

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI ALÜMİNYUM FOLYOLAR KULLANILARAK
FIRINLANAN ÇEŞİTLİ ET TÜRLERİNDE ALÜMİNYUM
GEÇİŞLERİNİN SAPTANMASI**

Uzm. Dyt. Elif İNAN EROĞLU

**Beslenme ve Diyetetik Programı
DOKTORA TEZİ**

**ANKARA
2017**

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI ALÜMİNYUM FOLYOLAR KULLANILARAK
FIRINLANAN ÇEŞİTLİ ET TÜRLERİNDE ALÜMİNYUM
GEÇİŞLERİNİN SAPTANMASI**

Uzm. Dyt. Elif İNAN EROĞLU

Beslenme ve Diyetetik Programı

DOKTORA TEZİ

TEZ DANIŞMANI

Doç. Dr. Aylin AYAZ

ANKARA

2017

ONAY SAYFASI

Farklı Alüminyum Folyolar Kullanılarak Fırınlanan Çeşitli Et Türlerinde Alüminyum Geçişlerinin Saptanması

Uzm. Dyt. Elif İNAN EROĞLU

Bu çalışma 10.03.2017 tarihinde jürimiz tarafından “Beslenme ve Diyetetik Programı”
nda doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	<i>Prof. Dr. Muhittin Tayfur</i> <i>Başkent Üniversitesi</i>	 (imza)
Tez Danışmanı:	<i>Doç. Dr. Aylin Ayaz</i> <i>Hacettepe Üniversitesi</i>	 (imza)
Üye:	<i>Doç. Dr. Saniye Bilici</i> <i>Gazi Üniversitesi</i>	 (imza)
Üye:	<i>Doç. Dr. Zehra Büyüktuncer Demirel</i> <i>Hacettepe Üniversitesi</i>	 (imza)
Üye:	<i>Yrd. Doç. Dr. Derya Dikmen</i> <i>Hacettepe Üniversitesi</i>	 (imza)

ONAY

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun bulunmuş ve Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu kararıyla onaylanmıştır.


(imza)

Prof. Dr. Diclehan Orhan
Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

o Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.

(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etmeniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, teziniz arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir)

x Tezimin/Raporumun 31 Aralık 2020 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir)

o Tezimin/Raporumun.....tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.

o Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi

28. / 03. / 2017

(İmza)

Elif İNAN EROĞLU

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Doç. Dr. Aylin AYAZ danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.



Uzm. Dyt. Elif İNAN EROĞLU

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim ve tez çalışmam boyunca engin bilgisi ve hoşgörüsüyle bana her konuda yol gösteren, her ihtiyaç duyduğumda bilgisini paylaşan ve zamanını ayıran, manevi olarak da varlığını her zaman hissettiren çok kıymetli hocam ve danışmanım Doç. Dr. Aylin Ayaz'a,

Çalışmaya verdiği katkılarından dolayı Sayın hocalarım Doç. Dr. Saniye Bilici ve Doç. Dr. Zehra Büyüktuncer Demirel'e,

Tecrübe ve birikimiyle her zaman destek ve yönlendirici olan değerli hocam Hacettepe Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü Toplu Beslenme Sistemleri Anabilim Dalı Başkanı Yrd. Doç. Dr. Derya Dikmen'e,

Örneklerin alüminyum analizlerinin yapılmasında büyük yardımları dokunan Hacettepe Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü Öğr. Gör. Dr. Atila Güleç'e,

Manevi desteğiyle kalmayıp yardımcı olabileceği her konuda yanımda olan arkadaşlarım Ar. Gör. Damla Dedebayraktar, Ar. Gör. R. Esra Erçim ve Ar. Gör. Berna Madalı'ya,

Akademik hayatım boyunca yardımlarını esirgemeyen arkadaşım mütercim tercüman Saygın Karabıyık'a,

Birlikte çıktığımız yolda bana her zaman destek olan sevgili eşim Barbaros Eroğlu'na, Yaşamım boyunca emeklerini asla üzerimden eksik etmeyen, hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan, eğitim hayatımın her anında olduğu gibi bu dönemde de yanımda olan sevgili annem Gülsüm İnan, sevgili babam Ruhi İnan, sevgili kardeşim Uğurcan İnan ve sevgili teyzem Fatma Can'a,

Tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. (H.Ü. B.A.B. destek projesi, 014 D12 401 004-813)

ÖZET

İnan Eroğlu, E., Farklı Alüminyum Folyolar Kullanılarak Fırınlanan Çeşitli Et Türlerinde Alüminyum Geçişlerinin Saptanması, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beslenme ve Diyetetik Programı Doktora Tezi, Ankara, 2017. Bu araştırmanın amacı alüminyum folyo ve akıllı folyo kullanılarak farklı marinasyon işlemlerine tabi tutularak hazırlanan çeşitli et türlerinin farklı sıcaklık ve sürelerde fırınlanması sonucunda besinlerde alüminyum geçişleri açısından farklılık olup olmadığının belirlenmesidir. Araştırmada dört et örneği (dana koyun, tavuk (göğüs ve but)) alüminyum folyo ve akıllı folyoya sarılarak 150°C’de 60 dakika, 200°C’de 40 dakika ve 250°C’de 20 dakika sade, tuzlu, marinasyon A (riviera zeytinyağı, tuz, karabiber), marinasyon B (sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber), marinasyon C (üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber) ve marinasyon D (süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber) yöntemi ile; balık etleri (somon ve mezigit) ise 150°C’de 40 dakika ve 200°C’de 20 dakika sade, tuzlu, marinasyon E (riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber) ve marinasyon F (süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber) yöntemi ile fırınlanmıştır. Çiğ örneklerin protein, yağ, nem, pH ve kül miktarları saptanmıştır. Tüm örneklerin ICP-MS cihazında alüminyum analizi yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre alüminyum folyoda ve akıllı folyoda sade olarak 150°C’de 60 dk ve 200°C’de 40 dk pişirilen koyun etinde, 150°C’de 60 dk pişirilen tavuk göğüs etinde, 150°C’de 40 dk ve 200°C’de 20 dk pişirilen somon eti ile 150°C’de 40 dk pişirilen mezigit etinde alüminyum geçişleri açısından aradaki farklılık önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Her iki folyo cinsinde marinasyon A yöntemi uygulanarak 200°C’de 40 dk ve 250°C’de 20 dk pişirilen dana etinde; 150°C’de 60 dk pişirilen koyun etinde; 250°C’de 20 dk pişirilen tavuk göğüs ve tavuk but etinde alüminyum geçişleri açısından aradaki farklılık önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Farklı folyolarda sıcaklık derecelerini tümünde marinasyon B yöntemi ile pişirilen tavuk göğüs ve tavuk but etinde; marinasyon C yöntemi ile pişirilen dana ve tavuk göğüs etinde ve marinasyon D yöntemi ile pişirilen tavuk but etinde alüminyum geçişleri açısından farklılık anlamlıdır ($p<0.05$). Marinasyon E yöntemi uygulanarak alüminyum folyo ve akıllı folyoda 150°C’de 40 dk pişirilen somon balığında alüminyum geçişleri açısından aradaki farklılık önemlidir ($p<0.05$). Bu araştırmanın sonuçlarına göre; etin yağ içeriği, asidite, sıcaklık ve sürenin artmasına bağlı olarak alüminyum folyodan besine alüminyum geçişleri akıllı folyoya göre daha yüksek bulunmuştur. Akıllı folyonun yağlı tarafının bariyer özelliği göstermesi ve alüminyum folyo ile besinin direkt temasını önlemesi nedeniyle alüminyum folyoya göre etlere alüminyum geçişlerinin daha az olduğu düşünülmektedir. Besin hazırlama ve pişirme aşamalarında akıllı folyodan besine alüminyum geçişinde akıllı folyonun etkilerinin belirlenmesi için farklı besinlerle ve farklı koşullarda yapılacak daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar kelimeler: Alüminyum folyo, alüminyum geçişi, alüminyum, marinasyon, pişirme

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. (H.Ü. B.A.B. destek projesi, 014 D12 401 004-813)

ABSTRACT

Inan Eroglu, E., Detection of Aluminium Migration in Various Baked Meat Types by Using Different Aluminium Foils, Hacettepe University Institute of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics Doctor of Philosophy Thesis, Ankara, 2017. The aim of this research is to determine whether there are differences in terms of aluminium migrations in various meat types, prepared with different marinating methods by using aluminium foils and smart foils, after they are baked in different temperatures and periods. In the research, by wrapping with aluminum foil and smart foil, four samples of meat (beef, mutton, chicken (breast and drumstick)), were roasted for 60 minutes in 150°C, 40 minutes in 200°C and 20 minutes in 250°C, as plain and salty, with marination A (riviera olive oil, salt, black pepper), marination B (garlic, onion, riviera olive oil, salt, black pepper), marination C (grape vinegar, riviera olive oil, salt, black pepper) and marination D (milk, riviera olive oil, salt, black pepper) methods; fish meats (salmon and whiting fish) were roasted for 40 minutes in 150°C and 20 minutes in 200°C, as plain and salty, with marination E (riviera olive oil, salt, white pepper) and marination F (milk, riviera olive oil, salt, white pepper) methods. The protein, oil, moisture, pH and ash amounts of raw samples were detected. The aluminum analyses of all samples were made in ICP-MS device. According to the results of the research, it was found that there were important differences in terms of aluminium migrations among muttons, cooked in 150°C for 60 minutes and in 200°C for 40 minutes; chicken breast meats, cooked in 150°C for 60 minutes; salmons, cooked in 150°C for 40 minutes and in 200°C for 20 minutes; and haddocks, cooked in 150°C for 40 minutes, which were also cooked as plain in aluminium foils and smart foils ($p < 0.05$). In each type of foils, with the application of marination A method, it was found that there were important differences in terms of aluminum migrations among beef, cooked in 200°C for 40 minutes and in 250°C for 20 minutes; muttons, cooked in 150°C for 60 minutes; and chicken breast meats and chicken drumsticks, cooked in 250°C for 20 minutes ($p < 0.05$). With different foils and under all temperatures, among chicken breast meats and chicken drumsticks, cooked with marination B method; beef and chicken breast meats, cooked with marination C method; and chicken drumsticks cooked with marination D method, the difference is meaningful in terms of aluminum migrations ($p < 0.05$). For salmons, cooked in 150°C for 40 minutes in aluminum foil and smart foil with the application of marination E method, the difference is important in terms of aluminum migration ($p < 0.05$). According to the results of this research; it was found that based on the increase of fat content of the meat, acidity, temperature and period, the aluminum migrations from aluminum foils into the foods were higher, when compared with the smart foils. As the waxed paper side of the smart foil has the feature of barrier and it also prevents the direct contact of aluminum foil with the food, the aluminum migrations into food are lower in smart foils, when compared with aluminum foils. In order to determine the effects of smart foils during aluminum migrations from smart foils into the foods in food preparation and cooking stages, more comprehensive researches are required to be made with different foods and under different condition.

Key Words: Aluminium foil, aluminium migration, aluminium, marination, cooking

Supported by Hacettepe University “Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi” (H.Ü. B.A.B. Project – Project No:014 D12 401 004-813)

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ONAY SAYFASI	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN	iv
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR	xii
ŞEKİLLER	xiv
TABLolar	xviii
1. GİRİŞ	1
1.1. Kuramsal Yaklaşımlar	1
1.2. Amaç ve Varsayım	3
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Alüminyumun Tarihçesi	4
2.2. Alüminyumun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	5
2.3. Alüminyumun Kullanım Alanları	6
2.3.1. Aşılar	6
2.3.2. İlaçlar / Farmasötik Ürünler	7
2.3.3. Kozmetik Ürünler	7
2.3.4. Gıda Katkı Maddeleri	8
2.3.5. Diğer	9
2.4. Alüminyum Maruziyeti	9
2.4.1. Diyet ile Maruziyet	9
2.4.2. Çevresel Maruziyet	15
2.4.3. Mesleki Maruziyet	16
2.5. Alüminyumun Emilimi	16
2.6. Alüminyumun Vücutta Dağılımı	17
2.7. Alüminyumun Vücuttan Atılımı	18
2.8. Alüminyumun Sağlık Üzerine Etkileri	19

2.8.1. Diyaliz Ensefalopatisi	20
2.8.2. Alzheimer Hastalığı	21
2.8.3. Parkinson Hastalığı	23
2.8.4. Multiple Skleroz	24
2.8.5. Körfez Savaşı Sendromu	24
2.8.6. İskelet Sistemi Bozuklukları	24
2.8.7. Hipokromik Mikrositik Anemi	26
2.8.8. Alerjik Etkiler	26
2.8.9. İskemik Kalp Hastalığı	26
2.8.10. Kanser	27
2.9. Alüminyum Folyo ve Besinlerde Alüminyum Analizi	27
3. GEREÇ VE YÖNTEM	29
3.1. Araştırma Zamanı, Yeri ve Örneklem	29
3.2. Yöntem	33
3.2.1. Örneklerin analizler için hazırlanması	33
3.2.2. Çiğ Örneklerde Yağ Tayini	34
3.2.3. Çiğ Örneklerde Protein Tayini	34
3.2.4. Çiğ Örneklerde Kül Tayini	34
3.2.5. Çiğ ve Pişmiş Örneklerde Nem Tayini	34
3.2.6. Çiğ ve Pişmiş Örneklerde pH Analizi	34
3.2.7. Folyoların Alüminyum İçeriklerinin Belirlenmesi	35
3.2.8. Etlerde Alüminyum Analizi	35
3.2.9. Bireylerin Alüminyuma Maruziyet Düzeylerinin Değerlendirilmesi	38
3.3. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi	39
4. BULGULAR	40
4.1. Çiğ Et Örneklerinin Protein, Yağ, Kül, Nem, pH ve Alüminyum (Al) İçerikleri	40
4.2. Farklı Et Türlerinde Kullanılan Farklı Marinasyon ve Sıcaklık Derecelerinin Besine Alüminyum Geçişine Etkisi	42
4.3. Farklı Et Türlerine Uygulanan Farklı Marinasyon ve Sıcaklık Derecelerine Göre Alüminyum Geçişlerinin Değerlendirilmesi	59

4.4. Farklı Et Türlerine Al Geçişlerini Etkileyen Parametreler	74
4.5. Farklı Sıcaklıklarda ve Folyolarda Pişirilen Etlerin Al içerikleri	82
4.6. Farklı Alüminyum Folyolarda Pişirilen Et Türlerine Göre Al Maruziyetinin Değerlendirilmesi	92
5. TARTIŞMA	103
5.1. Çiğ Et Örneklerinin Protein, Yağ, Kül, Nem, pH ve Alüminyum (Al) içerikleri	103
5.2. Farklı Et Türlerinde Kullanılan Farklı Marinasyon ve Sıcaklık Derecelerinin Besine Alüminyum Geçişine Etkisi	106
5.3. Farklı Et Türlerine Uygulanan Farklı Marinasyon ve Sıcaklık Derecelerine Göre Alüminyum Geçişlerinin Değerlendirilmesi	108
5.4. Farklı Et Türlerine Al Geçişlerini Etkileyen Parametreler	109
5.5. Farklı Sıcaklıklarda ve Folyolarda Pişirilen Etlerin Al içerikleri	112
5.6. Farklı Alüminyum Folyolarda Pişirilen Et Türlerine Göre Al Maruziyetinin Değerlendirilmesi	115
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	116
7. KAYNAKLAR	125
8. EKLER	
EK 1. Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Kararı	
EK 2. Araştırmada Kullanılan Alüminyum Folyo ve Akıllı Folyonun Fotoğrafları	
EK 3. Alüminyum Folyo ve Akıllı Folyo Analiz Sonuçları	
EK 4. ICP-MS Cihazına Ait Parametreler ve Çalışma Koşulları	
EK-5: Pişmiş Etlerin Yaş Ağırlık Üzerinden Alüminyum Miktarları İle Nem ve pH İçerikleri	
EK 6. Farklı Marinasyonlarda ve Sıcaklık Derecelerinde Pişirilmiş Etlerin Kuru Ağırlık Üzerinden Alüminyum İçeriklerinin Ortalama ve Standart Sapmaları ($\bar{X} \pm SS$)	
EK-7: Farklı Et Türlerine Göre Yetişkin Bireylerin Alüminyum Maruziyetleri (mg/kg/hafta)	
9. ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER ve KISALTMALAR

Al	Alüminyum
AlPO ₄	Alüminyum Fostat
Al(OH) ₃	Alüminyum Hidroksit
Al(OH) ₂ H ₂ PO ₄	Alüminyum Hidroksiapatit
ATP	Adenin trifosfat
A β	Amiloid β
dk	Dakika
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
FDA	Food and Drug Administration
FSA	Food Standards Agency
g	Gram
HCl	Hidrojen Klorür
HNO ₃	Nitrik Asit
H ₂ SO ₄	Sülfürik Asit
IARC	International Agency for Research on Cancer
ICP	İndüktif Eşleşmiş Plazma
ICP-AES	İndüktif Olarak Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektrografisi
ICP-MS	İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi
JECFA	The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives
KA	Kuru Ağırlık
KAl(SO ₄) ₂ .12H ₂ O	Potasyum Alum
kg	Kilogram
L	Litre
LOD	Limit of Detection / Dedeksiyon Limiti
LOQ	Limit of Quantification / Gözlenebilme Limiti
miRNA	Mikro RNA
μ g	Mikrogram
mL	Mililitre
μ M	Mikromol
μ m	Mikrometre

MS	Multiple skleroz
MTPT	1-metil-4-fenil-1,2,3,6-tetrahidropiridine
Na ₃ AlF ₆	Kriyolit
NaCl	Sodyum Klorür
NF-kB	Nükleer Faktör Kappa B
ng	Nanogram
TBSA	Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması
TOBR	Türkiye'ye Özgü Beslenme Rehberi
VA	Vücut Ağırlığı
XRF	X-ışını Floresans Spektrometrisi
YA	Yaş Ağırlık

ŞEKİLLER

Şekil		Sayfa
4.1.	150°C’de 60 dk sade pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.	46
4.2.	150°C’de 60 dk tuzlu pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.	46
4.3.	150°C’de 60 dk marinasyon A yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.	47
4.4.	150°C’de 60 dk marinasyon B yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.	47
4.5.	150°C’de 60 dk marinasyon C yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.	48
4.6.	150°C’de 60 dk marinasyon D yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.	48
4.7.	200°C’de 40 dk sade pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.	49
4.8.	200°C’de 40 dk tuzlu pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.	49
4.9.	200°C’de 40 dk marinasyon A yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.	50
4.10.	200°C’de 40 dk marinasyon B yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.	50
4.11.	200°C’de 40 dk marinasyon C yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.	51
4.12.	200°C’de 40 dk marinasyon D yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.	51
4.13.	250°C’de 20 dk sade pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.	52
4.14.	250°C’de 20 dk tuzlu pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.	52

4.15.	250°C’de 20 dk marinasyon A yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.	53
4.16.	250°C’de 20 dk marinasyon B yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.	53
4.17.	250°C’de 20 dk marinasyon C yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.	54
4.18.	250°C’de 20 dk marinasyon D yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.	54
4.19.	150°C’de 40 dk sade pişirilen balık etlerinin Al değişim % ortalamaları.	55
4.20.	150°C’de 40 dk tuzlu pişirilen balık etlerinin Al değişim % ortalamaları.	55
4.21.	150°C’de 40 dk marinasyon E yöntemi uygulanarak pişirilen balık etlerinin Al değişim % ortalamaları.	56
4.22.	150°C’de 40 dk marinasyon F yöntemi uygulanarak pişirilen balık etlerinin Al değişim % ortalamaları.	56
4.23.	200°C’de 20 dk sade pişirilen balık etlerinin Al değişim % ortalamaları.	57
4.24.	200°C’de 20 dk tuzlu pişirilen balık etlerinin Al değişim % ortalamaları.	57
4.25.	200°C’de 20 dk marinasyon E yöntemi uygulanarak pişirilen balık etlerinin Al değişim % ortalamaları.	58
4.26.	200°C’de 20 dk marinasyon F yöntemi uygulanarak pişirilen balık etlerinin Al değişim % ortalamaları.	58
4.27.	150°C’de 60 dk alüminyum folyoda pişirilen etlerin 1 porsiyonlarına göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek).	93
4.28.	200°C’de 40 dk alüminyum folyoda pişirilen etlerin 1 porsiyonlarına göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek).	93
4.29.	250°C’de 20 dk alüminyum folyoda pişirilen etlerin 1 porsiyonlarına göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek).	94

- 4.30.** 150°C’de 40 dk alüminyum folyoda pişirilen balık etlerinin 1 porsiyonlarına göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek) 94
- 4.31.** 200°C’de 20 dk alüminyum folyoda pişirilen balık etlerinin 1 porsiyonlarına göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek). 95
- 4.32.** 150°C’de 60 dk akıllı folyoda pişirilen etlerin 1 porsiyonlarına göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek). 95
- 4.33.** 200°C’de 40 dk akıllı folyoda pişirilen etlerin 1 porsiyonlarına göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek). 96
- 4.34.** 250°C’de 20 dk akıllı folyoda pişirilen etlerin 1 porsiyonlarına göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek). 96
- 4.35.** 150°C’de 40 dk akıllı folyoda pişirilen balık etlerinin 1 porsiyonlarına göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek). 97
- 4.36.** 200°C’de 20 dk akıllı folyoda pişirilen balık etlerinin 1 porsiyonlarına göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek). 97
- 4.37.** 150°C’de 60 dk alüminyum folyoda pişirilen standart gramaj (250 g) etlere göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek). 98
- 4.38.** 200°C’de 40 dk alüminyum folyoda pişirilen standart gramaj (250 g) etlere göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek). 98
- 4.39.** 250°C’de 20 dk alüminyum folyoda pişirilen standart gramaj (250 g) etlere göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek). 99

- 4.40.** 150°C’de 40 dk alüminyum folyoda pişirilen standart gramaj (250 g) balık etlerine göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek). 99
- 4.41.** 200°C’de 20 dk alüminyum folyoda pişirilen standart gramaj (250 g) balık etlerine göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek). 100
- 4.42.** 150°C’de 60 dk akıllı folyoda pişirilen standart gramaj (250 g) etlere göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek). 100
- 4.43.** 200°C’de 40 dk akıllı folyoda pişirilen standart gramaj (250 g) etlere göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek). 101
- 4.44.** 250°C’de 20 dk akıllı folyoda pişirilen standart gramaj (250 g) etlere göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek). 101
- 4.45.** 150°C’de 40 dk akıllı folyoda pişirilen standart gramaj (250 g) balık etlerine göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek). 102
- 4.46.** 200°C’de 20 dk akıllı folyoda pişirilen standart gramaj (250 g) balık etlerine göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek). 102

TABLOLAR

Tablo	Sayfa
2.1. Alüminyum katkı maddeleri ve kullanım alanları.	8
2.2. Bazı Besinlerin Alüminyum İçerikleri.	11
3.1. Satın alınan et türleri ve miktarları.	30
3.2. Pişmiş örneklerin kullanılan folyo türüne, uygulanan sıcaklık süreye ve marinasyon yöntemine göre dağılımları.	31
3.3. Etlerin bir porsiyonunun marinasyonunda kullanılan malzemeler ve miktarları.	33
3.4. Mikrodalga yakma programı parametreleri.	36
3.5. XP-1500 Plus kap sistemi temizlik programı parametreleri.	37
3.6. Alüminyum Elementinin LOD ve LOQ Değerleri.	38
4.1. Çiğ et örneklerinin protein, yağ, kül, nem ve pH ile Al içeriklerinin ortalama ve standart sapmaları ($\bar{X} \pm SS$).	41
4.2. Dana ve koyun etinin farklı marinasyonlarda ve sıcaklık derecelerinde alüminyum değişim yüzdelerinin ortalamaları ve standart sapmaları ($\bar{X} \pm SS$).	43
4.3. Tavuk göğüs ve tavuk but etinin farklı marinasyonlarda ve sıcaklık derecelerinde alüminyum değişim yüzdelerinin ortalamaları ve standart sapmaları ($\bar{X} \pm SS$).	44
4.4. Somon ve mezigit etinin farklı marinasyonlarda ve sıcaklık derecelerinde alüminyum değişim yüzdelerinin ortalamaları ve standart sapmaları ($\bar{X} \pm SS$).	45
4.5. Dana etine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerine ve sıcaklık derecelerine göre alüminyum geçişlerinin değerlendirilmesi.	60
4.6. Koyun etine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerine ve sıcaklık derecelerine göre alüminyum geçişlerinin değerlendirilmesi.	63
4.7. Tavuk göğüs etine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerine ve sıcaklık derecelerine göre alüminyum geçişlerinin değerlendirilmesi.	66
4.8. Tavuk but etine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerine ve sıcaklık derecelerine göre alüminyum geçişlerinin değerlendirilmesi.	69

- 4.9.** Somon etine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerine ve sıcaklık derecelerine göre alüminyum geçişlerinin değerlendirilmesi. 72
- 4.10.** Mezgıt etine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerine ve sıcaklık derecelerine göre alüminyum geçişlerinin değerlendirilmesi. 73
- 4.11.** Farklı sıcaklık-süre, et türü ve folyo çeşitlerinde Al değişim yüzdesi ile pH arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi. 75
- 4.12.** Farklı et türlerine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerinde Al değişim yüzdesi ile sıcaklık ve süre arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi. 78
- 4.13.** Farklı et ve folyo türlerinde Al değişim yüzdesi ile süre, sıcaklık ve pH arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi. 81
- 4.14.** Tüm et türlerinde farklı folyo türlerine göre Al değişim yüzdesi ile süre, sıcaklık, yağ ve pH arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi. 82
- 4.15.** Farklı sıcaklıklarda ve folyolarda pişirilen sade etlerin Al içerikleri. 83
- 4.16.** Farklı sıcaklıklarda ve folyolarda pişirilen tuzlu etlerin Al içerikleri. 84
- 4.17.** Farklı sıcaklıklarda ve folyolarda marinasyon A yöntemi uygulanarak pişirilen etlerin Al içerikleri. 85
- 4.18.** Farklı sıcaklıklarda ve folyolarda marinasyon B yöntemi uygulanarak pişirilen etlerin Al içerikleri. 86
- 4.19.** Farklı sıcaklıklarda ve folyolarda marinasyon C yöntemi uygulanarak pişirilen etlerin Al içerikleri. 87
- 4.20.** Farklı sıcaklıklarda ve folyolarda marinasyon D yöntemi uygulanarak pişirilmiş etlerin Al içerikleri. 88
- 4.21.** Farklı sıcaklıklarda ve folyolarda pişirilen sade balıkların Al içerikleri. 90
- 4.22.** Farklı sıcaklıklarda ve folyolarda pişirilen tuzlu balıkların Al içerikleri. 90
- 4.23.** Farklı sıcaklıklarda ve folyolarda marinasyon E yöntemi uygulanarak pişirilen balıkların Al içerikleri. 91
- 4.24.** Farklı sıcaklıklarda ve folyolarda marinasyon F yöntemi uygulanarak pişirilen balıkların Al içerikleri. 91

1. GİRİŞ

1.1. Kuramsal Yaklaşımlar

Yer kabuğunda en fazla bulunan üçüncü element olan Alüminyum (Al) hafif ağırlığı, esnekliği, işlenebilirliği, iyi termal ve elektrik iletkenliği, yüksek yansıtma özelliği, oksidasyona dayanıklılığı ve üstün bariyer kalitesi nedeniyle taşıma, ev eşyaları, paketleme materyali ve ilaçlar başta olmak üzere sanayide yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (1, 2). Alüminyum insan vücuduna başlıca yiyecekler, gıda katkı maddeleri, ilaçlar, kozmetik ürünleri, içme suyu ve içecekler yoluyla alınmaktadır (3).

Alüminyumun insanlarda santral sinir sistemi, iskelet sistemi ve hematopoetik sisteme zararlı etkisinin olduğu bildirilmektedir (4). Kronik böbrek hastalığı olan insanlarda ise nörotoksik etki yaptığı belirlenmiştir. Kan dolaşımındaki varlığı kemik ve beyinde alüminyum birikimine ve diyaliz bunaması olarak adlandırılan ensefalopatiye neden olmaktadır. Bu hastalar diyalizde kullanılan sular ile yüksek alüminyum seviyelerine maruz kalmaktadır (5). Ayrıca uzun dönem parenteral beslenen hastalarda alüminyumun nörolojik bozukluklara neden olduğu saptanmıştır (6). Bazı çelişkiler olmakla birlikte alüminyumun Alzheimer hastalığı gibi beyin hastalıklarında geliştirici bir faktör olabileceği bildirilmiştir (7). Ayrıca alüminyumun intravenöz beslenen preterm yeni doğanlarda da nörolojik bozukluklara neden olduğu belirlenmiştir (8).

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) 1986'da yayınlamış olduğu raporda insanların su ve besinler yoluyla yaklaşık olarak günlük 30 mg alüminyum aldıklarını bildirmiştir (9). Gıda ve Tarım Örgütü ile DSÖ'nün Birleşik Gıda Katkıları Uzmanlar Komitesi (the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives – JECFA) alüminyumun geçici tolere edilebilen haftalık alım düzeyini 7 mg/kg olarak belirlemiştir. Bu değer yetişkin bir erkeğin günlük olarak alabileceği 60 mg'a eşittir (10). Alüminyum, 2007 yılında JECFA tarafından tekrar incelenmiştir. Değerlendirme sürecinde tüm alüminyum içeren katkı maddeleri ve alüminyumun diğer kaynaklarının biyoyararlanım dahil maruziyet ile toksisite verileri göz önünde bulundurulmuştur. Alüminyum bileşiklerinin hayvanlarda üreme sistemi ve gelişen sinir sistemi üzerine potansiyel etkileri düşünülerek daha önce 0-0.6 mg/kg olarak kabul edilen günlük alım düzeyi ile 0-7 mg/kg olarak verilen geçici tolere edilebilen haftalık alım düzeyleri

yeniden değerlendirilmiştir. Bu değerlerin yerine katkı maddelerini de içine alacak şekilde tüm besinlerdeki alüminyum bileşenleri için geçerli olan yeni geçici tolere edilebilen haftalık alım düzeyi 1 mg/kg olarak bildirilmiştir (11). Alüminyumun geçici tolere edilebilen haftalık alım düzeyi JECFA tarafından 2012 yılında yeni toksikolojik çalışmaların ışığı altında tekrar değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeye göre, daha önce 1 mg/kg vücut ağırlığı (VA) olarak yayımlanan geçici tolere edilebilen haftalık alım düzeyi 2 mg/kg VA olarak değiştirilmiştir (12). Ülkemizde Türk Gıda Kodeksi Gıda ile Temas Eden Madde ve Malzemeler Yönetmeliği'nde 16 Ağustos 2014 tarihinde yapılan değişiklik kapsamında alüminyum ile ilgili kısıtlamalar yapılmıştır. Buna göre, gıda ile temas eden alüminyum ve alüminyum alaşımı madde ve malzemelerden gıdaya geçen alüminyum miktarı en fazla 5 mg/kg gıda olarak belirlenmiştir. Ayrıca gıda ile temas eden alüminyum madde ve malzemelerin kullanım alanlarında kısıtlama getirilmiştir. Gıda ile temas amacıyla kullanılacak alüminyum malzemelerin etiketlerinde asidik ($\text{pH} < 4.5$), bazik ($\text{pH} > 8.5$) ve tuz içeriği %3.5 NaCl'den fazla olan gıdaların pişirilmesi, işlenmesi ve depolanması için bu ürünlerin kullanılmaması veya sadece buzdolabı koşullarında muhafaza için kullanılması yönünde uyarıların bulundurulması zorunlu hale getirilmiştir (13).

Diyetle alınan alüminyum günlük tolere edilebilen alım miktarlarını geçmese de besinleri hazırlamada kullanılan kızartma tavası, düdüklü tencere, fırın tavası, kulplu tencere, tepsi, folyo ve ambalaj kağıdı gibi alüminyum içeren araç-gereçler kullanıldığında besinlere bu araç-gereçlerden alüminyum geçişleri olmakta ve dolayısıyla insanların alüminyuma maruziyeti artmaktadır (14-16). Alüminyumun araç gereçlerden besinlere geçişleri süre, sıcaklık, besinin yağ içeriği, besinin pH değeri, organik asitler veya tuzlar gibi diğer maddelerin varlığı gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir (17). Alüminyum pişirme kaplarından besinlere olan bu geçişlerin özellikle domates sosu gibi asidik besinlerin kullanımı ile daha belirgin olarak arttığı saptanmıştır (17-19). Besinlere uygulanan farklı marinasyon işlemlerine ve besinlerin pişirilmesinde kullanılan alüminyum folyolara göre besine geçen alüminyum miktarı da değişebilmektedir (20, 21).

1.2. Amaç ve Varsayım

Alüminyum araç-gereçlerden besinlere geçişlerin olduğu bildirilmekle birlikte, akıllı folyo olarak adlandırılan bir tarafı yağlı kağıt, diğer tarafı alüminyum olan folyolar ile yapılan çalışmalara literatürde rastlanmamıştır. Bu araştırma alüminyum folyo ve akıllı folyo kullanılarak farklı marinasyon işlemlerine tabi tutularak hazırlanan çeşitli et türlerinin farklı sıcaklık ve sürelerde fırınlanması sonucunda besinlere alüminyum geçişleri açısından fark olup olmadığını belirlemek amacıyla planlanmış ve yürütülmüştür.

Varsayımlar:

1. Alüminyum folyo ve akıllı folyo kullanılarak farklı sıcaklık ve sürelerde fırınlanan farklı et türleri arasında alüminyum geçişleri açısından fark vardır.
2. Farklı marinasyon işlemlerine tabi tutularak fırınlanan farklı et türleri arasında alüminyum geçişleri açısından fark vardır.
3. Alüminyum folyo ve akıllı folyo kullanılarak pişirilen farklı yağ içeriğine sahip et türlerinde alüminyum geçiş miktarları açısından fark vardır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Alüminyumun Tarihçesi

Oksijen ve silikondan sonra doğada en çok bulunan üçüncü element olan alüminyum yer kabuğunun yaklaşık olarak %8'ini oluşturmaktadır. Alüminyum çevrede fazla miktarda bulunmasına rağmen, yaşayan sistemlerde alüminyumun henüz bilinen bir esansiyel rolü yoktur. Genel anlamıyla alüminyum insanların ve hayvanların büyümesi, üremesi veya yaşamlarını sürdürebilmesi için esansiyel değildir (22). Alüminyum ticari olarak kullanılmaya başlanılan son elementlerden olsa da, yüzyıllardır bilinmektedir. Alüminyum ilk kez Romalılar tarafından kanamayı durdurucu olarak kullanılmıştır. Romalılar kullandıkları bu maddeye “alum” adını vermiştir. Orta çağda bu madde “alum taşı” olarak üretilmiştir (23). Alum taşı bal ile birlikte ülser tedavisinde kullanılmıştır (24). Humphry Davy 1808 yılında alüminyumun varlığını kanıtlamış ve isimlendirmiştir. Pierre Berthier ise 1821 yılında Güney Fransa'nın Provans bölgesinde bir köy olan Les Baux'ta %52 oranında alüminyum oksit içeren kil benzeri bir materyal keşfetmiş ve boksit adını vermiştir (25). Danimarkalı kimyacı Hans Christian Örsted ise 1825 yılında seyreltilmiş potasyum amalgamın anhidroz alüminyum klorid ile reaksiyonu sonucu az miktarda alüminyum metali üretmiştir (23). Alüminyum üretiminin patenti 1886 yılında birbirinden bağımsız olarak Amerika Birleşik Devletleri'nden Charles Martin Hall ve Fransa'dan Paul-Louis-Toussaint Heroult tarafından alınmıştır. Bu iki araştırmacı çözülmüş alümina içeren erimiş kriyolit (Na_3AlF_6) çözeltilisinden elektrik akımının geçmesiyle erimiş alüminyumun elde edildiğini keşfetmişlerdir (26). Alüminyumun endüstride ticari olarak kullanılmasına ise 19. yüzyılın sonlarında başlanmıştır (23). Alüminyumun ticari olarak kullanılmaya başlanmasından kısa bir süre sonra 1900 yılında üretimi 8000 tona ulaşmıştır. Günümüzde alüminyumun üretimi giderek artmakta ve alüminyum modern hayatın simgesi olmaktadır. Otomotiv ve havacılık transferlerinden, ambalajlama, gıda, inşaat ve uzay endüstrilerine kadar pek çok alanda kullanımı olması bu metalin çok yönlü bir kimyası olduğunu göstermektedir (27, 28).

2.2. Alüminyumun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Alüminyum yüksek reaktivite gösterdiği için serbest metal olarak doğada bulunmaz. Alüminyum genel olarak oksijen, silikon ve flor gibi elementlerle bileşik yaparak veya organik maddelerle kompleks oluşturarak doğada bulunur (29). Alüminyumun yaptığı kimyasal bileşikler genellikle toprakta, madenlerde (safir, yakut ve turkuvaz gibi), kayalarda (özellikle volkanik kayalarda) ve kilde bulunmaktadır (30). Alüminyum doğada alüminyum oksit, alüminyum hidroklorit, alüminyum hidroksit, alüminyum klorit, alüminyum laktat, alüminyum fosfat ve alüminyum nitrat olarak bulunmaktadır (29). Alüminyum oksit mineral asitler ve güçlü alkalilerde çözünebilir fakat suda çözünmemektedir. Alüminyum klorit, alüminyum nitrat ve alüminyum sülfat ise suda çözünebilmektedir (31).

Alüminyum metali dünyanın her yerinde üretilmektedir. Metal olarak alüminyum başlıca boksit olmak üzere alüminyum içeren madenlerden elde edilmektedir (31). Alüminyum metal üretimi işlemi başlıca iki basamaktan oluşmaktadır. Yüksek sıcaklık-kostik soda prosesinde boksit veya kriyolit cevherlerden alüminyum oksit arıtması ve daha sonra alüminanın metalik alüminyum ve oksijene indirgendığı elektrolit eritme işlemidir. Daha sonra farklı alaşımların elde edilmesi için diğer elementler eklenmektedir (32).

Alüminyum yumuşak, biçimlendirilebilen, dövülerek işlenebilen gümüş renkli bir metaldir (33). Ayrıca alüminyum manyetik olmayan ve yanmayan bir metaldir (32). Saf alüminyum, yoğunluğu demirin yaklaşık olarak üçte biri olan yumuşak bir metaldir. Alüminyum ısıyı ve elektriği iyi ileten metaldir. Bu özellikleri ile alüminyum özellikle endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılmaktadır (34).

Alüminyumun atom ağırlığı 26.98, atom numarası 13, iyonik yarıçapı 54 pm, yoğunluğu 2.7 g/cm^3 , erime noktası 660.4°C , kaynama noktası ise yaklaşık 2400°C 'dir (34). Alüminyum bor, indiyum, galyum ve talyumla birlikte periyodik cetvelin 3A grubunda yer almaktadır (33). Alüminyumun sadece bir kararlı izotopu (^{27}Al) vardır. Ayrıca alüminyumun 3 farklı izotopu (^{26}Al , ^{28}Al ve ^{29}Al) da yapay olarak üretilmektedir. Reaktifliği fazla olduğu için serbest metal olarak doğada bulunmaz. Alüminyum üç değerli iyon (Al^{3+}) olarak bulunduğu için oksidasyon-redüksiyon reaksiyonlarına katılmaz (35). Alüminyum su (H_2O) ve nitrik asitte (HNO_3)

çözünmez, hidrojen klorür (HCl) ve sülfürik asitte (H₂SO₄) çözünür özelliğe sahiptir (23).

2.3. Alüminyumun Kullanım Alanları

Alüminyum tek başına veya bileşik olarak farklı alanlarda kullanılmaktadır. Bununla birlikte alüminyum yumuşak bir metal olduğu için nadiren tek başına kullanılmaktadır. Alüminyum genellikle daha güçlü ve dayanıklı metal oluşturmak için diğer metallerle birlikte kullanımı tercih edilmektedir. Alüminyum tıpta, eczacılıkta, gıda teknolojisinde ve kozmetikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Alüminyum ayrıca besin hazırlama ve mutfak araç-gereçlerinde de sıklıkla kullanılmaktadır (36).

2.3.1. Aşılar

Aşıda alüminyum bileşiklerinin adjuvan özelliği ilk olarak 1926 yılında Glenny ve arkadaşları tarafından bulunmuştur. Glenny ve arkadaşları potasyum alum [KAl(SO₄)₂.12H₂O] çökeltileri de dahil olmak üzere çeşitli difteri toksoid çökeltilerinin immunojenitesini keşfetmişlerdir (37). Alum çökeltileri toksoidle indüklenen immün cevapta belirgin bir artış oluşturmaktadır. Bu yöntemle oluşturulan aşılar alum çökeltili aşılar olarak bilinmektedir. Bir diğer prosedür ise önceden oluşturulmuş alüminyum hidroksit hidratlı jellere antijen adsorpsiyonudur. Bu jeller standartlaştırılmış yolla önceden oluşturulur ve protein antijenlerini sulu solüsyondan adsorbe eder. Bu aşılar ise alüminyum adsorbe edilmiş aşılar olarak bilinmektedir. Alüminyum hidroksit [Al(OH)₃] ve alüminyum fostat (AlPO₄) en sık kullanılan adjuvanlardır (38). Alüminyum içeren adjuvanlar rekombinant proteinler, virüs benzeri partiküller, konjuge polisakkaritler ve DNA aşıları gibi çeşitli aşı ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (39). Alüminyum adjuvanlar bazen eritem, cilt altı nodüller ve aşırı duyarlılığa neden olabilir (40). Bu adjuvanların güvenilirliği araştırılmıştır (41). Fakat yakın gelecekte alüminyum adjuvanlarının yerine başka adjuvanların kullanılması olası gözükmemektedir (40, 42). Amerikan İlaç ve Gıda Dairesi (Food and Drug Administration – FDA) her doz aşısındaki olabilecek maksimum alüminyum seviyesini 0.85 mg olarak belirlemiştir (42). Alüminyum adjuvanların

kullanıldığı aşılarda arasında difteri, tetanoz, kuduz, hepatit ve şarbon aşılı sayılabilir (43).

2.3.2. İlaçlar / Farmasötik Ürünler

Alüminyum bileşikleri başlıca antiasitlerde, antidiyareik ürünlerde, antiseptik sularda ve hemoroidal ilaçlarda yaygın olarak bulunmaktadır (22). Alüminyum hidroksit kronik böbrek yetmezliği olan hastalarda fazla fosfatı bağlamak için kullanılmaktadır. Alüminyumun uzun dönem fosfat bağlayıcısı olarak kullanılmasını engellemek için alüminyum hidroksit yerine kalsiyum karbonat ve lantan sülfat kullanılmaya başlanmıştır (33). Alüminyum hidroksit, alüminyum fosfat ve sukralfat (sükroz sülfat-alüminyum kompleksi) gibi alüminyum içeren ilaçlar antiasit olarak reflü, dispepsi ve ülser tedavisinde kullanılmaktadır (32, 44). Tedavide kullanılan antiasitler günlük kullanımda 5 g alüminyum sağlamaktadır. Bu miktar diyetle alınan alüminyum miktarından yüzlerce kat fazladır (45). Alüminyum hidroksit özellikle oral sitratla beraber alındığında klinik olarak hızlı ilerleyen ensefalopati ile karakterize akut alüminyum intoksikasyonuna neden olduğu rapor edilmiştir. Bu durumda belirgin konfüzyon, miyoklonik nöbetler, koma ve ender olarak ölüm görülebilir (46). Alüminyum düz kas tonusunu azaltıp konstipasyona sebep olduğu için genellikle osmotik purgatif olan magnezyumla beraber kullanılmaktadır (32). İdrar kesesi kanamalarının tedavi edilmesinde %1'lik alum solüsyonu intravezikal olarak kullanılmaktadır (47). Alüminyum tuzları aşırı terlemede topikal antiperspiran olarak, atlet ayağı (tinea pedis) gibi deri inflamasyonuna bağlı hastalıklarda astrenjan, antibakteriyel ajan olarak ve anorektal bölgenin irritasyonuna karşı koruyucu olarak kullanılmaktadır (44).

2.3.3. Kozmetik Ürünler

Alüminyum silikat kozmetikte abrazif, topaklanmayı önleyici, hacim arttırıcı ve opaklaştırıcı ajan olarak kullanılmaktadır. Magnezyum alüminyum silikat ayrıca su içeren kozmetik ürünlerde viskozite arttırıcı ajan olarak da kullanılmaktadır (48).

2.3.4. Gıda Katkı Maddeleri

Besinlerde gıda katkı maddesi olarak en fazla sodyum alüminyum fosfat kullanılmaktadır. Bu bileşiğin asidik formları kek karışımlarına, donmuş hamurlara, pankek karışımlarına ve kendi kendine kabaran unlara eklenir ve sodyum bikarbonatla reaksiyona girerek bu besinlerin nemlenmesini önler. Ayrıca sodyum alüminyum fosfatın alkali formları işlenmiş peynirlerde ve peynirli besinlerde sıklıkla kullanılmaktadır. Alüminyum içeren bir diğer gıda katkı maddesi olan alüminyum potasyum sülfat sertleştirici ve beyazlatıcı olarak şekerlerin berraklaştırılmasında kullanılmaktadır. Bu gıda katkı maddesi güvenli olarak kabul edilse de yüksek miktarlarda alındığında vücuttaki fosfor tutulumunu etkileyebilir (22). Alüminyum silikatlar ise tuzlarda, süt içermeyen kremalarda ve diğer kuru toz ürünlerde topaklanmayı önleyici olarak kullanılmaktadır (22, 34). Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'ne göre alüminyum içeren gıda katkı maddeleri olarak alüminyum (E 173), alüminyum sülfat (E 520), alüminyum sodyum sülfat (E 521), alüminyum potasyum sülfat (E 522), alüminyum amonyum sülfat (E 523), sodyum alüminyum silikat (E 554), potasyum alüminyum silikat (E 555), kalsiyum alüminyum silikat (E 556), alüminyum silikat (kaolin) (E559) ve nişasta alüminyum oktenil suksinat (E 1452)'ın besinlerde kullanılmasına izin verilmiştir (49). Tablo 2.1.'de alüminyum içeren katkı maddeleri ve kullanım alanları verilmiştir (33).

Tablo 2.1. Alüminyum katkı maddeleri ve kullanım alanları. (33)

Bileşik	Kullanım Alanı
Alüminyum	Yüzey kaplama işleminde metalik renk
Alüminyum amonyum sülfat (Amonyum alum)	Nötrleştirici ve tampon olarak kullanılan asidik bileşik
Alüminyum potasyum sülfat (Potasyum alum)	Nötrleştirici, sertleştirici ve tampon olarak kullanılan asidik bileşik
Alüminyum sodyum sülfat (Soda/sodyum alum)	Tampon, nötrleştirici ve sertleştirici
Alüminyum sülfat (Alum)	Turşularda sertleştirici olarak
Kalsiyum alüminyum silikat	Unlarda / tozlarda topaklanmayı önleyici
Sodyum alüminyum silikat	Unlarda / tozlarda topaklanmayı önleyici
Kaolin (alüminyum oksit içerir)	Unlarda / tozlarda topaklanmayı önleyici

2.3.5. Diğer

Alüminyum ve alüminyum bileşikleri yaygın olarak inşaatlarda, ulaşımda, paketlemede, konteynırlarda, şekerin rafinasyonunda, mayalanmada, kağıt üretiminde, camda, seramikte, kauçukta, ocak kaplamalarında tahta koruyucu, su geçirmez tekstil sanayinde ve alev geciktirici olarak kullanılmaktadır (35). Ayrıca büyük şehirlerde içme suyunun temizlenmesi için koagülan eklenerek filtrasyon işlemi uygulanmaktadır. Koagülanlar organik maddeye bağlanır ve bakteri içeren partikülleri bir araya getirerek suyu temizler. Genellikle alüminyum sülfat (alum) ve polialüminyum klorit bu işlemde kullanılan koagülanlardandır (50). Sudaki toplam alüminyum ve alüminyum türleri pH ve solüsyondaki inorganik ligandların (F, Cl ve SO₄) miktarı ile belirlenmektedir (51). DSÖ içme suyunda bulunmasına izin verilen maksimum alüminyum konsantrasyonunu 0.2 mg/L olarak belirlemiştir (52).

2.4. Alüminyum Maruziyeti

İnsanlar alüminyuma;

- Besin tüketimi (besinler, gıda katkı maddeleri, pişirmede kullanılan araç-gereçler ve paketleme aracılığıyla),
- İçme suyu (doğal kaynaklar veya suyun arıtılmasında kullanılan alüminyumun kalıntıları aracılığıyla),
- Farmasötik ürünlerin kullanımı,
- Topraktan gelen tozlar aracılığıyla,
- Alüminyum endüstrisinde çalışan işçiler ise hava yolu ile maruz kalmaktadır (32).

2.4.1. Diyet ile Maruziyet

Alüminyum doğada yaygın olarak bulunmaktadır. İnsanlarda alüminyum maruziyeti başlıca diyet yoluyla olmaktadır. Diyetle alüminyum maruziyeti besinler, gıda katkı maddeleri, su ve alüminyum araç-gereçlerden kontaminasyon yoluyla olabilmektedir (22). İnsan vücuduna günlük tahmini 10 mg alüminyum alınmaktadır. Bu miktarın 9.6 mg'ı besinlerden, 0.1-0.4 mg'ı mutfak eşyaları ve paketlemeden ve 5µg'ı ise hava yoluyla alınmaktadır (53). Besinlerdeki alüminyum miktarı besinlerin

kendi alüminyum içeriğine veya besinlerin depolama, hazırlama ve pişirme aşamalarında alüminyum araç-gereçlerle olan etkileşimine göre farklılık göstermektedir (45). Alüminyumun topraktaki miktarı yüksek (%3-10) olmasına rağmen birçok bitki düşük miktarda alüminyum içermektedir (33). Toprağın pH'ı 4.5-5.0'dan düşük olduğu zaman alüminyum topraktaki suda çözünerek bitkinin kökleri tarafından emilmektedir (54). Hayvansal kaynaklı besinlerdeki alüminyum miktarı, hayvan yemlerindeki alüminyum miktarının düşük olmasına ve yumurta, süt gibi hayvansal kaynaklı ürünlere hayvandan alüminyum geçişinin sınırlı olmasına göre değişmektedir. Bunun sonucu olarak hayvansal kaynaklı besinlerin çoğu $<1 \mu\text{g/g}$ alüminyum içermektedir (33). Hayvansal kaynaklardaki en yüksek alüminyum miktarı $19 \mu\text{g/g}$ olarak İsviçre peynirinde gösterilmiştir. Süt, süt tozu ve peynirdeki alüminyum miktarı ise sütün alüminyum konteynırlarda saklanma durumuna, süt ürünlerinin alüminyum folyolarda paketlenme durumuna göre değişmektedir. Bu ürünlerden alüminyum maruziyetini azaltmak amacıyla sütler paslanmaz çelik konteynırlarda bekletilmeli, peynirler ise cam kaplarda muhafaza edilerek alüminyum folyo ile teması önlenmelidir (55). Deniz ürünlerindeki alüminyum miktarı denizlerin ve ırmakların alüminyum içeriklerine göre değişmektedir. Kerevitte kontamine olmuş su nedeniyle alüminyum biriktiği saptanmıştır. En yüksek alüminyum konsantrasyonu ise kerevitin hepato pankreasında bulunmuştur (56). Sebze, tahıl ve baharatlarda alüminyum miktarı yüksek saptanmıştır. Baharatların ve otların yemeklerde kullanımı genellikle az olmasına rağmen acılı besinlerin fazla tüketildiği bir diyetle alüminyum maruziyeti fazla olabilir (34). Baharatlardaki alüminyum konsantrasyonları baharatın kuru ağırlığı üzerinden verilirken diğer besinlerde yaş ağırlık üzerinden verilmektedir (35). Alüminyum gıda katkı maddesi içeren besinlerin tüketimi ile günlük alüminyum maruziyeti 5-100 mg arasında değişmektedir. Alüminyum katkı maddesi içeren kabartma tozlarının ve emülsifiye edicilerin kullanıldığı peynirlerin alüminyum içeriği yüksek bulunmuştur (57). Kabartma tozlarının 100 gramı 2 gramdan fazla alüminyum içermektedir. Alüminyum içeren katkı maddelerinin kullanıldığı diğer besinler ise kek karışımları, dondurulmuş hamur ürünleri ve turşulardır (58). Çay yapraklarındaki alüminyum miktarı da yüksektir. Çay yapraklarında alüminyum miktarı yaklaşık olarak 1 g/kg 'dır. Çaydaki alüminyum konsantrasyonu $0.7-5.9 \text{ mg/L}$ olarak bulunmuştur (59). Çay, diyetle alüminyum alımını günlük olarak 4 mg arttırmaktadır

(57). Bazı besinlerin alüminyum miktarları Tablo 2.2.'de verilmiştir (33, 35, 45, 58, 60, 61).

Tablo 2.2. Bazı Besinlerin Alüminyum İçerikleri. (33, 35, 45, 58, 60, 61)

Besinler	Al (mg/kg)
Süt ve Süt Ürünleri	
Süt	3,8
Peynir	3,8
Keçi peyniri	15
İsveç peyniri	19
Cheddar peyniri	3,9
Yoğurt	0,28
Keçi yoğurdu	28
Et ve Et Ürünleri	
Dana eti	1,2
Tavuk eti	1,2
Sosis	6,2
Balık	0,15
Konserve Somon	8,2
Yumurta	0,27
Kurubaklagiller	11,26
Sert kabuklu kuruyemişler (badem, ceviz, kaju, kestane vb.)	2,3-4,6
Çam fıstığı	38
Ekmek ve Tahıl Ürünleri	
Mısır unu	5,3
Yulaf	4,0
Arpa	5,0-7,0
Buğday	4,0-16,0
Pirinç	3,3
Buğday unu	5,6
Makarna	5,5
Beyaz ekmek	3,6
Buğday ekmeği	4,5
Kahvaltılık gevrek	1,0

Tablo 2.2. (Devam) Bazı Besinlerin Alüminyum İçerikleri. (33, 35, 45, 58, 60, 61)

Besinler	Al (mg/kg)
Sebze-Meyveler	
Lahana	5,7
Havuç	3,8
Karnabahar	4,0
Pırasa	15
Soğan	5-10
Kuşkonmaz	1,7-9,0
Yeşil Fasulye	8,0
Mantar	2,9
Bezelye	2,1
Patates	2,5
Soya fasulyesi	7,8
Ispanak	6,9
Üzüm	<0,5
Ananas	<0,3
Portakal	<0,4
Elma	0,2-0,9
Muz	<0,4
Karpuz	0,28
Kuru üzüm	10,5
Yağlar- Şekerler	
Tereyağı	1,4
Margarin	1,7
Zeytinyağı	0,043
Şeker	1,7
Bal	0,5
Çikolata	9,4
Reçel	4,1

Tablo 2.2. (Devam) Bazı Besinlerin Alüminyum İçerikleri. (33, 35, 45, 58, 60, 61)

Besinler	Al (mg/kg)
Diğer	
Kabartma tozu	70
Paprika	49-700
Susam	5-10
Karabiber	48-237
Tarçın	48-115
Turşu	7,4
Sirke	0,21
Tuz	2,4
Soya bazlı bebek mamaları	6-11
Ketçap	3,72
Mayonez	4,57
Beşamel sos	6,92
Tatlı ekşi sos	1,93
Hardal	8,87

Alüminyum içeren besinler ve alüminyum içeren katkı maddelerinin dışında diyetle alüminyum maruziyeti besinlerin alüminyum konteynırlarla depolanması ile besin hazırlama, pişirmede kullanılan alüminyum pişirme kapları (tencere, tava, tepsi, cezve gibi) ve folyolarla temas sonucu artabilmektedir. Alüminyum pişirme kaplarında hazırlanan besinlerin tüketimi sonucu maruz kalınan alüminyum miktarının diğer kaynaklardan alınan alüminyum miktarından daha az olmasına rağmen özellikle alüminyum pişirme kaplarının sık kullanılması durumlarında bu kaplardan alüminyum geçişinin belirgin olarak arttığı belirlenmiştir (22). Ayrıca pişirme süresi ve sıcaklığı, besinin kompozisyonu ve pH değeri ile diğer maddelerin varlığı (organik asitler, tuz ve diğer iyonlar) gibi faktörler de besinlere alüminyum geçişlerini etkilemektedir. Normal koşullarda besinle temas eden maddelerden besine alüminyum geçişi toplam diyetSEL maruziyetin küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Bununla birlikte, alüminyum tencerelerin, kapların veya folyoların elma, domates ve tuzlanmış balık gibi besinlerle kullanılması bu besinlere alüminyum geçişlerini arttırmaktadır. Ayrıca alüminyum

kapların ve tepsilerin özellikle domates, turşu ve sirke gibi asidik besinlerle kullanılmasın alüminyum geçişlerinde artışa neden olduğu bildirilmiştir (22, 62).

Yapılan bir çalışmada domates sosu, sitrik asit, elma sirkesi, tuz ve çeşitli baharatlar kullanılarak hazırlanan kıymalar alüminyum folyo kullanılarak pişirilmiştir. Alüminyum geçişlerinin asidik solüsyonlarda daha fazla olduğu bulunmuştur. Çalışmaya göre alüminyum folyoların ambalaj materyali için uygun olabileceği fakat pişirme için uygun olmadığı sonucuna varılmıştır (14).

Alüminyum geçişlerinde bir diğer etken süre ve sıcaklığın etkisidir. Ülkemizde bu konuda yapılan bir çalışmada alüminyum folyoya sarılarak fırınlanmış etlerin alüminyum içerikleri incelenmiştir. Çalışmada sığır, manda, koyun, tavuk ve hindi etleri 4 gruba ayrılmıştır. İlk grupta nem, protein, yağ ve kül miktarı tayinleri yapılmıştır. Diğerleri ise 150°C'de 60 dakika, 200°C'de 40 dakika ve 250°C'de 20 dakika olmak üzere fırınlanmıştır. Çalışma sonucunda en yüksek alüminyum geçişinin 250°C'de 20 dakika pişirilen etlerde, en düşük alüminyum geçişinin ise 150°C'de 60 dakika pişirilen etlerde olduğu saptanmıştır. Ayrıca pişirme işlemine ek olarak etin yağ içeriğinin de alüminyum geçişlerini etkilediği belirlenmiştir (63).

