

**T.C**  
**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**GASTRONOMİ VE MUTFAK SANATLARI ANABİLİM DALI**  
**GASTRONOMİ VE MUTFAK SANATLARI TEZLİ YÜKSEK**  
**LİSANS PROGRAMI**

**PİŞİRME KAPLARINDAN GIDAYA ALÜMİNYUM GEÇİŞİNİN**  
**BELİRLENMESİ**

**HAZIRLAYAN**  
**NAİLE DOĞAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI**  
**DOÇ.DR. İLKAY YILMAZ**

**ANKARA-2024**

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU**

Tarih: 22/12/ 2023

**Öğrencinin Adı, Soyadı:** Naile DOĞAN  
**Öğrencinin Numarası:** 22120073  
**Anabilim Dalı:** Gastronomi ve Mutfak Sanatları Anabilim Dalı  
**Programı:** Gastronomi ve Mutfak Sanatları  
**Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı:** Doç. Dr. İlkey YILMAZ  
**Tez Başlığı:** Pişirme kaplarından gıdaya alüminyumun geçişinin belirlenmesi

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 40 sayfalık kısmına ilişkin, 22/12/2023 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %8 'dir. Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

“Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını” inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası:

**ONAY**

Tarih: ../ ../ 2023

Öğrenci Danışmanı Unvan, Ad, Soyad, İmza:

Doç. Dr. İlkey YILMAZ

Canım kızım' a



## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitiminin boyunca engin bilgisi ile yoluma ışık tutan, bilgisini ve desteğini hiç esirgmeden paylaşan, her umutsuzluğa düştüğümde motive edip umut aşılayan çok değerli canım hocam Doç. Dr. İlkey YILMAZ' a minnettarım.

Çalışmamaya vermiş oldukları destek için Başkent Üniversitesi BAP koordinatörlüğüne çok teşekkür ederim.

Desteklerini hiç esirgemeyen, her yardıma ihtiyacım olduğunda yanımda olan başta eşim Hasan Hüseyin DOĞAN, ablam Yasemin ELİGÜL, yengem Tuğba YURDUSEVEN ve canım aileme çok teşekkür ederim. Annesinin çalışma süresince sabırlı davranan benim akıllı canım kızım Defne DOĞAN' a çok teşekkür ederim.

Mesai arkadaşlarım Başkent Üniversitesi Şefi Fatih KARAAT ve Esmâ ÜZÜM' e vermiş oldukları destekler için çok teşekkür ederim.

Bu tez Başkent Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir ( Başkent Üniversitesi BAB, E-91694447-604.01.01-22852).

## ÖZET

**Naile DOĞAN, Pişirme Kaplarından Gıdaya Alüminyum Geçişinin Belirlenmesi, Başkent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Tezli Yüksek Lisans Programı, 2024**

Alüminyum doğada en çok bulunan elementlerden biridir. Alüminyumun hafif olması, ısı iletkenliğinin fazla olması, esnekliği ve korozyona dayanıklı olması gibi karakteristik özelliklere sahip olması ile pişirme kabı olarak endüstriyel ve ev tipi mutfaklarda kullanımı yaygındır. Bu pişirme kaplarının gıdayla teması sonucu gıdaya alüminyum geçişi olmaktadır.

Bu çalışmada endüstriyel ve ev tipi mutfaklarda alüminyum pişirme kaplarından gıdaya alüminyum geçişinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Üretiminde alüminyum ekipmanlarının en çok kullanıldığı ürünler tercih edilmiş olup muhafazaya uygun saatler belirlenmiştir. Patlıcan musakkanın asidik bir ortam, tepsi kebabının ise alkali ortam oluşturması sebebiyle tercih edilmiştir. Kazandibi ve su böreğinin tercih edilme nedeni alüminyum ekipmanla temas yüzeyinin ve süresinin fazla olmasıdır. Baklavanın tercih edilme nedeni ise pişirilmesinde sadece alüminyum tepsi kullanımı ve temas süresinin fazla olmasıdır. Bu ürünlerin tüketime sunulma ve muhafaza sürelerine göre patlıcan musakka ve tepsi kebabı için 2 saat, kazandibi ve su böreği için 24 ve 48 saat, baklava için 24, 48 ve 72 saat muhafaza süreleri belirlenmiştir. Belirlenen ürünler yeni alüminyum tepsi, deformasyonlu alüminyum tepsi ve kullanılmış çelik tepsilerde pişirilmiştir. Bu ürünler pişirme ve muhafaza işlemlerinin sonunda ICP-MS yöntemi ile analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre patlıcan musakkada en yüksek alüminyum geçişi deformasyonlu alüminyum tepside  $3,68 \pm 0,03$  mg/kg, tepsi kebabında yeni alüminyum tepside  $3,54 \pm 0,03$  mg/kg, kazandibinde yeni alüminyum tepsi 48 saat muhafaza süresindeki numune dışında alüminyum tespit edilmemiştir. Su böreğinde 48 saat muhafaza süresinde yeni alüminyum tepside en yüksek alüminyum miktarı  $1,67 \pm 0,03$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Baklavada ise en yüksek alüminyum miktarı 72 saat muhafaza süresinde deformasyonlu alüminyum tepside  $6,26 \pm 0,03$  mg/kg olarak tespit edilmiştir.

Sonuçlar doğrultusunda pişirme kaplarından gıdaya alüminyum geçişini ve miktarını ürünün asitli, alkali özellikte olup olmadığı, muhafaza süresi gibi faktörlerin etkili olduğu görülmüştür. Asitli ve alkali ortamların alüminyum geçiş miktarını artırdığı

gözlemlenmiştir. Muhafaza süresi ürünle ekipmanın temas süresini etkilediği için alüminyum geçişinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Alüminyum, pişirme kapları, alüminyum geçişi, muhafaza süresi



## ABSTRACT

**Naile DOĞAN, Determination Of Aluminum Transfer From Cooking Utensils To Food, Başkent University, Institute of Social Sciences, Gastronomy and Culinary Arts Master's Program with Thesis, 2024**

Aluminum is one of the most abundant elements in nature. Aluminum has characteristic features such as being light, high thermal conductivity, flexibility and corrosion resistance, so it is widely used as cookware in industrial and domestic kitchens. As a result of contact of these cooking utensils with food, aluminum is transferred to the food.

This study aimed to determine the transfer of aluminum from aluminum cooking utensils to food in industrial and domestic kitchens. Products in which aluminum equipment was most used were preferred and appropriate storage times were determined. Eggplant moussaka was preferred because it creates an acidic environment and tray kebab creates an alkaline environment. The reason why Kazandibi and water pastry are preferred is that they have more contact surface and time with aluminum equipment. The reason why baklava is preferred is that only an aluminum tray is used in its cooking and the contact time is longer. According to the consumption and preservation times of these products, 2 hours have been determined for eggplant moussaka and tray kebab, 24 and 48 hours for Kazandibi and water pastry, 24, 48 and 72 hours for baklava. The determined products were cooked in new aluminum trays, deformed aluminum trays and used steel trays. These products were analyzed by the ICP-MS method at the end of the cooking and preservation processes. According to the analysis results, the highest aluminum transition in eggplant moussaka was  $3.68 \pm 0.03$  mg/kg in the deformed aluminum tray,  $3.54 \pm 0.03$  mg/kg in new aluminum tray for tray kebab, Aluminum was not detected in Kazandibi except for the sample that was kept in a new aluminum tray for 48 hours. The highest amount of aluminum among the water pastry samples was determined as  $1.67 \pm 0.03$  mg/kg in the new aluminum tray that was stored for 48 hours. The highest amount of aluminum in baklava was determined as  $6.26 \pm 0.03$  mg/kg in the deformed aluminum tray during 72 hours of storage.

When the results were evaluated, it was seen that factors such as whether the product was acidic or alkaline and the storage period of the product were effective in the amount of aluminum transfer from cooking utensils to food. It has been observed that acidic and alkaline environments increase the amount of aluminum transfer. It has been determined that

storage time is effective in aluminum transfer as it increases the contact time between the product and the equipment.

**Keywords :** Aluminum, cooking utensil, aluminum transition, preservation period



# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT .....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
RESİMLER LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL ÇERÇEVE .....	3
2.1. Alüminyumun Tarihçesi .....	5
2.2. Alüminyumun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	5
2.3. Alüminyumun Kullanım Alanları .....	6
2.4. Gıda Güvenliği Açısından Alüminyum .....	7
2.5. Alüminyum ve Çelik Mutfak Ekipmanları .....	7
2.6. Alüminyum Ekipmanların Korozyonu.....	9
2.7. Alüminyumun İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri .....	9
2.8. İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektroskopisi (ICP-MS).....	10
3. YÖNTEM .....	12
3.1. Materyal .....	12
3.2. Yöntem.....	14
3.2.1. Örneklerin analize hazırlanması.....	14
3.2.2. ICP-MS ile örneklerin analiz edilmesi .....	15
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	16
4.1. Patlıcan Musakka Ölçümlerinin Değerlendirilmesi.....	17
4.2. Tepsi Kebabının Ölçümlerinin Değerlendirilmesi .....	18
4.3. Kazandibi Ölçümlerinin Değerlendirilmesi .....	19
4.4. Su Böreğinin Ölçümlerinin Değerlendirilmesi .....	20
4.5. Baklava Ölçümlerinin Değerlendirilmesi.....	21
4.6. Tartışma .....	22

<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>25</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>27</b>



## TABLULAR LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Tablo 4.1. Farklı pişirme kaplarında pişirilen ürünlerin alüminyumun ortalamaları(mg/kg) .....	16
Tablo 4.2. Patlıcan Musakka Ölçümlerinin Karşılaştırılması .....	17
Tablo 4.3. Tepsi Kebabı Ölçümlerinin Karşılaştırılması .....	18
Tablo 4.4. Su Böreği Ölçümlerinin Karşılaştırılması .....	20
Tablo 4.5. Baklava Ölçümlerinin Karşılaştırılması .....	21
Tablo 4.6. Analiz sonuçlarının WHO limiti ile karşılaştırılması.....	23



## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. ICP-MS şematik görünümü (Bakırcı, 2018).....	11
Şekil 4.1. Patlıcan Musakka Ölçümlerinin Karşılaştırılması .....	18
Şekil 4.2. Tepsi Kebabı Ölçümlerinin Karşılaştırılması .....	19
Şekil 4.3. Su Böreği Ölçümlerinin Karşılaştırılması .....	21
Şekil 4.4. Baklava Ölçümlerinin Karşılaştırılması .....	22



## RESİMLER LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Resim 3.1. Yeni alüminyum tepsi (Naile Doğan kişisel arşiv) .....	13
Resim 3.2. Deformasyonlu alüminyum tepsi (Naile Doğan kişisel arşiv) .....	13
Resim 3.3. Çelik tepsi (Naile Doğan kişisel arşiv) .....	13
Resim 3.4. Steril numune poşeti (Naile Doğan kişisel arşiv).....	15



## SİMGELER VE KISALTMALAR

Al	: Alüminyum
C	: Santigrat Derece
cm <sup>3</sup>	: Santimetreküp
gr	: Gram
kg	: Kilogram
mg	: Miligram
L/lt	: Litre
%	: Yüzde
[Al(OH) <sub>3</sub> ]	: Alüminyum hidroksit
(AlPO <sub>4</sub> )	: Alüminyum fosfat
(H <sub>2</sub> O)	: Su
(HNO <sub>3</sub> )	: Nitrik Asit
BÜGEV	: Başkent Üniversitesi Geliştirme Vakfı İktisadi İşletmesi
EFSA	: (The European Food Safety Authority) Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
E 173	: Alüminyum
E 520	: Alüminyum sülfat
E 521	: Alüminyum sodyum sülfat
E 522	: Alüminyum potasyum sülfat
E 523	: Alüminyum amonyum sülfat
ICP	: İndüktif Eşleşmiş Plazma
ICP-MS	: İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektroskopisi
MS	: Kütle Spektroskopisi
TGK	: Türk Gıda Kodeksi
WHO	: (World Health Organization) Dünya Sağlık Örgüt

# 1. GİRİŞ

Son zamanlarda dünyada insan sağlığına verilen önemin artmasıyla ve sağlıklı bireylerden oluşan toplumlar için gıda güvenliği konusu önem kazanmıştır (Teyin, 2018). Gelişmiş ülkelerde gıda maddelerinin içeriklerinde ağır metal varlığının tespiti için araştırmalar yapılmaktadır. Ağır metal bulaşan gıdaların, insanlar tarafından tüketilmesi gıda güvenliği hususunda önemli çalışmaların yapılmasında etkili olmuştur (Radwan ve Salama, 2006: 1273). Gıda kökenli toksik zehirlenmelerin ve ağır metaller gibi kimyasallarla bulaşmış gıdaların tüketiminin artması gıda güvenliğinin önemini ortaya koymaktadır (Teyin ve Nizamlioğlu, 2020). Ağır metaller, bozulmayan biyolojik yapılarıyla vücuda alındığında vücudun çeşitli yerlerde birikimi ile insan sağlığını tehdit etmektedir (Teyin, 2018). Ağır metaller vücuda ağız, deri ve solunum yolları gibi çeşitli yollarla alınır. Bu ağır metaller çoğu müdahale olmadan vücuttan atılamamaktadır. Vücuttan atılamayan ağır metaller biyolojik organizmalarda birikerek nörolojik, otizm, tiroit vb hastalıklara neden olmaktadır (Özbolat ve Tuli, 2016). Ağır metallerin vücutta; DNA hasarı, otoimmün hastalıklar, nörolojik bozukluklar gibi hücre içi metabolik düzene toksik etkisi vardır (Özbolat ve Tuli, 2016). Ağır metallerin gıdaya bulaşmasını engellemek için ulusal ve uluslararası alanda yasal düzenlemeler mevcuttur (Türközü ve Şanlıer, 2012).

