

SICAK HAVA FRİTÖZÜ VE DERİN YAĞDA KIZARTMA TEKNİĞİ İLE KIZARTILMIŞ GIDALARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Ayşe Bal*, Erdoğan Küçüköner

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Merkez, Isparta, Türkiye

Geliş / Received: 24.07.2023; Kabul / Accepted: 05.10.2023; Online baskı / Published online: 07.10.2023

Bal, A., Küçüköner, E. (2023). Sıcak hava fritözü ve derin yağda kızartma tekniği ile kızartılmış gıdaların karşılaştırılması. GIDA (2023) 48 (5) 1060-1070 doi: 10.15237/ gida.GD23086

Bal, A., Küçüköner, E. (2023). Comprasion of foods fried by air frying and deep fat frying. GIDA (2023) 48 (5) 1060-1070 doi: 10.15237/ gida.GD23086

ÖZ

Son yıllarda insanların sağlıklı ve enerji değeri düşük gıdalar tüketme eğilimi göstermesi yeni pişirme tekniklerinin gelişmesine yol açmıştır. Sıcak hava fritözü son 10 yılda ortaya çıkan, tüketiciler tarafından kabul görmüş bir pişirme cihazıdır. Bu cihazlar klasik kızartma tekniklerine oranla daha az yağ ilavesi ile kızartma işlemine olanak sağlamaktadır. Bu sayede derin yağda kızartmaya kıyasla enerji değeri ve yağ oranı daha düşük gıdalar elde edilebilmektedir. Derin yağda kızartma tekniği en eski pişirme tekniklerinden biri olmasına rağmen pişirilen ürünün yüksek oranda yağ içermesi ve proses sırasında gıdada bazı istenmeyen bileşenler (akrilamid vb.) oluşumuna sebep olması nedeniyle tüketiciler tarafından çekinceye sebep olabilmektedir. Son yıllarda sağlıklı beslenmeye olan ilginin artması da bu tarz gıdaların tüketiminin sınırlanmasına sebep olmaktadır. Bu derlemenin amacı sıcak hava fritözü ve derin yağda kızartılan gıdalara yönelik yapılmış çalışmaların incelenerek elde edilen fiziksel, kimyasal, duyuşsal niteliklerin literatür verileri doğrultusunda açıklanmasıdır.

Anahtar kelimeler: Sıcak hava fritözü, derin yağda kızartma, akrilamid, kızartılmış gıdalar

COMPRASION OF FOODS FRIED BY AIR FRYING AND DEEP FAT FRYING

ABSTRACT

In recent years, people's tendency to consume healthy and low energy foods has led to the development of new cooking techniques. The air fryer is a consumer-accepted cooking appliance that has emerged in the last 10 years. These devices allow frying with less oil addition compared to conventional frying techniques. In this way, foods with lower energy value and fat content can be obtained compared to deep fat frying. Although deep fat frying is one of the oldest cooking techniques, it can cause hesitation by consumers due to the high fat content of the cooked product and the formation of some undesirable components (acrylamide, etc.) in the food during the process. The growth of interest in healthy eating in recent years has also led to a limitation in the consumption of such foods. The aim of this review is to examine the studies on air fried and deep fried foods and to explain the physical, chemical and sensory qualities obtained in line with the literature data.