Pişirme yöntemine göre besinlere olan alüminyum geçişini saptamaya yönelik yapılan bir çalışmada alüminyum folyoya sarılan 4 farklı balık türü (morina balığı, kömür balığı, okyanus levreği ve uskumru balığı) sade veya sirke ve tuzlanarak fırınlanmış ya da sade veya soğan halkası ve 1-2 g karışık baharatla kömürde ızgarada pişirilmiştir. Sonuçta ızgara yapılan balıklardaki alüminyum geçişlerinin daha fazla olduğu saptanmıştır. Bu durumun ızgara yapılan balıkların daha yüksek sıcaklıklarda pişirilmesinden ve bu balıklarda kullanılan baharatların alüminyum içeriğinin yüksek olmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir (17).

Gıda katkı maddelerinin, besinin yüzey alanının ve etin ağırlığının besine alüminyum geçişine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada balık, inek ve tavuk etleri alüminyum folyoya sarılarak fırınlanmıştır. Sonuç olarak Al geçişinin gıda katkı maddesi ve alüminyum folyo ile besinin temas alanının artmasıyla arttığı belirlenmiştir. Araştırma sonucunda alüminyuma maruziyette besinin yüzey alanının etin ağırlığından daha etkili olduğu bulunmuştur (64).

Alüminyumun insan vücuduna alındığı bir başka olası yol ise alüminyum kutulardır. Alüminyum kutular; gazlı içecekler, biralar, meyve suları ve sodalar gibi

besinlerin paketlenmesinde kullanılmaktadır (22). Alüminyum kutulardaki içecekler cam şişelerdeki içeceklere göre 5-7 kat daha fazla alüminyum içermektedir. Alüminyum kutulardaki en yüksek alüminyum miktarı 10000 µg/L olarak rapor edilmiştir (65).

Alüminyum anne sütünde ortalama 24 µg/L olarak belirlenmiştir (66). Anne sütünde bulunan alüminyumun çok az miktarı emzirme yoluyla bebeğe geçmektedir (43). Hamile ve/veya emziren ratlara subkütan olarak enjekte edilen ²⁶Al ile fetüste ve emzirme dönemindeki yavruda transplasental yol ve/veya maternal süt ile alüminyum maruziyeti gösterilmiştir (67). Alüminyum ayrıca soya bazlı bebek mamaları ve süt bazlı bebek mamalarında da bulunmaktadır (3). Soya bazlı süt ürünleri ile bebekler günlük 2.1 mg alüminyuma maruz kalmaktadır (46).

Suyun arıtılmasında alüminyum kullanımı genellikle çözülebilir, düşük moleküler ağırlıklı, kimyasal olarak reaktif ve daha kolay emilebilen alüminyum türlerini arttırmaktadır (24). İçme suyundan günlük yaklaşık olarak 100 µg/L alüminyum alınmaktadır (68). İçme suyundan alınan alüminyum günlük alınan alüminyumun yaklaşık %3'ünü oluşturmaktadır (31).

2.4.2. Çevresel Maruziyet

Alüminyum yer kabuğunda fazla bulunmasına rağmen doğal suların çoğunluğu çok az miktarda çözünmüş alüminyum (<10 µg/L), deniz suları ise 1 µg/L alüminyum içermektedir. Deniz sularındaki alüminyum genellikle tek hücreli yosunlarda birirmektedir (33). Modern endüstriyel teknolojilerin gelişimi ve kimyasalların atmosfere karışması asit yağmurlarına neden olmaktadır (24). Asit yağmurları nedeniyle doğal sular asitlendiğinde veya içme suyu elde etmek için doğal sular alüminyum sülfatla muamele edildiğinde doğal sulardaki alüminyum miktarı artmaktadır (33). Asit yağmurlarında bulunan sülfür ve nitrojen oksitleri gibi güçlü mineral asitler alüminyumunu topraktan çözerek metalin mobilize olmasına neden olabilir (24). Asit yağmurları nedeniyle asitlenen göller ve nehirlerdeki asit miktarı 700 µg/L'ye kadar ulaşabilir. Bu düzey balıklar için genellikle zehirli seviye olarak kabul edilmektedir (33). Ayrıca toprak erozyonu, kayaların parçalanması ve volkanik aktivite gibi doğal olaylar alüminyumun su, hava ve biota dahil olmak üzere diğer çevresel bileşenlerde açığa çıkması ve redistribüsyonu ile sonuçlanmaktadır (62).

Havanın alüminyum konsantrasyonu kırsal alanlarda 20-500 ng/m³, kentsel alanlarda ise 1000-6000 ng/m³ arasında değişmektedir. İnsanlar 200 ng/m³ konsantrasyonunda ve <5 µm partikül büyüklüğünde çevresel alüminyuma maruz kalmaktadır. Yirmi m³ normal ventilasyon hacmine sahip bir insan günde 40 µg alüminyum solumaktadır (69).

2.4.3. Mesleki Maruziyet

Alüminyumun günlük hayatta ve endüstride kullanımının giderek artması ile alüminyum maruziyeti kaçınılmaz hale gelmiştir. Potansiyel alüminyum maruziyetinin belirli meslek gruplarında (alüminyum arıtma ve metal endüstrisi, basım ve yayım işlerin ve otomotiv işi gibi) çalışan insanlarda daha yüksek olması beklenmektedir (70). Alüminyum tozlarının üretimi sırasında alüminyum partiküllerine mesleki maruziyet 1950’lerde 100 mg/m³’lere ulaşmıştır (71). Bununla beraber 1990’larda alüminyum tozları üretimi sırasındaki maruziyet seviyeleri 5-21 mg/m³, alüminyum macunları üretimi sırasındaki maruziyet seviyeleri ise 1-4 mg/m³ olarak bildirilmiştir (72). Alüminyum kaynak yapma işlemi sırasında 0.2-5 mg/m³ alüminyum üretilmektedir (34). Toz üretimi ve kaynak yapma işlemi genellikle yüksek seviyede mesleki alüminyum maruziyetine neden olmaktadır. Mesleki alüminyum maruziyeti görülen işçilerde bilişsel bozukluklar, dikkat eksiklikleri, öğrenme ve sözel ya da vizüel bozukluklar, “kavram oluşturma” problemleri rapor edilmiştir (22).

2.5. Alüminyumun Emilimi

Alüminyumun gastrointestinal emilimi başlıca genel pH ile bağırsak içeriğindeki alüminyumun iyonik ulaşılabilirliğine, kompleks ligandların varlığına ve alüminyum bileşiğinin kimyasal formuna bağlıdır (3). Alüminyum başlıca duodenum ve jejunumdan emilmektedir. Midenin asidik pH’ı emilimi kolaylaştıracak şekilde Al(OH)₃ gibi çözünmeyen alüminyum türlerini çözebilmektedir (29). Alüminyum emiliminin gastrointestinal mekanizmaları pasif (difüzyon) ve aktif (taşıyıcı aracılığıyla ve veziküler) taşıma ile olmaktadır (73). Alüminyumun biyoyararlanımı esansiyel ve esansiyel olmayan iz elementlerin miktarından, metal bağlayıcı ligandlardan ve alüminyum emilimini inhibe eden veya arttıran diyet faktörlerinden etkilenmektedir (29). Diyetle askorbik asit ve laktik asit gibi organik bileşenlerin

varlığı alüminyumun gastrointestinal emilimini belirgin bir şekilde arttırmaktadır. Ayrıca kalsiyum alımı da alüminyum emilimini arttırmaktadır. Gastrik asidin bu organik şelatörlerle reaksiyonu alüminyum katyonlarını çözerek alüminyumun çökmesini engellemektedir. Böylece alüminyumun emilimi artar (22). Sitrat alımı da hücreler arası geçirgenliği artırarak alüminyum emilimini arttırabilir (73). Alüminyumun oral biyoyararlanımı ile ilgili yapılan insan ve deneysel hayvan çalışmalarında içme suyundan biyoyararlanımın %0.3, yiyecekler ve içeceklerden biyoyararlanımın ise %0.1 olduğu bildirilmiştir (3, 22, 32, 74).

Madencilerde, dökümcülerde ve diğer maden işlerinde çalışanlarda tozlar ve aerosoller aracılığıyla alüminyum maruziyeti de önemlidir (70). Havadaki alüminyumun nazal kavitenin üst kısmında bulunan olfaktori nöronlar aracılığıyla veya akciğer epitelyumu ve yutulan partiküllerin sindirim kanalı yoluyla direkt olarak beyne iletiği rapor edilmiştir (75, 76). Kana geçen alüminyumun %3'ünün akciğerler yoluyla alınan alüminyum olduğu tahmin edilmektedir (77).

Ter önleyici olarak kullanılan klorohidrat gibi alüminyum tuzlarının kullanılmasıyla yaklaşık olarak %0.01'lik dermal alüminyum emilimi olmaktadır (43).

2.6. Alüminyumun Vücutta Dağılımı

Emiliminden sonra alüminyum kan aracılığıyla eşit olmayan bir şekilde farklı organlara dağılmaktadır (78). Plazmada alüminyumun yaklaşık %91'i demir taşıyıcı protein olan transferrine, yaklaşık %7-8'i sitrata, geri kalanı ise fosfat ve hidroksite bağlanmaktadır (46). Dokularda ve organlarda alüminyumun hücreyel alımı yavaştır. Transferrin reseptör aracılığıyla oluşan endositoz alüminyumu beyne ve diğer organlara iletebilir (35). Alüminyumun toplam vücut yükü yaklaşık olarak 30-50 mg arasındadır. Bu vücut yükünün %50'si iskelette, %25'i ise akciğerde, %10'u kaslarda, %3'ü karaciğerde, %1'i beyinde, %0.3'ü kalpte, %0.25'i böbrekte ve %0.2'si dalakta bulunmaktadır (46, 74). İnsan kemiklerindeki alüminyum miktarı ise 5-10 mg/kg olarak bildirilmiştir (79). İskeletteki alüminyum diğer çok değerlikli metal iyonları gibi başlangıçta kemik yüzeyinde çok ince bir tabaka olarak birikmektedir. Kemikteki alüminyum birikiminin mekanizması tam olarak bilinmemekle beraber şu mekanizmaların rol oynadığı düşünülmektedir: var olan kemik mineralinin hidrasyon kabuğu içinde alüminyum iyonlarının sıkışması, kemiklerin bir araya gelerek

oluşturduğu yeni kemik mineral bölgelerine alüminyum geçişi ve fosfoproteinler gibi kemik matriksinin asidik organik bileşenlerine alüminyum bağlanmasıdır (33). Maruziyet açısından beyin alüminyumun biriktiği önemli bir organ olsa da diğer dokulara göre daha az alüminyum içermektedir (32, 74). Beynin gri maddesi beyaz maddeye göre iki kat daha fazla alüminyum içermektedir (70). Kandaki alüminyum miktarının $<2 \mu\text{g/L}$ olduğu rapor edilmiştir (35). Serumdaki normal alüminyum seviyesi yaklaşık olarak $1-3 \mu\text{g/L}$ arasındadır (32). Hücre içinde alüminyum lizozom, hücre çekirdeği ve kromatinde birikmektedir (29). Alüminyumun toplam vücut yükü iyonun kimyasal özelliklerine, alüminyuma maruziyet süresine ve doza, bireyin yaşına, cinsiyetine ve metabolik durumuna göre değişmektedir (33, 70). Örneğin; kemik, beyin ve diğer organlardaki alüminyum miktarı alüminyuma maruziyet süresine göre arttığı için yaşla birlikte artmaktadır (80). Ayrıca solunum yoluyla alüminyuma maruziyet sonucu alüminyum başlıca akciğer, hilar lenf nodları ve dalakta birikmekte, oral maruziyet sonucu başlıca beyin (öncelikli olarak hipokampus), kemik, böbrekler, kas ve kalpte birikmektedir (81-83). Dalaktaki alüminyum seviyelerini glukonik asit ve askorbik asit; böbrekteki alüminyum seviyelerini ise glukonik ve oksalik asit arttırmaktadır (70).

2.7. Alüminyumun Vücuttan Atılımı

Alüminyumun %95'i idrar ile atılmaktadır. Azalmış renal fonksiyon vücutta alüminyum birikimi riskini belirgin bir şekilde arttırmaktadır. Safra ile alüminyum atımı ise %2'den daha azdır. Şelatörler alüminyum klirensini artırabilir. Sitrat şelatör olarak davranmaktadır (84). Alüminyumun renal klirensi sitrat formunda olabilir (46, 74).

Alüminyuma maruziyetin değerlendirilmesinde kısa dönemde maruziyet göstergesi olarak idrar düzeyi kullanılırken, uzun dönem maruziyette ise vücut yükünü daha iyi yansıtan plazma düzeyleri kullanılmaktadır. Bununla birlikte bu iki indikatör de alüminyumun vücut yükü için iyi bir gösterge değildir. Alüminyumun vücut yükünün saptanmasında en iyi yöntem kemik alüminyum düzeyinin saptanmasıdır. Bunu saptamak için desferrioksamin yükleme testi yapılmaktadır. Kesin bir tanı için kemik biyopsisi gereklidir (35).

2.8. Alüminyumun Sağlık Üzerine Etkileri

Alüminyumun insanlar için esansiyel veya yararlı olduğuna dair bir kanıt bulunmamaktadır. Alüminyum merkezi sinir sistemine, iskelet sistemine ve hematopoietik sisteme toksik etki gösterebilir. Alüminyum bilişsel bozukluklara, kemik hastalıklarına, mikrositik hipokromik anemiye ve böbrek yetmezliği olan hastalarda ensefalopatiye (diyaliz ensefalopatisi) neden olabilmektedir. Ayrıca Alzheimer hastalığı dahil olmak üzere bazı nörodejeneratif hastalıklarda önemli bir çevresel faktördür (85).

Alüminyum 200'den fazla önemli biyolojik reaksiyonları etkilemekte ve merkezi sinir sisteminde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Alüminyumun etkilediği bu reaksiyonlar arasında aksonal transport, nörotransmitter sentezi, sinaptik transmisyon, proteinlerin fosforilasyon veya defosforilasyonu, protein degradasyonu, gen ekspresyonu ve inflamatuvar cevaplar gibi beyin gelişimini etkileyen mekanizmalar bulunmaktadır (86). Alüminyum ve nörodejeneratif hastalıklar arasındaki ilişki hala tartışmalı olmasına rağmen alüminyum diyaliz ensefalopatisi, Alzheimer hastalığı, Parkinson hastalığı ve multiple skleroz dahil olmak üzere birçok beyin hastalığıyla ilişkilendirilmiştir (5, 86-89).

Yüksek alüminyum içeren diyalizatlar ile alüminyumun direkt kan dolaşımına verilmesi ve alüminyum içeren fosfat bağlayıcılarının ya da antiasitlerin oral dozlarının ilaç tedavisi olarak alınması sonucu alüminyum maruziyeti olabilir (70). İntravenöz beslenen prematüre bebekler, total parenteral beslenme alan hastalar, ciddi yanıkları olan hastalar, idrar torbasındaki kanamayı önlemek için alum irrigasyonu alan hastalar ve alüminyum içeren kemik dolgusu ile kraniyal kemik rekonstrüksiyonu alacak hastalarda da alüminyum maruziyeti söz konusudur (22). Parenteral beslenme solüsyonlarındaki alüminyumun başlıca kaynakları kalsiyum glukonat ve fosfatlardır. Bu solüsyon intravenöz verildiği için %100 oranında biyolojik olarak kullanılmaktadır. Prematüre bebeklerin böbrekleri tam olgunlaşmadığı için bu bebeklerde alüminyum atımı tam olarak gerçekleşmemektedir. Bu yüzden bu bebeklerde alüminyum birikimi gerçekleşerek metabolik kemik hastalığı, kolestatik hepatit ve mental gelişme bozukluğu gelişebilir (35). Ayrıca prematüre bebeklerin kan-beyin bariyeri de tam olarak olgunlaşmadığı için parenteral beslenen yetişkinlere göre bebekler alüminyum toksisitesi açısından büyük risk altındadır (50).

2.8.1. Diyaliz Ensefalopatisi

Böbrek hastalığı olan bireyler için alüminyumla ilgili olarak çift taraflı risk bulunmaktadır. Birincisi bu hastalar tedavi sürecinin bir parçası olarak alüminyuma maruz kalmaktadır, ikincisi ise bu hastaların hastalığa bağlı olarak alüminyum vücuttan atma yetenekleri azalmıştır (90). Ayrıca böbrek yetmezliği olan hastalar fosfatı da vücuttan atmada güçlük çekmektedirler. Kan fosfat seviyelerinin yüksek olması bu hastaların kemik ve kalp hastalıkları ile ölüm riskini arttırmaktadır. Alüminyum hidroksit 1960'larda fosfat emilimini sınırlandırmak için böbrek yetmezliği olan hastalarda fosfat bağlayıcı olarak kullanılmaya başlanmıştır (50). Alüminyum içeren fosfat bağlayıcıların özellikle alkalileştirici sitrat solüsyonu (Shohl's solüsyonu) ile beraber kullanılması alüminyum sitrat kompleksi oluşturup alüminyumun emilimini arttıracığı için daha riskli bulunmuştur (91, 92). İlk defa 1972 yılında tanımlanan diyaliz ensefalopatisi uzamış hemodiyalize maruziyetin komplikasyonu olarak ortaya çıkmıştır (93). Diyaliz ensefalopatisi olan hastalarda konuşmada zorluklar (disartri), hareket planlama bozukluğu (dispraksi), bilinç bozuklukları ve ataksiyi takiben psikoz nöbetleri, kişilik değişimleri, miyoklonik hareketler, elektroensefalografik anormallikler, konvülsiyonlar ve demans görülmektedir (36).

Diyaliz ensefalopatisinin klinik seyri şu şekildedir (50);

1. 6-12 aylık asemptomatik periyot,
2. Kısa dönem hafıza ve ilişkisel öğrenme kaybı,
3. Kas tonusunda değişiklikler, dispraksi gibi motor kontrol rahatsızlıkları,
4. Miyoklonik hareketler ve nöbetler,
5. Tedavi edilmezse ölümdür.

Diyaliz ensefalopatisinin mekanizmaları tam olarak bilinmemektedir. Alüminyum transferrin aracılığıyla kan-beyin bariyerini geçmekte ve beyin korteksinde transferrin reseptörlerinden zengin olan bölgede birikmektedir. Piramidal nöronların distribüsyonunun yapıldığı bu bölge solunum zinciri enzimlerinin sentezi için demire yüksek oranda ihtiyaç duymaktadır. Bu bölgedeki hasarların nöropati ile sonuçlandığı düşünülmektedir (33).

Diyaliz ensefalopatisi hastalarının beyin, kas ve diğer dokularında alüminyum seviyeleri yüksek bulunmuştur. Serum alüminyum seviyesinin $>80 \mu\text{g/L}$ olması

diyaliz ensefalopatisi ile ilişkilendirilmiştir (94). Ayrıca diyaliz ensefalopatisi olan hastaların serebral korteks alüminyum konsantrasyonları da 10-25 µg/g kuru beyin ağırlığı olarak bildirilmiştir (50). Ensefalopatinin başladığı birçok vakada kullanılan diyaliz sıvılarının alüminyum içeriği >200 µg/L olarak belirlenmiştir (69). Günümüzde diyaliz hastalarının alüminyum maruziyeti minimumdur. Çünkü diyaliz merkezlerinin çoğunda diyaliz sıvısının alüminyum seviyesi <10 µg/L'dir. Bu amaçla oral fosfat bağlayıcılar kullanılmaktadır (95).

Mesane yıkama (%1'lik alum ile) gibi diğer klinik işlemlerin serumdaki alüminyumun seviyelerinin artmasına bağlı olarak ensefalopati semptomlarına neden olduğu belirtilmiştir (24).

2.8.2. Alzheimer Hastalığı

Alzheimer hastalığı başlangıçta kısa dönem hafıza ve konuşma kaybı, oryantasyon bozukluğu, problem çözme ve soyut düşünme yeteneği kaybı ile bilişsel bozukluklarla karakterize progresif olarak beyin fonksiyonlarının kötüye gittiği bir hastalıktır (7). Alzheimer hastalığının diyagnozu beyin görüntüleme tekniklerinde kullanılan biyomarkerlar ile serebrospinal sıvıdaki protein analizlerini içermektedir (96).

Alzheimer hastalığı beyinde birbiriyle ilişkisi olan biyokimyasal olayların sonucu oluşan serebral fonksiyonlardaki değişikliklerle karakterizedir. Bu serebral disfonksiyonlar yeni bilgilerin alınması/işlenmesi ile önceden bilinen işlerin yapılmasında zorluklar, konfüzyon, sosyal aktivitelere katılmama, hafıza kaybı ve kişilik değişimleri ile sonuçlanmaktadır (97). Hastalığın tipik nöropatolojik işaretleri intrasellüler nörofibriler yumaklar (tau proteininin hiperfosforilizasyonu), ekstrasellüler senil plakların birikmesi (amiloid β (Aβ) proteininin hiperfosforilizasyonu), hippokampal ve serebral kortikal bölgelerdeki sinapların ve nöronların seçimli kaybı, kortikal ve subkortikal atrofi ve serebrovasküler amiloidlerdir (34, 86, 98). Erken başlangıçlı Alzheimer Hastalığı nörotoksik amiloid β (Aβ) proteininin artmış sekresyonuyla sonuçlanan ailesel bağlantılı gen mutasyonlarıdır. Apolipoprotein E yatkınlık geni Alzheimer hastalığında risk faktörüdür. Alzheimer hastalığı vakalarının %85-95'inde belirlenen geç başlangıçlı Alzheimer hastalığı ise herhangi bir gen mutasyonu ile ilişkilendirilmemiştir (99).

Alzheimer hastalığının etiyolojik faktörleri tam olarak bilinmemektedir. Ancak genetik, kafa travması, oksidatif stres, infeksiyöz etkenler ve çevresel faktörlerin Alzheimer hastalığında rolü olduğu düşünülmektedir (98). Alzheimer hastalığıyla ilgili yeterli genetik bilgilerin olmaması nedeniyle çevresel faktörlerin diğer faktörlerle etkileşime girerek hastalığın oluşmasına zemin hazırladığı düşünülmektedir. Alüminyum bu çevresel faktörlerden birisidir (35). Alüminyumun Alzheimer hastalığının patogenizinde çevresel faktörlerden biri olduğu hipotezi 1960'lı yıllarda belirlenen çeşitli nörotoksikolojik, analitik ve epidemiyolojik verilere dayandırılarak "alüminyum hipotezi" olarak adlandırılmıştır (100-102). Alüminyumun Alzheimer hastalığının etiyolojisinde yer aldığı hipotezinin başlangıcı tavşan beynine alüminyumun intraserebral olarak enjekte edilmesiyle nörofibriler dejenerasyonun gözlenmesiyle ortaya çıkmıştır (100). Alzheimer hastalığı olan insanların post mortem beyin örneklerinde yükselen alüminyum seviyeleri 1973 yılında rapor edilmiş ve Alzheimer hastalığı ile ilişkilendirilmiştir (101).

Alüminyumun Alzheimer hastalığındaki rolü birbirinden bağımsız farklı olaylarla ilişkilendirilmiştir. Bunlar;

1. Alüminyumun yüksek konsantrasyonları Alzheimer hastalığının nöropatolojisinin temel özelliği olan amiloid agregasyonunu ve birikmesini artırır (103-106).
2. In vitro ve in vivo alüminyum pro-inflamatuar transkripsiyon faktörü NF-kB (nükleer faktör kappa b) aracılığıyla Alzheimer hastalığındaki beyin temel özelliğinden biri olan inflamatuvar sinyalizasyonu artırır (107, 108).
3. Alüminyumun indüklediği mRNA'lar ve mikro RNA (miRNA)'lar Alzheimer hastalığında artış gösteren mRNA ve miRNA'lar ile benzerlik göstermektedir (109).
4. Alzheimer hastalığı olan transgenik hayvan modellerinde diyet alüminyumu lipid peroksidasyonu, oksidatif stres, apoptoz ve gen ekspresyon eksiklikleri gibi patolojik belirteçlerin oluşumunu arttırmaktadır (110-112).
5. Kromatin sıkışması, bozulmuş enerji kullanımı, adenintrifosfat (ATP) gibi kimyasal mesajcıları içeren bozulmuş sinyalizasyon gibi Alzheimer hastalığında gözlenen bozukluklar alüminyuma maruz bırakılmış hücrelerde veya Alzheimer hastalığı olan hayvan modellerinde de saptanmıştır (113-116).

6. Yapılan çalışmalarda sudaki alüminyum miktarı Alzheimer hastalığı insidansı ile ilişkilendirilmiştir (108, 117, 118).
7. Alzheimer hastalığına karşı farmasötik tedavi yaklaşımlarından antioksidan ve üç değerli demir/alüminyum şelatörünün kullanılması en etkili terapötik stratejilerden biri olarak kabul edilmektedir (119, 120).

2.8.3. Parkinson Hastalığı

Alzheimer hastalığından sonra sıklıkla görülen nörodejeneratif bozukluk olan Parkinson Hastalığı siyah maddedeki nöronların seçici ölümüyle karakterize olup ubikuitin-proteazom sistemde genetik ve/veya akiz bozukluklara yol açarak ubikuitin eklenmiş proteinlerin birikimine ve nöronal ölümlere neden olabilmektedir (25).

Nörodejeneratif bir bozukluk olan Parkinson hastalığı hastanın konuşma ve motor yeteneklerini etkileyerek yüzde, ellerde ve çenede titremelerle, kas rijiditesi ve yavaş fiziksel aktivite ile karakterize bir hastalıktır. Normalde epinefrin ile dopamin sentezleyen ve salgılayan siyah madde (substantia nigra) ile globus pallidustaki nöronların ölmesine bağlı olarak motor korteksteki bazal ganglia tarafından uyarıların azalması sonucu Parkinson hastalığı oluşmaktadır. Parkinson hastalığı kafa yaralanmaları, ensefalitik virüs, 1-metil-4-fenil-1,2,3,6-tetrahidropiridine (MPTP, eroin benzeri uyuşturucu içerikli kontaminant) ve bazı pestisitlere maruziyet ile gelişebilmektedir. Al³⁺ toksisitesi bazı Parkinson hastalarında Alzheimer hastalığı türü demansa neden olduğu için alüminyumun Parkinson hastalığında rolünün olduğu düşünülmektedir. Ayrıca katekolamin nörotransmitterleri epinefrin ve dopaminin ketakol kısımları Al³⁺ için önemli bağlanma bölgeleridir. Epinefrin ve dopamin milimolar seviyelerde zayıf Mg²⁺ bağlayıcıları olmalarına rağmen nanomolar seviyelerde Al³⁺'ü bağlamaktadır. Parkinsonlu hastaların beyinlerinin siyah madde ve locus ceruleus (beyin sapında nörepinefrin içeren nöronların bulunduğu mavimsi bölge) bölgelerinin nöromelanin granüllerinde ve Lewy cisimlerinde nöronların öldüğünü gösteren yüksek Al³⁺ ve Fe³⁺ seviyeleri belirlenmiştir. Al³⁺'ün bozduğu demir metabolizması sonucu Parkinsonlu hastaların nöronlarında yüksek seviyelerde demir birikmekte fakat buna karşılık olarak ferritin seviyelerinde artış gözlenmemektedir. Bunun sonucu oluşan oksidatif hasar siyah maddede ve Parkinson hastalığında beynin etkilenen diğer bölgelerinde nöral ölümlere neden olmaktadır (89).

2.8.4. Multiple Skleroz

Multiple skleroz (MS) henüz etiyojisi bilinmeyen kronik, immün aracılı, merkezi sinir sisteminin demiyelinizan hastalığıdır. İdrardaki demir konsantrasyonları ikincil ilerleyen (sekonder progresif), tekrarlayan ve düzelen MS hastalarında yüksek bulunmuştur. Ayrıca bu hastalarda idrardaki alüminyum konsantrasyonlarının da yükseldiği belirlenmiştir. Bu hastaların alüminyum atım düzeyleri metal şelasyon terapisi alan bireylerle aynı bulunmuştur. İdrardaki artmış demir konsantrasyonları MS hastalarındaki bozulmuş demir metabolizmasını göstermektedir. Alüminyum atım düzeyleri ise alüminyum intoksikasyonuna benzerlik göstermektedir. Bu durum MS etiyojisinde alüminyumun çevresel bir faktör olabileceğini göstermektedir (87).

2.8.5. Körfez Savaşı Sendromu

Körfez Savaşı Sendromu, Körfez Savaşı'ndan sonra evlerine dönen Amerikalı emekli askerlerin büyük bir bölümünde ortaya çıkan çok semptomlu bir durum olarak adlandırılmaktadır. Bu askerlerde bozulmuş bilişsel aktivite, ataksi, diyare, mesane disfonksiyonu, baş ağrısı, atralji (eklem ağrısı), deri kızarıklıkları ve uyku bozuklukları ile birlikte kas yorgunluğu görülmüştür (121). Ayrıca bu askerlerde klasik amiyotrofik lateral skleroz (ALS) hastalığının erken başlangıçlı olması dışında farklılık göstermeyen ciddi motor nöron hastalıkları belirlenmiştir (122). Farklı çevresel faktörler Körfez Savaşı Sendromu ile ilişkilendirilse de yapılan incelemelerde hastalığın gelişiminde askerlere İran'a gitmeden önce uygulanan aşılarda adjuvan olarak kullanılan alüminyum hidroksitin rolü olduğu bildirilmiştir (123).

2.8.6. İskelet Sistemi Bozuklukları

Alüminyum da dahil olduğu iki ve üç değerlikli iyonlar başlıca iskelette depolanmaktadır. Bu nedenle bu metaller genellikle kemiklere yerleşen radioizotop olarak adlandırılmaktadır. Alüminyumun insan vücudunda iskeletteki varlığı uzun dönem alüminyum tutulumunu göstermektedir. Alüminyumun kemiklerdeki döngüsü kan dolaşımındaki metal iyonlarının transferrin ve sitrat aracılığı ile alüminyumun tutunacağı kemik yüzeyine geçmesiyle başlamaktadır. İskelette alüminyum iyonları ilk olarak internal endosteal ve eksternal periyosteal yüzeyler, trabeküler yüzeyler ile

sert kemiklere yayılan vasküler kanal yüzeyleri de dahil olmak üzere kemik yüzeylerinde depolanır. Bu depolanan alüminyum iyonları daha sonra çok çekirdekli osteoklastlara transfer edilir veya kemik matriksine yerleşir. Osteoklastlar alüminyumunu kemik iliğindeki makrofajlara iletir. Makrofajlar alüminyum sitrata ve/veya diğer hücrelere transfer edilmeden önce alüminyumun kan dolaşımına tekrar girmesine izin veren geçici alüminyum depoları olarak hareket ederler (74).

Alüminyum, osteoblast ve osteoklast aktivitesini yavaşlatabilir ve osteomalasiye ek olarak adinamik kemik hastalığına da neden olabilir (124). Adinamik kemik hastalığında alüminyum osteoid formasyonunu ve kemik mineralizasyonunu azaltmaktadır (35). Adinamik kemik hastalığında spontan kırıklar görülebilir (80). Kronik parenteral beslenen hastalarda ve diyaliz hastalarında adinamik kemik hastalığı oluşabilmektedir (125, 126). Alüminyum-transferrin kompleksleri paratiroid hücreleri tarafından alınarak paratiroid hormon sekresyonunda azalmaya ve hipoparatiroidiye neden olabilir. Bu durum adinamik kemik hastalığının gelişiminde rol oynamaktadır (127). Alüminyumun paratiroid hormon salınımına etkileri ile ilgili mekanizma tam olarak bilinmemektedir. Alüminyumun özellikle paratiroid hormon içeren sekretuar granüllerinin salınımını bloke ederek hipoparatiroidizm ve adinamik kemik hastalığına neden olduğu düşünülmektedir (127, 128).

Alüminyumun düşük miktarlarda birikimi kalsiyum metabolizmasını bozabilir. Alüminyum 1,25-(OH)₂-D vitamini yapısını inhibe eder. Kemiklerde alüminyum hidroksiapatit (Al(OH)₂H₂PO₄) kristalleri kalsiyum hidroksiapatitin birikmesini veya çözünmesini engellemektedir. Al⁺³ 0.1 µM gibi düşük konsantrasyonlarda olsa bile bu engelleme gerçekleşmektedir. Kemiklerdeki alüminyum birikimi kırılabilirliği artırabilir (50).

Serum alüminyum seviyesinin >30 µg/L'den yüksek olması diyalize bağımlı kemik hastalığı ile ilişkilendirilmiştir (94). Tam tanı için kemik biyopsisi gerekmektedir. Osteomalaside alüminyum, mineralizasyon alanında lokalize olur ve kalsiyum birikimi ile osteoblast aktivitesini inhibe ederek kemik mineralizasyonunu bozar, kemik rezorpsiyonunu artırır ve ağrılı kırıklara neden olan mineralize olmamış kemiklerin oluşumuna sebep olmaktadır (35).

Alüminyum içeren aşular nedeniyle olan alüminyum birikimi makrofaj miyofasiyal ağrılara neden olabilmektedir (129). Alüminyum ve magnezyum hidroksit

içeren antiasitlerin yoğun kullanımı sonucu ciddi kemik bozuklukları ortaya çıkmaktadır (130). Ayrıca renal transplantasyon sonrası alüminyum hidroksit kullanımı ile persistant alüminyum bağlantılı kemik hastalığı oluşmaktadır (131).

2.8.7. Hipokromik Mikrositik Anemi

Kronik böbrek hastalarında plazma alüminyumunun artmış seviyelerine bağlı olarak hipokromik mikrositik anemi görülebilir. Alüminyumun neden olduğu bu anemi türü demir tedavisine yanıt vermemektedir (124). Alüminyum hematopoietik öncül hücrelerin gelişimini engeller ve kanda küçük kırmızı kan hücrelerinin bulunmasına neden olur (33, 35). Ayrıca eritrositler potansiyel olarak güçlü bir Al^{+3} bağlayıcı olan 2,3-difosfogliseratı içermektedirler. Al^{+3} hemoglobinle 2,3-difosfogliserat için yarış halinde olup, bu yarış eritrositlerdeki oksijen taşınmasını ters yönde etkilemektedir (50). Bu durum demir metabolizmasını engelleyerek, eritrosit membranını bozarak ve/veya eritrosit membranında oksidatif stres oluşturarak anemi gelişmesine neden olabilir (35).

2.8.8. Alerjik Etkiler

Alüminyum kaynaklı alerjik kontakt dermatit çok nadir görülmektedir (132). Duyarlılık iki yolla olabilir: ter önleyicilerin, ilaçların veya rutin alerji testinde kullanılan alüminyum disklerin deriye uygulanması ile ya da alüminyum adsorbe edilmiş aşılardan veya hiposensitizasyon ekstraktlarının enjekte edilmesi ile oluşmaktadır. İkinci yolla duyarlılık oluşma riski daha fazladır (133). Antijen ekstraktlarının ya da adsorbe edilmiş aşılardan enjekte edilmesiyle alüminyum hidroksit, alüminyum fosfat veya alum granülömlere neden olabilir. Alüminyum içeren ter önleyicilerin rutin olarak uygulanması ile aksiller egzama veya döküntüler görülebilir. Alüminyum asetat kulak damlaları ise dış kulak iltihabına neden olabilir. Alüminyum alerjileri genellikle pediatrik hastalarda görülmektedir (50).

2.8.9. İskemik Kalp Hastalığı

Alüminyum üretiminde çalışan işçilerde iskemik kalp hastalığı riskinin daha fazla olduğu bildirilmiştir (134). Bu etki hava kirleticilerine maruziyet ve kan

koagülasyonunu arttıran inflamatuvar cevap sonucu iskemik kalp hastalığının oluşması ile açıklanmaktadır (135).

2.8.10. Kanser

Alüminyum maruziyeti ve kanser arasındaki ilişki ilk olarak 1980'li yıllarda yapılan epidemiyolojik çalışmada gösterilmiştir. Bu çalışmada alüminyum endüstrisinde çalışan işçilerde mesane kanseri insidansı yüksek bulunmuştur (136). Alüminyum endüstrisinde çalışan işçilerde ayrıca lösemi, akciğer, böbrek, pankreas ve beyin kanseri görülme riskinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir (137). Uluslararası Kanseri Araştırma Ajansı (IARC) alüminyum üretimi sırasında oluşan maruziyetlerin akciğer ve mesane kanserine neden olduğuna dair yeterli kanıtın olduğunu bildirmiştir. Buna göre alüminyum üretimi sırasındaki mesleki maruziyetin insanlarda karsinojenik olduğu belirtilmiştir (Grup 1) (138).

Alüminyum içeren kozmetiklerin lokal olarak özellikle kol altı bölgesine uygulanması göğüs kanseri riskini arttırmaktadır (139, 140). Göğüs kanserinde alüminyum içeren ter önleyicilerinin olası mekanizması alüminyumun apokrin ter bezi obstrüksiyonuna neden olarak kişisel bakım ürünlerindeki karsinojenlerde rolü olan östrojen veya feromonların transdermal emilimi ile açıklanmaktadır (141, 142).

2.9. Alüminyum Folyo ve Besinlerde Alüminyum Analizi

Kalınlığı 200 µm'nin altında olan alüminyum levhalar folyo olarak tanımlanmaktadır. Folyoların termal yalıtım, bal petekleri, elektrik kabloları, yarı sert konteynırlar, contalar, kılıflar, poşetler, paketler, kapaklar, litografik plakalar ve dekoratif ürünler gibi birçok kullanım alanı vardır (143, 144). Bunların dışında alüminyum folyo modern yaşamda besinlerin paketlenmesi, depolanması ve pişirilmesinde kullanılan araçların başında gelmektedir. Alüminyum folyonun bariyer etkisi ve belirli koşullarda besinlerle temas edebilme özelliği gibi mekanik, fiziksel ve kimyasal özellikleri ile farklı ürünlerde ve sektörlerde geniş çaplı uygulamalarda kullanılmaktadır. Alüminyum folyo hafif fakat güçlüdür, farklı şekiller alabilir, çok iyi korozyon ve sıcaklık direnci gösterir, yüksek termal ve elektrik iletkenliğine sahiptir ve kalitesinde bir değişim olmadan geri dönüştürülebilir (145). Alüminyum folyoların

günlük yaşamda yaygın olarak kullanılması alüminyum folyoları diyetle maruziyet açısından potansiyel bir kaynak haline getirmiştir (63).

Düşük saptama limitine sahip olan alevli atomik absorpsiyon spektrometrisi, grafit fırınlı atomik absorpsiyon spektrometresi, X-ışını floresans spektrometrisi (XRF), enstrümental nötron aktivasyon analizi, indüktif olarak eşleşmiş plazma atomik emisyon spektrografisi (ICP-AES) indüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometresi (ICP-MS) eser miktarlarda alüminyum saptanmasında kullanılan araçlardır. ICP-MS varolan iki analitik kaynağı (ICP ve MS) birleştiren yeni bir analitik alet olması nedeniyle ağır metal analizlerinde tercih edilmektedir (146). Alüminyum miktarını saptamada ICP-MS kullanılmasının avantajları; spektrumların basitliği ve alüminyumun refraktif doğasından kaynaklanan matriks problemlerinin giderilmesine yardımcı olmasıdır (146, 147).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Araştırma Zamanı, Yeri ve Örneklem

Alüminyum folyo ve akıllı folyo kullanılarak farklı marinasyon işlemleri uygulanan çeşitli et türlerinin farklı sıcaklık ve sürelerde fırınlanması sonucunda besinlere alüminyum (Al) geçişleri açısından farklılık olup olmadığını incelemek amacıyla planlanan bu araştırma Ocak 2015 ve Ocak 2017 tarihleri arasında yürütülmüştür. Araştırmanın laboratuvar analizleri; Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'nin 25.12.2014 tarih ve 2014/50-1 sayılı kararıyla alınan destek projesi ile gerçekleştirilmiştir (**EK-1**). Araştırmada kullanılan alüminyum folyo ve akıllı folyonun fotoğrafları **EK-2**'de verilmiştir.

Araştırma kapsamına içerdiği yağ miktarlarının farklı olması nedeniyle alınan 4 et türü (dana eti (kontrnuar), koyun eti (but), tavuk eti (göğüs ve but) ile balık etleri (somon (dilim) ve mezgit (fileto)), aynı markaya ait alüminyum folyo ve akıllı folyo ile marinasyon için kullanılacak malzemeler (riviera zeytinyağı, sarımsak, kuru soğan, üzüm sirkesi, süt, tuz, karabiber ve beyaz toz biber) Ankara piyasasında satılan bir hipermarketten temin edilmiştir. Satın alınan et türleri ve miktarları Tablo 3.1.'de verilmiştir. Satın alınan etler Igloo Icepeak Buzluk taşıma çantasında buz kalıpları ile soğuk zincir bozulmadan Hacettepe Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü Laboratuvarına getirilmiş, porsiyonlara ayrılmış ve pişirilme aşamasına kadar derin dondurucuda -18°C'de bekletilmiştir. Pişirme öncesinde ise buzdolabında +4°C'de 24 saatte çözdürülmüştür. Çözündürme suyu kullanılmamıştır. Besinlerde Al analizleri Hacettepe Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü Laboratuvarlarında ICP-MS cihazında, alüminyum folyoların Al içeriğinin analizi ise Ortadoğu Teknik Üniversitesi Merkez Laboratuvarında XRF cihazında yapılmıştır.

Tablo 3.1. Satın alınan et türleri ve miktarları.

Et Türü	Miktar (kg)
Dana (Kontrnuar)	9
Koyun (But)	9
Tavuk (Göğüs)	9
Tavuk (But) (Derili)	9
Somon (Dilim) (Derili)	4
Mezgit (Fileto)	4

Araştırmada herhangi bir marinasyon işlemi yapılmaksızın etlerin sade ve tuzlu (3.75 g tuz) olarak pişirilmesinin yanı sıra etlere toplu beslenme yapan kurumlarda yaygın olarak kullanılan marinasyon yöntemleri uygulanılmıştır. Dana eti, koyun eti, tavuk göğüs eti ve tavuk but eti 4 farklı marinasyon yöntemi (A, B, C ve D) ile balık etleri (somon ve mezgit) ise 2 farklı marinasyon yöntemi (E ve F) ile marine edilmiştir. Dana eti, koyun eti, tavuk göğüs eti ve tavuk but eti 3 farklı sıcaklıkta; somon ve mezgit eti ise 2 farklı sıcaklıkta pişirilmiştir. Böylece folyoya sarılmayan ve pişirilmeyen çiğ et türleri (6 örnek) dahil olmak üzere toplam 182 örnekte alüminyum analizi yapılmıştır. Tablo 3.2.'de pişmiş 176 örneğin folyolara, fırın sıcaklığı – pişirme süresine ve marinasyon yöntemine göre dağılımları verilmiştir.

Etlere uygulanan farklı marinasyon ve fırın sıcaklık derecelerine göre farklı folyolardan besine alüminyum geçişleri belirlenmiştir. Çiğ etlerde yağ, protein ve kül ölçümleri; hem çiğ hem pişmiş etlerde ise nem ve pH ölçümleri yapılmıştır. Tüm analizler eş zamanlı olarak triplike yapılmıştır. Farklı et türlerine uygulanan analizler ile alüminyum folyo ve akıllı folyonun Al içeriğinin saptanmasına yönelik analiz yöntemleri bu bölümde ayrıntılı olarak belirtilmiştir.

Tablo 3.2. Pişmiş örneklerin kullanılan folyo türüne, uygulanan sıcaklık süreye ve marinasyon yöntemine göre dağılımları.

Folyo Türü	Sıcaklık-Süre	Sade	Tuzlu	Marinasyon A*	Marinasyon B*	Marinasyon C*	Marinasyon D*	Marinasyon E*	Marinasyon F*
Al Folyo	150°C-60 dk	Dana	Dana	Dana	Dana	Dana	Dana	-	-
		Koyun	Koyun	Koyun	Koyun	Koyun	Koyun	-	-
		Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	-	-
		Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	-	-
	200°C-40 dk	Dana	Dana	Dana	Dana	Dana	Dana	-	-
		Koyun	Koyun	Koyun	Koyun	Koyun	Koyun	-	-
		Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	-	-
		Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	-	-
	250°C-20 dk	Dana	Dana	Dana	Dana	Dana	Dana	-	-
		Koyun	Koyun	Koyun	Koyun	Koyun	Koyun	-	-
		Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	-	-
		Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	-	-
	150°C-40 dk	Somon	Somon	-	-	-	-	Somon	Somon
		Mezgit	Mezgit	-	-	-	-	Mezgit	Mezgit
	200°C-20 dk	Somon	Somon	-	-	-	-	Somon	Somon
		Mezgit	Mezgit	-	-	-	-	Mezgit	Mezgit

***Marinasyon A:** Riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon B:** Sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon C:** Üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon D:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon E:** Riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber; **Marinasyon F:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.

Tablo 3.2. (Devam) Pişmiş örneklerin kullanılan folyo türüne, uygulanan sıcaklık süreye ve marinasyon yöntemine göre dağılımları.

Folyo Türü	Sıcaklık-Süre	Sade	Tuzlu	Marinasyon A*	Marinasyon B*	Marinasyon C*	Marinasyon D*	Marinasyon E*	Marinasyon F*
Akıllı Folyo	150°C-60 dk	Dana	Dana	Dana	Dana	Dana	Dana	-	-
		Koyun	Koyun	Koyun	Koyun	Koyun	Koyun	-	-
		Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	-	-
		Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	-	-
	200°C-40 dk	Dana	Dana	Dana	Dana	Dana	Dana	-	-
		Koyun	Koyun	Koyun	Koyun	Koyun	Koyun	-	-
		Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	-	-
		Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	-	-
	250°C-20 dk	Dana	Dana	Dana	Dana	Dana	Dana	-	-
		Koyun	Koyun	Koyun	Koyun	Koyun	Koyun	-	-
		Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	Tavuk Göğüs	-	-
		Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	Tavuk But	-	-
	150°C-40 dk	Somon	Somon	-	-	-	-	Somon	Somon
		Mezgit	Mezgit	-	-	-	-	Mezgit	Mezgit
	200°C-20 dk	Somon	Somon	-	-	-	-	Somon	Somon
		Mezgit	Mezgit	-	-	-	-	Mezgit	Mezgit

***Marinasyon A:** Riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon B:** Sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon C:** Üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon D:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon E:** Riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber; **Marinasyon F:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.

3.2. Yöntem

3.2.1. Örneklerin analizler için hazırlanması

Dana, koyun, tavuk göğüs ve tavuk but etleri sade ve tuzlu olarak, marinasyon A, B, C ve D yöntemleri uygulanarak 10-12 saat buzdolabında +4°C’de marine edilmiş ve daha sonra alüminyum folyo ve akıllı folyoya sarılarak 150°C’de 60 dk, 200°C’de 40 dk ve 250°C’de 20 dk olacak şekilde ev tipi ankastre fırında fırın tepsisi ile pişirilmiştir. Balık etleri (somon ve mezgit) ise sade ve tuzlu olarak, marinasyon E ve F yöntemleri uygulanarak 10-12 saat buzdolabında +4°C’de marine edilmiş ve daha sonra alüminyum folyo ve akıllı folyoya sarılarak 150°C’de 40 dk ve 200°C’de 20 dk olacak şekilde ev tipi ankastre fırında fırın tepsisi ile pişirilmiştir.

Toplu beslenme yapılan kurumlarda yaygın olarak kullanılan marinasyon işlemleri ve malzeme miktarları Tablo 3.3.’te verilmiştir. Standart yemek tarifelerinde et yemeklerine giren et miktarının bir porsiyonda yaklaşık 200-250 gram et olması nedeniyle etler 250 gram olacak şekilde hassas terazi (CAS marka; 2 g hassasiyette) kullanılarak tartılmıştır (148). Porsiyonlanan tüm et örnekleri eni-boyu 30x35 cm olacak şekilde kesilmiş alüminyum folyo ve akıllı folyoya sarılarak fırınlanmıştır.

Tablo 3.3. Etlerin bir porsiyonunun marinasyonunda kullanılan malzemeler ve miktarları.

Malzemeler	Miktar
Riviera zeytinyağı	25 g
Sarımsak	3 g
Kuru soğan	12,5 g
Üzüm sirkesi (%4’lük)	12,5 mL
Süt (Tam yağlı)	25 mL
Tuz	3,75 g
Karabiber	1,25 g
Beyaz toz biber	1,25 g

Analizler için, çiğ ve pişmiş olarak tüm et türleri mutfak robotu ile blenderize edilerek yağ, protein, kül, nem ve pH tayinleri yapılmıştır. Tüm örnekler alüminyum içeriğinin analizine kadar derin dondurucuda -18°C 'de bekletilmiştir.

3.2.2. Çiğ Örneklerde Yağ Tayini

Homojenize edilmiş et örnekleri 5 g tartılıp $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'lik etüvde suyu uçurulduktan sonra Soxhlet yöntemine göre 8 saat petrol eteri ile ekstraksiyona tabi tutulmuştur (149).

3.2.3. Çiğ Örneklerde Protein Tayini

Çiğ örneklerde protein tayini Kjeldahl yöntemine göre yapılmıştır (150).

3.2.4. Çiğ Örneklerde Kül Tayini

Çiğ örneklerde kül tayini için öncelikle örneklerin konulacağı porselen krozeler 500°C 'de kül fırınında kurutulmuştur. Kurutulan krozeler, desikatörde soğutulmuş ve içerisine örneklerden 4-5 g kadar tartılıp konulmuş ve krozeler tekrar tartılmıştır. İçerisine örnek konulan krozeler tekrar kül fırınına yerleştirilmiştir. Daha sonra örnekler 500°C 'de 5-6 saat süreyle (açık gri renk oluşana kadar) örnekler yakılmış ve desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra tekrar tartılmıştır (150).

3.2.5. Çiğ ve Pişmiş Örneklerde Nem Tayini

Çiğ ve pişmiş örneklerde nem tayini Sartorius ® MA150 nem tayin cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

3.2.6. Çiğ ve Pişmiş Örneklerde pH Analizi

Tüm çiğ ve pişmiş et örnekleri 10 g tartıldıktan sonra üzerine 100 mL saf su eklenmiş ve karıştırıcı yardımıyla homojenizasyonu sağlanmıştır. Homojenat süzüldükten sonra pH 4, pH 7 ve pH 10 ile kalibre edilmiş pH metre (Hanna Instruments 2020 Edge ®) süzüntüye daldırılarak ölçüm yapılmıştır.

3.2.7. Folyoların Alüminyum İçeriklerinin Belirlenmesi

Alüminyum folyo ve akıllı folyonun alüminyum içerikleri X-ışını floresans (XRF) yöntemi ile Ortadoğu Teknik Üniversitesi Merkez Laboratuvarında yapılan analizle belirlenmiştir. Analiz sonuçları **EK-3**'te verilmiştir.

3.2.8. Etlerde Alüminyum Analizi

Materyal

Alüminyum analizi sırasında kullanılan tüm kimyasallar ve çözeltiler analitik grade kalitesindedir. Kullanılan kimyasallar;

- Nitrik asit ($\text{HNO}_3 \geq \%65$) (Merck-Germany) (Ultra saf-iz element analizleri için),
- ICP-MS Tuning çözeltisi; Tune D ($10 \mu\text{g}/\text{ml} \pm 0.5\%$ in $\%2 \text{HNO}_3 + \text{TrHF}$) (Al, As, Ba, Be, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, In, Fe, Pb, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, K, Se, Na, Tl, U, V, Zn) (High-Purity Standards-Charleston-USA),
- Alüminyum (Al) tekli element standardı ($1000 \mu\text{g}/\text{mL}$ in $\%2 \text{HNO}_3$) (High-Purity Standards-Charleston- USA),
- Ultra saf su ($18.2 \text{M}\Omega$ dirençte Nanopure Cihazından elde edilen analitik grade su),
- ICP-MS ile alüminyum analizinde, yüksek saflıkta ($\%99.998$) Argon (Ar) gazı (15°C 'de 230 bar, 12.06 m^3) (Ankara Gaz, Türkiye) kullanılmıştır.

Çözelti hazırlamak için kullanılan tüm ölçüm araç-gereçleri (balon jojeler, beher, mezür, huni) (Vitlab-Germany) polipropilen (PP) olup, ICP-MS'de yapılacak analizler için uygun malzemelerdir. Belli miktarda çözelti aktarmak için kullanılan mikropipetler ($20\text{-}200 \mu\text{L}$, $100\text{-}1000 \mu\text{L}$, $500\text{-}5000 \mu\text{L}$) (Eppendorf Research-Germany) kullanılmıştır. Bu pipetlerde kullanılan uçlar; $200 \mu\text{L}$, $1000 \mu\text{L}$, $5000 \mu\text{L}$ (Eppendorf Research-Germany)'dır.

Et örneklerinde organik bileşenlerinin yakılması için mikrodalga (CEM-Mars) kullanılmıştır. Mikrodalgada nitrik asitle örneklerin organik bileşenlerinin yakma işlemi 50 mL 'lik teflon XP-1500 Plus hücrelerde yapılmıştır.

Alüminyum analizi için; Thermo Electron marka, X series II model ICP-MS cihazı kullanılmıştır. 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. Analiz edilen tüm et örneklerinin Al miktarları kuru ağırlık (KA) üzerinden değerlendirilmiştir.

Örnek Hazırlama

Mikrodalga Yakma Yöntemi

ICP-MS’de analiz öncesi 0.5 g et örnekleri teflon kaplarda tartılmıştır. Üzerine iz (eser) analizler için 5 ml uygun saflıktaki $\geq\%65$ konsantre nitrik asit (HNO_3) ve 2 mL ultra saf H_2O eklenmiştir. Gerekli güvenlik önlemleri alınarak, CEM Mars mikrodalgada aşağıda parametreleri verilen mikrodalga ısıtma programı ile organik içerik yakılmıştır. Mikrodalga yakma programının parametreleri Tablo 3.4.’te verilmiştir. Örnekler oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra ultra saf su ile 25 ml’ye seyreltilerek, okuma işlemi için Thermo Finnigan ICP-MS cihazına verilmiştir (151).

Tablo 3.4. Mikrodalga yakma programı parametreleri.

Basamak	Güç	Sıcaklık Artış Süresi	Basınç	Sıcaklık	Bekletme Süresi	
	Düzyey					%
1	1200 W	100	10:00	800	120°C	10:00
2	1200 W	100	15:00	800	200°C	15:00

XP-1500 Plus kap sistemi temizlik programı

Cem Mars marka mikrodalga yakma sisteminde teflon kaplarının her yakma öncesi temizliği yapılmıştır. Temizlik programının parametreleri Tablo 3.5.'te verilmiştir. Bunun için kaplara, iz analizler için uygun saflıktaki ≥ 65 nitrik asit (HNO_3)'den 10 mL ilave edilerek aşağıda parametreleri verilen program çalıştırılmıştır. Teflon kaplara asit ilave edilerek su ile çalkalanıp laboratuvar deterjanı ile temizlenmiştir. Sonrasında su ile deterjan yıkanarak uzaklaştırılmış ve deiyonize sudan geçirilerek oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır (152).

Tablo 3.5. XP-1500 Plus kap sistemi temizlik programı parametreleri.

Basamak	Güç		Sıcaklık Artış Süresi		Basınç	Sıcaklık °C	Bekletme Süresi
	Düzyey	%	Dakika:saniye	(psi-sınır)			
1	1200 W	100	10:00	800 psi	120°C	10:00	

Alüminyum Analizi

a. Standart Hazırlama

Standart hazırlama işlemi sertifikalı referans standart kullanılarak yapılmıştır. Alüminyum ana stok çözeltisinden öncelikli olarak %1'lik ultra saf HNO_3 'te çözünen 10 ppm ara stok standart hazırlanmıştır. Daha sonra ise analiz öncesi Alüminyum standartı için 1, 5, 10, 50, 100 ve 500 ppb'lik standart çözeltiler hazırlanarak bu noktaları içeren kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur.

b. Analiz

Prensip: Analiz edilmek istenen örnekteki alüminyum indüktif eşleşmiş plazma (ICP)'da 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 (15,76 Ev) küçük olduğu için elementler plazma içerisinde pozitif iyonlara dönüşmektedir. Analiz için, ICP-MS cihazı hazır hale getirildikten sonra cihazda sinyal

optimizasyonu, başlangıç performans kontrolleri 10 ppb'lik tune (ayar) çözeltileri ile yapılmış, 50 ppb'lik tune (ayar) çözeltileri ile de cihaz kalibrasyonları (dedektör kalibrasyonu ve kütle kalibrasyonu) yapılmıştır.

Daha sonra oluşturulan metoda göre alüminyum için belirlenen konsantrasyonlarda hazırlanan standartlara göre kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur. Bunun sonucunda numuneler analiz edilmiştir. Tüm örnekler triplike çalışılmış ve her örnek 5 kez okutulmuş sonuçların ortalaması alınmıştır. Metot oluşturulduktan sonra kalibrasyon (kör) blank (% 1 HNO₃) 20 kez bilinmeyen numune gibi analiz edilerek değerlendirilmiştir. Standart sapmanın 3 katı alınarak dedeksiyon limiti (LOD), standart sapmanın 10 katı alınarak ise tayin sınırı (gözlenebilme limiti) (LOQ) belirlenmiştir. Alüminyum için LOD ve LOQ değerleri Tablo 3.6.'da verilmiştir.

Tablo 3.6. Alüminyum Elementinin LOD ve LOQ Değerleri.

Element	LOD ^a (ng/mL)	LOQ ^b (ng/mL)
¹³ Al	0,74	2,47

^aLOD: Limit of Detection (Dedeksiyon Limiti)

^bLOQ: Limit of Quantification (Gözlenebilme Limiti)

Alüminyum için analiz metodundaki ICP-MS cihazına ait parametreler ve işlem koşulları ise **EK-4**'te verilmiştir. Alüminyum için 'Standart Mode' tercih edilmiştir.

3.2.9. Bireylerin Alüminyuma Maruziyet Düzeylerinin Değerlendirilmesi

Alüminyuma maruziyetin değerlendirilmesinde JECFA'nın 2 mg/kg olarak belirlediği geçici tolere edilebilen haftalık alüminyum alım düzeyi ile karşılaştırma yapmak amacıyla bireylerin alüminyum maruziyeti etlerin yaş ağırlığı (YA) üzerinden haftalık olarak hesaplanmıştır (12). Maruziyetin değerlendirilmesinde kullanılacak vücut ağırlıkları için Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması (TBSA) 2010 verileri kullanılmıştır. Buna göre yetişkin erkeklerin (19 yaş ve üstü) ortalama vücut ağırlığı 77.2 kg, yetişkin kadınların (19 yaş ve üstü) ise 70.9 kg olarak alınmıştır (153).

