





PİŞİRME EKİPMANI KAYNAKLI AĞIR METALLERİN TESPİT EDİLMESİ; NOHUT ÖRNEĞİ

¹Görkem TEYİN , ²Hatice Ferhan NİZAMLIOĞLU 

¹Doğuş Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, İstanbul,
TÜRKİYE

²Necmettin Erbakan Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Konya,
TÜRKİYE

¹gteyin@dogus.edu.tr, ²hfnizamlioglu@erbakan.edu.tr

(Geliş/Received: 11.03.2021; Kabul/Accepted in Revised Form: 28.06.2021)

ÖZ: Bu çalışma ile çelik, teflon, alüminyum ve bakır ekipmanlarda pişirilen nohut örneğine, pişirme ve depolama süresi ile geçebilecek ağır metallerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Pişirilen ve depolanan numunelerin, mikrodalga çözündürme işleminin ardından mikro ve toksik düzeydeki element konsantrasyonları ICP-OES cihazı ile analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar pişirme ve depolama süresi olarak iki varyasyonda karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Araştırmada Alüminyum, Kadmiyum, Krom, Bakır, Demir, Mangan, Nikel ve Kalay için tespit edilen değerler ortalama olarak sırasıyla, 850±71-27.5±5.6, 0.026±0.003-0.011±0.007, 11.0±2.4-6.01±0.36, 13.5±1.1-12.0±1.8, 171±13-66.7±4.25, 47.5±3.1-30.1±1.3, 6.25±0.55-3.38±0.29 ve 20.5±2.0-0.179±0.014 mg/kg'dır. Çalışmada Kurşun belirlenememiş olup, çiğ nohut numuneleri için belirlenen element seviyeleri ise; Alüminyum 1.409, Krom 8.225, Mangan 34.46, Demir 121, Nikel 3.646, Bakır 13.61, Kadmiyum 0.017 ve Kalay 0.391 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Çalışmada en yüksek geçiş Alüminyum elementinde gerçekleşmiştir. Bu geçiş 850±17 mg/kg ile eski teflon ekipmanda pişirmede ve 516±14 mg/kg ile Alüminyum ekipmanda depolamada gerçekleşirken, en düşük geçiş ise Kadmiyum elementinde 0,011 mg/kg ile çelik ekipmanda gerçekleşmiştir. Sonuçta pişirme ekipmanlarının cinsine bağlı olarak gıdalara pişirme ve depolama süresi ile ağır metal geçişinin gerçekleştiği, bu geçişin pişirmenin ardından elementlerin ham olarak kullanıldığı alüminyum ve demir gibi ekipmanlarda daha yüksek seviyede olduğu, aynı zamanda depolama ile adsorbsiyona bağlı olarak genel anlamda geçişin, pişirmeye oranla daha düşük seviyelerde olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Ağır metal, Pişirme ekipmanı, Gıda, Gastronomi, Gıda güvenliği

The Detection of Heavy Metals in Relation of Cooking Equipment; Chickpea Sample

ABSTRACT: With this study, it is aimed to detect the levels of heavy metals which can be migrated to the chickpea sample cooked in steel, teflon, aluminium and copper equipment by cooking and storage. The micro and toxic element concentrations of the cooked and stored samples were determined with the ICP-OES device after microwave digestion. The results obtained were interpreted by comparing in two variations as cooking and storage time. In the research, ICP-OES obtained for Aluminum, Cadmium, Chromium, Copper, Iron, Manganese, Nickel and Tin are in the same order, 850±71-27.5±5.6, 0.026±0.003-0.011±0.007, 11.0±2.4-6.01±0.36, 13.5±1.1-12.0±1.8, 171±13-66.7±4.25, 47.5±3.1-30.1±1.3, 6.25±0.55-3.38±0.29 and 20.5±2.0-0.179±0.014 mg/kg. Pb could not be determined and the element levels specified for raw chickpea samples are; Aluminum 1.409, Chromium 8.225, Manganese 34.46, Iron 121, Nickel 3.646, Copper 13.61, Cadmium 0.017 and Tin 0.391 mg/kg. The highest migration detected in the study occurred in aluminum element. This migration occurred in cooking in old teflon equipment with 850±17 mg/kg and storage in Aluminum equipment with 516±14 mg/kg, while the lowest migration was in steel equipment

with 0.011 mg/kg of Cadmium element. As a result, depending on the type of cooking equipment, it has been observed that there is a heavy metal migration to food, with cooking and storage conditions, this migration is higher in equipment such as Aluminum and Iron, where elements are used raw after cooking, in addition, due to storage and adsorption, overall migration is lower than cooking.

Keywords: *Heavy metal, Cooking equipment, Food, Gastronomy, Food safety*

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Gıda güvenliği konusu halk sağlığının korunması, sağlıklı toplumların oluşturulması ve sürdürülmesi açısından bütün dünyada önemli bir endişe kaynağı haline gelmiştir. Son zamanlarda ağır metaller, pestisitler ve bazı toksinler tarafından kontamine olan gıda maddelerinin tüketiminde yaşanan artış, gıda güvenliği uygulamalarının gelişimini gerekli kılmış ve çalışmaları da hızlandırmıştır (Radwan ve Salama, 2006).

