (2003). Prevalence of iodine deficiency disorders in the United Arab Emirates measured by raised TSH levels. *Eastern Mediterranean Health Journal*, **9**: 123–130.
- ALPAR R. (2020). Spor, Sağlık Ve Eğitim Bilimlerinden Örneklerle Uygulamalı İstatistik Ve Geçerlik-Güvenirlik. ISBN: 978-605-5681-87-6, 6. Baskı, Detay Yayıncılık, Ankara.

- ALVES RN, MAULVAULT AL, BARBOSA VL, FERNANDEZ-TEJEDOR M, TEDIOSI A, KOTTERMAN M, HM VAN DEN HEUVEL FH, ROBBENS J, FERNANDES JO, RASMUSSEN RR, SLOTH JJ, MARGUES A (2018). Oral bioaccessibility of toxic and essential elements in raw and cooked commercial seafood species available in European markets. *Food Chem*, **267**: 15–27.
- ANDERSEN NL, FAGT S, GROTH MV, HARTKOPP HB, MÜLLER A, OVESEN L, WARMING DL (1996). DANSKERNES KOSTVANER 1995. Levnedsmiddelstyrelsen, publ. no. 235.
- ANDERSSON M, BENOIST B, DELANGE F, ZUPAN J (2007). Prevention and control of iodine deficiency in pregnant and lactating women and in children less than 2-s-old: conclusions and recommendations of the technical consultation. *Public Health Nutr*, **10**: 1606-1611.
- ANDERSSON M, BENOIST B, ROGERS L (2010). Epidemiology of iodine deficiency: Salt iodisation and iodine status. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*, **24**: 1-11.
- ANDERSSON M, KARUMBUNATHAN V, ZIMMERMANN MB (2012). Global iodine status in 2011 and trends over the past decade. *J Nutr*, **142**: 744-750.
- ANTONYAK H, ISKRA R, LYSIUK R (2018). Trace Element And Minerals In Health And Longevity: Iodine.. Ed.: Malavolta M, Mocchegiani E. Springer, pp.: 265-303.
- ANWAR S, GIBOFSKY A (2010). Musculoskeletal manifestations of thyroid disease. *Rheum Dis Clin North Am*, **36(4)**: 637–646.
- ARRIZABALAGA JJ, JALÓN M, ESPADA M, CAÑAS M, LATORRE PM (2015). Iodine concentration in ultra-high temperature pasteurized cow's milk. Applications in clinical practice and in community nutrition. *Medicina Clínica (English Edition)*, **145(2)**: 55-61.
- ASLAN ÇİN NN, ALTUNTAŞ NB, ÖZÇELİK AÖ (2020). Is iodized salt efficient to overcome iodine deficiency in pregnant?. *Turkish Journal of Obstetrics and Gynecology*, **17(2)**: 90-97.
- AUMONT G, LE QUERREC F, LAMAND M, TRESSOL JC (1987). Iodine content of dairy milk in France in 1983 and 1984. *Journal of Food Protection*, **50(6)**: 490-493.
- BACKER H, HOLLOWELL J (2000). Use of iodine for water disinfection: iodine toxicity and maximum recommended dose. *Environ Health Perspect*, **108**: 679–684.
- BATES B, LENNOX A, BATES C, SWAN G (2014). National Diet and Nutrition Survey Headline results from Years 1 and 2 (combined) of the Rolling Programme (2008/2009 – 2009/10). Public Health England and Food Standards Agency in Scotland. Erişim Adresi: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/216484/dh_128550.pdf. Erişim Tarihi: 06/02/2021.

- BATH S (2019). The effect of iodine deficiency during pregnancy on child development. *Proceedings of the Nutrition Society*, **78(2)**: 150-160.
- BATH SC, BUTTON S, RAYMAN MP (2012). Iodine concentration of organic and conventional milk: implications for iodine intake. *British Journal of Nutrition*, **107(7)**: 935-940.
- BATH SC, RAYMAN MP (2013). Iodine deficiency in the UK: an overlooked cause of impaired neurodevelopment?. *Proceedings of the Nutrition Society*, **72**: 226-235.
- BERNAL J (2017). Thyroid hormone regulated genes in cerebral cortex development. *J Endocrinol*, **232(2)**: R83–R97.
- BESLENME FEDERAL KOMISYONU (FEDERAL COMMISSION FOR NUTRITION) (2013). Iodine supply in Switzerland: current status and recommendations. Expert report of the FCN. Zurich: Federal Office of Public Health. Erişim Adresi: https://www.ign.org/cm_data/2013_Federal_Commission_for_Nutrition_Iodine_Report_2013.pdf. Erişim Tarihi: 01/03/2021.
- BLOUNT BC, PIRKLE JL, OSTERLOH JD, VALENTIN-BLASINI L, CALDWELL KL (2006). Urinary perchlorate and thyroid hormone levels in adolescent and adult men and women living in the United States. *Environmental Health Perspectives*, **114(12)**: 1865-1871.
- BOUGMA K, ABOUD FE, HARDING KB, MARQUIS GS (2013). Iodine and mental development of children 5 years old and under: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, **5(4)**: 1384-1416.
- BOUHOUCHE RR, BOUHOUCHE S, CHERKAOUI M, ABOUSSAD A, STINCA S, HALDIMANN M, ZIMMERMANN MB (2014). Direct iodine supplementation of infants versus supplementation of their breastfeeding mothers: a double-blind, randomised, placebo-controlled trial. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, **2(3)**: 197-209.
- BRANTSÆTER AL, ABEL MH, HAUGEN M, MELTZER HM (2013). Risk of suboptimal iodine intake in pregnant Norwegian women. *Nutrients*, **5(2)**: 424-440.
- BRAUER VFH, BELOW H, KRAMER A, FUHRER D, PASCHKE R (2006). The role of thiocyanate in the etiology of goiter in an industrial metropolitan area. *European Journal of Endocrinology*, **154(2)**: 229-235.
- BRAVERMAN LE, PEARCE EN, HE X, PINO S, SEELEY M, BECK B, FIREK A (2006). Effects of six months of daily low-dose perchlorate exposure on thyroid function in healthy volunteers. *J Clin Endocrinol Metab*, **91(7)**: 2721-2724.
- BROWN AR, SIMMEN RC, SIMMEN FA (2013). The role of thyroid hormone signaling in the prevention of digestive system cancers. *Int J Mol Sci*, **14(8)**: 16240–16257.

