



Yuzuncu Yil University
Journal of Agricultural Sciences
(Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi)

<https://dergipark.org.tr/en/pub/yyutbd>



ISSN: 1308-7576

e-ISSN: 1308-7584

Research Article

The Effects of Atmospheric and Pressure Frying Processes on the Quality Characteristics of Meatballs

Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ*¹

¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 25240, Erzurum, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-9051-5555>

*Corresponding author e-mail: seymasisik@atauni.edu.tr

Article Info

Received: 10.09.2021

Accepted: 27.01.2022

Online Published: 15.03.2022

DOI:10.29133/yyutbd.1010069

Keywords

Meatball,
Frying,
Pressure frying,
Texture

Abstract: In the study, it was aimed to determine the effect of atmospheric and pressure frying on some quality properties of meatballs. For this purpose, meatballs have been subjected to deep frying process using hazelnut oil in atmospheric and pressure conditions. Fried meatball samples were analyzed in terms of pH, % moisture, TBARS (thiobarbutyric acid reactive substance), and instrumental color (internal and external surface). The meatballs were also tested for their instrumental texture properties. The frying factor had a significant effect ($p<0.05$) on the moisture value and a very significant effect ($p<0.01$) on the TBARS value of meatballs. The % moisture values of the samples fried in atmospheric conditions were determined lower than the samples fried in pressurized conditions. The pressure frying process reduced the TBARS value and increased the L*, a*, and b* values of the internal surface. This method resulted in an increase in the L* value and a decrease in the b* value in the external surface ($p<0.05$). The frying repeat factor generally caused a decrease in the internal and external surface colors. The pressure frying process increased the hardness, adhesiveness, resilience, and cohesiveness values of the meatball samples. However, the frying method did not have a significant effect on the springiness ($p>0.05$). The frying number caused a decrease in all texture parameters except the gumminess value.

To Cite: Şişik Oğraş, Ş., 2022. The Effects of Atmospheric and Pressure Frying Processes on the Quality Characteristics of Meatballs. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 32(1): 89-97. DOI: <https://doi.org/10.29133/yyutbd.1010069>

Atmosferik ve Basıncı Kızartma İşlemlerinin Köftenin Kalite Özelliklerine Etkileri

Makale Bilgileri

Geliş: 10.09.2021

Kabul: 27.01.2022

Online Yayınlanma: 15.03.2022

DOI:10.29133/yyutbd.1010069

Anahtar Kelimeler

Köfte,
Kızartma,
Basıncı kızartma,
Teskür

Öz: Araştırmada atmosferik ve basınçlı kızartmanın köftelerin bazı kalite özelliklerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla köfteler atmosferik ve basınçlı koşullarda fındık yağı kullanılarak derin yağda kızartma işlemine tabi tutulmuştur. Kızartılmış köfte örnekleri pH, % nem, TBARS (tiyobarbutirik asit reaktif substans) ve enstrümental renk (iç ve dış kesit yüzeyi) yönünden analiz edilmiştir. Köfteler enstrümental tekstür özellikleri açısından da test edilmiştir. Kızartma faktörü köftenin nem değeri üzerinde önemli ($p<0.05$), TBARS değeri üzerinde ise çok önemli ($p<0.01$) etki göstermiştir. Atmosferik koşullarda kızartılan örneklerin % nem değerleri basınçlı koşullarda kızartılan örneklere göre daha düşük belirlenmiştir. Basıncı kızartma işlemi TBARS değerini düşürmüş, iç kesit yüzeyi L*, a* ve b* değerlerini artırmıştır. Bu yöntem dış kesit yüzeyinde L* değerinde artışa, b* değerinde ise düşüşe neden olmuştur

($p < 0.05$). Kızartma tekrar sayısı faktörü ise iç ve dış kesit yüzey renk değerlerini genel olarak düşürmüştür. Basınçlı kızartma işlemi köftenin sertlik, yapışkanlık, esneklik, ve kohesivlik değerlerini artırmıştır. Buna karşın elastikiyet değeri üzerinde kızartma yöntemi önemli bir etki göstermemiştir ($p > 0.05$). Kızartma sayısı ise sakızimsılık değeri hariç bütün tekstür parametrelerinde düşüşe neden olmuştur.

1. Giriş

Derin yağda kızartma, genellikle 165-190 °C gibi yüksek sıcaklıklarda atmosferik koşullarda uygulanan bir pişirme yöntemi olup, yağ absorpsiyonu, yüzeyde kabuk oluşumu, kızartma tat ve kokusunun gelişimine bağlı olarak ürünün lezzetine katkıda bulunmaktadır. Derin yağda kızartma işlemi atmosferik, düşük (vakum) veya yüksek basınç koşullarında uygulanabilmektedir. Atmosferik koşullarda kızartma 165-190 °C gibi yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilmekte ve istenilen renk ve tekstürde ürünler elde edilmektedir (Moreira, 2002). Bu yöntemin sebze ve bazı et ürünlerindeki olumsuz etkilerinden dolayı özellikle son yıllarda düşük ve yüksek basınç gibi alternatif kızartma yöntemleri sıklıkla gündeme gelmektedir. Vakum kızartma (düşük basınç), 6.65 kPa altındaki basınçlarda meyve ve sebzeler gibi hassas ürünlerde uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntemle 90°C gibi düşük sıcaklıklarda atmosferik kızartmadaki özelliklere benzer ürün özellikleri elde edilebilmektedir. Yaklaşık 184 kPa basınç altında uygulanan yüksek basınçlı kızartma işlemi ise, genellikle baget, kanat gibi kemikli kanatlı etlerinde tercih edilmekte ve bu etlerde yüksek basıncın etkisiyle sulu, homojen pişirilmiş ve çıtır ürünler hazırlanabilmektedir (Ballard ve Mallikarjunan, 2006; Moreira, 2014).