Pişirme ekipmanlarının ana malzemeleri olarak kullanılan alüminyum, bakır, çelik, teflon kaplama gibi malzemelerden pişirme esnasında gıdalara ağır metal geçişinin olduğunu ortaya çıkaran birçok bilimsel çalışma mevcuttur (Baş, 2004). Gıda ile temas olduğunda meydana gelen madde geçişi "migrasyon" olarak ifade edilmektedir. Günümüzde gıda ile temas eden ekipmanlardan ağır metal migrasyonu üzerinde durulan bir konu haline gelmiştir (Biricik, Çöplü ve Dağdelen, 2015: 2).

Ağır metallerden alüminyum; hafif, ısı geçirgenliği yüksek, korozyona dayanıklı olması gibi özellikleriyle mutfaklarda çok kullanılan malzemedir (Tayfur, Ünlüoğlu ve Bener, 2002). Endüstriyel ve ev tipi mutfaklarda kullanılan tencere, tava, tepsi vb. ekipmanların gıdanın lezzetini ve yapısal özelliklerini etkilememelidir (Teyin, 2018). İnsanlar tarafından gıda tüketildikçe mutfak pişirme ekipmanlarından gıdaya geçen ağır metaller insan sağlığına zarar vermektedir. Risk oluşturabilecek ağır metallerin insan vücudunda tolere edilebilecek limitleri yasal olarak belirlenmiştir. Ancak gıda ile temas halinde olan maddelerden migrasyon miktarları ile ilgili herhangi bir mevzuat yoktur (Biricik vd., 2015: 2).

Bu tez çalışması; endüstriyel ve evsel mutfaklarda sıklıkla kullanılan alüminyum tepsilerde farklı sıcaklıkta pişirilen ve farklı sürelerde muhafaza edilen tatlılara, böreklerle, yemeklere alüminyum geçişinin olup olmadığı, geçiş varsa geçen alüminyum miktarının belirlenmesi için yapılmıştır.



## 2. KURAMSAL ÇERÇEVE

Dünyada en çok bulunan üçüncü element alüminyum; ağırlığının hafif olması, esnekliği, iyi ısı iletkenliği, korozyona dayanıklılığı gibi fiziksel özellikleri ile mutfaklarda, ev eşyalarında, paketlenme malzemesi başta olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır (İnan Eroğlu, 2017). Son zamanlarda gelişen sanayi sektörü ile alüminyumun önemi artmıştır. Alüminyum sürdürülebilir malzeme olması ve çok tercih edilmesini sağlayan fiziksel özelliklerinden ötürü endüstri sektöründe çok talep edilen malzeme haline gelmiştir (Ranau, Oehlenschläger, Steinhart, 2001). Periyodik cetvelin 3A grubunda yer alan alüminyum elementi 13 atom numarasına sahiptir. Doğada serbest halde bulunmayan alüminyum, su (H<sub>2</sub>O) ve nitrik asitte (HNO<sub>3</sub>) çözünmez (İnan Eroğlu, 2017)

Alüminyum elementi, insan vücuduna gıda, gıda katkı maddeleri, içecek, ilaç gibi farklı yollarla alınmaktadır. Alüminyumun vücuda alımı durumunda birikerek sinir sistemi, iskelet sistemi vb. önemli sistemlere zararlıdır (Wang, Wei, Yang, Sou, Chen ve Liu, 2016). Alüminyum Alzheimer hastalığına, yenidoğanlarda nörolojik bozukluklara sebep olmaktadır (İnan Eroğlu, 2017).

İnsanlar alüminyuma çevre, gıda, hava yoluyla maruz kalmaktadır. Çevresel alüminyum maruziyeti toksik etkisi göstermediği değerlendirildiği için son zamanlarda sağlıklı insanlar için zararsız olduğu düşünülmektedir. Ancak gıda ile alınan alüminyumun Alzheimer, amyotrofik lateral skleroz gibi nörodejeneratif hastalıklarda rol oynayan, gıda zincirindeki zararı zamanla kabul görmektedir (Müller, Anke, Illing-Günther, 1998). Fakat diğer bir araştırmaya göre alüminyumun gıda ile alımının Alzheimer gibi nörolojik bozukluklara neden olması hususunda kesin kanıya varılamamıştır. Buna rağmen toplum sağlığı ve gıda güvenliğine etkileri konusunda insanların ilgileri artmaktadır. Bunların yanı sıra farklı yollarla vücuda alınan alüminyum nörolojik bozukluklara neden olduğu bazı çalışmalarla belirlenmiştir (Ranau vd., 2001). Alüminyum toksik etkisi ile hastalığın neden olduğu hedef bölgelerde birikerek Alzheimer hastalığından sorumlu birincil etkendir (McLachlan, 1986).

Ağır metal olan alüminyumun gıdaya migrasyonunun önemi 1980 yılların başında fark edilmiştir. İlk zamanlarda maruz kalmanın potansiyel kaynağı ihmal edilebilir düzeydeydi. Sadece domates püresi, turşu gibi asitli gıdaların kaplanmamış tencerelerde pişirilmesi esnasında alüminyum migrasyonu meydana gelmiştir (Müller vd, 1998).

World Health Organization (WHO) tarafından tüm gıdadaki alüminyum bileşenleri için geçerli olan güncel geçici tolere edilebilen haftalık alım miktarı 1 mg/ vücut ağırlığı

olarak belirlenmiştir. Bu miktar Gıda ve Tarım Örgütü ve Dünya Sağlık Örgütü' nün Birleşik Gıda Katkıları Uzmanlar Komitesi (JECFA) tarafından 2012 yılında güncellendiğinde tolere edilebilen haftalık alım miktarı 2 mg/kg vücut ağırlığı olarak belirlenmiştir. Anne sütünde alüminyum miktarı  $23,4 \pm 9,6$  mg/L düşük seviyede bir değer belirlenmiştir (Fernandez-Lorenzo, Cocho, Rey-Goldar, Couce ve Fraga, 1999). Emzirme ile bu miktarın bir kısmı bebeğe geçmektedir (Flarend, Bin, Elmore ve Hem, 2001). Anne sütünün dışında bebekler soya içeren bebek mamaları ve süt içerikli bebek mamaları ile alüminyuma maruz kalabilmektedir (İnan Eroğlu, 2017).

Suların arıtılmasında alüminyumun kullanımı kolay emilen, çözülebilen, düşük molekül ağırlıklı alüminyum çeşitlerini arttırmaktadır (Bondy, 2009). İçme suyundan günlük alüminyum alım miktarı 100 mg/L' dır (Yokel, Rhineheimer, Brauer, Sharma, Elmore ve McNamara, 2001). Bu miktarda günlük alüminyum alımının yaklaşık %3' dür (Soni, White, Flamm ve Burdock, 2001).

Ülkemizde de Türk Gıda Kodeksi Gıda ile Temas Eden Madde ve Malzemeler Yönetmeliğinde yapılan güncellemelerle alüminyum ile ilgili kısıtlamalar mevcuttur. Yönetmeliğe göre alüminyum ve alüminyum alaşımı malzemelerden gıdaya geçen alüminyum miktarı en fazla 5 mg/kg gıda olarak bildirilmiştir (İnan Eroğlu, 2017). Türk Gıda Kodeksi Gıda ile Temas Eden Madde ve Malzemeler yönetmeliğine göre gıda ile temas halinde olan alüminyum madde ve malzemelerin kullanım alanları kısıtlanmıştır. Gıdalarla günlük alüminyum alımı miktarı gıdaların hazırlanması için kullanılan alüminyum içerikli tencere, tava, folyo gibi mutfak malzemelerinden alüminyum geçişi ile artmaktadır (Bassioni, Mohammed, Zubaidy ve Kobrsi ,2012). Alüminyum içerikli malzemelerden gıdalara alüminyum geçişi asidik, tuzlu, sıcaklık, pişme süresi gibi etkenlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Ve ek olarak alüminyum malzemelerin kullanım etiketlerinde asidik, tuzlu gıdaların pişirilmesi, işlenmesi ve muhafazası için kullanılmaması hususlarında uyarıların olması zorunlu kılınmıştır (İnan Eroğlu, 2017).

Alüminyumun gıdalarla, gıda katkı maddeleri ile insan vücuduna alımlarının dışında alüminyum malzemelerde depolama, hazırlama ve pişirme ekipmanlar ve alüminyum içerikli malzemelerle direkt temas sonucu insanlar alüminyuma daha fazla maruz kalabilmektedir. Pişirme süresi, sıcaklığı, pH değeri ve gıdanın içerikleri vs. gıdalara alüminyum geçişlerini etkileyen faktörler arasındadır. Normal şartlarda gıda ile temas eden malzemelerden alüminyum geçişi diğer kaynaklara göre geçişin az bir kısmını oluştursa da alüminyum ve alüminyum içerikli malzemelerin asidik (domates, elma, sirke, tuzlanmış balık vs.) gıdaların işlenmesinde ve depolanmasında kullanıldığında alüminyum geçişi

artmaktadır (Domingo, 2003; Aguilar, Autrup, Barlow, Castle, Crebelli ve Dekant, 2008). Gıdaya alüminyum geçişinde diğer bir faktörde süre ve sıcaklıktır (Turhan, 2006). İnsan vücuduna alüminyum geçişi olduğu varsayılan diğer yol ise alüminyum kutulardır. Bira, meyve suları, soda ve gazlı içeceklerin muhafazasında alüminyum kutular kullanılmaktadır. (Domingo, 2003). Alüminyum kutulardaki içecekler cam şişelerdekine göre daha çok alüminyum içermektedir (Duggan, Dickeson, Tynan, Houghton ve Flynn, 1992).

## **2.1. Alüminyumun Tarihçesi**

Dünyanın %8 'ini oluşturan doğada en çok bulunan element alüminyumdur. Genel olarak insanlar ve hayvanların yaşamlarını sürdürülebilirliği için temel rolü yoktur (İnan Eroğlu, 2017). "alum" olarak adlandırdıkları alüminyumu ilk kez Romalılar kullanmışlardır. "alum" Orta Çağda "alum taşı" olarak bilinmektedir ve üretilmiştir (Gad, 2014). Alüminyum ilk kez 1808 yılında varlığı kanıtlanmış ve adlandırılmıştır (İnan Eroğlu, 2017).

19. yüzyılın sonlarına doğru alüminyum endüstride ticari olarak kullanılmaya başlanmıştır (Gad, 2014). Alüminyum endüstride kullanılmaya başlamasının ardından 1900 yılında üretimi tonlar üzerinden olmuştur. Son zamanlarda alüminyumun üretimi artarak hayatın vazgeçilmezi haline gelmiştir. Gıda, inşaat, ambalajlama, otomotiv gibi birçok endüstriyel alanda alüminyum kullanımı kimyasal özelliğinin çok yönlülüğünü göstermektedir (Exley, 2003; Macdonald ve Martin, 1988).