Yer kabuğunda doğal olarak bulunan ağır metallerin insani faaliyetler sonucu yaşam alanları ve su kaynaklarına salınmalarının çok ciddi sağlık ve çevre sorunlarına neden olduğu bilinmektedir (Uddin, 2016). Ağır metaller, biyolojik olarak bozulmayan yapıları ve vücudun farklı bölümlerinde birikme potansiyelleri sebebiyle insan sağlığı için de oldukça zarar verici unsurlardır (Arora vd., 2008). Ağır metallerin insan sağlığının yanı sıra hayvanlar, bitkiler ve bütün ekosistem için büyük tehlike oluşturduğu bilinen bir gerçektir (Dabonne vd., 2010). Bundan dolayı gerek insanlar gerekse hayvanların tüketeceği gıdalardaki ağır metal oluşumunun takibi ve tespiti organizmalarda toksik etki göstermesi nedeniyle merak uyandırıcıdır (Uriah, Dungrit, ve Rhoda, 2014). Artan endüstriyel faaliyetler, tarımda kimyasal kullanımının yükselmesi ve gelişen teknoloji, ağır metallerin gıdalara bulaşma olasılığını arttıran başlıca unsurlardır. Hava, toprak ve su kirliliği, insan sağlığı için oldukça tehlikeli olan Civa, Arsenik ve Kurşun gibi ağır metallerin konsantrasyonunun artışına ve ciddi sağlık sorunlarına zemin hazırlamaktadır (Zukowska ve Bızıuk, 2008). Ağır metallerin birçok bulaşma kaynağı olmasına karşın bilinen en önemli bulaşma kaynağı günlük beslenmedeki yemeklerimiz aracılığıyla vücuda aldığımız ağır metaller olarak açıklanmaktadır (Naseri vd., 2014). Bunun yanında ağır metaller, insanlara ve çevreye doğal kaynaklı bulaşanlar ve insan kaynaklı bulaşanlar olarak iki farklı şekilde bulaşabilmektedir. Minerallerin hava ve rüzgâr aracılığıyla sürüklenmesi, volkanik patlamalar ve erozyon ağır metallerin doğal orjinli bulaşma kaynaklarının başında sayılabilmektedir. Endüstriyel faaliyetler, motorlu taşıtlar, madencilik, termik santraller ve tarımsal faaliyetler (pestisitler, gübreleme, vb.) ise insan kaynaklı bulaşma yolları arasında sayılabilmektedir (Chehregani ve Malayeri, 2007).

Son dönemlerde gıda ile temas eden ambalajlardan, pişirme ekipmanlarından vb. gıdalara ağır metal geçişi konusu önemini hızla arttırmış ve üzerinde sıklıkla durulan bir konu haline almıştır. Gıda ile temasın ardından açığa çıkan madde transferi olayı 'migrasyon' olarak açıklanmaktadır (Biricik, Çöplü ve Dağdelen, 2015). Gıdalar muhafaza edildikleri materyallerden, mutfaklarda pişirmede kullanılan ekipmanlara kadar birçok unsur ile yakın temas halindedir. Bu sebepten dolayı pişirme ile birlikte gıdanın mevcuttaki ağır metal yükünde değişiklikler yaşanabilmektedir. Pişirme; mevcut tatlarının, kıvamlarının, renklerinin, şekillerinin ve yapılarının değiştirilmesi suretiyle gıdalara yenilebilme özelliğinin kazandırılması için yiyecek maddelerinin belirli bir süre ısı ile muamele edilmesi olarak açıklanır (Eraslan, 2013). Mutfaklarda kullanılan en temel pişirme yöntemleri ise; suda pişirme, buharda pişirme, kuru ısıda pişirme ve yağda pişirme şeklinde sınıflandırılabilir (Dağ, 2006).

Gerek endüstriyel gerekse ev mutfaklarında kullanılan gıdalarla doğrudan temas halinde olan temel pişirme ekipmanlarının (tencereler, tavalar, tepsiler ve ızgaralar vb.) materyallerinin, yiyecek maddeleri ile reaksiyona girerek gıdaların lezzetinde ve mevcut yapısal özelliklerinde değişikliğe ya da bozulmaya neden olmalarını gerektirmektedir (McGee, 2004; Gisslen, 2011). Konuya yönelik yapılan bazı çalışmalar, özellikle pişirme esnasında kullanılan ekipmanlardan gıdalara ağır metal geçişinin gerçekleştiğini ortaya koymuştur. Sözü edilen bu pişirme ekipmanlarının üretiminde kullanılan temel malzemeler ise; bakır, alüminyum, demir, çelik, gümüş, emaye kaplama, teflon kaplama vb. materyallerdir (Baş, 2004; McGee,

2004). Alüminyum, çelik, bakır gibi ekipmanlar üretilirken elementler ham olarak kullanılmakta ve bu durum bazı etmenler neticesinde migrasyona sebep olabilmektedir. Teflon kaplar çelik veya emaye üzerine floropolimer bir madde olan PTFE (politetrafloroetilen) kaplanmasıyla elde edilmektedir (Akıncı, Akbulut ve Yılmaz, 2003). Zaman içerisinde kaplamanın aşınması çeliğin ortaya çıkmasına sebebiyet vererek tıpkı çelik tencerelerde olduğu gibi ağır metal kontaminasyonuna sebebiyet verebilmektedir. Pişirme ekipmanlarından gıdalara geçebilecek ağır metal düzeyi zaman içerisinde kullanım şekline de bağlı olarak artmakta ve insan sağlığını tehdit edecek seviyelere ulaşabilmektedir.

Ağır metallerle maruz kalma limitleri dünyada ve ülkemizde yasal sınırlarla belirlenmiş olup, konuya dair TKG (Türk Gıda Kodeksi), JECFA (Gıda Katkıları FAO/WHO Ortak Komitesi), EC (Avrupa Topluluğu Direktifleri), EFSA (Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi) ve CAC (Kodeks Alimentarius Komisyonu) gibi ulusal/uluslararası kuruluşların belirlemiş olduğu bir takım yasal limitler bulunmaktadır (Biricik, Çöplü ve Dağdelen, 2015).