Bu araştırmada bireylerin alüminyuma maruziyet düzeyleri Türkiye'ye Özgü Beslenme Rehberinde (2015) (TÖBR) et ve et ürünlerinin tüketimine yönelik önerilen

miktarlar dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Bireylerin sadece 1 porsiyonunu etten (dana, koyun ve tavuk etleri için 100 g; balık etleri için 150 g) karşıladıkları düşünülerek hesaplamalar yapılmıştır (154). Etlerin TÖBR'deki 1 porsiyon miktarlarından farklı olarak araştırmada tüm etlerde standart gramaj 250 g olarak alındığı için bu miktara göre de farklı bir maruziyet değerlendirmesi yapılmıştır.

3.3. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi

Ölçülen değişkenler için tanımlayıcı istatistik olarak aritmetik ortalama ve standart sapma ile medyan ve % değişim değerleri kullanılmıştır. Etlerin protein, yağ, nem ve kül içeriği % olarak verilmiştir. Pişirme sıcaklıklarına ve marinasyon yöntemlerine göre farklı alüminyum folyolarda etlere alüminyum geçişlerinin yüzdeleri parametrik olmayan Mann Whitney-U iki ortalama arasındaki farkın anlamlılık testi ile karşılaştırılmıştır. Alüminyum folyo ve akıllı folyo kullanılarak fırınlanan farklı et örneklerinde pişirme sıcaklığı, pişirme süresi ve marinasyon yöntemlerinin alüminyum geçişine etkisi ve çiğ etlerin yağ içeriği, pişmiş etlerin pH değeri ile pişmiş etlerin alüminyum değişim yüzdeleri arasındaki ilişki Spearman korelasyon testi ile değerlendirilmiştir. Farklı sıcaklıklarda ve folyolarda pişirilen etlerin marinasyon yöntemlerine göre Al değişim yüzdeleri dana, koyun, tavuk göğüs ve tavuk but etlerinde parametrik olmayan Kruskal Wallis, üç ya da daha fazla ortalama arasındaki farkın anlamlılık testi ile, somon ve mezigit etinde ise parametrik olmayan Mann Whitney-U iki ortalama arasındaki farkın anlamlılık testi ile karşılaştırılmıştır. Tüm istatistiksel testlerde en düşük önemlilik düzeyi 0.05 olarak alınmıştır (155). Tüm istatistiksel hesaplamalar IBM SPSS Statistics 22.0 (SPSS Inc., Chicago, USA) paket programı ile yapılmıştır.

4. BULGULAR

Farklı et örneklerinde aynı markaya ait iki farklı türde alüminyum folyo kullanılarak, farklı marinasyon yöntemleri ve sıcaklık derecelerinde etlere Al geçişini belirlemeye yönelik amaçlanan bu araştırmada, aşağıdaki bulgular saptanmıştır.

4.1. Çiğ Et Örneklerinin Protein, Yağ, Kül, Nem, pH ve Alüminyum (Al) İçerikleri

Farklı marinasyonlarda ve sıcaklıklarda pişirilmiş et örneklerinin protein, yağ, kül, nem, pH ve Al içeriklerinin saptanması “Gereçler ve Yöntem” bölümünde belirtilen yöntemlere göre gerçekleştirilmiştir. Ölçümler triplicate olarak yapılmış ve sonuçlar üç ölçüm sonucunun ortalaması ve standart sapma ($\bar{X} \pm SS$) olarak verilmiştir.

Araştırma kapsamında dana, koyun, tavuk göğüs, tavuk but, somon ve mezzit olmak üzere altı et türü değerlendirilmiştir. Çiğ et örneklerinin protein, yağ, kül, nem yüzdeleri ile pH ve Al içerikleri Tablo 4.1.’de verilmiştir. Et örnekleri protein içerikleri açısından incelendiğinde en yüksek ve en düşük protein içeriği sırasıyla; tavuk göğüs etinde (%20.94±0.67) ve mezzit etinde (%13.00±1.48) saptanmıştır. Yağ miktarı, en yüksek somon etinde (%18.06±0.56), en düşük mezzit etinde (%0.27±0.003) bulunmuştur. Tavuk göğüs eti ve tavuk but etinin kül miktarı sırasıyla %1.30±0.10, %0.96±0.02 olarak belirlenmiştir. Örneklerin nem içeriği incelendiğinde ise en yüksek ve en düşük nem içerikleri mezzit etinde (%66.93±2.64) ve tavuk but etinde (%32.96±6.64) saptanmıştır. Etlerde en yüksek pH değeri mezzit etinde (6.76±0.01), en düşük pH değeri ise dana etinde (5.75±0.006) bulunmuştur. Etlerin alüminyum miktarları mezzit etinde (86.78±6.14 mg/kg KA) ve koyun etinde (77.22±4.53mg/kg KA) en yüksek, tavuk but etinde (1.01±0.13 mg/kg KA) ve tavuk göğüs etinde ise (1.04±0.11 mg/kg KA) en düşüktür (Tablo 4.1.).

Pişmiş etlerin yağ ağırlık üzerinden alüminyum miktarları ile nem ve pH içerikleri **EK-5**'te verilmiştir.

Tablo 4.1. Çiğ et örneklerinin protein, yağ, kül, nem ve pH ile Al içeriklerinin ortalama ve standart sapmaları ($\bar{X} \pm SS$).

Et Türü	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Nem (%)	pH	Al (mg/kg YA)	Al (mg/kg KA)
Dana	18,76±0,89	2,85±0,12	1,03±0,04	54,58±7,68	5,75±0,01	2,28±0,53	5,02±0,57
Koyun	15,99±0,43	11,83±0,45	1,06±0,03	53,51±7,68	5,98±0,00	35,9±4,18	77,22±4,53
Tavuk Göğüs	20,94±0,67	0,63±0,04	1,30±0,10	37,77±4,25	6,09±0,06	0,65±0,11	1,04±0,11
Tavuk But	18,79±0,19	14,38±1,38	0,96±0,02	32,96±6,64	6,70±0,00	0,68±0,12	1,01±0,13
Somon	17,85±0,87	18,06±0,56	1,23±0,08	41,21±2,23	6,34±0,01	39,39±4,35	67,00±4,45
Mezgit	13,00±1,48	0,27±0,003	1,24±0,06	66,93±2,64	6,76±0,01	28,70±5,98	86,79±6,14

4.2. Farklı Et Türlerinde Kullanılan Farklı Marinasyon ve Sıcaklık Derecelerinin Besine Alüminyum Geçişine Etkisi

Farklı marinasyonlarda ve sıcaklık derecelerinde pişirilmiş etlerin alüminyum içeriklerinin ortalama ve standart sapmaları ($\bar{X} \pm SS$) **EK-6**'da verilmiştir. Marinasyon işlemine göre et örneklerinin Al içeriklerinin çığ ete göre değişim yüzdeleri belirlenmiştir. Etlerin Al içeriklerinin çığ ete göre değişim yüzdeleri Tablo 4.2 ile 4.3'te ve Şekil 4.1. ile 4.17. arasında verilmiştir. Buna göre farklı et türlerine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerine göre etlere alüminyum geçişlerinin arttığı belirlenmiştir. En yüksek alüminyum geçişleri tavuk but etinde, en düşük alüminyum geçişleri ise koyun etinde olmuştur. Koyun etinde en yüksek alüminyum geçişi etlerin 150°C - 60 dk marinasyon C yöntemi uygulanarak alüminyum folyo ile fırınlanması ile çığ ete göre Al değişim yüzdesi %21.35±9.62 olarak belirlenirken; tavuk but etinde en yüksek alüminyum geçişi ise etlerin 250°C - 20 dk marinasyon A yöntemi uygulanarak alüminyum folyo ile fırınlanması ile Al değişim yüzdesi %1280.59±309.34 olarak saptanmıştır. Etlerin alüminyum folyo ile fırınlanması ile etlere alüminyum geçişlerinin akıllı folyoya göre daha fazla olduğu saptanmıştır.

Farklı marinasyonlarda ve sıcaklıklarda pişirilen somon ve mezzgit etinin Al değişim yüzdeleri ise Tablo 4.4'te ve Şekil 4.18.-4.26. arasında verilmiştir. Genel olarak mezzgit etine alüminyum geçiş yüzdeleri somon etine göre daha fazladır. En yüksek değişim yüzdeleri ise her iki et türünün de marinasyon E yöntemi uygulanarak 150°C - 40 dk alüminyum folyo ile pişirilmesi sonucuna göre bulunmuştur (sırasıyla %30.14±1.32 ve %40.42±11.89).

Tablo 4.2. Dana ve koyun etinin farklı marinasyonlarda ve sıcaklık derecelerinde alüminyum değişim yüzdelerinin ortalamaları ve standart sapmaları ($\bar{X} \pm SS$).

Et Türü	Marinasyon Yöntemi	Al Değişim %					
		150°C - 60 dk		200°C - 40 dk		200°C - 40 dk	
		Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo
Dana	Sade	2,93±3,53	1,71±6,18	6,45±4,28	2,20±6,31	9,70±5,30	8,37±3,14
	Tuz	4,29±8,34	2,41±0,72	4,54±0,84	3,62±3,98	5,30±2,23	3,21±3,45
	Marinasyon A*	89,70±28,07	58,00±20,25	106,61±39,31	63,37±3,93	78,37±16,56	33,94±20,94
	Marinasyon B*	132,81±10,22	72,79±19,39	297,62±151,92	195,09±95,73	290,25±69,13	102,43±36,70
	Marinasyon C*	300,99±26,93	94,14±47,56	218,1±33,49	73,53±52,62	467,18±102,07	137,91±31,70
	Marinasyon D*	76,71±39,93	52,10±12,04	236,35±43,05	97,57±16,38	91,10±25,38	35,87±15,90
Koyun	Sade	10,83±2,51	5,80±4,30	6,15±0,97	1,49±1,61	4,01±2,93	2,06±1,00
	Tuz	9,71±2,76	5,81±8,38	6,12±2,56	1,83±1,30	6,27±1,44	4,82±0,28
	Marinasyon A	16,07±3,23	9,77±2,72	11,83±1,29	10,18±4,58	12,82±10,69	10,39±8,11
	Marinasyon B	13,35±1,83	11,12±8,18	9,14±6,55	8,98±6,09	17,18±3,84	9,80±3,04
	Marinasyon C	21,35±9,62	12,83±3,46	15,53±2,96	13,23±3,13	16,05±6,40	13,32±0,93
	Marinasyon D	20,10±6,43	9,68±6,97	14,58±1,93	11,77±1,80	11,27±2,22	8,93±3,51

***Marinasyon A:** Riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon B:** Sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon C:** Üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon D:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon E:** Riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber; **Marinasyon F:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.

Tablo 4.3. Tavuk göğüs ve tavuk but etinin farklı marinasyonlarda ve sıcaklık derecelerinde alüminyum değişim yüzdelерinin ortalamaları ve standart sapmaları ($\bar{X} \pm SS$).

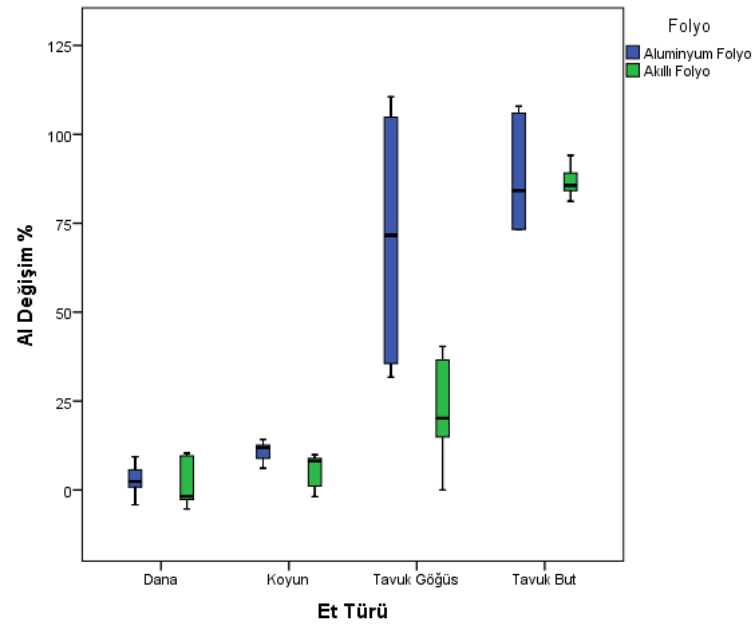
Et Türü	Marinasyon Yöntemi	Al Değişim %					
		150°C - 60 dk		200°C - 40 dk		200°C - 40 dk	
		Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo
Tavuk Göğüs	Sade	71,06±36,75	24,23±12,94	17,69±5,79	14,42±2,40	72,40±25,88	62,95±14,63
	Tuz	62,50±17,91	60,48±32,94	45,19±17,04	21,44±7,24	14,81±4,84	13,65±5,40
	Marinasyon A*	534,42±222,53	338,94±8,57	400,64±117,52	357,11±93,16	670,70±410,4	156,86±73,49
	Marinasyon B*	537,63±113,99	240,45±119,87	313,65±22,99	187,11±124,77	590,06±175,89	466,22±246,91
	Marinasyon C*	703,91±66,66	635,58±36,81	674,55±91,35	418,72±55,67	569,29±61,74	461,15±35,60
	Marinasyon D*	912,76±312,52	481,02±138,25	707,56±109,62	493,97±118,20	545,96±88,19	534,61±95,27
Tavuk But	Sade	87,92±14,76	86,24±3,89	21,58±16,02	17,52±3,06	87,42±86,11	78,28±9,45
	Tuz	197,23±3,00	108,78±39,43	53,76±32,49	26,14±17,29	106,14±79,95	21,25±3,78
	Marinasyon A*	546,86±258,91	492,14±169,34	646,99±207,17	535,44±82,61	1280,59±309,34	664,69±149,14
	Marinasyon B*	745,74±53,74	449,50±13,11	741,91±68,02	438,02±61,29	615,91±149,53	485,54±44,03
	Marinasyon C*	719,07±136,38	674,36±179,30	705,54±133,92	584,16±82,45	691,48±261,80	580,79±188,63
	Marinasyon D*	1067,79±46,32	531,62±112,63	1100,99±231,39	552,87±122,51	929,44±127,07	574,85±257,05

***Marinasyon A:** Riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon B:** Sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon C:** Üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon D:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon E:** Riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber; **Marinasyon F:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.

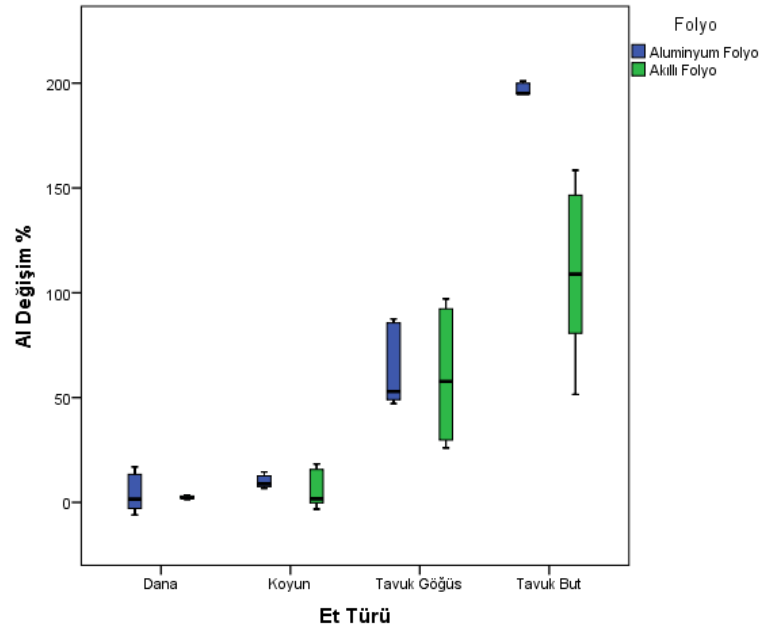
Tablo 4.4. Somon ve mezigit etinin farklı marinasyonlarda ve sıcaklık derecelerinde alüminyum değişim yüzdelerinin ortalamaları ve standart sapmaları ($\bar{X} \pm SS$).

Et Türü	Marinasyon Yöntemi	Al Değişim %			
		150°C - 40 dk		200°C - 20 dk	
		Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo
Somon	Sade	16,30±2,49	4,82±2,87	13,93±2,24	10,11±4,09
	Tuz	16,07±1,56	5,15±0,33	13,81±4,72	4,60±3,20
	Marinasyon E*	30,14±1,32	7,83±6,33	17,91±4,42	19,59±9,10
	Marinasyon F*	24,31±18,90	7,36±7,33	25,40±6,90	23,45±4,08
Mezigit	Sade	27,95±5,72	7,80±3,16	13,29±0,62	13,02±12,44
	Tuz	27,19±1,69	7,37±4,86	13,89±8,69	9,68±3,93
	Marinasyon E*	40,42±11,89	34,77±20,10	30,66±3,76	28,38±5,98
	Marinasyon F*	35,36±19,80	22,83±14,70	20,80±7,18	16,21±8,83

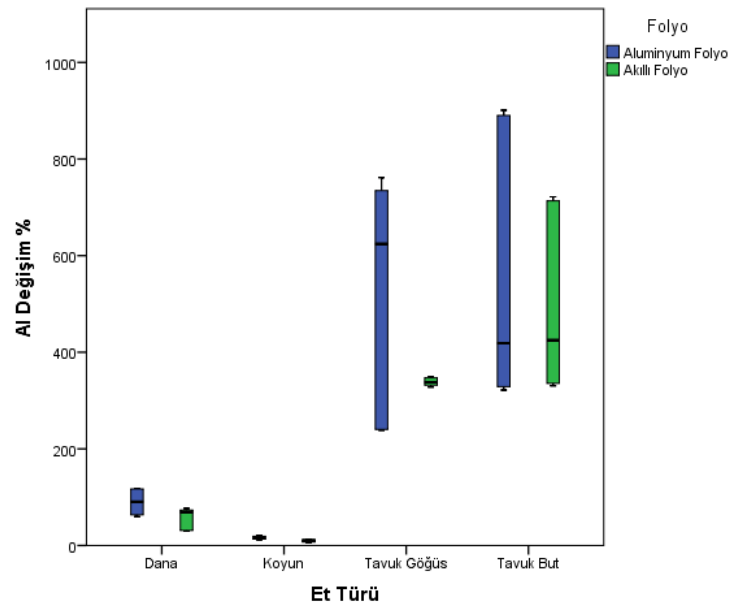
***Marinasyon E:** Riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber; **Marinasyon F:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.



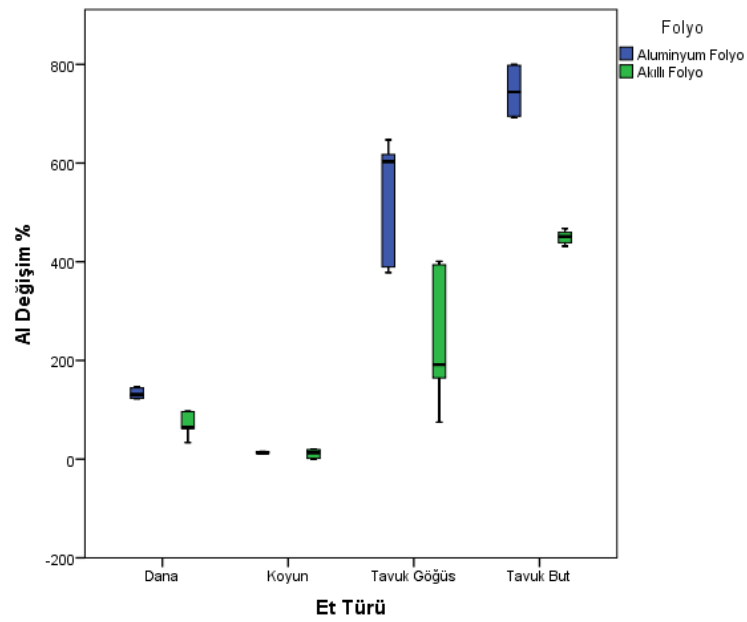
Şekil 4.1. 150°C’de 60 dk sade pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.



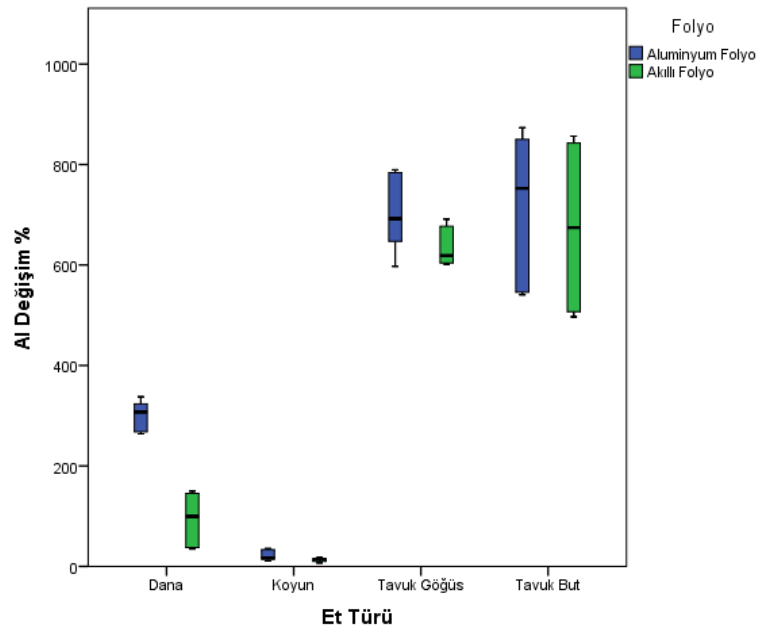
Şekil 4.2. 150°C’de 60 dk tuzlu pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.



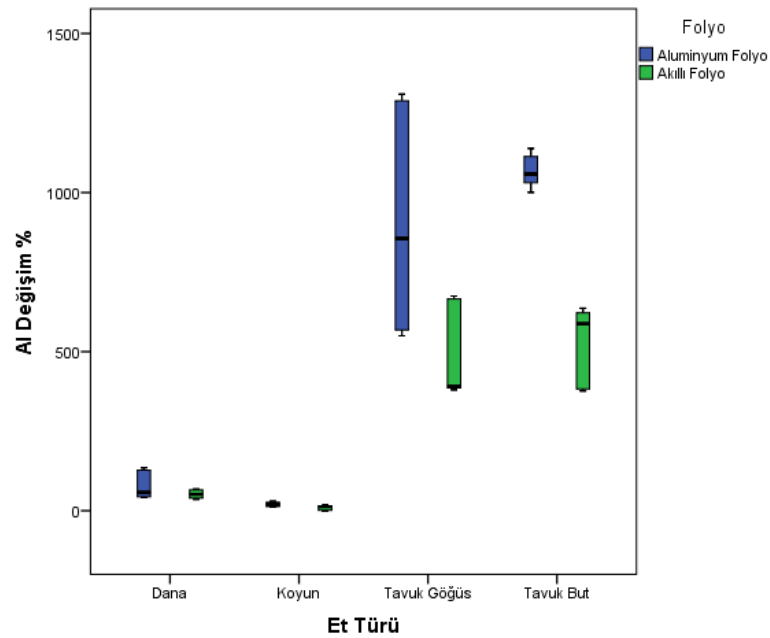
Şekil 4.3. 150°C’de 60 dk marinyasyon A yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.



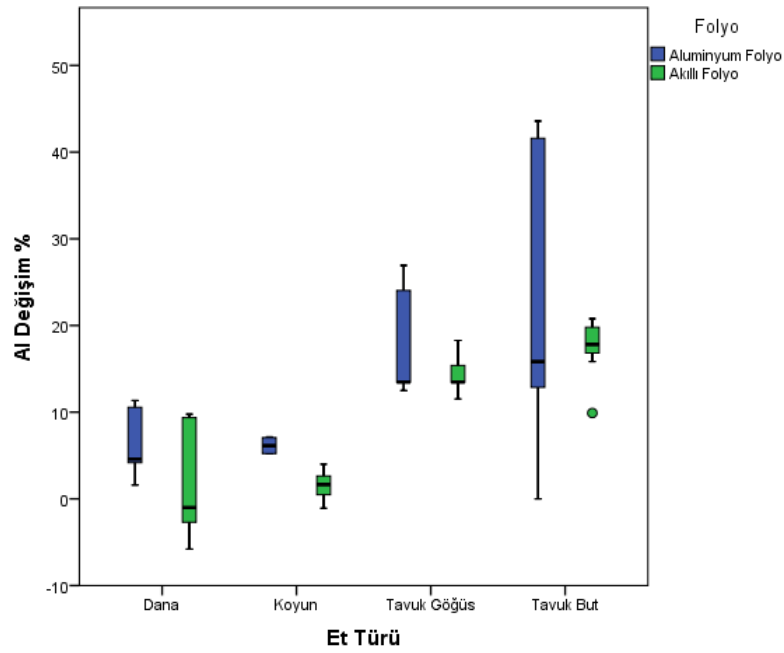
Şekil 4.4. 150°C’de 60 dk marinyasyon B yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.



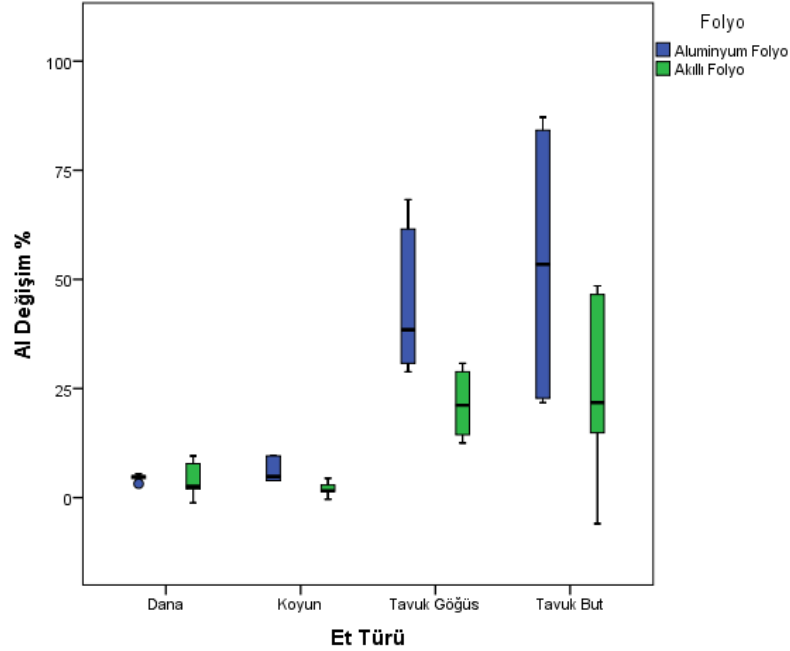
Şekil 4.5. 150°C'de 60 dk marinasyon C yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.



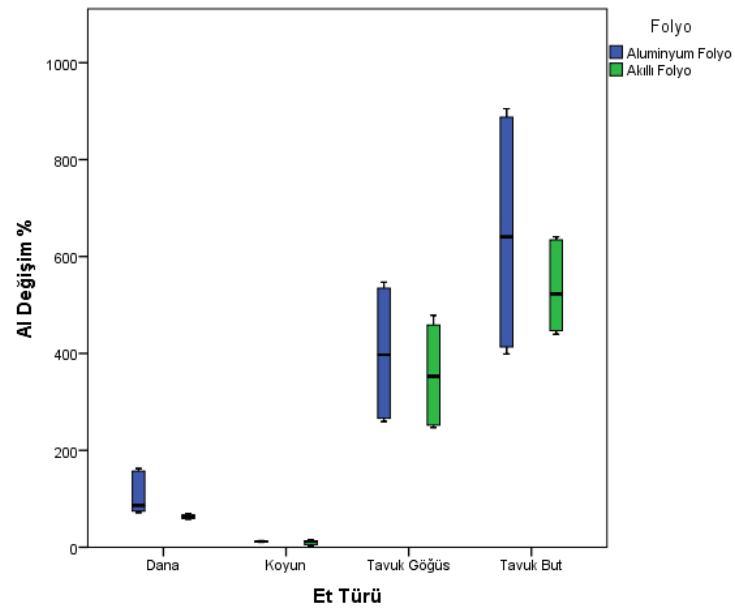
Şekil 4.6. 150°C'de 60 dk marinasyon D yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.



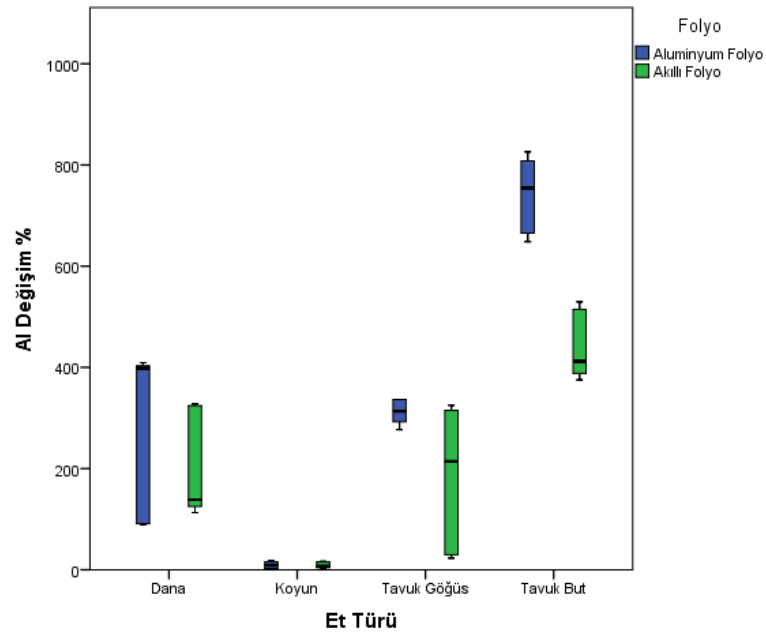
Şekil 4.7. 200°C'de 40 dk sade pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.



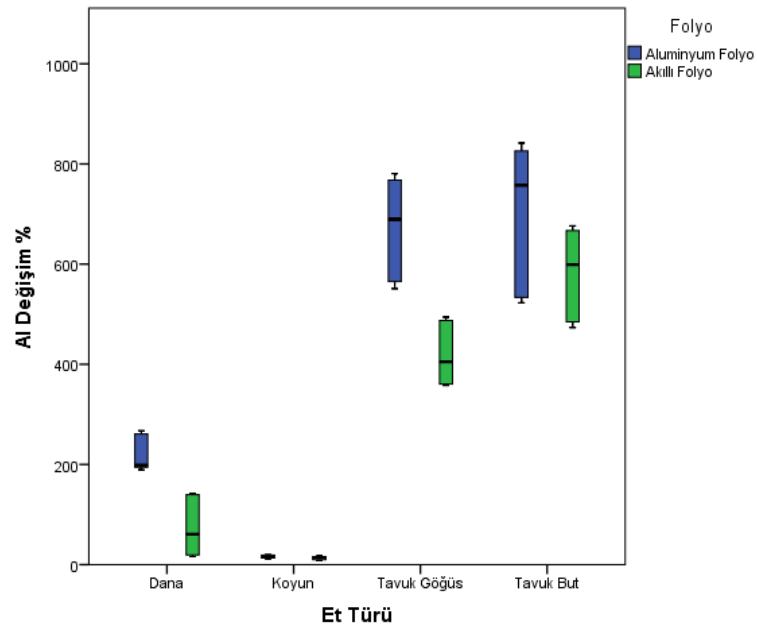
Şekil 4.8. 200°C'de 40 dk tuzlu pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.



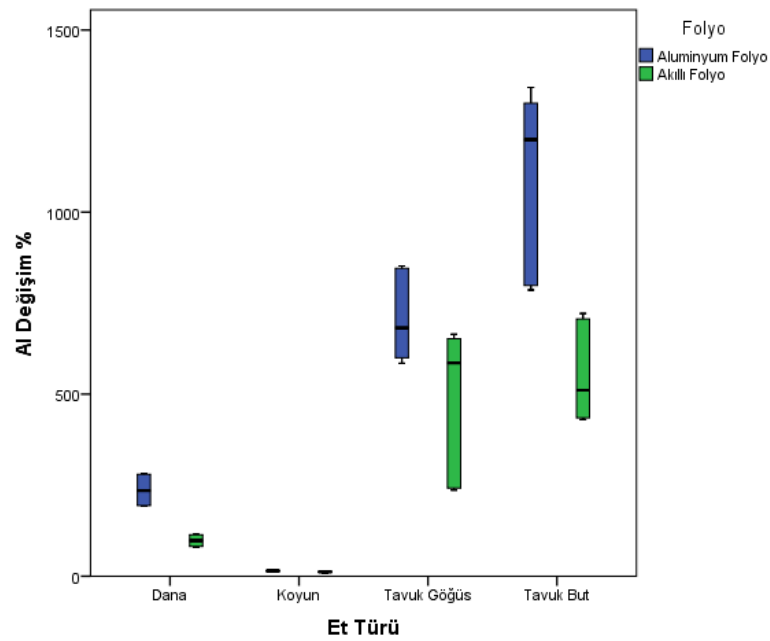
Şekil 4.9. 200°C’de 40 dk marinasyon A yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.



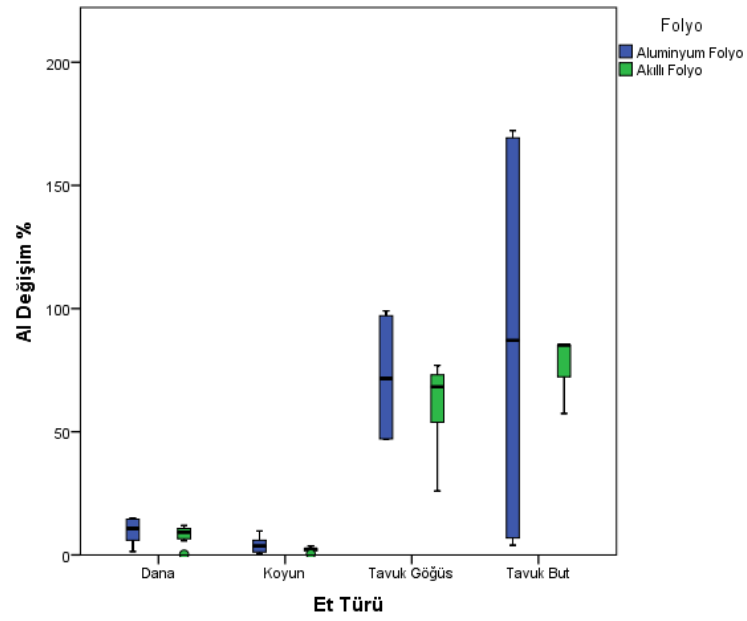
Şekil 4.10. 200°C’de 40 dk marinasyon B yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.



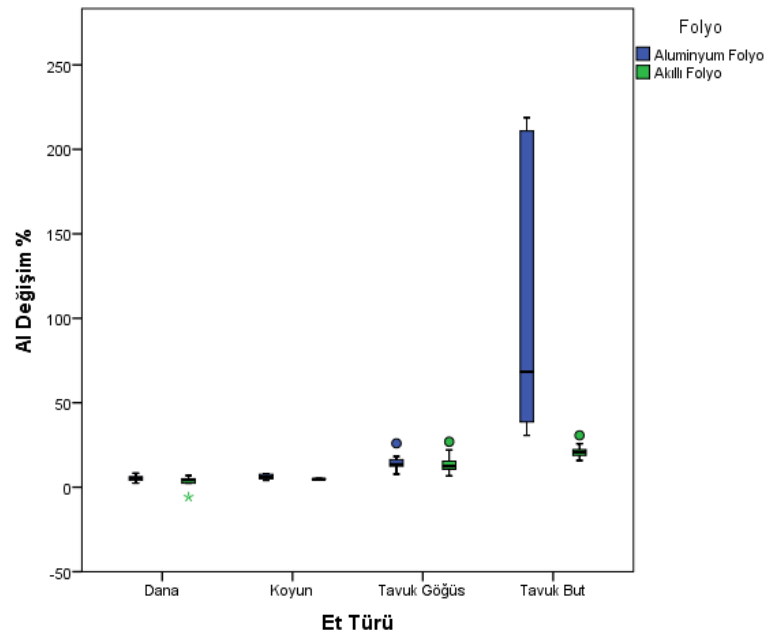
Şekil 4.11. 200°C’de 40 dk marinasyon C yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.



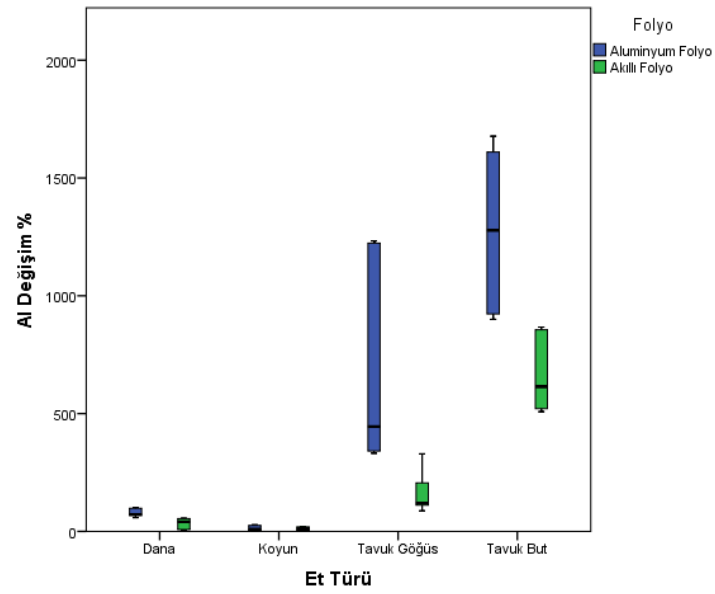
Şekil 4.12. 200°C’de 40 dk marinasyon D yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.



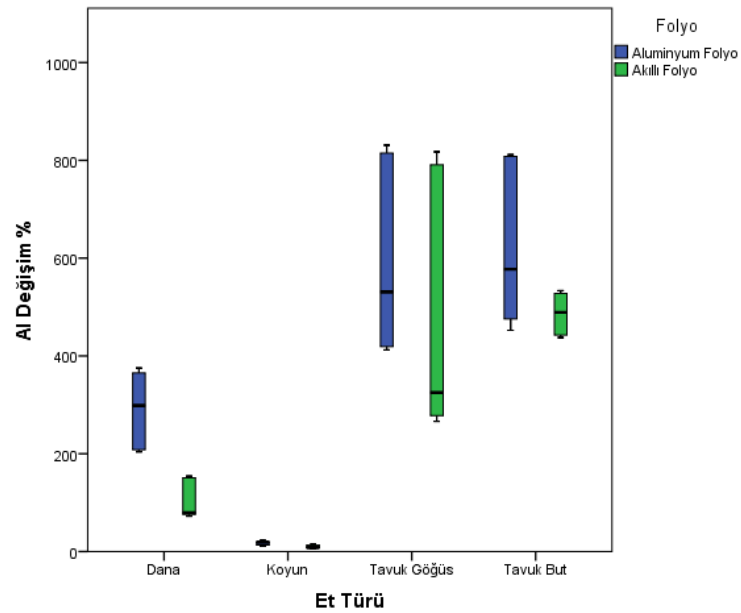
Şekil 4.13. 250°C'de 20 dk sade pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.



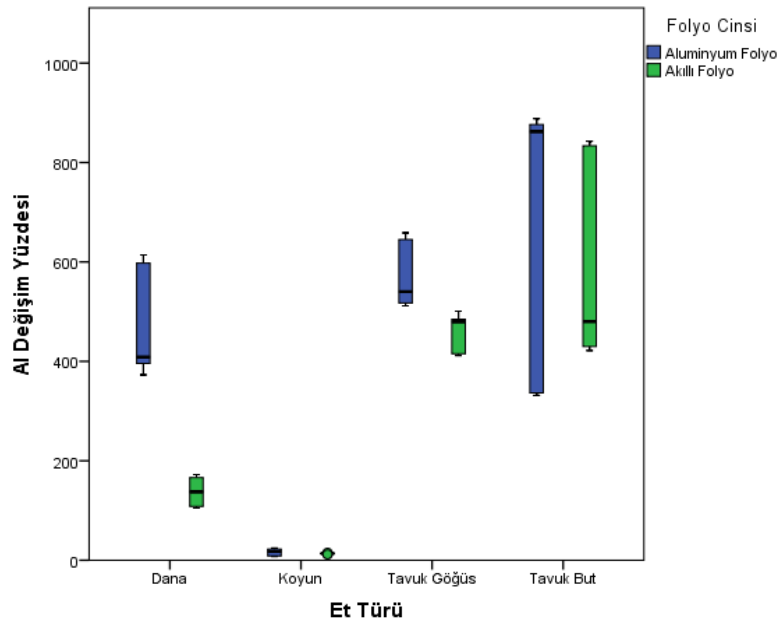
Şekil 4.14. 250°C'de 20 dk tuzlu pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.



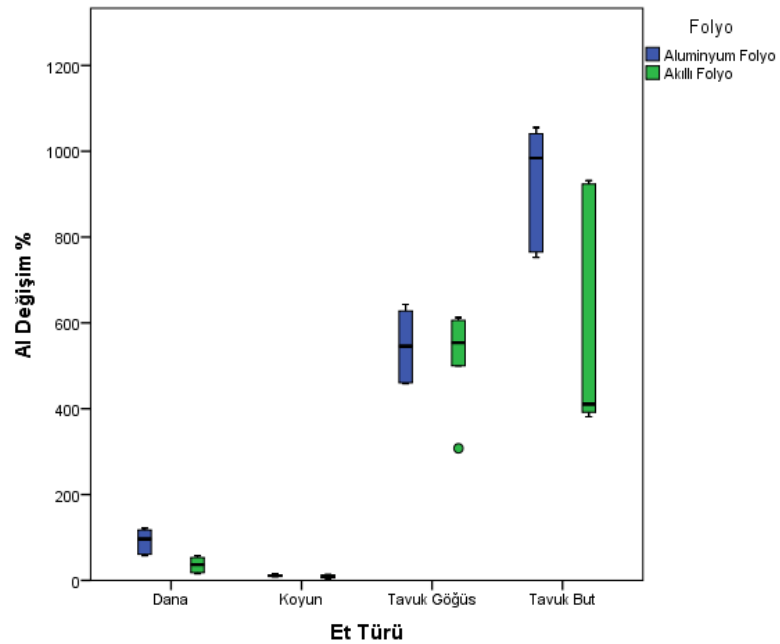
Şekil 4.15. 250°C’de 20 dk marinasyon A yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.



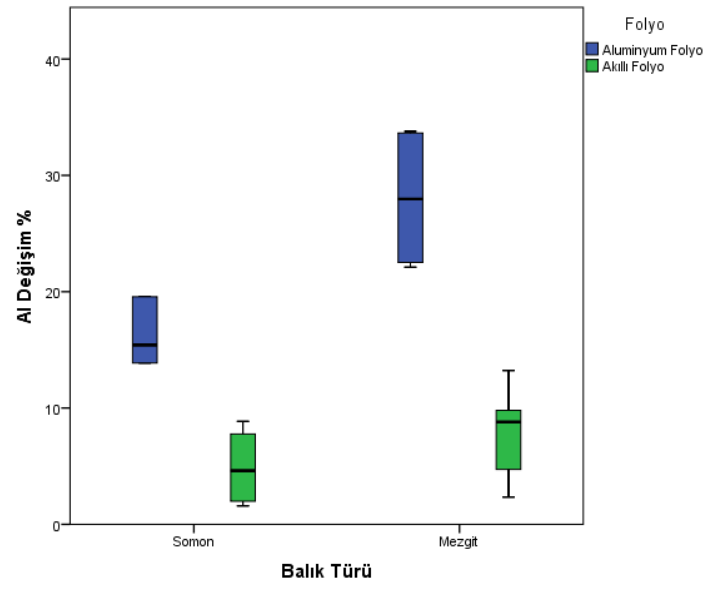
Şekil 4.16. 250°C’de 20 dk marinasyon B yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.



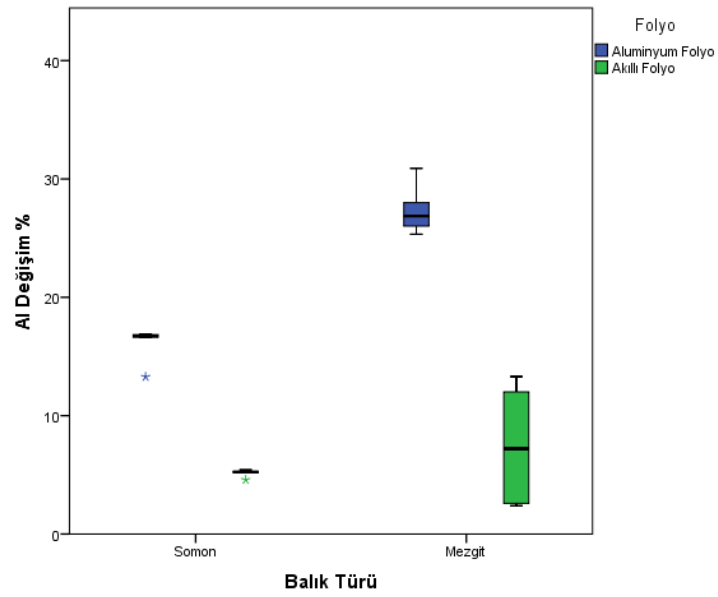
Şekil 4.17. 250°C’de 20 dk marinasyon C yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.



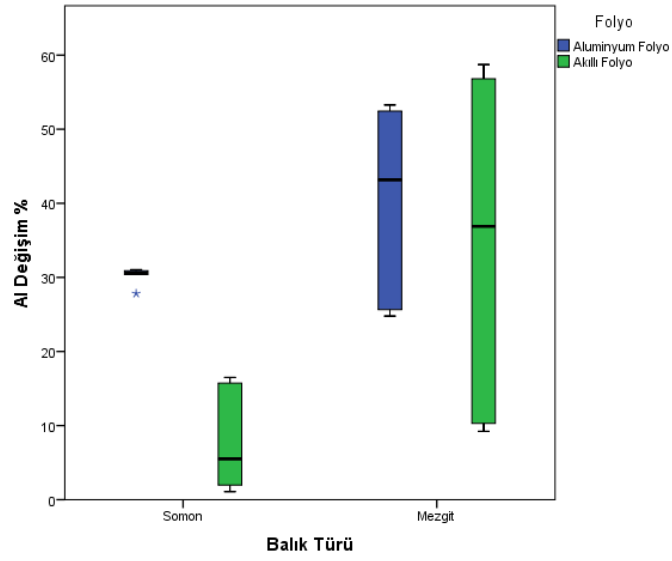
Şekil 4.18. 250°C’de 20 dk marinasyon D yöntemi uygulanarak pişirilen farklı et türlerinin Al değişim % ortalamaları.



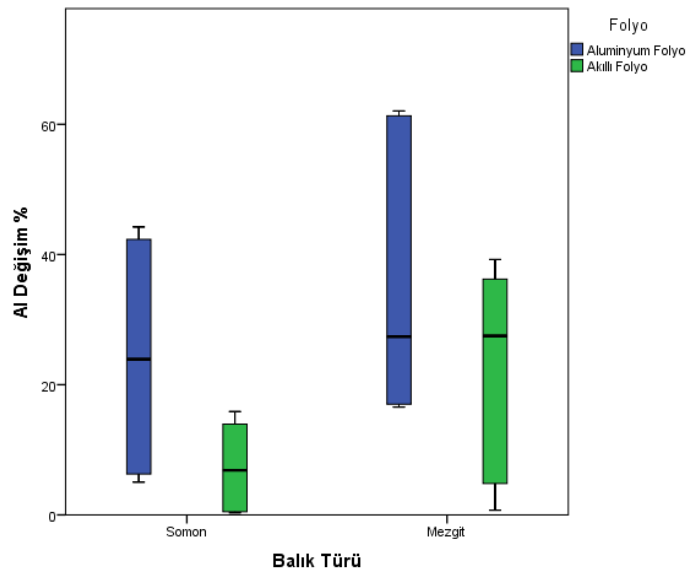
Şekil 4.19. 150°C'de 40 dk sade pişirilen balık etlerinin Al değişim % ortalamaları.



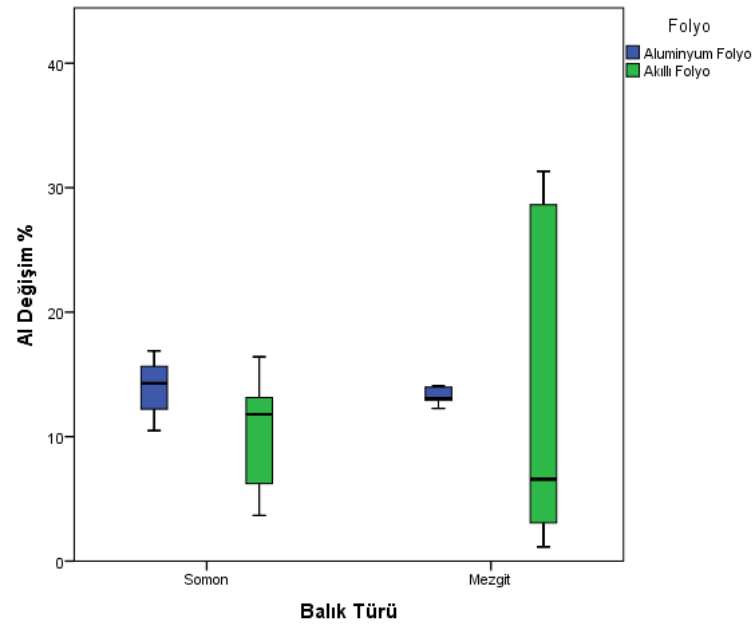
Şekil 4.20. 150°C'de 40 dk tuzlu pişirilen balık etlerinin Al değişim % ortalamaları.



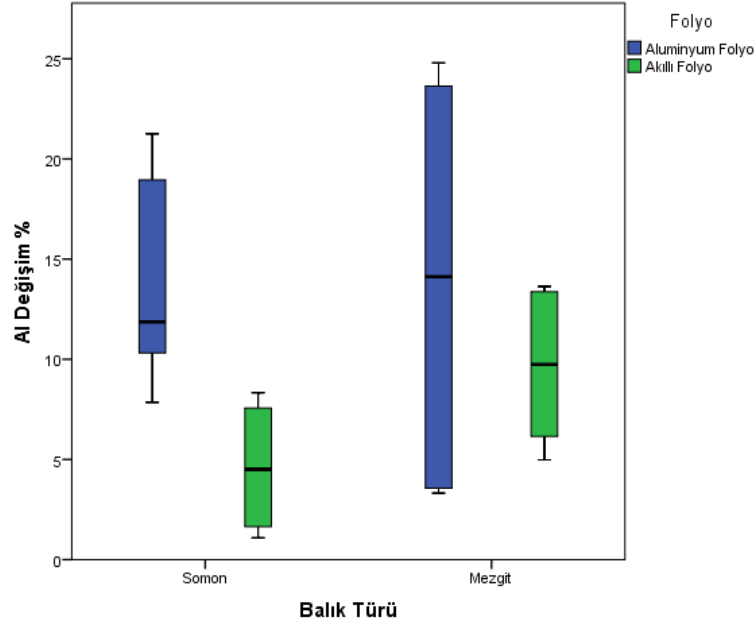
Şekil 4.21. 150°C'de 40 dk marinasyon E yöntemi uygulanarak pişirilen balık etlerinin Al değişim % ortalamaları.



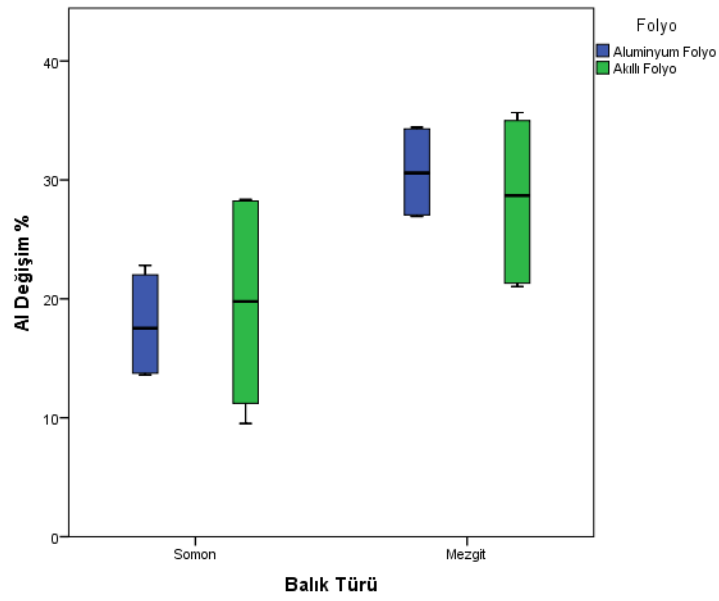
Şekil 4.22. 150°C'de 40 dk marinasyon F yöntemi uygulanarak pişirilen balık etlerinin Al değişim % ortalamaları.



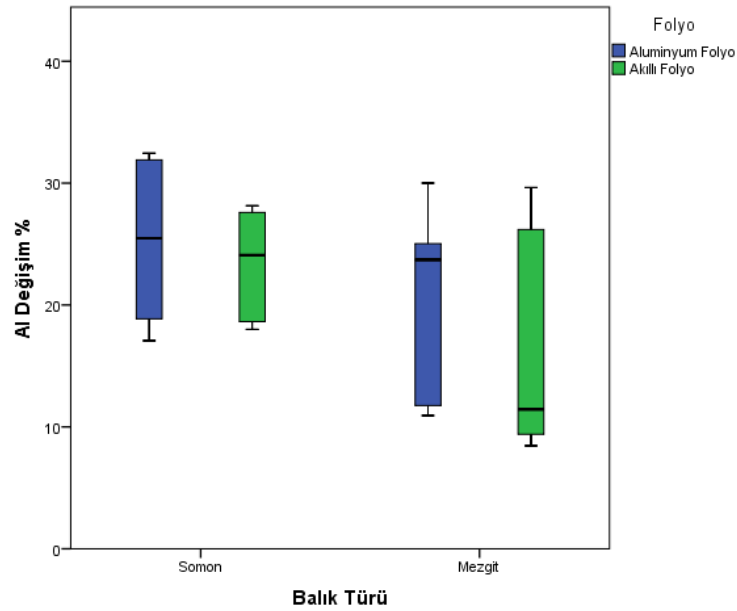
Şekil 4.23. 200°C’de 20 dk sade pişirilen balık etlerinin Al değişim % ortalamaları.



Şekil 4.24. 200°C’de 20 dk tuzlu pişirilen balık etlerinin Al değişim % ortalamaları.



Şekil 4.25. 200°C'de 20 dk marinasyon E yöntemi uygulanarak pişirilen balık etlerinin Al değişim % ortalamaları.



Şekil 4.26. 200°C'de 20 dk marinasyon F yöntemi uygulanarak pişirilen balık etlerinin Al değişim % ortalamaları.

4.3. Farklı Et Türlerine Uygulanan Farklı Marinasyon ve Sıcaklık Derecelerine Göre Alüminyum Geçişlerinin Değerlendirilmesi

Farklı folyolardan etlere Al geçişlerini karşılaştırabilmek için etlerin Al değişim yüzdesi (%) kullanılmıştır. Farklı folyolar kullanılarak farklı marinasyon ve sıcaklık derecelerinde etlerin alüminyum içeriklerinde oluşan değişimler Al değişim yüzdesi ile karşılaştırılmıştır.

Farklı marinasyon yöntemlerinde ve sıcaklık derecelerinde dana etinde Al geçişlerinin ortalama, standart sapma, ortanca ve değişim yüzdesi değerleri ile p değerleri Tablo 4.5.'de verilmiştir. Alüminyum folyo kullanılarak marinasyon A ve D yöntemi uygulanarak 200°C'de 40 dk ve 250°C'de 20 dk pişirilen dana etlerinde alüminyum geçişleri akıllı folyo kullanılarak pişirilen etlere göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.5.). Marinasyon B yöntemi uygulanarak alüminyum folyoda 150°C'de 60 dk ve 250°C'de 20 dk pişirilen dana etlerinde ise alüminyum geçişleri akıllı folyo kullanılarak pişirilen etlere göre anlamlı olarak daha yüksektir ($p<0.05$). Marinasyon C yöntemi uygulanarak pişirilen dana etlerinde uygulanan her sıcaklık derecesinde alüminyum geçişleri alüminyum folyo kullanılarak pişirilen etlerde akıllı folyo kullanılarak pişirilen etlere göre anlamlı olarak daha yüksek belirlenmiştir ($p<0.05$)

Tablo 4.5. Dana etine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerine ve sıcaklık derecelerine göre alüminyum geçişlerinin değerlendirilmesi.

Marinasyon Yöntemi	Sıcaklık-Süre	Folyo Türü	Al (mg/kg KA) ($\bar{X} \pm SS$)	Al (mg/kg KA) (Ortanca (Q1-Q3))	Değişim % ($\bar{X} \pm SS$)	p	
Sade	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	5,17±1,18	5,14 (5,05-5,33)	2,93±3,53	0,305	
		Akıllı folyo	5,11±0,31	4,93 (4,86-5,50)	1,71±6,18		
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	5,34±0,21	5,25 (5,16-5,57)	6,45±4,28		0,098
		Akıllı folyo	5,13±0,32	4,97 (4,84-5,49)	2,20±6,31		
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	5,51±0,27	5,56 (5,28-5,75)	9,70±5,30		0,461
		Akıllı folyo	5,44±0,16	5,48 (5,33-5,56)	8,37±3,14		
Tuzlu	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	5,23±0,42	5,10 (4,82-5,71)	4,29±8,34	0,567	
		Akıllı folyo	5,14±0,04	5,12 (5,11-5,17)	2,41±0,72		
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	5,25±0,04	5,26 (5,21-5,28)	4,54±0,84		0,254
		Akıllı folyo	5,20±0,20	5,15 (5,08-5,43)	3,62±3,98		
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	5,29±0,11	5,29 (5,18-5,38)	5,30±2,23		0,254
		Akıllı folyo	5,18±0,17	5,24 (5,14-5,27)	3,21±3,45		
Marinasyon A**	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	9,52±1,41	9,55 (8,19-10,89)	89,70±28,07	0,177	
		Akıllı folyo	7,93±1,02	8,48 (6,58-8,73)	58,00±20,25		
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	10,37±1,97	9,35 (8,76-12,92)	106,61±39,31		0,000*
		Akıllı folyo	8,20±0,20	8,20 (8,00-8,38)	63,37±3,93		
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	8,95±0,83	8,65 (8,22-10,00)	78,37±16,56		0,000*
		Akıllı folyo	6,72±1,05	7,05 (5,39-7,76)	33,94±20,94		

*p<0,05; Mann Whitney-U, **Marinasyon A: Riviera zeytinyağı, tuz, karabiber.