Alüminyumun ana cevheri olan boksitten son 100 yılda elektroliz yöntemi kullanılarak alüminyum üretilmektedir. Düşük maliyetli bu yöntem 1886 yılında bulunmuştur. İskoçya, Kanada, Norveç gibi bölgelerde hidroelektrik enerjisi kullanılarak ucuz ve güvenilir elektrik gücü ile düşük maliyet ve yüksek dereceli alüminyum üretilmektedir. Alüminyum 19. yüzyılın başlarında mimari alanında da kullanılmaya başlanmıştır. 1900'lü yılların başında diğer metallerle alaşım oluşturularak "duralumin" ismini almıştır. Kazandığı mukavemet alüminyumun kullanım alanını genişletmiştir (Uz, 2019). Birinci Dünya Savaşı döneminde askeri ihtiyaç alüminyumun üretimini artırmıştır (Ashby, 1999)

## **2.2. Alüminyumun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri**

Alüminyum hafif, yumuşak, kolay şekillendirilebilen, işlenebilirliğinin iyi olan bir ağır metaldir. Manyetik olmayan, ısı ve elektrik iletkenliğinin çok iyi olması gibi özellikleri ile birçok endüstriyel alanda tercih sebebidir (İnan Eroğlu, 2017). Alüminyum çabuk soğuma

özelliği, ısıyı emen yapısı, ucuz olması ve doğada çok bulunması nedeniyle birçok sektörde ana malzeme olarak kullanılmaktadır (Bedir, 2010).

Alüminyumun atom numarası 13, atom ağırlığı 26.98, yoğunluğu 2.7 g/cm<sup>3</sup>, kaynama noktası 2519 C ve ısı iletkenliği 300 K: 237 W/ (m.K)'dir (Bedir, 2010; İnan Eroğlu, 2017). Alüminyum periyodik cetvelin 3A grubundadır. Reaktifliği fazla olan alüminyum serbest metal olarak yeryüzünde yer almaz. Boksit olarak bulunan alüminyum oksidasyon-redüksiyonlara girmemektedir (İnan Eroğlu, 2017). Alüminyum Hidrojen klorür (HCl), Sülfürük asitte (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) çözünürken su (H<sub>2</sub>O) ve nitrik asitte (HNO<sub>3</sub>) çözünmemektedir (Gad, 2014).

### 2.3. Alüminyumun Kullanım Alanları

Alüminyum tek veya alaşım şeklinde birçok alanda kullanılmaktadır. Yumuşak metal olması sebebiyle daha çok diğer metallere güçlendirilerek alaşım hali kullanılmaktadır. Alüminyumun bu farklı halleri tıp alanında, aşı adjuvanları (tetanoz,kuduz,difteri gibi) hazırlamada, kozmetikte, gıda katkı maddelerinde ve mutfak ekipmanlarında sıkça kullanılmaktadır (Aranson, 2006). Alüminyumun tek ve bileşik halleri ulaşımda, inşaat malzemesi olarak, paketlemede, tekstil sanayinde ve alev geciktirici olarak da kullanılmaktadır (Yokel, 2001).

Genny, Dickeson, Tynan, Houghton ve Flynn (1926) ilk olarak 1926 yılında alüminyumun aşı adjuvan özelliğini keşfetmişlerdir. En sık kullanılan adjuvanları alüminyum hidroksit [Al(OH)<sub>3</sub>] ve alüminyum fostat (AlPO<sub>4</sub>)'dir (Lindblad, 2004). Alüminyumun bu bileşik hallerini içeren ilaçlar reflü, ülser gibi hastalıkların tedavisinde antiasit olarak kullanılmaktadır (Krewski, Yokel, Nieboer, Borchelt, Cohen ve Harry,2007). Alüminyumun farklı bileşik halleri antiseptik su ve hemoroidal ilaç olarak sıklıkla kullanılmaktadır (Domingo, 2003).

Kozmetikte alüminyum silikat ve magnezyum alüminyum silikat topaklanma engelleyici, hacim artırıcı, opaklaştırıcı ve vizkozite ayarlayıcı olarak kullanılmaktadır (İnan Eroğlu, 2017).

Türk Gıda Kodeksi (TGK) Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'ne göre nemlendirici, sertleştirici ve beyazlatıcı olarak gıda katkı maddeleri alüminyum (E 173), alüminyum sülfat (E 520), alüminyum sodyum sülfat (E 521), alüminyum potasyum sülfat (E 522), alüminyum amonyum sülfat (E 523) vb. olarak gıdalarda kullanılması uygun bulunmuştur.

Alüminyum mutfaklarda pişirme ekipmanları ana malzemesi olarak kullanılmaktadır (Baş, 2004). Alüminyum tencere, tava, tepsi gibi mutfak ekipmanları kullanım gerekçeleri alüminyumun ısıyı iyi iletmesi, korozyona dayanıklılığı gibi özellikleridir (İnan Eroğlu, 2017).

#### **2.4. Gıda Güvenliği Açısından Alüminyum**

Gıdaların tarladan tabağa kadar üretim, işleme, depolama ve sevkiyat aşamalarını kurallara uyarak ve gerekli önlemleri alarak sağlıklı gıda üretimin yapılması gıda güvenliği olarak adlandırılır (Uzunöz, Büyükbay Oruç ve Bal, 2008). Gıda üretim zincirindeki son aşama olan gıda ile temas eden malzemelerin güvenilirliğinin sağlanması gerekmektedir. Bu malzemelerin gıda güvenliğinin üzerine etkileri, neden olduğu riskleri tüketicilere bildirilmesi ve toplum sağlığının korunması mecburidir (Biricik vd, 2015).

Gıda güvenliği zincirinde gıdaların geçirmiş olduğu aşamalarda taş, toprak, cam kırıkları gibi fiziksel riskler, mikotoksinler, ağır metal bulaşları, tarım ilaçları gibi kimyasal riskler ve bakteri, virüs bulaşları gibi biyolojik riskler için önlemler alınmalıdır (Onurlubaş, 2015).

Gıda ambalajlamanın temel amacı gıda güvenliğinin sağlanması, gıdanın dış etkenlerden korunması, gıda kalitesinin devamlılığının sağlanması ve bunlar sağlanırken tüketicilerin bilgilendirilmesidir (Ceyhun Sezgin, Öztürk ve Baylan Kalaycı, 2019). Ambalaj üretim sistemlerinde gelişmelere bağlantılı olarak gıda endüstrisinde cam, kâğıt, alüminyum ambalaj malzemelerinin kullanımının artması ile gıdaya farklı miktarlarda kimyasal geçişi olmaktadır (Öksüztepe ve Beyazgül, 2015). Türk Gıda Kodeksi Gıda ile Temas Eden Madde ve Malzemeler Yönetmeliğinde *'Bu malzemelerden insan sağlığını tehlikeye sokacak, gıdanın bileşiminde istenmeyen değişimlere veya duyuşsal özelliklerinde değişikliğe neden olacak miktarda geçiş olamaz'* ile ifade edilmiştir (Anonymous, 2011).

Avrupa Komisyonu ve Avrupa Gıda Güvenlik Otoritesi (EFSA) tarafından beyan edilen kılavuzda gıda ambalaj malzemesi olarak alüminyumun kullanımı hakkında bilgiler mevcuttur. Bu kılavuz alüminyumun alüminyum fosfat, alüminyum silikat, alüminyum sülfat gibi farklı bileşik hallerinin olduğu yer almaktadır (Anonymous, 2004).

#### **2.5. Alüminyum ve Çelik Mutfak Ekipmanları**

Mutfak ekipmanlarının üretimi farklı hammaddeler kullanılarak yapılmaktadır. Bu hammaddelerle üretilen mutfak ekipmanlarından, pişirme kaplarından gıdaya herhangi bir

metal geçişinin olmaması gerekmektedir. Alüminyum kaplar dayanıklıdır ancak gıdayla teması sonucu geçiş olabilmektedir (Temizkan ve Sever, 2020).

Endüstriyel mutfaklarda araç gereçlerin kullanılmaya uygun olması, gıda ile etkileşime girmemesi, araç gereçlerden gıdaya koku ve tat geçişinin olmaması gerekmektedir. Alüminyumun hafif, iyi ısı iletkenliği, kolay temizlenebilir olması mutfak ekipmanı olarak kullanımının en önemli nedenleri arasındadır. Alüminyum ekipmanlar içerisinde pişirilen ürün içeriği özelliğinden etkilenmektedir (Erel, 1976).

Gıda üretiminin yapıldığı mutfaklarda geçmişten günümüze farklı özellikteki araç gereçler kullanılmıştır. Birçok çalışmada pişirme ekipmanlarından zararlı madde geçişleri olmuştur. Gıda işleme anında bu malzemeler gıda ile reaksiyona girmemeli, lezzetini ve yapısı bozmaması gerekir. Korozyona uğrayan ekipmanlardan pişirme esnasında gıdaya metal geçişi olabilmektedir. Alüminyum zamanla gıda ile reaksiyona girerek gıdaya metal bulaşı olmaktadır. Buda vücutta birikerek insan sağlığını tehlikeye sokmaktadır (Elveren ve Osma, 2021).

Alüminyum pişirme kaplarının kullanımı esnasında depolama ve muhafaza etmekte kullanılan ambalaj malzemesinde alüminyum geçişi olmaktadır. Alüminyum araç gereçler kontamine olan gıdada ağır metal kirliliğine neden olur (Dabonne, Koffi, Kouadio, Koffi ve Kouame, 2010).

Alüminyum pişirme ekipmanları ile Birleşmiş Milletler Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenen vücuda günlük tolere edilebilir 1 mg/kg vücut ağırlığı kadar olan alüminyum miktarının fazlasına maruz kalınabilmektedir. Gıdayı hazırlama ve pişirme sırasında üründe biriken alüminyum miktarı ortam ve ürün içerik özelliğine göre farklılık göstermektedir (Bassione vd, 2012).

Bir çalışmada evlerde kullanılan pişirme kaplarından ağır metal geçişinin halk sağlığı açısından endişe verici olduğu düşünülerek alüminyum ve dökme demir tencerelerde domates sos ve fasulyelerde ağır metal analizi yapılmıştır. Pişirme kaplarından ürün hazırlama ve pişirme sırasında bir miktar metal geçişi olduğu tespit edilmiştir. Bu miktarların önerilen güvenli limitlerin üzerinde alüminyum gibi metal geçişlerinin olduğu görülmüştür. Çalışma sonucu gıdaya metal geçişine ortamın pH ve temas süresinin artırma yönünde etkili olduğu göstermiştir (Ogidi, Sridhar ve Coker, 2017).

Paslanmaz çelik ekipmanların üretiminde en önemli element kromdur (Yüksel, 2002). Paslanmaz çeliklerin endüstriyel mutfaklarda en çok kullanılan çeşidi ostenitik paslanmaz çeliktir. Bu paslanmaz çelik çeşidinin korozyona direncinin yüksek olması, kolay temizlenebilir olması ve iyi ısı iletkenliğinin olması ekipmanın mutfaklarda kullanımını

yaygınlaştırmıştır (Doruk, 2005). Paslanmaz çelikler atmosfer ve suya dayanıklı özelliğe sahip olmaları ile birlikte asidik ve koroziv ortamlarda yapısı bozulmamaktadır (Yüksel, 2002). Paslanmaz çelik korozyona dayanıklı olması, ısıyı iyi iletmesi nedeniyle gıda sektöründe çok fazla kullanılan ekipmanlardır. Pişirme ve depolama sürelerine göre asitli gıda pişirildiğinde çelik ekipmandan ağır metal geçişi olmaktadır (Kamerud, Hobbie ve Anderson, 2013). Çelik ekipman üretiminin son aşaması olan deoksidasyon işleminde 329

oksijeni uzaklaştırmak için alüminyum elementi kullanılır. Alüminyum en güçlü deoksidanlar arasında olduğundan, çelikte bulunan diğer tüm oksitlerle birleşebilmekte ve kısmen veya tamamen azaltabilmektedir (Anonim, 2023)

Gıdaya ağır metal geçişinde etkili olan diğer bir etken ekipmanın yeni olmasıdır. Bir çalışmada yeni kullanılmamış ekipmandan gıdaya metal geçişi olduğu ortaya konulmuştur. Eski kaplardan metal geçişi yeni kaplara oranla daha fazla olduğu belirtilmiştir (Teyin ve Nizamlıoğlu, 2020).