Kızartma yağları kızartma işleminde hem ısı transfer aracı olması hem de tekstür ve aroma oluşumuna katkıları nedeniyle önem arz etmektedir (Debnath ve ark., 2012). Ticari kızartma işleminde, kızartma yağları birkaç kez kullanılabilir ve bu uygulamadan dolayı son ürünlerde sağlık açısından riskli uçucu ve uçucu olmayan bileşikler oluşabilmektedir (Takeoka ve ark., 1997). Kızartma işlemi sırasında aynı yağın tekrarlı kullanımı neticesinde ortaya çıkan bu bileşikler ve bozulma ürünleri yağ ve gıdanın tat, koku, renk ve tekstüründe arzu edilmeyen değişimlere neden olurken aynı zamanda raf ömrünü de kısaltmaktadır (Bhattacharya ve ark., 2008). Tekrarlı kızartma işleminin yağ kalitesine etkisini belirlemeye yönelik pek çok çalışma (Jaswir ve ark., 2000; Yılmaz ve Aydeniz, 2014) yürütülmüştür. Tekrarlı kızartma işleminin ürün özelliklerine etkisini belirlemeye yönelik çalışma sayısı ise oldukça sınırlı ve belirli ürünleri belirlemeye (Enríquez-Fernández ve ark., 2011; Debnath ve ark., 2012) yöneliktir.

Fast food ve hazır yemek gibi tüketime hazır gıda ürünlerine talep gün geçtikçe artmaktadır. Her iki sektörde tüketici taleplerini karşılamak ve ürün çeşitliliğini artırmak amacıyla farklı pişirme yöntemleri uygulanmaktadır. Bu yöntemler arasında derin yağda kızartma işlemi, patates, mısır cipsi, deniz ürünleri, nugget ve köfte gibi kanatlı ve kırmızı et ürünleri gibi pek çok ürün grubunun hazırlanmasında en çok kullanılan yöntemdir (Gaduraju ve ark., 2015). Köfte, kıyma haline getirilmiş etin çeşitli katkı maddeleri (baharat, kıyılmış soğan, sarımsak vb.) ile karıştırılması suretiyle üretilen önemli et ürünlerinden biri olup bu ürünün hazırlanmasında en çok tercih edilen yöntemlerden biri derin yağda kızartma işlemidir (Öz ve ark., 2017). Alternatif kızartma yöntemi olan basınçlı kızartma yönteminin araştırıldığı çalışma sayısı ise oldukça azdır (Ballard ve Mallikarjunan, 2006; Innawong ve ark., 2006; Erdoğan ve Dejmek, 2010). Köftenin basınçlı koşullarda kızartılmasına yönelik bir araştırmaya ise literatürde rastlanmamıştır. Bu çalışmada iki farklı kızartma yöntemi (atmosferik ve basınçlı kızartma) ile fındık yağında tekrarlı (5 kez) kızartma işleminin köftelerin bazı fizikokimyasal (pH, nem, renk, TBARS) ve enstrümantal tekstür (sertlik, yapışkanlık, kohesivlik, elastikiyet, esneklik, sakızimsılık, çiğnenebilirlik) özelliklerine etkileri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Köfte üretiminde dana karkasının but kısmından çıkarılan parça etler kullanılmıştır. Köfte üretiminde kullanılan tuz ve ekmek kırıntısı Erzurum piyasasından temin edilmiştir.

2.2. Yöntem

2.2.1. Köfte üretimi

Köfte üretimi için hazırlanan etler önce kıyma makinasından (Arzum, AR 160) (3mm'lik ayna) geçirilerek kıyma haline getirilmiştir. Köfte hamuruna % 5 oranında ekmek kırıntısı, % 2 oranında tuz ilave edilerek elle yoğurulmuştur. Bu şekilde hazırlanan köfte hamuru şekil verilmeden önce 4 °C'de 1 saat süreyle bekletilmiştir. Dinlendirilen hamur kalıpla (Çap 6.5 cm × yükseklik 1.5 cm) şekil verildikten sonra -20 °C'de kızartma işlemine kadar dondurulmuş olarak muhafaza edilmiştir. Her bir muamele için iki kez üretim yapılmıştır.

2.2.2. Kızartma işlemleri

Kızartma koşulları Çizelge 1'de verilmiştir. Kızartma işlemi aynı yağ kullanılarak 5 kez tekrarlanmıştır. Her kızartma işleminden sonra yağın 25 °C'ye soğuması beklenmiş ve numune alınmıştır. Kızartma işleminde ürün yağ oranı (1:10) da aynı seviyede tutulmuştur.