Tablo 4.5. (Devam) Dana etine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerine ve sıcaklık derecelerine göre alüminyum geçişlerinin değerlendirilmesi.

Marinasyon Yöntemi	Sıcaklık-Süre	Folyo Türü	Al (mg/kg KA) ($\bar{X} \pm SS$)	Al (mg/kg KA) (Ortanca (Q1-Q3))	Değişim % ($\bar{X} \pm SS$)	p
Marinasyon B**	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	11,59±0,51	11,59 (11,21-12,28)	132,81±10,22	0,000*
		Akıllı folyo	8,67±0,97	8,25 (8,14-9,85)	72,79±19,39	
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	19,96±7,63	25,02 (9,55-25,26)	297,62±151,92	0,126
		Akıllı folyo	14,81±4,80	11,98 (11,24-21,35)	195,09±95,73	
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	19,59±3,47	20,01 (15,42-23,40)	290,25±69,13	0,000*
		Akıllı folyo	10,16±1,84	9,01 (8,83-12,63)	102,43±36,70	
Marinasyon C**	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	20,13±1,35	20,44 (18,45-21,29)	300,99±26,93	0,000*
		Akıllı folyo	9,75±2,39	10,02 (6,90-12,32)	94,14±47,56	
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	16,00±1,68	14,99 (14,75-18,20)	218,1±33,49	0,000*
		Akıllı folyo	8,71±2,64	8,08 (5,99-12,07)	73,53±52,62	
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	28,47±5,12	25,53 (24,74-35,10)	467,18±102,07	0,000*
		Akıllı folyo	11,94±1,59	11,93 (10,44-13,42)	137,91±31,70	
Marinasyon D**	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	8,87±2,00	7,93 (7,21-11,41)	76,71±39,93	0,148
		Akıllı folyo	7,63±0,60	7,59 (6,99-8,31)	52,10±12,04	
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	16,88±2,16	16,82 (14,76-19,07)	236,35±43,05	0,000*
		Akıllı folyo	9,92±0,82	9,92 (9,11-10,75)	97,57±16,38	
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	9,59±1,27	9,86 (8,05-10,94)	91,10±25,38	0,000*
		Akıllı folyo	6,82±0,80	6,85 (5,93-7,73)	35,87±15,90	

*p<0,05; Mann Whitney-U, ****Marinasyon B:** Sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon C:** Üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon D:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber.

Tablo 4.6.'te koyun etine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerine ve sıcaklık derecelerine göre alüminyum geçişlerinin ortalama, standart sapma, ortanca, değişim yüzdesi ile p değerleri verilmiştir. Sade olarak 150°C'de 60 dk ve 200°C'de 40 dk pişirilen koyun etinde alüminyum geçişi alüminyum folyo kullanılarak pişirilen etlerde akıllı folyo kullanılarak pişirilen etlere göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Alüminyum folyoda tuzlu olarak 200°C'de 40 dk ve 250°C'de 20 dk pişirilen koyun etinde alüminyum geçişi akıllı folyo kullanılarak pişirilen etlere göre anlamlı olarak daha yüksektir ($p<0.05$). Alüminyum folyo kullanılarak marinasyon A ve marinasyon C yöntemine göre 150°C'de 60 dk pişirilen koyun etinde alüminyum geçişi akıllı folyo kullanılarak pişirilen etlere göre anlamlı olarak daha yüksektir ($p<0.05$). Marinasyon B yöntemi uygulanarak alüminyum folyoda 250°C'de 20 dk pişirilen koyun etinde alüminyum geçişi akıllı folyo kullanılarak pişirilen etlere göre anlamlı olarak daha yüksek belirlenmiştir ($p<0.05$). Marinasyon D yöntemi uygulanarak pişirilen koyun etinde ise alüminyum geçişi 200°C'de 40 dk pişirilen koyun etinde alüminyum folyo kullanılarak pişirilen etlerde akıllı folyo kullanılarak pişirilen etlere göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Koyun etini alüminyum folyoda sade pişirmede; marinasyon A ve C yöntemi uygulanarak 150°C'de 60 dk pişirmede; tuzlu olarak 200°C'de 40 dk ve 250°C'de 20 dk pişirmede; marinasyon B uygulanarak 250°C'de 20 dk ve marinasyon D uygulanarak 200°C'de 40 dk pişirmede Al geçişi akıllı folyoya göre daha yüksek saptanmıştır (Tablo 4.6.).

Tablo 4.6. Koyun etine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerine ve sıcaklık derecelerine göre alüminyum geçişlerinin değerlendirilmesi.

Marinasyon Yöntemi	Sıcaklık-Süre	Folyo Türü	Al (mg/kg KA) ($\bar{X} \pm SS$)	Al (mg/kg KA) (Ortanca) (Q1-Q3)	Değişim % ($\bar{X} \pm SS$)	p
Sade	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	85,58±1,94	86,42 (83,93-87,17)	10,83±2,51	0,001*
		Akıllı folyo	81,70±0,60	83,49 (77,99-84,18)	5,80±4,30	
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	81,97±0,75	81,96 (81,25-82,68)	6,15±0,97	0,000*
		Akıllı folyo	78,37±1,24	78,49 (77,08-79,71)	1,49±1,61	
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	80,32±2,26	80,07 (77,79-82,32)	4,01±2,93	0,071
		Akıllı folyo	78,81±0,77	78,31 (79,12-79,22)	2,06±1,00	
Tuzlu	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	84,72±2,13	84,04 (82,95-87,03)	9,71±2,76	0,126
		Akıllı folyo	81,70±6,47	78,55 (76,71-90,20)	5,81±8,38	
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	81,95±1,98	80,95 (80,23-84,60)	6,12±2,56	0,000*
		Akıllı folyo	78,63±1,01	78,42 (78,23-79,50)	1,83±1,30	
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	82,06±1,11	81,85 (81,04-83,17)	6,27±1,44	0,040*
		Akıllı folyo	80,94±0,22	80,85 (80,77-81,16)	4,82±0,28	
Marinasyon A**	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	89,63±2,50	89,32 (87,53-92,15)	16,07±3,23	0,000*
		Akıllı folyo	84,76±2,10	84,86 (87,75-86,76)	9,77±2,72	
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	86,36±1,00	86,36 (85,39-87,21)	11,83±1,29	0,892
		Akıllı folyo	85,08±3,54	86,49 (81,38-87,49)	10,18±4,58	
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	87,11±8,26	84,13 (79,24-96,85)	12,82±10,69	0,567
		Akıllı folyo	85,24±6,26	85,30 (78,12-94,43)	10,39±8,11	

*p<0,05; Mann Whitney-U, **Marinasyon A: Riviera zeytinyağı, tuz, karabiber.

Tablo 4.6. (Devam) Koyun etine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerine ve sıcaklık derecelerine göre alüminyum geçişlerinin değerlendirilmesi.

Marinasyon Yöntemi	Sıcaklık-Süre	Folyo Türü	Al (mg/kg KA) ($\bar{X} \pm SS$)	Al (mg/kg KA) (Ortanca) (Q1-Q3)	Değişim % ($\bar{X} \pm SS$)	p
Marinasyon B**	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	87,53±1,42	87,00 (86,36-89,03)	13,35±1,83	0,935
		Akıllı folyo	85,81±6,32	87,17 (77,77-92,32)	11,12±8,18	
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	84,28±5,06	84,00 (78,89-89,62)	9,14±6,55	0,713
		Akıllı folyo	84,15±4,70	82,75 (78,57-89,88)	8,98±6,09	
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	90,49±2,96	91,94 (86,98-92,91)	17,18±3,84	0,000*
		Akıllı folyo	84,79±2,35	83,52 (82,80-87,15)	9,80±3,04	
Marinasyon C**	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	93,71±7,43	90,17 (88,08-103,60)	21,35±9,62	0,009*
		Akıllı folyo	87,13±2,67	88,27 (83,90-89,55)	12,83±3,46	
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	89,21±2,29	88,62 (87,42-92,08)	15,53±2,96	0,285
		Akıllı folyo	87,44±2,42	88,42 (84,53-89,39)	13,23±3,13	
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	89,62±4,94	90,59 (83,78-94,61)	16,05±6,40	0,177
		Akıllı folyo	87,51±0,72	87,64 (87,13-87,78)	13,32±0,93	
Marinasyon D**	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	92,74±4,97	92,43 (87,34-97,98)	20,10±6,43	0,148
		Akıllı folyo	84,69±5,38	87,13 (77,77-88,69)	9,68±6,97	
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	88,48±1,49	88,65 (87,04-89,61)	14,58±1,93	0,000*
		Akıllı folyo	86,31±1,39	86,50 (85,30-87,41)	11,77±1,80	
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	85,93±1,71	85,93 (84,39-87,10)	11,27±2,22	0,160
		Akıllı folyo	84,11±2,71	84,03 (81,61-86,82)	8,93±3,51	

*p<0,05; Mann Whitney-U, ****Marinasyon B:** Sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon C:** Üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon D:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber.

Tavuk göğüs etine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerine ve sıcaklık derecelerine göre alüminyum geçişlerinin ortalama, standart sapma, ortanca, Al değişim yüzdesi ile p değerleri Tablo 4.7.'te verilmiştir. Sade olarak 150°C'de 60 dk; tuzlu olarak 200°C'de 40 dk ve marinasyon A yöntemi uygulanarak 250°C'de 20 dk pişirilen tavuk göğüs etinde alüminyum geçişleri alüminyum folyo kullanılarak pişirilen etlerde anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Marinasyon B ve C yöntemi kullanılarak alüminyum folyoda pişirilen tavuk göğüs etine uygulanan farklı sıcaklık derecelerinde alüminyum geçişleri akıllı folyo kullanılarak yapılan pişirme işlemine göre anlamlı olarak daha yüksektir ($p<0.05$). Marinasyon D yöntemi uygulanarak 150°C'de 60 dk ve 200°C'de 40 dk alüminyum folyo kullanılarak pişirilen tavuk göğüs etinde alüminyum geçişleri akıllı folyo kullanılarak pişirilen etlere göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Tavuk göğüs etinde farklı sıcaklıklarda ve marinasyon uygulamalarında alüminyum folyodan alüminyum geçişinin akıllı folyoya göre daha fazla olduğu saptanmıştır.

Tablo 4.7. Tavuk göğüs etine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerine ve sıcaklık derecelerine göre alüminyum geçişlerinin değerlendirilmesi.

Marinasyon Yöntemi	Sıcaklık-Süre	Folyo Türü	Al (mg/kg KA) ($\bar{X} \pm SS$)	Al (mg/kg KA) (Ortanca (Q1-Q3))	Değişim % ($\bar{X} \pm SS$)	p
Sade	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	1,78±0,38	1,78 (1,40-2,13)	71,06±36,75	0,001*
		Akıllı folyo	1,29±0,13	1,25 (1,19-1,42)	24,23±12,94	
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	1,22±0,06	1,18 (1,18-1,29)	17,69±5,79	0,393
		Akıllı folyo	1,19±0,02	1,18 (1,17-1,21)	14,42±2,40	
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	1,79±0,27	1,78 (1,53-2,05)	72,40±25,88	0,428
		Akıllı folyo	1,69±0,15	1,75 (1,59-1,80)	62,95±14,63	
Tuzlu	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	1,69±0,19	1,59 (1,55-1,93)	62,50±17,91	0,807
		Akıllı folyo	1,67±0,34	1,64 (1,35-2,00)	60,48±32,94	
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	1,51±0,18	1,44 (1,35-1,69)	45,19±17,04	0,000*
		Akıllı folyo	1,26±0,07	1,26 (1,19-1,34)	21,44±7,24	
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	1,19±0,05	1,18 (1,17-1,21)	14,81±4,84	0,367
		Akıllı folyo	1,18±0,06	1,17 (1,15-1,22)	13,65±5,40	
Marinasyon A**	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	6,60±2,31	7,53 (3,54-8,73)	534,42±222,53	0,177
		Akıllı folyo	4,56±0,09	4,55 (4,48-4,65)	338,94±8,57	
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	5,21±1,22	5,17 (3,80-6,61)	400,64±117,52	0,126
		Akıllı folyo	4,75±0,97	4,71 (3,63-5,93)	357,11±93,16	
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	8,01±4,27	5,67 (4,56-13,79)	670,70±410,4	0,000*
		Akıllı folyo	2,67±0,76	2,29 (2,18-3,58)	156,86±73,49	

*p<0,05; Mann Whitney-U, **Marinasyon A: Riviera zeytinyağı, tuz, karabiber.

Tablo 4.7. (Devam) Tavuk göğüs etine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerine ve sıcaklık derecelerine göre alüminyum geçişlerinin değerlendirilmesi.

Marinasyon Yöntemi	Sıcaklık-Süre	Folyo Türü	Al (mg/kg KA) ($\bar{X} \pm SS$)	Al (mg/kg KA) (Ortanca (Q1-Q3))	Değişim % ($\bar{X} \pm SS$)	p
Marinasyon B**	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	6,63±1,18	7,31 (5,08-7,50)	537,63±113,99	0,000*
		Akıllı folyo	3,54±1,25	3,03 (2,69-5,15)	240,45±119,87	
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	4,30±0,24	4,30 (4,08-4,54)	313,65±22,99	0,004*
		Akıllı folyo	2,99±1,30	3,27 (1,34-4,33)	187,11±124,77	
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	7,18±1,83	6,56 (5,39-9,53)	590,06±175,89	0,011*
		Akıllı folyo	5,89±2,57	4,42 (3,91-9,32)	466,22±246,91	
Marinasyon C**	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	8,36±0,69	8,24 (7,74-9,20)	703,91±66,66	0,010*
		Akıllı folyo	7,65±0,38	7,47 (7,32-8,09)	635,58±36,81	
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	8,05±0,95	8,21 (6,92-9,04)	674,55±91,35	0,000*
		Akıllı folyo	5,39±0,58	5,25 (4,79-6,11)	418,72±55,67	
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	6,96±0,64	6,66 (6,41-7,75)	569,29±61,74	0,000*
		Akıllı folyo	5,84±0,37	6,03 (5,35-6,10)	461,15±35,60	
Marinasyon D**	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	10,53±3,25	9,94 (6,95-14,46)	912,76±312,52	0,000*
		Akıllı folyo	6,04±1,44	5,10 (5,04-7,97)	481,02±138,25	
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	8,40±1,14	8,13 (7,28-9,86)	707,56±109,62	0,000*
		Akıllı folyo	6,18±1,96	7,13 (3,56-7,87)	493,97±118,20	
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	6,72±0,92	6,71 (5,83-7,57)	545,96±88,19	0,739
		Akıllı folyo	6,60±0,99	6,80 (6,24-7,35)	534,61±95,27	

*p<0,05; Mann Whitney-U, ****Marinasyon B:** Sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon C:** Üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon D:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber.

Tablo 4.8.'de tavuk but etine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerine ve sıcaklık derecelerine göre alüminyum geçişlerinin ortalama, standart sapma, ortanca ve Al değişim yüzdesi ile p değerleri verilmiştir. Sade olarak pişirilen tavuk but etinde alüminyum geçişleri incelendiğinde uygulanan sıcaklık derecelerinde alüminyum folyo ve akıllı folyo kullanımı açısından istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Tuzlu olarak ve marinasyon B ile D yöntemi kullanılarak pişirilen tavuk but etinde uygulanan farklı sıcaklık derecelerinde alüminyum geçişleri alüminyum folyo kullanılarak pişirilen etlerde akıllı folyo kullanılarak pişirilen etlere göre anlamlı olarak daha yüksektir ($p<0.05$). Alüminyum folyoda marinasyon A yöntemi uygulanarak 250°C 'de 20 dk ve Marinasyon C yöntemi uygulanarak 200°C 'de 40 dk pişirilen tavuk but etlerinde alüminyum geçişleri akıllı folyo kullanılarak pişirilen etlere göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Tavuk but etinde tuzlu pişirme ile marinasyon A, B, C ve D yöntemi uygulanarak alüminyum folyoda farklı sıcaklıklarda pişirme ile Al geçişi akıllı folyo kullanılarak pişirilen etlere göre daha yüksek belirlenmiştir.

Tablo 4.8. Tavuk but etine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerine ve sıcaklık derecelerine göre alüminyum geçişlerinin değerlendirilmesi.

Marinasyon Yöntemi	Sıcaklık-Süre	Folyo Türü	Al (mg/kg KA) ($\bar{X} \pm SS$)	Al (mg/kg KA) (Ortanca) (Q1-Q3)	Değişim % ($\bar{X} \pm SS$)	p
Sade	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	1,90±0,15	1,86 (1,75-2,10)	87,92±14,76	0,495
		Akıllı folyo	1,88±0,04	1,87 (1,85-1,91)	86,24±3,89	
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	1,23±0,16	1,17 (1,14-1,43)	21,58±16,02	0,531
		Akıllı folyo	1,19±0,03	1,19 (1,18-1,21)	17,52±3,06	
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	1,89±0,87	1,89 (1,07-2,72)	87,42±86,11	1,000
		Akıllı folyo	1,80±0,09	1,87 (1,71-1,87)	78,28±9,45	
Tuzlu	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	3,00±0,03	2,98 (2,98-3,03)	197,23±3,00	0,000*
		Akıllı folyo	2,11±0,40	2,11 (1,55-2,49)	108,78±39,43	
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	1,55±0,33	1,55 (1,24-1,86)	53,76±32,49	0,026*
		Akıllı folyo	1,27±0,17	1,23 (1,15-1,49)	26,14±17,29	
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	2,08±0,81	1,70 (1,39-3,16)	106,14±79,95	0,000*
		Akıllı folyo	1,22±0,04	1,22 (1,20-1,24)	21,25±3,78	
Marinasyon A**	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	6,53±2,61	5,24 (4,30-10,06)	546,86±258,91	0,806
		Akıllı folyo	5,98±1,71	5,30 (4,40-8,25)	492,14±169,34	
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	7,54±2,09	7,48 (5,15-10,07)	646,99±207,17	0,267
		Akıllı folyo	6,42±0,83	6,29 (5,52-7,44)	535,44±82,61	
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	13,94±3,12	13,92 (10,32-17,66)	1280,59±309,34	0,000*
		Akıllı folyo	7,72±1,50	7,22 (6,25-9,67)	664,69±149,14	

*p<0,05; Mann Whitney-U, **Marinasyon A: Riviera zeytinyağı, tuz, karabiber.

Tablo 4.8. (Devam) Tavuk but etine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerine ve sıcaklık derecelerine göre alüminyum geçişlerinin değerlendirilmesi.

Marinasyon Yöntemi	Sıcaklık-Süre	Folyo Türü	Al (mg/kg KA) ($\bar{X} \pm SS$)	Al (mg/kg KA) (Ortanca) (Q1-Q3)	Değişim % ($\bar{X} \pm SS$)	p
Marinasyon B**	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	8,54±0,54	8,52 (8,02-9,07)	745,74±53,74	0,000*
		Akıllı folyo	5,55±0,13	5,56 (5,42-5,66)	449,50±13,11	
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	8,50±0,69	8,63 (7,66-9,21)	741,91±68,02	0,000*
		Akıllı folyo	5,43±0,62	5,17 (4,90-6,22)	438,02±61,29	
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	7,23±1,51	6,84 (5,76-9,18)	615,91±149,53	0,008*
		Akıllı folyo	5,91±0,44	5,95 (5,47-6,34)	485,54±44,03	
Marinasyon C**	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	8,27±1,38	8,61 (6,51-9,67)	719,07±136,38	0,216
		Akıllı folyo	7,82±1,81	7,82 (6,11-9,52)	674,36±179,30	
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	8,14±1,35	8,66 (6,37-9,41)	705,54±133,92	0,009*
		Akıllı folyo	6,91±0,83	7,06 (5,85-7,76)	584,16±82,45	
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	7,99±2,64	9,72 (4,41-9,90)	691,48±261,80	0,187
		Akıllı folyo	6,88±1,90	5,86 (5,33-9,45)	580,79±188,63	
Marinasyon D**	150°C - 60 dk	Alüminyum folyo	11,79±0,47	11,70 (11,40-12,28)	1067,79±46,32	0,000*
		Akıllı folyo	6,38±1,14	6,95 (4,84-7,30)	531,62±112,63	
	200°C - 40 dk	Alüminyum folyo	12,13±2,34	13,12 (9,06-14,16)	1100,99±231,39	0,000*
		Akıllı folyo	6,59±1,24	6,17 (5,39-8,16)	552,87±122,51	
	250°C - 20 dk	Alüminyum folyo	10,40±1,28	10,95 (8,73-11,55)	929,44±127,07	0,000*
		Akıllı folyo	6,82±2,60	5,16 (4,95-10,35)	574,85±257,05	

*p<0,05; Mann Whitney-U, ****Marinasyon B:** Sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon C:** Üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon D:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber.

Somon etine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerine ve sıcaklık derecelerine göre alüminyum geçişlerinin ortalama, standart sapma, ortanca ve Al değişim yüzdeleri ile p değerleri Tablo 4.9.'da verilmiştir. Sade ve tuzlu olarak alüminyum folyoda pişirilen somon etinde tüm sıcaklık derecelerinde; marinasyon E yöntemi uygulanarak 150°C'de 40 dk pişirilen somon etinde ise alüminyum geçişleri akıllı folyo ile pişirilen somon etine göre anlamlı olarak daha yüksek saptanmıştır ($p<0.05$) (Tablo 4.9.).

Tablo 4.10.'da mezzit etine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerine ve sıcaklık derecelerine göre alüminyum geçişlerinin ortalama, standart sapma, ortanca ve Al değişim yüzdeleri ile p değerleri verilmiştir. Sade ve tuzlu olarak alüminyum folyoda 150°C'de 40 dk pişirilen mezzit etinde alüminyum geçişleri akıllı folyo kullanılarak pişirilen mezzit etine göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.10.).

Tablo 4.9. Somon etine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerine ve sıcaklık derecelerine göre alüminyum geçişlerinin değerlendirilmesi.

Marinasyon Yöntemi	Sıcaklık-Süre	Folyo Türü	Al (mg/kg KA) ($\bar{X} \pm SS$)	Al (mg/kg KA) (Ortanca (Q1-Q3))	Değişim % ($\bar{X} \pm SS$)	p	
Sade	150°C - 40 dk	Alüminyum folyo	77,92±1,67	77,33 (76,29-80,11)	16,30±2,49	0,000*	
		Akıllı folyo	70,23±1,92	70,09 (68,29-72,31)	4,82±2,87		
	200°C - 20 dk	Alüminyum folyo	76,33±1,50	76,57 (75,07-77,54)	13,93±2,24		0,026*
		Akıllı folyo	73,77±2,74	74,90 (70,70-75,85)	10,11±4,09		
Tuzlu	150°C - 40 dk	Alüminyum folyo	77,77±1,05	78,21 (77,02-78,30)	16,07±1,56	0,008*	
		Akıllı folyo	70,45±0,22	70,51 (70,27-70,59)	5,15±0,33		
	200°C - 20 dk	Alüminyum folyo	76,26±3,16	74,95 (73,83-80,08)	13,81±4,72		0,000*
		Akıllı folyo	70,08±2,14	70,02 (68,09-72,07)	4,60±3,20		
Marinasyon E**	150°C - 40 dk	Alüminyum folyo	87,20±0,89	87,47 (86,50-87,75)	30,14±1,32	0,000*	
		Akıllı folyo	72,25±4,24	70,69 (68,24-77,93)	7,83±6,33		
	200°C - 20 dk	Alüminyum folyo	79,00±2,96	78,74 (76,19-81,88)	17,91±4,42		1,000
		Akıllı folyo	80,13±6,10	80,25 (74,51-85,91)	19,59±9,10		
Marinasyon F**	150°C - 40 dk	Alüminyum folyo	83,29±12,66	83,08 (71,16-95,40)	24,31±18,90	0,063	
		Akıllı folyo	71,93±4,91	71,59 (67,31-76,54)	7,36±7,33		
	200°C - 20 dk	Alüminyum folyo	84,02±4,62	84,07 (79,63-88,42)	25,40±6,90		0,338
		Akıllı folyo	82,71±2,73	83,14 (79,26-85,56)	23,45±4,08		

*p<0,05; Mann Whitney-U, **Marinasyon E: Riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber; Marinasyon F: Süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.

Tablo 4.10. Mezgit etine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerine ve sıcaklık derecelerine göre alüminyum geçişlerinin değerlendirilmesi.

Marinasyon Yöntemi	Sıcaklık-Süre	Folyo Türü	Al (mg/kg KA) ($\bar{X} \pm SS$)	Al (mg/kg KA) (Ortanca (Q1-Q3))	Değişim % ($\bar{X} \pm SS$)	p	
Sade	150°C - 40 dk	Alüminyum folyo	111,05±4,96	111,07 (106,27-115,99)	27,95±5,72	0,000*	
		Akıllı folyo	93,56±2,75	94,43 (90,87-95,36)	7,80±3,16		
	200°C - 20 dk	Alüminyum folyo	98,32±0,53	98,15 (97,95-98,94)	13,29±0,62		0,177
		Akıllı folyo	98,09±10,80	92,50 (89,31-111,86)	13,02±12,44		
Tuzlu	150°C - 40 dk	Alüminyum folyo	110,39±1,46	110,15 (109,31-111,25)	27,19±1,69	0,000*	
		Akıllı folyo	93,18±4,22	93,04 (89,04-97,30)	7,37±4,86		
	200°C - 20 dk	Alüminyum folyo	98,84±7,54	99,05 (89,87-107,48)	13,89±8,69		0,177
		Akıllı folyo	95,19±3,41	95,24 (92,11-98,43)	9,68±3,93		
Marinasyon E**	150°C - 40 dk	Alüminyum folyo	121,87±10,32	124,25 (108,92-132,35)	40,42±11,89	0,624	
		Akıllı folyo	116,97±17,44	118,81 (95,64-136,45)	34,77±20,10		
	200°C - 20 dk	Alüminyum folyo	113,40±3,26	113,33 (110,25-116,57)	30,66±3,76		1,000
		Akıllı folyo	111,42±5,19	111,68 (105,11-117,26)	28,38±5,98		
Marinasyon F**	150°C - 40 dk	Alüminyum folyo	117,48±1,18	110,56 (101,53-140,03)	35,36±19,80	0,305	
		Akıllı folyo	106,60±12,76	110,66 (90,80-119,02)	22,83±14,70		
	200°C - 20 dk	Alüminyum folyo	104,84±6,23	107,37 (96,79-108,53)	20,80±7,18		0,174
		Akıllı folyo	100,85±7,66	96,72 (94,94-109,62)	16,21±8,83		

*p<0,05; Mann Whitney-U, **Marinasyon E: Riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber; Marinasyon F: Süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.

4.4. Farklı Et Türlerine Al Geçişlerini Etkileyen Parametreler

Bu bölümde folyolardan etlere alüminyum geçişlerini etkileyen parametreler olarak etlerin pH, yağ miktarı, pişirme sıcaklığı ve süresi ile alüminyum değişim yüzdeleri arasındaki ilişki incelenmiştir.

Tablo 4.11.'de marinasyon yöntemleri verilmeden farklı sıcaklık derecelerinde pişirilen et örneklerinin çiğ ete göre Al değişim yüzdeleri ile pH değerleri arasındaki ilişki verilmiştir. Alüminyum folyo ile 150°C'de 60 dk pişirilen dana ve koyun etinde Al değişim yüzdesi ile pH arasında negatif yönlü ilişki (sırasıyla $r=-0.439$ $p<0.01$, $r=-0.222$ $p<0.05$) saptanmıştır (Tablo 4.11.). Akıllı folyo ile 150°C'de 60 dk pişirilen dana, koyun, tavuk göğüs ve tavuk but etlerinde Al değişim yüzdesi ile pH arasında negatif yönlü ilişki (sırasıyla $r=-0.548$ $p<0.01$, $r=-0.351$ $p<0.01$, $r=-0.641$ $p<0.01$ ve $r=-0.348$ $p<0.01$) bulunmuştur. Alüminyum folyo ile 200°C'de 40 dk pişirilen dana etinde Al değişim yüzdesi ile pH arasında negatif yönlü ilişki ($r=-0.324$ $p<0.01$); akıllı folyo kullanılarak pişirilen koyun, tavuk göğüs ve tavuk but etlerinde Al değişim yüzdesi ile pH arasında negatif yönlü ilişki (sırasıyla $r=-0.458$ $p<0.01$, $r=-0.270$ $p<0.05$, $r=-0.651$ $p<0.01$ ve $r=-0.267$ $p<0.05$) saptanmıştır. Alüminyum folyo ile 250°C'de 20 dk pişirilen dana, koyun ve tavuk but etinde Al değişim yüzdesi ile pH arasında negatif ilişki (sırasıyla $r=-0.536$ $p<0.01$, $r=-0.480$ $p<0.01$ ve $r=-0.480$ $p<0.01$); akıllı folyo kullanılarak pişirilen koyun, tavuk göğüs ve tavuk but etinde Al değişim yüzdesi ile pH arasında negatif yönlü ilişki (sırasıyla $r=-0.891$ $p<0.01$, $r=-0.251$ $p<0.05$, $r=-0.500$ $p<0.01$ ve $r=-0.497$ $p<0.01$) bulunmuştur (Tablo 4.11.).

Balık etlerinde alüminyum değişim yüzdesi ile pH arasındaki ilişki incelendiğinde akıllı folyo kullanılarak pişirilen somon ve mezzit etinde negatif ilişki (sırasıyla $r=-0.323$ $p<0.05$ ve $r=-0.313$ $p<0.05$) saptanmıştır. Somon etinin hem alüminyum folyo hem de akıllı folyo kullanılarak 200°C'de 20 dk pişirilmesi sonucu alüminyum değişim yüzdesi ile pH arasında negatif ilişki (sırasıyla $r=-0.699$ $p<0.01$ ve $r=-0.564$ $p<0.01$) bulunmuştur. Mezzit etinin akıllı folyo kullanılarak 200°C'de 20 dk pişirilmesi sonucu alüminyum değişim yüzdesi ile pH arasında negatif ilişki ($r=-0.608$ $p<0.01$) saptanmıştır. Bu etlerde kullanılan marinasyon yöntemine göre asidite arttıkça alüminyum geçiş yüzdesinin de arttığı belirlenmiştir (Tablo 4.11.).

Tablo 4.11. Farklı sıcaklık-süre, et türü ve folyo çeşitlerinde Al değişim yüzdesi ile pH arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi.

Sıcaklık-Süre	Et Türü	Al Değişim % ile pH Arasındaki İlişki	
		Alüminyum Folyo ^a	Akıllı Folyo ^a
150°C - 60 dk	Dana	-0,439**	-0,548**
	Koyun	-0,222*	-0,351**
	Tavuk Göğsü	0,173	-0,641**
	Tavuk But	-0,187	-0,348**
200°C - 40 dk	Dana	-0,324**	-0,458**
	Koyun	-0,144	-0,270*
	Tavuk Göğsü	0,018	-0,651**
	Tavuk But	0,254*	-0,267*
250°C - 20 dk	Dana	-0,536**	-0,891**
	Koyun	-0,480**	-0,251*
	Tavuk Göğsü	0,047	-0,500**
	Tavuk But	-0,480**	-0,497**
150°C - 40 dk	Somon	0,137	-0,323*
	Mezgit	-0,131	-0,313*
200°C - 20 dk	Somon	-0,699**	-0,564**
	Mezgit	0,098	-0,608**

*p<0,05 **p<0,01, ^a Spearman korelasyon testi.

Et türlerine uygulanan farklı marinasyonlarda Al değişim yüzdesi ile sıcaklık arasındaki ilişki değerlendirildiğinde; dana etinde sıcaklık arttıkça alüminyum değişim yüzdesi artarken, bazı etlerde (tavuk göğüs, somon ve mezzit eti) ise sıcaklık arttıkça alüminyum değişim yüzdesi azalmaktadır (Tablo 4.12.). Buna göre, alüminyum folyo kullanılarak sade, marinasyon B ve C yöntemi uygulanarak pişirilen dana etinde pozitif yönlü ilişki (sırasıyla $r=0.556$ $p<0.01$, $r=0.363$ $p<0.05$ ve $r=0.485$ $p<0.01$) saptanmıştır. Alüminyum folyo kullanılarak pişirilen koyun etinde Al değişim yüzdesi ile sıcaklık arasındaki ilişki incelendiğinde sade, tuzlu ve marinasyon A ile D yöntemi uygulanarak pişirilen etlerde negatif yönlü ilişki (sırasıyla $r=-0.785$ $p<0.01$, $r=-0.470$ $p<0.01$, $r=-0.382$ $p<0.05$ ve $r=-0.656$ $p<0.01$); marinasyon B yöntemi uygulanarak pişirilen etlerde pozitif yönlü ilişki ($r=0.424$ $p<0.01$) bulunmuştur. Alüminyum folyo kullanılarak pişirilen tavuk göğüs etleri incelendiğinde tuzlu pişirme ile marinasyon C ve D yöntemi uygulanarak pişirmede negatif yönlü ilişki (sırasıyla $r=-0.787$ $p<0.01$, $r=-0.620$ $p<0.01$ ve $r=-0.508$ $p<0.01$) belirlenmiştir. Alüminyum folyoda marinasyon A yöntemi kullanılarak pişirilen tavuk but etinde pozitif ilişki ($r=0.751$ $p<0.01$); marinasyon D yönteminde ise negatif yönlü ilişki ($r=-0.407$ $p<0.01$) saptanmıştır. Alüminyum folyoda marinasyon E yöntemi kullanılarak pişirilen somon etinde Al değişim yüzdesi ile sıcaklık arasında negatif yönlü ilişki ($r=-0.818$ $p<0.01$); sade, tuz ve marinasyon F yöntemi uygulanarak pişirilen mezzit etinde negatif yönlü ilişki (sırasıyla $r=-0.868$ $p<0.01$, $r=-0.849$ $p<0.01$ ve $r=-0.404$ $p<0.05$) bulunmuştur. Akıllı folyo kullanılarak pişirilen etlerin Al değişim yüzdesi ile sıcaklık arasındaki ilişki incelendiğinde; sade ve marinasyon B yöntemi uygulanarak pişirilen dana etinde pozitif yönlü ilişki (sırasıyla $r=0.406$ $p<0.01$, $r=0.358$ $p<0.05$); marinasyon A, ve D yöntemi uygulanarak pişirilen dana etinde ise negatif yönlü ilişki (sırasıyla $r=-0.550$ $p<0.01$ ve $r=-0.315$ $p<0.05$) saptanmıştır (Tablo 4.12.). Akıllı folyo kullanılarak pişirilen tavuk etlerinde Al değişim yüzdesi ile sıcaklık arasındaki ilişki incelendiğinde; tavuk göğüs etinin sade ve marinasyon C yöntemi ile pişirilmesiyle pozitif ilişki (sırasıyla $r=0.616$ $p<0.01$ ve $r=0.406$ $p<0.01$), tuzlu ve marinasyon A ile C yöntemi uygulanarak pişirilmesiyle negatif ilişki (sırasıyla $r=-0.817$ $p<0.01$, $r=-0.575$ $p<0.01$ ve $r=-0.451$ $p<0.01$); tavuk but etinin ise tuzlu ve marinasyon C yöntemi uygulanarak pişirilmesiyle negatif ilişki (sırasıyla $r=-0.717$ $p<0.01$ ve $r=-0.396$ $p<0.05$), marinasyon B yöntemi uygulanarak pişirilmesiyle pozitif ilişki ($r=0.433$

$p < 0.01$) bulunmuştur. Akıllı folyoda marinasyon E ve F yöntemi uygulanarak pişirilen somon etinde Al değişim yüzdesi ile sıcaklık arasında pozitif ilişki (sırasıyla $r = 0.566$ $p < 0.01$ ve $r = 0.849$ $p < 0.01$) belirlenmiştir.

Eterde pişirme sıcaklığının arttığı durumlarda pişirme süreleri azaldığı için et türlerine uygulanan farklı marinasyonlarda Al değişim yüzdesi ile süre arasındaki ilişki değerlendirildiğinde alüminyum folyo ve akıllı folyo kullanımı ile belirlenen sonuçlar Al değişim yüzdesi ile sıcaklık arasındaki ilişkinin tersi çıkmıştır (Tablo 4.12.). Buna göre, alüminyum folyoda sade, marinasyon B ve C yöntemi uygulanarak pişirilen dana etinde negatif yönlü ilişki (sırasıyla $r = -0.556$ $p < 0.01$, $r = -0.363$ $p < 0.05$ ve $r = -0.485$ $p < 0.01$) saptanmıştır. Alüminyum folyo kullanılarak pişirilen koyun etinde Al değişim yüzdesi ile süre arasındaki ilişki incelendiğinde marinasyon B yöntemi uygulanarak pişirilen etlerde negatif yönlü ilişki ($r = -0.424$ $p < 0.01$) bulunmuştur. Alüminyum folyoda marinasyon A yöntemi kullanılarak pişirilen tavuk but etinde negatif ilişki ($r = -0.751$ $p < 0.01$) saptanmıştır. Alüminyum folyoda marinasyon E yöntemi kullanılarak pişirilen somon etinde Al değişim yüzdesi ile süre arasında pozitif yönlü ilişki ($r = 0.818$ $p < 0.01$); mezgıt etinde ise sade, tuz ve marinasyon F yöntemi uygulanarak pişirilen etlerde pozitif yönlü ilişki (sırasıyla $r = 0.868$ $p < 0.01$, $r = 0.849$ $p < 0.01$ ve $r = 0.404$ $p < 0.05$) bulunmuştur. Akıllı folyo kullanılarak pişirilen etlerin Al değişim yüzdesi ile süre arasındaki ilişki incelendiğinde; sade ve marinasyon B yöntemi uygulanarak pişirilen dana etinde negatif yönlü ilişki (sırasıyla $r = -0.406$ $p < 0.01$, $r = -0.358$ $p < 0.05$) saptanmıştır. Akıllı folyo kullanılarak pişirilen tavuk etlerinde Al değişim yüzdesi ile süre arasındaki ilişki incelendiğinde; tavuk göğüs etinin sade ve marinasyon C yöntemi ile pişirilmesiyle negatif ilişki (sırasıyla $r = -0.616$ $p < 0.01$ ve $r = -0.406$ $p < 0.01$); tavuk but etinin ise marinasyon B yöntemi uygulanarak pişirilmesiyle negatif ilişki ($r = -0.433$ $p < 0.01$) bulunmuştur.

Tablo 4.12. Farklı et türlerine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerinde Al değişim yüzdesi ile sıcaklık ve süre arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi.

Et Türü	Marinasyon Yöntemi	Al Değişim % ile Sıcaklık Arasındaki İlişki		Al Değişim % ile Süre Arasındaki İlişki	
		Alüminyum Folyo ^a	Akallı Folyo ^a	Alüminyum Folyo ^a	Akallı Folyo ^a
Dana	Sade	0,556**	0,406**	-0,556**	-0,406**
	Tuz	0,178	0,322	-0,178	-0,322
	Marinasyon A ^b	-0,184	-0,550**	0,184	0,550**
	Marinasyon B ^b	0,363*	0,358*	-0,363*	-0,358*
	Marinasyon C ^b	0,485**	0,260	-0,485**	-0,260
	Marinasyon D ^b	0,165	-0,315*	-0,165	0,315*
Koyun	Sade	-0,785**	-0,271	0,785**	0,271
	Tuz	-0,470**	0,167	0,470**	-0,167
	Marinasyon A ^b	-0,382*	-0,017	0,382*	0,017
	Marinasyon B ^b	0,424**	-0,082	-0,424**	0,082
	Marinasyon C ^b	-0,129	-0,079	0,129	0,079
	Marinasyon D ^b	-0,656**	-0,233	0,656**	0,233
Tavuk Göğüs	Sade	0,000	0,616**	0,000	-0,616**
	Tuz	-0,787**	-0,817**	0,787**	0,817**
	Marinasyon A ^b	0,732	-0,670**	-0,732	0,670**
	Marinasyon B ^b	0,063	0,406**	-0,063	-0,406**
	Marinasyon C ^b	-0,620**	-0,451**	0,620**	0,451**
	Marinasyon D ^b	-0,508**	0,047	0,508**	-0,047

*p<0,05 **p<0,01, ^a Spearman korelasyon testi, **Marinasyon A:** Riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon B:** Sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon C:** Üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon D:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber.

Tablo 4.12. (Devam) Farklı et türlerine uygulanan farklı marinasyon yöntemlerinde Al değişim yüzdesi ile sıcaklık ve süre arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi.

Et Türü	Marinasyon Yöntemi	Al Değişim % ile Sıcaklık Arasındaki İlişki		Al Değişim % ile Süre Arasındaki İlişki	
		Alüminyum Folyo ^a	Akıllı Folyo ^a	Alüminyum Folyo ^a	Akıllı Folyo ^a
Tavuk But	Sade	-0,310	-0,123	0,310	0,123
	Tuz	-0,061	-0,717**	0,061	0,717**
	Marinasyon A ^b	0,751**	0,433**	-0,751**	-0,433**
	Marinasyon B ^b	-0,309	0,212	0,309	-0,212
	Marinasyon C ^b	0,124	-0,396*	-0,124	0,396*
	Marinasyon D ^b	-0,407**	-0,008	0,407**	0,008
Somon	Sade	-0,320	0,589*	0,320	-0,589*
	Tuz	-0,230	0,000	0,230	0,000
	Marinasyon E ^b	-0,818**	0,566**	0,818**	-0,566**
	Marinasyon F ^b	0,000	0,849**	0,000	-0,849**
Mezgit	Sade	-0,868**	-0,058	0,868**	0,058
	Tuz	-0,849**	0,408	0,849**	-0,408
	Marinasyon E ^b	-0,283	0,121	0,283	-0,121
	Marinasyon F ^b	-0,404*	-0,150	0,404*	0,150

*p<0,05 **p<0,01, ^a Spearman korelasyon testi, **Marinasyon A:** Riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon B:** Sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon C:** Üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon D:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon E:** Riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber; **Marinasyon F:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.

Marinasyon yöntemi dikkate alınmadan farklı folyolar kullanılarak pişirilen et türlerinde Al değişim yüzdesi ile süre, sıcaklık ve pH arasındaki ilişki Tablo 4.13.'te verilmiştir. Buna göre alüminyum folyo ile pişirilen dana etinde Al değişim yüzdesi ile süre ve pH arasında negatif ilişki (sırasıyla $r=-0.242$ $p<0.01$, $r=-0.283$ $p<0.01$), sıcaklık ile pozitif ilişki ($r=0.242$ $p<0.01$) bulunmuştur. Alüminyum folyo ile pişirilen koyun etinde Al değişim yüzdesi ile sıcaklık ve pH arasında negatif ilişki (sırasıyla $r=-0.222$ $p<0.01$, $r=-0.234$ $p<0.01$), süre ile pozitif ilişki ($r=0.222$ $p<0.01$) saptanmıştır. Alüminyum folyo ile pişirilen tavuk göğüs etinde Al değişim yüzdesi ile pH arasında pozitif yönlü ilişki ($r=0.131$ $p<0.05$) tavuk but etinde negatif yönlü ilişki ($r=-0.229$ $p<0.05$) bulunmuştur. Alüminyum folyo ile pişirilen balık etleri incelendiğinde mezgit etinde Al değişim yüzdesi ile süre ve pH arasında pozitif ilişki (sırasıyla $r=0.529$ $p<0.01$ ve $r=0.463$ $p<0.01$), sıcaklık ile negatif ilişki ($r=-0.529$ $p<0.01$) belirlenmiştir. Akıllı folyo ile pişirilen balık etleri incelendiğinde ise sadece somon etinde Al değişim yüzdesi ile sıcaklık arasında pozitif ilişki ($r=0.462$ $p<0.01$), süre arasında ise negatif ilişki ($r=-0.462$ $p<0.01$) bulunmuştur. Buna göre marinasyon yöntemi dikkate alınmadan alüminyum folyo ile pişirilen etlerde sıcaklık arttıkça alüminyum değişim yüzdesinin de arttığı belirlenmiştir. Akıllı folyo ile pişirilen dana, koyun, tavuk göğüs, tavuk but ve mezgit etlerinde Al değişim yüzdesi ile pH arasında ise negatif ilişki (sırasıyla $r=-0.529$ $p<0.01$, $r=-0.301$ $p<0.01$, $r=-0.486$ $p<0.01$, $r=-0.317$ $p<0.01$ ve $r=-0.417$ $p<0.01$) bulunmuştur. Bu ilişkiye göre sıcaklık-süre uygulaması dikkate alınmadan uygulanan marinasyon yöntemine göre pH azaldıkça akıllı folyo kullanılarak pişirilen farklı et türlerinde alüminyum değişim yüzdeleri artmıştır.

Tablo 4.13. Farklı et ve folyo türlerinde Al değişim yüzdesi ile süre, sıcaklık ve pH arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi.

Folyo Türü	Et Türü	Al Değişim %		
		Süre ^a	Sıcaklık ^a	pH ^a
Alüminyum Folyo	Dana	-0,242**	0,242**	-0,283**
	Koyun	0,222**	-0,222**	-0,234**
	Tavuk Göğüs	0,120	-0,120	0,131*
	Tavuk But	-0,031	0,031	-0,129*
	Somon	0,111	-0,111	-0,182
	Mezgit	0,529**	-0,529**	0,463**
Akıllı Folyo	Dana	-0,014	0,014	-0,529**
	Koyun	0,036	-0,036	-0,301**
	Tavuk Göğüs	0,046	-0,046	-0,486**
	Tavuk But	0,013	-0,013	-0,317**
	Somon	-0,462**	0,462**	-0,090
	Mezgit	-0,023	0,023	-0,417**

*p<0,05 **p<0,01, ^a Spearman korelasyon testi.

Tüm et türlerinde farklı folyolara göre Al değişim yüzdesi ile süre, sıcaklık ve yağ arasındaki ilişki Tablo 4.14.'te verilmiştir. Buna göre alüminyum folyo ile pişirilen etlerde Al değişim yüzdesi ile süre arasında pozitif ilişki ($r=0.081$ $p<0.01$); akıllı folyo ile pişirilen etlerde ise Al değişim yüzdesi ile sıcaklık arasında pozitif ilişki ($r=0.099$ $p<0.01$) saptanmıştır. Bu sonuca göre alüminyum folyo kullanılarak pişirilen etlerde süre arttıkça, akıllı folyo kullanılarak pişirilen etlerde ise sıcaklık arttıkça Al değişim yüzdesi de artmaktadır. Alüminyum folyo ve akıllı folyo kullanılarak pişirilen etlerde Al değişim yüzdesi ile etin yağ içeriği arasında pozitif ilişki (sırasıyla $r=0.153$ $p<0.01$ ve $r=0.140$ $p<0.01$) belirlenmiştir. Her iki folyo türü ile yapılan pişirmelerde etin yağ içeriği arttıkça alüminyum değişim yüzdesi de artmıştır.

Tablo 4.14. Tüm et türlerinde farklı folyo türlerine göre Al değişim yüzdesi ile süre, sıcaklık, yağ ve pH arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi.

Folyo Türü	Al Değişim %		
	Süre ^a	Sıcaklık ^a	Yağ ^a
Alüminyum Folyo	0,081**	0,036	0,153**
Akıllı Folyo	0,045	0,099**	0,140**

** $p<0,01$, ^a Spearman korelasyon testi.

4.5. Farklı Sıcaklıklarda ve Folyolarda Pişirilen Etlerin Al İçerikleri

Farklı sıcaklıklarda sade, tuzlu, marinasyon A, B, C ve D yöntemi uygulanarak pişirilen dana, koyun, tavuk göğüs ve tavuk but etlerinin Al ortalamaları, ortancaları ve değişim %'leri Tablo 4.15.-4.20. arasında verilmiştir. Buna göre tüm sıcaklık-süre uygulamalarında hem alüminyum folyo hem de akıllı folyo ile pişirilen etler arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.01$).

Tablo 4.15. Farklı sıcaklıklarda ve folyolarda pişirilen sade etlerin Al içerikleri.

Sıcaklık-Süre	Folyo Türü	Et Türü	Al (mg/kg KA) ($\bar{X} \pm SS$)	Al (mg/kg KA) (Ortanca (Q1-Q3))	Değişim % ($\bar{X} \pm SS$)	p
150°C - 60 dk	Alüminyum Folyo	Dana	5,17±1,18	5,14 (5,05-5,33)	2,93±3,53 ^{a,b}	0,000*
		Koyun	85,58±1,94	86,42 (83,93-87,17)	10,83±2,51 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	1,78±0,38	1,78 (1,40-2,13)	71,06±36,75	
		Tavuk But	1,90±0,15	1,86 (1,75-2,10)	87,92±14,76	
	Akıllı Folyo	Dana	5,11±0,31	4,93 (4,86-5,50)	1,71±6,18 ^{a,b}	
		Koyun	81,70±0,60	83,49 (77,99-84,18)	5,80±4,30 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	1,29±0,13	1,25 (1,19-1,42)	24,23±12,94	
		Tavuk But	1,88±0,04	1,87 (1,85-1,91)	86,24±3,89	
200°C - 40 dk	Alüminyum Folyo	Dana	5,34±0,21	5,25 (5,16-5,57)	6,45±4,28 ^{a,b}	0,000*
		Koyun	81,97±0,75	81,96 (81,25-82,68)	6,15±0,97 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	1,22±0,06	1,18 (1,18-1,29)	17,69±5,79	
		Tavuk But	1,23±0,16	1,17 (1,14-1,43)	21,58±16,02	
	Akıllı Folyo	Dana	5,13±0,32	4,97 (4,84-5,49)	2,20±6,31 ^{a,b}	
		Koyun	78,37±1,24	78,49 (77,08-79,71)	1,49±1,61 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	1,19±0,02	1,18 (1,17-1,21)	14,42±2,40	
		Tavuk But	1,19±0,03	1,19 (1,18-1,21)	17,52±3,06	
250°C - 20 dk	Alüminyum Folyo	Dana	5,51±0,27	5,56 (5,28-5,75)	9,70±5,30	0,000*
		Koyun	80,32±2,26	80,07 (77,79-82,32)	4,01±2,93 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	1,79±0,27	1,78 (1,53-2,05)	72,40±25,88	
		Tavuk But	1,89±0,87	1,89 (1,07-2,72)	87,42±86,11	
	Akıllı Folyo	Dana	5,44±0,16	5,48 (5,33-5,56)	8,37±3,14 ^{a,b}	
		Koyun	78,81±0,77	78,31 (79,12-79,22)	2,06±1,00 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	1,69±0,15	1,75 (1,59-1,80)	62,95±14,63	
		Tavuk But	1,80±0,09	1,87 (1,71-1,87)	78,28±9,45	

*p<0,01; Kruskal Wallis. ^a Tavuk buttan farklı, ^b Tavuk göğüsten farklı.

Tablo 4.16. Farklı sıcaklıklarda ve folyolarda pişirilen tuzlu etlerin Al içerikleri.

Sıcaklık-Süre	Folyo Türü	Et Türü	Al (mg/kgKA) ($\bar{X} \pm SS$)	Al (mg/kg KA) (Ortanca (Q1-Q3))	Değişim % ($\bar{X} \pm SS$)	p
150°C - 60 dk	Alüminyum Folyo	Dana	5,23±0,42	5,10 (4,82-5,71)	4,29±8,34 ^{a,b}	0,000*
		Koyun	84,72±2,13	84,04 (82,95-87,03)	9,71±2,76 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	1,69±0,19	1,59 (1,55-1,93)	62,50±17,91	
		Tavuk But	3,00±0,03	2,98 (2,98-3,03)	197,23±3,00	
	Akıllı Folyo	Dana	5,14±0,04	5,12 (5,11-5,17)	2,41±0,72 ^{a,b}	
		Koyun	81,70±6,47	78,55 (76,71-90,20)	5,81±8,38 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	1,67±0,34	1,64 (1,35-2,00)	60,48±32,94	
		Tavuk But	2,11±0,40	2,11 (1,55-2,49)	108,78±39,43	
200°C - 40 dk	Alüminyum Folyo	Dana	5,25±0,04	5,26 (5,21-5,28)	4,54±0,84 ^{a,b}	0,000*
		Koyun	81,95±1,98	80,95 (80,23-84,60)	6,12±2,56 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	1,51±0,18	1,44 (1,35-1,69)	45,19±17,04	
		Tavuk But	1,55±0,33	1,55 (1,24-1,86)	53,76 32,49	
	Akıllı Folyo	Dana	5,20±0,20	5,15 (5,08-5,43)	3,62±3,98 ^{a,b}	
		Koyun	78,63±1,01	78,42 (78,23-79,50)	1,83±1,30 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	1,26±0,07	1,26 (1,19-1,34)	21,44±7,24	
		Tavuk But	1,27±0,17	1,23 (1,15-1,49)	26,14±17,29	
250°C - 20 dk	Alüminyum Folyo	Dana	5,29±0,11	5,29 (5,18-5,38)	5,30±2,23 ^a	0,000*
		Koyun	82,06±1,11	81,85 (81,04-83,17)	6,27±1,44 ^a	
		Tavuk Göğüs	1,19±0,05	1,18 (1,17-1,21)	14,81±4,84 ^a	
		Tavuk But	2,08±0,81	1,70 (1,39-3,16)	106,14±79,95	
	Akıllı Folyo	Dana	5,18±0,17	5,24 (5,14-5,27)	3,21±3,45 ^{a,b}	
		Koyun	80,94±0,22	80,85 (80,77-81,16)	4,82±0,28 ^a	
		Tavuk Göğüs	1,18±0,06	1,17 (1,15-1,22)	13,65±5,40	
		Tavuk But	1,22±0,04	1,22 (1,20-1,24)	21,25±3,78	

*p<0,01; Kruskal Wallis. ^aTavuk buttan farklı, ^bTavuk göğüsten farklı.

Tablo 4.17. Farklı sıcaklıklarda ve folyolarda marinasyon A yöntemi uygulanarak pişirilen etlerin Al içerikleri.

Sıcaklık-Süre	Folyo Türü	Et Türü	Al (mg/kg KA)	Al (mg/kg KA)	Değişim %	p
			($\bar{X} \pm SS$)	(Ortanca (Q1-Q3))	($\bar{X} \pm SS$)	
150°C - 60 dk	Alüminyum Folyo	Dana	9,52±1,41	9,55 (8,19-10,89)	89,70±28,07 ^{a,b}	0,000*
		Koyun	89,63±2,50	89,32 (87,53-92,15)	16,07±3,23 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	6,60±2,31	7,53 (3,54-8,73)	534,42±222,53	
		Tavuk But	6,53±2,61	5,24 (4,30-10,06)	546,86±258,91	
	Akıllı Folyo	Dana	7,93±1,02	8,48 (6,58-8,73)	58,00±20,25 ^b	
		Koyun	84,76±2,10	84,86 (87,75-86,76)	9,77±2,72 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	4,56±0,09	4,55 (4,48-4,65)	338,94±8,57	
		Tavuk But	5,98±1,71	5,30 (4,40-8,25)	492,14±169,34	
200°C - 40 dk	Alüminyum Folyo	Dana	10,37±1,97	9,35 (8,76-12,92)	106,61±39,31 ^{a,b}	0,000*
		Koyun	86,36±1,00	86,36 (85,39-87,21)	11,83±1,29 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	5,21±1,22	5,17 (3,80-6,61)	400,64±117,52	
		Tavuk But	7,54±2,09	7,48 (5,15-10,07)	646,99±207,17	
	Akıllı Folyo	Dana	8,20±0,20	8,20 (8,00-8,38)	63,37±3,93 ^b	
		Koyun	85,08±3,54	86,49 (81,38-87,49)	10,18±4,58 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	4,75±0,97	4,71 (3,63-5,93)	357,11±93,16	
		Tavuk But	6,42±0,83	6,29 (5,52-7,44)	535,44±82,61	
250°C - 20 dk	Alüminyum Folyo	Dana	8,95±0,83	8,65 (8,22-10,00)	78,37±16,56 ^b	0,000*
		Koyun	87,11±8,26	84,13 (79,24-96,85)	12,82±10,69 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	8,01±4,27	5,67 (4,56-13,79)	670,70±410,4	
		Tavuk But	13,94±3,12	13,92 (10,32-17,66)	1280,59±309,34	
	Akıllı Folyo	Dana	6,72±1,05	7,05 (5,39-7,76)	33,94±20,94 ^{a,b}	
		Koyun	85,24±6,26	85,30 (78,12-94,43)	10,39±8,11 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	2,67±0,76	2,29 (2,18-3,58)	156,86±73,49	
		Tavuk But	7,72±1,50	7,22 (6,25-9,67)	664,69±149,14	

*p<0,01; Kruskal Wallis. ^aTavuk göğüsten farklı, ^bTavuk buttan farklı, **Marinasyon A:** Riviera zeytinyağı, tuz, karabiber.

Tablo 4.18. Farklı sıcaklıklarda ve folyolarda marinasyon B yöntemi uygulanarak pişirilen etlerin Al içerikleri.