- BÜRGİ H (2010). Iodine excess. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*, **24(1)**: 107–115.
- CALZA L, FERNANDEZ M, GIARDINO L (2015). Role of the thyroid system in myelination and neural connectivity. *Compr Physiol*, **5(3)**: 1405–1421.
- CAMPBELL NR, DARY O, CAPPuccio FP, NEUFELD LM, HARDING KB, ZIMMERMANN MB (2012). Need for coordinated programs to improve global health by optimizing salt and iodine intake. *Revista Panamericana de Salud Pública*, **32**: 281-286.
- CARLSEN M, ANDERSEN L, DAHL L, NORBERG N, HJARTÅKER A (2018). New Iodine Food Composition Database and Updated Calculations of Iodine Intake among Norwegians. *Nutrients*, **10(7)**: 930.
- CARRIQUIRY AL, SPUNGEN JH, MURPHY SP, PEHRSSON PR, DWYER JT, JUAN W, WIRTZ MS (2016). Variation in the iodine concentrations of foods: considerations for dietary assessment. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **104(3)**: 877-887.
- CASTILLA AM, MURCIA M, ARRIZABALAGA JJ, ESPADA M, JULVEZ J, BASTERRECHEA M, ALVAREZ-PEDREROL M, ESTARLICH M, MORENO E, GUXENS M, VIOQUE, J, REBAGLIATO M (2017). Comparison of urinary iodine levels in women of childbearing age during and after pregnancy. *European Journal of Nutrition*, **57(5)**:1807-1816.
- CASTRO SB, BERTHIAUME R, ROBICHAUD A, LACASSE P (2012). Effects of iodine intake and teat-dipping practices on milk iodine concentrations in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, **95**: 213-220.
- ÇELMELİ G, ÇÜREK Y, ÖZEN KÜÇÜKÇETİN İ, ARSLAN GÜLTEN Z, ÖZDEM S, AKÇURİN S, BİRCAN İ (2020). The Results of 16 Years of Iodization: Assessment of Iodine Deficiency Among School-age Children in Antalya, Turkey. *J Clin Res Pediatr Endocrinol*, **12(3)**: 256-260.
- COMANDINI P, CERRETANI L, RINALDI M, CICHELLI A, CHIAVARO E (2013). Stability of iodine during cooking: investigation on biofortified and not fortified vegetables. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **64**: 857-861.
- COOPER DS, LADENSON PW (2004). Thyroid Gland. Greenspan's Basic And Clinical Endocrinology. Ed.: GARDNER DG, DOLORES S. McGraw-Hill Companies, 9th Ed., China, p.: 163-226.
- CRESSEY PJ (2003). Iodine content of New Zealand dairy products. *J Food Compos Anal*, **16(1)**: 25-36.
- CUNNINGHAM WC, MINDAK WR, CAPAR SG (2014). Elemental Analysis Manual for Food and Related Process. U.S. Food and Drug Administration. Erişim Adresi: <https://www.fda.gov/media/89337/download>. Erişim Tarihi: 06/06/2021.

- DAĞ A (2006). Yiyecek İçecek İşletmelerinde Standart Tarifeler Maliyet ve Hijyen Kontrolü. In: Yemek Pişirme Yöntemleri, Meteksan Matbacılık, Ankara. 111-121.
- DAHL L, DUINKER A, NÆSS S, MARKHUS MW, NERHUS I, MIDTBØ LK, KJELLEVOLD M (2020). Iodine and Mercury Content in Raw, Boiled, Pan-Fried, and Oven-Baked Atlantic Cod (*Gadus morhua*). *Foods*, **9(11)**: 1652.
- DAHL L, JOHANSSON L, JULSHAMN K, MELTZER HM (2004). The iodine content of Norwegian foods and diets. *Public Health Nutrition*, **7(4)**: 569-576.
- DAHL L, OPSAHL JA, MELTZER HM, JULSHAMN K (2003). Iodine concentration in Norwegian milk and dairy products. *British Journal of Nutrition*, **90(3)**: 679-685.
- DASGUPTA PK, LIU Y, DYKE AV (2008). Iodine Nutrition: Iodine Content of Iodized Salt in the United States. *Environ. Sci. Technol.* **42**: 1315–1323.
- DELANGE F (1997). Neonatal screening for congenital hypothyroidism: results and perspectives. *Horm Res*, **48**: 51-61.
- DELANGE F (2002). Iodine deficiency in Europe and its consequences: An Update. *Eur J Nucl Med*, **29**: 404-16.
- DELFIEH P, REZAEI, M, HOSSEINI H, HOSSEINI SV, ZOHREHBAKHS E, REGENSTEIN JM (2013). Effects of cooking methods on proximate composition and fatty acids profile of Indian white prawn (*Fenneropenaeus indicus*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, **22**: 353-360.
- DENG SB, JING XD, WEI XM, DU JL, LIU YJ, QIN Q, SHE Q (2017). Triiodothyronine Promotes The Proliferation of Epicardial Progenitor Cells Through The Mapk/Erk Pathway. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, **486(2)**: 372-377.
- DI JESO B, ARVAN P (2016). Thyroglobulin from molecular and cellular biology to clinical endocrinology. *Endocrine reviews*, **37(1)**: 2-36.
- DOGGUI R, EL ATIA J (2015). Iodine Deficiency: Physiological, Clinical and Epidemiological Features and Pre-Analytical Considerations. In *Annales d'endocrinologie*, **76(1)**: 59-66.
- DOH H, LEE MH, PARK HJ (2019). Effect of different cooking methods on the content and bioaccessibility of iodine components in abalone (*Haliotis discus hannai*). *Food Chemistry*, **301**: 125-197.
- DOLIŃSKA B, OPALIŃSKI S, ZIELIŃSKI M, CHOJNACKA K, DOBRZAŃSKI Z, RYSZKA F (2011). Iodine concentration in fodder influences the dynamics of iodine levels in hen's egg components. *Biological trace element research*, **144(1)**: 747-752.