Keywords: Air fryer, deep fat frying, acrylamide, fried foods

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉:aysebal@baka.gov.tr

☎:0(246) 224 37 37

Ayşe Bal; ORCID no: 0009-0000-0083-9613

Erdoğan Küçüköner; ORCID no: 0000-0001-9259-4800

GİRİŞ

Gıdaların tercih edilirliğinde lezzeti ve albenisinin yanı sıra enerji değeri, besleyiciliği, fonksiyonelliği, insan sağlığına etkisi gibi etmenler de önemli rol oynamaktadır. Değişen yaşam tarzı ve beraberinde insanların sağlık konusundaki endişeleri beslenme alışkanlıklarının da değişmesine yol açmaktadır. Dünyada kızartılmış gıdaların tüketiminin artması neticesinde kızartma işlemi gıda endüstrisinde de oldukça yaygın hale gelmiştir. Kızartılmış gıdalar ev içi tüketimde ve yemekhane, restoran vb. dış ortamlarda sıklıkla tüketilen gıdalardandır. Kızartma teknikleri arasında en yaygın olarak kullanılan teknik derin yağda (daldırarak) kızartmadır (Boz, 2022). Bu teknik gıdanın 150-200 °C'deki sıcaklıktaki yağa daldırılması ve istenilen süre boyunca kızartılması ile uygulanır (Manjunatha vd., 2014). Kızartma yağı gıdanın tekstürünü geliştiren, yağlı hisse sebep olan ve diğer aromaları destekleyen bir ısı transferi gerçekleşmesine katkı sağlamaktadır (Frakolaki vd., 2023). Bu esnada meydana gelen ana fizikokimyasal tepkimeler; nişasta jelatizasyonu, proteinlerin denatüre olması, esmerleşme, kabuk oluşumu ve aroma değişimidir (Tzompa-Sosa vd., 2022). Bu işlem esnasında gıda, yüksek miktarda yağ emmektedir. 2003 yılında Mellema tarafından ön işlem yapılmadan gerçekleştirilen kızartma neticesinde, patates cipsinin mevcut ağırlığının 1/3'ü kadarına karşılık gelecek miktarda yağı içine aldığı belirtilmiştir (Mellema, 2003).

Yüksek yağlı beslenmenin olumsuz etkileri tüketicileri besleyiciliği yüksek, güvenli gıdaları bulma eğilimine yönlendirmiştir. Bu arayış da yağ oranı azaltılmış kızarmış gıda üretimine olanak veren pişirme tekniklerinin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır (Giovanelli vd. 2017; Lartey vd. 2018). Bu sayede geliştirilen yenilikçi kızartma tekniklerinden biri sıcak hava ile kızartma (air frying) teknolojisidir. Bu teknikte gıdalar az miktarda yağ kullanılarak veya hiç kullanmadan yüksek hızlı hava sirkülasyonu neticesinde pişirilir. Sıcak hava fritözü ile pişirilen gıdaların albenisi; duyu özellikleri ve pişme işlemi neticesinde ortaya çıkan karakteristik niteliklerine bağlı olarak değişir (Santos vd., 2017).

KIZARTMA

Kızartma yıllardır bilinen ve tüm dünyada kullanılan pişirme tekniklerinden biridir. Sebze, meyve, hamur, tavuk, kırmızı et, balık gibi birçok ürün çeşidi bitkisel yağlar kullanılarak lezzetli bir tüketim gıdası haline dönüşmektedir. Kızarmış bir gıdanın kuru, gevrek kabuk ve yumuşak iç dokuya sahip olması kızartılmış yiyeceklerin albenisinin en önemli nedenlerinden biridir (Mellema, 2003).

Genel olarak kızarmış gıdalar ürünün yaklaşık %35-44'ü oranında oldukça yüksek bir yağ içeriğine sahiptir (Terruel vd. 2015). Bu yöntem pişen gıdanın tadı nedeniyle insanlar tarafından sıklıkla tercih edilse de kızarmış yiyeceklerin yüksek yağ içeriğinin; kanser, kalp rahatsızlıkları, obezite, diyabet ve yüksek tansiyon gibi sağlık problemlerine yol açabileceği bilinmektedir (Mesias vd., 2021). Bunun yanı sıra kızartma işlemi esnasında yüksek sıcaklık uygulaması; akrilamid oluşumu, yağ oksidasyonu, besin maddesi kaybı gibi istenmeyen durumlara sebep vermektedir (Heredia vd., 2014). Bu nedenle; yağ içeriği, bileşimi ve genel kalite parametreleri açısından optimize edilmiş kızarmış yiyeceklere ihtiyaç duyulmaktadır.

Kızartılmış gıdalar, derin yağda kızartma, vakum altında kızartma, tavada kızartma, sıcak havada kızartma gibi farklı kızartma teknikleri kullanılarak üretilebilir.