Sıcaklık-Süre	Folyo Türü	Et Türü	Al (mg/kg KA)	Al (mg/kg KA)	Değişim %	p
			($\bar{X} \pm SS$)	(Ortanca (Q1-Q3))	($\bar{X} \pm SS$)	
150°C - 60 dk	Alüminyum Folyo	Dana	11,59±0,51	11,59 (11,21-12,28)	132,81±10,22 ^a	0,000*
		Koyun	87,53±1,42	87,00 (86,36-89,03)	13,35±1,83 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	6,63±1,18	7,31 (5,08-7,50)	537,63±113,99	
		Tavuk But	8,54±0,54	8,52 (8,02-9,07)	745,74±53,74	
	Akıllı Folyo	Dana	8,67±0,97	8,25 (8,14-9,85)	72,79±19,39 ^a	
		Koyun	85,81±6,32	87,17 (77,77-92,32)	11,12±8,18 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	3,54±1,25	3,03 (2,69-5,15)	240,45±119,87	
		Tavuk But	5,55±0,13	5,56 (5,42-5,66)	449,50±13,11	
200°C - 40 dk	Alüminyum Folyo	Dana	19,96±7,63	25,02 (9,55-25,26)	297,62±151,92 ^a	0,000*
		Koyun	84,28±5,06	84,00 (78,89-89,62)	9,14±6,55 ^{a,b,c}	
		Tavuk Göğüs	4,30±0,24	4,30 (4,08-4,54)	313,65±22,99 ^a	
		Tavuk But	8,50±0,69	8,63 (7,66-9,21)	741,91±68,02	
	Akıllı Folyo	Dana	14,81±4,80	11,98 (11,24-21,35)	195,09±95,73 ^{a,b}	
		Koyun	84,15±4,70	82,75 (78,57-89,88)	8,98±6,09 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	2,99±1,30	3,27 (1,34-4,33)	187,11±124,77 ^a	
		Tavuk But	5,43±0,62	5,17 (4,90-6,22)	438,02±61,29	
250°C - 20 dk	Alüminyum Folyo	Dana	19,59±3,47	20,01 (15,42-23,40)	290,25±69,13 ^{a,b}	0,000*
		Koyun	90,49±2,96	91,94 (86,98-92,91)	17,18±3,84 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	7,18±1,83	6,56 (5,39-9,53)	590,06±175,89	
		Tavuk But	7,23±1,51	6,84 (5,76-9,18)	615,91±149,53	
	Akıllı Folyo	Dana	10,16±1,84	9,01 (8,83-12,63)	102,43±36,70 ^{a,b}	
		Koyun	84,79±2,35	83,52 (82,80-87,15)	9,80±3,04 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	5,89±2,57	4,42 (3,91-9,32)	466,22±246,91	
		Tavuk But	5,91±0,44	5,95 (5,47-6,34)	485,54±44,03	

*p<0,01; Kruskal Wallis. ^aTavuk buttan farklı, ^bTavuk göğüsten farklı, ^cDana etinden farklı, **Marinasyon B:** Sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber.

Tablo 4.19. Farklı sıcaklıklarda ve folyolarda marinasyon C yöntemi uygulanarak pişirilen etlerin Al içerikleri.

Sıcaklık-Süre	Folyo Türü	Et Türü	Al (mg/kg KA)	Al (mg/kg KA)	Değişim %	p
			($\bar{X} \pm SS$)	(Ortanca (Q1-Q3))	($\bar{X} \pm SS$)	
150°C - 60 dk	Alüminyum Folyo	Dana	20,13±1,35	20,44 (18,45-21,29)	300,99±26,93 ^{a,b}	0,000*
		Koyun	93,71±7,43	90,17 (88,08-103,60)	21,35±9,62 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	8,36±0,69	8,24 (7,74-9,20)	703,91±66,66	
		Tavuk But	8,27±1,38	8,61 (6,51-9,67)	719,07±136,38	
	Akıllı Folyo	Dana	9,75±2,39	10,02 (6,90-12,32)	94,14±47,56 ^{a,b}	
		Koyun	87,13±2,67	88,27 (83,90-89,55)	12,83±3,46 ^{a,b,c}	
		Tavuk Göğüs	7,65±0,38	7,47 (7,32-8,09)	635,58 36,81	
		Tavuk But	7,82±1,81	7,82 (6,11-9,52)	674,36±179,30	
200°C - 40 dk	Alüminyum Folyo	Dana	16,00±1,68	14,99 (14,75-18,20)	218,10±33,49 ^{a,b}	0,000*
		Koyun	89,21±2,29	88,62 (87,42-92,08)	15,53±2,96 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	8,05±0,95	8,21 (6,92-9,04)	674,55±91,35	
		Tavuk But	8,14±1,35	8,66 (6,37-9,41)	705,54±133,92	
	Akıllı Folyo	Dana	8,71±2,64	8,08 (5,99-12,07)	73,53±52,62 ^b	
		Koyun	87,44±2,42	88,42 (84,53-89,39)	13,23±3,13 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	5,39±0,58	5,25 (4,79-6,11)	418,72±55,67	
		Tavuk But	6,91±0,83	7,06 (5,85-7,76)	584,16±82,45	
250°C - 20 dk	Alüminyum Folyo	Dana	28,47±5,12	25,53 (24,74-35,10)	467,18±102,07	0,000*
		Koyun	89,62±4,94	90,59 (83,78-94,61)	16,05±6,40 ^{a,b,c}	
		Tavuk Göğüs	6,96±0,64	6,66 (6,41-7,75)	569,29±61,74	
		Tavuk But	7,99±2,64	9,72 (4,41-9,90)	691,48±261,80	
	Akıllı Folyo	Dana	11,94±1,59	11,93 (10,44-13,42)	137,91±31,70 ^{a,b}	
		Koyun	87,51±0,72	87,64 (87,13-87,78)	13,32±0,93 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	5,84±0,37	6,03 (5,35-6,10)	461,15±35,60	
		Tavuk But	6,88±1,90	5,86 (5,33-9,45)	580,79±188,63	

*p<0,01; Kruskal Wallis. ^aTavuk göğüsten farklı, ^bTavuk buttan farklı, ^cDana etinden farklı, **Marinasyon C:** Üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber.

Tablo 4.20. Farklı sıcaklıklarda ve folyolarda marinasyon D yöntemi uygulanarak pişirilmiş etlerin Al içerikleri.

Sıcaklık-Süre	Folyo Türü	Et Türü	Al (mg/kg KA)	Al (mg/kg KA)	Değişim %	p
			($\bar{X} \pm SS$)	(Ortanca (Q1-Q3))	($\bar{X} \pm SS$)	
150°C - 60 dk	Alüminyum Folyo	Dana	8,87±2,00	7,93 (7,21-11,41)	76,71±39,93 ^{a,b}	0,000*
		Koyun	92,74±4,97	92,43 (87,34-97,98)	20,10±6,43 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	10,53±3,25	9,94 (6,95-14,46)	912,76±312,52	
		Tavuk But	11,79±0,47	11,70 (11,40-12,28)	1067,79±46,32	
	Akıllı Folyo	Dana	7,63±0,60	7,59 (6,99-8,31)	52,10±12,04 ^{a,b}	
		Koyun	84,69±5,38	87,13 (77,77-88,69)	9,68±6,97 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	6,04±1,44	5,10 (5,04-7,97)	481,02±138,25	
		Tavuk But	6,38±1,14	6,95 (4,84-7,30)	531,62±112,63	
200°C - 40 dk	Alüminyum Folyo	Dana	16,88±2,16	16,82 (14,76-19,07)	236,35±43,05 ^b	0,000*
		Koyun	88,48±1,49	88,65 (87,04-89,61)	14,58±1,93 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	8,40±1,14	8,13 (7,28-9,86)	707,56±109,62	
		Tavuk But	12,13±2,34	13,12 (9,06-14,16)	1100,99±231,39	
	Akıllı Folyo	Dana	9,92±0,82	9,92 (9,11-10,75)	97,57±16,38 ^{a,b}	
		Koyun	86,31±1,39	86,50 (85,30-87,41)	11,77±1,80 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	6,18±1,96	7,13 (3,56-7,87)	493,97±118,20	
		Tavuk But	6,59±1,24	6,17 (5,39-8,16)	552,87±122,51	
250°C - 20 dk	Alüminyum Folyo	Dana	9,59±1,27	9,86 (8,05-10,94)	91,10±25,38 ^b	0,000*
		Koyun	85,93±1,71	85,93 (84,39-87,10)	11,27±2,22 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	6,72±0,92	6,71 (5,83-7,57)	545,96±88,19	
		Tavuk But	10,40±1,28	10,95 (8,73-11,55)	929,44±127,07	
	Akıllı Folyo	Dana	6,82±0,80	6,85 (5,93-7,73)	35,87±15,90 ^{a,b}	
		Koyun	84,11±2,71	84,03 (81,61-86,82)	8,93±3,51 ^{a,b}	
		Tavuk Göğüs	6,60±0,99	6,80 (6,24-7,35)	534,61±95,27	
		Tavuk But	6,82±2,60	5,16 (4,95-10,35)	574,85±257,05	

*p<0,01; Kruskal Wallis. ^aTavuk göğüsten farklı, ^bTavuk buttan farklı, **Marinasyon D:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber.

Tablo 4.21.'de farklı sıcaklıklarda sade pişirilen balık etlerinin Al ortalamaları, ortancaları ve değişim %'leri verilmiştir. Buna göre 150°C 40 dk alüminyum folyo ile pişirilen balık etleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.01$). Farklı sıcaklıklarda tuzlu pişirilen balık etlerinin Al ortalamaları, ortancaları ve değişim %'leri ise Tablo 4.22.'de verilmiştir. Buna göre 150°C 40 dk alüminyum folyo kullanılarak pişirilen balık etlerinde anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Tablo 4.23.'te farklı sıcaklıklarda marinasyon E yöntemi uygulanarak pişirilen balık etlerinin Al ortalamaları, ortancaları ve değişim %'leri verilmiştir. Buna göre 150°C 40 dk akıllı folyo ile pişirilen balık etleri arasında, 200°C 20 dk'da ise alüminyum folyo ve akıllı folyo kullanılarak pişirilen balık etlerinde anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Farklı sıcaklıklarda marinasyon F yöntemi uygulanarak pişirilen balık etlerinin Al ortalamaları, ortancaları ve değişim %'leri ise Tablo 4.24.'te verilmiştir. Buna göre her iki sıcaklık derecesinde de akıllı folyo kullanılarak pişirilen balık etlerinde anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 4.21. Farklı sıcaklıklarda ve folyolarda pişirilen sade balıkların Al içerikleri.

Sıcaklık-Süre	Folyo Türü	Et Türü	Al (mg/kg KA)	Al (mg/kg KA)	Değişim %	p
			($\bar{X} \pm SS$)	(Ortanca (Q1-Q3))	($\bar{X} \pm SS$)	
150°C - 40 dk	Alüminyum Folyo	Somon	77,92±1,67	77,33 (76,29-80,11)	16,30±2,49	0,000*
		Mezgit	111,05±4,96	111,07 (106,27-115,99)	27,95±5,72	
	Akıllı Folyo	Somon	70,23±1,92	70,09 (68,29-72,31)	4,82±2,87	0,019
		Mezgit	93,56±2,75	94,43 (90,87-95,36)	7,80±3,16	
200°C - 20 dk	Alüminyum Folyo	Somon	76,33±1,50	76,57 (75,07-77,54)	13,93±2,24	0,796
		Mezgit	98,32±0,53	98,15 (97,95-98,94)	13,29±0,62	
	Akıllı Folyo	Somon	73,77±2,74	74,90 (70,70-75,85)	10,11±4,09	0,539
		Mezgit	98,09±10,80	92,50 (89,31-111,86)	13,02±12,44	

*p<0,01; Mann Whitney-U.

Tablo 4.22. Farklı sıcaklıklarda ve folyolarda pişirilen tuzlu balıkların Al içerikleri.

Sıcaklık-Süre	Folyo Türü	Et Türü	Al (mg/kg KA)	Al (mg/kg KA)	Değişim %	p
			($\bar{X} \pm SS$)	(Ortanca (Q1-Q3))	($\bar{X} \pm SS$)	
150°C - 40 dk	Alüminyum Folyo	Somon	77,77±1,05	78,21 (77,02-78,30)	16,07±1,56	0,001*
		Mezgit	110,39±1,46	110,15 (109,31-111,25)	27,19±1,69	
	Akıllı Folyo	Somon	70,45±0,22	70,51 (70,27-70,59)	5,15±0,33	1,000
		Mezgit	93,18±4,22	93,04 (89,04-97,30)	7,37±4,86	
200°C - 20 dk	Alüminyum Folyo	Somon	76,26±3,16	74,95 (73,83-80,08)	13,81±4,72	0,624
		Mezgit	98,84±7,54	99,05 (89,87-107,48)	13,89±8,69	
	Akıllı Folyo	Somon	70,08±2,14	70,02 (68,09-72,07)	4,60±3,20	0,063
		Mezgit	95,19±3,41	95,24 (92,11-98,43)	9,68±3,93	

*p<0,05; Mann Whitney-U.

Tablo 4.23. Farklı sıcaklıklarda ve folyolarda marinasyon E yöntemi uygulanarak pişirilen balıkların Al içerikleri.

Sıcaklık-Süre	Folyo Türü	Et Türü	Al (mg/kg KA)	Al (mg/kg KA)	Değişim %	p
			($\bar{X} \pm SS$)	(Ortanca (Q1-Q3))	($\bar{X} \pm SS$)	
150°C - 40 dk	Alüminyum Folyo	Somon	87,20±0,89	87,47 (86,50-87,75)	30,14±1,32	0,306
		Mezgit	121,87±10,32	124,25 (108,92-132,35)	40,42±11,89	
	Akıllı Folyo	Somon	72,25±4,24	70,69 (68,24-77,93)	7,83±6,33	0,000*
		Mezgit	116,97±17,44	118,81 (95,64-136,45)	34,77±20,10	
200°C - 20 dk	Alüminyum Folyo	Somon	79,00±2,96	78,74 (76,19-81,88)	17,91±4,42	0,000*
		Mezgit	113,40±3,26	113,33 (110,25-116,57)	30,66±3,76	
	Akıllı Folyo	Somon	80,13±6,10	80,25 (74,51-85,91)	19,59±9,10	0,012*
		Mezgit	111,42±5,19	111,68 (105,11-117,26)	28,38±5,98	

*p<0.05; Mann Whitney-U, **Marinasyon E:** Riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.

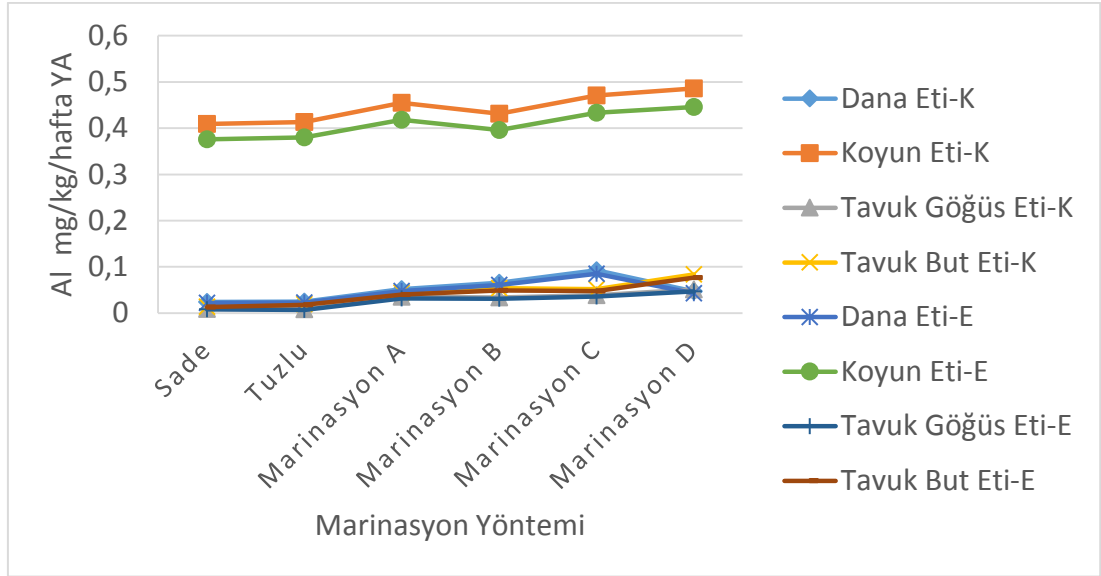
Tablo 4.24. Farklı sıcaklıklarda ve folyolarda marinasyon F yöntemi uygulanarak pişirilen balıkların Al içerikleri.

Sıcaklık-Süre	Folyo Türü	Et Türü	Al (mg/kg KA)	Al (mg/kg KA)	Değişim %	p
			($\bar{X} \pm SS$)	(Ortanca (Q1-Q3))	($\bar{X} \pm SS$)	
150°C - 40 dk	Alüminyum Folyo	Somon	83,29±12,66	83,08 (71,16-95,40)	24,31±18,90	0,177
		Mezgit	117,48±1,18	110,56 (101,53-140,03)	35,36±19,80	
	Akıllı Folyo	Somon	71,93±4,91	71,59 (67,31-76,54)	7,36±7,33	0,004*
		Mezgit	106,60±12,76	110,66 (90,80-119,02)	22,83±14,70	
200°C - 20 dk	Alüminyum Folyo	Somon	84,02±4,62	84,07 (79,63-88,42)	25,40±6,90	0,177
		Mezgit	104,84±6,23	107,37 (96,79-108,53)	20,80±7,18	
	Akıllı Folyo	Somon	82,71±2,73	83,14 (79,26-85,56)	23,45±4,08	0,050*
		Mezgit	100,85±7,66	96,72 (94,94-109,62)	16,21±8,83	

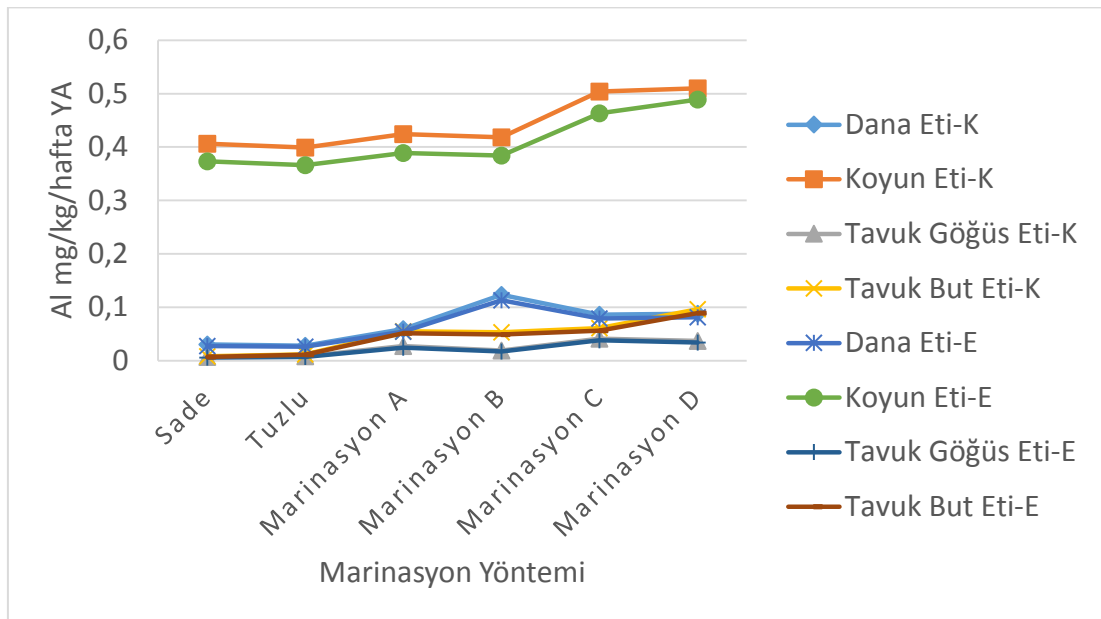
*p<0,05; Mann Whitney-U, **Marinasyon F:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.

4.6. Farklı Alüminyum Folyolarda Pişirilen Et Türlerine Göre Al Maruziyetinin Değerlendirilmesi

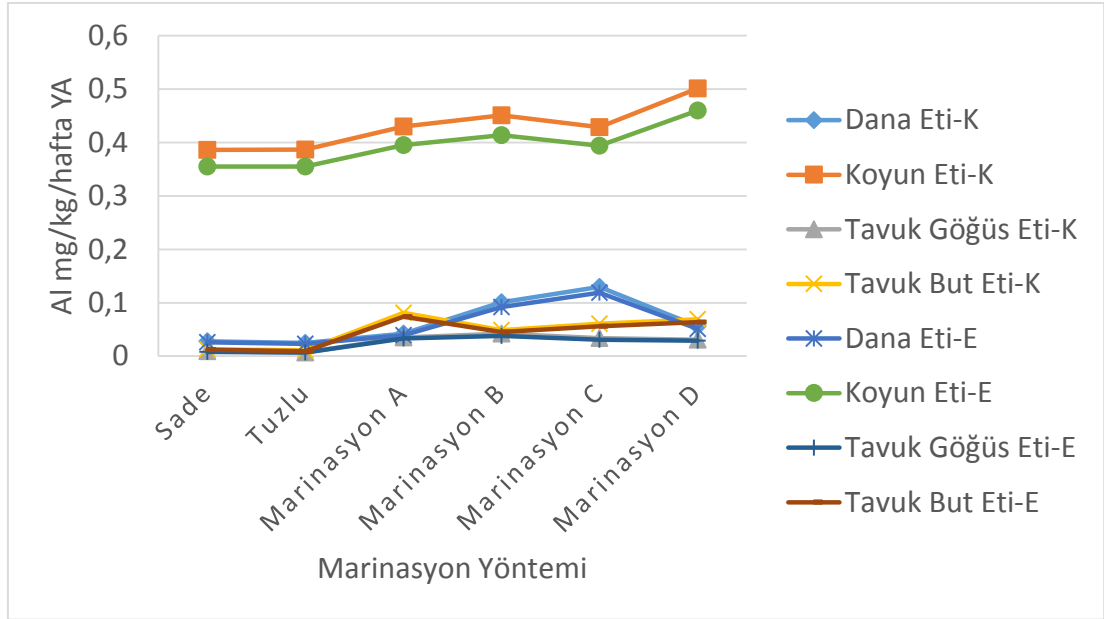
Araştırmada Türkiye'ye Özgü Beslenme Rehberinde cinsiyete göre yetişkin bireylerde (19 yaş ve üstü) günlük tüketilmesi önerilen et miktarları kullanılarak haftalık alüminyum maruziyet düzeyleri her et türü için ayrı olarak değerlendirilmiştir. Maruziyet düzeylerinin belirlenmesinde pişmiş tüm et türlerinin yaş ağırlıktaki Al içerikleri kullanılmıştır. Bireylerde en yüksek haftalık alüminyum maruziyeti somon etinin alüminyum folyo kullanılarak pişirilmesi ile olduğu saptanmıştır. En düşük alüminyum maruziyetinin ise tavuk göğüs etinin akıllı folyo ile pişirilmesi sonucu olduğu belirlenmiştir. Yapılan bu araştırma sonucuna göre bireylerin Türkiye'ye Özgü Beslenme Rehberi'ne göre et grubundan tüketilmesi önerilen miktarların 1 porsiyonunu et olarak (dana, koyun ve tavuk etleri için 100 g; balık etleri için 150 g) tüketmeleri veya araştırmada farklı et türleri için kullanılan standart gramaj (250 g) miktarlarını tüketmeleri durumunda, JECFA tarafından geçici tolere edilebilen haftalık alüminyum alımı olarak belirlenen 2 mg/kg olarak düzeyini aşmadıkları belirlenmiştir. **EK-7'**de farklı et türlerine göre yetişkin bireylerin alüminyum maruziyetleri mg/kg/hafta olarak verilmiştir. Ayrıca Şekil 4.27. – 4.46. arasında farklı alüminyum folyolar kullanılarak pişirilen et türlerine göre yetişkin bireylerin alüminyum maruziyet düzeyleri gösterilmiştir.



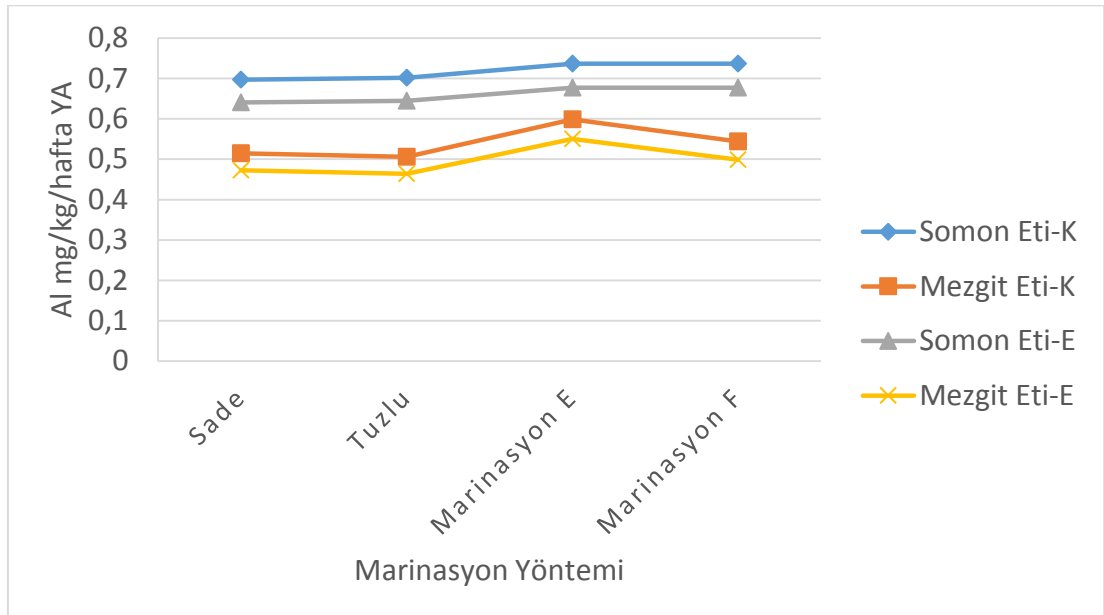
Şekil 4.27. 150°C’de 60 dk alüminyum folyoda pişirilen etlerin 1 porsiyonlarına göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek).



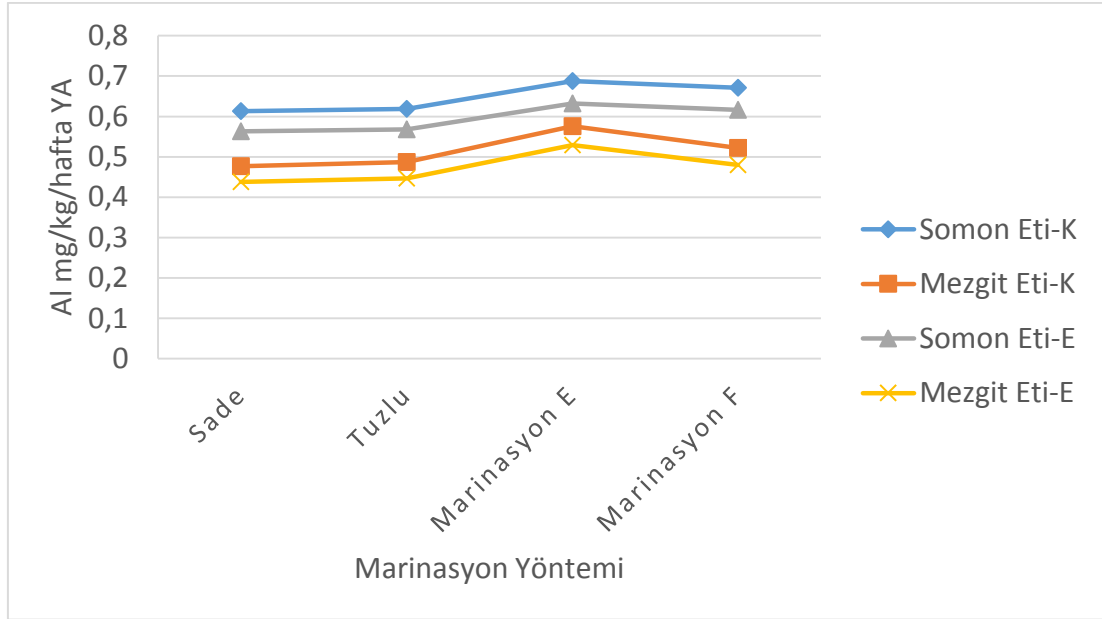
Şekil 4.28. 200°C’de 40 dk alüminyum folyoda pişirilen etlerin 1 porsiyonlarına göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek).



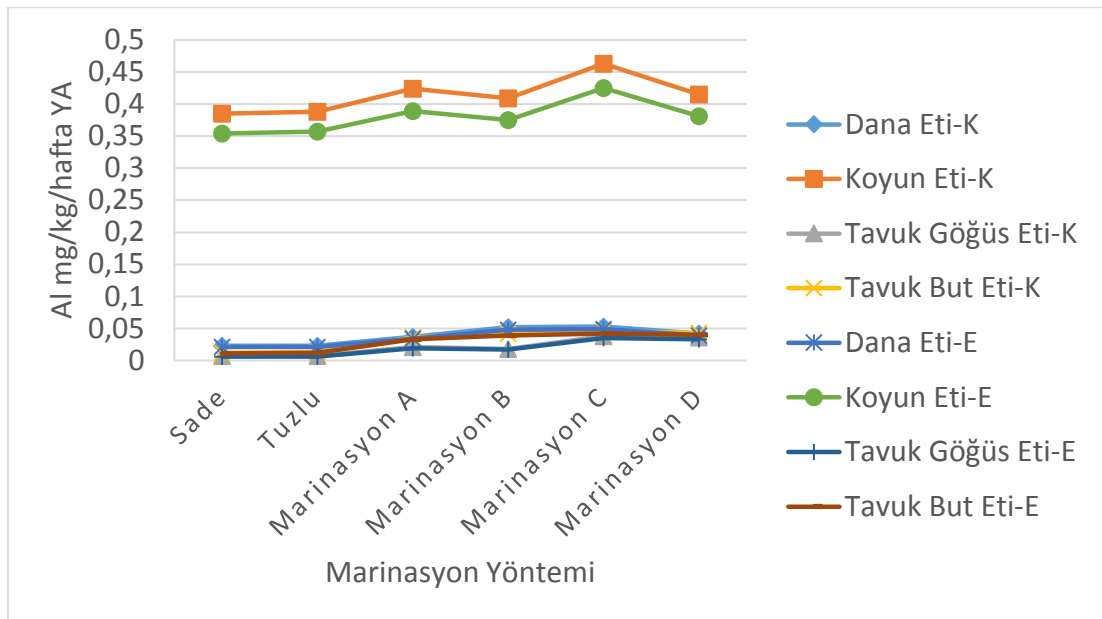
Şekil 4.29. 250°C’de 20 dk alüminyum folyoda pişirilen etlerin 1 porsiyonlarına göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek).



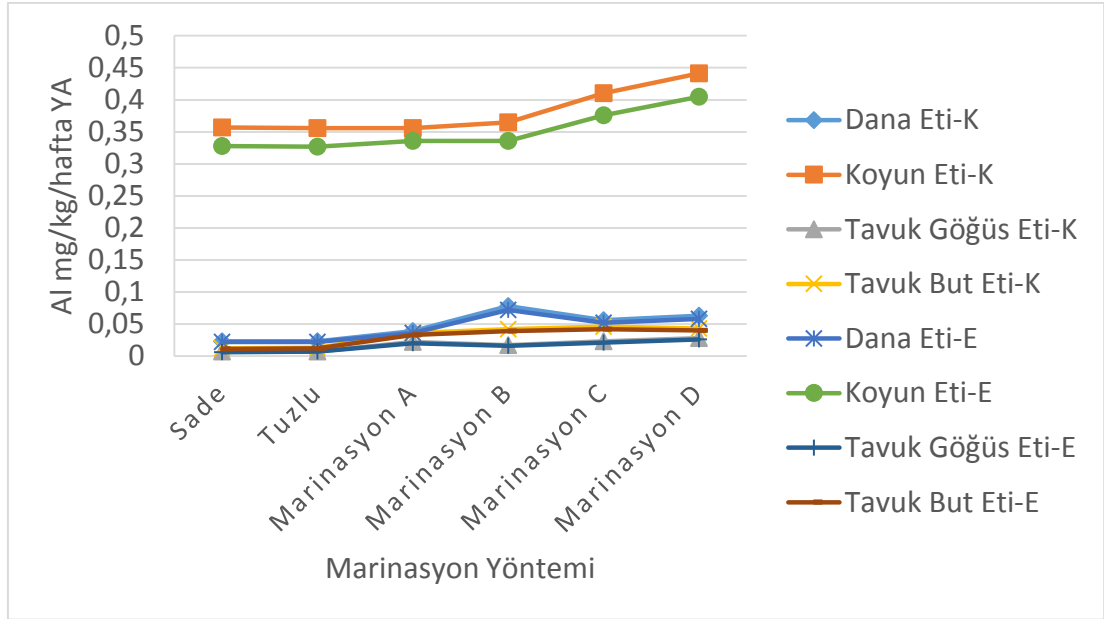
Şekil 4.30. 150°C’de 40 dk alüminyum folyoda pişirilen balık etlerinin 1 porsiyonlarına göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek)



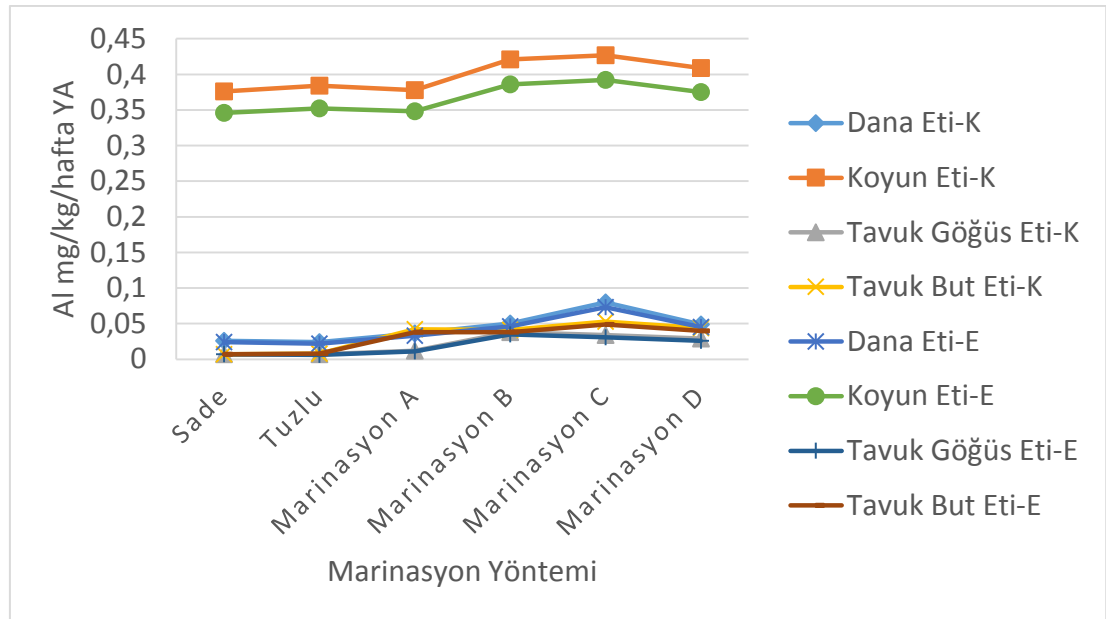
Şekil 4.31. 200°C’de 20 dk alüminyum folyoda pişirilen balık etlerinin 1 porsiyonlarına göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek).



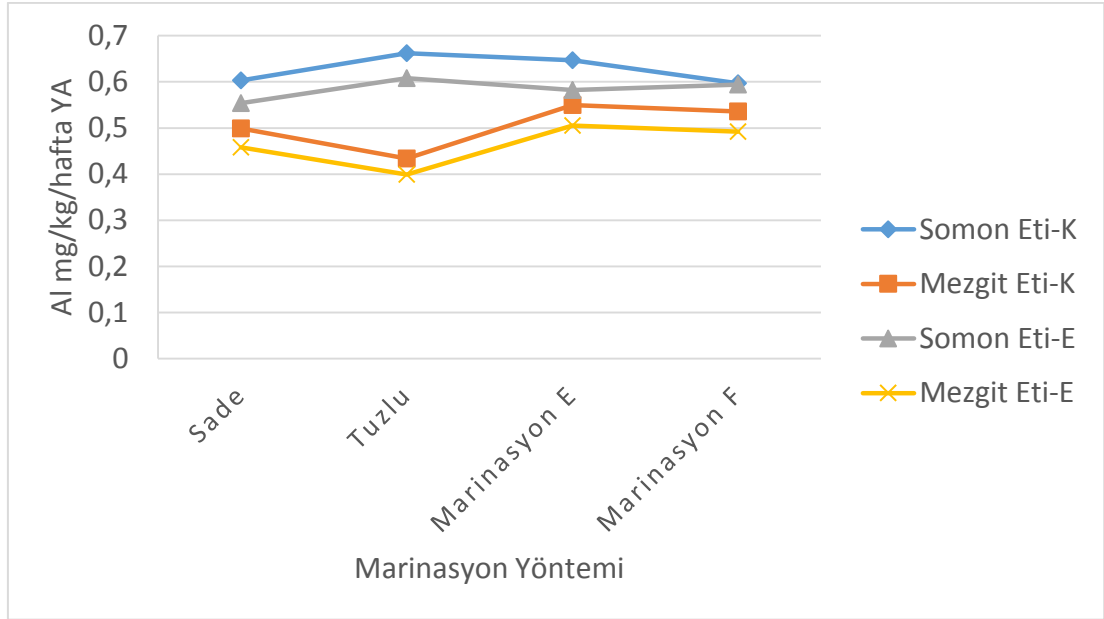
Şekil 4.32. 150°C’de 60 dk akıllı folyoda pişirilen etlerin 1 porsiyonlarına göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek).



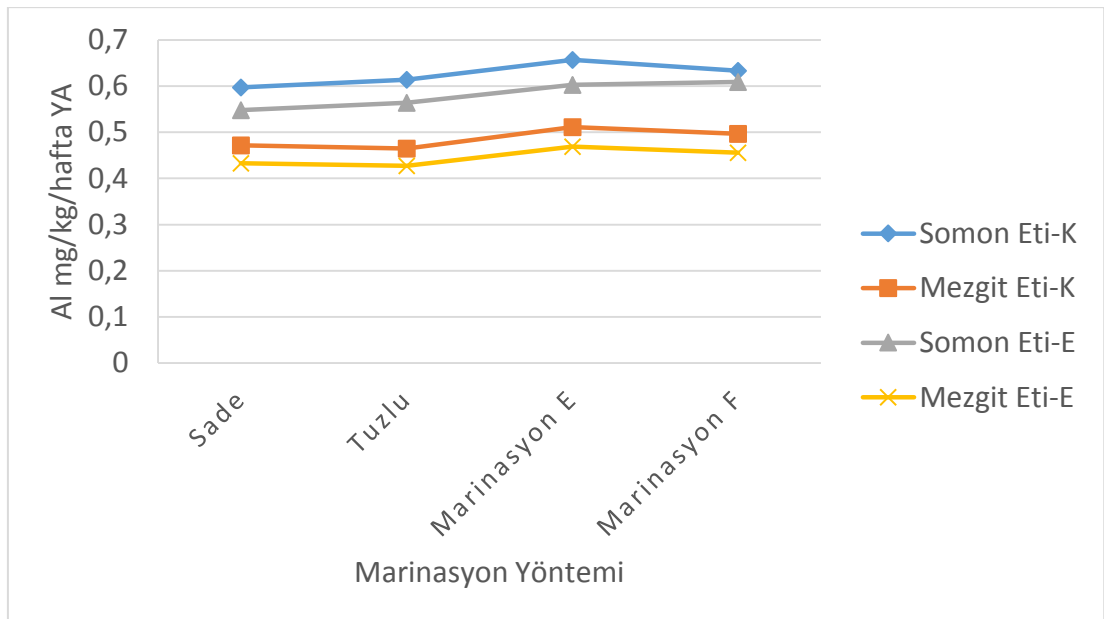
Şekil 4.33. 200°C’de 40 dk akıllı folyoda pişirilen etlerin 1 porsiyonlarına göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek).



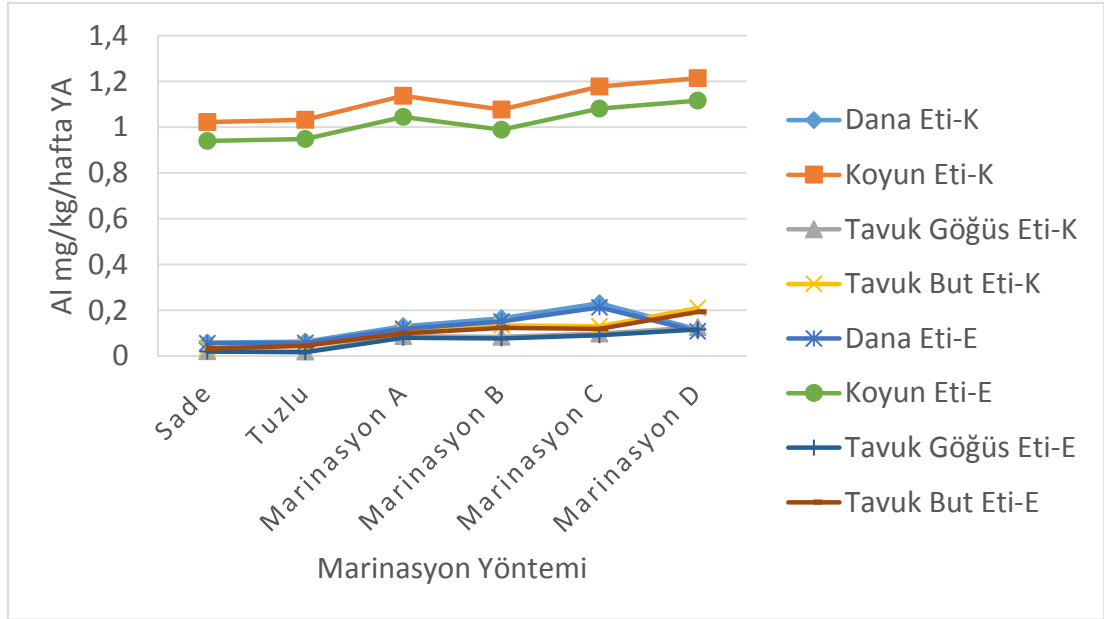
Şekil 4.34. 250°C’de 20 dk akıllı folyoda pişirilen etlerin 1 porsiyonlarına göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek).



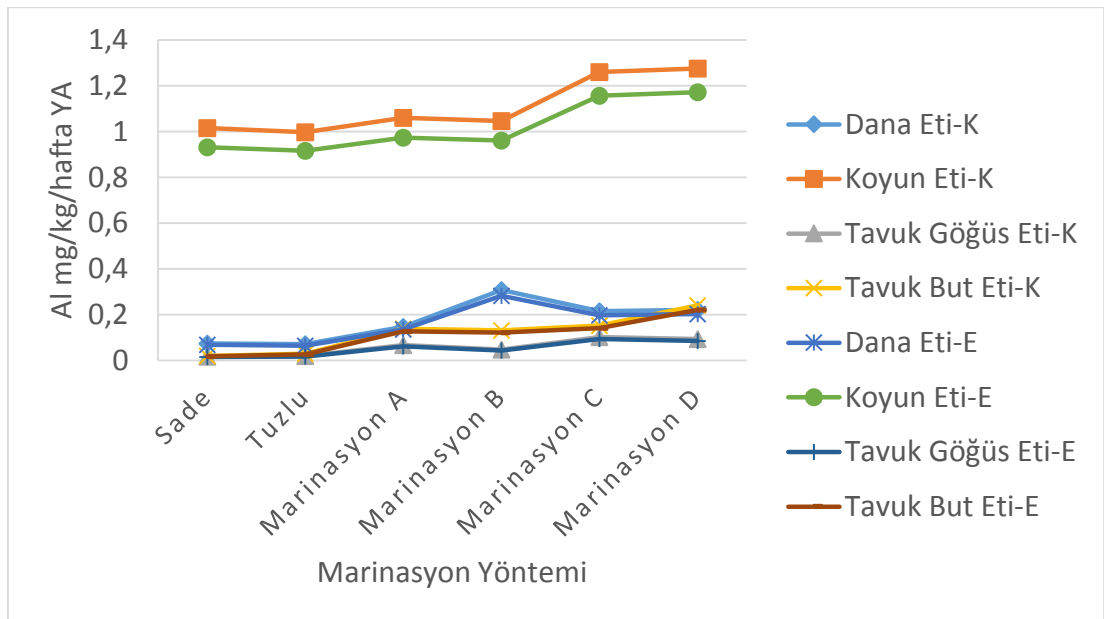
Şekil 4.35. 150°C’de 40 dk akıllı folyoda pişirilen balık etlerinin 1 porsiyonlarına göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek).



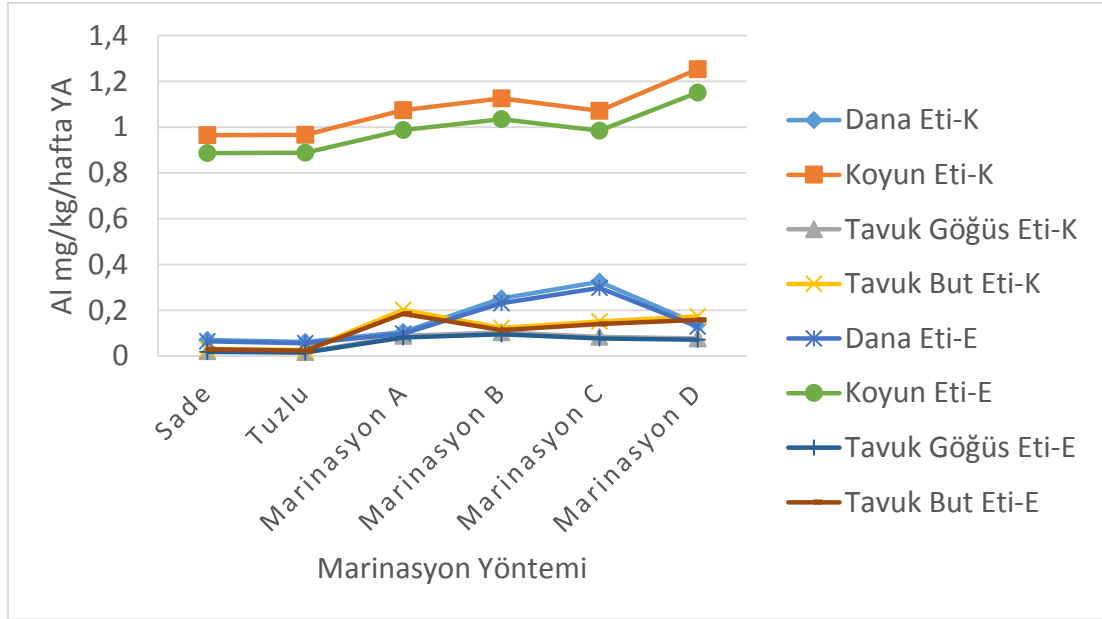
Şekil 4.36. 200°C’de 20 dk akıllı folyoda pişirilen balık etlerinin 1 porsiyonlarına göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek).



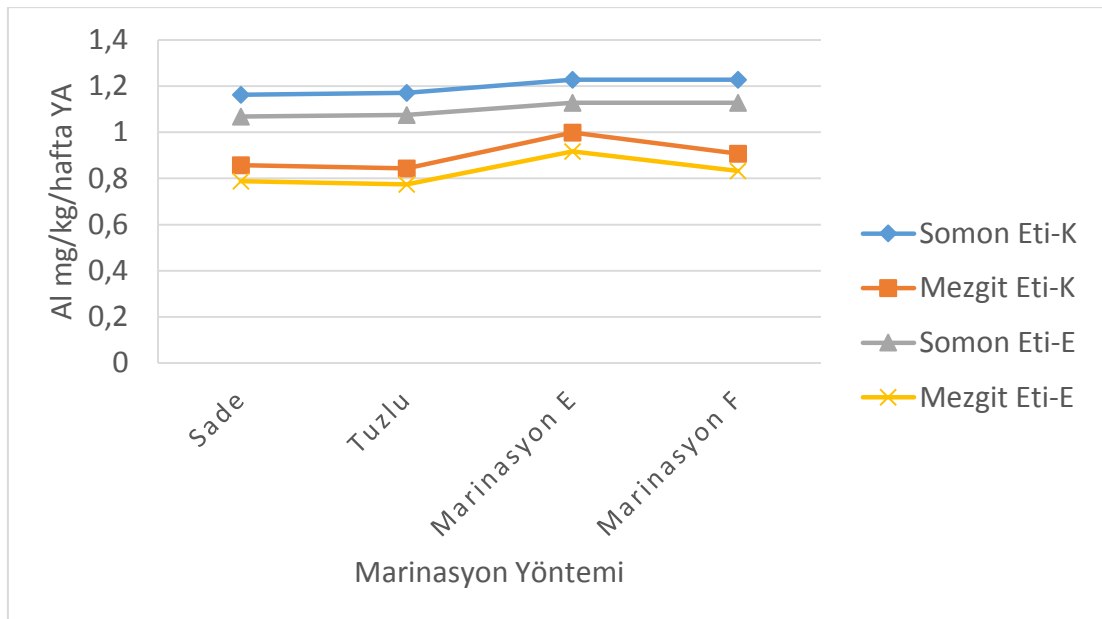
Şekil 4.37. 150°C’de 60 dk alüminyum folyoda pişirilen standart gramaj (250 g) etlere göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek).



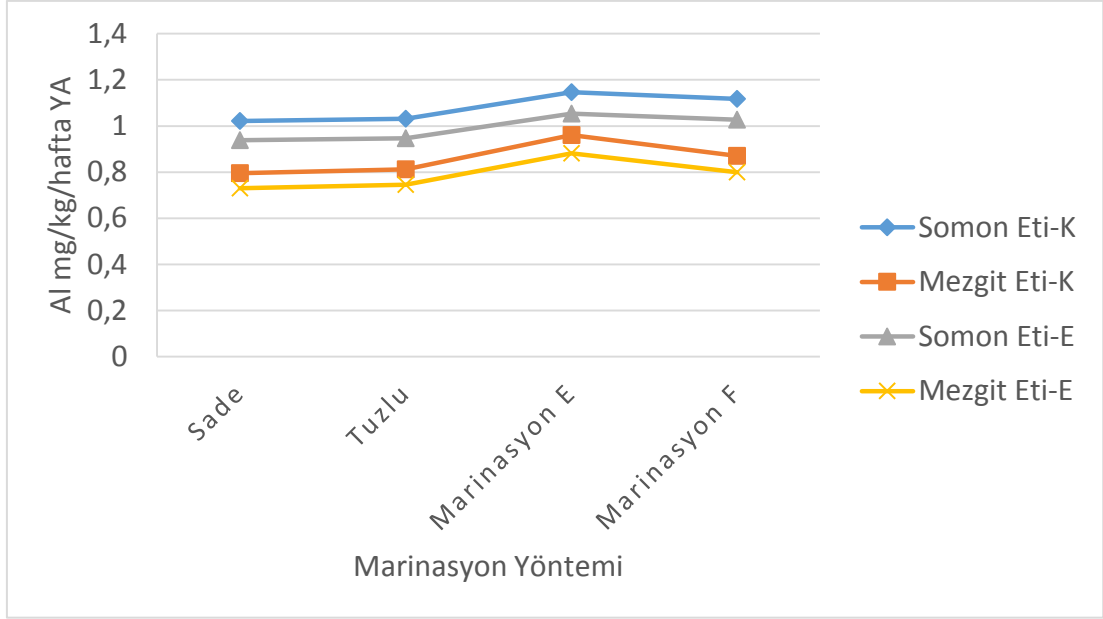
Şekil 4.38. 200°C’de 40 dk alüminyum folyoda pişirilen standart gramaj (250 g) etlere göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek).



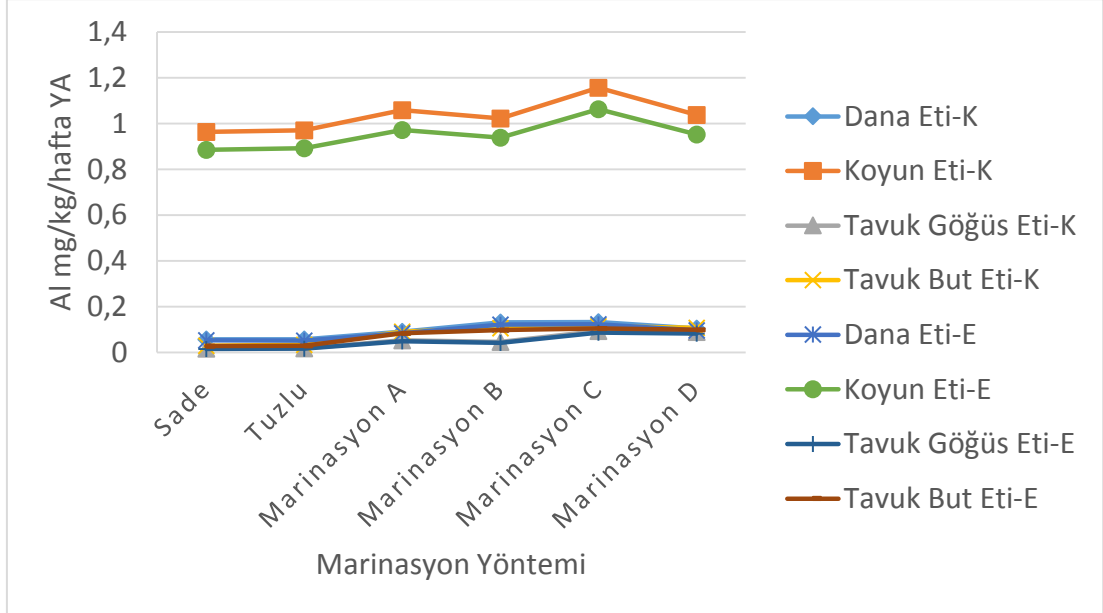
Şekil 4.39. 250°C’de 20 dk alüminyum folyoda pişirilen standart gramaj (250 g) etlere göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek).



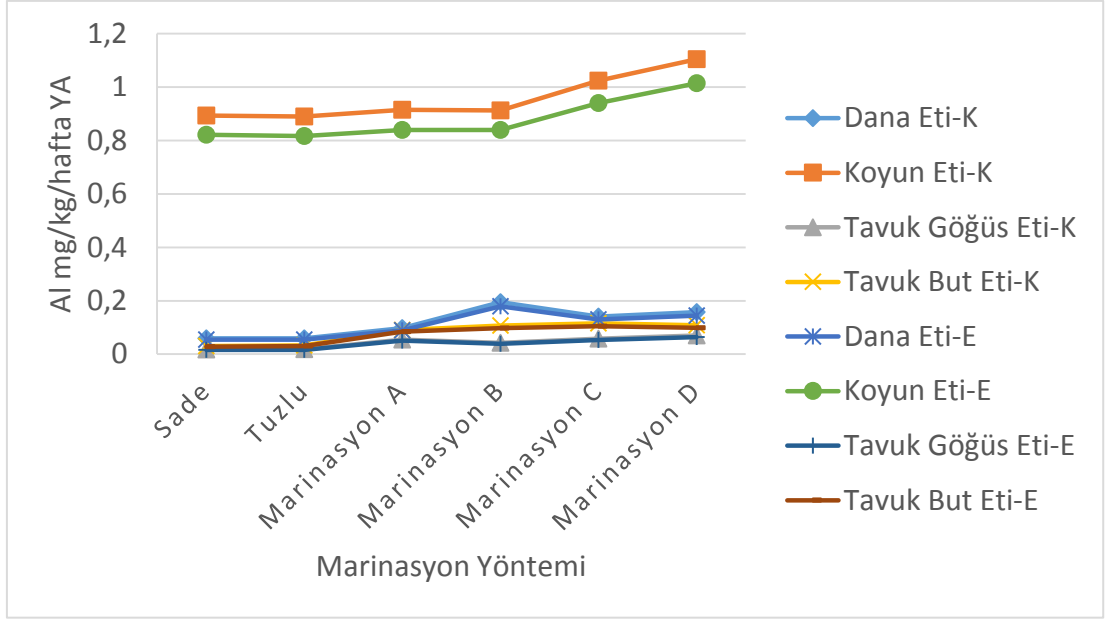
Şekil 4.40. 150°C’de 40 dk alüminyum folyoda pişirilen standart gramaj (250 g) balık etlerine göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek).



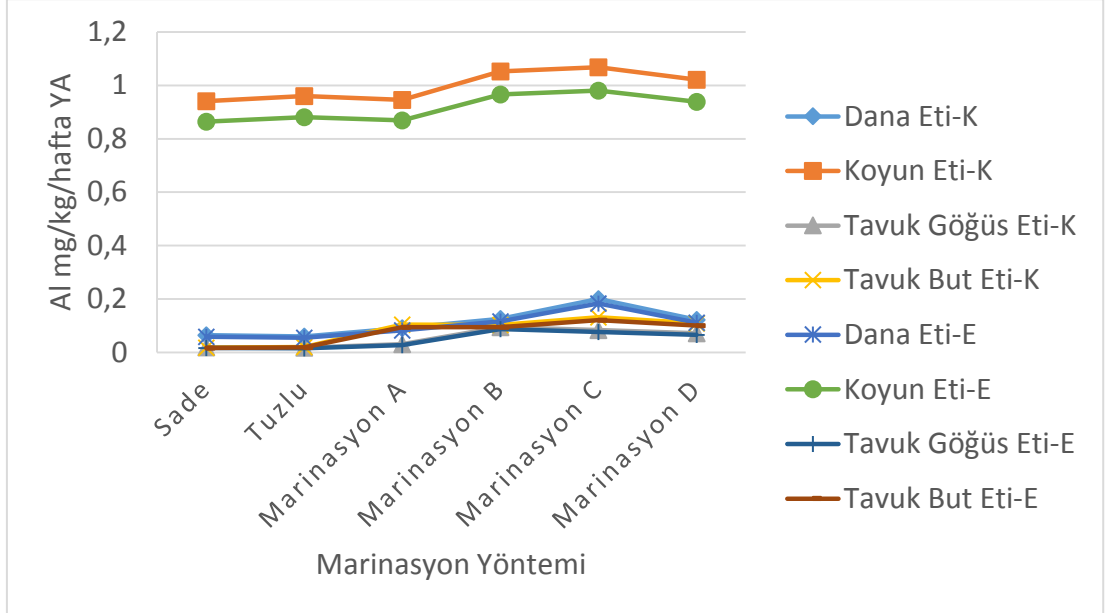
Şekil 4.41. 200°C’de 20 dk alüminyum folyoda pişirilen standart gramaj (250 g) balık etlerine göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek).