Çizelge 1. Kızartmada uygulanan koşullar

İşlemler	Koşullar
Kızartma Makinesi	MARKFRY 1014, Türkiye, PD tipi kızartma cihazı (sepet + kapak)
Kızartma Yöntemi	Atmosfer/Basınç koşullarında derin yağda kızartma
Yağ Cinsi	Fındık yağı
Yağ Miktarı	11 L
İşlem Sıcaklığı	Atmosferik-180°/Basıncı-160°
Kızartma Süreleri	Atmosferik-2/Basıncı-3 dak.
Basınç Koşulu	2 bar
Kızartma Tekrar Sayısı	5
Kızartma Ürünü	Köfte
Köfte boyutları	6.5 ×1.5 cm

2.2.3. Örneklerin alınması ve analize hazırlanması

Analizler için kızartma işleminden sonra köfteler 25 °C'ye soğutulmuş ve her bir muamele grubundan 3 paraleli olarak örnekler alınmış ve analizlere tabi tutulmuştur.

2.3. Analizler

2.3.1. Nem miktarı

Homojen haline getirilen yaklaşık 10 g köfte örneği daha önceden 105 °C'de kurutulmuş ve darası alınmış kaplara tartıldıktan sonra 105 °C'deki etüvde (Mettler 400) sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Ağırlık kayıpları dikkate alınarak nem miktarı % olarak belirlenmiştir (Gökalp ve ark., 2001).

2.3.2. pH

Köfte örneklerinin pH değerlerini belirlemek için 10'ar gram tartılıp üzerine 100 ml saf su ilave edilerek 1 dak. homojenize (Ultra-Turrax, IKA Werk Tp 18-10 20.000 UpM) edilmiştir. Homojenizatların pH değerleri ölçülmeden önce pH metre (Mettler Toledo Ion S220, İsviçre) pH 4.0 ve pH 7.0'lik tampon çözeltiler kullanılarak kalibre edilmiştir (Gökalp ve ark., 2001).

2.3.3. Tiyoarbiturik Asit Reaktif Maddeler (TBARS)

TBARS analizi için homojen hale getirilen örneklerden 2'şer gram paralelli olarak tartılarak üzerine 12 ml TCA çözeltisi (% 7.5 TCA, % 0.1 EDTA ve % 0.1 Propil galat (3 ml etanolde çözündürülmüş)) ilave edilmiş ve Ultra Turrax (IKA Werk Tp 18-10 20.000 UpM) ile 15-20 s orta hızda homojenize edilmiştir. Karışım daha sonra Whatman 1 filtre kağıdından süzülerek deney tüplerine 3 ml alınmış ve üzerine 3 ml 0.02 M TBA çözeltisinden ilave edilerek vortekslenmiştir. Deney tüpleri kaynayan su banyosunda 40 dak. bekletilmiş ve 5 dak. akan musluk suyunda soğutulmuştur. Bu işlemten sonra Spektrofotometrede (Shimadzu Spectrophotometer UV-120-01) 532 nm'lik dalga

boyunda köre karşı absorbans değeri belirlenmiştir. Elde edilen absorbans değerinden ve TEP (1,1,3,3 tetraethoxypropane) standardı kullanılarak belirlenerek standart kürveden faydalanılarak TBARS değeri hesaplanmıştır (Lemon, 1975).

2.3.4. Renk analizi

Köfte örneklerinin renk yoğunlukları köftelerin iç ve dış kesit yüzeyinden 3 paralelli olacak şekilde Minolta (CR-200, Minolta Co, Osaka, Japan) kolorimetresi kullanılarak belirlenmiştir. L^* , a^* ve b^* değerleri üç boyutlu renk ölçümünü esas alan Uluslararası Aydınlatma Komisyonu CIELAB (Commision Internationale de l'E Clairage) tarafından verilen kriterlere (L^* değeri; $L=0$, siyah; $L=100$, beyaz (koyuluk/açıklık); a^* değeri; $+a$ =kırmızı, $-a$ =yeşil; b^* değeri; $+b$ =sarı, $-b$ =mavi renk) göre yapılmıştır.

2.3.5. Tekstür profil analizi (TPA)

Köfte örneklerinin enstrümental tekstür özelliklerinin (sertlik, yapışkanlık, kohesivlik, elastikiyet, esneklik, sakızimsılık, çignenebilirlik) belirlenmesinde tekstür profil analiz cihazı (CT3, Brookfield Engineering Laboratories, USA) kullanılmıştır. Silindirik boyutlu (20 mm çap ve 10 mm yükseklik) örnekler alınarak tekstür profil analiz cihazında silindirik prob kullanılarak sıkıştırılma çevrimi ile oda sıcaklığında analiz gerçekleştirilmiştir. TPA'da kullanılan işlem şartları; ön test hızı 1 mm/s, test sonrası hızı 2 mm/s, sıkıştırma oranı % 50 ve iki sıkıştırma arası 5 s olacak şekilde uygulanmıştır. Tekstürel parametreler (sertlik, elastikiyet, yapışkanlık, kohesivlik, esneklik, sakızimsılık, çignenebilirlik) bir güç-süre grafiği kullanılarak belirlenmiştir (Bourne, 1978).