- DRAKE SL, DRAKE MA (2011). Comparison of salty taste and time intensity of sea and land salts from around the world. *Journal of Sensory Studies*, **26(1)**: 25-34.
- EGEMEN A, MİDYAT L (2006). İyot ve iyot eksikliğinin sağlığa etkileri. *Türkiye Klinikleri J Pediatr Sci*, **2**: 79-90.
- ERDOĞAN G, ERDOĞAN MF, EMRAL R, BAŞTEMİR M, SAV H, HAZNEDAROĞLU D, ÜSTÜNDAĞ M, KÖSE R, KAMEL N, GENÇ Y (2002). Iodine status and goiter prevalence in Turkey before mandatory iodization. *J Endocrinol Invest*, **25(3)**: 224-228.
- ERDOĞAN MF (2008). Türkiye'nin İyot Durumu: Neredeydik? Nerele Geldik? *Türkiye Klinikleri J Endokrin-Special Topics*, **1**: 8-13.
- ERDOĞAN MF (2015). Gebelikte İyotun Önemi, Türkiye'de Okul Çağı Çocuklarında ve Gebelerde İyot Eksikliği. Health & Medicine Erişim Adresi: <https://www.slideshare.net/mbolmez/murat-faik-erdoan>. Erişim Tarihi: 01/07/2021.
- ERDOĞAN MF, AĞBAHT K, ALTUNSU T, ÖZBAŞ S, YÜCESAN F, TEZEL B, SARGIN C, İLBEĞ İ, ARTIK N, KÖSE R, ERDOĞAN G (2009). Current iodine status in Turkey. *Endocrinol Invest*, **32**: 617-622.
- ERGÜLER E, ÇELEN Z, ÖZÇELİK N, KEPEKÇİ Y, ERGÜLER G (1996). Gaziantep ve çevresinde endemik guatr taraması ve tiroid bezi fonksiyonlarının incelenmesi. *Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, **7**: 20-24.
- ERKAN N (2011). Iodine content of cooked and processed fish in Turkey. *International Journal of Food Science & Technology*, **46(8)**: 1734-1738.
- ERSHOW AG, GOODMAN G, COATES PM, SWANSON CA. (2016). Research needs for assessing iodine intake, iodine status, and the effects of maternal iodine supplementation. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **104**: 941-949.
- ERSOY B, YANAR Y, KÜÇÜKGÜLMEZ A, ÇELİK M (2006). Effects of four cooking methods on the heavy metal concentrations of sea bass fillets (*Dicentrarchus labrax* Linne, 1785). *Food Chemistry*, **99(4)**: 748-751.
- ESKANDARI S, LOO DD, DAI G, LEVY O, WRIGHT EM, CARRASCO N (1997). Thyroid Na⁺/I⁻ symporter: mechanism, stoichiometry, and specificity. *Journal of Biological Chemistry*, **272(43)**: 27230-27238.
- FAYET-MOORE F, WIBISONO C, CARR P, DUVE E, PETOCZ P, LANCASTER G, BLUMFIELD, M (2020). An analysis of the mineral composition of pink salt available in Australia. *Foods*, **9(10)**: 1490.
- FERREIRA AC, LIMA LP, ARAÚJO RL, MÜLLER G, ROCHA RP, ROSENTHAL D, CARVALHO DP (2005). Rapid regulation of thyroid sodium-iodide symporter activity by thyrotrophin and iodine. *Journal of Endocrinology*, **184(1)**: 69-76.

- FLACHOWSKY G, FRANKE K, MEYER U, LEITERER M, SCHONE F (2014). Influencing factors on iodine content of cow milk. *European Journal of Nutrition*, **53** (2): 351-365.
- FOPPIANI L, CASCIO C, LO PINTO G (2016) Iodine-induced hyperthyroidism as combination of different etiologies: an overlooked entity in the elderly. *Aging Clin Exp Res*, **28**(5): 1023–1027.
- FORDYCE FM (2003). Database of the iodine content of food and diets populated with data from published literature. Erişim Adresi: <http://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/8354/1/CR03084N.pdf>. Erişim tarihi: 12/05/2021.
- FORHEAD AJ, FOWDEN AL (2014). Thyroid hormones in fetal growth and prepartum maturation. *J Endocrinol*, **221**(3): R87–R103.
- FUGE R, JOHNSON CC (1986). The geochemistry of iodine—a review. *Environ Geochem Health*, **8**: 31–54.
- FUGE R, JOHNSON CC (2015). Iodine and human health, the role of environmental geochemistry and diet, a review. *Appl Geochem*, **63**: 282–302.
- GAITAN E (1990) Goitrogens in food and water. *Annu Rev Nutr*, **10**: 21–39.
- GOINDI G, KARMAKAR MG, KAPIL U, JAGANNATHAN J (1995). Estimation of losses of iodine during different cooking procedures. *Asia Pac J Clin Nutr*, **4**: 225-227.
- GONZALI S, KIFERLE C, PERATA P (2017) Iodine biofortification of crops: agronomic biofortification, metabolic engineering and iodine bioavailability. *Cur Opin Biotechnol*, **44**: 16-26.
- GORDON RC, ROSE MC, SKEAFF SA, GRAY AR, MORGAN KMD, RUFFMAN T (2009). Iodine supplementation improves cognition in mildly iodine-deficient children. *Am J Clin Nutr*, **90**(5): 1264-1271.
- GÜLEÇ Ş (2020). Eser Elementler. In: Beslenme Bilim ve Uygulamalar. 1th Ed. Ed.:Bahittin K, Palme Yayıncılık, p.: 478-514.
- HALDIMANN M, ALT A, BLANC A, BLONDEAU K (2005). Iodine content of food groups. *J Food Comp Anal*, **18**: 461-471.
- HETZEL BS (1983). Iodine deficiency disorders (IDD) and their eradication. *Lancet*, **322**(8359): 1126–1129
- IODINE GLOBAL NETWORK (2017) Global scorecard 2017: moving toward optimal iodine status. Erişim adresi: http://www.ign.org/newsletter/idd_nov16_global_scorecard_2017.pdf. Erişim tarihi: 14/04/2021.