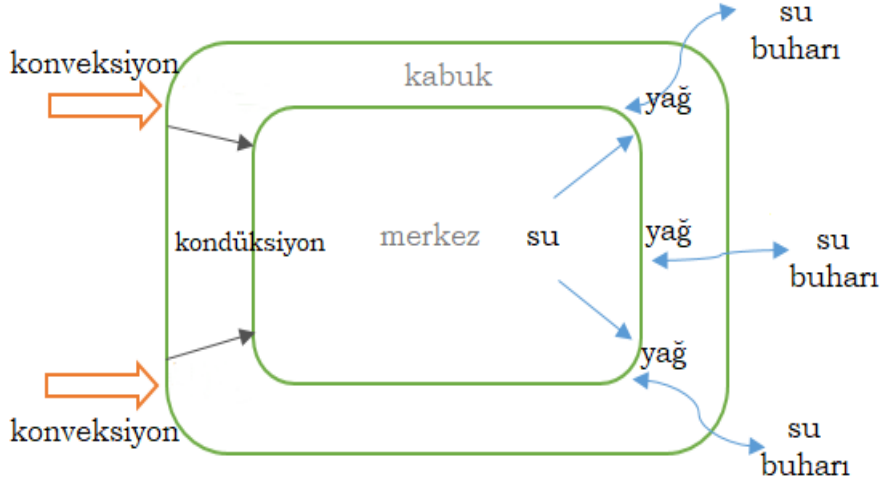
Derin Yağda Kızartma

Atmosferik kızartma veya daldırılmalı kızartma olarak da bilinen derin yağda kızartma işlemi, gıdaların 150 ila 200°C arasında değişen sıcaklıklarda yağa batırılması ile gerçekleştirilen evsel ve ticari kullanıma uygun bilindik bir gıda pişirme tekniğidir. Kızartma işleminin kısa sürede gerçekleştiği bu teknikte uniform, istenilen yapı, renk ve aromaya sahip albenisi yüksek gıdalar ortaya çıkmaktadır (Safari vd. 2018).

Kızartma işlemi esnasında ısı transferi ve kütle transferi bir arada gelişmektedir. İlk aşamada konveksiyon (taşınım) sayesinde yağdan ürünlerin yüzeyine doğru iletilen ısı kondüksiyon (iletim) yolu ile ürün yüzeyinden ürünün merkezine taşınmaktadır (Huang vd., 2022). Kütle transferi

gıdadaki nemi yağa, yağı da gıdaya taşıması açısından oldukça önemlidir. Bunun neticesinde meydana gelen gıdadaki su kaybı ve yağ emilimi tüketicinin kızartılmış gıdalarda arzu ettiği tat, altın renge sahip olma, gevreklik gibi duyuşal

özelliklerin oluşumunu sağlar (Chang vd. 2020). Derin yağda kızartma esnasında gıdadaki meydana gelen ısı ve kütle transferi Şekil 1.'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Kızartma esnasında gıdadaki meydana gelen ısı ve kütle transferinin şematik gösterimi

Derin yağda kızartma tekniğinde işlem dört aşamalı olarak gerçekleşmektedir. Bu aşamalardan ilki gıdanın yağa daldırılması ile gıda yüzey sıcaklığının suyun kaynama noktasına ulaşmasına kadar sürdüğü ilk ısıtma işlemidir (Safari vd., 2018). Isı transferi bu aşamada konveksiyon yolu ile gerçekleşmektedir. İkinci aşamada ise (yüzey kaynaması), yağda girdap oluşumu ısı transferinin zorlamalı konveksiyon haline dönüşmesine neden olmaktadır (Al Faruq vd., 2022). Gıdanın iç sıcaklığının kaynama noktasına yükselmesi ile yüzeyde kabuk oluşumu ve kalınlaşması gerçekleşirken nem kaybı ve kabarcıklanma oranı düşmektedir. Bu şekilde gerçekleşen üçüncü aşamada ayrıca gıdadaki protein denatürasyonu ve nişasta jelatinizasyonu gibi çeşitli kimyasal reaksiyonlar gerçekleşmektedir. Kabarcıklanma ve buhar çıkışının görülmediği dördüncü aşama ile kızartma prosesi tamamlanmaktadır (Safari vd. 2018).

Kızartma yağının kalitesi ve stabilitesi derin yağda kızartma işlemi açısından çok önemlidir (Cui vd. 2017). Kızartma işlemi için kullanılan yağlar, non-hidrojene sıvı ve katı yağlar veya kızartma işlemine uygun özel hidrojene yağlar olabilir. Sıvı olarak

genelde; ayçiçek, mısır, palm oleini, soya fasulyesi, aspir, yer fıstığı, pamuk tohumu, kanola ve kolza tohumu yağı gibi rafine edilmiş, kokusu giderilmiş ve ağartılmış yağlar kullanılmaktadır. Palm stearini, hindistan cevizi yağı, palm çekirdeği yağı gibi katı yağlar da kızartma yağı olarak kullanılabilir (Ghidurus, 2010).