Mutfak pişirme ekipmanlarının ürünün yapısı bozmaması, lezzetini etkilememesi ve kimyasallarla reaksiyona girmemesi gerekmektedir. Ekipmanlardan genel olarak beklenen özellik ısıyı iyi ve eşit iletterek yüksek randıman vermesidir (McGee, 2004).

## **2.6. Alüminyum Ekipmanların Korozyonu**

Metal yüzeylerin zamanla görünümünün, yüzey ve mekanik özelliklerinin dış etkenlerle bozulmasına korozyon adı verilir. Korozyon ile ilgili çalışmalar 19. Yüzyılda başlamıştır. Alüminyum ile ilgili ilk çalışma 1890 yılında alüminyum kullanımının artması ile başlamıştır (Korkmaz, 2010). Ekipmanların korozyonu toplum sağlığı açısından önem teşkil etmektedir. Korozyona uğramış pişirme kaplarından alüminyumun gıda içerisindeki varlığı risk oluşturmaktadır (Gerengi, 2008). Korozyona uğrayan ekipmanlardan gıdaya bulaş olduğu yapılan tespitler arasındadır (Teyin ve Nizamlıoğlu, 2020).

## **2.7. Alüminyumun İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri**

Alüminyum mutfak ekipmanlarından gıdaya alüminyum geçişi olabilmekte ve insan sağlığına zarar verebilmektedir. Alüminyumun geçiş kaynakları arasında üretim ve depolama sırasında temas halinde olan ambalaj, mutfak araç gereçleri, pişirme kapları yer almaktadır (Biricik vd, 2015).

Alüminyumun diyetle az miktarda alındığında akut toksisitesi gözlenmediği fakat uzun sürede alındığında risk oluşturduğu konusunda araştırmalar mevcuttur. Belli bir yıla

kadar alüminyumun tehlikeli olduğu düşünülmemiştir. 1972 yılında böbrek hastalarının tedavisinde sürekli kullanılan alüminyum içerikli ilaçları kullanan hastalarda bazı beyin hastalıklarının görülmesi üzerine alüminyumun insan sağlığına zararlı olduğu ile ilgili çalışmalar başlamıştır. Bu çalışmaların sonucunda alüminyumun önemli hastalıklara neden olduğu tespit edilmiştir (Nizamlıoğlu, 2023).

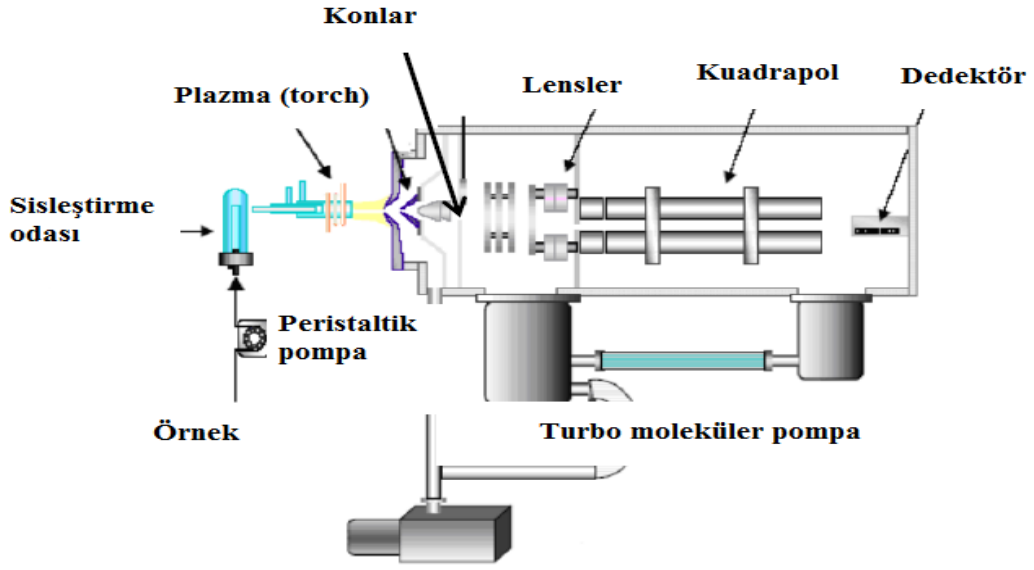
Son zamanlarda daha da önem kazanan zararsız olduğu düşünülen alüminyuma az miktarda uzun süreli maruz kalındığında insan sağlığı için risk oluşmuştur. Bu nedenle fazla miktarda alınması tehlikelidir. Alüminyum iskelet ve sinir sistemi rahatsızlıklarına, gastrointestinal, hematolojik gibi hastalıklara neden olabilmektedir (Akman, Atasever, Güçlü ve Gümüş, 2011). Son zamanlarda sağlık açısından önem kazanan ve sağlığa zararlı bir etken olmamasına rağmen vücuda alındığında riskli bir metaldir şeklinde ifade edilmiştir. Alüminyum vücuda farklı yollarla alındığında iskelet ve sinir sistemi hastalıkları gibi hastalıklara neden olmaktadır (Öztürk, 2011).

Alzheimer hastalığı olan kişilerin beyindeki küçük arter duvarlarında çok fazla alüminyumun olduğunu gösteren araştırmalar vardır (Nizamlıoğlu, 2023). İçme suyu ile vücuda alınan alüminyum Alzheimer hastalığına neden olduğu dair riskler tespit edilmiştir (Wang vd, 2016).

## **2.8. İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektroskopisi (ICP-MS)**

ICP-MS; Bir ve birden çok elementin aynı anda kantitatif ve kalitatif analizi yapılabilen spektroskopik analiz tekniğidir. 1960'lı yıllarda geliştirilerek elementlerin doğruluğu, yüksek duyarlılık nedeniyle kullanılan önemli analiz tekniği olmuştur (Bakırcı, 2018). ICP-MS tekniği gıda, içme suyu, jeoloji, petrokimya gibi birçok alanda analiz için kullanılmaktadır. Şekil.1' de görüldüğü gibi indüktif olarak eşleştirilmiş plazma (ICP) ve kütle spektrometresi (MS) olarak iki farklı bölümden oluşan analitik bir cihazdır (Bakırcı, 2018). Bu teknikte numuneler belirli çözücülerle fırınlarda yakılarak kalibrasyon bilgileri doğrultusunda seyreltilerek cihaza analiz için yerleştirilir

Spektroskopik analizlerin en gelişmişisi ICP-MS teknolojisidir. ICP-MS teknolojisinde ICP yüksek sıcaklıklarda numunelerin iyonlarına ayrışmasını, MS ise iyonlarında kütleleri sayesinde atomların ayrışmasını sağlayarak nitel ve nicel ölçümler yapar. Bu tekniğin önemli kılın aynı anda birden fazla nicel analiz yapıp çok düşük limitleri belirleyebilmesidir (İzol ve İnik, 2022). ICP-MS tekniği verimliliği yüksek olması ve spektral gürültünün az olması gibi avantajlar sayesinde tercih edilen bir tekniktir (Nasuh, 2021).



*Şekil 2.1. ICP-MS şematik görünümü (Bakırcı, 2018)*

### 3. YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Çalışmada materyal olarak yeni alüminyum tepsi (Resim 1), deformasyona uğramış alüminyum tepsi (Resim 2) ve kullanılmış çelik tepsi (çelik gastronom, Resim 3) kullanılmıştır. Çelik tepsi, üretiminde ara katmanda kullanılan alüminyumun gıdaya olası geçişi düşünülerek alüminyum tepsilerden gıdaya geçebilecek miktarların kıyası için kullanılmıştır. Bu ekipmanlarla endüstriyel ve ev tipi mutfaklarda pişirme ve muhafaza amaçlı en çok tercih edilen gıda ürünleri tercih edilmiştir.

Alüminyum ve çelik ekipmanlarda pişirme ve muhafaza edilen patlıcan musakka, tepsi kebabı, kazandibi, su böreği ve baklava ürünleri tercih edilmiştir. Bu ürünlerin ayrı ayrı tercih edilme nedeni mevcuttur. Patlıcan musakka yemeğinin tercih edilme nedeni dana eti ve salçalı sos kullanımından ötürü asidik ortam oluşmasıdır. Tepsi kebabı tercih edilme nedeni dana eti ve kuzu etinin kullanımı ile oluşan alkali ortam oluşmasıdır. Kazandibi tercih nedeni kullanılan ekipmanın direk ocak ateşine maruz kalması ve alkali ortam oluşmasıdır. Su böreğinin alt ve üst kısmı aynı oranda pişmiş olması gerekmektedir. Bunun içinde alüminyum tepsilerin iyi ve eşit ısı iletim özelliğinden faydalanmak istenilmiştir. Ev ve endüstriyel mutfaklarda baklava alüminyum tepsilerde üretilmektedir. Baklavaların istenilen kriterde pişirilebilmesi için alüminyum tepsinin ısı iletkenliği özelliğinden faydalanmak için alüminyum tepsi kullanılmıştır. Bu ürünlerin tüketime sunulma ve muhafaza sürelerine göre patlıcan musakka ve tepsi kebabı için 2 saat, kazandibi ve su böreği için 24 ve 48 saat, baklava için 24 saat, 48 ve 72 saat muhafaza süreleri belirlenmiştir. Tüm bu yiyecekler geleneksel olarak evlerde ve toplu beslenme sistemlerinde alüminyum tepsilerde pişirilmekte ve muhafaza edilmektedir. Örnekler saklama sürelerinde de bu kaplarda muhafaza edilmişlerdir.



**Resim 3.1.** Yeni alüminyum tepsi  
(Naile Doğan kişisel arşiv)



**Resim 3.2.** Deformasyonlu  
alüminyum tepsi (Naile Doğan  
kişisel arşiv)



**Resim 3.3.** Çelik tepsi (Naile Doğan kişisel arşiv)

### **3.2. Yöntem**

Alüminyum tepsilerde ve çelik tepside pişirilen ürünler uygun pişirme tekniği ile pişirilmiştir. Patlıcan musakka ve tepsi kebabı tepsi çeşitlerine hazırlanarak endüstriyel fırında 180 °C de 25- 30 dakika pişirilmiştir. Kazandibi hazırlığında muhallebi karışımı doğal gazlı ocaklarda yakma işlemi yapıldıktan sonra dinlenmeye bırakılmıştır. Su böreği tepsilere hazırlandıktan sonra endüstriyel fırında 220 °C 60- 70 dakikada alt-üst zeminleri çevrilerek pişirilmiştir. Baklava tepsilere hazırlandıktan sonra endüstriyel fırında 220- 230 °C'de 60 dakika pişirilerek şerbeti verilmiştir. Bu ürünler tüketime sunulan alüminyum ve çelik tepside uygun sürelerde muhafaza edilerek alüminyumun gıdaya olası geçişi analiz edilmiştir. Tercih edilen ürünler Başkent Üniversitesi Geliştirme Vakfı İktisadi İşletmesi (BÜGEV) ana mutfak üretim bölümünde hazırlanmıştır.

#### **3.2.1. Örneklerin analize hazırlanması**

Alüminyum tepsilerde ve çelik tepsilerde pişirilen ürünler tüketimi için bekletilen uygun muhafaza süreleri belirlenmiştir. Tercih edilen ürünler tüketim süresinden dolayı piştiği gün ve uygun sürede pişme ekipmanında bekletilerek süre sonundan numune alınmıştır. Patlıcan musakka ve tepsi kebabında tüketim için yemek servis süresi ve sıcaklığında (85 °C) muhafaza edildiğinden 2 saat muhafaza süre tespiti yapılmıştır. Kazandibi ve su böreği ürünün tüketilebilir olma süreleri 24 ve 48 saat olarak, Baklava ürününün ise tüketim süresi uygunluğu kapsamında 24, 48 ve 72 saat olarak süre belirlenmiştir. Belirlenen muhafaza sürelerinin sonunda resmi numune alma prosedürüne göre en az 250 gr numuneler steril numune poşetlerine(Resim 4) konulmuştur. Numuneler Özel Çevre Gıda Analiz Laboratuvarına analiz için gönderilmiştir.