- IODINE GLOBAL NETWORK (2019) Global scorecard 2019: moving toward optimal iodine status. http://www.ign.org/newsletter/idd_nov16_global_scorecard_2019.pdf. Erişim tarihi: 15/12/2020.
- IODINE GLOBAL NETWORK (2020) Global scorecard 2020: moving toward optimal iodine status. Erişim adresi: http://www.ign.org/newsletter/idd_nov16_global_scorecard_2017.pdf. Erişim tarihi: 15/04/2021.
- IOM (2001). Dietary Reference Intakes (DRIs): Recommended Dietary Allowances and Adequate Intakes, Elements. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies. *J Endocrinol Invest*, 26: 389-396.
- JAMESON JL, WEETMAN AP (2010). Disorders of the Thyroid Gland. Harrison's Endocrinology. 18th ed., China, p.: 62-98.
- JOCKERS D (2017). Top 10 Health Benefits of Pink Salt. Erişim adresi: <https://drjockers.com/health-benefits-pink-salt/>. Erişim tarihi: 04/05/2021.
- JOHNER SA, THAMM M, NOTHLINGS U, REMER T (2013). Iodine status in preschool children and evaluation of major dietary iodine sources: a German experience. *European Journal of Nutrition*, 52(7): 1711-1719.
- JOOSTE PL (2003). Assessment of the iodine concentration in table salt at the production stage in South Africa. *Bulletin of the World Health Organization*, 81: 517-521.
- JULSHAMN K, DAHL L, ECKHOFF K (2001). Determination of iodine in seafood by inductively coupled plasma/mass spectrometry. *Journal of AOAC International*, 84: 1976-1983.
- KATAGIRI R, ASAKURA K, SASAKI S, HIROTA N, NOTSU A, MIURA A, DATE C (2015). Estimation of habitual iodine intake in Japanese adults using 16 d diet records over four seasons with a newly developed food composition database for iodine. *British Journal of Nutrition*, 114(4): 624-634.
- KENDRICK MA (2016). Halogens. Encyclopedia of Geochemistry. Ed.: White WM. Springer International Publishing AG, pp.: 1-5.
- KHALID NM, FARIDUS N, RAZAK ABD L SN, RASHED AA, SELAMAT R (2019). Iodine Content of Malaysian Foods. *J Nutri Food Sci*, 9(4): 764.
- KIM JY, MOON SJ, KIM KR, SOHN CY, OH JJ (1998). Dietary iodine intake and urinary iodine excretion in normal Korean adults. *Yonsei Medical Journal*, 39(4): 355-362.
- KLEIN I, DANZI S (2016). Thyroid disease and the heart. *Curr Probl Cardiol*, 41(2): 65-92.
- KOLOĞLU S (1984). Türkiye'de Endemik Guvatr. Elif Matbaacılık, Ankara. s.:11-14.

- KOUTRAS DA, PAPAPETROU PD, YATAGANAS X, MALAMOS B (1970). Dietary source of iodine in areas with and without iodine-deficiency goiter. *Am J Clin Nutr*, **23**: 870-874.
- KOYUNCU S (2020). What Is Non Iodized Salt? Is It Better For You? Erişim Adresi: <https://koyuncusalt.com/en/salt-library/what-is-non-iodized-salt-is-it-better-for-you>. Erişim Tarihi: 04/05/2021.
- KUHN T, CHYTRY P, SOUZA GMS, BAUER DV, AMARAL L, DIAS JF (2020). Signature of the Himalayan salt. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, **477**: 150-153.
- KUPPER FC, KRONECK PMH (2015). Iodine bioinorganic chemistry: physiology, structures, and mechanisms. 5th ed, Wiley. pp.: 537–589.
- LANGER P (1960). History of goitre. Monograph Series, No. 44. World Health Organization. Geneva, Erişim adresi: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/38822/WHO_MONO_44.pdf;jsessionid=633ACC2D8D1794874651228B45CE1C28?sequence=1. Erişim tarihi.: 02/02/2021.
- LAZARUS JH (2005). Thyroid disease in pregnancy and childhood. *Minerva Endocrinologica*, **30**: 71-87.
- LEBLANC C, COLIN C, COSSE A, DELAGE L, LA BARRE S, MORIN P, POTIN P (2006). Iodine transfers in the coastal marine environment: the key role of brown algae and of their vanadium-dependent haloperoxidases. *Biochimie*, **88(11)**: 1773-1785.
- LECLERCQ C, ARCELLA D, PICCINELLI R, SETTE S, LE DONNE C (2009). The Italian National Food Consumption Survey INRAN-SCAI 2005–06: main results in terms of food consumption. *Public Health Nutrition*, **12(12)**: 2504-2532.
- LEUNG AM, BRAVERMAN LE (2014). Consequences of excess iodine. *Nat Rev Endocrinol*, **10(3)**: 136–142.
- LONGVAH T, TOTEJA GS, BULLIYYA G, RAGHUVANSHI RS, JAIN S, RAO V, UPADHYA A (2012). Stability of added iodine in different Indian cooking processes. *Food Chemistry*, **130**: 953-959.
- LONGVAH T, TOTEJA GS, UPADHYAY A (2013). Iodine content in bread, milk and the retention of inherent iodine in commonly used Indian recipes. *Food Chemis*, **136**: 384-388.
- LUO Y, KAWASHIMA A, ISHIDO Y, YOSHIHARA A, ODA K, HIROI N, SUZUKI K (2014). Iodine excess as an environmental risk factor for autoimmune thyroid disease. *International Journal of Molecular Sciences*, **15(7)**: 12895-12912.
- MAALOUF J, BARRON J, GUNN JP, YUAN K, PERRINE CG, COGSWELL ME (2015). Iodized salt sales in the United States. *Nutrients*, **7(3)**: 1691-1695.