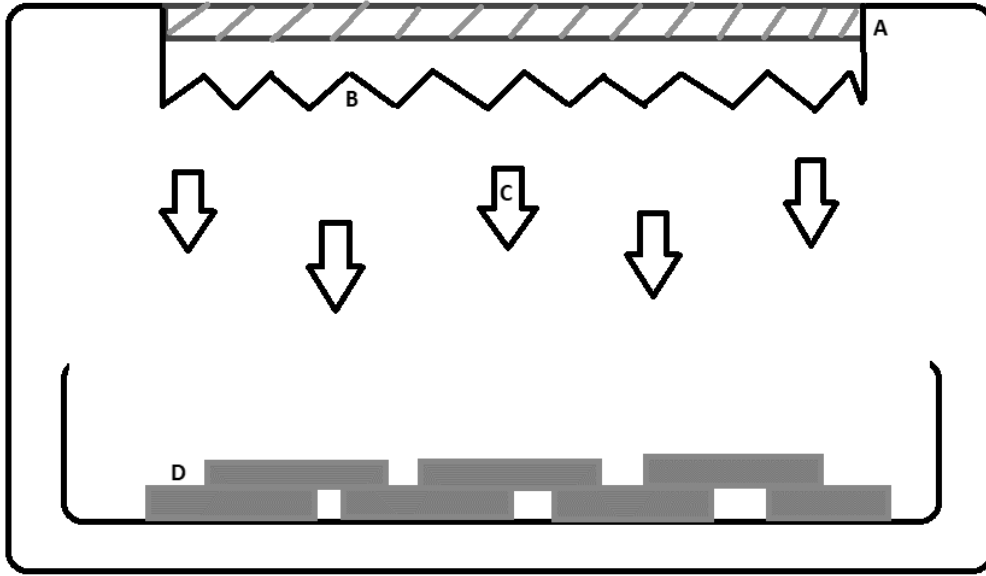
Kızartma sırasında yağ emilimi; gıdanın nem içeriği, dış yüzeyi, geometrisi, kızartma süresi, sıcaklığı, yağın çeşidi, yağın bozulması, kızartma öncesi ve sonrası işlemler gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Dehghannya ve Ngadi, 2021). Kızartma işlemi bitiminde soğuma evresinde de yağ emilimi gıda kabuğunda devam etmektedir (Arslan vd. 2018). Buharlaşmalı soğuma kaynaklı gerçekleşen vakum etkisiyle gıdanın iç basıncı düşmekte ve oluşan su yoğunluğu ile gıda yüzeyinde yağ emilimi gerçekleşmektedir. Ayrıca drenaj esnasında da yağ emilimi gerçekleşir (Lumanlan vd., 2020).

Sıcak Hava ile Kızartma (Air Frying)

Sıcak hava ile kızartma, çok az yağ içeren veya hiç yağ içemeyen kızartmış yiyecekler üretebilmesi ile geleneksel kızartma işlemine alternatif kabul

edilen yenilikçi ve dikkat çekici bir pişirme tekniğidir. Yağ içeriği az, kızartılmış gıdalara benzer doku ve lezzete sahip gıdalar pişirmek için en yaygın kullanılan tekniklerden biridir (Castro-Lopez vd., 2023). Bu teknikte sıcak hava sirkülasyonu sayesinde yağ damlacıkları ve pişirme haznesindeki gıdanın etkileşmesi neticesinde kızartma işlemi gerçekleşir (Andrés vd., 2013).

140 °C ve daha yüksek sıcaklıklar uygulanabilen bu proseste daha kısa sürede besin öğeleri ve fenolik bileşiklerin korunması için hava sirkülasyonu daimi gerçekleşmektedir (Nandasiri vd., 2023). Sıcak hava fritözüne ait şematik diyagram Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2. Sıcak Hava Fritözünün şematik diyagramı A: Fan, B: Isıtıcı Rezistans, C: Sıcak Hava, D: Gıda

