

DERİN KIZARTMA SIRASINDA İÇ ORTAMA SALINAN PARTİKÜL MADDENİN KİMYASAL KOMPOZİSYONUNUN İNCELENMESİ

Elif CİHAN¹, Berfin TANIŞ¹, Nurseli SOY¹, Nergis ÖZASLAN¹, Melek KELEŞ¹,
Soudabeh GORJINEZHAD², Mehdi Amouei TORKMAHALLEH², Hediye Sumru
ÜNLÜEVCEK², Fatma ÖZTÜRK^{1(*)}

¹ Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği
Bölümü, BOLU

² Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Kuzey Kıbrıs Kampüsü, Kimya Mühendisliği, Güzelyurt,
Kıbrıs

ÖZET

Bu çalışmada deneyler Ocak (2015) ayında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kuzey Kıbrıs Kampüsü'nde kullanılmayan bir lojmanın mutfağına konuşlandırılmış orta derecede ısınan elektrikli bir ocak kullanılarak yapılmıştır. Deneylerde sadece mısır yağı ve mısır yağına tuzun eklenmesiyle elde edilen karışım kızartılmış ve bu süreçte iç ortama salınan partikül madde (PM) kaskat örnekleyici ile yedi farklı fraksiyonda (4.7-5.8µm, 3.3-4.7µm, 2.1-3.3µm, 1.1-2.1µm, 0.65-1.1µm, 0.43-0.65µm ve <0.43 µm) 81 mm çapında kuvars filtreler üzerinde toplanmıştır. Hassas terazi ile tartılan filtreler dört parçaya ayrılmıştır. Örneklerin birinci parçası elemental ve organik karbon (sırasıyla EC ve OC) açısından analiz edilmiştir. Örneklerin ikinci parçasında ise elemental kompozisyon (Na, Mg, Ca, Al, K, Tl, Bi, Cd, W, Fe, Sb, Co, As, V, Cu, Mo, Pb, Rb, Zn, Cs, Ni, Cr, Ce, Mn, Hf, Ba, Li, Sr ve Ti) ICPMS ile belirlenmiş, geri kalan parçaları ise olası analizler için saklanmıştır. Yapılan analizler sonucunda hem sadece mısır yağı ve mısır yağı tuz karışımının kızartılması ile iç ortama salınan emisyonlarda Na, Mg, Ca, Al ve K konsantrasyonlarının 1 mg/m³ değerinden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Sadece mısır yağının kızartılması sırasında oluşan toplam PM, OC ve EC konsantrasyonları sırasıyla 97.2, 5.1 ve 5.48 × 10⁻² µg/m³ bulunurken, mısır yağına tuzun eklenmesiyle gerçekleştirilen deneylerde bu parametrelere ait toplam konsantrasyonlar sırasıyla 23.7, 8.1, 8.3 × 10⁻³ mg/m³ olarak bulunmuştur. PM, OC ve EC konsantrasyonlarının parçacık boyutu ile dağılımı incelendiğinde, PM konsantrasyonunun bimodal, OC konsantrasyonunun unimodal gösterdiği belirlenirken, EC konsantrasyonunun belirgin bir dağılım göstermediği belirlenmiştir.

ABSTRACT

The experiments were conducted in January 2015 using an electric stove in an on-campus house at Middle East Technical University Northern Cyprus Campus in Guzelyurt, Northern Cyprus. Corn oil and corn oil mixed with salt were deep fried in these experiments and particulate matter (PM) released from these processes were collected on 81 mm diameter quartz filters by using cascade impactor at seven different stages (4.7-5.8µm, 3.3-4.7µm, 2.1-3.3µm, 1.1-2.1µm, 0.65-1.1µm, 0.43-0.65µm and <0.43 µm). After determining the mass of PM, the filter samples were divided into four parts. The first quarter of the samples were

* oztfatma@gmail.com

analyzed in terms of elemental and organic carbon (EC and OC, respectively). The second quarter of the samples were analyzed in terms of metals (Na, Mg, Ca, Al, K, Tl, Bi, Cd, W, Fe, Sb, Co, As, V, Cu, Mo, Pb, Rb, Zn, Cs, Ni, Cr, Ce, Mn, Hf, Ba, Li, Sr ve Ti) by means of ICPMS. The rest of the samples were archived for further analysis. Evaluation of the results indicated that Na, Mg, Ca, Al and K concentrations in the indoor emissions from deep frying were greater than 1 mg/m^3 both for corn oil and corn oil salt mixture experiments. The total concentrations of PM, OC and EC during deep frying of only corn oil were found as 97.2, 5.1 ve $5.48 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$ while concentrations corresponding to same parameters when deep frying was performed with corn oil salt mixture were determined as 23.7, 8.1, $8.3 \times 10^{-3} \text{ mg/m}^3$, respectively. Once the mass distributions of PM, OC and EC were investigated, it has been observed that PM depicted bimodal distribution while OC showed unimodal distribution. On the other hand, no clear distribution was found for EC concentrations.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