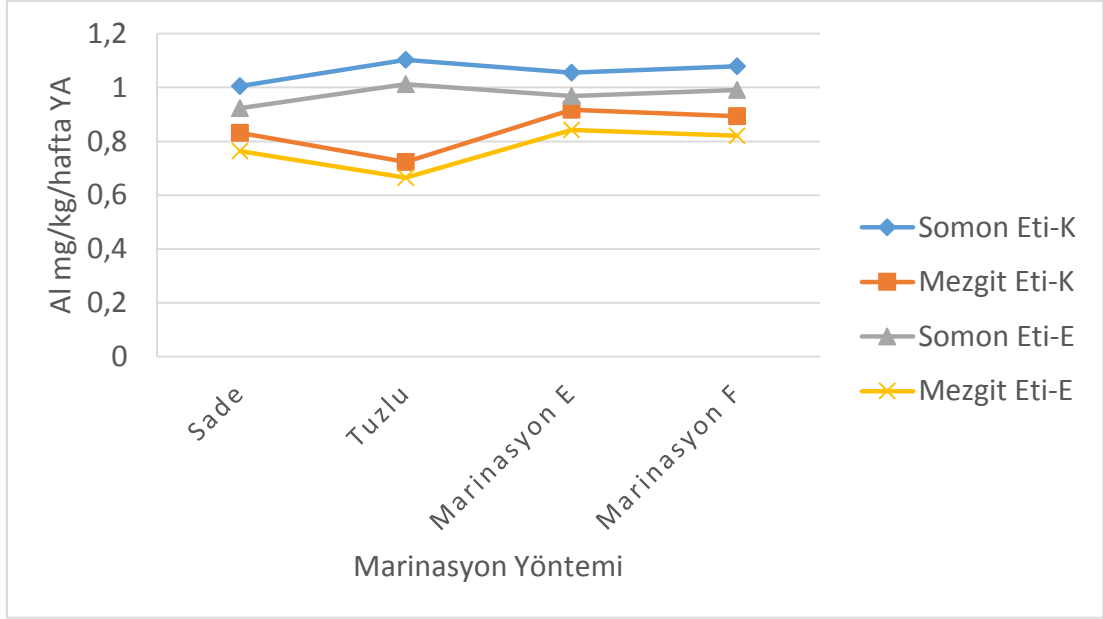
Şekil 4.42. 150°C’de 60 dk akıllı folyoda pişirilen standart gramaj (250 g) etlere göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek).



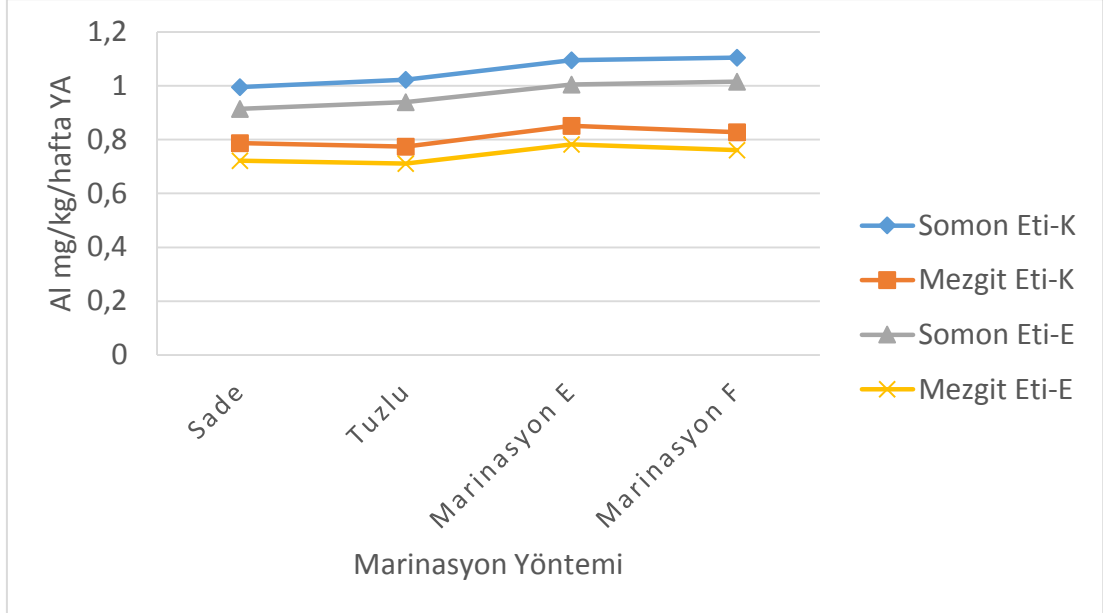
Şekil 4.43. 200°C’de 40 dk akıllı folyoda pişirilen standart gramaj (250 g) etlere göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek).



Şekil 4.44. 250°C’de 20 dk akıllı folyoda pişirilen standart gramaj (250 g) etlere göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek).



Şekil 4.45. 150°C’de 40 dk akıllı folyoda pişirilen standart gramaj (250 g) balık etlerine göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek).



Şekil 4.46. 200°C’de 20 dk akıllı folyoda pişirilen standart gramaj (250 g) balık etlerine göre yetişkin bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta YA) (K:Kadın, E:Erkek).

5. TARTIŞMA

Türkiye’de ve dünyada alüminyum folyo kullanılarak yapılan farklı pişirme yöntemlerine göre besinlere alüminyum geçişini saptamaya yönelik farklı araştırmalar yapılmıştır (17, 18, 63, 64, 156). Özellikle et ve et ürünlerinin alüminyum folyo ile pişirmeye uygun olması ve tüketiminin tercih edilmesi araştırmacıların bu konu üzerinde yoğunlaşmasına neden olmuştur. Ayrıca alüminyuma maruziyet düzeyinin belirlenmesinde JECFA tarafından önerilen haftalık tolere edilebilen maksimum değer 2 mg/kg/hafta olarak belirlenmiştir (12). Besinlerin alüminyum düzeyi toplum sağlığını etkilediği için bu düzeyin doğru bir şekilde belirlenmesinde kullanılan analiz yöntemi de çok önemlidir. Bu araştırmada avantajları nedeniyle alüminyum miktarını saptamada ICP-MS cihazı tercih edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre yetişkin bireylerde Al maruziyet düzeyinin saptanmasında JECFA’nın belirlemiş olduğu haftalık alım değerleri göz önüne alınmıştır.

Araştırma sonucunda farklı sıcaklık derecelerinde ve marinyasyon yöntemlerine göre alüminyum folyo kullanılarak pişirilen etlerde besine alüminyum geçişinin akıllı folyo kullanılarak pişirilen etlere göre daha fazla olduğu belirlenmiştir.

5.1. Çiğ Et Örneklerinin Protein, Yağ, Kül, Nem, pH ve Alüminyum (Al) içerikleri

Bu araştırmada kullanılan etlerin besin ögesi içerikleri incelendiğinde dana etinin protein içeriği 18.76 ± 0.89 , yağ içeriği 2.85 ± 0.12 ; koyun etinin protein içeriği 15.99 ± 0.43 , yağ içeriği 11.83 ± 0.45 ; tavuk göğüs etinin protein içeriği 20.94 ± 0.67 , yağ içeriği 0.63 ± 0.04 ve tavuk but etinin protein içeriği 18.79 ± 0.19 , yağ içeriği ise 14.38 ± 1.38 olarak bulunmuştur (Tablo 4.1.). Balık etlerinin besin ögesi içeriklerine bakıldığında ise somon etinin protein içeriği 17.85 ± 0.87 , yağ içeriği 18.06 ± 0.56 ve mezgit etinin protein içeriği 13.00 ± 1.48 , yağ içeriği 0.27 ± 0.003 olarak saptanmıştır (Tablo 4.1.). Benzer şekilde alüminyum folyo kullanılarak fırınlanan farklı etlerde alüminyum geçişini inceleyen bir çalışmada dana etinin protein içeriğinin 20.21 , yağ içeriğinin 2.28 ; koyun etinin protein içeriğinin 16.79 , yağ içeriğinin 11.38 ; tavuk göğüs etinin protein içeriğinin 20.72 , yağ içeriğinin 2.82 ve tavuk but etinin protein içeriğinin 18.43 , yağ içeriğinin 3.49 olduğu belirlenmiştir (63). Bu araştırmada bulunan sonuçlara benzer şekilde Gıda

Standartları Ajansı (Food Standards Agency - FSA) ise dana etinin protein içeriğini %22.5, yağ içeriğini %4.3; koyun but etinde sırasıyla %19, %12.3; tavuk göğüs etinde sırasıyla%24, %1.1; tavuk but etinde sırasıyla %25.8, %9.1; somon etinde sırasıyla%20.2, %11 ve mezigit etinde sırasıyla%19, %0.6 olarak bildirmiştir (157). Farklı ülkelerden satın alınan etlerin protein ve yağ içerikleri incelendiğinde dana etinin protein içeriğinin %20-22, yağ içeriğinin %4-8.3; koyun etinin protein içeriğinin %20.8-23.3, yağ içeriğinin %3.7-6 ve tavuk göğüs etinin protein içeriğinin %21.2-24.4, yağ içeriğinin %1.1-6.9 arasında olduğu belirtilmiştir (158). Farklı et türlerinin besin ögesi içeriklerinin belirlendiği bir çalışmada ise dana etinin protein içeriği %20.9, yağ içeriği %4.3 bulunurken; koyun etinde sırasıyla %19.7, %5 ve tavuk göğüs etinde sırasıyla %24.1, %1.2 olarak saptanmıştır (159).

Alüminyum folyo kullanılarak besinlere alüminyum geçişinin araştırıldığı bir çalışmada dana etinin kül içeriğinin %1.05; koyun etinin kül içeriğinin %0.97; tavuk göğüs etinin kül içeriğinin %1.00 ve tavuk but etinin kül içeriğinin %1.00 olduğu belirlenmiştir (63). Bu çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde bu araştırmada kullanılan etlerin kül değerleri incelendiğinde ise dana etinin kül içeriği 1.03 ± 0.04 ; koyun etinin kül içeriği 1.06 ± 0.03 ; tavuk göğüs etinin kül içeriği 1.30 ± 0.10 ve tavuk but etinin kül içeriği 0.96 ± 0.02 olarak bulunmuştur (Tablo 4.1.). Araştırmada kullanılan balık etlerinin kül içeriği incelendiğinde ise somon etinin kül içeriği 1.23 ± 0.08 ve mezigit etinin kül içeriği 1.24 ± 0.06 olarak saptanmıştır (Tablo 4.1.). Palamut balığıyla yapılan bir çalışmada balığın kül içeriği 1.76 ± 0.15 olarak bulunmuştur (160).

Bu araştırmada kullanılan etlerin nem miktarları incelendiğinde dana etinin nem içeriği 54.58 ± 7.68 ; koyun etinin nem içeriği 53.51 ± 7.68 ; tavuk göğüs etinin nem içeriği 37.77 ± 4.25 ve tavuk but etinin nem içeriği 32.96 ± 6.64 olarak bulunmuştur. Araştırmada kullanılan somon etinin nem içeriği 41.21 ± 2.23 ve mezigit etinin nem içeriği ise 66.93 ± 2.64 olarak saptanmıştır (Tablo 4.1.). Alüminyum folyo kullanılarak fırınlanan farklı etlerde alüminyum geçişini inceleyen bir çalışmada dana etinin nem içeriğinin %75.39; koyun etinin nem içeriğinin %69.74; tavuk göğüs etinin nem içeriğinin %74.43 ve tavuk but etinin nem içeriğinin %76.30 olduğu belirtilmiştir (63). Farklı etlerin nem içeriğine bakıldığında dana etinin nem içeriğinin %68.7-73.4; koyun etinin nem içeriğinin %72.6-74.3 ve tavuk göğüs etinin nem içeriğinin ise

%70.0-76.0 arasında değiştiği belirlenmiştir. Etlerin nem içerikleri arasındaki bu farklılıklar et türünün ve nem miktarını saptama yöntemlerinin farklılığından kaynaklanabilir (158). Balık etleriyle yapılan bir çalışmada ise palamut balığının %67.71±0.40 nem içerdiği saptanmıştır (160).

Etin kas proteinlerinin suyu bağlama kapasitesiyle ve buna bağlı olarak etin sululuğu ve yumuşaklığıyla ilişkili olan pH, etin kalitesini belirleyen önemli bir etmendir (161). Bu araştırmada analiz edilen etlerin pH değerleri incelendiğinde literatür ile uyumlu olarak dana etinin pH değerinin 5.75±0.01; koyun etinin pH değerinin 5.98±0.00; tavuk göğüs etinin pH değerinin 6.09±0.06; tavuk but etinin pH değerinin 6.70±0.00; somon etinin pH değerinin 6.34±0.01 ve mezzit etinin pH değerinin ise 6.76±0.01 olduğu saptanmıştır (Tablo 4.1.). Yapılan bir çalışmada dana etinin pH'nın 5.5-5.6; tavuk etinin pH'nın ise 6.0 veya daha yüksek olduğu belirtilmiştir (162). Koyun etinin pH değerinin belirlendiği bir çalışmada etin pH değerinin 5.5-5.7 arasında değiştiği saptanmıştır (163). Mezzit etleriyle yapılan bir çalışmada ise mezzit etlerinin pH değerinin 6.55-6.68 arasında değiştiği bulunmuştur (164).

Yapılan çalışmalarda etlerin alüminyum içeriklerinin farklılık gösterdiği saptanmıştır (1, 17, 61, 165-167). Etlerin alüminyum içerikleri multifaktöriyel nedenlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Etlerin alüminyum içeriklerindeki bu farklılıkların toprağın, suyun ve havanın alüminyum içeriği, hayvanlara verilen yemlerin alüminyum içeriği ile hayvanların yetiştirilmesi uygulamalarındaki farklılıklardan kaynaklanabileceği bildirilmiştir (168). Yunanistan'da besinlerin alüminyum içeriklerinin saptanmasına yönelik yapılan bir çalışmada kırmızı etlerin alüminyum içeriği ortalaması 1.4 mg/kg, tavuk etlerinin 0.4 mg/kg, balıkların ise 0.62 mg/kg olarak bulunmuştur (61). Hong Kong'da yapılan çalışmada kırmızı etlerin ve kümes hayvanları etlerinin alüminyum içerikleri ortalama 2.5 mg/kg, balık etleri ve deniz ürünlerinin ise ortalama 4.9 mg/kg olarak saptanmıştır (165). Belęika'da besinlerin ve alüminyum araç-gereç kullanımı ile diyetle alüminyuma maruziyet düzeyinin belirlendiği bir çalışmada etlerdeki alüminyum miktarı 0.43 mg/kg, balıklardaki alüminyum miktarı ise 0.62 mg/kg olarak belirlenmiştir (166). Almanya'da besinlerin alüminyum içeriklerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada dana etinin 3.6 mg/kg, koyun etinin 2.5 mg/kg, tavuk etinin 3.5 mg/kg ve

balık türlerinin ise 1.2-5.5 mg/kg arasında alüminyum içerdiği saptanmıştır (1). Çin’de yapılan bir çalışmada ise etlerin alüminyum içerikleri 6.1 mg/kg olarak belirlenmiştir (167). Çeşitli balıkların alüminyum içeriklerinin saptandığı bir çalışmada morina balığının 0.076 ± 0.038 mg/kg, kömür balığının 0.099 ± 0.040 mg/kg, okyanus levreğinin 0.074 ± 0.024 mg/kg ve uskumru balığının ise 0.096 ± 0.022 mg/kg içerdiği belirtilmiştir (17). Bu çalışmada kullanılan çiğ et örneklerinin alüminyum içerikleri incelendiğinde ise dana etinin 2.28 ± 0.53 mg/kg YA, koyun etinin 35.9 ± 4.18 mg/kg YA, tavuk göğüs etinin 0.65 ± 0.11 mg/kg YA, tavuk but etinin 0.68 ± 0.12 mg/kg YA, somon etinin 39.39 ± 4.35 mg/kg YA ve mezzit etinin ise 28.70 ± 5.98 mg/kg YA alüminyum içerdiği saptanmıştır (Tablo 4.1.). Araştırmanın sonucunda dana etinde bulunan değerler Chen ve arkadaşlarının yaptığı çalışma sonuçları ile benzer bulunmuştur (165). Fakat çalışmada kullanılan diğer etlerin alüminyum miktarları bu konuda yapılan diğer çalışmalardan farklılık göstermektedir (1, 17, 61, 166, 167).

Araştırmada ise dana etinin 5.02 ± 0.57 mg/kg KA, koyun etinin 77.22 ± 4.53 mg/kg KA, tavuk göğüs etinin 1.04 ± 0.11 mg/kg KA ve tavuk but etinin ise 1.01 ± 0.13 mg/kg KA alüminyum içerdiği bulunmuştur (Tablo 4.1.). Araştırma sonucunda dana, tavuk göğüs ve tavuk but etinin alüminyum içerikleri ülkemizde bu konu ile ilgili yapılan çalışmadan düşük bulunurken, koyun etinin alüminyum içeriği ise yüksek bulunmuştur. Söz konusu çalışmada dana etinin 16.39 ± 1.35 mg/kg, koyun etinin 11.19 ± 0.86 mg/kg, tavuk göğüs etinin 23.58 ± 1.33 mg/kg ve tavuk but etinin ise 16.45 ± 0.52 mg/kg alüminyum içerdiği saptanmıştır (63).

5.2. Farklı Et Türlerinde Kullanılan Farklı Marinasyon ve Sıcaklık Derecelerinin Besine Alüminyum Geçişine Etkisi

Bu çalışmada farklı et türlerinde kullanılan farklı marinasyon yöntemlerine ve sıcaklık derecelerine göre alüminyum folyolardan besine alüminyum geçiş yüzdeleri belirlenmiştir (Tablo 4.2-4.4.). Alüminyum geçiş yüzdeleri sade olarak alüminyum folyo ile pişirilen dana etinde $\%2.93\pm 3.53$ - $\%9.70\pm 5.30$; koyun etinde $\%4.01\pm 2.93$ - $\%10.83$ - 2.51 ; tavuk göğüs etinde $\%17.69\pm 5.79$ - $\%72.40\pm 25.88$ ve tavuk but etinde ise $\%21.58\pm 16.02$ - $\%87.92$ arasında değişmektedir. Etlere farklı marinasyon yöntemlerinin uygulanması alüminyum geçiş yüzdelerini arttırmıştır. En yüksek alüminyum geçiş yüzdeleri dana etinde 250°C - 20 dk marinasyon C yöntemi

uygulanarak alüminyum folyo ile fırınlanan etlerde 467.18 ± 102.07 ; koyun etinde 150°C - 60 dk marinasyon C yöntemi uygulanarak alüminyum folyo ile fırınlanan etlerde 21.35 ± 9.62 ; tavuk göğüs etinde 150°C - 60 dk marinasyon D yöntemi uygulanarak alüminyum folyo ile fırınlanan etlerde 912.76 ± 312.52 ve tavuk but etinde 250°C - 20 dk marinasyon A yöntemi uygulanarak alüminyum folyo ile fırınlanan etlerde 1280.59 ± 309.34 olarak saptanmıştır. Araştırmada etlere uygulanan marinasyon yöntemlerinde Al geçiş yüzdeleri sade ve tuzlu pişirilen etlere göre daha yüksek bulunmuştur. Bu farklılığın nedeninin farklı marinasyon yöntemlerinin besinin asitlik derecesini etkilemesinden dolayı olabileceği düşünülmektedir (14).

Alüminyum folyoya sarılarak fırınlanan sığır, koyun, tavuk göğüs ve tavuk but etine alüminyum geçişlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada etler 150°C 'de 60 dakika, 200°C 'de 40 dakika ve 250°C 'de 20 dakika olacak şekilde pişirilmiştir. Sığır, koyun ve tavuk etine alüminyum geçiş yüzdeleri 150°C 'de 60 dakika fırınlamada sırasıyla %89, %115, %76 ve %76; 200°C 'de 40 dakika fırınlamada sırasıyla %133, %204, %83 ve %96; 250°C 'de 20 dakika fırınlamada ise sırasıyla %198, %378, %153 ve %192 olarak saptanmıştır (63). Araştırma sonucunda sade olarak pişirilen etlerde belirlenen Al miktarları, bu çalışmadaki değerlerden (63) düşük bulunmuştur. İki araştırmada alüminyum analizinde kullanılan yöntem farklılığının bulunan sonuçların farklı çıkmasının nedeni olabileceği düşünülmektedir.

Alüminyum folyoya sarılarak 200°C 'de 20 dk'da sade veya sirke ve tuzlanarak fırınlanan morina balığı, kömür balığı, okyanus levreği ve uskumru balığındaki alüminyum geçişlerinin incelendiği bir çalışmada sade olarak fırınlanan etlerin alüminyum değişim yüzdeleri sırasıyla %388, %208, %276 ve %586; sirke ve tuzlanarak fırınlanan etlerin alüminyum değişim yüzdeleri ise sırasıyla %691, %575, %1666 ve %1541 olarak belirlenmiştir (17). Bu araştırmada ise alüminyum değişim yüzdesi sade olarak 200°C - 20 dk pişirilen somon ve mezgıt etinde sırasıyla 13.93 ± 2.24 ve 13.29 ± 0.62 olarak bulunmuştur. Somon ve mezgıt etindeki en yüksek değişim yüzdesi marinasyon E yöntemi uygulanarak 150°C - 40 dk alüminyum folyo ile pişirilen etlerde görülmüştür (sırasıyla 30.14 ± 1.32 ve 40.42 ± 11.89). Marinasyon E yönteminde kullanılan zeytinyağının folyodan besine alüminyum

geçişlerini kolaylaştırdığı ve beyaz toz biberin alüminyum içeriğine göre besine alüminyum geçişlerinin artabileceği düşünülmektedir.

5.3. Farklı Et Türlerine Uygulanan Farklı Marinasyon ve Sıcaklık Derecelerine Göre Alüminyum Geçişlerinin Değerlendirilmesi

Farklı et türlerine uygulanan farklı marinasyon ve sıcaklık derecelerine göre alüminyum geçişleri değerlendirildiğinde et türlerine göre farklı sıcaklık derecelerinde ve marinasyon yöntemlerinde elde edilen sonuçların hepsinde akıllı folyoda pişirilen etlerde alüminyum geçişleri alüminyum folyoda pişirilen etlere göre daha düşük bulunmuştur. Fakat bu farklılıklar her uygulamada anlamlı olarak bulunmamıştır (Tablo 4.5.-4.10.). Alüminyum folyoda sade olarak 150°C’de 60 dk ve 200°C’de 40 dk pişirilen koyun etinde; 150°C’de 60 dk pişirilen tavuk göğüs etinde; 150°C’de 40 dk ve 200°C’de 20 dk pişirilen somon eti ile 150°C’de 40 dk pişirilen mezgıt etinde alüminyum geçişi akıllı folyo kullanılarak pişirilen etlere göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.6.-4.7.-4.9.-4.10.). Alüminyum folyoda tuzlu olarak 200°C’de 40 dk ve 250°C’de 20 dk pişirilen koyun etinde; 200°C’de 40 dk pişirilen tavuk göğüs etinde; farklı sıcaklık derecelerinin tümünde tavuk but eti ile somon etinde ve 150°C’de 40 dk pişirilen mezgıt etinde alüminyum geçişi akıllı folyo kullanılarak pişirilen etlere göre anlamlı olarak daha yüksektir ($p<0.05$) (Tablo 4.7.-4.10.). Marinasyon A yöntemine göre 200°C’de 40 dk ve 250°C’de 20 dk pişirilen dana etinde; 150°C’de 60 dk pişirilen koyun etinde; 250°C’de 20 dk pişirilen tavuk göğüs ve tavuk but etinde alüminyum folyo kullanımı ile akıllı folyo kullanımı arasında alüminyum geçişleri açısından fark vardır ($p<0.05$) (Tablo 4.5.-4.8.). Marinasyon B yöntemi ile alüminyum folyoda 150°C’de 60 dk ve 250°C’de 20 dk pişirilen dana etinde; 250°C’de 20 dk pişirilen koyun etinde; her sıcaklık derecesinde tavuk göğüs ile tavuk but etinde alüminyum geçişleri akıllı folyo ile pişirilen etlere göre daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 4.5.-4.8.). Marinasyon C yöntemine göre pişirilen dana ve tavuk göğüs etlerinde uygulanan her sıcaklık derecesinde; 150°C’de 60 dk pişirilen koyun etinde ve 200°C’de 40 dk pişirilen tavuk but etinde alüminyum geçişleri incelendiğinde alüminyum folyo ile akıllı folyo arasında fark vardır ($p<0.05$) (Tablo 4.5.-4.8.). Alüminyum folyoda D yöntemine göre 200°C’de 40 dk ve 250°C’de 20 dk pişirilen dana etinde, 200°C’de 40 dk pişirilen koyun etinde, 150°C’de 60 dk ve

200°C’de 40 dk pişirilen tavuk göğüs etinde ve uygulanan farklı sıcaklık derecelerinin hepsinde tavuk but etinde alüminyum geçişleri akıllı folyo kullanılarak yapılan pişirmeye göre daha yüksektir ($p<0.05$) (Tablo 4.5.-4.8.). Marinasyon E yöntemi ile alüminyum folyoda 150°C’de 40 dk pişirilen somon etinde alüminyum geçişleri akıllı folyo ile pişirilen somon etine göre anlamlı olarak daha yüksektir ($p<0.05$) (Tablo 4.9). Akıllı folyo ile pişirmede alüminyum geçişlerinin daha az olmasının nedeninin akıllı folyonun özelliklerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Akıllı folyonun dış yüzeyi alüminyum, iç yüzeyi ise yağlı pişirme kağıdı şeklinde tasarlanmıştır. Alüminyum dış yüzeyi gıdaların şeklini alarak yiyecekleri izole etmektedir. İç yüzeyi ise yağlı kağıt şeklinde olduğu için besinlerin yapışmadan pişmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca bariyer özelliğine sahip yağlı kağıdın iç yüzeyi asitli yiyecekler ile folyonun teması ile oluşacak zararları önleyerek folyodan besine alüminyum geçişlerini de azaltmaktadır (169).

5.4. Farklı Et Türlerine Al Geçişlerini Etkileyen Parametreler

Alüminyum araç-gereçlerden ve folyolardan besinlere alüminyum geçişleri pişirme süresi, pişirme sıcaklığı, besinin kimyasal kompozisyonu ve pH değeri ile organik asit, tuz, şeker ve diğer iyonların varlığı gibi etmenlerden etkilenmektedir (17). Ayrıca domates sosu ve sirke gibi asidik besinlerle alüminyum araç-gereçlerin kullanılması da bu araç gereçlerden besinlere alüminyum geçişlerini arttırmaktadır (19). Bu araştırmada marinasyon yöntemleri ayrımı yapılmadan etlerin Al değişim yüzdesi ile pH değerleri arasındaki ilişki incelendiğinde tüm et türlerinde ve sıcaklık derecelerinde akıllı folyo ile pişirilen etlerde pH değeri azaldıkça etlere alüminyum geçişleri artmıştır. Alüminyum folyo ile pişirilen etlerde ise dana etinde farklı sıcaklık derecelerinin tümünde asitlik arttıkça etlere alüminyum geçişi artmıştır (sırasıyla $r=-0.439$ $p=0.01$, $r=-0.324$ $p=0.01$ ve $r=-0.536$ $p=0.01$). Koyun etinin alüminyum folyoda 150°C’de 60 dk ve 250°C’de 20 dk pişirilmesinde asitlik arttıkça etlere alüminyum geçişi artmıştır (sırasıyla $r=-0.222$ $p=0.05$ ve $r=-0.480$ $p=0.01$) (Tablo 4.8.). Alüminyum folyoda tavuk but etinin 250°C’de 20 dk pişirilmesinde asitlik arttıkça tavuk but etine alüminyum geçişinin arttığı görülmüştür ($r=-0.480$ $p=0.01$) (Tablo 4.11.). Somon etinin 250°C’de 20 dk pişirilmesi sonucu asitlik arttıkça somon etine alüminyum geçişi arttığı belirlenmiştir ($r=-0.699$ $p=0.01$) (Tablo 4.11.). Asidik

ortamlar alüminyum folyodaki koruyucu α -Al₂O₃ tabakasının yapısını bozarak alüminyumun besine geçmesine neden olmaktadır. Bu tabakadan besine geçen alüminyum miktarı iyonlaşma sabitine bağlı olarak değişmektedir. İyonlaşma sabitinin yüksek olması besine geçen alüminyum miktarını da arttırmaktadır (156). Farklı asidik solüsyonlarda (domates suyu, sitrik asit, elma sirkesi) alüminyum folyoda pişirilen kıymalarda alüminyum geçişlerinin incelendiği bir çalışmada asitliğin artmasıyla alüminyum geçişinin de arttığı, baharat kullanımının ise bu geçişi daha fazla arttırdığı bulunmuştur (14). Başka bir çalışmada ise asidik (asetik, sitrik, oksalik, tartarik asit) ve flor içeren ortamlarda alüminyum araç-gereçler kullanılarak ısıtılan besinlere alüminyum geçişlerinin daha yüksek olduğu gösterilmiştir (170). Pişirme süresince domates salçası, limon suyu, tuz ve diğer baharatların besine eklenerek alüminyum araç-gereçlerle yapılan pişirme işlemlerinde de alüminyum geçişlerinin arttığı görülmüştür (2, 171). Farklı iki ülkeden alınan alüminyum pişirme kaplarında haşlanan etlerde alüminyum geçişleri karşılaştırılmıştır. Pişirme süresince besine tuz ve sitrik asit eklenmesinin pişirme kaplarından besinlere alüminyum geçişini arttırdığı belirlenmiştir (172). Farklı besinlerin alüminyum araç-gereçler kullanılarak pişirildiği bir çalışmada yüksek asitli besinlerde (Hint yemeği olan sambar ve kadhi ile domates çorbası) alüminyum geçişlerinin daha fazla olduğu gözlenmiştir (168). Bu çalışmaların sonuçlarından farklı olarak pH ile alüminyum geçişleri arasında bir ilişki olmadığını belirten araştırmalar da bulunmaktadır (15, 173, 174).

Bu araştırmada farklı et türlerine uygulanan farklı marinasyonlarda Al değişim yüzdesi ile sıcaklık ve süre arasındaki ilişki değerlendirildiğinde, dana etinin alüminyum folyo ile sade, marinasyon B ve marinasyon C yöntemi uygulanarak pişirilmesinde sıcaklık arttıkça ve süre azaldıkça ete alüminyum geçişlerinin arttığı belirlenmiştir (Tablo 4.12.). Koyun etinin alüminyum folyo ile pişirilmesinde ise tüm marinasyon yöntemlerinde sıcaklık azaldıkça ve süre arttıkça ete alüminyum geçişleri artmıştır (Tablo 4.12.). Tavuk göğüs etinin alüminyum folyoda tuz ile marinasyon C ve marinasyon D yöntemi uygulanarak pişirilmesinde sıcaklık azaldıkça ve süre arttıkça ete alüminyum geçişlerinin arttığı saptanmıştır (Tablo 4.12.). Tavuk but etinde ise sonuçlar çelişkili bulunmuştur. Tavuk but etinin alüminyum folyo ile marinasyon A yöntemi uygulanarak pişirilmesinde sıcaklık arttıkça ve süre azaldıkça, marinasyon D yöntemi uygulanarak pişirilmesinde ise sıcaklık azaldıkça ve süre arttıkça ete

alüminyum geçişleri artmıştır (Tablo 4.12.). Somon etinin ise alüminyum folyoda marinyasyon E yöntemi uygulanarak pişirilmesinde sıcaklık azaldıkça ve süre arttıkça ete alüminyum geçişleri artmıştır (Tablo 4.12.). Alüminyum folyo kullanılarak mezgıt etinin pişirilmesinde ise marinyasyon E yöntemi hariç diğer pişirme uygulamalarında sıcaklık azaldıkça ve süre arttıkça alüminyum folyodan ete alüminyum geçişlerinin arttığı saptanmıştır (Tablo 4.12.). Marinyasyon ayırımı yapmadan Al değişim yüzdesi ile süre ve sıcaklık arasındaki ilişki incelendiğinde ise dana etinde sıcaklık arttıkça ve süre azaldıkça ete alüminyum geçişi artarken koyun ve mezgıt etinde ise sıcaklık azaldıkça ve süre arttıkça alüminyum geçişlerinin arttığı saptanmıştır (Tablo 4.13.). Akıllı folyo ile pişirmede ise sadece somon etinde sıcaklık arttıkça ve süre azaldıkça ete alüminyum geçişlerinin arttığı bulunmuştur (Tablo 4.13.). Et türlerinde ayırım yapılmadan alüminyum folyo kullanılarak pişirilen etlerde pişirme süresi arttıkça ve sıcaklık azaldıkça besine alüminyum geçişlerinde artış görülmüştür (Tablo 4.13.). Akıllı folyo kullanılarak yapılan pişirmede ise sıcaklık arttıkça etlere alüminyum geçişlerinde artış saptanmıştır (Tablo 4.13.). Alüminyum folyoda pişirmede sıcaklık ve sürenin besine alüminyum geçişlerine etkisinin incelendiği çalışmalarda bulunan sonuçlar sıcaklığın ve pişirme süresinin artmasının alüminyum geçişlerinin arttığını göstermektedir (21, 63). Sıcaklık ve sürenin alüminyum geçişlerine etkisinin incelendiği bir çalışmada farklı türde etler (dana, manda, koyun, tavuk göğüs, tavuk but, hindi göğüs ve hindi but eti) 150°C’de 60dk, 200°C’de 40 dk ve 250°C’de 20 dk olarak fırınlanmıştır. Çalışma sonunda besine en düşük alüminyum geçişleri 150°C’de 60dk fırınlanan etlerde belirlenirken, en yüksek alüminyum geçişleri ise 250°C’de 20 dk fırınlanan etlerde görülmüştür (63). Bu sonuçlar pişirme sıcaklığının pişirme süresinden daha önemli olduğunu göstermektedir. Çünkü yüksek pişirme sıcaklıklarında folyonun oksit katmanı kalınlaşarak ve folyonun yapısı amorf yapıdan kristal yapıya dönüşerek folyodan ete alüminyum geçişleri artmaktadır (175). Başka bir çalışmada alüminyum folyoya sarılarak 100°C’de 60 dk, 90 dk, 120 dk, 150 dk ve 180 dk süresince fırınlanan dana etlerinde alüminyum geçişlerinin pişirme süresinin uzamasına bağlı olarak arttığı belirlenmiştir (21). Alüminyum araç-gereçlerde pişirilen domateslerde alüminyum geçişlerinin incelendiği bir çalışmada ise asitliğin etkisinin yanında alüminyum araç-gereçte pişirme süresinin artmasıyla besine alüminyum geçişlerinin de arttığı saptanmıştır (176).

Araştırmada tüm et türlerinde farklı folyolara göre Al değişim yüzdesi ile yağ arasındaki ilişki incelendiğinde alüminyum ve akıllı folyoda pişirilen etlerde etlerin yağ içeriği arttıkça folyolardan etlere alüminyum geçişlerinin arttığı belirlenmiştir (sırasıyla $r=0.153$ $p<0.01$ ve $r=0.140$ $p<0.01$) (Tablo 4.13.). Besinlerin yağ içeriklerinin alüminyum geçişine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada koyun etindeki alüminyum geçişlerinin dana ve manda etine göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Alüminyum geçişlerinin koyun etinde fazla olmasının nedeni koyun etinin dana ve manda etine göre daha yüksek yağ içeriğine sahip olmasıyla açıklanmıştır (63). Benzer şekilde balıklarla yapılan bir çalışmada alüminyum folyoya sarılarak 200°C’de fırınlanan ve ızgara yapılan balıklarda alüminyum geçişleri ızgara yapılan balıklarda daha yüksek bulunmuştur. Bu durum ızgara yapılan balıkların sıcaklık derecelerinin fırınlanan balıklara göre daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (17). Ayrıca daha az yağlı olan morina ve kömür balığında alüminyum geçişleri yağlı balıklar olan okyanus levreği ve uskumru balığına göre daha az bulunmuştur. Bu sonuçlar pişirme işleminin yanında besinin yağ içeriğinin de alüminyum geçişinde etkili olduğunu göstermektedir. Aynı çalışmada balıklar sade ve baharat eklenerek ızgara edilmiştir. Baharat eklenen balıklarda alüminyum geçişlerinin baharat eklenmeyen balıklara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu durumun baharatların yüksek alüminyum içeriğine sahip olmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (63.5 mg Al/kg) (17). Baharatların alüminyum geçişinin etkisine bakıldığı başka bir çalışmada baharat eklenerek 100°C’de alüminyum folyoya sarılarak fırınlanan etlerde alüminyum geçişleri baharat eklenmeden fırınlanan etlere göre daha yüksek saptanmıştır (21). Bu araştırmada etlere uygulanan marinasyon yöntemlerinde kullanılan baharatların alüminyum içeriklerine göre alüminyum folyodan besine alüminyum geçişlerinde artışa neden olabileceği düşünülmektedir.

5.5. Farklı Sıcaklıklarda ve Folyolarda Pişirilen Etlerin Al içerikleri

Farklı sıcaklıklarda sade, tuzlu, marinasyon A, B, C ve D yöntemi uygulanarak farklı alüminyum folyolarda pişirilen dana, koyun, tavuk göğüs ve tavuk but etlerinin alüminyum içerikleri arasında farklılık bulunmuştur.

Alüminyum folyoda 150°C’de 60 dk ve 200°C’de 40 dk pişirilen sade etlerde dana eti ile koyun eti; 250°C’de 20 dk pişirilen etlerde ise sadece koyun eti ile tavuk

göğüs eti ile tavuk but eti arasında alüminyum geçişleri açısından farklılık bulunmuştur ($p<0.01$) (Tablo 4.15.). Akıllı folyoda tüm sıcaklık derecelerinde pişirilen sade etlerde ise dana eti ve koyun eti ile tavuk göğüs eti ile tavuk but eti arasında alüminyum geçişleri yönünden farklılık vardır ($p<0.01$) (Tablo 4.15.). Tavuk göğüs eti ile tavuk but etine alüminyum geçişleri dana eti ve koyun etinden daha fazladır ($p<0.01$) (Tablo 4.15.). Tavuk etlerine alüminyum geçişlerinin daha fazla olmasının nedeni hayvanların yetiştirme koşulları arasındaki farklılıklara bağlı olarak çiğ etlerin alüminyum miktarlarının farklılık göstermesi ile açıklanabilir. Alüminyum folyoda 150°C 'de 60 dk ve 200°C 'de 40 dk pişirilen tuzlu etlerde dana eti ve koyun eti ile tavuk göğüs eti ve tavuk but eti arasında alüminyum geçişleri açısından farklılık bulunmuştur ($p<0.01$) (Tablo 4.16.). Akıllı folyoda 150°C 'de 60 dk ve 200°C 'de 40 dk pişirilen tuzlu etlerde dana eti ile koyun eti; 250°C 'de 20 dk pişirilen dana eti alüminyum geçişleri yönünden tavuk göğüs eti ile tavuk but etinden farklıdır ($p<0.01$) (Tablo 4.16.).

Alüminyum folyoda marinasyon A yöntemi ile 150°C 'de 60 dk ve 200°C 'de 40 dk pişirilen etlerde dana eti ile koyun eti alüminyum geçişleri yönünden tavuk göğüs eti ile tavuk but etinden farklı olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$) (Tablo 4.17.). Akıllı folyoda marinasyon A yöntemi ile 150°C 'de 60 dk ve 200°C 'de 40 dk pişirilen etlerde ise dana etinde alüminyum geçişlerinin tavuk but etinden farklı; 250°C 'de 20 dk pişirilen etlerde ise dana etinde alüminyum geçişlerinin tavuk göğüs ve tavuk but etinden farklıdır ($p<0.01$) (Tablo 4.17.). Koyun etinde alüminyum geçişleri ise tüm sıcaklık derecelerinde tavuk göğüs eti ile tavuk but etinden farklı olduğu bulunmuştur (Tablo 4.17.).

Alüminyum folyoda marinasyon B yöntemi ile 150°C 'de 60 dk ve 250°C 'de 20 dk pişirilen koyun eti ile tavuk göğüs eti ve tavuk but eti arasında alüminyum geçişleri açısından farklılık, 200°C 'de 40 dk pişirilen koyun eti ile ise dana eti, tavuk göğüs eti ve tavuk but eti arasında farklılık belirlenmiştir ($p<0.01$) (Tablo 4.18.). Koyun etinin, çiğ etteki alüminyum içeriği yüksek olmasına rağmen pişirmede ete alüminyum geçişleri düşük bulunmuştur. Akıllı folyoda marinasyon B yöntemi ile 150°C 'de 60 dk pişirilen dana eti alüminyum geçişleri yönünden tavuk buttan farklı, 200°C 'de 40 dk ve 250°C 'de 20 dk pişirilen dana eti tavuk but ve tavuk göğüs etinden farklı, 200°C 'de 40 dk pişirilen tavuk göğüs eti tavuk but etinden farklıdır ($p<0.01$)

(Tablo 4.18.). Tavuk but etinin alüminyum içeriği düşük olmasına rağmen, folyolardan tavuk but etine alüminyum geçişleri yüksek bulunmuştur. Tavuk but etindeki yüksek alüminyum geçişlerinin nedeni tavuk but etinin tavuk göğüs etine göre daha yüksek yağ içeriğine sahip olması ile açıklanabilir.

Alüminyum folyoda marinasyon C yöntemi ile 150°C'de 60 dk ve 200°C'de 40 dk pişirilen dana eti ve koyun etine alüminyum geçişleri ile tavuk but eti ve tavuk göğüs etine alüminyum geçişleri arasında farklılık bulunmuştur ($p<0.01$) (Tablo 4.19.). Akıllı folyoda marinasyon C yöntemi ile 200°C'de 40 dk ve 250°C'de 20 dk pişirilen koyun eti alüminyum geçişleri açısından tavuk göğüs eti ile tavuk but etinden farklı, 200°C'de 40 dk pişirilen dana etlerine alüminyum geçişleri ise tavuk but etinden farklı bulunmuştur ($p<0.01$) (Tablo 4.19.).

Alüminyum folyoda marinasyon D yöntemi ile 150°C'de 60 dk pişirilen dana eti ile her sıcaklık derecelerinde koyun etine alüminyum geçişleri tavuk göğüs eti ile tavuk but etinden farklıdır ($p<0.01$) (Tablo 4.20.). Akıllı folyoda marinasyon D yöntemi ile her sıcaklık derecelerinde dana eti ve koyun but etine alüminyum geçişleri tavuk göğüs eti ile tavuk but etinden farklı bulunmuştur ($p<0.01$) (Tablo 4.20.).

Alüminyum folyo kullanılarak pişirilen etlerde alüminyum geçişleri araştırılmıştır. Bu çalışmada olduğu gibi etler marinasyon işlemi uygulanmadan sade olarak 150°C'de 60 dk, 200°C'de 40 dk ve 250°C'de 20 dk olacak şekilde fırınlanmıştır ($p<0.01$). Çalışmada bu çalışmadan farklı olarak kırmızı etler ve beyaz etler karşılaştırılmamıştır. Sonuç olarak, sığır eti ile koyun eti arasında alüminyum geçişleri açısından farklılık bulunmuştur. Fakat bu çalışmanın sonuçlarından farklı olarak alüminyum geçişleri koyun etinde daha fazla bulunmuştur. Tavuk but eti ile tavuk göğüs etinde alüminyum geçişleri arasında farklılık bulunmuştur. Tavuk etlerinde bulunan sonuçlar bu çalışma ile benzerlik göstermektedir (63).

Somon eti ile mezgıt etinin sade ve tuzlu alüminyum folyoda 150°C'de 40 dk pişirilmesi sonucunda alüminyum geçişleri açısından farklılık bulunmuştur ($p<0.01$). (Tablo 4.21.-4.22.). Mezgıt etinde alüminyum geçişleri somon etinden yüksektir. Marinasyon E yöntemi uygulanarak alüminyum folyoda 200°C'de 20 dk pişirilen mezgıt etinde alüminyum geçişleri somon etinden daha yüksektir ($p<0.01$). Aynı marinasyon yönteminde akıllı folyo ile pişirmede tüm sıcaklık derecelerinde alüminyum geçişleri açısından somon eti ile mezgıt eti arasında farklılık bulunmuştur

($p<0.05$) (Tablo 4.23.). Marinasyon F yönteminde ise akıllı folyoda tüm sıcaklık derecelerinde pişirilen somon eti ile mezigit eti arasında alüminyum geçişleri açısından farklılık vardır ($p<0.05$) (Tablo 4.24.). Bu konuda yapılan bir çalışmada yağlı, orta yağlı ve yağsız balıklar alüminyum folyoda sade ve sirke ile tuz eklenerek 200°C'de 20 dk fırınlanmıştır. Orta yağlı ve yağlı balıklarda alüminyum geçişleri yağsız balıklara göre daha yüksek bulunmuştur (17). Araştırmada mezigit etinde alüminyum geçişlerinin somon etine göre fazla olmasının nedeni somon dilimlerinin mezigit filetoya göre daha kalın olması ve mezigit filetonun folyolara olan maruziyet alanının somon dilimlerine göre daha fazla olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

5.6. Farklı Alüminyum Folyolarda Pişirilen Et Türlerine Göre Al Maruziyetinin Değerlendirilmesi

Bu araştırmanın sonuçlarına göre bireylerin haftalık alüminyum maruziyeti iki folyo cinsi ile fırınlanan tüm et türlerine uygulanan tüm sıcaklık-süre ve marinasyon uygulamalarında JECFA tarafından haftalık olarak belirlenen maksimum alım düzeyi olan 2 mg/kg'ın altında bulunmasına rağmen araştırmada belirlenen maruziyet değerleri oldukça önemlidir (Şekil 4.27.-4.46.). Araştırma sonuçlarına göre en yüksek alüminyum maruziyetinin kadın bireylerde 150°C'de 40 dk marinasyon E ve F yöntemi uygulanarak alüminyum folyoda pişirilen 250 g somon etinin tüketilmesi ile olduğu saptanmıştır (sırasıyla 1,228±0,0125 mg/kg/hafta ve 1,228±0,1631 mg/kg/hafta). En düşük alüminyum maruziyetinin ise erkek bireylerde 200°C'de 40 dk akıllı folyoda pişirilen sade tavuk göğüs etinde (0,006±0,0002 mg/kg/hafta) olduğu bulunmuştur (**EK-7**). Bu konuda yapılan farklı çalışmalarda, alüminyum folyoda pişirme ile bireylerin alüminyum maruziyeti hesaplanmıştır. Besinlere alüminyum geçişlerinin ve bu besinlerin tüketilmesi sonucunda oluşan maruziyetin belirlenen düzeylerin üzerinde olduğu bulunmuştur (14, 15, 21, 64, 177). Yapılan bir başka maruziyet çalışmasında alüminyum folyonun besinlerde pişirme amacıyla değil paketlenme veya ambalajlama amacıyla kullanılması gerektiği vurgulanmıştır (14). Alüminyum folyo ile yapılan pişirme işlemi sonucunda alüminyum maruziyetinin insan sağlığına zararlı etkilerinin olmadığını gösteren çalışmalarda ise önerilen maksimum maruziyet düzeyleri DSÖ'nün eski önerilerine göre yapıldığı için doğru karşılaştırma yapılamamaktadır (17, 63).

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Alüminyum ve akıllı folyolar kullanılarak farklı marinasyon işlemlerine tabi tutularak hazırlanan çeşitli et türlerinin farklı sıcaklık ve sürelerde fırınlanması sonucunda besinlere alüminyum geçişleri açısından aralarında farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla yürütülen bu araştırmadan elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir;

1. Araştırmada kullanılan çığ dana etinin protein içeriği %18.76±0.89, yağ içeriği %2.85±0.12 olarak bulunmuştur. Çığ koyun etinin protein içeriği %15.99±0.43, yağ içeriği %11.83±0.45 olarak saptanmıştır. Çığ tavuk göğüs etinin protein içeriği %20.94±0.67, yağ içeriği %0.63±0.04 ve tavuk but etinin protein içeriği %18.79±0.19, yağ içeriği ise %14.38±1.38'dir. Çığ somon etinin protein içeriği %17.85±0.87, yağ içeriği %18.06±0.56 ve çığ mezgit etinin protein içeriği %13.00±1.48, yağ içeriği %0.27±0.003 olarak saptanmıştır.
2. Araştırmada kullanılan dana etinin kül içeriği %1.03±0.04; koyun etinin kül içeriği %1.06±0.03; tavuk göğüs etinin kül içeriği %1.30±0.10 ve tavuk but etinin kül içeriği %0.96±0.02 olarak bulunmuştur. Somon etinin kül içeriği %1.23±0.08 ve mezgit etinin kül içeriği %1.24±0.06 olarak saptanmıştır.
3. Etlerin nem değerleri incelendiğinde dana etinin nem içeriği %54.58±7.68; koyun etinin nem içeriği %53.51±7.68; tavuk göğüs etinin nem içeriği %37.77±4.25 ve tavuk but etinin nem içeriği %32.96±6.64 olarak bulunmuştur. Araştırmada kullanılan somon etinin nem içeriği %41.21±2.23 ve mezgit etinin nem içeriği ise %66.93±2.64 olarak saptanmıştır.
4. Araştırmada kullanılan etlerin pH değerleri incelendiğinde dana etinin pH değerinin 5.75±0.01; koyun etinin pH değerinin 5.98±0.00; tavuk göğüs etinin pH değerinin 6.09±0.06; tavuk but etinin pH değerinin 6.70±0.00; somon etinin pH değerinin 6.34±0.01 ve mezgit etinin pH değerinin ise 6.76±0.01'dir.
5. Dana etinin 2.28±0.53 mg/kg YA, koyun etinin 35.9±4.18 mg/kg YA, tavuk göğüs etinin 0.65±0.11 mg/kg YA, tavuk but etinin 0.68±0.12

mg/kg YA, somon etinin 39.39 ± 4.35 mg/kg YA ve mezigit etinin ise 28.70 ± 5.98 mg/kg YA alüminyum içerdiği saptanmıştır.

6. Araştırmada kullanılan etlerin kuru ağırlık üzerinden alüminyum içerikleri incelendiğinde dana etinin 5.02 ± 0.57 mg/kg KA, koyun etinin 77.22 ± 4.53 mg/kg KA, tavuk göğüs etinin 1.04 ± 0.11 mg/kg KA ve tavuk but etinin ise 1.01 ± 0.13 mg/kg KA alüminyum içerdiği bulunmuştur. Somon etinin alüminyum içeriği 67.00 ± 4.45 mg/kg KA ve mezigit etinin alüminyum içeriği ise 86.79 ± 6.14 mg/kg KA olarak saptanmıştır.
7. Alüminyum geçiş yüzdeleri alüminyum folyoda sade pişirilen dana etinde $\%2.93 \pm 3.53$ - $\%9.70 \pm 5.30$; koyun etinde $\%4.01 \pm 2.93$ - $\%10.83$ - 2.51 ; tavuk göğüs etinde $\%17.69 \pm 5.79$ - $\%72.40 \pm 25.88$ ve tavuk but etinde ise $\%21.58 \pm 16.02$ - $\%87.92$ arasında değiştiği saptanmıştır. Alüminyum folyoda sade pişirilen balıklardaki alüminyum geçiş yüzdeleri ise somon etinde $\%13.93 \pm 2.24$ - $\%16.30 \pm 2.49$ ve mezigit etinde $\%13.29 \pm 0.62$ - $\%27.95 \pm 5.72$ arasında değişmektedir.
8. Akıllı folyoda sade pişirilen etlerde alüminyum geçiş yüzdeleri dana etinde $\%1.71 \pm 6.18$ - $\%8.37 \pm 3.14$; koyun etinde $\%1.49 \pm 1.61$ - $\%5.80 \pm 4.30$; tavuk göğüs etinde $\%14.42 \pm 2.40$ - $\%62.95 \pm 14.63$ ve tavuk but etinde $\%17.52 \pm 3.06$ - $\%86.24 \pm 3.89$ arasındadır. Balıklardaki alüminyum değişim yüzdeleri ise somon etinde $\%4.82 \pm 2.87$ - $\%10.11 \pm 4.09$ ve mezigit etinde $\%7.80 \pm 3.16$ - $\%13.02 \pm 12.44$ arasında değişmektedir.
9. Etlere farklı marinasyon yöntemlerinin uygulanması alüminyum geçiş yüzdelerini arttırmıştır. Dana etindeki en yüksek alüminyum geçiş yüzdesi alüminyum folyo ile 250°C 'de 20 dk marinasyon C yöntemi uygulanarak yapılan pişirmede ($\%467.18 \pm 102.07$) bulunmuştur. Koyun etindeki en yüksek alüminyum geçiş yüzdesi alüminyum folyoda 150°C 'de 60 dk marinasyon C yöntemi uygulanarak yapılan pişirmede ($\%21.35 \pm 9.62$) bulunmuştur. Tavuk göğüs etindeki en yüksek alüminyum geçiş yüzdesi alüminyum folyo ile 150°C 'de 60 dk marinasyon D yöntemi uygulanarak yapılan pişirmede ($\%912.76 \pm 312.52$), tavuk but etindeki en yüksek alüminyum geçiş

yüzdesi alüminyum folyo ile 250°C'de 20 dk marinasyon A yöntemi uygulanarak yapılan pişirmede (%1280.59±309.34) bulunmuştur. Somon etindeki en yüksek alüminyum geçiş yüzdesi alüminyum folyoda 150°C'de 40 dk marinasyon E yöntemi uygulanarak yapılan pişirmede (%30.14±1.32), mezgit etindeki en yüksek alüminyum geçiş yüzdesi alüminyum folyoda 150°C'de 40 dk marinasyon A yöntemi uygulanarak yapılan pişirmede (%40.42±11.89) belirlenmiştir.

10. Marinasyon yöntemi ayrımı yapılmadan farklı sıcaklık derecelerinde pişirilen et örneklerinde Al değişim yüzdeleri ile pH değerleri arasındaki ilişki değerlendirildiğinde, alüminyum folyoda 150°C'de 60 dk pişirilen dana ve koyun etinde Al değişim yüzdesi ile pH arasında negatif yönlü ilişki (sırasıyla $r=-0.439$ $p<0.01$, $r=-0.222$ $p<0.05$) saptanmıştır. Alüminyum folyoda 200°C'de 40 dk pişirilen dana etinde Al değişim yüzdesi ile pH arasında negatif yönlü ilişki ($r=-0.324$ $p<0.01$); 250°C'de 20 dk pişirilen dana, koyun ve tavuk but etinde Al değişim yüzdesi ile pH arasında negatif ilişki (sırasıyla $r=-0.536$ $p<0.01$, $r=-0.480$ $p<0.01$ ve $r=-0.480$ $p<0.01$) bulunmuştur.
11. Akıllı folyoda 150°C'de 60 dk pişirilen etlerde ise dana, koyun, tavuk göğüs ve tavuk but etinde Al değişim yüzdesi ile pH arasında negatif yönlü ilişki (sırasıyla $r=-0.548$ $p<0.01$, $r=-0.351$ $p<0.01$, $r=-0.641$ $p<0.01$ ve $r=-0.348$ $p<0.01$) bulunmuştur. Akıllı folyoda 200°C'de 40 dk pişirilen koyun, tavuk göğüs ve tavuk but etlerinde Al değişim yüzdesi ile pH arasında negatif yönlü ilişki (sırasıyla $r=-0.458$ $p<0.01$, $r=-0.270$ $p<0.05$, $r=-0.651$ $p<0.01$ ve $r=-0.267$ $p<0.05$); 250°C'de 20 dk pişirilen koyun, tavuk göğüs ve tavuk but etinde Al değişim yüzdesi ile pH arasında negatif yönlü ilişki (sırasıyla $r=-0.891$ $p<0.01$, $r=-0.251$ $p<0.05$, $r=-0.500$ $p<0.01$ ve $r=-0.497$ $p<0.01$) belirlenmiştir.
12. Balık etlerinde alüminyum değişim yüzdesi ile pH arasındaki ilişki incelendiğinde akıllı folyo kullanılarak pişirilen somon ve mezgit etinde negatif ilişki (sırasıyla $r=-0.323$ $p<0.05$ ve $r=-0.313$ $p<0.05$) saptanmıştır. Somon etinin hem alüminyum folyo hem de akıllı folyo kullanılarak 200°C'de 20 dk pişirilmesi sonucunda alüminyum değişim

yüzdesi ile pH arasında negatif ilişki (sırasıyla $r=-0.699$ $p<0.01$ ve $r=-0.564$ $p<0.01$) bulunmuştur. Mezgıt etinin akıllı folyoda 200°C 'de 20 dk pişirilmesi sonucunda alüminyum değişim yüzdesi ile pH arasında negatif ilişki ($r=-0.608$ $p<0.01$) saptanmıştır.

13. Et türlerine uygulanan farklı marinasyonlarda Al değişim yüzdesi ile sıcaklık arasındaki ilişki değerlendirildiğinde alüminyum folyo kullanılarak sade, marinasyon B ve C yöntemi uygulanarak pişirilen dana etinde pozitif yönlü ilişki (sırasıyla $r=0.556$ $p<0.01$, $r=0.363$ $p<0.05$ ve $r=0.485$ $p<0.01$); koyun etinde sade, tuzlu ve marinasyon A ile D yöntemi uygulanarak pişirilen etlerde negatif yönlü ilişki (sırasıyla $r=-0.785$ $p<0.01$, $r=-0.470$ $p<0.01$, $r=-0.382$ $p<0.05$ ve $r=-0.656$ $p<0.01$); marinasyon B yöntemi uygulanarak pişirilen etlerde pozitif yönlü ilişki ($r=0.424$ $p<0.01$); tavuk göğüs etleri incelendiğinde tuzlu pişirme ile marinasyon C ve D yöntemi uygulanarak pişirmede negatif yönlü ilişki (sırasıyla $r=-0.787$ $p<0.01$, $r=-0.620$ $p<0.01$ ve $r=-0.508$ $p<0.01$); tavuk but etinde marinasyon A yöntemi kullanılarak pişirilen pozitif ilişki ($r=0.751$ $p<0.01$); marinasyon D yönteminde ise negatif yönlü ilişki ($r=-0.407$ $p<0.01$) saptanmıştır.
14. Alüminyum folyoda pişirilen balıklar incelendiğinde marinasyon E yöntemi kullanılarak pişirilen somon etinde Al değişim yüzdesi ile sıcaklık arasında negatif yönlü ilişki ($r=-0.818$ $p<0.01$); mezgıt etinde ise sade, tuz ve marinasyon F yöntemi uygulanarak pişirilen etlerde negatif yönlü ilişki (sırasıyla $r=-0.868$ $p<0.01$, $r=-0.849$ $p<0.01$ ve $r=-0.404$ $p<0.05$) bulunmuştur.
15. Akıllı folyo kullanılarak pişirilen etlerde Al değişim yüzdesi ile sıcaklık arasındaki ilişki incelendiğinde; sade ve marinasyon B yöntemi uygulanarak pişirilen dana etinde pozitif yönlü ilişki (sırasıyla $r=0.406$ $p<0.01$, $r=0.358$ $p<0.05$); marinasyon A, ve D yöntemi uygulanarak pişirilen etlerde ise negatif yönlü ilişki (sırasıyla $r=-0.550$ $p<0.01$ ve $r=-0.315$ $p<0.05$); tavuk göğüs etinin sade ve marinasyon C yöntemi ile pişirilmesiyle pozitif ilişki (sırasıyla $r=0.616$ $p<0.01$ ve $r=0.406$ $p<0.01$), tuzlu ve marinasyon A ile C yöntemi uygulanarak pişirilmesiyle negatif

ilişki (sırasıyla $r=-0.817$ $p<0.01$, $r=-0.575$ $p<0.01$ ve $r=-0.451$ $p<0.01$); tavuk but etinin ise tuzlu ve marinasyon C yöntemi uygulanarak pişirilmesiyle negatif ilişki (sırasıyla $r=-0.717$ $p<0.01$ ve $r=-0.396$ $p<0.05$), marinasyon B yöntemi uygulanarak pişirilmesiyle pozitif ilişki ($r=0.433$ $p<0.01$) bulunmuştur.