Yapılan bu çalışmada endüstriyel ve ev mutfaklarında ağırlıklı olarak kullanılan çelik, teflon, alüminyum ve bakır pişirme ekipmanlarından pişirme ve depolama süresince nohut örneğine ağır metal geçişinin tespit edilmesi, ayrıca elde edilen bulgular sonucunda migrasyon miktarlarının ortaya koyulması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM (MATERIAL and METHOD)

Bu çalışmada materyal olarak alüminyum, çelik, bakır ve teflon pişirme ekipmanları, pişirilecek gıda ürünü olarak ise bir kurubaklagil olan nohut (tek bir markaya ait aynı partiden) örneği kullanılmıştır. Çalışmada teflon ekipman iki varyasyon olarak kullanılmıştır. İlkinde hiç kullanılmamış, ikincisinde ise yaklaşık olarak iki yıldır kullanımı olan yıpranmış teflon kap kullanılmıştır. Pişirme yöntemi olarak çalışmada kullanılacak ekipmanlarda uygulamaya müsait olduğu için haşlama (boiling) yöntemi tercih edilmiştir. Numune olarak nohut tercih edilmesindeki temel sebep ise nohut örneğinin daha uzun sürede pişmesi, materyalle temasın daha uzun süreli olması, dolayısıyla da migrasyonun daha iyi gözlemlenebilmesidir.

Örneklerin Analize Hazırlanması (Preparation of Samples for Analysis)

Aynı marka ve partiden alınan 350 gr'lık nohut örnekleri ayrı ayrı pişirme materyallerine konulup, üzerlerine 1 litre içme suyu ilave edilerek 24 saat bekletilmiştir. Bu yöntemde besin maddelerinin uzun sürede pişmeleri ve buharlaşma gibi koşullar göz önüne alınarak 1 litre suda pişirme yapılması uygun görülmüştür. Ayrıca bu işlem standart nohut pişirme işlemine olduğu gibi pişirme işlemini kolaylaştırmak için de gerçekleştirilmiştir. Nohut örneğinin pişirme ekipmanına teması öncesi mevcut ağır metal yükünün tespit edilmesi amacıyla 350 gr referans numune alınmıştır. Aynı şekilde pişirmede kullanılacak olan içme suyundan da herhangi bir kontaminasyon olmasını engellemek amacıyla 100 ml örnek alınmıştır. Ardından pişirme ekipmanları içerisindeki örnekler ocağa alınıp, orta ısı seviyesinde nohut örneklerinin suyun tamamını çekecek şekilde pişmesi sağlanmıştır. Pişirme işleminin ardından desikatörde 1-2 saat soğutulan örnekler numune poşetine alınıp, homojenizasyon işlemine kadar buzdolabında +4°C de muhafaza edilmiştir. Depolama süresince geçebilecek ağır metal düzeyinin tespit edilmesi için örneklere aynı işlemler uygulanmış olup, harici olarak örnekler pişirildikleri kaplarda iki gün +4°C de muhafaza edildikten sonra işleme alınmıştır. Çizelge 1'de hazırlık işlemlerine ilişkin bilgiler yer almaktadır.

Örnekler hazırlık laboratuvarına getirildikten sonra havanda ezilerek homojen bir hale getirilmiştir. Bu noktada havanın tercih edilmesinin sebebi ise homojenizatör kaynaklı bulaş riskini ortadan kaldırmaktır. Homojenizasyonun ardından üç tekrar çalışılacağı için ve şahit numunelerin de bir süre saklanacağı göz önüne alındığından 350 gr olarak tartılan örnekler yağlı kağıt üzerine alınarak etüvde (Nüve marka, EN 400 model) 24 saat süreyle 80°C sıcaklıkta kurutulmuştur (Leblebici ve Aksoy, 2008).

Çizelge 1. Hazırlık İşlemine İlişkin Bilgiler*Table 1. Information on the Preparing Process*

Örnek Miktarı (gr)	Su Miktarı (lt)	Bekletme Süresi (sa)	Piştirme Süresi (dk)	Depolama Süresi (gün)	Depolama Sıcaklığı (°C)
350 gr	1 lt	24 saat	1 saat 10 dk	2* gün	+4°C

*Depolama süresi için gerekli olan bekleme süresidir.

Mikrodalga Yaş Yakma İşlemi ve ICP-OES İle Analiz (Microwave Wet Burning Process and Analysis with ICP-OES)

Homojenizasyonu sağlanıp, etüvde kurutma işleminin ardından enstrümental analiz laboratuvarına getirilen örnekler hassas terazide 0,5 gr olacak şekilde tartılarak, üzerlerine Nitrik Asit (10 ml %65'lik HNO₃, MERCK) çözeltisi ilave edilmiştir. Çözme işlemi mikrodalga fırında (Cem marka Mars 5 model) yüksek sıcaklığa ve yüksek basınca dayanabilen uygun teflon kaplar içerisinde gerçekleştirilmiştir. Çizelge 2'de çözündürme işlemine ilişkin koşullar yer almaktadır.

Çizelge 2. Mikrodalga Çözündürme İşlemi Koşulları*Table 2. Microwave Defrosting Process Conditions*

Maximum Güç	Güç	Ramp Time	Basınç	Sıcaklık	Hold Time
1200W	%100	20 dk	180 psi	210°C	10 dk

Yaş yakma işlemini takiben mikrodalga fırından alınan numunelerin üzerine Nitrik Asit (10 ml %65'lik HNO₃, MERCK) çözeltisi eklenerek mavi bant süzgeç kağıdından süzülmesi sağlanmıştır. Mavi bant süzgeç kağıdı gözenekleri sık bir süzgeç kağıdındır. ICP-OES için numunelerin süzüntü haline getirilmesi, partikül vs. içermemesi esastır. Oluşan süzüntü üzerine okumaların daha sağlıklı yapılabilmesi adına bir kez daha Nitrik Asit (10 ml %65'lik HNO₃, MERCK) çözeltisi ilave edilerek süzme işlemi aynı koşullar altında tekrar edilmiştir. Oluşan son örnek çözelti karışımı 25 ml'lik balon jöjelere aktararak ölçü çizgisine kadar Nitrik Asit (%65'lik HNO₃, MERCK) çözeltisi ile 25 ml'ye tamamlanmıştır. Çalışmanın bazı aşamalarında kullanılan saf suyun da ultra distile (yüksek saflıkta) olmasına özen gösterilmiştir. (Leblebici ve Aksoy, 2008; Karcık, 2017).