Derin Kızartma Emisyonları, Metaller, Partikül Madde (PM), Organic Karbon (OC), Elemental Karbon (EC), İç Ortam

1. GİRİŞ

Hava kirliliği, canlıların sağlığını ve ekolojik dengeyi olumsuz yönde etkileyen havadaki yabancı maddelerin, normalin üzerinde miktar ve yoğunluğa ulaşmasıdır. İnsanların yaşama, dinlenme gibi faaliyetlerinin yaklaşık % 90 ını geçirdikleri ortamlar kapalı ya da yarı kapalı mekanlarda gerçekleşmektedir. Bu ortamların havası insan faaliyetleri sonucu oluşan gaz, toz ve organik buhar emisyonları ile kirlenmektedir.

Farklı türlerde birden çok hava kirleticisi iç ortamlarda bulunabilmektedir. Bazı iç ortam kirleticileri temel olarak dış ortamdan kaynaklanırken, bazılarının aynı zamanda ev içi kaynakları da vardır. Bu alanda yapılan çalışmalarda en önemli partikül madde kaynakları, sigara kullanımı, yemek pişirme, gaz yağı ile ısınma, odun sobası, hava nemlendirici cihazlar, elektrik motorları, insanlar ve evcil hayvanlar olarak belirlenmiştir (He, 2004)

İç ortam hava kirliliğinde özellikle aerodinamik yarıçapı $2.5 \mu\text{m}$ ve $2.5 \mu\text{m}$ 'den küçük olan ve ultra küçük partiküller olarak bilinen partikül maddeler insanlarda solunum yollarına kadar taşındığı için insanlar üzerinde sağlık etkilerine neden olmaktadır (National Academy of Sciences (NAS), 2001). Ultra küçük partiküllerin büyük bir kısmını yemeğin pişirilmesi ile iç ortama salınan partiküller oluşturmaktadır (Wallace vd., 2004). Özellikle yemek pişirme esnasında çıkan duman pek çok organik ve inorganik maddeleri içermektedir (Li vd., 2003). Bu maddelerin konsantrasyonları iç ortamda yüksek olduğu zaman, yemek ve iç ortamda bulunan her şey için zararlı hale gelmektedir (See ve Balasubramanian, 2006).

Yapılan pek çok çalışmada iç ortamda en önemli partikül madde kaynağının pişirme faaliyetleri sonucu oluşan partiküller oluşturduğu bulunmuştur (Kamens vd., 1991; Ozkaynak vd., 1996; Chao and Cheng, 2002; Lazaridis vd., 2006; 2007a; Buonanno vd., 2009; Lai vd., 2010; Wan vd., 2011; Massey vd., 2012). Partikül konsantrasyonlarının yanma kaynaklı pişirme ile arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılması amacıyla, çeşitli çalışmalarda pişirme sırasında iç ortama salınan partiküllerin sayısı ve partikül dağılımları incelenmiştir (Abt vd.,

2000 a,b; Dennekamp vd., 2001; Hussein vd., 2006; Li vd., 1993; See ve Balasubramanian, 2006a,b; He vd., 2004; Yeung ve To, 2008; Wallace vd., 2004).

Pişirme kaynaklı hava kirliliği gaz fazlı kirleticiler ve partikül madde olmak üzere iki önemli fazda olmakta ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır (J. Gao vd., 2013). Ağır metaller gibi inorganik kirleticiler ev tozlarında da mevcuttur. İç ortam tozu organik ve inorganik bileşenlerden oluşan heterojen bir karışımdır (K.Karakuş., 2012). Parçacıklar şekil ve boyut olarak çeşitlilik gösterir fakat ev tozu taneciklerinin % 58'i, soluma ve yeme yoluyla 44-149 µm boyutlarında ve % 6-35'i de 30-63 µm boyutlarında olup bu parçacıklar yeme ve soluma yoluyla insan bünyesine alınabilmektedir (Lidia, 2004). İç ortama salınan tütün dumanı birçok iz ve kadmiyum gibi ağır metaller içermekte ve insan sağlığı için tehdit oluşturmaktadır (Wu vd.,1995).

K.Karakuş tarafından yapılan çalışmada İstanbul'da ev ve ofislerden toplanan toz numunelerinde bakır (Cu), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), çinko (Zn), krom (Cr), mangan (Mn), kobalt (Co), ve nikel (Ni) konsantrasyonları incelenmiştir. J.Mora vd. tarafından yapılan çalışmada ise toplanan PM_{2.5} örneklerinde OC, EC, ve poli aromatik hidrokarbonlar belirlenmiştir.