- MAI J, SHIMP J, WEIHRAUCH J, KINSELLA JE (1978). Lipids of fish fillets – changes following cooking by different methods. *Journal of Food Science*, **43**: 1669–1674.
- MARINE D, KIMBALL OP (1917). The prevention of simple goiter in man. *J Lab Clin Med*, **3**: 40–48
- MARKHUS M, DAHL L, MOE V, ABEL M, BRANTSÆTER A, ØYEN J, MELTZER H, STORMARK K, GRAFF I, SMITH L (2018). Maternal Iodine Status is Associated with Offspring Language Skills in Infancy and Toddlerhood. *Nutrients*, **10**: 1270.
- MCKILLOP H, AOYAMA K (2018). Salt and marine products in the Classic Maya economy from use-wear study of stone tools. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **115(43)**: 10948-10952.
- MEINHARDT AK, MULLER A, BURCZA A, GREINER R (2019). Influence of cooking on the iodine content in potatoes, pasta and rice using iodized salt. *Food Chem*, **301**: 125-293.
- MESKO MF, TORALLES IG, HARTWIG CA, JR COELHO GS, MULLER AL, BIZZI CA, MELLO, P. A. (2016). Bromine and iodine contents in raw and cooked shrimp and its parts. *J Agric Food Chem*, **64(8)**: 1817–1822.
- MESSINA M, REDMOND G (2006). Effects of soy protein and soybean isoflavones on thyroid function in healthy adults and hypothyroid patients: a review of the relevant literature. *Thyroid*, **16(3)**: 249-258.
- MIKLÁŠ Š, TANČIN V, TOMAN R, TRÁVNÍČEK J (2021). Iodine concentration in milk and human nutrition: A review. *Czech J. Anim. Sci*, **66(06)**: 189–199.
- MORREALE DE ESCOBAR G, OBREGON MJ, ESCOBAR DEL REY F (2004). Role of thyroid hormone during early brain development. *Eur J Endocrinol*, 151.
- MUELLER WS (1939). Factors to be Considered in Selecting Chocolate-Flavored Milk. *Journal of Dairy Science*, **22(8)**: 623-636.
- MULLUR R, LIU YY, BRENT GA (2014) Thyroid hormone regulation of metabolism. *Physiol Rev*, **94(2)**: 355–382.
- MURAMATSU Y, WEDEPOHL KH (1998). The distribution of iodine in the earth's crust. *Chemical Geology*, **147**: 201-216.
- NAZERI P, NOROUZIAN MA, MIRMIRAN P, HEDAYATI M, AZIZI F (2015). Heating process in pasteurization and not in sterilization decreases the iodine concentration of milk. *International Journal of Endocrinology And Metabolism*, **13(4)**: e27995.

- NERHUS I, MARKHUS MW, NILSEN BM, ØYEN J, MAAGE A, ØDEGÅRD ER, LIE Ø.(2018). Iodine content of six fish species, Norwegian dairy products and hen's egg. *Food & Nutrition Research*, **62**: 1291.
- NEWSOME S, HICKMEN PE (2010). Clinical Chemistry. Ed.:Kaplan, A.L., Pesce, J.A. Fifth eds. Elsevier, pp: 948-960.
- NOROUZIAN MA (2011). Iodine in raw and pasteurized milk of dairy cows fed different amounts of potassium iodide. *Biol Trace Elem Res*, **139(2)**: 160-167.
- NOROUZIAN MA, VALIZADEH R, AZIZI F, HEDAYATI M, NASERIAN AA, SHAHROODI FE (2009). The effect of feeding different levels of potassium iodide on performance, T3 and T4 concentrations and iodine excretion in Holstein dairy cows. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, **8(1)**: 111-114.
- NYSTROM HF, BRANTSÆTER AL, ERLUND I, GUNNARSDOTTIR I, HULTHÉN L, LAURBERG P, MELTZER HM (2016). Iodine status in the Nordic countries—past and present. *Food & Nutrition Research*, **60**: 319-369.
- O'DONNELL KJ, ABDUL RAKEMAN M, ZHI-HONG D, XUE-YI C, YONG MEI Z, DELONG N, ROBERT DELONG G (2002). Effects of iodine supplementation during pregnancy on child growth and development at school age. *Developmental Medicine & Child Neurology*, **44(2)**: 76-81.
- O'KANE SM, POURSHAHIDI LK, MULHERN MS, WEIR RR, HILL S, O'REILLY J, YEATES AJ (2018). The effect of processing and seasonality on the iodine and selenium concentration of cow's milk produced in Northern Ireland (NI): Implications for population dietary intake. *Nutrients*, **10(3)**: 287.
- OGAWA K, JWA SC, KOBAYASHI M, MORISAKI N, SAGO H, FUJIWARA T (2017). Validation of a food frequency nausea and vomiting in early pregnancy. *Journal of Epidemiology*, **27(5)**: 201-208.
- ÖZBAKIR O, DOGUKAN A, KELESTIMUR F (1995). The prevalence of thyroid dysfunction among elderly subjects in an endemic goiter area of central Anatolia. *Endocrine Journal*, **42**: 713–716.
- ÖZDEN Ö (2010). Micro, macro mineral and proximate composition of Atlantic bonito and horse mackerel: a monthly differentiation. *International Journal of Food Science & Technology*, **45(3)**: 578-586.
- PASTORELLI AA, STACCHINI P, OLIVIERI A (2015). Daily iodine intake and the impact of salt reduction on iodine prophylaxis in the Italian population. *European Journal of Clinical Nutrition*, **69(2)**: 211-215.
- PEARCE EN (2008). Iodine in pregnancy: is salt iodization enough? *J Clin Endocrinol Metab*, **93**: 2466–2468.