**Resim 3.4.** Steril numune poşeti (Naile Doğan kişisel arşiv)

### **3.2.2. ICP-MS ile örneklerin analiz edilmesi**

Özel Çevre Gıda Analiz Laboratuvarında ICP-MS analiz tekniği ile numunler içerisindeki alüminyum miktarı belirlenmiştir. Şahit numunelerde dahil olmak üzere her bir örnek üç tekrar olarak çalışılmıştır. Tüm istatistiksel hesaplamaları yapılmıştır.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmadan elde edilen bulgulara göre, patlıcan musakka, tepsi kebabı, kazandibi, su böreği ve baklava numunelerinde tespit edilen alüminyum miktarlarının ortalama değerleri Tablo 1’de yer almaktadır.

**Tablo 4.1.** Farklı pişirme kaplarında pişirilen ürünlerin alüminyumun ortalamaları(mg/kg)

ÜRÜN	SÜRE	TEPSİ TÜRÜ	AL MİKTARI
<i>Patlıcan Musakka</i>	2 Saat	Yeni Al Tepsi	2,81±0,02
		Deformasyonlu Al Tepsi	3,68±0,03
		Çelik Tepsi	2,65±0,01
<i>Tepsi Kebabı</i>	2 Saat	Yeni Al Tepsi	3,54±0,03
		Deformasyonlu Al Tepsi	1,7±0,26
		Çelik Tepsi	3,35±0,02
<i>Kazandibi</i>	24 Saat	Yeni Al Tepsi	ND
		Deformasyonlu Al Tepsi	ND
		Çelik Tepsi	ND
	48 Saat	Yeni Al Tepsi	2,67±0,02
		Deformasyonlu Al Tepsi	ND
		Çelik Tepsi	ND
<i>Su Böreği</i>	24 Saat	Yeni Al Tepsi	0,94±0,02
		Deformasyonlu Al Tepsi	1±0,03
		Çelik Tepsi	ND
	48 Saat	Yeni Al Tepsi	1,67±0,03
		Deformasyonlu Al Tepsi	1,25±0,03
		Çelik Tepsi	ND
<i>Baklava</i>	24 Saat	Yeni Al Tepsi	ND
		Deformasyonlu Al Tepsi	ND
		Çelik Tepsi	ND
	48 Saat	Yeni Al Tepsi	0,76±0,03
		Deformasyonlu Al Tepsi	0,81±0,01
		Çelik Tepsi	ND
	72 Saat	Yeni Al Tepsi	1,03±0,02
		Deformasyonlu Al Tepsi	6,26±0,03
		Çelik Tepsi	ND

Tablo 1 ‘de görüldüğü gibi patlıcan musakkada 2 saat yemek servis süresi sonunda en düşük alüminyum miktarı 2,65±0,01 çelik tepside tespit edilirken en yüksek alüminyum miktarı ise deformasyonlu alüminyum tepside 3,68±0,02 olarak tespit edilmiştir. Tepsi kebabında en düşük alüminyum miktarı 1,7±0,26 olarak deformasyonlu alüminyum tepside

tespit edilirken en yüksek alüminyum miktarı  $3,54\pm 0,03$  olarak yeni alüminyum tepside tespit edilmiştir.

Kazandibinde 24 saat süre için yeni alüminyum tepsi, deformasyonlu alüminyum tepsi ve çelik tepsilerde gıdaya geçen alüminyum miktarı tespit edilmemiştir. 48 saat süre için ise yeni alüminyum tepside  $2,67\pm 0,02$  olarak alüminyum miktarı tespit edilirken deformasyonlu alüminyum tepsi ve çelik tepside gıdaya geçen alüminyum miktarı tespit edilmemiştir.

Su böreği örneğinde 24 saat süre için en düşük alüminyum miktarı  $0,94\pm 0,02$  olarak tespit edilirken en yüksek alüminyum miktarı  $1\pm 0,03$  olarak edilmiştir. Su böreği 48 saat süre için ise en düşük alüminyum miktarı  $1,25\pm 0,03$  olarak tespit edilirken en yüksek alüminyum miktarı  $1,67\pm 0,03$  olarak tespit edilmiştir. Su böreği örneğinin 24 ve 48 saat süreleri için çelik tepsilerde gıdaya geçen alüminyum miktarı tespit edilememiştir.

Baklava 24 saat süre için 3 tepsi çeşidinde de gıdaya geçen alüminyum miktarı tespit edilememiştir. Baklava 48 saat süre için çelik tepside gıdaya geçen alüminyum miktarı tespit edilemezken en düşük alüminyum miktarı  $0,76\pm 0,03$  olarak yeni alüminyum tepside tespit edilirken en yüksek alüminyum miktarı  $0,81\pm 0,01$  olarak deformasyonlu alüminyum tepside tespit edilmiştir. Baklava 72 saat süre için ise en düşük alüminyum miktarı  $1,03\pm 0,02$  olarak yeni alüminyum tepside tespit edilirken en yüksek alüminyum miktarı  $6,26\pm 0,03$  olarak deformasyonlu alüminyum tepside tespit edilmiştir. Çelik tepside 72 saat süre için alüminyum miktarı tespit edilememiştir.

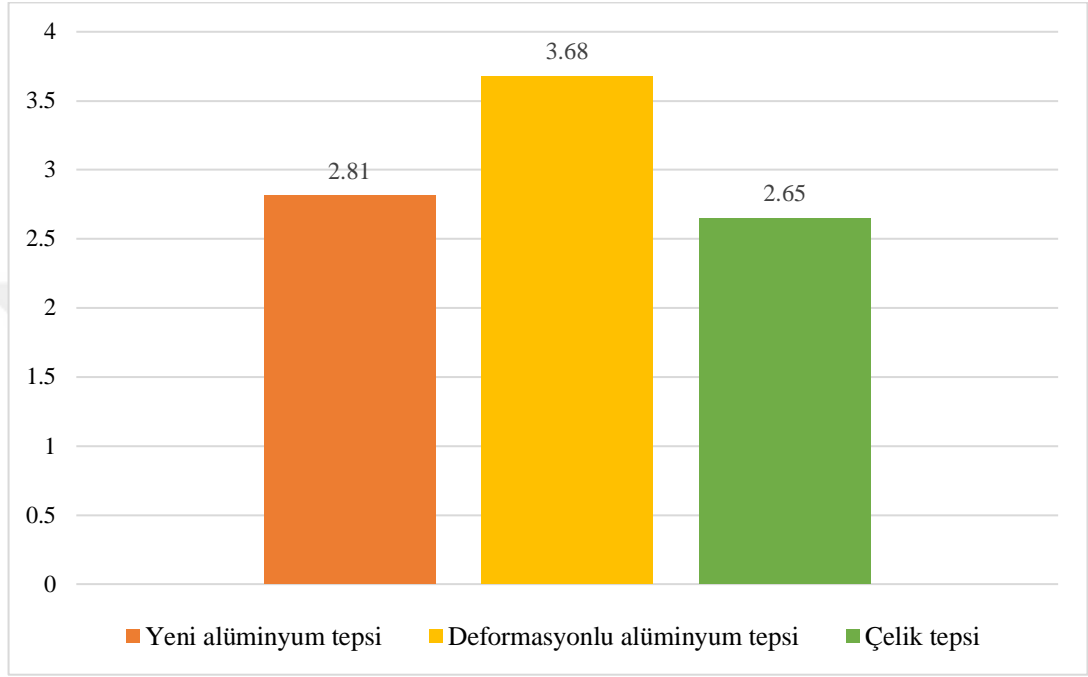
#### 4.1. Patlıcan Musakka Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

*Tablo 4.2. Patlıcan Musakka Ölçümlerinin Karşılaştırılması*

Süre	Tepsi türü						
	Yeni alüminyum tepsi		Deformasyonlu alüminyum tepsi		Çelik tepsi		p
Ort.	S.S.	Ort.	S.S.	Ort.	S.S.		
2 saat	2,81	0,02	3,68	0,03	2,65	0,02	,001

Patlıcan musakka ürününün 2 saat bekletildiği 3 farklı tepsi türünden alınan 3'er ölçüm neticesinde elde edilen bulgulara bakıldığında yeni alüminyum tepside alınan alüminyum değerlerinin ortalama  $2,81\pm 0,02$  mg/kg olduğu görülürken, deformasyonlu alüminyum tepside alınan alüminyum değerlerinin ortalama  $3,68\pm 0,03$  mg/kg ve çelik tepside alınan alüminyum değerlerinin ortalama  $2,65\pm 0,02$  mg/kg olduğu görülmektedir. Tablo 2'de yer

alan bu değerler arasındaki farklılıkları test etmek için Friedman analizi uygulanmıştır. Şekil 2’de de bu sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda deformasyonlu alüminyum tepside alınan ölçüm değerlerinin, yeni alüminyum tepsi ve çelik tepside alınan ölçüm değerlerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde yüksek olduğu görülmüştür.  $p < 0,05$



*Şekil 4.1. Patlıcan Musakka Ölçümlerinin Karşılaştırılması*

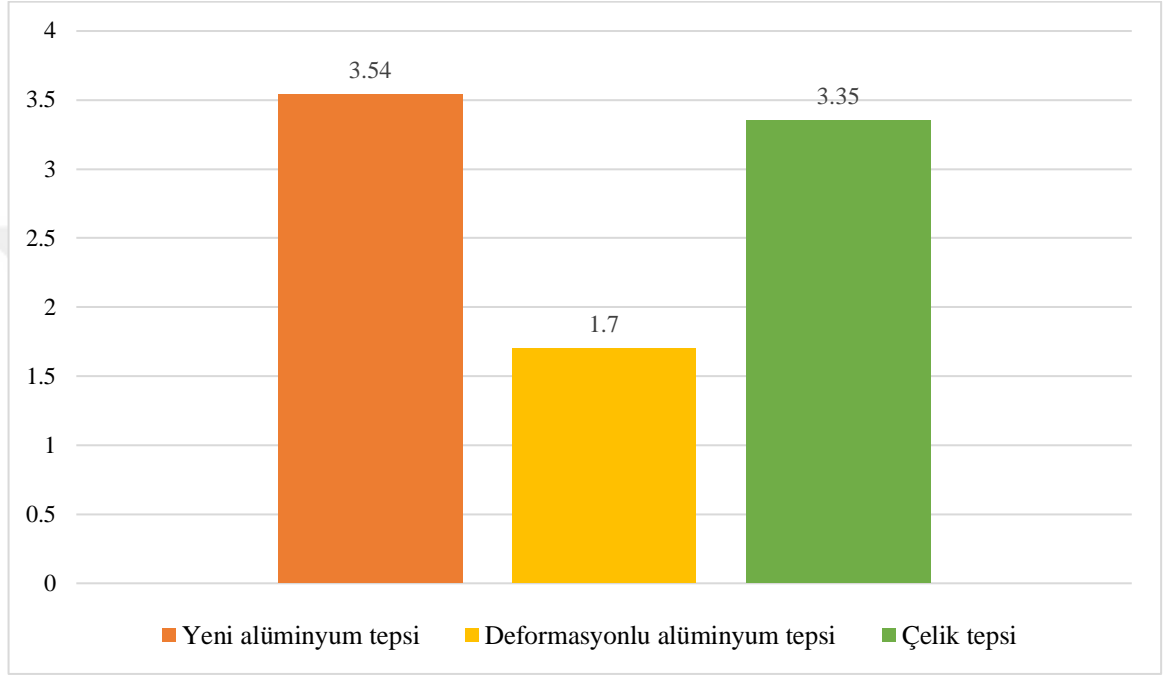
#### 4.2. Tepsi Kebabının Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

*Tablo 4.3. Tepsi Kebabı Ölçümlerinin Karşılaştırılması*

	Tepsi türü						
	Yeni alüminyum tepsi		Deformasyonlu alüminyum tepsi		Çelik tepsi		p
Süre	Ort.	S.S.	Ort.	S.S.	Ort.	S.S.	
2saat	3,54	0,03	1,70	0,26	3,35	0,02	,006