See vd. tarafından yapılan çalışmada tavada bitkisel yağ kullanarak kızartma çalışmaları yapılmış ve toplanan örneklerde alüminyum, arsenik, kadmiyum, kobalt, krom, bakır, demir, mangan, nikel, kurşun, antimon, vanadyum ve çinko gibi metal içeriklerine bakılmıştır. (See vd., 2006). Bu çalışmalara ek olarak, literatürde konut mutfaklarında (Morawska vd.,2003; He vd., 20004 a,b.), restoranlarda (Lee vd.,2001) ve diğer kontrollü pişirme koşullarında pişirme sırasında iç ortama yayılan aerosollerini karakterize etmeye yönelik yapılan çalışmalara ulaşmak mümkündür (Dennekamp vd., 2001; He vd., 2004 a,b).

Yapılan çalışmalarda PM_{2.5}'da ölçülen OC ve EC konsantrasyonlarının partikül madde kütlesinin % 20-30'unu oluşturduğu bulunmuştur. Aynı şekilde pişirme şekline göre OC ve EC konsantrasyonlarının arttığı tespit edilmiştir. Özellikle yağda kızartma türlerinde en yüksek OC ve EC konsantrasyonlarının ölçüldüğü tespit edilirken, haşlama türü yapılan pişirmelerde bu konsantrasyonların yağda kızartmaya oranla yaklaşık % 75 azaldığı görülmüştür (See ve Balasubramanian, 2008).

Yapılan bu çalışmayla kontrollü ortamda pişirme sırasında iç ortama salınan partikül maddelerin kimyasal kompozisyonunun metaller, OC ve EC açısından belirlenmesi ve farklı pişirme koşullarında bu emisyonlarının nasıl değiştiğinin bulunması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Örneklemede kullanılacak olan filtrelerin şartlandırılması ve tartılması

Örneklemede kullanılan filtreler yapılan analizlere göre seçilmiş olup, örneklemede 81 mm quartz filtre kullanılmıştır. Quartz filtreler içeriğinde bulunan organikler için kullanılmadan önce bir takım işlemlerden geçirilmektedir. Bunun için filtrelerde bulunan organik içeriğinin giderilmesi için kül fırınında 900 °C 'de 3 saat boyunca yakılmaktadır. Bu işlem sonrasında sıcaklığı 20 °C ve nisbi nemi % 25-30 arasında bulunan şartlandırma kabiniinde bir gün boyunca bekletilmektedir. Bu işlemler yapıldıktan sonra tartım işlemine geçilmektedir. Örnekleme yapılmamış boş filtreler laboratuarda bulunan AND GH-202 0.01 mg

hassasiyetinde olan terazide tartılmaktadır. Aynı işlem filtreler örneklemeden de geldikten sonra sırasıyla yapılmaktadır.

2.2. Mısır yağının kızartılması ile salınan partikül madde örneklerinin toplanması

Bu çalışmada değerlendirilen partikül madde örnekleri Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kuzey Kıbrıs Kampüsü'nde bulunan, kullanılmayan bir lojmanın mutfağında Ocak 2015 tarihinde toplanmıştır. Lojmanın bir yıldan fazla süredir kullanılmadığı dolayısı ile partikül madde kaynağı olabilecek herhangi bir aktivitenin olmadığı bilinmektedir. Deneyleerin gerçekleştirilmesinden iki kişi sorumlu olmuştur. Deneyleer süresince tüm pencere ve kapılar kapalı tutularak dış ortamdan kaynaklanabilecek partikül madde girdisi önlenmiştir. Ayrıca, deneyleer sırasında havalandırma kapalı tutularak hem analizler için gerekli olan yeteri kadar partikül madde kütlesinin toplanması sağlanmış hem de pişirme sırasında açığa çıkan yüksek partikül madde emisyonlarına maruziyet taklit edilmeye çalışılmıştır. Deneyleer arasında tüm kapı ve pencereler 24 saat boyunca açık tutularak iç ortam partikül madde konsantrasyonunun arka plan seviyesine inmesi sağlanmıştır. Oda sıcaklığı örnekleme süresince 13-15°C civarında ölçülmüştür. Isıtma sisteminde deneyleer sırasında kapalı tutulmasıyla havalandırma sisteminden kaynaklanabilecek partikül madde emisyonlarının önüne geçilmiştir.