- PEARCE EN (2015). Is Iodine Deficiency Reemerging in the United States?. *AACE Clinical Case Reports*, **1(1)**: e81-e82.
- PEARCE EN (2017). Iodine Deficiency Disorders and Their Elimination. 1st Ed. Springer. Cham, Switzerland.
- PEARCE EN, ANDERSSON M, ZIMMERMANN MB (2013). Global iodine nutrition: Where do we stand in 2013? *Thyroid*, **23**: 523–528.
- PEARCE EN, PINO S, HE X, BAZRAFSHAN HR, LEE SL, BRAVERMAN LE (2004). Sources of dietary iodine: bread, cows' milk, and infant formula in the Boston area. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **89(7)**: 3421-3424.
- PEDERSEN KM, LAURBERG P, NOHR S, JØRGENSEN A, ANDERSEN S (1999). Iodine in drinking water varies by more than 100-fold in Denmark. Importance for iodine content of infant formulas. *European Journal of Endocrinology*, **140(5)**: 400-403.
- PEHRSSON PR, PATTERSON KY, SPUNGEN JH, WIRTZ MS, ANDREWS KW, DWYER JT, SWANSON CA (2016). Iodine in food-and dietary supplement–composition databases. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **104**: 868-876.
- PETERSEN M, BULOW PEDERSEN I, KNUDSEN N, ANDERSEN S, JØRGENSEN T, PERRILD H, CARLÉ A (2019). Changes in subtypes of overt thyrotoxicosis and hypothyroidism following iodine fortification. *Clinical endocrinology*, **91(5)**, 652-659.
- PETERSON E, DE P, NUTTALL R (2012). BMI, diet and female reproductive factors as risks for thyroid cancer: a systematic review. *PLoS One*. **7(1)**: e29177.
- PRAMYOTHIN P, LEUNG AM, PEARCE EN, MALABANAN AO, BRAVERMAN LE (2011). A hidden solution. *New England Journal of Medicine*, **365(22)**: 2123-2127.
- RANA R, RAGHUVANSHI RS (2013). Effect of different cooking methods on iodine losses. *Journal of Food Science And Technology*, **50(6)**: 1212-1216.
- RASMUSSEN LB, CARLÉ A, JØRGENSEN T, KNUDSEN N, LAURBERG P, PEDERSEN IB, OVESEN L (2008). Iodine intake before and after mandatory iodization in Denmark: results from the Danish Investigation of Iodine Intake and Thyroid Diseases (DanThyr) study. *British Journal of Nutrition*, **100**: 166-173.
- RASMUSSEN LB, LARSEN EH, OVESEN L (2000). Iodine content in drinking water and other beverages in Denmark. *European Journal of Clinical Nutrition*, **54(1)**: 57-60.
- RASMUSSEN LB, OVESEN L, BULOW I, JØRGENSEN T, KNUDSEN N, LAURBERG P, PERRILD H (2002). Dietary iodine intake and urinary iodine excretion in a Danish population: effect of geography, supplements and food choice. *British Journal of Nutrition*, **87**: 61-69.

- ROBERTS C, STEER T, MAPLETHORPE N, COX L, MEADOWS S, NICHOLSON S, SWAN G (2018). National Diet and nutrition survey: results from years 7 and 8 (combined) of the rolling Programme (2014/2015–2015/2016). *Public Health England*, 1-18.
- ROHNER F, ZIMMERMANN M, JOOSTE P, PANDAV C, CALDWELL K, RAGHAVAN R, RAITEN DJ (2014). Biomarkers of nutrition for development—iodine review. *The Journal of nutrition*, **144(8)**: 1322-1342.
- ROSELAND JM, PHILLIPS KM, PATTERSON KY, PEHRSSON PR, BAHADUR R, ERSHOW AG, SOMANCHI M (2020). Large Variability of Iodine Content in Retail Cow's Milk in the US. *Nutrients*, **12(5)**: 1246.
- ROTTGER AS, HALLE I, WAGNER H, BREVES G, DÄNICKE S, FLACHOWSKY G (2012). The effects of iodine level and source on iodine carry-over in eggs and body tissues of laying hens. *Archives of Animal Nutrition*, **66**: 385-401.
- RUF J, CARAYON P (2006) Structural and functional aspects of thyroid peroxidase. *Arch Biochem Biophys*, **445(2)**: 269–277
- SCHONE F, LEITERER M, LEBZIEN P, BEMMANN D, SPOLDERS M, FLACHOWSKY G (2009). Iodine concentration of milk in a dose–response study with dairy cows and implications for consumer iodine intake. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, **23**: 84-92.
- SEMİZ S, ŞENOL U, BİRCAN O, GÜMÜŞLÜ S, AKCURIN S, BİRCAN I (2000). Thyroid gland volume and urinary iodine excretion in children 6-11 years old in an endemic area. *J Pediatr Endocrinol Metab*. **13(3)**, 245-252.
- SHAH N, URSANI TJ, SHAH NA, RAZA HMZ (2020). Prevalence and Etiology of Thyroid Disease: A Review. *Pure and Applied Biology*. **10(3)**: 691-702.
- SHELOP CP, DASGUPTA PK (2011). Review of analytical methods for the quantification of iodine in complex matrices. *Anal Chim Acta*, **702**: 16–36.
- SIFFERLIN A (2017). Does Pink Himalayan Salt Have Any Health Benefits? Erişim Adresi: <https://time.com/4834865/>. Erişim Tarihi: 04/05/2021.
- SIRAKOV M, PLATEROTI M (2011). The thyroid hormones and their nuclear receptors in the gut: from developmental biology to cancer. *Biochim Biophys Acta*, **1812(8)**: 938–946.
- SORIGUER F, GUTIERREZ-REPISO C, GONZALEZ-ROMERO S, OLVEIRA G, GARRIGA MJ, VELASCO I, OF ENDOCRINOLOGY S. (2011). Iodine concentration in cow's milk and its relation with urinary iodine concentrations in the population. *Clinical Nutrition*, **30(1)**: 44-48.