Gerçekleştirilen bu işlemlerin ardından örneklerin Alüminyum, Kurşun, Kadmiyum, Demir, Bakır, Krom, Kalay, Nikel ve Mangan konsantrasyonları ICP-OES (Perkin Elmer marka, OPTİMA 4300 DV model) cihazında uygun dalga boyları kullanılarak belirlenmiştir. Kullanılan dalga boylarına ilişkin veriler Çizelge 3'de yer almaktadır. Analiz edilecek elementlere dair standartlardan (1000 ppm, CPI International Analytical and Life Science Solutions stok çözelti) 10 ppm ana stok çözeltisi hazırlanarak, analizi yapılacak elementlere ilişkin uygun standartlar ana stok üzerinden seyreltilmiştir. İncelenecek her element için kalibrasyon eğrileri oluşturularak, şahit numune için de aynı işlemler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada her bir örnek üç tekrar olacak şekilde yapılmıştır. Elde edilen verilerin ve tekrarların istatistiksel olarak ortalama değer, aritmetik ortalama ve standart hataları hesaplanmıştır. Ayrıca örneklerde piştirme ve depolama süresince geçişi olan ağır metal yükünün tespit edilmesi, aynı zamanda iki grup arasındaki karşılaştırmaların yapılabilmesi için bağımlı örneklem t testi değeri (Paired Sample t-Test) SPSS 15.0 paket programı kullanılarak belirlenmiştir.

Çizelge 3. ICP-OES Cihazında Elementlerin Analizinde Kullanılan Dalga Boyları*Table 3. Wavelengths Used in Analysis of Elements in ICP-OES Device*

Element	Dalga Boyu (nm)
Kurşun (Pb)	220,353
Kadmiyum (Cd)	214,483
Demir (Fe)	259,941
Bakır (Cu)	327,396
Krom (Cr)	267,716
Nikel (Ni)	231,604
Kalay (Sn)	189,991
Civa (Hg)	194,227
Çinko (Zn)	206,200

BULGULAR (RESULTS)**Çizelge 4.** Farklı Pişirme Ekipmanlarında Pişirilen Nohut Örneğindeki Ağır Metallerin Ortalama Konsantrasyonları (mg/kg)*Table 4. Average Concentrations of Heavy Metals in a Chickpea Sample Cooked in Different Cooking Equipment*

Ağır Metal	Alüminyum (Al)	Krom (Cr)	Mangan (Mn)	Demir (Fe)	Nikel (Ni)	Bakır (Cu)	Kadmiyum (Cd)	Kalay (Sn)	Kurşun (Pb)	
Pişirme Öncesi	Su (Ham)	0,12	0,004	0,001	0,18	0,003	0,001	t.e.	t.e.	t.e.
	Nohut (Ham)	1,4	8,2	34,4	121	3,6	13,6	0,017	0,391	t.e.
Pişirme Sonrası Ekipman	Bakır tencerede pişirme	174±2	7,74±0,68	47,5±3,1	171±13	5,19±0,36	12,2±1,1	0,015±0,004	12,1±1,7	t.e.
	Bakır tencere depolama	124±19	6,01±0,36	30,1±1,3	66,7±4,25	3,38±0,29	12,3±0,2	0,026±0,003	6,45±0,21	t.e.
	Alüminyum tencerede pişirme	239±33	9,55±1,65	45,6±0,6	108±11	6,25±0,55	12,1±0,3	0,017±0,005	20,5±2,0	t.e.
	Alüminyum tencere depolama	516±14	10,2±2,4	31,9±1,7	118±9	3,88±0,72	12,6±0,6	0,024±0,002	0,518±0,039	t.e.
	Çelik tencerede pişirme	165±13	11,0±2,4	44,3±3,9	136±3	6,09±0,46	12,4±1,3	0,011±0,007	9,57±0,49	t.e.
	Çelik tencere depolama	62,1±6,2	8,15±0,71	33,3±4,1	117±3	3,45±0,46	12,3±1,6	0,022±0,011	0,319±0,036	t.e.
	Yeni teflon da pişirme	235±8	10,5±1,9	42,3±3,6	103±13	5,63±0,56	12,0±1,8	0,023±0,016	1,20±0,23	t.e.
	Yeni teflon depolama	48,9±0,8	8,97±0,88	34,9±2,1	122±10	3,80±0,25	13,5±1,1	0,018±0,004	0,287±0,021	t.e.
	Eski teflon da pişirme	850±71	9,17±0,08	47,2±3,7	100±8	5,80±0,29	12,6±0,2	0,019±0,0053	1,47±0,15	t.e.
	Eski teflon depolama	27,5±5,6	8,18±0,58	33,1±2,6	103±3	3,50±0,09	12,6±0,6	0,016±0,002	0,179±0,014	t.e.

*Tüm sonuçlar %95 güven aralığında ve ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir (p<0,05).