Bu çalışmada sadece mısır yağı ve mısır yağına tuzun eklenmesi ile oluşan partikül madde örnekleri toplanmıştır. Tüm örnekler orta derecede ısınmış ocak üzerinde yapılmıştır. Deneyleerin birinci bölümünde, 150 ml mısır yağı Teflon kaplı alüminyum tavaya eklenerek 14 dakika boyunca 250 °C çıkması ve yağın duman halinde tütmesi sağlanmıştır. Daha sonra tavanın 6 dakika soğuması sırasında da örnekleme devam etmiş ve böylece toplamda 20 dakikalık partikül madde örnekleme yapılmıştır. Deneyleerin ikinci aşamasında ise 200 mg sofr tuzu 150 ml mısır yağına eklenmiş, ve yağ karıştırılarak tuzun yağ içinde erimesi sağlanmıştır. Deneyleerin bu aşamasında da ilk aşamada takip edilen örnekleme protokolü ve malzemeler kullanılmıştır. Her iki deneylede üç kez tekrarlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan mısır yağı yaklaşık olarak 183°C'de tütmeğe başlamış ve tuzun eklenmesi tütme sıcaklığını etkilememiştir.

Partikül madde örneklemesinden önce arka plan konsantrasyonlarda ölçülmüş ve pişirme sırasında toplanan partikül madde konsantrasyonlarında arka plan konsantrasyonları çıkartılarak sadece pişirmeden kaynaklı partikül madde emisyonları dikkate alınmıştır. Bu çalışmadaki arka plan konsantrasyonları olarak önceden yıkanmış tavanın yine önceden temizlenmiş orta derece ısıtılmış ocaktan salınan partikül madde konsantrasyonları dikkate alınmıştır. Kızartma deneyleeri yapılmadan önce tava ve diğer malzemeler yıkanmıştır.

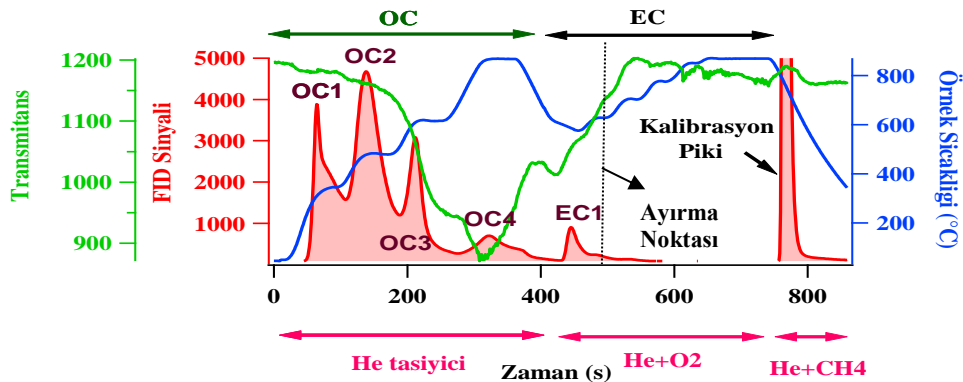
Deneyleer süresince ulaşılan sıcaklık tavanın tabanına değmeyecek şekilde tavaya yerleştirilen bir civa termometresi kullanılarak takip edilmiştir. Sekiz katmanlı kaskat impaktör (Thermo Fisher Scientific, MA, ABD) kullanılarak 0.43 µm ile 5.8 µm arasında altı farklı parçacık boyutunda (4.7-5.8µm, 3.3-4.7µm, 2.1-3.3µm, 1.1-2.1µm, 0.65-1.1µm, 0.43-0.65µm) partikül madde örneklerine ek olarak, parçacık çapları 0.43 µm'den küçük olan parçacıklar geri toplama filtresi (backup) üzerinde toplanmıştır. Kaskat impaktör tavanın yaklaşık olarak 15 cm üzerinde nefes alıp verme seviyesine yerleştirilmiştir. Örnekleme debisi üretici firmanın tavsiyelerine bağlı kalınarak 28.3 litre/dakika olarak ayarlanmıştır

2.3. Toplanan örneklerin analizi

Örneklerin metaller açısından analiz edilmesi. Metal analizleri için ayrılan filtreler çözünürleştirme işleminde kullanılan teflon kapların içine küçük parçalara bölünerek transfer edilmiştir. Filtrelerin üzerine % 48 ultrapur HF'den 1mL, % 60 ultrapur HNO₃'den 5 mL, % 31 ultrapur H₂O₂'den de 1 mL eklenmiştir. Teflon kaplarda hazırlanan örnekler mikrodalga fırın (Berghof, Almanya) kullanılarak çözünürleştirme işlemi yapılmıştır.

Mikrodalgada çözünürleştirme işlemi gerçekleştirildikten sonra, örnekler balon jojeye alınarak 18.3 MΩ de-iyonize su ile 50 mL hacime tamamlanmıştır. Daha sonra örnekler 50 mL hacimde plastic örnekleme kaplarına alınarak, analiz anına kadar dolapta saklanmıştır. Örneklerin ICPMS analizleri Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde yapılmıştır.