- STANBURY JB, GOLDSMITH RR, GILLIS M (1954). Myotonic dystrophy associated with thyroid disease. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **14(11)**: 1437-1443.
- STINCA S, ANDERSSON M, WEIBEL S, HERTER-AEBERLI I, FINGERHUT R, GOWACHIRAPANT S, ZIMMERMANN MB (2017). Dried blood spot thyroglobulin as a biomarker of iodine status in pregnant women. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **102(1)**: 23-32.
- SUBAR AF, KIRKPATRICK SI, MITTL B, ZIMMERMAN TP, THOMPSON FE, BINGLEY C, POTISCHMAN N (2012). The Automated Self-Administered 24-hour dietary recall (ASA24): a resource for researchers, clinicians, and educators from the National Cancer Institute. *J Acad Nutr Diet*, **112(8)**: 1134-1137.
- ŞANLIER N, ULUSOY HG, SEZGİN AY (2019). Beslenme İlkeleri Laboratuvar ve Uygulamaları, Ed.: Şanlıer, N., Vize Yayıncılık. Ankara. s.:123-144.
- ŞENBAYRAM S (2007). Gebeliğin ilk üç ayında olan kadınların iyot eksikliği ve tiroid fonksiyonları açısından değerlendirilmesi. Bilim Uzmanlık Tezi, Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi Aile Hekimliği Ana Bilim Dalı, Ankara.
- TAKI K, KOGAI T, KANAMOTO Y, HERSHMAN JM, BRENT GA (2002). A thyroid-specific far-upstream enhancer in the human sodium/iodide symporter gene requires Pax-8 binding and cyclic adenosine 3', 5'-monophosphate response element-like sequence binding proteins for full activity and is differentially regulated in normal and thyroid cancer cells. *Molecular Endocrinology*, **16(10)**: 2266-2282.
- TARIM ve KÖY İŞLERİ BAKANLIĞI (1998). Türk Gıda Kodeksi Yemeklik Tuz Tebliği. 09.07.1998 tarih ve 23397 sayılı Resmi Gazete, Tebliğ No:98/11.
- TARIM VE KÖYİŞLERİ BAKANLIĞI (2008). Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliği. 23.01.2008 tarih ve 26765 sayılı Resmi Gazete, Tebliğ No:2007/ 53.
- TARIM VE KÖYİŞLERİ BAKANLIĞI (2013). Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliği. 23.01.2008 tarih ve 26765 sayılı Resmi Gazete, Tebliğ No:2007/ 53.
- TARIM VE KÖYİŞLERİ BAKANLIĞI VE SAĞLIK BAKANLIĞI (2000). Türk Gıda Kodeksi, Yemeklik Tuz Tebliği' nde Değişiklik Yapılması Hakkında Tebliğ. 15.08.2000 tarih ve 24141 sayılı Resmi Gazete, Tebliğ No:2000/29.
- TATA JR (2011). Looking for the mechanism of action of thyroid hormone. *J Thyroid Res*, (730630).
- TENG X, SHAN Z, LI C, YU X, MAO J, WANG W, TENG W (2018). Iron deficiency may predict greater risk for hypothyroxinemia: a retrospective cohort study of pregnant women in China. *Thyroid*, **28(8)**: 968-975.

- THOMPSON FE, SUBAR AF (2008). Dietary Assessment Methodology: Nutrition In The Prevention of Disease. p.:5-48.
- THOMSON BM, VANNOORT RW, HASLEMORE RM (2008). Dietary exposure and trends of exposure to nutrient elements iodine, iron, selenium and sodium from the 2003–4 New Zealand Total Diet Survey. *British Journal of Nutrition*, **99(3)**: 614-625.
- TINGGI U, SCHOENDORFER N, DAVIES PS, SCHEELINGS P, OLSZOWY H (2011). Determination of iodine in selected foods and diets by inductively coupled plasma-mass spectrometry. *Pure and Applied Chemistry*, **84(2)**: 291-299.
- TODOROV TI, GRAY PJ (2016). Analysis of iodine in food samples by inductively coupled plasma-mass spectrometry. *Food Additives & Contaminants* **33(2)**, 282-290.
- TRØAN G, DAHL L, MARGRETE MELTZER H, HOPE ABEL M, GEIR INDAHL U, HAUG A, PRESTLØKKEN E (2015). A model to secure a stable iodine concentration in milk. *Food & Nutrition Research*, **59**: 29829.
- TÜRKİYE BESLENME REHBERİ (TÜBER) (2015). T.C. Sağlık Bakanlığı Yayın No: 1031, Ankara 2016.
- TÜRKİYE BESLENME VE SAĞLIK ARAŞTIRMASI (TBSA) (2017). T.C. Sağlık Bakanlığı Yayın No: 1132, Ankara 2019.
- TÜRKİYE NÜFUS VE SAĞLIK ARAŞTIRMASI (2013). Hacettepe Üniversitesi Nüfus Etütleri Enstitüsü, Sağlık Bakanlığı Ana Çocuk Sağlığı ve Aile Planlaması Genel Müdürlüğü, Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı ve TÜBİTAK, Ankara, Türkiye. Ss.:144-145.
- TÜRKOMP ULUSAL GIDA KOMPOZİSYON VERİ TABANI, VERSİON 1,0 (2014). Erişim Adresi: <http://www.turkomp.gov.tr/content/about>. Erişim Tarihi: 21/04/2021.
- UL HASSAN A, DIN AM U, ALI S (2017). Chemical characterisation of himalayan rock salt. *Pakistan Journal of Scientific & Industrial Research Series A: Physical Sciences*, **60(2)**: 67-71.
- UNICEF (2018). Iodine Deficiency in Pregnancy-UNICEF Data. Erişim Adresi: <https://data.unicef.org/topic/nutrition/iodine-deficiency/>. Erişim Tarihi: 18/04/2021.
- UZUN H, GÖZKAYA S, YEŞİLDAL N, OKUR M, ARSLANOĞLU İ, KOCABAY K, SENSES DA (2014). The prevalence of goiter and hypothyroidism among school children 6 years after introduction of a mandatory salt iodination program in a severely iodine-deficient area of the West Black Sea region of Turkey. *J Trop Pediatr*, **60(4)**: 318-321.
- ÜNAL F (2016). Siyah Çay nasıl demlenir?. Erişim Adresi: <http://www.caykur.com.tr/Pages/Blog/BlogDetay.aspx?ItemId=24>. Erişim Tarihi: 11/01/2020.