Tepsi kebabı ürününün 2 saat bekletildiği 3 farklı tepsi türünden alınan 3’er ölçüm neticesinde elde edilen bulgulara bakıldığında yeni alüminyum tepside alınan alüminyum değerlerinin ortalama  $3,54 \pm 0,03$  mg/kg olduğu görülürken, deformasyonlu alüminyum

tepsiden alınan alüminyum değerlerinin ortalama  $1,7 \pm 0,26$  mg/kg ve çelik tepside alınan alüminyum değerlerinin ortalama  $3,35 \pm 0,02$  mg/kg olduğu görülmektedir. Tablo 3’de ölçülen bu değerler arasındaki farklılıkları test etmek için Friedman analizi uygulanmıştır. Şekil 3’te kıyaslanan analiz sonucu deformasyonlu alüminyum tepside alınan ölçüm değerlerinin, yeni alüminyum tepsisi ve çelik tepside alınan ölçüm değerlerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde düşük olduğu görülmüştür.  $p < 0,05$



*Şekil 4.2. Tepsi Kebabı Ölçümlerinin Karşılaştırılması*

### 4.3. Kazandibi Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

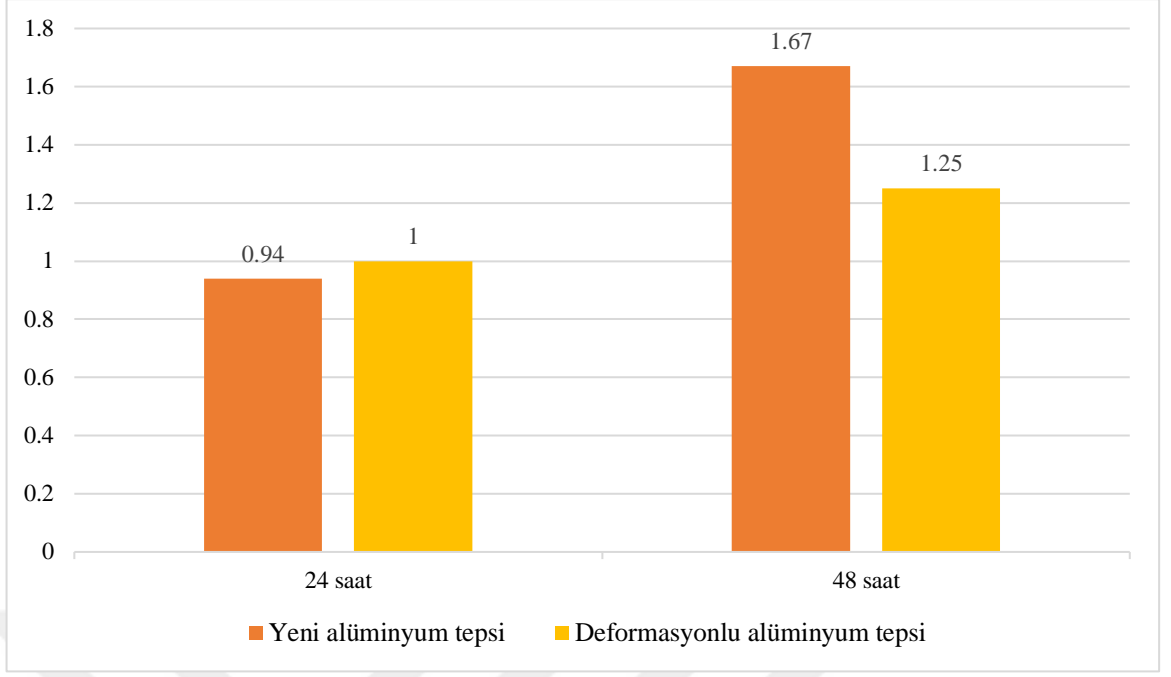
Kazandibi örneğinin yeni alüminyum tepsisi, deformasyonlu alüminyum tepsisi ve çelik tepsideki analiz sonuçlarında 24 saatlerinde alüminyum miktarı tespit edilemezken 48 saatlik ölçümlerinde sadece yeni alüminyum tepsisi numunesinde alüminyum  $2,67 \pm 0,02$  mg/kg olarak tespit edilmiştir. Diğer numunelerde tespit edilemediği için 48 saatlik yeni alüminyum tepsisi sonucundaki alüminyum miktarının istatistiksel olarak kıyaslama yapılacak bir veri yoktur.

#### 4.4. Su Boreğinin Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

*Tablo 4.4. Su Boreği Ölçümlerinin Karşılaştırılması*

Süre	Yeni alüminyum tepsi		Deformasyonlu alüminyum tepsi		p
	Ort.	S.S.	Ort.	S.S.	
24 saat	0,94	0,02	1,00	0,03	0,109
48 saat	1,67	0,03	1,25	0,03	0,083

Su boreği ürününün 24 saat bekletildiği 2 farklı tepsi türünden alınan 3'er ölçüm neticesinde elde edilen bulgulara bakıldığında yeni alüminyum tepside alınan alüminyum değerlerinin ortalama  $0,94 \pm 0,02$  mg/kg olduğu görülürken, deformasyonlu alüminyum tepside alınan alüminyum değerlerinin ortalama  $1,00 \pm 0,03$  mg/kg olduğu görülmektedir. Su boreği ürününün 48 saat beklediği 2 farklı tepsi türünden alınan 3'er ölçüm sonucuna bakıldığında ise yeni alüminyum tepside alınan alüminyum değerlerinin ortalama  $1,67 \pm 0,03$  mg/kg olduğu görülürken, deformasyonlu alüminyum tepside alınan alüminyum değerlerinin ortalama  $1,25 \pm 0,03$  mg/kg olduğu görülmektedir. Tablo 4'de ölçülen bu değerler arasındaki farklılıkları test etmek için Wilcoxon analizi uygulanmıştır. Şekil 5'te analiz sonuçları kıyaslanmıştır. Yapılan analiz sonucunda yeni alüminyum tepsi ve deformasyonlu alüminyum tepside alınan hem 24 saatlik ölçümlerin hem de 48 saatlik ölçümlerin istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde farklılaşmadığı bulunmuştur.  $p > 0,05$



**Şekil 4.3.** Su Böreği Ölçümlerinin Karşılaştırılması

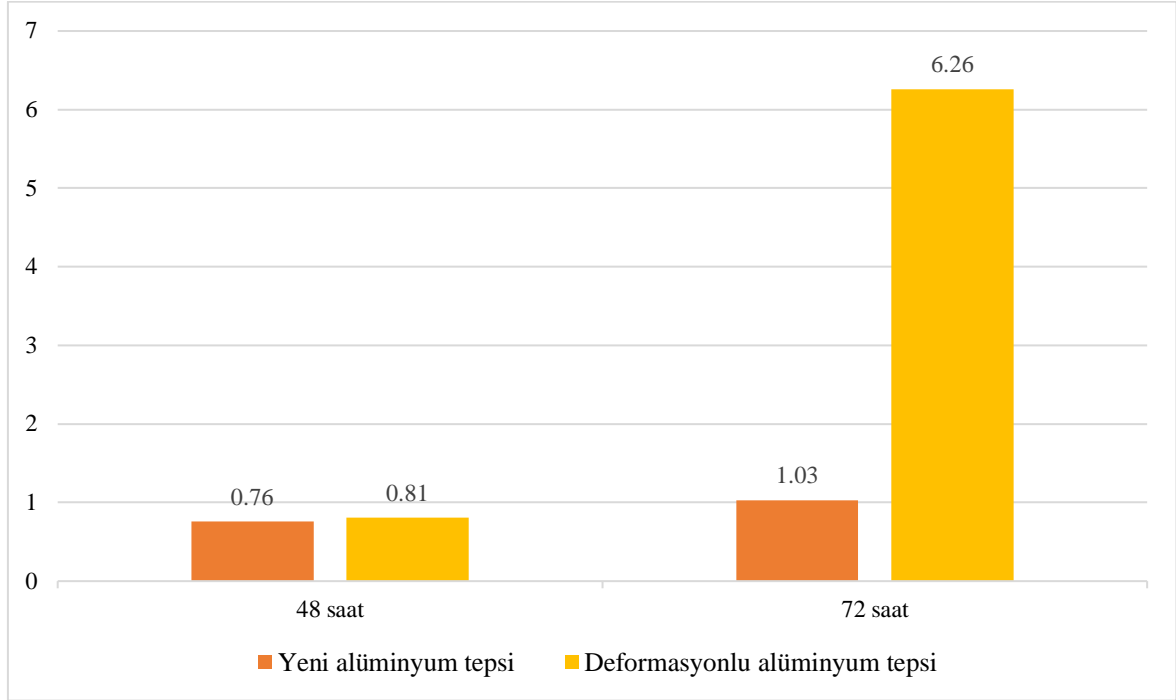
#### 4.5. Baklava Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

**Tablo 4.5.** Baklava Ölçümlerinin Karşılaştırılması

Süre	Yeni alüminyum tepsi		Deformasyonlu alüminyum tepsi		p
	Ort.	S.S.	Ort.	S.S.	
48 saat	0,76	0,03	0,81	0,01	0,102
72 saat	1,03	0,02	6,26	0,03	0,000

Baklava ürününün 48 saat bekletildiği 2 farklı tepsi türünden alınan 3'er ölçüm neticesinde elde edilen bulgulara bakıldığında yeni alüminyum tepside alınan alüminyum değerlerinin ortalama  $0,76 \pm 0,03$  mg/kg olduğu görülürken, deformasyonlu alüminyum tepside alınan alüminyum değerlerinin ortalama  $0,81 \pm 0,01$  mg/kg olduğu görülmektedir. Baklava ürününün 72 saat beklediği 2 farklı tepsi türünden alınan 3'er ölçüm sonucuna bakıldığında ise yeni alüminyum tepside alınan alüminyum değerlerinin ortalama  $1,03 \pm 0,02$  mg/kg olduğu görülürken, deformasyonlu alüminyum tepside alınan alüminyum değerlerinin ortalama  $6,26 \pm 0,03$  mg/kg olduğu görülmektedir. Tablo 5'te ölçülen bu değerler

arasındaki farklılıkları test etmek için Wilcoxon analizi uygulanmıştır. Sonuçlar Şekil 6 'te kıyası yapılarak analiz sonucu yeni alüminyum tepsi ve deformasyonlu alüminyum tepsiden alınan 48 saatlik ölçümlerin istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde farklılaşmadığı bulunmuştur.  $p > 0,05$ . Öte yandan deformasyonlu alüminyum tepsiden alınan 72 saatlik ölçümlerin, yeni alüminyum tepsiden alınan 72 saatlik ölçümlere kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha yüksek olduğu görülmüştür.  $p < 0,05$



**Şekil 4.4.** Baklava Ölçümlerinin Karşılaştırılması

#### 4.6. Tartışma

Alüminyum vücuda farklı yollarla alınır. Vücudun alüminyum maruziyetinin çoğu gıda tüketimiyle olur. Ağır metal olan alüminyum pişirme kaplarıyla teması sonucu gıdaya bulaşır. Pişirme kaplarından gıdaya alüminyum geçiş miktarının belirlenmesi amaçlanan bu çalışmada beş farklı ürünün farklı muhafaza sürelerinde yeni alüminyum tepsi, deformasyonlu alüminyum tepsi ve çelik tepsidede geleneksel pişirme yöntemleri ile pişirilerek hazırlanan ürünlerde alüminyum miktarı belirlenmiştir.

Türk Gıda Kodeksi 'Gıda ile temas eden alüminyum ve alüminyum alaşımı madde ve malzemeler' yönetmeliğinde gıdaya geçen alüminyum miktarı en fazla 5 mg/kg gıda olarak bildirilmiştir. Bu çalışmada beş farklı ürünün farklı tepsi ve muhafaza sürelerinin ölçüm

sonuçları Baklava numunesi deformasyonlu alüminyum tepsi 72 saat ölçümü ( $6,26\pm 0,03$ ) dışında sonuçlar yönetmeliğe uyumludur.

World Health Organization (WHO) günlük alüminyum alım miktarı limitlerine göre bu çalışmadaki numunelerin alüminyum miktarları WHO limitlerini geçmemektedir.