Örneklerin EC/OC açısından analiz edilmesi. Toplanan örneklerde EC ve OC içeriği Sunset Lab (ABD)'dan temin edilen "EC/OC Termal Optik Karbon Aerosol Analizörü" kullanılarak analiz edilmiştir. Bu yöntemde standart büyüklükte kesilen PM yüklü kuvars filtreler kuvars fırına yerleştirilmektedir. Fırının içine gönderilen helium gazı fırının sıcaklığını 870°C seviyesine çıkarmakta, artan sıcaklıkla örnekten desorbe olan organik bileşikler piroliz ürünlerine dönüşerek mangan dioksit (MnO₂) yükseltgen fırına hareket etmektedir. MnO₂ fırında hareket eden karbon fragmanları burada CO₂ gazına dönüşmektedir. Yükseltgen ortamdan helyum gazıyla süpürülen CO₂ hidrojen gazı ile karışmaktadır. Daha sonra bu karışım ısıtılmış nikel katalizde CH₄ gazına dönüşmekte ve alevli iyonlaşma dedektörü (FID) ile örnekte bulunan karbon tayin edilmektedir. Kuvars örnekleme fırınında ilk basamak tamamlandıktan sonra fırının içerisindeki sıcaklık 550°C'ye düşürülmekte ve fırından bu kez helyum/oksijen taşıyıcı gaz karışımı akmaktadır. Bu yükseltgen gaz karışımıyla ikinci bir sıcaklık sıçramasıyla örnekte bulunan elemental karbondan filtreden okside olarak MnO₂ fırına hareket etmektedir. Daha sonra elemental karbon da organik karbon gibi FID dedektörle tayin edilmektedir. Şekil 1'de derin yanma sırasında toplanan örneklerden birine ait bir termogram sunulmuştur. Tipik bir termogramda dört adet organik karbon piki (OC₁, OC₂, OC₃ ve OC₄) ve altı adet elemental karbon piki (EC₁, EC₂, EC₃, EC₄, EC₅ ve EC₆) bulunmaktadır. Bu termogram yemek emisyonlarında yapılan karbon analizlerine tipik bir örnektir. Şekil 1'den de açıkça görülebileceği gibi OC₂ pikinin diğer organik karbon piklerine göre daha yüksek seviyede olduğu ve EC₁ pikinin ise tek elemental karbon piki olduğu görülmektedir.



Şekil 1. Derin kızartma sırasında toplanan örneklerden bir tanesine ait termogram

EC/OC analizöründe toplanan örneklerin analizine başlamadan önce kuvars filtreden kaynaklanabilecek karbon miktarını belirlemek amacıyla temiz kuvars filtrelerde analiz edilmiştir. Ayrıca her gün analize başlamadan önce cihazdan gelebilecek hata payını görmek amacıyla cihaz içerisine örnek yerleştirmeden boş çalıştırılmıştır. Cihazdaki ölçümlerin doğruluğunu belirlemek amacıyla bilinen miktarda sükröz boş temiz filtrelerin üzerine enjekte edilerek örneklerle aynı koşullarda analiz edilmiştir. Ayrıca her analiz sonunda belirli miktarda metan gazı dış standart olarak sistemden geçirilerek, cihazın performansında gözlenen küçük değişimler normalize edilmekte böylece analiz sonuçlarının tekrarlanabilirliği ve kararlılığı kontrol altında tutulmaktadır.

Örneklerden alınan 1.5 cm² büyüklüğünde parçalar kuvars örnekleme fırınına yerleştirilerek OC ve EC tayini yapılmıştır.