** Verilen değerler üç tekrüre ait analiz değerlerinin aritmetik ortalamasıdır.

t.e. : tespit edilemedi

Çizelge 4’de yer alan bilgiler ışığında, Alüminyum miktarı, pişirme öncesi su ve çiğ nohut örneğinde sırasıyla 0.12 mg/kg ve 1.4 mg/kg olarak ölçülürken, pişirme işlemi ardından elde edilen nohut numunelerinde en düşük konsantrasyon (165±13 mg/kg) çelik tencerede, en yüksek konsantrasyon (850±71 mg/kg) ise eski teflon tencerede pişen nohut numunesinde gerçekleşmiştir. Krom miktarı, su ve çiğ nohutta sırasıyla 0.004 mg/kg ve 8.2 mg/kg şeklinde ölçülürken, pişen numunelerde en düşük seviye (6,01±0,36 mg/kg) bakır tencere ile depolamada, en yüksek seviye (11,0±2,4 mg/kg) ise çelik tencerede pişirilen nohut numunelerinde tespit edilmiştir. Mangan miktarı, su ve çiğ nohutta sırasıyla 0.001 mg/kg ve 34.4 mg/kg seviyesinde tespit edilirken, pişirilen nohut örneklerinde en düşük seviye (30,1±1,3 mg/kg) bakır tencere depolamada ve en yüksek seviye (47,5±3,1 mg/kg) ise bakır tencerede pişirilmiş numunede saptanmıştır. Demir miktarı, su ve çiğ nohut örneğinde sırasıyla 0.18 mg/kg ve 121 mg/kg seviyelerinde tespit edilirken, pişirilen nohut numunelerinde en düşük 66,7±4,25 mg/kg seviyesinde bakır tencere ile depolamada ve en yüksek 171±13 mg/kg olarak bakır tencerede pişirilen numunede tespit edilmiştir. Nikel düzeyi, su ve çiğ nohutta sırasıyla 0.003 mg/kg ve 3.6 mg/kg olarak ölçülürken, pişirilmiş nohut örneklerinde en düşük 3,38±0,29 mg/kg düzeyinde bakır tencere depolamada ve en yüksek 6,25±0,55 mg/kg olarak alüminyum tencerede pişirilen numunelerde tespit edilmiştir. Bakır seviyesi, su ve çiğ nohut örneğinde sırasıyla 0.001 mg/kg ve 13.6 mg/kg seviyelerindeyken, tüm ekipmanlarda pişirilen nohut örneklerinde elde edilen en düşük ve en yüksek konsantrasyonlar (12,0±1,8 mg/kg ve 13,5±1,1 mg/kg) ile çiğ örneğin mevcut bakır yükü arasında çok fazla fark gözlemlenmemiştir. Kadmiyum elementine suda rastlanmazken, çiğ nohutta 0.017 mg/kg olarak belirlenmiş, pişmiş nohut numunelerinde ise en düşük seviye (0,011±0,007 mg/kg) çelik tencerede, en yüksek seviye ise (0,026±0,003 mg/kg) bakır tencerede pişirilip iki gün depolama koşulu ardından ölçülmüştür. Kalay ise pişirme suyu örneğinde tespit edilemezken, çiğ nohut örneğinde 0.391 mg/kg olarak ölçülmüş, pişirilen nohut örneklerinde ise en düşük seviye 0,179±0,014 mg/kg ile eski teflon ekipmanda da pişirilip depolanmış örnekte, en yüksek seviye ise 20,5±2,0 mg/kg düzeyinde alüminyum tencerede pişirilen nohut örneğinde tespit edilmiştir. Son olarak Kurşun elementi, kontrol numuneleri dahil olmak üzere herhangi bir örnekte tespit edilememiştir. Kurşunun tespit edilememesi halk sağlığı bakımından uygun bulunmuştur.

Çizelge 5. Analiz Verilerine İlişkin Ortalama, Standart Sapma ve T Testi Değerleri*Table 5. Mean, Standard Deviation and T Test Values Regarding Analysis Data*

	Ortalama/Standart Sapma (\bar{x} / SS)								
	T değeri (mg/kg)								
	Al	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Cd	Sn	Pb
Bakır tencere pişirme	174±2 t: 4,468	7,74±0,68 t: 2,905	47,5±3,1 t: 7,252	171±13 t: 17,93	5,19±0,36 t: 10,19	12,2±1,1 t: -0,091	0,015±0,004 t: -5,097	12,1±1,7 t: 5,089	t.e.
Bakır tencere depolama	124±19 t: 4,302	6,01±0,36 t: 4,302	30,1±1,3 t: 4,302	66,7±4,25 t: 4,302	3,38±0,29 t: 4,302	12,3±0,2 t: 4,302	0,026±0,003 t: 4,302	6,45±0,21 t: 4,302	t.e.
Alüminyum tencere pişirme	239±33 t: -10,5	9,55±1,65 t: -0,402	45,6±0,6 t: 12,33	108±11 t: -2,251	6,25±0,55 t: 3,241	12,1±0,3 t: -1,740	0,017±0,005 t: -2,983	20,5±2,0 t: 17,00	t.e.
Alüminyum tencere depolama	516±14 t: 4,302	10,2±2,4 t: 4,302	31,9±1,7 t: 4,302	118±9 t: 4,302	3,88±0,72 t: 4,302	12,6±0,6 t: 4,302	0,024±0,002 t: 4,302	0,518±0,03 t: 4,302	t.e.
Çelik tencere pişirme	165±13 t: 23,5	11,0±2,4 t: 2,117	44,3±3,9 t: 2,381	136±3 t: 5,878	6,09±0,46 t: 5,860	12,4±1,3 t: 0,084	0,011±0,007 t: -1,059	9,57±0,49 t: 31,89	t.e.
Çelik tencere depolama	62,1±6,2 t: 4,302	8,15±0,7 t: 4,302	33,3±4,1 t: 4,302	117±3 t: 4,302	3,45±0,46 t: 4,302	12,3±1,6 t: 4,302	0,022±0,01 t: 4,302	0,319±0,03 t: 4,302	t.e.
Yeni teflon pişirme	235±8 t: 40,8	10,5±1,9 t: 2,376	42,3±3,6 t: 3,603	103±13 t: -2,291	5,63±0,56 t: 8,538	12,0±1,8 t: -1,941	0,02±0,016 t: 0,435	1,20±0,23 t: 10,78	t.e.
Yeni teflon depolama	48,9±0,8 t: 4,302	8,97±0,88 t: 4,302	34,9±2,1 t: 4,302	122±10 t: 4,302	3,80±0,25 t: 4,302	13,5±1,1 t: 4,302	0,0±0,004 t: 4,302	0,287±0,02 t: 4,302	t.e.
Eski teflon pişirme	850±71 t: 19,9	9,17±0,08 t: 2,563	47,2±3,7 t: 14,24	100±8 t: 11,32	5,80±0,29 t: 20,84	12,6±0,2 t: 0,111	0,019±0,005 t: 0,843	1,47±0,15 t: 15,46	t.e.
Eski teflon depolama	27,5±5,6 t: 4,302	8,18±0,58 t: 4,302	33,1±2,6 t: 4,302	103±3 t: 4,302	3,50±0,09 t: 4,302	12,6±0,6 t: 4,302	0,016±0,002 t: 4,302	0,179±0,014 t: 4,302	t.e.