**Tablo 4.6.** Analiz sonuçlarının WHO limiti ile karşılaştırılması

ÜRÜN	SÜRE	TEPSİ TÜRÜ	AL MİKTARI	WHO
<b>Patlıcan Musakka</b>	2 Saat	Yeni Al Tepsi	2,81±0,02	3-14
		Deformasyonlu Al Tepsi	3,68±0,03	
		Çelik Tepsi	2,65±0,01	
<b>Tepsi Kebabı</b>	2 Saat	Yeni Al Tepsi	3,54±0,03	3-14
		Deformasyonlu Al Tepsi	1,7±0,26	
		Çelik Tepsi	3,35±0,02	
<b>Kazandibi</b>	24 Saat	Yeni Al Tepsi	ND	3-14
		Deformasyonlu Al Tepsi	ND	
		Çelik Tepsi	ND	
	48 Saat	Yeni Al Tepsi	2,67±0,02	
		Deformasyonlu Al Tepsi	ND	
		Çelik Tepsi	ND	
<b>Su Böreği</b>	24 Saat	Yeni Al Tepsi	0,94±0,02	3-14
		Deformasyonlu Al Tepsi	1±0,03	
		Çelik Tepsi	ND	
	48 Saat	Yeni Al Tepsi	1,67±0,03	
		Deformasyonlu Al Tepsi	1,25±0,03	
		Çelik Tepsi	ND	
<b>Baklava</b>	24 Saat	Yeni Al Tepsi	ND	3-14
		Deformasyonlu Al Tepsi	ND	
		Çelik Tepsi	ND	
	48 Saat	Yeni Al Tepsi	0,76±0,03	
		Deformasyonlu Al Tepsi	0,81±0,01	
		Çelik Tepsi	ND	
	72 Saat	Yeni Al Tepsi	1,03±0,02	
		Deformasyonlu Al Tepsi	6,26±0,03	
		Çelik Tepsi	ND	

Güneş (2001) çalışmasında yemeklerde yapılan analizlerin yemeklerdeki alüminyum miktarları  $11.0\pm 0.56$  ve  $20.0\pm 1.14$  tespit edilirken bu tez çalışmasındaki numunelerde ortaya çıkan alüminyum miktarları ile kıyaslandığında ölçümler fazlasıyla düşüktür.

Ojezele, Ojezele ve Adeosun (2016) yaptıkları çalışmada eski yeni alüminyum kap, eski ve yeni çelik kap, demir ve kil kaplar olmak üzere altı farklı pişirme kabında pişirilen

pirinçte ağır metallerin ölçümleri yapmışlardır ve alüminyumun en yüksek bulaş yeni alüminyum kaptaki pirinçte  $440\pm 60$  mg/kg olarak belirlenmiştir. Çalışmadaki üç farklı tepside pişen ürünlerin tespit edilen alüminyum miktarları ile kıyaslandığında ciddi fark olduğu gözlemlenmiştir.

Kullanılmış çelik tepside asitli ürünlerin pişirilmesi sonucu ağır metal geçişi olabilmektedir (Kamerud vd, 2013). Asitli ortam oluşmasında ürünün üretiminde salça kullanımının etkisi olmaktadır. Araştırmada çelik tepside alüminyum geçişi olması nedenleri arasında olduğu düşünülmektedir.

Tepsi kebabında yeni alüminyum tepside alüminyum geçişinin diğer numunelerden yüksek çıkması beklenmedik sonuçtur. Bunun nedenin yeni alüminyum tepsinin herhangi korozyona uğrayıp uğramadığı bilinmemesidir. İnan Eroğlu (2017) çalışmasında dana eti ve kuzu etinin kullanımı ortamın alkali oranını artırdığı tespitine dayanak alüminyum geçiş miktarını etkilediği düşünülmektedir.

Kazandibi örneğinde de muhafaza süresinin uzaması ile yeni alüminyum tepside geçiş olduğu tespit edilirken diğer numunelerden alüminyum geçişi tespit edilmemiştir. Alüminyum geçişini etkileyen faktörlerden biri de temas süresidir.

Su böreği numunelerinden yeni alüminyum tepside deformasyonlu alüminyum tepside alüminyum geçişinin artması, çelik tepside geçiş tespit edilmemesi ile beklenen sonuç elde edilmiştir.

Baklava numunesinde muhafaza süresinin uzaması halinde alüminyum geçişinin arttığı ve çelik tepside geçiş olmadığı tespiti ile olumlu sonuç elde edilmiştir

Weidenhamer ve arkadaşları (2014) alüminyum pişirme ekipmanlarda asitli yemekler pişirilmiştir. Pişirilen yemekler yemek bekletme sürelerinde alüminyum kaplarda muhafaza edildiklerinde önemli oranda ağır metal geçişi olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada pişirme süreleri ve muhafaza sürelerinin ağır metal geçişinde önemli etken olduğu belirtilmiştir. Alüminyum ağır metal miktarını 174 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu tez çalışmasındaki alüminyum miktarı bu değer çok altında kalmıştır.

Bir başka çalışmada eski ve yeni çelik ekipmandan gıdaya ağır metal geçişini incelenmiştir. Analiz sonucunda kadmiyum ve krom geçişi olduğu tespiti yapılmış ve eski çelik ekipmandaki metal geçişinin daha yoğun olduğu tespit edilmiştir (Temidayo, 2011). Bu tez çalışmasında kullanılmış çelik ekipmandan da alüminyum geçişi olduğu tespit edilmiştir. Farklı ağır metal geçişinin olması çelik ekipman üretiminde farklı yöntemler uygulanmış olduğu sonucunu ortaya koymaktadır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Alüminyum karakteristik özellikleri nedeniyle mutfak malzemesi olarak çok fazla kullanılmaktadır. Mutfak malzemesi olarak kullanımı yaygın olmasının yanı sıra gıdaya temasıyla gıdaya alüminyum geçişi olmaktadır. Alüminyumun pişirme ekipmanlarından gıdaya geçişini etkileyen faktörler süre, sıcaklık, yağ içeriği, pH değeri, asitler ve tuzlar gibi maddelerin varlığıdır (İnan Eroğlu 2017).

Bu çalışmada endüstriyel ve ev tipi mutfaklarda alüminyum pişirme kaplarının en çok kullanıldığı patlıcan musakka, tepsi kebabı, kazandibi, su böreği ve baklava tercih edilmiştir.

Bu tercih edilen ürünler servis edilmesi için uygun muhafaza süreleri belirlenmiştir. Yeni alüminyum tepsi ve deformasyonlu alüminyum tepside pişirilen ürünlerin alüminyum geçiş miktarının belirlenmesi için karşılığında en az iki yıl kullanılmış çelik tepside de ürünler pişirilmiştir. Muhafaza sürelerinin sonunda alınan numuneler ICP-MS ile analiz edilmiştir. Patlıcan musakka yeni alüminyum tepsi, deformasyonlu alüminyum tepsi ve çelik tepsi ile pişirilip 2 saat muhafaza edilmesi sonucu sırasıyla alüminyum miktarları  $2,81\pm 0,02$ ;  $3,68\pm 0,03$  ve  $2,65\pm 0,01$  mg/kg' dir. Tepsi kebabı yeni alüminyum tepsi, deformasyonlu alüminyum tepsi ve çelik tepsi ile pişirilip 2 saat muhafaza edilmesi sonucu sırasıyla alüminyum miktarları  $3,54\pm 0,03$ ;  $1,7\pm 0,26$  ve  $3,35\pm 0,02$  mg/kg' dir. Kazandibi üç farklı tepside pişirilerek 24 ve 48 saat muhafaza edilen üründen sadece yeni alüminyum tepside pişirilen 48 saat muhafaza edilen numunede alüminyum  $2,67\pm 0,02$  mg/kg olarak tespit edilmesinin dışında diğer numunelerde alüminyum tespit edilememiştir. Su böreğinde yeni alüminyum tepsi, deformasyonlu alüminyum tepsi ve çelik tepsi de pişirilip 24 ve 48 saat muhafaza edildikten sonra analiz sonucu çelik tepsilerde alüminyum tespit edilemezken yeni alüminyum ve deformasyonlu alüminyum tepside sırasıyla 24 saatte  $0,94\pm 0,02$ ;  $1\pm 0,03$  mg/kg; 48 saatte  $1,67\pm 0,03$ ;  $1,25\pm 0,03$  mg/kg' dir. Baklavada da yine üç farklı tepsilerde ve bu kez 24 saat, 48 saat ve 72 saat muhafaza edilerek numunelerden analiz edilmiştir. 24 saatlik numunelerden ve çelik tepsi numunelerinden alüminyum tespiti yapılmamıştır. 48 saatlik muhafaza sürelerinde yeni alüminyum ve deformasyonlu alüminyum tepside sırasıyla alüminyum miktarları  $0,76\pm 0,03$ ;  $0,81\pm 0,01$  mg/kg' dir. 72 saatte yeni alüminyum tepsi ve deformasyonlu alüminyum tepside analiz sonuçlarına göre alüminyum miktarları  $1,03\pm 0,02$ ;  $6,26\pm 0,03$  mg/kg' dir.

Patlıcan musakka numunelerinde yeni alüminyum tepsi ve çelik tepsideki örneklerden alüminyum geçişi deformasyonlu alüminyum tepsi örneğinden daha düşük sonuç tespit

edilerek orantısal bir veriye ulaşılmıştır. Çelik tepside alüminyum varlığı Teyin (2018) çalışmasında çelik tencerede pişirdiği nohut örneğinde ( $165 \pm 13$ ) alüminyum varlığını tespit etmiştir.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre alüminyum analiz sonuçlarının hemen hemen hepsi yasal limitlerin altında kalmıştır. Tolere edilebilir alım düzeyine dikkat edilerek alüminyumun toksik etkisinden korunabilir. Alüminyumun toksik etkisi göz önüne alındığında endüstriyel ve ev tipi mutfak ekipmanı olarak kullanımını sınırlandırılmalıdır. Mutfaklarda pişirme kabı olarak alüminyum yerine çelik ekipmanlar tercih edilmelidir. Ayrıca alüminyum pişirme kaplarını muhafaza amaçlı kullanılmamalıdır. Çünkü alüminyum ile teması azaltarak olası alüminyum geçişini engellenebilir veya azaltılabilir.



## KAYNAKLAR

- Aguilar, F. Autrup, H. Barlow, S. Castle, L. Crebelli, R. Dekant, W. et al. (2008). Safety of aluminium from dietary intake scientific opinion of the panel on food additives, flavourings, processing aids and food contact materials (AFC). *EFSA J.* 754:1-34.
- Akman, Ö., Atasever, A., Güçlü, E. ve Gümüş, G. (2013). Alüminyum ve İnsan. Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi XIII. Öğrenci Sempozyumu Çalışma Grubu Raporları.
- Anonymous, (2004). On Materials And Articles Intended To Come Into Contact With Food, No:1935/2004, European Union
- Anonymous, (2011). Türk Gıda Kodeksi Gıda ile Temas Eden Madde ve Malzemeler Yönetmeliği, R.G. 29.12.2011-28157
- Anonim, (2023). <https://paslanmazcelik.poetry.blog/celiklerde-aluminyum/> . Erişim Tarihi 18 Aralık 2023.
- Ashby, J. (1999). The aluminium legacy: the history of the metal and its role in architecture. *Construction History*, 15, 85.
- Aronson, J.K. (2006). Meyler's Side Effects of Drugs: The International Encyclopedia of Adverse Drug Reactions and Interactions. 15th ed. Amsterdam: Elsevier; 2006. Aluminium; p. 97-105
- Arvanitoyannis, I. S. ve Kotsanopoulos, K. V. (2014). Migration phenomenon in food packaging. Food–package interactions, mechanisms, types of migrants, testing and relative legislation—areview, *Food and Bioprocess Technology*, 7, 21-36.
- Bakırcı, S. (2019). ''Aydın İlinde Üretimi Yapılan Bazı Arı Ürünlerindeki Ağır Metal Düzeylerinin Karşılaştırılması '' . (Yüksek Lisans Tezi). Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Aydın.
- Bassioni, G., Mohammed, F. S., Zubaidy, E. A. & Kobrsi, I. (2012). Risk assessment of using aluminum foil in food preparation. *International Journal of Electrochemical Science*, 7, 4498-4509.