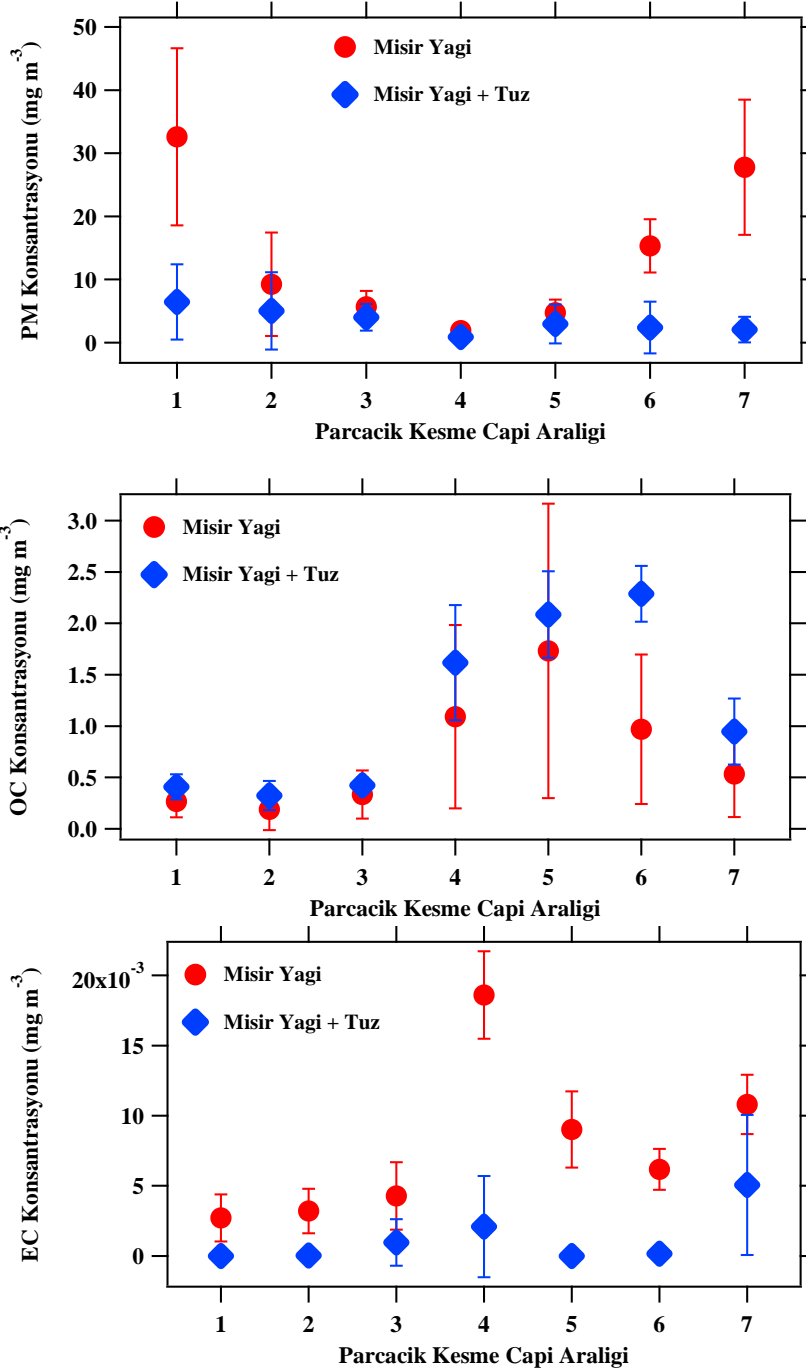
3. SONUÇLAR

Söz konusu bu çalışmada kontrollü bir ortamda ilk önce sadece mısır yağı daha sonra ise mısır yağına tuz eklenerek derin kızartma deneyi yapılmış, ve ortama salınan PM örnekleri kaskat örnekleyici kullanılarak yedi farklı boyutta toplanmıştır. Toplanan örnekler OC, EC ve metaller açısından analiz edilmiştir. Sadece mısır yağının kızartılması sırasında oluşan PM, OC ve EC konsantrasyonları sırasıyla 97.2, 5.1 ve 5.48×10^{-2} mg/m³ bulunurken, mısır yağına tuzun eklenmesiyle gerçekleştirilen deneylerde bu parametrelere ait konsantrasyonlar sırasıyla 23.7, 8.1, 8.3×10^{-3} mg/m³ olarak bulunmuştur. Bu değerlerden çıkartılacak sonuç, mısır yağına tuz eklendiğinde PM ve EC emisyonlarının azalan, OC konsantrasyonlarının artan bir eğilim gösterdiği dir.

Bu çalışma kapsamında toplanan örneklerde ICPMS ile Na, Mg, Ca, Al, K, Tl, Bi, Cd, W, Fe, Sb, Co, As, V, Cu, Mo, Pb, Rb, Zn, Cs, Ni, Cr, Ce, Mn, Hf, Ba, Li, Sr ve Ti parametreleri belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda Na, Mg, Ca, Al ve K konsantrasyonlarının 1 mg/m³ üzerinde olduğu, analiz edilen diğer parametrelerin konsantrasyonlarının 1 mg/m³ seviyesinin altında olduğu saptanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda Mısır yağı ve tuz karışımının derin kızartılması sırasında ortama salınan Tl, Cd, Fe, V, Cs, Ni, Ce, Mn, Hf, Li, Sr ve Ti konsantrasyonlarının sadece mısır yağı kızartıldığında açığa çıkan konsantrasyonlara kıyasla daha az olduğu bulunmuştur.