*Tüm sonuçlar %95 güven aralığında, ortalamalar için çift yönlü t testi uygulanmış ve ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir (P<0,05).

** Verilen değerler üç tekrüre ait analiz değerlerinin aritmetik ortalamasıdır t.e.: tespit edilememiştir.

t: Deneysel hesaplanan t değeri

t: İstatistik t değeri.

Çizelge 5' de ICP-OES ile çalışmaya konu olan pişirme ekipmanlarının direkt ve depolama koşulu sonrası analiz sonuçları %95 güven seviyesinde, ortalama ± standart sapma ve istatistiki olarak eşleştirilmiş t-testi uygulanarak aktarılmıştır. Çizelgede yer alan sonuçlar ışığında hesaplanan t (t deneysel) değeri, teorik t (t kritik) değerinden küçük olduğunda, sonuçlar arasında anlamlı bir fark olmadığı dolayısıyla da ekipman kaynaklı herhangi bir kontaminasyon gerçekleşmediği anlaşılmaktadır. Hesaplanan t değerinin, teorik t değerinden yüksek olduğu durumlarda ise pişirme ekipmanından ya da farklı şekillerde numuneye kontaminasyon meydana geldiği ve sonuçlar arasında anlamlı bir fark bulunduğu varsayılmaktadır. Bu doğrultuda Alüminyum verileri için pişirme ekipmanlarının direkt ve depolama koşulları mukayese edildiğinde deneysel olarak hesaplanan t değeri, teorik değerden büyük olduğundan sonuçlar arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır. O halde bulgularda bahsedildiği şekilde metal kontaminasyonu meydana gelmiştir. Krom sonuçları incelendiğinde, pişirme materyallerinde direkt ve depolama sonrası ölçümlerde deneysel t değeri, teorik t değerinden küçük olduğundan Krom sonuçlarında anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Mangan, Demir ve Nikel elementleri için bakır tencere ve bakır tencere ile depolama koşulları sonuçlarında deneysel olarak hesaplanan t değeri teorik değerden büyük olduğundan dolayı, elde edilen sonuçlar arasında anlamlı bir fark vardır. Aynı zamanda Mangan

sonuçlarına bakıldığında alüminyum ve eski teflon ekipmanlarda yine $t_a > t_k$ olduğundan sonuçlar arasında anlamlı bir fark bulunduğu ve kontaminasyon gerçekleştiği söylenebilmektedir. Bakır ve Kadmiyum sonuçlarında ise yine tüm ekipmanlar için $t_a < t_k$ olduğundan pişirme materyallerinden herhangi bir bulaş gerçekleşmediği ve sonuçlar arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir. Kalay elementi çoğu metal alaşımının üretiminde kullanıldığından dolayı tüm sonuçlarda $t_a > t_k$ şeklindedir ve pişirme materyali kaynaklı metal geçişinin olduğu istatistiksel olarak da anlaşılmaktadır. Nikel; bakır, çelik ve teflon ekipmanlarda kullanıldığından bu ekipmanlar için elde edilen sonuçlara $t_a > t_k$ şeklindedir. Ve görüldüğü üzere nikel için elde edilen bulgularda anlamlı bir fark var olduğu ortaya koyulmuştur.

SONUÇ ve TARTIŞMALAR (RESULTS and DISCUSSIONS)

Çalışmadan elde edilen veriler incelendiğinde ekipman kaynaklı bulaşmanın Alüminyum elementi için diğer elementlere kıyasla daha yüksek oranda olduğu açıkça görülmektedir. Konuyla ilişkili olarak Ojezele, Ojezele ve Adeosun (2016) gerçekleştirdikleri çalışmada demir, eski paslanmaz çelik, yeni paslanmaz çelik, eski alüminyum, yeni alüminyum ve kil kaplarda pişirdikleri pirinç örneğinde çeşitli ağır metal (Fe, Zn, Cd, Ni, Mn, Cr, Co, Pb, Cu ve Al) seviyelerini inceleyip, sonuçta Alüminyum için kontrol örneklerinde konsantrasyonu 0.01 ± 0.01 ve 0.02 ± 0.01 mg/kg olarak tespit ederken, en yüksek kontaminasyonu yeni Alüminyum kapta pişen pirinçte (440 ± 60 mg/kg), en düşük kontaminasyonu ise eski toprak kapta pişen pirinçte (132 ± 24 mg/kg) tespit etmişlerdir. Bu çalışmada Alüminyum kapta pişen nohut örneği için elde edilen sonuç 239 ± 33 mg/kg olarak ölçülmüştür. Ojezele, Ojezele ve Adeosun (2016)' un elde ettikleri sonuçlar Alüminyum için bu çalışma sonuçlarından oldukça yüksek seviyededir. Bu noktada alüminyum ekipmanın ham madde orjinli olarak geçişi arttırdığı anlaşılmaktadır. Dabonne ve ark. (2010) ise yapmış oldukları çalışmada geleneksel Alüminyum tencerede pişirilen pirincin alüminyum miktarının $1,6$ mg/g'dan, $18,1$ mg/g'a çıktığını tespit etmişlerdir. Gerçekleştirilen bu çalışmada da Alüminyum ekipmanda pişirilen örnekte bir hayli yüksek seviyede (239 ± 33) ham madde kaynaklı bir geçiş olduğu anlaşılmaktadır. Güneş (2001) yapmış olduğu çalışmada Alüminyum kaplarda pişirilen yiyeceğin Alüminyum içeriğini ilk yemek için 11.0 ± 0.56 ppm, ikinci yemek için 20.0 ± 1.14 ppm olarak tespit etmiştir. Yeni Alüminyum kaplarda pişirilen yiyecekler için ise sonuçlar $3,5 \pm 0,08$ ve $8,0 \pm 0,18$ ppm şeklinde bulunmuştur. Bu sonuçların çalışmada alüminyum, çelik ve bakır ekipmanlardan pişirme ve depolama koşulu ile elde edilen sonuçlara kıyasla oldukça düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. Mevcut sonuçlar depolama koşulu yönünden ele alındığında ise alüminyum ekipmanlarda depolama ile birlikte örneğe geçen Alüminyum miktarının pişirmeye oranla daha da yükseldiği (516 ± 14 ppm) gözlemlenmiştir. Bunun sebebi ise Alüminyumun pişirme ekipmanlarında doğrudan ham madde olarak kullanılmasıdır. Alüminyum dışındaki diğer ekipmanlarda ise depolama koşulu ile geçebilecek olan ağır metal içeriklerinde azalmalar görülmüştür. Bu durum özetle, ekipmanların Alüminyum dışındaki elementleri yapısal olarak adsorbe ettiği anlamını taşımaktadır.