16. Akıllı folyoda marinasyon E ve F yöntemi uygulanarak pişirilen somon etinde Al değişim yüzdesi ile sıcaklık arasında pozitif ilişki (sırasıyla $r=0.566$ $p<0.01$ ve $r=0.849$ $p<0.01$) belirlenmiştir.
17. Etlerde pişirme sıcaklığının arttığı durumlarda pişirme süreleri azaldığı için et türlerine uygulanan farklı marinasyonlarda Al değişim yüzdesi ile süre arasındaki ilişki değerlendirildiğinde alüminyum folyo ve akıllı folyo kullanımı ile belirlenen sonuçlar Al değişim yüzdesi ile sıcaklık arasındaki ilişkiden farklı bulunmuştur.
18. Alüminyum folyo kullanılarak sade, marinasyon B ve C yöntemi uygulanarak pişirilen dana etinde negatif yönlü ilişki (sırasıyla $r=-0.556$ $p<0.01$, $r=-0.363$ $p<0.05$ ve $r=-0.485$ $p<0.01$) saptanmıştır. Alüminyum folyoda pişirilen koyun etinde Al değişim yüzdesi ile süre arasındaki ilişki incelendiğinde marinasyon B yöntemi uygulanarak pişirilen etlerde negatif yönlü ilişki ($r=-0.424$ $p<0.01$) bulunmuştur. Alüminyum folyoda marinasyon A yöntemi kullanılarak pişirilen tavuk but etinde ise negatif ilişki ($r=-0.751$ $p<0.01$) saptanmıştır.
19. Alüminyum folyoda pişirilen balıklar incelendiğinde marinasyon E yöntemi kullanılarak pişirilen somon etinde Al değişim yüzdesi ile süre arasında pozitif yönlü ilişki ($r=0.818$ $p<0.01$); mezgit etinde ise sade, tuz ve marinasyon F yöntemi uygulanarak pişirilen etlerde pozitif yönlü ilişki (sırasıyla $r=0.868$ $p<0.01$, $r=0.849$ $p<0.01$ ve $r=0.404$ $p<0.05$) bulunmuştur.
20. Akıllı folyoda pişirilen etlerin Al değişim yüzdesi ile süre arasındaki ilişki incelendiğinde; sade ve marinasyon B yöntemi uygulanarak pişirilen dana etinde negatif yönlü ilişki (sırasıyla $r=-0.406$ $p<0.01$, $r=-0.358$ $p<0.05$) saptanmıştır. Akıllı folyoda pişirilen tavuk etlerinde Al değişim yüzdesi ile süre arasındaki ilişki incelendiğinde; tavuk göğüs

etinin sade ve marinasyon C yöntemi ile pişirilmesiyle negatif ilişki (sırasıyla $r=-0.616$ $p<0.01$ ve $r=-0.406$ $p<0.01$); tavuk but etinin ise marinasyon B yöntemi uygulanarak pişirilmesiyle negatif ilişki ($r=-0.433$ $p<0.01$) bulunmuştur.

21. Akıllı folyoda marinasyon E ve F yöntemi uygulanarak pişirilen somon etinde Al değişim yüzdesi ile süre arasında negatif ilişki (sırasıyla $r=-0.566$ $p<0.01$ ve $r=-0.849$ $p<0.01$) belirlenmiştir.
22. Marinasyon yöntemi ayırımı yapmadan alüminyum folyoda pişirilen dana etinde Al değişim yüzdesi ile süre ve pH arasında negatif ilişki (sırasıyla $r=-0.242$ $p<0.01$ ve $r=-0.283$ $p<0.01$), sıcaklık ile pozitif ilişki ($r=0.242$ $p<0.01$) bulunmuştur. Alüminyum folyoda pişirilen koyun etinde Al değişim yüzdesi ile sıcaklık ve pH arasında negatif ilişki (sırasıyla $r=-0.222$ $p<0.01$ ve $r=-0.234$ $p<0.01$), sıcaklık ile pozitif zayıf ilişki ($r=0.222$ $p<0.01$) saptanmıştır. Alüminyum folyoda pişirilen tavuk göğüs etinde Al değişim yüzdesi ile pH arasında pozitif yönlü ilişki ($r=0.131$ $p<0.05$) tavuk but etinde negatif yönlü ilişki ($r=-0.229$ $p<0.05$) bulunmuştur. Alüminyum folyoda pişirilen mezgit etinde Al değişim yüzdesi ile süre ve pH arasında pozitif ilişki (sırasıyla $r=0.529$ $p<0.01$ ve $r=0.463$ $p<0.01$), sıcaklık ile negatif ilişki ($r=-0.529$ $p<0.01$) belirlenmiştir. Akıllı folyo ile pişirilen balık etleri incelendiğinde ise sadece somon etinde Al değişim yüzdesi ile sıcaklık arasında pozitif ilişki ($r=0.462$ $p<0.01$), süre arasında ise negatif ilişki ($r=-0.462$ $p<0.01$) belirlenmiştir.
23. Akıllı folyoda pişirilen dana, koyun, tavuk göğüs, tavuk but ve mezgit etlerinde Al değişim yüzdesi ile pH arasında ise negatif ilişki (sırasıyla $r=-0.529$ $p<0.01$, $r=-0.301$ $p<0.01$, $r=-0.486$ $p<0.01$, $r=-0.317$ $p<0.01$ ve $r=-0.417$ $p<0.01$) bulunmuştur.
24. Alüminyum folyoda pişirilen tüm et türlerinde Al değişim yüzdesi ile süre arasında pozitif ilişki ($r=0.081$ $p<0.01$); akıllı folyo ile pişirilen etlerde ise Al değişim yüzdesi ile sıcaklık arasında pozitif ilişki ($r=0.099$ $p<0.01$) saptanmıştır.

25. Alüminyum folyo ve akıllı folyoda pişirilen etlerde Al değişim yüzdesi ile etin yağ içeriği arasında pozitif ilişki (sırasıyla $r=0.153$ $p<0.01$ ve $r=0.140$ $p<0.01$) belirlenmiştir.
26. Tüm marinasyon yöntemleride ve tüm sıcaklık-süre uygulamalarında alüminyum folyo ile akıllı folyoda pişirilen dana eti, koyun eti, tavuk göğüs eti ve tavuk but etleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.01$).
27. Alüminyum folyoda sade ve tuzlu olarak 150°C 40 dk pişirilen somon eti ve mezzgit eti arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.01$).
28. Marinasyon E yöntemi uygulanarak 150°C 40 dk akıllı folyoda pişirilen balık etleri arasında, 200°C 20 dk'da ise alüminyum folyo ve akıllı folyo kullanılarak pişirilen balık etleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.01$).
29. Marinasyon F yöntemi uygulanarak 200°C 20 dk akıllı folyoda pişirilen balık etlerinde anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.01$).
30. Araştırma sonucunda belirlenen alüminyum miktarları kullanılarak yetişkin bireylerin Türkiye'ye Özgü Beslenme Rehberi'ne göre et grubundan tüketilmesi önerilen miktarların 1 porsiyonunu et olarak (dana, koyun ve tavuk etleri için 100 g; balık etleri için 150 g) tüketmeleri ve araştırmada tüm etlerde kullanılan standart gramaj (250 g) miktarlarını tüketmeleri göz önünde bulundurulduğunda JECFA tarafından geçici tolere edilebilen haftalık alüminyum alımı olarak belirlenen 2 mg/kg olarak düzeyini aşmadıkları belirlenmiştir.

Öneriler

Alüminyum araç-gereçlerden besinlerin hazırlanması ve pişirilmesi süresince besinlere alüminyum geçişleri olduğu bilinmektedir. Araç-gereçlerden besinlere bu alüminyum geçişi özellikle domates, sirke, limon gibi asidik besinlerin kullanımı, alüminyum araç-gerece olan maruziyet süresinin ve pişirme sıcaklığının artması ile farklılık göstermektedir. Literatürde besinlere alüminyum folyodan alüminyum geçişleriyle ilgili çalışmalar olmasına rağmen bu araştırma alüminyum folyo ile akıllı folyonun karşılaştırıldığı ilk araştırmadır.

1. Pişirme işlemi süresince besinlere alüminyum geçişini minimum düzeye getirmek için alüminyum folyo ile asidik besinler kullanılmamalıdır. Marinasyon yapılan besinler alüminyum folyoya sarılarak bekletilmemelidir.
2. Folyoların etiketlerinde yazan üretici talimatları veya önerileri göz önüne alınarak alüminyum folyo ile yapılan pişirme işlemlerinde sıcaklık derecesi 215-220°C'yi geçmeyecek ve pişirme süresi besinin türüne ve miktarına göre en kısa sürede pişirilecek şekilde olmalıdır. Ayrıca bir tarafı yağlı kağıt diğer tarafı alüminyum folyo olan akıllı folyonun yağlı kağıt tarafı bariyer özelliği göstererek alüminyum folyo ile besinin direkt temasını önlemekte ve besine alüminyum geçişlerinin alüminyum folyoya göre az olmasını sağlamaktadır. Bu yüzden pişirme işlemlerinde alüminyum folyo yerine akıllı folyonun kullanılması hem alüminyum geçişlerini hem de alüminyuma maruziyet düzeylerini azaltacaktır.
3. Baharatlar besin hazırlama ve pişirmede çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Etlere marinasyon edilmesinde de baharatlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak baharatların yetiştirme koşullarına bağlı olarak alüminyum içerikleri de farklılık gösterebilmektedir. Ülkemizde bu konuya yönelik geniş kapsamlı araştırmalara gereksinim bulunmaktadır.
4. İçme suyunun temizlenmesi için alüminyum suya koagülan olarak eklenmekte ve suya filtrasyon işlemi uygulanmaktadır. Besin hazırlama ve pişirmede kullanılan suların alüminyum içeriklerinin belirlenen limitleri aşp/aşmadığı ilgili Bakanlık tarafından denetlenmeli ve suların alüminyum içerikleriyle ilgili araştırmalar yapılmalıdır.
5. Bu araştırmada belirlenen sonuçlara göre alüminyum maruziyeti insan sağlığını tehdit edecek seviyede olmasa da başta nörodejeneratif hastalıklar olmak üzere birçok hastalığın ortaya çıkmasında risk olarak kabul edilen alüminyum maruziyetinin uzun sürede insan sağlığını etkileyeceği düşünülmektedir. Besinlerden alüminyum maruziyetini minimum düzeye getirmek için besinlerin hazırlanması, pişirilmesi ve saklanması aşamalarında alüminyum içermeyen araç-gereçler, akıllı folyo veya yağlı kağıt kullanılmalıdır.

6. Alüminyum ile ilgili kısıtlamaların yer aldığı mevzuat olan Türk Gıda Kodeksi Gıda ile Temas Eden Madde ve Malzemeler Yönetmeliği alüminyum maruziyeti ile ilgili yapılan çalışmaların sonuçlarına göre akıllı folyoya yönelik bilgiler eklenerek güncellenmelidir.
7. Besinlerin alüminyum içeriklerini saptamaya yönelik yapılan çalışmalarda kullanılan deneysel yöntemlerde standart olmaması ve alüminyum miktarını ölçen cihazların farklı olması nedeniyle bu çalışmalarda bulunan alüminyum miktarları değişkenlik göstermektedir. Besinlerdeki alüminyum miktarını en doğru şekilde saptamak için standart yöntem geliştirilmelidir.

Besin hazırlama ve pişirme aşamalarında akıllı folyodan besine alüminyum geçişinde akıllı folyonun etkilerinin belirlenmesi için farklı besinlerde ve koşullarda yapılacak daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç vardır.

7. KAYNAKLAR

1. Müller M, Anke M, Illing-Günther H. Aluminium in foodstuffs. *Food Chemistry*. 1998;61(4):419-28.
2. Joshi SP, Toma RB, Medora N, O'Connor K. Detection of aluminium residue in sauces packaged in aluminium pouches. *Food Chemistry*. 2003;83(3):383-6.
3. Agency for Toxic Substances & Disease Registry. Public Health Statement: Aluminum. 2008.
4. Domingo JL. Reproductive and developmental toxicity of aluminum: a review. *Neurotoxicology and Teratology*. 1995;17(4):515-21.
5. Bansal VK, Bansal S. Nervous system disorders in dialysis patients. José B, José MF, editors. *Handbook of Clinical Neurology*. Elsevier; 2014.
6. Gura KM. Aluminum contamination in parenteral products. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*. 2014;17(6):551-7.
7. Wang Z, Wei X, Yang J, Suo J, Chen J, Liu X, et al. Chronic exposure to aluminum and risk of Alzheimer's disease: A meta-analysis. *Neuroscience Letters*. 2016;610:200-6.
8. Hall AR, Arnold CJ, Miller GG, Zello GA. Infant Parenteral Nutrition Remains a Significant Source for Aluminum Toxicity. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 2016.
9. World Health Organization. Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants. Geneva: 1986. Technical Report No 733.
10. World Health Organization. Evaluation of certain food additives and contaminants. Geneva: 1989. Technical Report 776.
11. World Health Organization. Safety evaluation of certain food additives. Geneva: 2007. Food Additive Series:58.
12. World Health Organization. Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Geneva: 2012.
13. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Türk Gıda Kodeksi, Gıda ile temas eden madde ve malzemeler yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik, Resmi Gazete: 16.08.2014 - 29090.
14. Bassioni G MF, Zubaidy EA, Kobrsi I. Risk assessment of using aluminum foil in food preparation. *International Journal of Electrochemical Science*. 2012;7:4498-509.
15. Al Juhaiman LA. Estimating Aluminum leaching from Aluminum cook wares in different meat extracts and milk. *Journal of Saudi Chemical Society*. 2010;14(1):131-7.
16. Odularu AT, Ajibade PA, Onianwa PC. Comparative Study of Leaching of Aluminium from Aluminium, Clay, Stainless Steel, and Steel Cooking Pots. *ISRN Public Health*. 2013;4.

17. Ranau R, Oehlenschläger J, Steinhart H. Aluminium levels of fish fillets baked and grilled in aluminium foil. *Food Chemistry*. 2001;73(1):1-6.
18. Ščančar J, Stibilj V, Milačič R. Determination of aluminium in Slovenian foodstuffs and its leachability from aluminium-cookware. *Food Chemistry*. 2004;85(1):151-7.
19. Karbouj R. Aluminium leaching using chelating agents as compositions of food. *Food and Chemical Toxicology*. 2007;45(9):1688-93.
20. Al Zubaidy EA, Mohammad FS, Bassioni G. Effect of pH, salinity and temperature on aluminum cookware leaching during food preparation. *International Journal of Electrochemical Science*. 2011;6:6424-41.
21. Ekanem E, Lori J, Okibe F, Shallangwa G, Anhwange B, Haliru M, et al. Determination of aluminium in different sources and its contribution to daily dietary intake in Nigeria. *Journal of Applied Sciences Research*. 2009;5(8):944-8.
22. Domingo JL. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. 2nd ed. Oxford: Academic Press; 2003. Aluminum (Aluminium) | Toxicology; p. 160-6.
23. Gad SC. *Encyclopedia of Toxicology*. 3rd ed. Oxford: Academic Press; 2014. Aluminum; p. 161-3.
24. Bondy SC. *Encyclopedia of Neuroscience*. Oxford: Academic Press; 2009. Aluminum; p. 253-7.
25. Crisponi G, Nurchi VM, Bertolasi V, Remelli M, Faa G. Chelating agents for human diseases related to aluminium overload. *Coordination Chemistry Reviews*. 2012;256(1–2):89-104.
26. Abramson MJ, Wlodarczyk JH, Saunders NA, Hensley MJ. Does Aluminum Smelting Cause Lung Disease? *American Review of Respiratory Disease*. 1989;139(4):1042-57.
27. Exley C. A biogeochemical cycle for aluminium? *Journal of Inorganic Biochemistry*. 2003;97(1):1-7.
28. Macdonald TL, Martin RB. Aluminum ion in biological systems. *Trends in Biochemical Sciences*. 1988;13(1):15-9.
29. Gupta RC. *Veterinary Toxicology*. 2nd ed. Boston: Academic Press; 2012. Chapter 30, Aluminum; p. 493-8.
30. Ramos CG, de Mello AG, Kautzmann RM. A preliminary study of acid volcanic rocks for stonemeal application. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management* 2014;1-2:30-5.
31. Soni MG, White SM, Flamm WG, Burdock GA. Safety Evaluation of Dietary Aluminum. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2001;33(1):66-79.
32. Krewski D, Yokel RA, Nieboer E, Borchelt D, Cohen J, Harry J, et al. Human health risk assessment for aluminium, aluminium oxide, and aluminium hydroxide. *Journal of Toxicology and Environmental Health*. 2007;10 Suppl 1:1-269.

33. Priest ND. Encyclopedia of Human Nutrition. 2nd ed. Oxford: Elsevier; 2005. Aluminum; p. 69-76.
34. Sjögren B, Iregren A, Montelius J, Yokel RA. Aluminum. Fowler BA, Nordberg M, editors. Handbook on the Toxicology of Metals. 4th ed. San Diego: Academic Press; 2015.
35. Yokel RA. Encyclopedia of Human Nutrition. 3rd ed. Waltham: Academic Press; 2013. Aluminum; p. 57-63.
36. Aronson, J.K. Meyler's Side Effects of Drugs: The International Encyclopedia of Adverse Drug Reactions and Interactions. 15th ed. Amsterdam: Elsevier; 2006. Aluminium; p. 97-105.
37. Glenny AT PC, Waddington H, Wallace V The antigenic value of toxoid precipitated by potassium-alum. Journal of Pathology and Bacteriology. 1926;29:38-45.
38. Lindblad EB. Aluminium adjuvants—in retrospect and prospect. Vaccine. 2004;22(27–28):3658-68.
39. Zhao Q, Sitrin R. Surface phosphophilicity of aluminum-containing adjuvants probed by their efficiency for catalyzing the P--O bond cleavage with chromogenic and fluorogenic substrates. Analytical Biochemistry. 2001;295(1):76-81.
40. Baylor NW, Egan W, Richman P. Aluminum salts in vaccines--US perspective. Vaccine. 2002;20 Suppl 3:S18-23.
41. Shaw CA, Li Y, Tomljenovic L. Administration of aluminium to neonatal mice in vaccine-relevant amounts is associated with adverse long term neurological outcomes. Journal of Inorganic Biochemistry. 2013;128:237-44.
42. Mitkus RJ, King DB, Hess MA, Forshee RA, Walderhaug MO. Updated aluminum pharmacokinetics following infant exposures through diet and vaccination. Vaccine. 2011;29(51):9538-43.
43. Flarend R, Bin T, Elmore D, Hem SL. A preliminary study of the dermal absorption of aluminium from antiperspirants using aluminium-26. Food and Chemical Toxicology. 2001;39(2):163-8.
44. American Pharmacy Association. Handbook of nonprescription drugs: an interactive approach to self-care. 17th ed. Krinsky DR, editor. Washington, D.C.2012.
45. Crisponi G, Fanni D, Gerosa C, Nemolato S, Nurchi VM, Crespo-Alonso M, et al. The meaning of aluminium exposure on human health and aluminium-related diseases. Biomolecular Concepts. 2013;4(1):77-87.
46. Yokel RA, McNamara PJ. Aluminium toxicokinetics: an updated minireview. Pharmacology & Toxicology. 2001;88(4):159-67.
47. Phelps KR, Naylor K, Brien TP, Wilbur H, Haqqie SS. Encephalopathy after bladder irrigation with alum: case report and literature review. The American Journal of the Medical Sciences. 1999;318(3):181-5.

48. Elmore AR. Final report on the safety assessment of aluminum silicate, calcium silicate, magnesium aluminum silicate, magnesium silicate, magnesium trisilicate, sodium magnesium silicate, zirconium silicate, attapulgite, bentonite, Fuller's earth, hectorite, kaolin, lithium magnesium silicate, lithium magnesium sodium silicate, montmorillonite, pyrophyllite, and zeolite. *International Journal of Toxicology*. 2003;22 Suppl 1:37-102.
49. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği. Resmi Gazete: 30.06.2013 - 28693.
50. Walton JR. Bioavailable Aluminum: Its Effects on Human Health. Nriagu JO, editor. *Encyclopedia of Environmental Health*. Burlington: Elsevier; 2011.
51. Crisponi G, Nurchi VM, Faa G, Remelli M. Human diseases related to aluminium overload. *Monatshefte für Chemie - Chemical Monthly*. 2011;142(4):331.
52. World Health Organization. Aluminium in drinking-water. Geneva: 2010.
53. Vargel C. *Food Industry* 1st ed. Oxford: Elsevier; 2004.
54. Matsumoto H. Cell biology of aluminum toxicity and tolerance in higher plants. *International Review of Cytology*. 2000;200:1-46.
55. Al-Ashmawy MA. Prevalence and public health significance of aluminum residues in milk and some dairy products. *Journal of Food Science*. 2011;76(3):T73-6.
56. Woodburn K, Walton R, McCrohan C, White K. Accumulation and toxicity of aluminium-contaminated food in the freshwater crayfish, *Pacifastacus leniusculus*. *Aquatic Toxicology*. 2011;105(3-4):535-42.
57. Jorhem L, Haeggglund G. Aluminium in foodstuffs and diets in Sweden. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung*. 1992;194(1):38-42.
58. Saiyed SM, Yokel RA. Aluminium content of some foods and food products in the USA, with aluminium food additives. *Food Additives and Contaminants*. 2005;22(3):234-44.
59. Fung KF, Carr HP, Poon BHT, Wong MH. A comparison of aluminum levels in tea products from Hong Kong markets and in varieties of tea plants from Hong Kong and India. *Chemosphere*. 2009;75(7):955-62.
60. Lopez FE, Cabrera C, Lorenzo ML, Lopez MC. Aluminum levels in convenience and fast foods: in vitro study of the absorbable fraction. *The Science of the Total Environment*. 2002;300(1-3):69-79.
61. Bratakos SM, Lazou AE, Bratakos MS, Lazos ES. Aluminium in food and daily dietary intake estimate in Greece. *Food additives & Contaminants*. 2012;5(1):33-44.
62. Aguilar F, Autrup H, Barlow S, Castle L, Crebelli R, Dekant W, et al. Safety of aluminium from dietary intake scientific opinion of the panel on food additives, flavourings, processing aids and food contact materials (AFC). *EFSA J*. 2008;754:1-34.

63. Turhan S. Aluminium contents in baked meats wrapped in aluminium foil. *Meat Science*. 2006;74(4):644-7.
64. Al Juhaiman LA. Estimating Aluminum Leaching into Meat Baked with Aluminum Foil Using Gravimetric and UV-Vis Spectrophotometric Method. *Food and Nutrition Sciences*. 2015;6(5):538.
65. Duggan JM, Dickeson JE, Tynan PF, Houghton A, Flynn JE. Aluminium beverage cans as a dietary source of aluminium. *The Medical Journal of Australia*. 1992;156(9):604-5.
66. Fernandez-Lorenzo JR, Cocho JA, Rey-Goldar ML, Couce M, Fraga JM. Aluminum contents of human milk, cow's milk, and infant formulas. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*. 1999;28(3):270-5.
67. Yumoto S, Nagai H, Matsuzaki H, Matsumura H, Tada W, Nagatsuma E, et al. Aluminium incorporation into the brain of rat fetuses and sucklings. *Brain Research Bulletin*. 2001;55(2):229-34.
68. Yokel RA, Rhineheimer SS, Brauer RD, Sharma P, Elmore D, McNamara PJ. Aluminum bioavailability from drinking water is very low and is not appreciably influenced by stomach contents or water hardness. *Toxicology*. 2001;161(1-2):93-101.
69. WHO/IPCS. Environmental Health Criteria 194, Aluminium. Geneva: 1997.
70. Nayak P. Aluminum: impacts and disease. *Environmental Research*. 2002;89(2):101-15.
71. Mitchell J, Manning GB, Molyneux M, Lane RE. Pulmonary Fibrosis in Workers Exposed to Finely Powdered Aluminium. *British Journal of Industrial Medicine*. 1961;18(1):10-20.
72. Letzel S, Schaller K, Angerer J, Drexler H, Weber A, Schmid K, et al. Biological monitoring of occupational aluminium powder exposure. *Occupational Hygiene*. 1996;3(4):271-80.
73. Zhou Y, Yokel RA. The chemical species of aluminum influences its paracellular flux across and uptake into Caco-2 cells, a model of gastrointestinal absorption. *Toxicological Sciences*. 2005;87(1):15-26.
74. Priest ND. The biological behaviour and bioavailability of aluminium in man, with special reference to studies employing aluminium-26 as a tracer: review and study update. *Journal of Environmental Monitoring*. 2004;6(5):375-403.
75. Yokel RA. The toxicology of aluminum in the brain: a review. *Neurotoxicology*. 2000;21(5):813-28.
76. Gitelman HJ, Alderman FR, Kurs-Lasky M, Rockette HE. Serum and urinary aluminium levels of workers in the aluminium industry. *The Annals of Occupational Hygiene*. 1995;39(2):181-91.
77. Jones KC, Bennett BG. Exposure of man to environmental aluminium--an exposure commitment assessment. *The Science of the Total Environment*. 1986;52(1-2):65-82.

78. Yumoto S, Nagai H, Kakimi S, Matsuzaki H. 26Al incorporation into the brain of rat fetuses through the placental barrier and subsequent metabolism in postnatal development. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*. 2010;268(7–8):1328-30.
79. European Food Safety A. Statement of EFSA on the Evaluation of a new study related to the bioavailability of aluminium in food. *EFSA Journal*. 2011;9(5):2157-n/a.
80. Hellström H-O, Mjöberg B, Mallmin H, Michaëlsson K. The aluminum content of bone increases with age, but is not higher in hip fracture cases with and without dementia compared to controls. *Osteoporosis International*. 2005;16(12):1982-8.
81. Teraoka H. Distribution of 24 elements in the internal organs of normal males and the metallic workers in Japan. *Archives of Environmental Health*. 1981;36(4):155-65.
82. Yokel RA, McNamara PJ. Aluminum bioavailability and disposition in adult and immature rabbits. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 1985;77(2):344-52.
83. Chan J, Jacob M, Brown S, Savory J, Wills M. Aluminum metabolism in rats: effects of vitamin D, dihydrotachysterol, 1, 25-dihydroxyvitamin D and phosphate binders. *Nephron*. 1988;48(1):61-4.
84. Yokel RA. Aluminum chelation principles and recent advances. *Coordination Chemistry Reviews*. 2002;228(2):97-113.
85. Yokel RA. Aluminum in food—the nature and contribution of food additives [Internet]. 2012 [Erişim Tarihi: 20.09.2016]. Erişim adresi: http://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1030&context=ps_fac_pub
86. Kawahara M, Kato-Negishi M. Link between Aluminum and the Pathogenesis of Alzheimer's Disease: The Integration of the Aluminum and Amyloid Cascade Hypotheses. *International Journal of Alzheimer's Disease*. 2011;2011:276393.
87. Exley C, Mamutse G, Korchazhkina O, Pye E, Strekopytov S, Polwart A, et al. Elevated urinary excretion of aluminium and iron in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis*. 2006;12(5):533-40.
88. Kawahara M. Effects of aluminum on the nervous system and its possible link with neurodegenerative diseases. *Journal of Alzheimer's disease*. 2005;8(2):171-82; discussion 209-15.
89. Laabdar W, Elgot A, Gamrani H. The protective effect of curcumin on dopaminergic system after chronic aluminium intoxication: Possible link with Parkinson's disease. *Parkinsonism & Related Disorders*. 2016;22, Supplement 2:e188.

90. Murphy CP, Cox RL, Harden EA, Stevens DA, Heye MM, Herzig RH. Encephalopathy and seizures induced by intravesical alum irrigations. *Bone Marrow Transplantation*. 1992;10(4):383-5.
91. Bakir AA, Hryhorczuk DO, Ahmed S, Hessel SM, Levy PS, Spengler R, et al. Hyperaluminemia in renal failure: the influence of age and citrate intake. *Clinical Nephrology*. 1989;31(1):40-4.
92. Hewitt CD, Poole CL, Westervelt FB, Jr., Savory J, Wills MR. Risks of simultaneous therapy with oral aluminium and citrate compounds. *Lancet*. 1988;2(8615):849.
93. Alfrey AC, LeGendre GR, Kaehny WD. The Dialysis Encephalopathy Syndrome. *New England Journal of Medicine*. 1976;294(4):184-8.
94. Nieboer E, Gibson BL, Oxman AD, Kramer JR. Health effects of aluminum: a critical review with emphasis on aluminum in drinking water. *Environmental Reviews*. 1995;3(1):29-81.
95. Centers for Disease Control and Prevention. Elevated Serum Aluminum Levels in Hemodialysis Patients Associated with Use of Electric Pumps. Wyoming, 2007.
96. Cummings JL, Cole G. Alzheimer disease. *Journal of the American Medical Association*. 2002;287(18):2335-8.
97. Pedersen NL. Reaching the limits of genome-wide significance in Alzheimer disease: Back to the environment. *Journal of the American Medical Association*. 2010;303(18):1864-5.
98. Gupta VB, Anitha S, Hegde ML, Zecca L, Garruto RM, Ravid R, et al. Aluminium in Alzheimer's disease: are we still at a crossroad? *Cellular and Molecular Life Sciences*. 2005;62(2):143-58.
99. Ferreira PC, Piai Kde A, Takayanagui AM, Segura-Munoz SI. Aluminum as a risk factor for Alzheimer's disease. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*. 2008;16(1):151-7.
100. Klatzo I, Wisniewski H, Streicher E. Experimental production of neurofibrillary degeneration. I. Light microscopic observations. *Journal of Neuropathology and Experimental Neurology*. 1965;24:187-99.
101. Crapper DR, Krishnan SS, Dalton AJ. Brain aluminum distribution in Alzheimer's disease and experimental neurofibrillary degeneration. *Science*. 1973;180(4085):511-3.
102. Martyn CN, Barker DJ, Osmond C, Harris EC, Edwardson JA, Lacey RF. Geographical relation between Alzheimer's disease and aluminum in drinking water. *Lancet*. 1989;1(8629):59-62.
103. Exley C. The aluminium-amyloid cascade hypothesis and Alzheimer's disease. *Sub-cellular Biochemistry*. 2005;38:225-34.
104. Rodella L, Ricci F, Borsani E, Stacchiotti A, Foglio E, Favero G, et al. Aluminium exposure induces Alzheimer's disease-like histopathological alterations in mouse brain. *Histology and Histopathology*. 2008;23(4):433-9.

105. Walton JR, Wang MX. APP expression, distribution and accumulation are altered by aluminum in a rodent model for Alzheimer's disease. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 2009;103(11):1548-54.
106. Yumoto S, Kakimi S, Ohsaki A, Ishikawa A. Demonstration of aluminum in amyloid fibers in the cores of senile plaques in the brains of patients with Alzheimer's disease. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 2009;103(11):1579-84.
107. Bondy SC. Prolonged exposure to low levels of aluminum leads to changes associated with brain aging and neurodegeneration. *Toxicology*. 2014;315:1-7.
108. Walton JR. Aluminum involvement in the progression of Alzheimer's disease. *Journal of Alzheimer's Disease : JAD*. 2013;35(1):7-43.
109. Bhattacharjee S, Zhao Y, Hill JM, Percy ME, Lukiw WJ. Aluminum and its potential contribution to Alzheimer's disease (AD). *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2014;6:62.
110. Pratico D, Uryu K, Sung S, Tang S, Trojanowski JQ, Lee VM. Aluminum modulates brain amyloidosis through oxidative stress in APP transgenic mice. *FASEB Journal*. 2002;16(9):1138-40.
111. Bharathi V, Vasudevaraju P, Govindaraju M, Palanisamy AP, Sambamurti K, Rao KS. Molecular toxicity of aluminium in relation to neurodegeneration. *The Indian Journal of Medical Research*. 2008;128(4):545-56.
112. Zhang QL, Jia L, Jiao X, Guo WL, Ji JW, Yang HL, et al. APP/PS1 transgenic mice treated with aluminum: an update of Alzheimer's disease model. *International Journal of Immunopathology and Pharmacology*. 2012;25(1):49-58.
113. Alexandrov PN, Zhao Y, Jones BM, Bhattacharjee S, Lukiw WJ. Expression of the phagocytosis-essential protein TREM2 is down-regulated by an aluminum-induced miRNA-34a in a murine microglial cell line. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 2013;128:267-9.
114. Lukiw WJ, Pogue AI. Induction of specific micro RNA (miRNA) species by ROS-generating metal sulfates in primary human brain cells. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 2007;101(9):1265-9.
115. Pogue AI, Jones BM, Bhattacharjee S, Percy ME, Zhao Y, Lukiw WJ. Metal-sulfate induced generation of ROS in human brain cells: detection using an isomeric mixture of 5- and 6-carboxy-2',7'-dichlorofluorescein diacetate (carboxy-DCFDA) as a cell permeant tracer. *International Journal of Molecular Sciences*. 2012;13(8):9615-26.
116. Bhattacharjee S, Zhao Y, Hill JM, Culicchia F, Kruck TPA, Percy ME, et al. Selective accumulation of aluminum in cerebral arteries in Alzheimer's disease (AD). *Journal of Inorganic Biochemistry*. 2013;126:35-7.
117. Flaten TP. Aluminium as a risk factor in Alzheimer's disease, with emphasis on drinking water. *Brain Research Bulletin*. 2001;55(2):187-96.

118. Frisardi V, Solfrizzi V, Capurso C, Kehoe PG, Imbimbo BP, Santamato A, et al. Aluminum in the diet and Alzheimer's disease: from current epidemiology to possible disease-modifying treatment. *Journal of Alzheimer's Disease*. 2010;20(1):17-30.
119. McLachlan DRC, Kruck TPA, Kalow W, Andrews DF, Dalton AJ, Bell MY, et al. Intramuscular desferrioxamine in patients with Alzheimer's disease. *The Lancet*. 1991;337(8753):1304-8.
120. Percy ME, Kruck TP, Pogue AI, Lukiw WJ. Towards the prevention of potential aluminum toxic effects and an effective treatment for Alzheimer's disease. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 2011;105(11):1505-12.
121. Israeli E. Gulf War syndrome as a part of the autoimmune (autoinflammatory) syndrome induced by adjuvant (ASIA). *Lupus*. 2012;21(2):190-4.
122. Shaw CA, Petrik MS. Aluminum hydroxide injections lead to motor deficits and motor neuron degeneration. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 2009;103(11):1555-62.
123. Petrik MS, Wong MC, Tabata RC, Garry RF, Shaw CA. Aluminum adjuvant linked to Gulf War illness induces motor neuron death in mice. *Neuromolecular Medicine*. 2007;9(1):83-100.
124. Jeffery EH, Abreo K, Burgess E, Cannata J, Greger JL. Systemic aluminum toxicity: effects on bone, hematopoietic tissue, and kidney. *Journal of Toxicology and Environmental Health*. 1996;48(6):649-65.
125. Ott SM, Maloney NA, Klein GL, et al. ALuminum is associated with low bone formation in patients receiving chronic parenteral nutrition. *Annals of Internal Medicine*. 1983;98(6):910-4.
126. Torres A, Lorenzo V, Hernandez D, Rodriguez JC, Concepcion MT, Rodriguez AP, et al. Bone disease in predialysis, hemodialysis, and CAPD patients: evidence of a better bone response to PTH. *Kidney International*. 1995;47(5):1434-42.
127. Smans KA, D'Haese PC, Van Landeghem GF, Andries LJ, Lamberts LV, Hendy GN, et al. Transferrin-mediated uptake of aluminium by human parathyroid cells results in reduced parathyroid hormone secretion. *Nephrology, dialysis, transplantation : official publication of the European Dialysis and Transplant Association - European Renal Association*. 2000;15(9):1328-36.
128. Burgoyne RD, Morgan A. Regulated exocytosis. *The Biochemical Journal*. 1993;293 (Pt 2):305-16.
129. Lacson AG, D'Cruz CA, Gilbert-Barness E, Sharer L, Jacinto S, Cuenca R. Aluminum phagocytosis in quadriceps muscle following vaccination in children: relationship to macrophagic myofasciitis. *Pediatric and developmental pathology : the official journal of the Society for Pediatric Pathology and the Paediatric Pathology Society*. 2002;5(2):151-8.

130. Woodson GC. An interesting case of osteomalacia due to antacid use associated with stainable bone aluminum in a patient with normal renal function. *Bone*. 1998;22(6):695-8.
131. Nicholas JC, Dawes PT, Davies SJ, Freemont AJ. Persisting aluminium-related bone disease after cadaveric renal transplantation. *Nephrology, dialysis, transplantation: official publication of the European Dialysis and Transplant Association - European Renal Association*. 1999;14(1):202-4.
132. Zhu Y, Li Y, Miao L, Wang Y, Liu Y, Yan X, et al. Immunotoxicity of aluminum. *Chemosphere*. 2014;104:1-6.
133. Peters T, Hani N, Kirchberg K, Gold H, Hunzelmann N, Scharffetter-Kochanek K. Occupational contact sensitivity to aluminium in a machine construction plant worker. *Contact Dermatitis*. 1998;39(6):322-3.
134. Thériault GP, Tremblay CG, Armstrong BG. Risk of ischemic heart disease among primary aluminum production workers. *American Journal of Industrial Medicine*. 1988;13(6):659-66.
135. Sjogren B. Occupational exposure to air pollutants, inflammation and ischemic heart disease. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 2004;30(6):421-3.
136. Theriault G, Tremblay C, Cordier S, Gingras S. Bladder cancer in the aluminium industry. *Lancet*. 1984;1(8383):947-50.
137. Rönneberg A, Langmark F. Epidemiologic evidence of cancer in aluminum reduction plant workers. *American Journal of Industrial Medicine*. 1992;22(4):573-90.
138. International Agency For Research on Cancer. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Overall Evaluations of Carcinogenicity: An Updating of IARC Monographs. 1987.
139. Darbre PD. Aluminium, antiperspirants and breast cancer. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 2005;99(9):1912-9.
140. Darbre PD, Mannello F, Exley C. Aluminium and breast cancer: Sources of exposure, tissue measurements and mechanisms of toxicological actions on breast biology. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 2013;128:257-61.
141. McGrath KG. Apocrine sweat gland obstruction by antiperspirants allowing transdermal absorption of cutaneous generated hormones and pheromones as a link to the observed incidence rates of breast and prostate cancer in the 20th century. *Medical Hypotheses*. 2009;72(6):665-74.
142. Darbre PD, Pugazhendhi D, Mannello F. Aluminium and human breast diseases. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 2011;105(11):1484-8.
143. The Aluminum Association. *Aluminum Foil Manual*. 2004.
144. Keles O, Dundar M. Aluminum foil: Its typical quality problems and their causes. *Journal of Materials Processing Technology*. 2007;186(1-3):125-37.

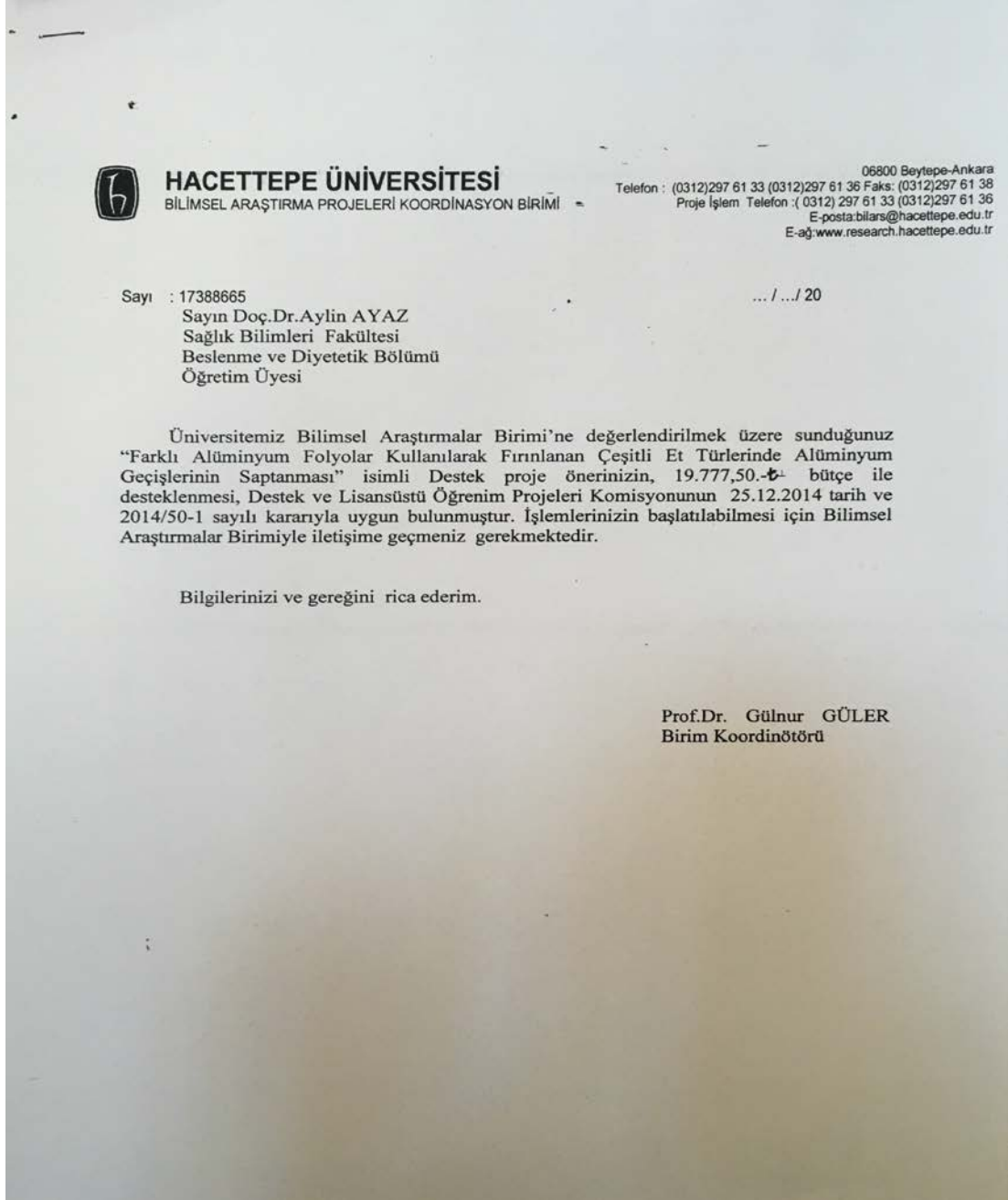
145. Lamberti M, Escher F. Aluminium Foil as a Food Packaging Material in Comparison with Other Materials. *Food Reviews International*. 2007;23(4):407-33.
146. Boaventura GR, Dórea JG. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. 2nd ed. Oxford: Academic Press; 2003. Aluminum (Aluminium) | Properties and Determination. p. 156-9.
147. *The Packaging Metals: Aluminium and Tin. Metal Contamination of Food*: Blackwell Science Ltd; 2007. p. 115-36.
148. Merdol TK. *Standart Yemek Tarifeleri*. 3. baskı. Ankara; Hatiboğlu Yayınevi; 2003.
149. Vural H, Öztan A. *Et ve ürünleri kalite kontrol laboratuvarı uygulama klavuzu*. Yayın no:36. Ankara; H.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayınları; 1996.
150. AOAC. *Official methods of analysis of AOAC International*. Rockville, 2016.
151. CEM Application Note for Acid Digestion [Internet]. [Erişim tarihi: 20.09.2016]. Erişim adresi: www.cem.com
152. CEM Mars Mikrodalga Kullanma Klavuzu Internet]. [Erişim tarihi: 20.09.2016]. Erişim adresi: www.cem.com
153. Türkiye Sağlık Bakanlığı. *Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması 2010: Beslenme Durumu ve Alışkanlıklarının Değerlendirilmesi Sonuç Raporu*. Ankara, Sağlık Bakanlığı Sağlık Araştırmaları Genel Müdürlüğü. 2014.
154. Besler HT, Ayaz A, Büyüktuncer Demirel Z, Gökmen Özel H, Samur G. *Türkiye'ye Özgü Besin ve Beslenme Rehberi*. Ankara: 2015.
155. Hayran M, Hayran M. MH. *Sağlık Araştırmaları İçin Temel İstatistik*. 1. baskı. Ankara: Omega Araştırma; 2011.
156. Mbabazi J, Droti J, Ssekaalo H, Tiwangye J. Variations in leaching of aluminium into human food from different types of African cookware. *International Journal of Environmental Studies*. 2011;68(6):873-81.
157. Paul Finglas MR, Hannah Pinchen, Rachel Berry, Susan Church, Sakhi Dodhia, Melanie Farron-Wilson, Gillian Swan. McCance and Widdowson's *The Composition of Foods*. 7th summary ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry; 2015.
158. Tume RK. *Encyclopedia of Meat Sciences*. 2nd ed. Oxford: Academic Press; 2014. Human nutrition | Macronutrients in Meat; p. 111-7.
159. Pereira PM, Vicente AF. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science*. 2013;93(3):586-92.
160. Koral S, Kose S, Tufan B. The effect of storage temperature on the chemical and sensorial quality of hot smoked Atlantic Bonito (*Sarda sarda*, Bloch, 1838) packed in aluminium foil. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2010;10(4):439-43.
161. Miller RK. *Encyclopedia of Meat Sciences*. 2nd ed. Oxford: Academic Press; 2014. Chemical and physical characteristics of meat | Palatability; p. 252-61.

162. Honikel KO. Encyclopedia of Meat Sciences. 2nd ed. Oxford: Academic Press; 2014. Chemical and physical characteristics of meat | pH Measurement; p. 262-6.
163. Devine CE, Graafhuis AE, Muir PD, Chrystall BB. The effect of growth rate and ultimate pH on meat quality of lambs. *Meat Science*. 1993;35(1):63-77.
164. Olafsdottir G, Lauzon HL, Martinsdottir E, Kristbergsson K. Influence of storage temperature on microbial spoilage characteristics of haddock fillets (*Melanogrammus aeglefinus*) evaluated by multivariate quality prediction. *International Journal of Food Microbiology*. 2006;111(2):112-25.
165. Chen MY, Chan BT, Lam CH, Chung SW, Ho YY, Xiao Y. Dietary exposures to eight metallic contaminants of the Hong Kong adult population from a total diet study. *Food Additives & Contaminants*. 2014;31(9):1539-49.
166. Fekete V, Vandevijvere S, Bolle F, Van Loco J. Estimation of dietary aluminum exposure of the Belgian adult population: evaluation of contribution of food and kitchenware. *Food and Chemical Toxicology*. 2013;55:602-8.
167. Jiang Q, Wang J, Li M, Liang X, Dai G, Hu Z, et al. Dietary exposure to aluminium of urban residents from cities in South China. *Food additives & Contaminants*. 2013;30(4):698-704.
168. Semwal AD, Khan MA, Sharma GK, Bawa AS. Leaching of aluminium from utensils during cooking of food. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2006;86:2425-30.
169. Sera Alüminyum Folyo. [Internet]. [Erişim tarihi: 17.01.2017]. Erişim adresi: http://www.serastrec.com/urun-gruplarimiz/1003/pisirme_grubu.aspx.
170. Rajwanshi P, Singh V, Gupta M, Shrivastav R, Subramanian V, Prakash S, et al. Aluminum leaching from surrogate aluminum food containers under different pH and fluoride concentration. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 1999;63(2):271-6.
171. Veríssimo MIS, Oliveira JABP, Gomes MTSR. Leaching of aluminium from cooking pans and food containers. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 2006;118(1-2):192-7.
172. Mohammad F, Al Zubaidy E, Bassioni G. Effect of aluminum leaching process of cooking wares on food. *International Journal of Electrochemical Science*. 2011;6:222-30.
173. Fimreite N, Hansen OO, Pettersen HC. Aluminum concentrations in selected foods prepared in aluminum cookware, and its implications for human health. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 1997;58(1):1-7.
174. Neelam, Bamji MS, Kaladhar M. Risk of increased aluminium burden in the Indian population: contribution from aluminium cookware. *Food Chemistry*. 2000;70(1):57-61.
175. Rajwanshi P, Singh V, Gupta M, Dass S. Leaching of aluminium from cookwares--a review. *Environmental Geochemistry and Health*. 1997;19(1).

176. Greger J, Goetz W, Sullivan D. Aluminum levels in foods cooked and stored in aluminum pans, trays and foil. *Journal of Food Protection*. 1985;48(9):772-7.
177. Al Juhaiman LA. Estimating aluminum leaching from aluminum cookware in different vegetable extracts. *International Journal of Electrochemical Science*. 2012;7:7283-94.

8. EKLER

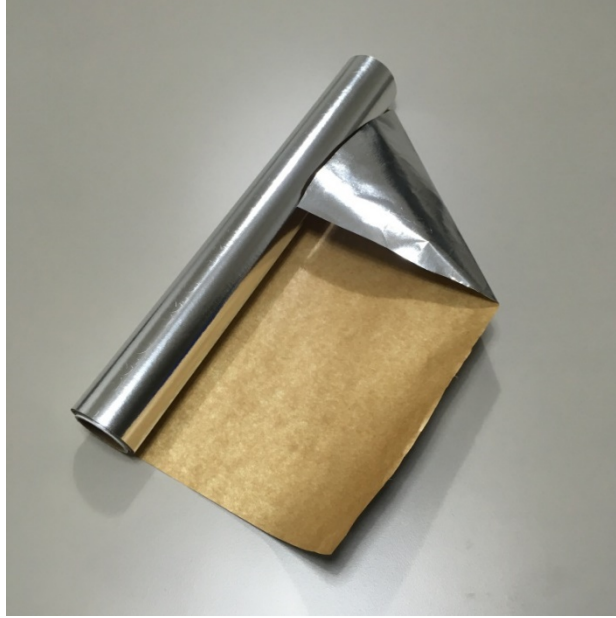
EK 1. Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Kararı



EK 2. Araştırmada Kullanılan Alüminyum Folyo ve Akıllı Folyonun Fotoğrafları




Şekil. Alüminyum Folyo



Şekil. Akıllı Folyo

EK 3. Alüminyum Folyo ve Akıllı Folyo Analiz Sonuçları

		
ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ MERKEZ LABORATUVARI AR-GE EĞİTİM VE ÖLÇME MERKEZİ <small>Üniversiteler Mah. Dumlupınar Bld. No:1, 06800 Çankaya Ankara/TÜRKİYE Tel: +90 312 210 6421 Fax: +90 312 210 6425 e-posta:merlab@metu.edu.tr http://www.merlab.odtu.edu.tr</small>		
DENEY RAPORU ANALYSIS REPORT		
Müşterinin Adı/Adresi Customer name/address	Elif İnan / Hacettepe Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü	
Evrak Kayıt No Record No	14303	
Numune Bilgileri Name and identity of sample	Alüminyum Folyo	
Numunenin Kabul Tarihi The date of the receipt of sample	16/04/2015	
Laboratuvar Adı Name of laboratory	KAL	
Deney Metodu Analysis method	X-ışını Floresans Spektrometresi	
Deneyin Yapıldığı Tarih Date of analysis	16/04/2015	
Açıklamalar Remarks	2 adet örnek herhangi bir örnek hazırlaması yapılmadan analiz edildi. Analiz yarı niceliksel olarak gerçekleştirildi. Sonuçlar metal formunda ekteedir.	
Raporun Sayfa Sayısı Number of pages of the report	1	
Ekler (ve sayfa sayıları) Attachments (and their page numbers)	8 sayfa cihaz çıktısı	
<p>ODTÜ Merkez Laboratuvarı AR-GE Eğitim ve Ölçme Merkezi'ne gönderilen numune(ler) üzerinde istenilen deneyler yapılmıştır. Deney ve/veya ölçüm sonuçları ve genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri (olması halinde) bu raporun takip eden sayfalarında verilmektedir.</p> <p>The requested analyse(s) were performed on the sample(s) sent to the METU Central Laboratory R&D Training and Measurement Center. The test and/or measurement results and the uncertainties (if applicable) with confidence level are given on the following pages which are a part of this report.</p>		
Tarih Date	Deney Sorumlusu Person in charge of test	MERLAB Müdürü Head of MERLAB
16/04/2015	Salih Kaan Kırdeciler	A.

Bu rapor, MERLAB'ın yazılı izni olmadan kısmen de olsa kopyalanıp çoğaltılamaz. Sonuçlar sadece deneyi yapılan numuneye aittir. İmzasız raporlar geçersizdir. This report can not be partially copied or reproduced without official permission of MERLAB. The results only belong to the analysed sample. The reports without signature are unvalid.