Kaskat örnekleyici ile toplanan PM örneklerine ait konsantrasyon değerleri ile bu örneklerde belirlenen EC ve OC konsantrasyonlarının parçacık çapı ile değişimi incelenmiş ve elde edilen değerler Şekil 2’de sunulmuştur. PM konsantrasyonunun her iki deney koşullarında da bimodal (çift tepeli) dağılım gösterdiği bulunmuştur. PM kütlesinin birisi 0.43 µm altında toplanan parçacıklarda diğeri de 4.7-5.8 µm aralığında en yüksek seviyeye çıktığı belirlenmiştir. Organik karbonun parçacık boyutu ile değişimi incelendiğinde, PM kütlesinden farklı olarak OC konsantrasyonunun unimodal (tek tepeli) dağılım gösterdiği bulunmuştur. En yüksek OC konsantrasyonunun kızartma sırasında açığa çıkan emisyonlarda 0.65-1.1 µm büyüklüğünde olan partiküllerde olduğu saptanmıştır. Elemental karbonun parçacık boyutu ile değişimi incelendiğinde, OC ve PM konsantrasyonlarında gözlemlendiği gibi belirgin bir dağılım olmadığı görülmüş, her iki deney koşullarında 0.43 µm altında parçacıklarda belirlenen EC konsantrasyonunun toplam EC konsantrasyonunun önemli bir fraksiyonunu oluşturduğu görülmüştür. Bununla birlikte sadece mısır yağı ile yapılan deneylerde 1.1-2.1

μm boyutunda ortama salınan partiküllerde EC konsantrasyonunun en yüksek seviyede olduğu saptanmıştır.



Şekil 2. PM, OC ve EC konsantrasyonlarının parçacık çapı ile değişimi (katman 1: 4.7-5.8 μm , 2: 3.3-4.7 μm , 3: 2.1-3.3 μm , 4:1.1-2.1 μm , 5:0.65-1.1 μm , 6: 0.43-0.65 μm , 7: < 0.43 μm)

4. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışma kapsamında kontrollü bir ortamda sadece mısır yağı ve mısır yağı ile tuzun karıştırılması ile elde edilen karışımın kızartılması sonucu iç ortama verilen emisyonlar OC, EC ve metaller açısından analiz edilmiştir. Yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar incelendiğinde başta PM kütlesi olmak üzere EC ve birçok metal konsantrasyonunun yağa tuz eklenmesiyle yapılan deneylerde düştüğü görülmüş, diğer yandan bu koşullarda OC konsantrasyonunun arttığı belirlenmiştir. PM, OC ve EC konsantrasyonlarının parçacık çapı ile değişimi incelendiğinde, PM konsantrasyonunun bimodal, OC konsantrasyonunun unimodal gösterdiği ancak EC konsantrasyonunun belirgin bir dağılım göstermediği bulunmuştur.

5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada yapılan deneylerde tek tip yağ ve tava kullanılmıştır. İç ortama derin kızartma sırasında salınan partiküllerin kompozisyonları farklı yağ ve farklı malzemeden yapılmış tava kullanıldığında değişiklik gösterecektir. Aynı zamanda kızartmada kullanılacak ham maddenin türüne (kırmızı et, tavuk, sebze vb.) bağlı olarakda çıkacak emisyonların karakteristiği farklı olacaktır. Bu nedenle söz konusu bu çalışma bu parametreleri gözönüne alınarak tekrarlanacaktır. Ayrıca söz konusu bu çalışmada ortamda bulunan PM kompozisyonunda sadece OC, EC ve metal analiz edilmiştir. Farklı parametrelerin analiz edilmesiyle kızartma sonucu iç ortama salınan emisyonların insan sağlığı üzerindeki etkileri daha kapsamlı bir biçimde değerlendirilebilecektir.

6. TEŞEKKÜR

Bu çalışma ODTÜ-KKK BAP birimi tarafından desteklenen “Determination of size-segregated mass concentration and elemental compositions of particles emitted during cooking” başlıklı proje tarafından kısmen desteklenmiştir. Bu desteğinden dolayı ODTÜ-KKK BAP birimine teşekkür ederiz. Ayrıca, Berfin Tanış ve Elif Cihan TÜBİTAK BİDEB 2209-A programı kapsamında bitirme projeleri için temin edilen burs ile bu çalışmaya destek vermiştir. Bu desteğinden dolayı TÜBİTAK BİDEB’e sonsuz teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Abt, E., Suh, H.H., Allen, G., Koutrakis, P., (2000). Characterization of indoor particle sources: a study conducted in the metropolitan Boston area. *Environmental Health Perspectives* 108, 35-44.

Buonanno, G., Morawska, L., Stabile, L., (2009). Particle emission factors during cooking activities. *Atmospheric Environment* 43, 3235-3242.