- Baş, M. (2004). Besin Hijyeni Güvenliği ve HACCP, Birinci Baskı, Ankara: Sim Matbaacılık.
- Bedir, N. (2010). ‘‘ Açık ve Paket Çaylarda Bulunan Ağır Metallerin İcp-Oes ile Analizleri’’. (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Sakarya
- Biricik,G. Çöplü, N. ve Dağdelen, A.F (2015). ‘‘Gıda ile Temas Eden Madde ve Malzemelerden Gıdaya Geçebilecek Alüminyum Miktarı ve Bunun Riskleri’’, Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi, 15: 1-8.
- Bondy, SC. (2009). Encyclopedia of Neuroscience. Oxford: Academic Press. Aluminum; p. 253-7
- Çınar, G. (2018). ‘‘ Kâğıt Esaslı Gıda Ambalajlarının Ağır Metal İçeriklerinin İncelenmesi’’. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul
- Dabonne, S., Koffi, B. P. K., Kouadio, E. J. P., Koffi, A. G. & Kouame, L. P. (2010). Traditional utensils: potential sources of poisoning by heavy metals. British Journal of Pharmacology and Toxicology, 1(2), 90- 92.
- Demirok Soncu, E. (2021).’’ Gıdalardaki Tehlike: Ambalaj Materyalinden Bulaşan Migrasyonu’’. Gıda Alerjenleri, Bulaşanları ve Halk sağlığı Açısından Önemi Sempozyumu Bildiri Kitabı. 24-25 Haziran. s.77
- Domingo, JL. (2003). Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. 2nd ed. Oxford: Academic Press. Aluminum (Aluminium) | Toxicology; p. 160-6.
- Doruk, İ. (2005). ‘‘ Gıda Sanayinde Kullanılan Paslanmaz Çelikler Ve Bu Çeliklere Uygulanan Kaynak Yöntemleri’’. (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi,Fen Bilimler Enstitüsü. Denizli.
- Duggan, JM. Dickeson, JE. Tynan, PF. Houghton, A. Flynn, JE. (1992). Aluminium beverage cans as a dietary source of aluminium. The Medical Journal of Australia. 156(9):604-5.

- Elveren, M. ve Osma, E. (2021). ‘ Farklı Özellikteki Tencerelerde Pişirilen Sebzelerde Element Birikiminin Araştırılması ‘ . BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi . 8(2), 732-738. Bilecik
- Erel, S. (1976). Kurum Mutfak Araçlarının Yapımında Kullanılan Malzemelerin Özellikleri, Kullanma ve Bakımları. Beslenme ve Diyet Dergisi, 5(2), 171–176.
- Exley, C. (2003). A biogeochemical cycle for aluminium. Journal of Inorganic Biochemistry. 97(1):1-7.
- Fernandez-Lorenzo, JR. Cocho, JA. Rey-Goldar, ML. Couce, M. Fraga, JM. (1999). Aluminum contents of human milk, cow's milk, and infant formulas. Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition. 28(3):270-5.
- Flarend, R. Bin, T. Elmore, D. Hem, SL. (2001). A preliminary study of the dermal absorption of aluminium from antiperspirants using aluminium-26. Food and Chemical Toxicology. 39(2):163-8.
- Gad, SC. (2014). Encyclopedia of Toxicology. 3rd ed. Oxford: Academic Press; Aluminum; p. 161-3.
- Gerengi, H., (2008). ‘Tafel Polarizasyon (TP), Lineer polarizasyon (LP), Harmonik Analiz (HA) ve Dinamik Elektrokimyasal impedans Spektroskopisi (DEIS) Yöntemleriyle Düşük Karbon Çeliği (AISI 1026), Pirinç-MM55 ve Nikalium-118 Alaşımlarının Yapay Deniz Suyunda Korozyon Davranışları ve Pirinç Alaşımlarına Benzotriazol’un İnhibitör Etkisinin Araştırılması’’. (Doktora Tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi. Eskişehir
- Glenny, AT PC, Waddington, H. Wallace, V. (1926). The antigenic value of toxoid precipitated by potassium-alum. Journal of Pathology and Bacteriology. 29:38-45.
- Günaydın, N. (2005). ‘Uzun süreli alüminyum kaplarda yapılan yoğurtlarla beslenenlerde plazma alüminyum seviyeleri ile oksidatif durum arasındaki ilişkinin araştırılması ‘. (Yüksek Lisans Tezi). Harran Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyokimya Ana Bilim Dalı. Şanlıurfa

- Güneş, M. (2001). "Alüminyum Kaplardan Yemeklere ve Diğer Yiyeceklere Geçen Alüminyum Miktarının Belirlenmesi Ve Değerlendirilmesi". (Yüksek Lisans Tezi). Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Elâzığ
- İnan Eroğlu, E. (2017). "Farklı alüminyum folyolar kullanılarak fırınlanan çeşitli et türlerinde alüminyum geçişlerinin saptanması". (Doktora Tezi). Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Ankara
- İzol, E. ve İnik, O. (2022). "Topraktaki Ağır Metallerin Güncel Analiz Yöntemleri" . Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, özel sayı 36, s. 116-120.
- Kamerud, K. L., Hobbie, K. A., & Anderson, K. A. (2013). Stainless steel leaches nickel and chromium into foods during cooking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(39), 9495-9501. DOI: 10.1021/jf402400v
- Korkmaz, Ö.E. (2010). "Uçaklarda Kullanılan Alüminyum Malzemelerdeki Korozyonun İncelenmesi, Önlenmesi ve Tahribatsız Muayene İle Tespiti ". (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul
- Krewski, D. Yokel, RA. Nieboer, E. Borchelt, D. Cohen, J. Harry, J. et al. (2007). Human health risk assessment for aluminium, aluminium oxide, and aluminium hydroxide. *Journal of Toxicology and Environmental Health*. 10 Suppl 1:1-269.
- Lindblad, EB. (2004). Aluminium adjuvants—in retrospect and prospect. *Vaccine*. 22(27–28):3658-68.
- Macdonald, TL. Martin RB. (1988). Aluminum ion in biological systems. *Trends in Biochemical Sciences*. 13(1):15-9.
- McGee, H. (2004). *On food and cooking*. 1st edition. New York: Scribner
- McLachlan, C. (1986). Aluminum and alzheimer's disease. *Neurobiology of Aging*. 7(6):525-532.
- Müller, M. Anke, M. Illing-Günther, H. (1998). Aluminium in foodstuffs. *Food Chemistry*. 61(4):419-28.

- Nasuh, M. (2021).” Yatağan ve Çevresinde Üretilen Ballarda Halk Sağlığı Açısından Risk Oluşturacak Bazı Ağır Metal Düzeylerinin ICP-MS Tekniği ile Belirlenmesi “. (Yüksek Lisans Tezi). Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Aydın
- Nizamlıoğlu, F. ve Nizamlıoğlu, M. (2023). “Alüminyum Maruziyeti ve Sağlık”, İstanbul Gelişim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi. 20: 735-747.
- Ogidi, M. Sridhar, M. K. C. & Coker, A.O. (2017). A follow-up study health risk assessment of heavy metal leachability from household cookwares. *Journal of Food Science and Toxicology*, 1(3), 1-9.
- Ojezele, Omolara Jemimah ve Matthew Obaineh Ojezele ve Abiola Muhammad Adeosun (2016). “Cooking Utensils as Probable Source of Heavy Metal Toxicity”, *Middle-East Journal of Scientific Research*, 24 (7), 2216-2220.
- Onurlubaş, E. (2015). “ Tüketicilerin Gıda Güvenliği Konusunda Bilinç Düzeylerinin Ölçülmesi: Tokat İli Örneği”. (Doktora Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı. Ankara
- Öksüztepe, G. ve Beyazgül, P. (2015). “ Akıllı Ambalajlama Sistemleri ve Gıda Güvenliği” Fırat Üniversitesi Sağlık Bilim Veteriner Dergisi. 29 (1): 67- 74. Elâzığ
- Özbolat G. ve Tuli A. (2016). “Ağır Metal Toksisitesinin İnsan Sağlığına Etkileri “ , Çukurova Üniversitesi, Arşiv Kaynak Tarama Dergisi, 25(4):502-521, Adana
- Öztürk, B. (2011).” Sığanlarda Alüminyumun Farklı Doz ve Sürelerde Uygulanmasının Eritrosit Ozmotik Frajlitesi ve Eser Elementler Üzerine Etkisi”. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Radwan, Mohamed A. ve Ahmed K. Salama (2006). “Market Basket Survey for some Heavy Metals in Egyptian Fruits and Vegetables”. *Food and Chemical Toxicology*, 44, 1273-1278.
- Ranau, R. Oehlenschläger, J. Steinhart, H. (2001). Aluminium levels of fish fillets baked and grilled in aluminium foil. *Food Chemistry*. 73(1):1-6

- Saygılı, A.S., İnan Eroğlu, E. ve Ayaz, A. (2023).” Farklı İçeriğe Sahip Konserve Balıkların Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi”. Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi. Cilt:10, Sayı:1, 2023
- Sezgin, C.A., Öztürk, B. ve Kalaycı, B.D. (2019). “ Yemek Sistemlerinde Kullanılan Ambalaj Materyalleri”. 4.Uluslararası Gastronomi Turizmi Araştırmaları Kongresi. Nevşehir (19-21 Eylül)
- Soni, MG. White, SM. Flamm, WG. Burdock, GA. (2001). Safety Evaluation of Dietary Aluminum. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 33(1):66-79
- Tayfur, M., Ünlüoğlu İ. ve Bener Ö. (2002). “Alümiyum ve Sağlık”. *Gıda*, 27(4), s:305-309
- Temidayo, O. A. (2011). “Cadmium and Chromium Determination in Food Boiled in Steel and Stainless Steel Pots”, *Learning Publics Journal of Agriculture and Environmental Studies*, 2 (2), 45-50.
- Temizkan, P. ve Sever, Y., (2020). “ Mutfak Donatımında Gerekçeli Ekipman Analizi: Hazırlık Ekipmanları “. *Journal of Gastronomy, Hospitality and Travel (JOGHAT)*. 3(1) – Page:122-133
- Teyin, G. (2018). “ Pişirme Ekipmanlarından Gıdalara Ağır Metal Geçişinin Belirlenmesi”. (Yüksek Lisans Tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.Konya
- Teyin, G. ve Nizamlıoğlu, H.F. (2020), “ Mutfaklardaki Ağır Metal Kontaminasyonları: Pişirme Ekipmanları “. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 8 (2), 1578-1591
- Türközü, D. ve şanlıer, N. (2012). “ Gıdalardaki Ağır Metal Kontaminasyonları: Güncel Bakış “. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26 (4): (2012) 73-80. Konya
- Turhan, S. (2006). Aluminium contents in baked meats wrapped in aluminium foil. *Meat Science*.74(4):644-7.

- T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Türk Gıda Kodeksi, Gıda ile temas eden madde ve malzemeler yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik, Resmî Gazete: 16.08.2014- 29090
- T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği. Resmî Gazete: 30.06.2013- 28693.
- Uz, F. (2019). ‘‘Alüminyum ile Tasarlamak: 1970’lerde Ankara Mimarlığında Alüminyum’’, Ankara Araştırmaları Dergileri, Ankara
- Uzunöz, M., Büyükbay Oruç, E. ve Bal H.S.G. (2008). Kırsal kadınların gıda güvenliği konusunda bilinç düzeyleri (Tokat ili örneği). Uludağ Üniversitesi Fakültesi Dergisi. 22(2),35-46
- Wang, Z. Wei, X. Yang, J. Suo, J. Chen, J. Liu, X. et al. (2016).Chronic exposure to aluminum and risk of Alzheimer's disease: A meta-analysis. Neuroscience Letters. 610:200-6
- Weidenhamer, Jeffrey D. ve diğerleri (2014). ‘‘Lead Exposure From Aluminum Cookware in Cameroon’’, Science of the Total Environment, 496, 339- 347.
- WHO (2000). ‘‘Hazardous Chemicals in Human and Environmental Health a Resource Book for School, College and University Students’’, International Programme on Chemical Safety, Geneva: WHO.
- WHO (2007). Safety evaluation of certain food additives. Geneva: 2007. Food Additive Series:58.
- WHO (2017). Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfadatabase/search.aspx?fc=47>, 7 Ağustos 2023 tarihinde erişildi.
- Yokel, RA. Rhineheimer, SS. Brauer, RD. Sharma, P. Elmore, D. McNamara, PJ. (2001). Aluminum bioavailability from drinking water is very low and is not appreciably influenced by stomach contents or water hardness. Toxicology. 161(1–2):93-101
- Yüksel, M. (2002). Malzeme Bilgisi, Yayın No: 2002/271-1, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Ankara, s. 368-386