Weidenhamer ve arkadaşları (2014) yaptıkları çalışmada Alüminyum kaplarda pişirilen asitli yiyeceklerde Kurşun, Kadmiyum, Alüminyum ve Mangan oranlarında önemli artışlar olduğunu ortaya koymuşlardır. Bunun yanında pişirme süresi ve yiyeceğin pişirildiği ekipmanda yemeğin bekletilme süresinin, ağır metal geçişini etkileyen en önemli faktör olduğunu da vurgulamışlardır. Çalışmadan elde edilen bulgular ise Alüminyum için 174 mg/kg, Kadmiyum için 1.4 µg ve Mangan için 248 µg şeklindedir. Çalışmadaki Alüminyum verilerinin bu çalışma ile uyum içerisinde olduğu görülmektedir. Yine analiz verileri incelendiğinde Demir sonuçlarının diğer elementlere kıyasla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ekipmanlar içerisinde en yüksek Demir geçişinin bakır ekipmanla pişirme ile gerçekleştiği görülmüştür (171 ± 13 mg/kg). Bunu takiben ikinci en yüksek geçiş ise çelik tencere ile pişirme işleminde meydana gelmiştir (136 ± 3 mg/kg). Diğer elementler için migrasyon sonuçları incelendiğinde geçişlerin birbiriyle uyum içerisinde olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle yeni ve eski teflon ekipmanlarla yapılan pişirme işlemindeki Kalay seviyesinin diğer pişirme verilerine kıyasla oldukça az seviyelerde olduğu tespit edilirken; yeni teflon ekipman için Kalay düzeyi $1,20 \pm 0,23$ mg/kg iken, eski teflon ekipman için Kalay düzeyi $1,47 \pm 0,15$ mg/kg şeklindedir.

Kamerud, Hobbie ve Anderson (2013) çalışmalarında çelik ekipmanlarda asit ihtiva eden gıdalar pişirildiğinde ya da bekletildiğinde, pişirme ve bekletme süresine bağlı olarak gıda maddelerine Nikel ve Krom kontaminasyonunun olduğunu ortaya koymuşlardır. Çalışma sonucunda Nikel geçişi ortalama 88 µg iken, Krom geçişi 86 µg şeklinde gerçekleşmiştir.

Flint ve Packirisamy (1995) çalışmalarında çelik tencerelerde asitli gıdaların pişirilmesinin Nikel geçişine büyük oranda katkıda bulunacağını belirtmişlerdir. Çalışmada çelik kaplarda kuzukulağı kavurması, kayısı marmeladı, limon marmeladı, yeşil domates turşusu kavurması ve patates kavurması gibi asitli yiyecekler pişirilmiştir. Yiyeceklerin ortalama Nikel içerikleri sırasıyla 40±10 mg/kg, 120±10 mg/kg, 80±20 mg/kg, 30±10 mg/kg ve 10±10 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bulunan sonuçlar yapılan bu çalışmanın bulgularına göre bir hayli yüksektir. Bu çalışmada çelik tencereden nohut numunesine geçen Nikel miktarı 6,09±0,46 mg/kg şeklindeyken, bu oran depolama faktöründe 3,45±0,46 mg/kg'a düşmüştür. Bu düşüşün sebebi depolama ile çelik materyalin Nikel elementini adsorbe etmesi olarak açıklanmaktadır. Flint ve Packirisamy (1995)'ın yapmış oldukları çalışmadaki sonuçların yüksek olmasındaki temel sebep kullanılan yiyecek maddelerinin yüksek asiditeye sahip yiyecekler olması söylenebilir.

Ogidi, Sridhar ve Coker (2017) yapmış oldukları çalışmada ekipmanların pişirme işlemi sırasında bazı eser metalleri yiyeceklere bulaştırabileceğini ve bu bulaşmanın gıdalardaki mevcut ağır metal konsantrasyonlarında hafif de olsa bir artışa sebep olabileceğini iletmişlerdir. Çalışmada incelenen ağır metaller içerisinde Kurşun, Nikel, Çinko seviyelerinin güvenilir sınırlar içerisinde olduğu, Alüminyum, Demir ve Krom seviyelerinin ise yasal olarak kabul edilebilir limitin üzerinde olduğu saptanmıştır. Ogidi, Sridhar ve Coker'in çalışma sonuçları Alüminyum dışındaki elementler için yapılan bu çalışmanın verileriyle uyum içerisinde.