FRM-NKB-03Rev.No/Tarih: 00/-

1/1

Peak Identification Result

Sample : 14303-1Al.Folyo

Measured date : 2015- 4-16 15:52

Application : EZS003MSV

File : 14303-1Al.Folyo

Spectrum	No.	Peak position (deg)	Peak int. (kcps)	BG int. (kcps)	Element line
Heavy	1	15.573	0.234	0.257	Rh-KB1
	2	16.416	0.389	0.280	Rh-KB1-Compton
	3	17.559	1.793	0.327	Rh-KA
	4	18.460	1.684	0.390	Rh-KA-Compton
	5	37.518	0.162	0.127	Zn-KB1
	6	38.961	0.215	0.140	Ga-KA
	7	41.780	0.581	0.088	Zn-KA
	8	48.643	0.111	0.048	Ni-KA
	9	51.753	1.731	0.079	Fe-KB1
	10	56.655	0.233	0.081	Mn-KB1
	11	57.515	8.975	0.038	Fe-KA
	12	62.977	1.535	0.029	Mn-KA
Ca-KA	1	114.618	0.024	0.009	
K -KA	1	133.848	0.037	0.006	
	2	137.792	0.034	0.006	
Cl-KA	1	92.936	0.010	0.001	Cl-KA
P -KA	1	139.956	0.012	0.018	
Si-KA	1	109.047	0.163	0.005	Si-KA
Al-KA	1	142.463	31.731	10.655	Al-SKA3
	2	144.850	481.799	3.766	Al-KA
Na-KA	1	47.635	0.004	0.027	Zn-LA

2015-4-16 16:08

XRF Analysis

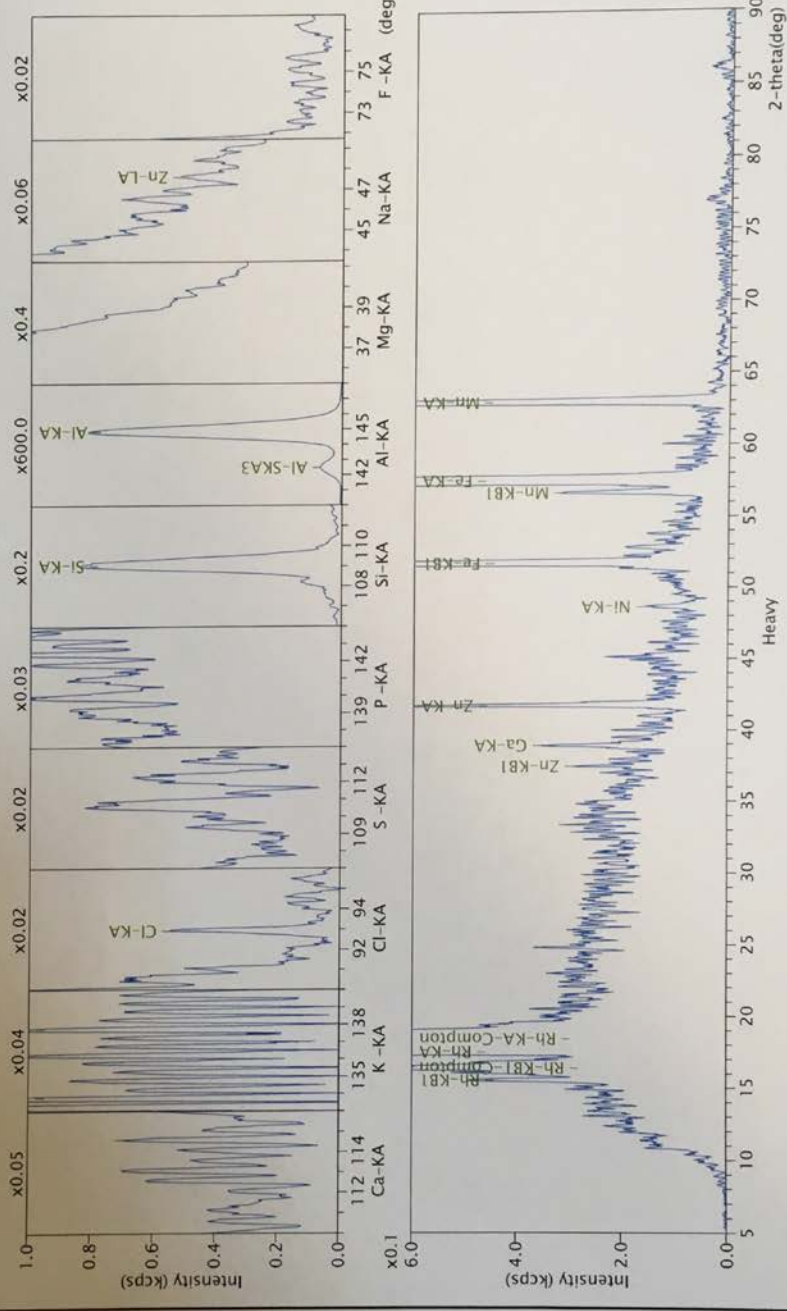
Qualitative Analysis Chart

Rigaku

Sample 14303-1A1.Folyo

File name 14303-1A1.Folyo

2015-4-16 15:52



SQX Calculation Result

Sample : 14303-1Al.Folyo Date analyzed : 2015- 4-16 15:52
Application : EZS003MSV Model : Bulk Balance :
Matching library:
File : 14303-1Al.Folyo

No.	Component	Result	Unit	Det.limit	El.line	Intensity	w/o normal
1	Al	98.0	wt%	0.03572	Al-KA	481.7994	100.0897
2	Fe	1.40	wt%	0.00594	Fe-KA	8.9754	1.4262
3	Mn	0.380	wt%	0.00745	Mn-KA	1.5347	0.3884
4	Si	0.144	wt%	0.00655	Si-KA	0.1626	0.1467
5	Zn	0.0318	wt%	0.00314	Zn-KA	0.5807	0.0325

Material Judgement Result

Sample : 14303-1Al.Folyo

Date analyzed : 2015- 4-16 15:52

Application : EZS003MSV

File : 14303-1Al.Folyo

No.	Matching	Standard	Category	Material type
1	99.08	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 3105 P
2	99.08	ASTM	Aluminium and aluminum alloys	3105
3	98.66	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 3203 P
4	98.66	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 3203 TE
5	98.66	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 3203 TD
6	98.66	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 3203 S
7	98.61	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 3003 P
8	98.61	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 3003 BE
9	98.61	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 3003 BD
10	98.61	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 3003 W
11	98.61	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 3003 TE
12	98.61	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 3003 TD
13	98.61	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 3003 S
14	98.61	ASTM	Aluminium and aluminum alloys	3003
15	98.60	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 5005 P
16	98.60	ASTM	Aluminium and aluminum alloys	5005
17	98.46	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 3005 P
18	98.46	ASTM	Aluminium and aluminum alloys	3005
19	98.45	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 5 N 01 P
20	98.35	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 6151 FD

Peak Identification Result

Sample : 14303-2AkılıF Measured date : 2015- 4-16 16:30
 Application : EZS003MSV File : 14303-2AkılıF

Spectrum	No.	Peak position (deg)	Peak int. (kcps)	BG int. (kcps)	Element line
Heavy	1	16.155	0.124	0.072	Ag-KA
	2	16.559	0.136	0.076	Rh-KB1-Compton
	3	17.572	0.390	0.106	Rh-KA
	4	18.343	0.575	0.138	Rh-KA-Compton
	5	37.584	1.184	0.051	Zn-KB1
	6	41.666	2.900	0.036	Zn-KA
	7	42.004	0.773	0.034	
	8	51.739	0.422	0.037	Fe-KB1
	9	57.522	2.264	0.038	Fe-KA
Ca-KA	1	113.111	0.037	0.019	Ca-KA
K -KA	1	136.997	0.019	0.006	K -KA
P -KA	1	141.151	0.015	0.020	P -KA
Si-KA	1	109.037	0.161	0.005	Si-KA
Al-KA	1	142.459	31.694	10.720	Al-SKA3
	2	144.850	492.538	3.986	Al-KA
Mg-KA	1	39.658	0.008	0.192	

2015-4-16 16:46

Rigaku

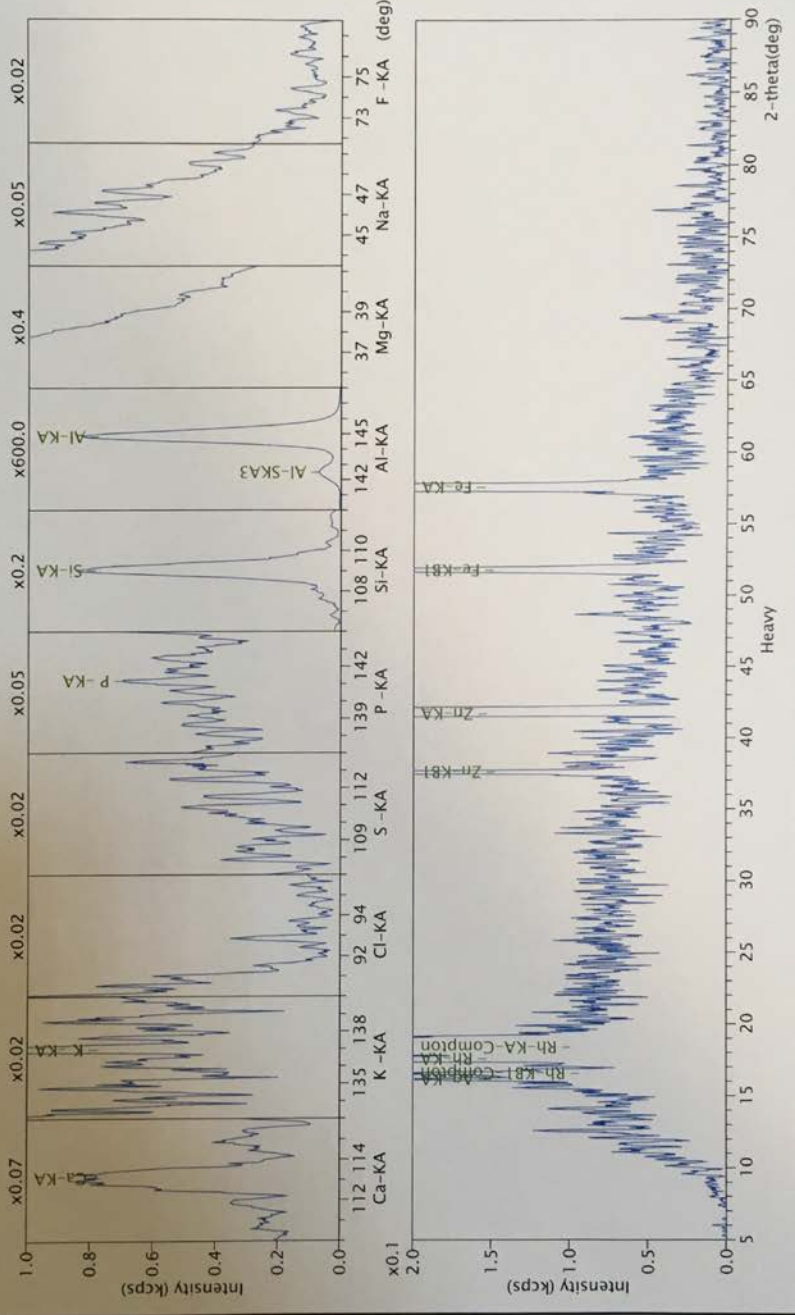
Qualitative Analysis Chart

XRF Analysis

File name 14303-2Ak111F

Sample 14303-2Ak111F

2015-4-16 16:30



Rigaku

SQX Calculation Result

Sample : 14303-2AkılıF Date analyzed : 2015- 4-16 16:30
Application : EZS003MSV Model : Bulk Balance :
Matching library:
File : 14303-2AkılıF

No.	Component	Result	Unit	Det.limit	El.line	Intensity	w/o normal
1	Al	99.3	wt%	0.03699	Al-KA	492.5379	99.3238
2	Fe	0.356	wt%	0.00547	Fe-KA	2.2645	0.3563
3	Zn	0.152	wt%	0.00179	Zn-KA	2.9002	0.1516
4	Si	0.146	wt%	0.00587	Si-KA	0.1613	0.1462

Material Judgement Result

Sample : 14303-2AkillhF

Date analyzed : 2015- 4-16 16:30

Application : EZS003MSV

File : 14303-2AkillhF

No.	Matching	Standard	Category	Material type
1	99.70	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 1050 P
2	99.70	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 1050 BE
3	99.70	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 1050 BD
4	99.70	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 1050 W
5	99.70	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 1050 TE
6	99.70	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 1050 TD
7	99.63	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 1200 P
8	99.63	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 1200 BE
9	99.63	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 1200 BD
10	99.63	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 1200 W
11	99.63	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 1200 TE
12	99.63	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 1200 TD
13	99.63	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 1200 S
14	99.63	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 1200 FD
15	99.58	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 1100 P
16	99.58	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 1 N 00 P
17	99.58	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 1 N 30 P
18	99.58	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 1100 BE
19	99.58	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 1100 BD
20	99.58	JIS	Aluminium and aluminum alloys	A 1100 W

EK 4. ICP-MS Cihazına Ait Parametreler ve Çalışma Koşulları.

Parametreler	Çalışma koşulları
Rf Gücü	1430
Nebulizer (taşıyıcı) Gaz Akış Hızı (L/dk)	0,80
Soğutucu (cool) Gaz Akış Hızı (L/dk)	13,00
Yardımcı (auxiliary) Gaz Akış Hızı (L/dk)	0,80
Örnek Giriş Hızı (mL/dk)	0,40
Torch Enjeksiyon İç Çapı (ID mm)	1,5
Torch ayarları	
Yatay (Horizontal)	85,00
Dikey (Vertical)	375,00
Max. Uptake (s)	60,00
Max. Wash (s)	60,00
Lensler	
Ayırma (Extraction) (V)	-141,00
Lens 1 (V)	-1140,00
Lens 2 (V)	-80,00
Lens 3 (V)	-200,00
Pole Bias (V)	-1,00
DA	-29,80
Hexapole Bias	-4,00
D1	-42,40
Focus	11,00
Dedektör	
Main Run	Peak Jumping
Dwell Time (s)	10000
Sweeps	100
Acquisition Duration (s)	2650

EK-5: Pişmiş Etlerin Yaş Ağırlık Üzerinden Alüminyum Miktarları İle Nem ve pH İçerikleri

Tablo. Dana ve koyun etinin farklı marinasyonlarda ve sıcaklıklarda alüminyum içeriklerinin ortalamaları ve standart sapmaları (yaş ağırlık) ($\bar{X} \pm SS$).

Et Çeşidi	Marinasyon	Al (mg/kg YA)					
		150°C - 60 dk		200°C - 40 dk		200°C - 40 dk	
		Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo
Dana	Sade	2,45±0,07	2,36±0,18	2,99±0,12	2,38±0,17	2,88±0,08	2,62±0,05
	Tuz	2,54±0,29	2,31±0,05	2,89±0,02	2,38±0,10	2,51±0,05	2,43±0,22
	Marinasyon A*	5,30±0,84	3,70±0,45	5,94±1,14	3,94±0,24	4,30±0,36	3,67±0,72
	Marinasyon B*	6,69±0,11	5,32±0,63	12,45±4,58	7,92±2,50	10,20±1,82	5,10±0,81
	Marinasyon C*	9,40±0,46	5,41±1,54	8,71±0,93	5,72±2,37	13,15±2,02	8,08±1,29
	Marinasyon D*	4,76±1,13	4,26±0,44	8,96±1,14	6,36±0,50	5,71±0,52	4,95±0,61
Koyun	Sade	41,45±1,50	39,03±3,21	41,11±0,61	36,20±0,33	39,12±1,70	38,13±0,94
	Tuz	41,86±0,98	39,33±4,83	40,40±0,47	36,05±0,57	39,16±1,07	38,88±0,10
	Marinasyon A*	46,08±1,68	42,90±0,62	42,96±0,61	37,06±0,69	43,59±7,23	38,34±2,43
	Marinasyon B*	43,63±1,31	41,39±3,49	42,39±0,69	37,01±1,59	45,65±2,84	41,52±4,91
	Marinasyon C*	47,73±1,00	46,88±8,20	51,06±2,37	41,49±0,47	43,46±2,23	43,27±2,36
	Marinasyon D*	49,24±2,26	42,03±4,32	51,71±8,46	44,71±3,45	50,76±3,83	41,38±1,35

***Marinasyon A:** Riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon B:** Sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon C:** Üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon D:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon E:** Riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber; **Marinasyon F:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.

Tablo. Tavuk göğüs ve tavuk but etinin farklı marinasyonlarda ve sıcaklıklarda alüminyum içeriklerinin ortalamaları ve standart sapmaları (yaş ağırlık) ($\bar{X} \pm SS$).

Et Çeşidi	Marinasyon	Al (mg/kg YA)					
		150°C - 60 dk		200°C - 40 dk		200°C - 40 dk	
		Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo
Tavuk Göğüs	Sade	0,90±0,24	0,69±0,04	0,71±0,06	0,70±0,02	0,88±0,21	0,75±0,05
	Tuz	0,81±0,11	0,76±0,12	0,77±0,11	0,72±0,01	0,72±0,05	0,72±0,03
	Marinasyon A*	3,55±1,48	2,15±0,12	2,75±0,77	2,25±0,39	3,59±1,70	1,25±0,41
	Marinasyon B*	3,44±0,49	1,87±0,66	1,93±0,08	1,72±0,77	4,23±1,27	3,85±1,61
	Marinasyon C*	4,02±0,24	3,82±0,16	4,15±0,41	2,35±0,36	3,45±0,28	3,42±0,18
	Marinasyon D*	5,15±1,44	3,65±0,97	3,81±0,27	2,85±0,92	3,16±0,17	2,92±0,33
Tavuk But	Sade	1,47±0,17	1,23±0,08	0,82±0,11	0,74±0,02	1,32±0,63	0,89±0,09
	Tuz	1,97±0,02	1,34±0,22	1,20±0,28	0,85±0,13	1,08±0,33	0,75±0,03
	Marinasyon A*	4,41±1,56	3,70±0,84	5,61±1,56	4,21±0,69	8,18±1,39	5,69±0,98
	Marinasyon B*	5,47±0,15	4,34±0,21	5,36±0,33	4,19±0,55	5,02±1,00	3,34±0,06
	Marinasyon C*	5,27±0,53	4,65±0,82	6,21±1,12	5,36±0,51	6,17±2,01	4,76±1,27
	Marinasyon D*	8,51±0,44	4,37±0,89	9,77±1,81	4,44±0,74	7,04±,96	5,30±2,06

***Marinasyon A:** Riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon B:** Sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon C:** Üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon D:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon E:** Riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber; **Marinasyon F:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.

Tablo. Somon ve mezigit etinin farklı marinasyonlarda ve sıcaklıklarda alüminyum içeriklerinin ortalamaları ve standart sapmaları (yaş ağırlık) ($\bar{X} \pm SS$).

Et	Marinasyon	Al (mg/kg YA)			
		150°C - 40 dk		200°C - 20 dk	
Çeşidi		Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo
Somon	Sade	47,10±1,44	40,73±0,45	41,36±0,85	40,32±0,92
	Tuz	47,43±0,64	44,69±0,14	41,77±3,65	41,46±0,59
	Marinasyon E*	49,74±0,50	42,76±1,94	46,45±4,69	44,36±4,54
	Marinasyon F*	49,75±0,61	43,71±3,50	45,31±2,44	44,78±4,73
Mezigit	Sade	34,76±3,86	33,71±2,19	32,20±1,09	31,87±3,17
	Tuz	34,15±0,58	39,34±0,20	32,90±0,94	31,37±0,12
	Marinasyon E*	40,46±3,37	37,16±5,71	38,92±1,06	34,50±0,96
	Marinasyon F*	36,75±5,49	36,21±6,16	35,28±2,12	33,56±0,94

***Marinasyon E:** Riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber; **Marinasyon F:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.

Tablo. Dana ve koyun etinin farklı marinasyonlarda ve sıcaklıklarda nem ortalamaları ve standart sapmaları ($\bar{X} \pm SS$).

Et Çeşidi	Marinasyon	Nem (%)					
		150°C - 60 dk		200°C - 40 dk		200°C - 40 dk	
		Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo
Dana	Sade	52,55±0,90	53,89±0,81	43,97±0,00	53,70±1,42	47,58±3,58	51,89±1,41
	Tuz	51,57±2,04	55,04±0,86	45,01±0,00	54,16±0,39	52,56±0,00	53,17±3,22
	Marinasyon A*	44,46±0,58	53,24±1,79	42,68±1,46	51,89±3,92	51,87±1,26	45,72±2,47
	Marinasyon B*	42,65±1,82	38,70±0,62	37,10±1,46	46,44±0,40	47,95±0,13	49,52±3,26
	Marinasyon C*	53,24±0,99	45,05±2,54	45,55±0,57	36,45±8,06	53,60±2,05	32,51±1,81
	Marinasyon D*	46,45±0,90	44,35±1,36	46,90±0,06	35,83±0,29	38,96±13,27	27,52±1,36
Koyun	Sade	51,58±0,78	52,26±2,84	49,85±0,28	53,80±0,53	51,31±0,91	51,60±1,50
	Tuz	50,54±2,27	52,00±2,08	50,66±1,59	54,15±0,52	52,28±0,72	51,97±0,00
	Marinasyon A*	48,59±0,47	49,34±1,88	50,25±0,27	56,40±1,10	50,27±3,57	54,97±1,36
	Marinasyon B*	50,13±2,21	51,79±0,74	49,57±2,55	55,99±0,71	49,59±1,67	49,78±5,32
	Marinasyon C*	48,82±3,34	46,39±7,98	42,77±2,21	52,51±1,76	51,48±1,13	50,56±2,58
	Marinasyon D*	46,91±3,59	50,50±2,04	41,51±9,82	48,22±3,55	40,84±5,29	50,80±0,02

***Marinasyon A:** Riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon B:** Sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon C:** Üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon D:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon E:** Riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber; **Marinasyon F:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.

Tablo. Tavuk göğüs ve tavuk but etinin farklı marinasyonlarda ve sıcaklıklarda nem ortalamaları ve standart sapmaları ($\bar{X} \pm SS$).

Et Çeşidi	Marinasyon	Nem (%)					
		150°C - 60 dk		200°C - 40 dk		200°C - 40 dk	
		Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo
Tavuk Göğüs	Sade	49,73±2,86	46,18±3,94	42,08±2,02	41,44±0,83	51,80±4,62	55,28±1,46
	Tuz	51,75±5,70	53,96±2,16	49,49±1,49	42,43±2,43	39,39±3,02	39,45±0,30
	Marinasyon A*	46,42±7,59	52,77±3,52	47,65±2,47	52,30±4,34	54,03±2,98	53,79±2,07
	Marinasyon B*	47,77±2,14	47,32±0,39	54,89±4,13	43,13±3,45	41,66±3,36	33,97±3,81
	Marinasyon C*	51,87±1,35	49,87±4,05	48,36±1,21	56,43±4,30	50,39±0,89	41,35±1,56
	Marinasyon D*	50,75±3,36	39,91±1,66	54,23±3,78	53,91±1,64	52,41±3,90	55,36±2,93
Tavuk But	Sade	22,50±3,09	34,55±3,19	33,47±0,46	37,91±1,05	30,93±1,28	50,33±4,75
	Tuz	34,22±0,00	36,38±2,77	23,12±1,83	33,40±1,09	46,89±5,10	38,92±0,69
	Marinasyon A*	31,27±3,84	37,24±5,54	25,68±1,31	34,60±2,79	40,61±3,35	25,93±2,91
	Marinasyon B*	35,82±2,34	21,75±2,00	36,79±2,19	23,10±2,23	30,50±1,90	43,26±3,44
	Marinasyon C*	35,47±6,25	39,79±3,47	23,84±1,31	22,20±2,28	22,66±2,07	30,59±1,08
	Marinasyon D*	27,81±3,96	31,68±4,09	19,34±1,19	32,50±3,05	32,40±1,33	22,41±3,55

***Marinasyon A:** Riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon B:** Sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon C:** Üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon D:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon E:** Riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber; **Marinasyon F:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.

Tablo. Somon ve mezgit etinin farklı marinasyonlarda ve sıcaklıklarda nem ortalamaları ve standart sapmaları ($\bar{X} \pm SS$).

Et	Marinasyon	Nem (%)			
		150°C - 40 dk		200°C - 20 dk	
		Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo
Somon	Sade	39,56±0,68	41,98±1,20	45,81±0,05	45,31±0,99
	Tuz	39,01±0,00	36,56±0,00	45,20±4,59	40,81±0,98
	Marinasyon E*	42,95±0,00	40,69±3,37	40,93±8,14	44,74±1,46
	Marinasyon F*	40,11±1,17	39,27±0,73	46,06±0,06	45,95±4,18
Mezgit	Sade	68,78±2,09	63,94±2,55	67,25±1,21	67,47±0,80
	Tuz	69,05±0,69	68,45±1,47	66,60±1,62	67,00±1,13
	Marinasyon E*	66,80±0,50	68,25±0,45	65,68±0,05	68,98±1,37
	Marinasyon F*	68,72±1,29	66,24±1,96	66,35±0,02	66,59±1,91

***Marinasyon E:** Riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber; **Marinasyon F:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.

Tablo. Dana ve koyun etinin farklı marinasyonlarda ve sıcaklık derecelerinde pH değerleri ortalamaları ve standart sapmaları ($\bar{X} \pm SS$).

Et Türü	Marinasyon Yöntemi	pH					
		150°C - 60 dk		200°C - 40 dk		250°C - 20 dk	
		Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo
Dana	Sade	5,87±0,005	6,06±0,005	6,02±0,026	5,88±0,005	6,17±0,005	5,95±0,005
	Tuz	6,07±0,005	5,93±0,000	5,97±0,010	5,95±0,000	6,02±0,026	5,99±0,000
	Marinasyon A*	6,06±0,005	5,83±0,008	6,12±0,005	5,95±0,000	5,98±0,010	5,91±0,005
	Marinasyon B*	6,04±0,010	6,00±0,008	6,07±0,010	5,88±0,005	6,11±0,005	5,86±0,008
	Marinasyon C*	5,18±0,005	5,43±0,010	5,23±0,005	5,49±0,008	5,17±0,017	5,38±0,005
	Marinasyon D*	5,93±0,010	6,04±0,005	5,92±0,014	5,87±0,005	6,12±0,034	5,88±0,005
Koyun	Sade	6,28±0,005	6,26±0,000	6,17±0,000	6,36±0,005	6,31±0,010	6,27±0,005
	Tuz	6,28±0,000	6,17±0,050	6,22±0,005	6,14±0,000	6,26±0,005	6,42±0,000
	Marinasyon A*	6,16±0,005	6,16±0,005	6,17±0,010	6,25±0,000	6,11±0,000	6,17±0,005
	Marinasyon B*	6,27±0,005	6,17±0,000	6,20±0,005	6,29±0,008	6,22±0,005	6,29±0,008
	Marinasyon C*	5,64±0,010	5,65±0,000	5,96±0,000	5,75±0,005	5,57±0,005	5,59±0,005
	Marinasyon D*	6,32±0,005	6,12±0,005	6,22±0,017	6,25±0,000	6,21±0,005	6,07±0,008

***Marinasyon A:** Riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon B:** Sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon C:** Üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon D:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon E:** Riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber; **Marinasyon F:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.

Tablo. Tavuk göğüs ve tavuk but etinin farklı marinasyonlarda ve sıcaklıklarda pH değerleri ortalamaları ve standart sapmaları ($\bar{X} \pm SS$).

Et Çeşidi	Marinasyon	pH					
		150°C - 60 dk		200°C - 40 dk		250°C - 20 dk	
		Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo
Tavuk Göğüs	Sade	6,33±0,005	6,41±0,000	6,31±0,005	6,42±0,000	6,28±0,005	6,31±0,005
	Tuz	6,19±0,010	6,26±0,008	6,21±0,005	6,41±0,008	6,31±0,000	6,25±0,000
	Marinasyon A*	6,40±0,005	6,27±0,005	6,28±0,005	6,34±0,005	6,36±0,005	6,22±0,005
	Marinasyon B*	6,30±0,000	6,29±0,000	6,39±0,005	6,26±0,005	6,35±0,000	6,22±0,005
	Marinasyon C*	5,70±0,000	5,74±0,010	5,73±0,000	5,70±0,005	5,86±0,005	5,67±0,000
	Marinasyon D*	6,53±0,005	6,26±0,005	6,48±0,005	6,26±0,005	6,30±0,005	6,28±0,005
Tavuk But	Sade	6,94±0,000	6,82±0,005	6,93±0,005	6,87±0,005	6,93±0,000	6,85±0,005
	Tuz	6,82±0,005	6,89±0,000	6,83±0,005	6,86±0,005	6,81±0,005	6,78±0,000
	Marinasyon A*	6,78±0,005	6,86±0,005	6,77±0,000	6,84±0,000	6,72±0,005	6,60±0,005
	Marinasyon B*	6,96±0,005	6,94±0,005	6,94±0,005	6,96±0,005	6,92±0,005	6,86±0,005
	Marinasyon C*	6,13±0,025	6,49±0,012	6,19±0,012	6,49±0,005	6,12±0,005	6,48±0,005
	Marinasyon D*	6,91±0,005	6,81±0,005	6,98±0,008	6,92±0,005	6,89±0,005	6,65±0,005

***Marinasyon A:** Riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon B:** Sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon C:** Üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon D:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon E:** Riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber; **Marinasyon F:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.

Tablo. Somon ve mezgit etinin farklı marinasyonlarda ve sıcaklıklarda alüminyum değişim yüzdelerinin ortalamaları ve standart sapmaları ($\bar{X} \pm SS$).

Et	Marinasyon	pH			
		150°C - 40 dk		200°C - 20 dk	
		Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo
Somon	Sade	6,55±0,005	6,51±0,013	6,54±0,010	6,61±0,013
	Tuz	6,41±0,005	6,56±0,017	6,48±0,005	6,58±0,005
	Marinasyon E*	6,51±0,005	6,37±0,039	6,45±0,024	6,47±0,005
	Marinasyon F*	6,49±0,005	6,46±0,015	6,39±0,005	6,51±0,013
Mezgit	Sade	6,82±0,005	6,83±0,008	6,72±0,005	6,80±0,005
	Tuz	6,89±0,005	6,87±0,017	6,78±0,008	6,86±0,008
	Marinasyon E*	6,83±0,000	6,78±0,005	6,74±0,008	6,76±0,005
	Marinasyon F*	6,86±0,010	6,88±0,005	6,72±0,000	6,79±0,005

***Marinasyon E:** Riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber; **Marinasyon F:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.

EK 6. Farklı Marinasyonlarda ve Sıcaklık Derecelerinde Pişirilmiş Etlerin Kuru Ağırlık Üzerinden Alüminyum İçeriklerinin Ortalama ve Standart Sapmaları ($\bar{X} \pm SS$)

Tablo. Dana ve koyun etinin farklı marinasyonlarda ve sıcaklık derecelerinde alüminyum içeriklerinin ortalamaları ve standart sapmaları ($\bar{X} \pm SS$).

Et Türü	Marinasyon Yöntemi	Al (mg/kg KA)					
		150°C - 60 dk		200°C - 40 dk		200°C - 40 dk	
		Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo
Dana	Sade	5,17±1,18	5,11±0,31	5,34±0,21	5,13±0,32	5,51±0,27	5,44±0,16
	Tuz	5,23±0,42	5,14±0,04	5,25±0,04	5,20±0,20	5,29±0,11	5,18±0,17
	Marinasyon A*	9,52±1,41	7,93±1,02	10,37±1,97	8,20±0,20	8,95±0,83	6,72±1,05
	Marinasyon B*	11,59±0,51	8,67±0,97	19,96±7,63	14,81±4,80	19,59±3,47	10,16±1,84
	Marinasyon C*	20,13±1,35	9,75±2,39	16,00±1,68	8,71±2,64	28,47±5,12	11,94±1,59
	Marinasyon D*	8,87±2,00	7,63±0,60	16,88±2,16	9,92±0,82	9,59±1,27	6,82±0,80
Koyun	Sade	85,58±1,94	81,70±0,60	81,97±0,75	78,37±1,24	80,32±2,26	78,81±0,77
	Tuz	84,72±2,13	81,70±6,47	81,95±1,98	78,63±1,01	82,06±1,11	80,94±0,22
	Marinasyon A	89,63±2,50	84,76±2,10	86,36±1,00	85,08±3,54	87,11±8,26	85,24±6,26
	Marinasyon B	87,53±1,42	85,81±6,32	84,28±5,06	84,15±4,70	90,49±2,96	84,79±2,35
	Marinasyon C	93,71±7,43	87,13±2,67	89,21±2,29	87,44±2,42	89,62±4,94	87,51±0,72
	Marinasyon D	92,74±4,97	84,69±5,38	88,48±1,49	86,31±1,39	85,93±1,71	84,11±2,71

***Marinasyon A:** Riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon B:** Sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon C:** Üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon D:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon E:** Riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber; **Marinasyon F:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.

Tablo. Tavuk göğüs ve tavuk but etinin farklı marinasyonlarda ve sıcaklık derecelerinde alüminyum içeriklerinin ortalamaları ve standart sapmaları ($\bar{X} \pm SS$).

Et Türü	Marinasyon Yöntemi	Al (mg/kg KA)					
		150°C - 60 dk		200°C - 40 dk		200°C - 40 dk	
		Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo
Tavuk Göğüs	Sade	1,78±0,38	1,29±0,13	1,22±0,06	1,19±0,02	1,79±0,27	1,69±0,15
	Tuz	1,69±0,19	1,67±0,34	1,51±0,18	1,26±0,07	1,19±0,05	1,18±0,06
	Marinasyon A*	6,60±2,31	4,56±0,09	5,21±1,22	4,75±0,97	8,01±4,27	2,67±0,76
	Marinasyon B*	6,63±1,18	3,54±1,25	4,30±0,24	2,99±1,30	7,18±1,83	5,89±2,57
	Marinasyon C*	8,36±0,69	7,65±0,38	8,05±0,95	5,39±0,58	6,96±0,64	5,84±0,37
	Marinasyon D*	10,53±3,25	6,04±1,44	8,40±1,14	6,18±1,96	6,72±0,92	6,60±0,99
Tavuk But	Sade	1,90±0,15	1,88±0,04	1,23±0,16	1,19±0,03	1,89±0,87	1,80±0,09
	Tuz	3,00±0,03	2,11±0,40	1,55±0,33	1,27±0,17	2,08±0,81	1,22±0,04
	Marinasyon A*	6,53±2,61	5,98±1,71	7,54±2,09	6,42±0,83	13,94±3,12	7,72±1,50
	Marinasyon B*	8,54±0,54	5,55±0,13	8,50±0,69	5,43±0,62	7,23±1,51	5,91±0,44
	Marinasyon C*	8,27±1,38	7,82±1,81	8,14±1,35	6,91±0,83	7,99±2,64	6,88±1,90
	Marinasyon D*	11,79±0,47	6,38±1,14	12,13±2,34	6,59±1,24	10,40±1,28	6,82±2,60

***Marinasyon A:** Riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon B:** Sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon C:** Üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon D:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; **Marinasyon E:** Riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber; **Marinasyon F:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.

Tablo. Somon ve mezigit etinin farklı marinasyonlarda ve sıcaklık derecelerinde alüminyum içeriklerinin ortalamaları ve standart sapmaları ($\bar{X} \pm SS$).

Et	Marinasyon	Al (mg/kg KA)			
		150°C - 40 dk		200°C - 20 dk	
Türü	Yöntemi	Al Folyo	Akıllı Folyo	Al Folyo	Akıllı Folyo
Somon	Sade	77,92±1,67	70,23±1,92	76,33±1,50	73,77±2,74
	Tuz	77,77±1,05	70,45±0,22	76,26±3,16	70,08±2,14
	Marinasyon E*	87,20±0,89	72,25±4,24	79,00±2,96	80,13±6,10
	Marinasyon F*	83,29±12,66	71,93±4,91	84,02±4,62	82,71±2,73
Mezigit	Sade	111,05±4,96	93,56±2,75	98,32±0,53	98,09±10,80
	Tuz	110,39±1,46	93,18±4,22	98,84±7,54	95,19±3,41
	Marinasyon E*	121,87±10,32	116,97±17,44	113,40±3,26	111,42±5,19
	Marinasyon F*	117,48±1,18	106,60±12,76	104,84±6,23	100,85±7,66

***Marinasyon E:** Riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber; **Marinasyon F:** Süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.

EK-7: Farklı Et Türlerine Göre Yetişkin Bireylerin Alüminyum Maruziyetleri (mg/kg/hafta)**Tablo.** Dana eti için önerilen tüketim miktarlarına göre bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta).

Sıcaklık- Süre	Marinasyon Yöntemi	Kadın (mg/kg/hafta)				Erkek (mg/kg/hafta)			
		Alüminyum folyo		Akıllı folyo		Alüminyum folyo		Akıllı folyo	
		TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)	TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)	TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)	TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)
150°C- 60dk	Sade	0,024±0,0007	0,060±0,0018	0,023±0,0017	0,058±0,0044	0,022±0,0007	0,056±0,0016	0,021±0,0016	0,053±0,0040
	Tuzlu	0,025±0,0029	0,063±0,0072	0,023±0,0005	0,057±0,0012	0,023±0,0026	0,058±0,0066	0,021±0,0004	0,052±0,0011
	Marinasyon A*	0,052±0,0083	0,131±0,0207	0,037±0,0045	0,091±0,0112	0,048±0,0076	0,120±0,0190	0,034±0,0041	0,084±0,0103
	Marinasyon B*	0,066±0,0011	0,165±0,0028	0,052±0,0062	0,131±0,0155	0,061±0,0010	0,152±0,0026	0,048±0,0057	0,121±0,0142
	Marinasyon C*	0,093±0,0045	0,232±0,0113	0,053±0,0152	0,133±0,0379	0,085±0,0042	0,213±0,0104	0,049±0,0139	0,123±0,0348
200°C- 40dk	Sade	0,030±0,0012	0,074±0,0029	0,023±0,0017	0,059±0,0043	0,027±0,0011	0,068±0,0027	0,022±0,0016	0,054±0,0040
	Tuzlu	0,028±0,0002	0,071±0,0060	0,023±0,0010	0,059±0,0025	0,026±0,0002	0,065±0,0005	0,022±0,0009	0,054±0,0023
	Marinasyon A*	0,059±0,0113	0,147±0,0283	0,039±0,0024	0,097±0,0059	0,054±0,0104	0,135±0,0260	0,036±0,0022	0,089±0,0055
	Marinasyon B*	0,123±0,0452	0,307±0,1131	0,078±0,0247	0,195±0,0618	0,113±0,0416	0,282±0,1039	0,072±0,0227	0,179±0,0567
	Marinasyon C*	0,086±0,0092	0,215±0,0230	0,056±0,0234	0,141±0,0584	0,079±0,0084	0,197±0,0211	0,052±0,0215	0,130±0,0537
250°C- 20dk	Sade	0,028±0,0008	0,071±0,0020	0,026±0,0005	0,065±0,0013	0,026±0,0007	0,065±0,0018	0,024±0,0005	0,059±0,0012
	Tuzlu	0,025±0,0005	0,062±0,0013	0,024±0,0022	0,060±0,0055	0,023±0,0005	0,057±0,0012	0,022±0,0020	0,055±0,0051
	Marinasyon A*	0,042±0,0035	0,106±0,0088	0,036±0,0071	0,091±0,0179	0,039±0,0032	0,098±0,0081	0,033±0,0066	0,083±0,0164
	Marinasyon B*	0,101±0,0180	0,252±0,0450	0,050±0,0080	0,126±0,0200	0,092±0,0165	0,231±0,0413	0,046±0,0073	0,116±0,0184
	Marinasyon C*	0,130±0,0199	0,325±0,0499	0,080±0,0127	0,200±0,0318	0,119±0,0183	0,298±0,0459	0,073±0,0117	0,183±0,0292
Marinasyon D*	0,056±0,0051	0,141±0,0129	0,049±0,0060	0,122±0,0151	0,051±0,0047	0,129±0,0118	0,045±0,0055	0,112±0,0138	

*TÖBR: Türkiye'ye Özgü Beslenme Rehberi; *Marinasyon A: Riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; Marinasyon B: Sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; Marinasyon C: Üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; Marinasyon D: Süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber.

Tablo. Koyun eti için önerilen tüketim miktarlarına göre bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta).

Sıcaklık- Süre	Marinasyon Yöntemi	Kadın (mg/kg/hafta)				Erkek (mg/kg/hafta)			
		Alüminyum folyo		Akıllı folyo		Alüminyum folyo		Akıllı folyo	
		TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)	TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)	TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)	TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)
150°C- 60dk	Sade	0,409±0,0148	1,023±0,0370	0,385±0,0317	0,963±0,0793	0,376±0,0136	0,940±0,0340	0,354±0,0291	0,885±0,0728
	Tuzlu	0,413±0,0097	1,033±0,0243	0,388±0,0477	0,971±0,1192	0,380±0,0089	0,949±0,0223	0,357±0,0438	0,892±0,1095
	Marinasyon A*	0,455±0,0166	1,137±0,0414	0,424±0,0061	1,059±0,0153	0,418±0,0152	1,045±0,0380	0,389±0,0056	0,972±0,0140
	Marinasyon B*	0,431±0,0130	1,077±0,0324	0,409±0,0344	1,022±0,0861	0,396±0,0119	0,989±0,0298	0,375±0,0316	0,938±0,0791
	Marinasyon C*	0,471±0,0099	1,178±0,0247	0,463±0,0810	1,157±0,2025	0,433±0,0091	1,082±0,0226	0,425±0,0744	1,063±0,1859
	Marinasyon D*	0,486±0,0421	1,215±0,1052	0,415±0,0427	1,037±0,1067	0,446±0,0386	1,116±0,0966	0,381±0,0392	0,953±0,0979
200°C- 40dk	Sade	0,406±0,0060	1,015±0,0150	0,357±0,0033	0,893±0,0081	0,373±0,0055	0,932±0,0137	0,328±0,0030	0,821±0,0075
	Tuzlu	0,399±0,0047	0,997±0,0117	0,356±0,0057	0,890±0,0142	0,366±0,0043	0,916±0,0107	0,327±0,0052	0,817±0,0130
	Marinasyon A*	0,424±0,0061	1,060±0,0152	0,356±0,0068	0,915±0,0170	0,389±0,0056	0,974±0,0139	0,336±0,0062	0,840±0,0156
	Marinasyon B*	0,418±0,0068	1,046±0,0170	0,365±0,0157	0,913±0,0392	0,384±0,0062	0,961±0,0156	0,336±0,0144	0,839±0,0360
	Marinasyon C*	0,504±0,0234	1,260±0,0586	0,410±0,0047	1,024±0,0117	0,463±0,0215	1,157±0,0538	0,376±0,0043	0,940±0,0107
	Marinasyon D*	0,510±0,0836	1,276±0,2089	0,441±0,0341	1,104±0,0851	0,489±0,0767	1,172±0,1919	0,405±0,0313	1,014±0,0782
250°C- 20dk	Sade	0,386±0,0168	0,966±0,0419	0,376±0,0093	0,941±0,0233	0,355±0,0154	0,887±0,0385	0,346±0,0086	0,864±0,0214
	Tuzlu	0,387±0,0106	0,967±0,0264	0,384±0,0010	0,960±0,0026	0,355±0,0097	0,888±0,0243	0,352±0,0009	0,881±0,0024
	Marinasyon A*	0,430±0,0714	1,075±0,1786	0,378±0,0240	0,946±0,0599	0,395±0,0656	0,988±0,1640	0,348±0,0220	0,869±0,0551
	Marinasyon B*	0,451±0,0280	1,127±0,0701	0,421±0,0485	1,052±0,1212	0,414±0,0257	1,035±0,0644	0,386±0,0445	0,966±0,1113
	Marinasyon C*	0,429±0,0220	1,072±0,0550	0,427±0,0233	1,068±0,0583	0,394±0,0202	0,985±0,0505	0,392±0,0214	0,981±0,0536
	Marinasyon D*	0,501±0,0378	1,253±0,0094	0,409±0,0133	1,021±0,0333	0,460±0,0347	1,151±0,0868	0,375±0,0122	0,938±0,0306

*TÖBR: Türkiye'ye Özgü Beslenme Rehberi; *Marinasyon A: Riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; *Marinasyon B: Sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; *Marinasyon C: Üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; *Marinasyon D: Süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber.

Tablo. Tavuk göğüs eti için önerilen tüketim miktarlarına göre bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta).

Sıcaklık- Süre	Marinasyon Yöntemi	Kadın (mg/kg/hafta)				Erkek (mg/kg/hafta)			
		Alüminyum folyo		Akıllı folyo		Alüminyum folyo		Akıllı folyo	
		TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)	TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)	TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)	TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)
150°C- 60dk	Sade	0,009±0,0024	0,022±0,0060	0,007±0,0004	0,017±0,0010	0,008±0,0022	0,020±0,0055	0,006±0,0004	0,016±0,0009
	Tuzlu	0,008±0,0011	0,020±0,0027	0,007±0,0012	0,018±0,0030	0,007±0,0010	0,018±0,0025	0,006±0,0011	0,017±0,0027
	Marinasyon A*	0,035±0,0146	0,087±0,0366	0,021±0,0012	0,053±0,0030	0,032±0,0134	0,080±0,0336	0,019±0,0011	0,049±0,0028
	Marinasyon B*	0,034±0,0049	0,085±0,0122	0,018±0,0065	0,046±0,0163	0,031±0,0045	0,078±0,0112	0,017±0,0059	0,042±0,0149
	Marinasyon C*	0,039±0,0024	0,099±0,0059	0,038±0,0016	0,094±0,0039	0,036±0,0022	0,091±0,0055	0,035±0,0014	0,087±0,0036
	Marinasyon D*	0,051±0,0142	0,127±0,0355	0,036±0,0096	0,090±0,0241	0,047±0,0130	0,117±0,0326	0,033±0,0088	0,083±0,0221
200°C- 40dk	Sade	0,007±0,0006	0,017±0,0014	0,007±0,0002	0,017±0,0006	0,006±0,0005	0,016±0,0013	0,006±0,0002	0,016±0,0005
	Tuzlu	0,008±0,0011	0,019±0,0027	0,007±0,0002	0,018±0,0004	0,007±0,0010	0,017±0,0025	0,007±0,0001	0,016±0,0004
	Marinasyon A*	0,027±0,0076	0,067±0,0190	0,022±0,0039	0,055±0,0097	0,024±0,0069	0,062±0,0175	0,020±0,0036	0,051±0,0089
	Marinasyon B*	0,019±0,0008	0,047±0,0021	0,017±0,0076	0,042±0,0189	0,017±0,0008	0,044±0,0019	0,016±0,0069	0,039±0,0174
	Marinasyon C*	0,041±0,0041	0,102±0,0102	0,023±0,0036	0,058±0,0090	0,038±0,0037	0,094±0,0093	0,021±0,0033	0,053±0,0083
	Marinasyon D*	0,037±0,0026	0,094±0,0066	0,028±0,0091	0,070±0,0228	0,034±0,0024	0,086±0,0061	0,026±0,0084	0,064±0,0210
250°C- 20dk	Sade	0,009±0,0021	0,022±0,0053	0,007±0,0005	0,019±0,0012	0,008±0,0019	0,019±0,0048	0,007±0,0005	0,017±0,0011
	Tuzlu	0,007±0,0005	0,018±0,0013	0,007±0,0003	0,018±0,0008	0,007±0,0005	0,016±0,0012	0,006±0,0003	0,016±0,0008
	Marinasyon A*	0,035±0,0167	0,089±0,0419	0,012±0,0041	0,031±0,0101	0,033±0,0154	0,081±0,0384	0,011±0,0037	0,028±0,0093
	Marinasyon B*	0,042±0,0126	0,104±0,0315	0,038±0,0159	0,095±0,0397	0,038±0,0116	0,096±0,0289	0,035±0,0146	0,087±0,0365
	Marinasyon C*	0,034±0,0028	0,085±0,0070	0,034±0,0018	0,084±0,0044	0,031±0,0026	0,078±0,0064	0,031±0,0016	0,077±0,0041
	Marinasyon D*	0,031±0,0017	0,078±0,0043	0,029±0,0032	0,072±0,0080	0,029±0,0016	0,072±0,0040	0,026±0,0029	0,066±0,0074

*TÖBR: Türkiye'ye Özgü Beslenme Rehberi; *Marinasyon A: Riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; *Marinasyon B: Sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; *Marinasyon C: Üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; *Marinasyon D: Süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber.

Tablo. Tavuk but eti için önerilen tüketim miktarlarına göre bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta).

Sıcaklık- Süre	Marinasyon Yöntemi	Kadın (mg/kg/hafta)				Erkek (mg/kg/hafta)			
		Alüminyum folyo		Akıllı folyo		Alüminyum folyo		Akıllı folyo	
		TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)	TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)	TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)	TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)
150°C- 60dk	Sade	0,014±0,0017	0,036±0,0042	0,012±0,0008	0,030±0,0019	0,013±0,0015	0,033±0,0039	0,011±0,0007	0,028±0,0017
	Tuzlu	0,019±0,0002	0,049±0,0005	0,013±0,0022	0,033±0,0055	0,018±0,0002	0,045±0,0004	0,012±0,0020	0,030±0,0051
	Marinasyon A	0,044±0,0154	0,109±0,0386	0,036±0,0083	0,091±0,0208	0,040±0,0142	0,100±0,0355	0,033±0,0077	0,084±0,0191
	Marinasyon B	0,054±0,0015	0,135±0,0037	0,042±0,0021	0,107±0,0052	0,049±0,0013	0,124±0,0034	0,039±0,0019	0,098±0,0048
	Marinasyon C	0,052±0,0053	0,130±0,0132	0,046±0,0081	0,115±0,0202	0,048±0,0048	0,119±0,0121	0,042±0,0074	0,105±0,0186
	Marinasyon D	0,084±0,0043	0,210±0,0108	0,043±0,0088	0,108±0,0220	0,077±0,0039	0,193±0,0099	0,040±0,0081	0,099±0,0202
200°C- 40dk	Sade	0,008±0,0011	0,020±0,0028	0,012±0,0008	0,030±0,0019	0,007±0,0010	0,018±0,0025	0,011±0,0007	0,028±0,0017
	Tuzlu	0,012±0,0027	0,030±0,0069	0,013±0,0022	0,033±0,0055	0,011±0,0025	0,027±0,0063	0,012±0,0020	0,030±0,0051
	Marinasyon A	0,055±0,0155	0,139±0,0386	0,036±0,0083	0,091±0,0208	0,051±0,0142	0,127±0,0355	0,033±0,0077	0,084±0,0191
	Marinasyon B	0,053±0,0032	0,132±0,0081	0,042±0,0021	0,107±0,0052	0,049±0,0029	0,122±0,0074	0,039±0,0019	0,098±0,0048
	Marinasyon C	0,061±0,0111	0,153±0,0276	0,046±0,0081	0,115±0,0202	0,056±0,0102	0,141±0,0254	0,042±0,0074	0,105±0,0186
	Marinasyon D	0,096±0,0179	0,241±0,0447	0,043±0,0088	0,108±0,0220	0,089±0,0164	0,221±0,0411	0,040±0,0081	0,099±0,0202
250°C- 20dk	Sade	0,013±0,0062	0,032±0,0155	0,007±0,0002	0,018±0,0005	0,012±0,0057	0,030±0,0142	0,007±0,0002	0,017±0,0004
	Tuzlu	0,011±0,0033	0,027±0,0083	0,008±0,0013	0,021±0,0031	0,009±0,0030	0,024±0,0076	0,008±0,0012	0,019±0,0029
	Marinasyon A	0,081±0,0138	0,202±0,0344	0,042±0,0068	0,104±0,0170	0,074±0,0126	0,185±0,0316	0,038±0,0062	0,095±0,0156
	Marinasyon B	0,049±0,0098	0,124±0,0246	0,041±0,0055	0,103±0,0137	0,045±0,0090	0,114±0,0226	0,038±0,0050	0,095±0,0126
	Marinasyon C	0,061±0,0199	0,152±0,0497	0,053±0,0050	0,132±0,0125	0,056±0,0183	0,140±0,0457	0,049±0,0046	0,121±0,0115
	Marinasyon D	0,069±0,0095	0,174±0,0237	0,044±0,0073	0,109±0,0183	0,064±0,0087	0,159±0,0217	0,040±0,0067	0,101±0,0168

*TÖBR: Türkiye'ye Özgü Beslenme Rehberi; *Marinasyon A: Riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; *Marinasyon B: Sarımsak, kuru soğan, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; *Marinasyon C: Üzüm sirkesi, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber; *Marinasyon D: Süt, riviera zeytinyağı, tuz, karabiber.

Tablo. Somon eti için önerilen tüketim miktarlarına göre bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta).

Sıcaklık- Süre	Marinasyon Yöntemi	Kadın (mg/kg/hafta)				Erkek (mg/kg/hafta)			
		Alüminyum folyo		Akıllı folyo		Alüminyum folyo		Akıllı folyo	
		TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)	TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)	TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)	TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)
150°C-	Sade	0,697±0,0213	1,163±0,0355	0,603±0,0067	1,005±0,0112	0,641±0,0195	1,068±0,0326	0,554±0,0062	0,923±0,0103
40dk	Tuzlu	0,702±0,0095	1,171±0,0158	0,662±0,0021	1,103±0,0035	0,645±0,0087	1,075±0,0145	0,608±0,0019	1,013±0,0032
	Marinasyon E*	0,737±0,0075	1,228±0,0125	0,633±0,0288	1,055±0,0480	0,677±0,0069	1,128±0,0115	0,582±0,0265	0,969±0,0441
	Marinasyon F*	0,737±0,0979	1,228±0,1631	0,647±0,0519	1,079±0,0865	0,677±0,0899	1,128±0,1498	0,594±0,0476	0,991±0,0795
200°C-	Sade	0,613±0,0126	1,021±0,0209	0,597±0,0136	0,995±0,0227	0,563±0,0115	0,938±0,0192	0,548±0,0125	0,914±0,0208
20dk	Tuzlu	0,619±0,0540	1,031±0,0900	0,614±0,0087	1,023±0,0145	0,568±0,0496	0,947±0,0826	0,564±0,0080	0,940±0,0133
	Marinasyon E*	0,688±0,0694	1,146±0,1158	0,657±0,0673	1,095±0,1121	0,632±0,0638	1,053±0,1063	0,603±0,0618	1,005±0,1030
	Marinasyon F*	0,671±0,0362	1,118±0,0603	0,663±0,0701	1,105±0,1168	0,616±0,0332	1,027±0,0554	0,609±0,0644	1,015±0,1073

*TÖBR: Türkiye'ye Özgü Beslenme Rehberi; Marinasyon E: Riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber; Marinasyon F: Süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.

Tablo. Mezgit eti için önerilen tüketim miktarlarına göre bireylerin Al maruziyet düzeyleri (mg/kg/hafta).

Sıcaklık- Süre	Marinasyon Yöntemi	Kadın (mg/kg/hafta)				Erkek (mg/kg/hafta)			
		Alüminyum folyo		Akıllı folyo		Alüminyum folyo		Akıllı folyo	
		TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)	TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)	TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)	TÖBR ^a (100 g)	Standart (250 g)
150°C-	Sade	0,515±0,0572	0,858±0,0954	0,499±0,0325	0,832±0,0542	0,473±0,0526	0,788±0,0876	0,458±0,0299	0,764±0,0498
40dk	Tuzlu	0,506±0,0087	0,843±0,0144	0,434±0,0030	0,724±0,0050	0,464±0,0079	0,774±0,0132	0,399±0,0028	0,665±0,0046
	Marinasyon E*	0,599±0,0499	0,999±0,0832	0,550±0,0845	0,917±0,1408	0,550±0,0459	0,917±0,0765	0,505±0,0776	0,842±0,1293
	Marinasyon F*	0,544±0,0813	0,907±0,1354	0,536±0,0912	0,894±0,1520	0,499±0,0746	0,833±0,1244	0,492±0,0838	0,821±0,1396
200°C-	Sade	0,477±0,0162	0,795±0,0270	0,472±0,0470	0,787±0,0783	0,438±0,0149	0,730±0,0248	0,433±0,0431	0,722±0,0719
20dk	Tuzlu	0,487±0,0139	0,812±0,0233	0,465±0,0019	0,774±0,0031	0,447±0,0128	0,746±0,0214	0,427±0,0017	0,711±0,0028
	Marinasyon E*	0,576±0,0157	0,961±0,0261	0,511±0,0143	0,852±0,0238	0,529±0,0144	0,882±0,0240	0,469±0,0131	0,782±0,0219
	Marinasyon F*	0,522±0,0314	0,871±0,0523	0,497±0,0139	0,828±0,0232	0,480±0,0288	0,799±0,0480	0,456±0,0128	0,761±0,0213

*TÖBR: Türkiye'ye Özgü Beslenme Rehberi; *Marinasyon E: Riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber; *Marinasyon F: Süt, riviera zeytinyağı, tuz, beyaz toz biber.

9. ÖZGEÇMİŞ

I- Bireysel Bilgiler

Adı-Soyadı: Elif İnan Eroğlu

Doğum yeri ve tarihi: Samsun – 09.07.1987

Uyruğu: TC

İletişim Adresi ve Telefonu: Esatoğlu Mah. Tunalı Hilmi Cad. No:43/10

Çankaya/Ankara – 05304654224

II- Eğitim

2013-halen: Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beslenme ve Diyetetik - Doktora Programı

2011-2012: University of Greenwich, Natural Resource Institute, Food Safety and Quality Management Program – Master of Science Degree

2005-2010: Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakóltesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü – Lisans

III- Mesleki Deneyim

04/2011 – Halen: Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakóltesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü Araştırma Görevlisi

09/2010 - 04/2011: İzmir Ekonomi Üniversitesi Uygulamalı Yönetim Bilimleri Yüksekokulu Mutfak Sanatları ve Yönetimi Bölümü Araştırma Görevlisi

IV- Bilimsel Faaliyetler

Yayınlar:

- **İnan Eroğlu E**, Ayaz A. (2017). Gıda Etiketleri, In: Yurdakök Pediatri Cilt 1 (Ed: Murat Yurdakök), Güneş Tıp Kitabevleri, Ankara.
- **İnan Eroğlu E**, Ayaz A. Gıda ile Temas Eden Malzemeler ve Sağlık. *Türkiye Klinikleri* 2016;3(2):52-57.
- **İnan Eroğlu E**, Ayaz A. (2016). Botanikler, In: Pediatrik Beslenmenin Esasları (Ed: Gülhan Samur), Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara. (Çeviri)
- Dikmen D, **Inan-Eroglu E**, Ozdemir A, Madali B. Determination of consumers motivational aspects using food choice questionnaire (P280). *Rev Esp Nutr Hum Diet* 2016;20(suppl 1):572.
- Madali B, Ozdemir A, **Inan-Eroglu E**, Dikmen D. Turkish consumers' food choices towards healthy diet (P173). *Rev Esp Nutr Hum Diet* 2016;20(suppl 1):510.
- Ozdemir A, **Inan-Eroglu E**, Madali B, Dikmen D. An attitudinal analysis of green consumers in Turkey (O-039). *Rev Esp Nutr Hum Diet* 2016;20(suppl 1):385.
- **Inan-Eroglu E**, Ozdemir A, Madali B, Dikmen D. Consumers' food consumption choices towards environmental protection (O-040). *Rev Esp Nutr Hum Diet* 2016;20(suppl 1):385.
- **İnan E**, Ayaz A. (2016). Genetiği değiştirilmiş organizmalar: beslenme ve sağlık yönü, In: Beslenme ve Diyetetik Güncel Konular-3 (Eds: Tayfur M, Çiçek B), Hatiboğlu Yayınları, Ankara.
- Dikmen D, **Inan-Eroglu E**, Goktas Z, Barut-Uyar B, Karabulut E. Validation of a Turkish version of the food choice questionnaire. *Food Qual Prefer* 2016;52:81-86.
- **İnan E**, Ayaz A. (2015). Endokrin bozucular: pestisitler ve sağlık üzerine etkileri, In: Beslenme ve Diyetetik Güncel Konular-1 (Eds: Tayfur M, Yabancı Ayhan N), Hatiboğlu Yayınları, Ankara.
- Ozsin-Ozler C, Ercim E, **Inan E**, Buyuktuncer Demirel Z, Uzamis Tekcicek M. Early Childhood Caries and Body Mass Index Measurements in 3-6 year-

old Children (P3190). *20th European Association of Dental Public Health (EADPH) Conference, Istanbul, Turkey (17-19 September 2015)*.

- Ozsin-Ozler C, **Inan E**, Ercim E, Uzamis Tekcicek M, Guciz Dogan M. Mediterranean Diet Quality Index and dmft relation in 3-6 years old children (P3191). *20th European Association of Dental Public Health (EADPH) Conference, Istanbul, Turkey (17-19 September 2015)*.
- Demir A, **Inan E**, Gumus D, Goktas Z, Barut-Uyar B, Dikmen D. Determination of Turkish consumers' motivational aspects of food choice (P149/843). *Ann Nutr Metab 2015;67(suppl 1):531-532*.
- Gumus D, **Inan E**, Demir D, Dikmen D. Turkish consumers' beliefs and attitudes about local farms and local food (P149/752). *Ann Nutr Metab 2015;67(suppl 1):526*.
- **Inan E**, Demir A, Gumus D, Dikmen D. Turkish consumers' intentions, beliefs and behaviours towards GMO foods and organic foods (P149/749). *Ann Nutr Metab 2015;67(suppl 1):525-526*.
- Demir A, Gencal D, Esen K, Gülsatan N, Döner D, Arslan B, **Inan E**, Dikmen D. Yetişkinlerde Tuz Eşiği, Antropometrik Ölçümler ve Kan Basıncı Arasındaki İlişkinin Saptanması. *Beslenme ve Diyet Dergisi, 2015;43(1):27-34*.
- **Inan E**, Ayaz A. Besin Etiketleri: Beslenme ve Sağlık Beyanları. *Katkı Pediatri Dergisi 2014;36(2):217-228*.
- Ayaz A, **Inan E**. Ülkemizde besin güvenliği ile ilgili yasal düzenlemeler. *Katkı Pediatri Dergisi 2014;36(2):229-241*.
- **Inan E, Yuruk A**. Changing and Developing Turkish Food Law Within the Framework of European Union Membership Process and the New Turkish Food Law. *Poster Bildiri: 14th International Nutrition and Diagnostics Conference, Prag, Çek Cumhuriyeti (2-5 Eylül 2014)*.
- **Inan E**. Sporcularda Menü Planlama İlkeleri: Toplu Beslenme Sistemlerinde Özel Gruplarda Menü Planlama Kursu. *Sözel Bildiri: IX. Uluslararası Beslenme ve Diyetetik Kongresi, Ankara, Türkiye (2-5 Nisan 2014)*.
- **Inan E**, İleri Keçeli T, Gökmen Özel H, Uzamış Tekçiçek M. Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Kliniğine Başvuran 6-12

Yaşlarındaki Bir Grup Sağlıklı Çocukta Beslenme Durumu ve Diş Çürüğü İlişkisi. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 2013;41(1):10-17.

Burslar:

- 2011-2012 Eğitim-Öğretim Yılı Jean Monnet Burs Programı Bursiyeri

Projeler:

- Farklı Alüminyum Folyolar Kullanılarak Fırınlanan Çeşitli Et Türlerinde Alüminyum Geçişlerinin Saptanması. H. Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Destek Projesi, 2014-2017. Yardımcı araştırmacı.
Proje yürütücüsü: Doç. Dr. Aylin Ayaz.