2.4. İstatistiksel analizler

Araştırmada pişirme yöntemi (atmosferik ve basınçlı kızartma) ve kızartma tekrar sayısı (1, 2, 3, 4 ve 5) faktör olarak alınmış, denemeler 2×5 faktöriyel düzende tam şansa bağlı deneme planına göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuş ve yürütülmüştür. Elde edilen veriler IBM SPSS Statistics 20 paket program kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve istatistiki açıdan önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarına ait ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Nem miktarı, pH ve TBARS değerleri

Farklı kızartma yöntemleri (atmosferik ve basınçlı) ve kızartma sayısı (5 tekrar) kullanılarak fındık yağı ile üretilen köfte örneklerinin % nem, pH ve TBARS değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Köftelerin nem miktarı üzerinde kızartma yöntemi önemli ($p < 0.05$), kızartma sayısı ise çok önemli ($p < 0,01$) düzeyde etkili olmuştur. Nem içeriği (%) basınçlı kızartılmış köftelerde (% 55.99), atmosferik koşullarda kızartılan köftelere (% 54.84) göre daha yüksek tespit edilmiştir. Kızartma tekrar sayısı arttıkça nem değeri düşmüştür. Kızartma sıcaklığı ve uygulanan basınç işlemi ürünün nem içeriği üzerinde oldukça etkili olmakta ve yağ sıcaklığındaki artışla üründe meydana gelen dehidrasyon sonucu üründen hızlı nem çıkışı meydana gelmektedir (Innawong ve ark., 2006). Araştırmada basınçlı kızartmada belirlenen bu yüksek nem içeriğinin kızartmanın daha düşük sıcaklıkta yapılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Farklı kızartma yöntemlerinin nugget üzerine etkisini belirlemeye yönelik yürütülen bir çalışmada da atmosferik kızartma işleminde nem değerinin (% 57.19), basınçlı kızartma işlemine göre (% 58.50) daha düşük olduğu belirlenmiştir (Kaplan, 2020). Das ve ark. (2003) da benzer şekilde tavuk örneklerinde nem içeriklerinin basınçlı koşullarda daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Atmosferik ve basınçlı koşullarda gerçekleştirilen kızartma işleminde köfte örneklerinin pH değerleri 6.01-6.03 arasında değişmiştir. Kızartma yönteminin örneklerin pH değeri üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır ($p > 0.05$). Aynı şekilde kızartma sayısı ve kızartma yöntemi \times kızartma sayısı interaksyonunun da pH değeri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0.05$). Derin yağda atmosferik ve basınçlı koşullarda gerçekleştirilen kızartma işlemlerinin karşılaştırıldığı benzer bir çalışmada da pH değeri açısından önemli bir farklılık belirlenmemiştir (Das ve ark., 2013).

Çizelge 2. Farklı pişirme yöntemleri ve tekrarlı kızartma işlemi uygulanarak pişirilen köftelerin nem, pH ve TBARS değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

	Nem (%)	pH	TBARS ($\mu\text{mol MDA/kg}$)
<i>Kızartma Yöntemi (KY)</i>			
Atmosferik	54.84 \pm 2.81 ^a	6.01 \pm 0.04 ^a	39.35 \pm 6.85 ^a
Basınçlı	55.99 \pm 1.84 ^b	6.03 \pm 0.06 ^a	29.44 \pm 5.52 ^b
	*	Öd	**
<i>Kızartma Sayısı (KS)</i>			
1	57.78 \pm 0.95 ^a	6.03 \pm 0.04 ^a	28.48 \pm 7.78 ^c
2	56.97 \pm 1.68 ^{ab}	6.03 \pm 0.07 ^a	33.30 \pm 8.86 ^{bc}
3	55.66 \pm 0.90 ^b	6.01 \pm 0.03 ^a	33.68 \pm 6.36 ^{bc}
4	53.75 \pm 1.90 ^c	6.02 \pm 0.09 ^a	34.85 \pm 6.40 ^b
5	52.94 \pm 2.24 ^c	6.03 \pm 0.04 ^a	41.68 \pm 5.97 ^a
	**	Öd	**

a-c: Aynı sütunda benzer harfle ifade edilen değerler arasında Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiki açıdan fark yoktur ($p > 0.05$).
** : $p < 0.01$.
* : $p < 0.05$.
Öd: önemli değil.