Çalışmada kullanılan bütün ekipmanlar ele alındığında numuneye Kurşun elementi geçişi gerçekleşmemiştir. Kadmiyum elementine ilişkin değerler ise yasal limitlerin oldukça altındadır. En toksik ağır metallerden olan Kurşun ve Kadmiyum elementi insan sağlığı için oldukça tehlikelidir ve vücuda az miktarda bulaşma ile dahi zamanla ciddi sağlık sorunlarına sebebiyet verebilmektedir. Elde edilen veriler ışığında Alüminyum ekipmana ilişkin bulgular incelendiğinde özellikle Alüminyum ve Demir migrasyonunun yasal limitlere kıyasla oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Çelik ekipmanın Kadmiyum, Krom ve Bakır içeriklerinin de yine aynı şekilde özellikle de Krom ve Bakır yönünden yasal limitlerden yüksek olduğu görülmektedir. Krom, çelik ekipman yapımında kullanılan bir element olduğu için bu şekilde bir migrasyonun olması beklendik bir durumdur.

FİNANSAL DESTEK (FINANCIAL SUPPORT)

Bu çalışma Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) birimi tarafından 171322002 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

KATKI BELİRTME (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma, Prof. Dr. Hatice Ferhan NİZAMLIOĞLU danışmanlığında "Pişirme Ekipmanlarından Gıdaya Ağır Metal Geçişinin Belirlenmesi" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Akıncı, A., Akbulut, H. & Yılmaz, F (2003). Floropolimer (Teflon) kaplamaların yapı ve özellikleri", *UCTEA J. Chamb. Metall. Mater. Eng.*, 133, 53-59.
- Arora, M., Kiran, B., Rani, S., Rani, A., Kaur, B., & Mittal, N. (2008). Heavy metal accumulation in vegetables irrigated with water from different sources. *Food Chemistry*, 111, 811-815. DOI:10.1016/j.foodchem.2008.04.049.
- Baş, M. (2004). Besin hijyeni güvenliği ve HACCP. Sim Matbaacılık, Ankara.
- Biricik, G., Çöplü, N., & Dağdelen, A. F. (2015). Gıda ile temas eden madde ve malzemelerden gıdaya geçebilecek Alüminyum miktarı ve bunun riskleri. *Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi*, 15, 1-8.

- Chehregani, A., & Behrouz, E. M. (2007). Removal of heavy metals by native accumulator plants. *International Journal of Agriculture & Biology*, 9(3), 462-465.
- Dabonne, S., Koffi, B. P., Kouadio, E. J. P., Koffi, E. A., & Kouame, L. P. (2010). Traditional utensils: potential sources of poisoning by metals. *British Journal of Pharmacology and Toxicology*, 1(2), 90-92.
- Dağ, A. (2006). Yiyecek içecek işletmelerinde standart tarifeler maliyet ve hijyen kontrolü. Meteksan Matbaacılık, Ankara.
- Eraslan, N. (2013). Pişirme yöntemleri. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Flint, G. N., & Packirisamy, S. (1995). Systemic nickel: the contribution made by stainless-steel cooking utensils. *Contact Dermatitis*, 32, 218-224.
- Gisslen, W. (2011). Professional cooking. John Wiley & Sons, New Jersey.
- Güneş, M. (2011). *Alüminyum Kaplardan Yemeklere ve Diğer Yiyeceklere Geçen Alüminyum Miktarının Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi*. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Kamerud, K. L., Kevin, A. H., & Kim, A. D. (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.
- Karcık, H. (2017). *Çeşitli Organik Kuruyemişlerin Ağır Metal İçeriklerine Yönelik Bir Araştırma*. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Leblebici, Z., & Aksoy, A. (2008). Kayseri civarında satılan bazı kuruyemişlerin ağır metal miktarlarının karşılaştırılması. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(1), 5-9.
- McGee H (2004). On food and cooking. Scribner, New York.
- Naseri, M., Rahmanikhah, Z., Beiygloo, V., & Ranjbar, S. (2014). Effects of two cooking methods on the concentrations of some heavy metals (cadmium, lead, chromium, nickel and cobalt) in some rice brands available in Iranian market. *Journal of Chemical Health Risks*, 4(2), 65-72. DOI:10.22034/JCHR.2018.544068.
- 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, O. J., Ojezele, M. O., & Adeosun, A. M. (2016). Cooking utensils as probable source of heavy metal toxicity. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 24(7), 2216-2220. DOI:10.5829/idosi.mejsr.2016.24.07.23516.
- Radwan, M.A., & Kalama, A. S. (2006). Market basket survey for some heavy metals in egyptian fruits and vegetables. *Food and Chemical Toxicology*, 44, 1273-1278. DOI: 10.1016/j.fct.2006.02.004.
- Uddin, M. K. (2016). A review on the adsorption of heavy metals by clay minerals, with special focus on the past decade. *Chemical Engineering Journal*, 308, 438-462. DOI: 10.1016/j.cej.2016.09.02.
- Uriah, L., Dungrit, C., & Rhoda, G. (2014). Locally made utensils as potential sources of heavy metals contamination of water: A case study of some pots made in Nigeria. *American Journal of Environmental Protection*, 3(6-2), 35-41. DOI: 10.11648/j.ajep.s.2014030602.16.
- Weidenhamer, J. D., Kobunski, P. A., Kuepouo, G., Corbin, R. W., & Gottessfeld, P. (2014). Lead exposure from aluminum cookware in Cameroon. *Science of the Total Environment*, 496, 339-347. DOI:10.1016/j.scitotenv.2014.07.016.
- Zukowska, J., & Biziuk, M. (2008). Methodological evaluation of method for dietary heavy metal intake. *Journal of Food Science*, 73 (2), 21-29. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00648. x.