- VAN DER REIJDEN OL, ZIMMERMANN MB, GALETTI V (2017). Iodine in dairy milk: Sources, concentrations and importance to human health. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, **31(4)**: 385-395.
- VEJBJERG P, KNUDSEN N, PERRILD H, LAURBERG P, CARLÉ A, PEDERSEN IB, JØRGENSEN T (2009). Thyroglobulin as a marker of iodine nutrition status in the general population. *European Journal of Endocrinology*, **161(3)**, 475-481.
- VENANZI F DE, PENA F, BRICENO H (1967). Contenido en Yodo del agua de bebida de la zona central norte de Venezuela. *Acta Científica Venezolana*, **18**: 44-49.
- WANG GY, ZHOU RH, WANH Z, SHI L, SUN M (1999). Effects of storage and cooking on the iodine content in iodized salt and study on monitoring iodine content in iodized salt. *Biomed Environ Sci*, **12(1)**: 1-9.
- WANG Z, ZHU W, MO Z, WANG Y, MAO G, WANG X, CLOU X (2017). An Increase in Consuming Adequately Iodized Salt May Not Be Enough to Rectify Iodine Deficiency in Pregnancy in an Iodine-Sufficient Area of China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **14(2)**: 206.
- WHITEHEAD DC (1984). The distribution and transformations of iodine in the environment. *Environment International*, **10**: 321-339.
- WHO (1960). Endemic goitre. Geneva. World Health Organization Monograph Series
- WHO (1993). Global Prevalence of Iodine Deficiency Disorders. Geneva. World Health Organisation.
- WHO (2004). Vitamin and mineral requirements in human nutrition, 2nd ed. WHO, Geneva, pp.: 303-317.
- WHO (2007). Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination: a guide for programme managers. United Nations Children's Fund, International Council for Control of Iodine Deficiency Disorders. 3rd Ed. Geneva.
- WINGER RJ, KONIG J, HOUSE DA (2008). Technological issues associated with iodine fortification of foods. *Trends in Food Science & Technology*, **19(2)**: 94-101.
- WOLFF J (1969). Iodide goiter and the pharmacologic effects of excess iodide. *Am J Med*, **47**: 101-124.
- YUM-BİR (2020). Yumurta Üreticileri Merkez Birliği. Erişim Adresi: <https://www.yum-bir.org/Yumurta/Index.aspx>. Erişim Tarihi: 10/07/2021.
- ZAHIDI A, ZAHIDI M, TAOUFİK J (2016). Assessment of iodine concentration in dietary salt at household level in Morocco. *Bmc Public Health*, **16(1)**: 1-6.

- ZAVA TT, ZAVA DT (2011). Assessment of Japanese iodine intake based on seaweed consumption in Japan: A literature-based analysis. *Thyroid research*, **4(1)**: 1-7.
- ZELTSER ME, ALDARKHANOV BA, BEREZHNYAYA IM, SPERNASKY GG, BAZARBEKOVA RB, NURBEKOVA AA, ARIPOVA AA (1992). Iodine deficiency and its clinical manifestation in Kazakhstan. *IDD Newsletter*, **8(1)**: 5-6.
- ZIA MH, WATTS MJ, GARDNER A, CHENERY SR (2015). Iodine status of soils, grain crops, and irrigation waters in Pakistan. *Environmental Earth Sciences*, **73(12)**: 7995-8008.
- ZIMMERMANN MB (2006). The influence of iron status on iodine utilization and thyroid function. *Ann Rev Nutr*, **26**: 367–389.
- ZIMMERMANN MB (2008). Research on iodine deficiency and goiter in the 19th and early 20th centuries. *J Nutr*, **138(11)**: 2060-2063.
- ZIMMERMANN MB (2009a). Iodine deficiency. *Endocrine Reviews*, **30**: 376-408.
- ZIMMERMANN MB (2009b). Iodine deficiency in pregnancy and the effects of maternal iodine supplementation on the offspring: a review. *Am J Clin Nutr*, **89(2)**: 668S–672S.
- ZIMMERMANN MB (2010). Iodine deficiency in industrialised countries. *Proceedings of the Nutrition Society*, **69(1)**: 133-143.
- ZIMMERMANN MB (2018). Present Knowledge In Nutrition: Iodine And The Iodine Deficiency Disorders: Ed.:Marriott BP, Birt DF, Stallings VA, Yates AA. Elsevier, 11th Ed., p.: 429-443.
- ZIMMERMANN MB, AEBERLI I, ANDERSSON M, ASSEY V, YORG JAJ, JOOSTE P, TIMMER, A. (2013). Thyroglobulin is a sensitive measure of both deficient and excess iodine intakes in children and indicates no adverse effects on thyroid function in the UIC range of 100–299 µg/L: a UNICEF/ICCIDD study group report. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **98(3)**: 1271-1280.
- ZIMMERMANN MB, BOELAERT K (2015). Iodine deficiency and thyroid disorders. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, **3(4)**: 286-295.
- ZIMMERMANN MB, CONNOLLY K, BOZO M, BRIDSON J, ROHNER F, GRIMCI L (2006). Iodine supplementation improves cognition in iodine-deficient schoolchildren in Albania: a randomized, controlled, double-blind study. *Am J Clin Nutr*. **83(1)**: 108-114.
- ZIMMERMANN MB, GALETTI V (2015). Iodine intake as a risk factor for thyroid cancer: a comprehensive review of animal and human studies. *Thyroid Res*, **8**: 8.

- ZIMMERMANN MB, GIZAK M, ABBOTT K, ANDERSSON M, LAZARUS JH (2015). Iodine deficiency in pregnant women in Europe. *Lancet Diabetes Endocrinol*, **3**: 672–674.
- ZIMMERMANN MB, HESS SY, MOLINARI L, DE BENOIST B, DELANGE F, BRAVERMAN LE, FUJIEDA K, ITO Y, JOOSTE PL, MOOSA K, PEARCE EN, PRETELL EA, SHISHIBA Y (2004). New reference values for thyroid volume by ultrasound in iodine-sufficient schoolchildren: a World Health Organization/Nutrition for Health and Development Iodine Deficiency Study Group Report. *Am J Clin Nutr*, **79**: 231–237.
- ZIMMERMANN MB, JOOSTE PL, MABAPA NS, SCHOEMAN S, BIEBINGER R, MUSHAPHI LF, MBHENYANE X (2007). Vitamin A supplementation in iodine-deficient African children decreases thyrotropin stimulation of the thyroid and reduces the goiter rate. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **86(4)**: 1040-1044.
- ZIMMERMANN MB, JOOSTE PL, PANDAV CS (2008). Iodine-deficiency disorders. *The Lancet*, **372**: 1251-1262.
- ZIMMERMANN MB, KØHRLE J (2002). The impact of iron and selenium deficiencies on iodine and thyroid metabolism: biochemistry and relevance to public health. *Thyroid*, **12(10)**: 867-878.