Kızartma işlemindeki yüksek sıcaklıklarda atmosferik oksijen yağ ile birlikte oksidatif değişikliklere neden olmaktadır. Lipid oksidasyonu bu nedenle son ürün kalite ve güvenliğini belirleyen önemli bir faktördür. Ette aroma ve kötü tat oluşumuna katkıda bulunan ikincil oksidasyon ürünlerinin bir ölçüsü olan TBARS değeri üzerinde, kızartma yöntemi ve kızartma sayısı faktörleri çok önemli ($p < 0.01$) etki göstermiştir. Analiz sonuçlarına göre atmosferik koşullarda gerçekleştirilen kızartma işlemi ile köftelerin TBARS değeri (39.35 $\mu\text{mol MDA/kg}$), basınçlı koşullarda (29.44 $\mu\text{mol MDA/kg}$) gerçekleştirilen kızartma işlemine göre daha yüksek bir değer vermiştir (Çizelge 2). Lipid oksidasyonu yağ kalitesi üzerinde oldukça büyük bir öneme sahip olup, özellikle atmosferik koşullarda gerçekleşen kızartmada oksijen en önemli oksidasyon nedenlerinden biridir. Kızartma işleminde oksijen seviyesinin düşürülmesinin oksidasyonu önlemede en etkin yöntemlerden biri olduğu belirtilmektedir. Basınç uygulanarak pişirilen köftelerde TBARS değerinin düşük çıkmasının bu koşullardaki oksijen seviyesinin atmosferik koşullara göre daha düşük seviyede olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer sonuçların belirlendiği diğer bir çalışmada kızartılmış tavuk etlerinde TBA değerleri atmosferik koşullarda 0.35-0.56 $\mu\text{mol MDA/kg}$, basınçlı koşullarda ise 0.28-0.31 $\mu\text{mol MDA/kg}$ aralığında belirlenmiştir (Das ve ark., 2003). Kızartma işleminde yağın tekrar tekrar kullanımının yağ içerisinde kızaran gıdanın lezzeti, rengi ve tekstürü üzerinde önemli etkileri olmaktadır (Stevenson ve ark., 1984). Mevcut bu araştırmada tekrarlı kızartma işleminin köftelerin TBARS değeri üzerinde çok önemli ($p < 0.01$) etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. İlk kızartma sonucunda köftelerin TBARS değeri 28.46 $\mu\text{mol MDA/kg}$ olarak belirlenirken 5. kızartma sonucunda bu değer 41.68 $\mu\text{mol MDA/kg}$ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 2).

3.2. Renk analizi

Kızartılan ürünlerin en önemli kalite özelliklerinden biri olan renk, ürüne uygulanan kızartma süre ve sıcaklığı, protein denatürasyonu, nişastanın jelatizasyonu ve maillard reaksiyonu gibi faktörlerden etkilenmektedir (Innawong ve ark., 2006; Devresen ve ark., 2016). Kızartma yönteminin, örneklerin iç kesit yüzey L^* ve a^* değerleri üzerinde önemli, b^* değeri üzerinde ise çok önemli etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Basınçlı koşullarda gerçekleştirilen kızartma işlemi bu üç renk parametresini de artırmıştır. Kızartma yöntemlerinin karşılaştırıldığı diğer bir çalışmada da basınçlı kızartmanın atmosferik kızartmaya göre daha yüksek a^* değeri verdiğini bildirilmiştir. Aynı çalışmada kızartma yönteminin L^* ve b^* değeri üzerinde bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir (Innawong ve ark., 2006).

Çizelge 3. Farklı pişirme yöntemleri ve tekrarlı kızartma işlemi uygulanarak pişirilen köftelerin L*, a* ve b* değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

	Renk özellikleri					
	İç kesit			Dış kesit		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
<i>Kızartma Yöntemi (KY)</i>						
Atmosferik	46.50±2.13 ^a	8.69±0.80 ^a	11.54±0.56 ^a	28.49±2.93 ^a	6.21±0.79 ^a	7.76±1.08 ^a
Basınçlı	47.71±1.97 ^b	9.04±0.83 ^b	12.26±1.45 ^b	29.70±2.21 ^b	6.00±0.57 ^a	6.57±0.80 ^b
	*	*	**	*	Öd	**
<i>Kızartma Sayısı (KS)</i>						
1	49.30±1.25 ^a	9.61±0.63 ^a	12.12±1.29 ^{ab}	32.82±1.43 ^a	6.88±0.54 ^a	7.95±0.97 ^a
2	48.44±0.92 ^a	9.11±0.66 ^a	11.31±0.26 ^b	29.02±1.38 ^b	6.10±0.22 ^b	7.11±0.57 ^{ab}
3	46.09±2.25 ^b	9.04±0.97 ^a	12.89±1.78 ^a	29.21±1.47 ^b	6.20±0.94 ^b	7.08±1.96 ^{ab}
4	46.29±1.53 ^b	8.12±0.65 ^b	11.51±0.78 ^b	28.26±0.99 ^b	5.74±0.36 ^b	6.65±0.24 ^b
5	45.40±1.60 ^b	8.45±0.26 ^b	11.66±0.42 ^b	26.16±2.25 ^c	5.62±0.41 ^b	7.04±0.94 ^{ab}
	**	**	**	**	**	Öd

a-c: Aynı sütunda benzer harfle ifade edilen değerler arasında Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiki açıdan fark yoktur (p>0.05).

** : p < 0.01.

* : p < 0.05.

Öd: Önemli değil.