Chao, C.Y., Cheng, E.C., (2002). Source apportionment of indoor PM_{2.5} and PM₁₀ in homes. *Indoor and Built Environment* 11, 27-37.

Dennekamp, M., Howarth, S., Dick, C.A., Cherrie, J.W., Donaldson, K., Seaton, A., (2001). Ultrafine particles and nitrogen oxides generated by gas and electric cooking. *Occup. Environ. Med.*, 58, 511-516.

- Gao J, Cao C, Zhang X, Luo Z., (2013). Volume-based size distribution of accumulation and coarse particles (PM_{0.1-10}) from cooking fume during oil heating. *Build Environ* 59:575-80.
- He, C.R., Morawska, L., Hitchins, J., Gilbert, D., Zhang, (2004b). Contribution from indoor sources to particle number and mass concentrations in residential houses. *Atmos. Environ.*, 38, 3405-3415.
- He, L.Y., Hu, M., Huang, X.F., Yu, B.D., Zhang, Y.H., Liu, D.Q., (2004a). Measurement of emissions of fine particulate organic matter from Chinese cooking. *Atmos. Environ.*, 38, 6557-6565.
- Hussein, T., Glytsos, T., Ondracek, J., Dohanyosova, P., Zdimal, V., Hameri, K., Lazaridis, M., Smolik, J., Kulmala, M., (2006). Particle size characterization and emission rates during indoor activities in a house. *Atmospheric Environment* 40, 4285-4307.
- Kamens, R., Lee, C.T., Weiner, R., Leith, D., (1991). A study to characterize indoor particles in three non-smoking homes. *Atmos. Environ.* 25, 939-948.
- Kurt-Karakuş, PB., (2012). Determination of heavy metals in indoor dust from Istanbul, Turkey: Estimation of the health risk, *Environment International* 50, 47-55.
- Lai, S.C., Ho, K.F., Zhang, Y.Y., Lee, S.C., Huang, Y., Zou, S.C., (2010). Characteristics of residential indoor carbonaceous aerosols: a case study in Guangzhou, Pearl River Delta Region. *Aerosol and Air Quality Research* 10, 472-478.
- Lazaridis, M., Aleksandropoulou, V., Smolik, J., Hansen, J.E., Glytsos, T., Kalogerakis, N., Dahlin, E., (2006). Physico-chemical characterization of indoor/outdoor particulate matter in two residential houses in Oslo, Norway: measurements overview and physical properties e URBAN-AEROSOL Project. *Indoor Air* 16, 282-295.
- Lee, S.C., Li, W.M., Chan, L.Y., (2001). Indoor air quality at restaurants with different styles of cooking in metropolitan Hong Kong. *Sci. Total Environ.*, 279, 181-193.
- LI, C.S., Lin, W.H., Jenq, F.T., (1993). Size distributions of submicrometer aerosols from cooking. *Environment International* 19, 147-154.
- Massey, D., Kulshrestha, A., Masih, J., Taneja, A., (2012). Seasonal trends of PM₁₀, PM_{5.0}, PM_{2.5} & PM_{1.0} in indoor and outdoor environments of residential homes located in North Central India. *Building and Environment* 47, 223-231.
- Morawska, L., He, C.R., Hitchins, J., Mengersen, K., Gilbert, D., (2003). Characteristics of particle number and mass concentrations in residential houses in Brisbane, Australia. *Atmos. Environ.*, 37, 4195-4203.
- Ozkaynak, H., Xue, J., Spengler, J., Wallace, L., Pellizzari, E., Jenkins, P., (1996). Personal exposure to airborne particles and metals: results from the particle team study in Riverside, California. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 6, 57-78.

6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015 7-9 Ekim 2015, İZMİR

See, S.W., Balasubramanian R., (2006). Risk assessment of exposure to indoor aerosols associated with Chinese cooking, *Environmental Research*, 102, 197-204.

Wallace, L.A., Emmerich, S.J., Howard-Reed, C., (2004). Source strengths of ultrafine and fine particles due to cooking with a gas stove. *Environ. Sci. Technol.*, 38, 2304-2311.

Wan, M.-P., Wu, C.-L., Sze To, G.-N., Chan, T.-C., Chao, C.Y.H., (2011). Ultrafine particles, and PM_{2.5} generated from cooking in homes. *Atmospheric Environment* 45, 6141-6148,.

Wu D, Landsberger S, Larson SM., (1995) Evaluation of elemental cadmium as a marker for environmental tobacco-smoke. *Environ Sci Technol*, 29(9), 2311-6.

Yeung, L.L., To, W.M., (2008). Size distributions of the aerosols emitted from commercial cooking processes. *Indoor and Built Environment* 17, 220-229.