Basınçlı kızartma işleminde azot gazı veya buhar (gıdadan çıkan) kullanımının nuggetlara etkisinin belirlendiği bir çalışmada, buharla kızartılan ürünlerin L* değerinin azot gazı ile kızartılan ürünlere göre daha düşük olduğu bildirilmiştir (Enriquez-Fernandez ve ark., 2011). Kızartma tekrar sayısı arttıkça köftelerin iç kesit yüzeyindeki renk parametreleri düşüş göstermiştir (Çizelge 3). Atmosferik koşullarda tavuk örnekleri üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada da benzer şekilde tekrar sayısı arttıkça L* değerinde düşüş meydana geldiği belirlenmiştir (Sunisa ve ark., 2011). Kızartma yöntemi × kızartma sayısı interaksiyonunun ise L* değeri üzerinde önemli bir etkisi olmazken (p>0.05), a* ve b* değerleri üzerinde çok önemli etkileri gözlemlenmiştir (p<0.01). Köfte örneklerinin dış kesit yüzeyinde ise, parlaklığın göstergesi olan L* değeri basınçlı kızartma işleminde artış göstermiştir. Buna karşın sarı renk yoğunluğunun göstergesi olan b* değeri düşmüştür (Çizelge 3). Kırmızılığın göstergesi olan a* değerinde ise önemli bir değişim gözlemlenmemiştir (p>0.05). 1. Kızartma işlemi sonucunda örneklerin L* ve a* değerleri 32.82 ve 6.88 olarak belirlenmiş, buna karşın 5.kızartma işlemi sonucunda bu değerler sırasıyla 26.16 ve 5.62 değerlerine düşmüştür. Diğer taraftan kızartma sayısının köfte örneklerinin dış yüzey b* değeri üzerinde önemli bir etkisi olmadığı tespit saptanmıştır (p>0.05) (Çizelge 3).

3.3. Tekstür profil analizi

Basınçlı kızartma yöntemi bir örneği sıkıştırmak için sarf edilen maksimum kuvvetin göstergesi olan (Herrero ve ark., 2007) sertlik değeri (N) üzerinde önemli bir artışa neden olmuştur. Teruel ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada da vakum altında kızartma işleminde gevrekliğin arttığı rapor edilmiştir. Mevcut bu araştırmada 2.kızartma 1. kızartmaya göre daha düşük değer vermekle birlikte istatistiki açıdan önemli bir farklılık vermemiştir. 3., 4. ve 5. kızartmalar 1. ve 2. kızartmaya göre daha düşük değerler vermiş, ancak bu kızartmalara ait ortalamalar istatistiki açıdan farklı bulunmamıştır. Bu sonuçlar 2. kez kızartmanın sertlikte önemli bir değişikliğe neden olmadığını göstermektedir. Yapışkanlık (mJ), sıkıştırıcı pistonu numuneden uzaklaştırmak için gerekli kuvvetin bir göstergesi olarak dikkate alınan bir parametredir (Andress ve ark., 2006). Kızartma yöntemi örneklerin yapışkanlık değeri üzerinde önemli (p<0.05) etkiye sahiptir. Atmosferik koşullarda gerçekleştirilen kızartma işleminde (8.69 mJ) basınçlı kızartma (9.04 mJ) işlemine göre daha düşük bir değer belirlenmiştir. Yapışkanlık değeri 1. kızartmada 9.61 mJ olarak belirlenirken tekrar sayısı arttıkça bu değer düşüş göstermiştir. Ancak 2. ve 3. kızartma sayılarına ait ortalamalar 1. kızartma sayısına ait ortalamadan istatistiki olarak bir farklılık göstermemiştir (p>0.05). Kızartmanın 4. ve 5. tekrarında yapışkanlık değeri düşmüş (p<0.05), bununla birlikte bu iki kızartma sayısına ait ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmamıştır (p>0.05).

Çizelge 4. Farklı pişirme yöntemleri ve tekrarlı kızartma işlemi uygulanarak pişirilen köftelerin tekstürel parametrelerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

	Sertlik (N)	Yapışkanlık (mJ)	Esneklik	Kohesivlik	Elastikiyet (mm)	Sakızimsılık (N)	Çiğnenebilirlik (mJ)
<i>Kızartma Yöntemi (KY)</i>							
Atmosferik	46.50±2.13 ^a	8.69±0.80 ^a	11.54±0.56 ^a	28.49±2.93 ^a	6.21±0.79 ^a	7.76±1.08 ^a	6.21±0.79 ^a
Basınçlı	47.71±1.97 ^b	9.04±0.83 ^b	12.26±1.45 ^b	29.70±2.21 ^b	6.00±0.57 ^a	6.57±0.80 ^b	6.00±0.57 ^a
	*	*	**	*	Öd	**	Öd
<i>Kızartma Sayısı (KS)</i>							
1	99.30±1.25 ^a	9.61±0.63 ^a	12.12±1.29 ^{ab}	2.82±1.43 ^a	6.88±0.54 ^a	7.95±0.97 ^a	6.88±0.54 ^a
2	48.44±0.92 ^a	9.11±0.66 ^a	11.31±0.26 ^b	29.02±1.38 ^b	6.10±0.22 ^b	7.11±0.57 ^{ab}	6.10±0.22 ^b
3	46.09±2.25 ^b	9.04±0.97 ^a	12.89±1.78 ^a	29.21±1.47 ^b	6.20±0.94 ^b	7.08±1.96 ^{ab}	6.20±0.94 ^b
4	46.29±1.53 ^b	8.12±0.65 ^b	11.51±0.78 ^b	28.26±0.99 ^b	5.74±0.36 ^b	6.65±0.24 ^b	5.74±0.36 ^b
5	45.40±1.60 ^b	8.45±0.26 ^b	11.66±0.42 ^b	26.16±2.25 ^c	5.62±0.41 ^b	7.04±0.94 ^{ab}	5.62±0.41 ^b
	**	**	**	**	**	Öd	**

a-c: Aynı sütunda benzer harfle ifade edilen değerler arasında Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiki açıdan fark yoktur (p>0.05).

** : p < 0.01.

* : p < 0.05.

Öd: Önemli değil

Deformasyona maruz kalan bir örneğin geri kazanımı olarak tanımlanan esneklik (Bourne, 1982) üzerinde kızartma yöntemi ile kızartma sayısı çok önemli etkide bulunmuştur (p<0.01). Esneklik değeri yapışkanlık ve sertlik değerinde olduğu gibi basınçlı kızartma atmosferik kızartmaya göre daha yüksek bir ortalama değer vermiştir (p<0.05). Kızartma sayısının 1'den 2 veya 3'e çıkarılması esneklik değerinde önemli bir etki göstermemiştir. (p>0.05) Buna karşın 3. Kızartma 4 ve 5'ten daha yüksek bir ortalama değer vermiştir Ayrıca 2, 4 ve 5. kızartma işlemlerine ait ortalamalar arasında da önemli bir farklılık bulunmamıştır (p>0.05).

Kohesivlik örneğin kopmadan önceki deformasyon derecesinin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır (Herrero ve ark., 2007). Farklı kızartma yöntemleri (atmosferik ve basınçlı) ve kızartma sayısı kullanılarak üretilen köfte örneklerinin kohesivlik değerlerine ait sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir. Kohesivlik üzerinde kızartma yöntemi önemli (p<0.05), kızartma sayısı ise çok önemli (p<0.01) bir etkide bulunmuştur. Basınçlı kızartma atmosferik koşullardaki kızartma işlemine göre daha yüksek bir ortalama değer vermiştir (Çizelge 4). Das ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada basınçlı ve atmosferik kızartma işleminin kohesivlik üzerinde etkili olmadığı bildirilmiştir. Kızartma sayısı arttıkça kohesivlik değerinde düşüş gözlenmiştir. Bununla birlikte 2, 3 ve 4. kızartmalar arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık gözlenmemiştir. En düşük ortalama kohesivlik değerini 5.kızartma vermiştir. Bu sonuca göre 5. kızartma ürünün kohesivlik değerinde önemli düşüşe neden olmaktadır.

Örneğe uygulanan deformasyon kuvveti ortadan kalktıktan sonra örneğin orijinal şekline dönme yeteneği olarak tanımlanan diğer önemli bir tekstürel parametre olan (Herrero ve ark., 2007) elastikiyet üzerinde kızartma yöntemimin herhangi önemli bir etkisi (p >0.05) olmamıştır. Benzer şekilde konu ile ilgili yürütülen diğer bir çalışmada elastikiyet değeri açısından kızartma yönteminin bir etkisi olmadığı bildirilmiştir (Das ve ark., 2013). Kızartma sayısının elastikiyet üzerinde p<0.01 düzeyinde etki gösterdiği saptanmıştır. En yüksek ortalama değeri 1. kızartma vermiştir. Diğer kızartma sayıları arasında ise istatistik açıdan önemli bir farklılık görülmemiştir (p>0.05). Diğer taraftan basınçlı kızartma daha düşük bir ortalama sakızimsılık değeri vermiştir (p<0.05). Kızartma sayısının ise bu tekstür parametresi üzerinde herhangi bir etkisi olmamıştır (Çizelge 4).

Numunenin parçalara ayrılıp yutmaya hazır duruma getirilmesi için gerekli enerjiyi ifade eden bir parametre olan çiğnenebilirlik (mJ) değeri, elastikiyet değerinde olduğu gibi kızartma yönteminden etkilenmemiştir (p>0.05). Buna karşın kızartma sayısı bu parametre üzerinde çok önemli (p<0.01) düzeyde etkili olmuştur (Çizelge 4). Elastikiyet parametresinde olduğu gibi en yüksek ortalama değer 1. kızartmada belirlenmiştir (p<0.05). Diğer kızartma seviyelerinde ise bu parametre açısından önemli farklılıklar gözlemlenmemiştir (p>0.05).

4. Sonuç

Sonuç olarak basınçlı kızartma ürün renk özellikleri ve lipid oksidasyonu açısından atmosferik kızartmaya göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Basınçlı kızartma esneklik değerini artırmakta,

sakızimsılık değerini ise düşürmektedir. Bu kızartma yöntemi az da olsa sertlik ve yapışkanlık değerinde artışa neden olmaktadır.

TBARS değeri 5. kızartmadan sonra önemli derecede artmakta buna karşın, parlaklığın ölçüsü olan L değeri ise kızartma sayısı arttıkça düşüş göstermektedir. Kızartma sayısı tekstürel parametreler üzerinde de farklı etkiler göstermektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından BAP 2016/270 no'lu proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynakça

- Ballard, T. S., & Mallikarjunan, P. (2006). The effect of edible coatings and pressure frying using nitrogen gas on the quality of breaded fried chicken nuggets. *Journal of Food Science*, 71(3), 259-264.
- Bhattacharya, A. B., Sajilata, M. G., Tiwari, S. R., & Singhal, R. S. (2008). Regeneration of thermally polymerized frying oils with adsorbents. *Food Chemistry*, 110(3), 562-570.
- Bourne, M. C. (1978). Texture Profile Analysis. *Food Technology*, 32:62-72p.
- Bourne, M. C. (1982). *Food textures and viscosity: concept and measurement*. New York:Academic Press.
- Das, R., Pawar, D. P., & Modi, V. K. (2013). Quality characteristics of battered and fried chicken: Comparison of pressure frying and conventional frying. *Journal of Food Science and Technology*, 50(2), 284-292.
- Debnath, S., Rastogi, N. K., Krishna, A. G., & Lokesh, B. R. (2012). Poori'nin derin yağda kızartması sırasında kızartma döngülerinin pirinç kepeği yağının fiziksel, kimyasal ve ısı transfer kalitesi üzerindeki etkisi: Hint geleneksel kızarmış yiyecekler. *Gıda ve Biyokütle İşleme*, 90(2), 249-256.
- Enríquez-Fernández, B. E., Álvarez de la Cadena y Yañez, L., & Sosa-Morales, M. E. (2011). Comparison of the stability of palm olein and a palm olein/canola oil blend during deep-fat frying of chicken nuggets and French fries. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(6), 1231-1237.
- Erdoğan, F., & Dejmek, P. (2010). Patateslerin yüksek basınçlı kızartması sırasında ısı transfer katsayısının belirlenmesi. *Gıda mühendisliği dergisi*, 96(4), 528-532.
- Gökalp, H. Y., Kaya M., Tülek, Y., & Zorba, Ö. (2001). *Et ve Et Ürünlerinde Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Klavuzu*. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yay. No:318 Erzurum.
- Herrero, A. M., Ordóñez, J. A., de Avila, R., Herranz, B., De la Hoz, L., & Cambero, M. I. (2007). Breaking strength of dry fermented sausages and their correlation with texture profile analysis (TPA) and physico-chemical characteristics. *Meat science*, 77(3), 331-338.
- Innawong, B., Mallikarjunan, P., Marcy, J., & Cundiff, J. (2006). Pressure conditions and quality of chicken nuggets fried under gaseous nitrogen atmosphere. *Journal of Food Processing and Preservation*, 30(2), 231-245.
- Jaswir, I., Man, Y.B.C. & Kitts, D.D. (2000). Use of natural antioxidants in refined palm olein during repeated deep-fat frying. *Food research international*, 33(6), 501-508.
- Kaplan, H. (2020). *Atmosferik ve basınçlı kızartmanın hindi nuggetlarının bazı kalite özellikleri ile kızartma yağ kalitesine etkisi* (Yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Lemon, D. W. (1975). *An Improved TBA Test for Rancidity New Series Circular*. No:51.
- Moreira, R. G. (2002). Department of Biological and Agricultural Engineering, Texas A&M University, College Station, TX, USA. *Deep-fat frying*, 210-237.
- Moreira, R. G. (2014). Vacuum frying versus conventional frying—An overview. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116(6), 723-734.

- Öz, F., Zaman, A., & Kaya, M. (2017). Effect of chitosan on the formation of heterocyclic aromatic amines and some quality properties of meatball. *J. of Food Processing and preservations*, 41(4), 1-17.
- Stevenson, S. G., Vaisey-Genser, M., & Eskin, N. A. M. (1984). Derin kızartma yağlarının kullanımında kalite kontrolü. *Amerikan Petrol Kimyagerleri Derneği Dergisi*, 6(6), 1102-1108.
- Sunisa, W., Worapong, U., Sunisa, S., Saowaluck, J., & Saowakon, W. (2011). Quality changes of chicken frying oil as affected of frying conditions. *Int. Food Research Journal.*, 18, 615-620.
- Takeoka, G. R., Full, G. H., & Dao, L. (1997). Effect of heating on the Characteristics and Chemical Composition of Selected Frying Oils and Fats. *J. Agric. Food Chem.*, 45(8), 3244–3249.
- Teruel, M. R., García-Segovia, P., Martínez-Monzó, J., Linares, M. B., & Garrido, M. D. (2014). Use of vacuum-frying in chicken nugget processing. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 26, 482-489.
- Yılmaz, E., & Aydeniz, B. (2014). Farklı doğal antioksidanların kızartma süresince yer fıstığı yağının fiziksel özellikleri üzerine etkileri. *Academic Food Journal*, 12(1).