Sıcak hava fritözünün ilk piyasaya sürülmesi Hollandalı şirket Philips tarafından 2010 yılında gerçekleştirilmiştir. Tanıtımda ürünün ana amacı geleneksel kızartmaların daha sağlıklı şekilde pişirmek olarak açıklansa da yıllar içerisinde bu ürünler birçok kullanım amacına hizmet eder hale gelmiştir. Günümüzde satışı yapılan birçok sıcak hava fritözü kızartmanın yanı sıra ızgara, közleme, hamur işleri pişirme, buharlı pişirme gibi ek özelliklere sahiptir. İngiltere’de 2022 yılında yapılan bir çalışmada son iki yılda ülke genelinde 25 milyondan fazla sıcak hava fritözü satışı gerçekleştiği belirtilmiştir. Yine aynı çalışmada bu pazarın 5 yıl içinde %66 büyümesinin beklendiğine dikkat çekilmiştir (Stratview Research, 2022). Kullanımın yaygınlaşması neticesinde bu alanda bilimsel çalışmaların da artmasına sebep olmaktadır. Çizelge 1’de sıcak hava fritözü ile kızartılmış gıdalara yönelik

gerçekleştirilen çalışmalar ve bu çalışmalarda kullanılan gıdalara yer verilmiştir.

Sıcak hava fritözünde kızartma esnasında fırına benzer şekilde sıcak hava akımı ile sepette bulunan gıdanın yüzeyi eşit olarak ısıtılır. Yağ damlacıklarını içeren buğu doğrudan fritöz sepetinin içindeki gıdanın etrafında sürekli hareket edecek şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede ısınmanın etkisiyle su buharlaşır ve yüzeyde yavaş yavaş bir kabuk oluşur (Paster, 2019; Joshy vd., 2020). Cihazın yüksek hava üfleme hızı ve havayı hareket ettiren fan sayesinde pişirme süresi, cihaz ısınma süresi geleneksel fırınlara göre daha kısa olup enerji tüketimi de daha düşüktür. Bunun yanı sıra küçük, kompakt olması, çevreye daha az ısı vermesi ve daha hızlı hava hareketi sayesinde daha gevrek kızartmalara olanak sağlaması ile fırınlardan ayrılmaktadır (Paster, 2019; Pitre, 2019; Wang vd. 2022).

Çizelge 1. Sıcak Hava Fritözü ile Kızartılmış Bazı Gıdalar (Tellez-Morales 2023)

No	Gıda	Kaynak
1	Bisküvi	Fang vd. (2022)
2	Brokoli	Hong vd. (2022)
3	Deniz Tarağı	Wang vd. (2023)
4	Domuz Göbeği	Kwon vd. (2023)
5	Donut	Ghaitaranpour vd. (2020)
6	Falafel	Fikry vd. (2021)
7	Havuç	Schmiedeskamp vd. (2022)
8	Kalamar	Luo vd. (2022)
9	Karides	Song vd. (2020)
10	Kalkuyruk Balığı	Ding vd. (2022)
11	Kırmızı soğan	Cattivelli vd. (2023)
12	Levrek fileto	Joshu vd. (2020)
13	Omlet	Oliveira vd. (2022)
14	Orkinos fileto	Negara vd. (2021)
15	Patates	Andrés vd. (2013), Heredia vd. (2014), Teruel vd. (2015), Giovanelli vd. (2017), Santos vd. (2017), Ciccone vd. (2020), Gouyo vd. (2020), Haddarah vd. (2021), Dang vd. (2022), Verma vd. (2023); Bachir vd. (2023)
16	Patlıcan	Salamatullah vd. (2021)
17	Samosa Böreği	Pande Snehal vd. (2018)
18	Sturgeon biftek	Liu vd. (2022)
19	Surimi (Balık Sosisi)	Yu vd. (2020)
20	Tatlı Patates	Abd Rahman vd. (2016), Ulus ve Allen (2020), Mokhtar ve Thow (2022)
21	Tavuk göğüs ve kanat	Lee vd. (2020)
22	Tavuk Nugget	Cao vd. (2020); Castro-López vd. (2023)
23	Tilapia Balığı	Fang vd. (2021), Fang vd. (2023), Wang vd. (2022)
24	Turpgiller	Nandasiri vd. (2023)

Çeşitli Kızartma Tekniklerinin Gıdanın Kalite Parametreleri ve Gıda Güvenliği Üzerine Etkisini İnceleyen Araştırmalar

Derin yağda kızartma ve sıcak hava fritözü ile kızartılmış gıdaların duyuşal özelliklerinde yağ alımı hızı, ısı kinetiği, madde taşıma süreçlerinden kaynaklı farklılıklar olmaktadır (Salamatullah,

2021). Sıcak hava fritözünde kızartılan gıdalar daha kabarık ve kuru görünümüne sahip olmakla beraber ağızda daha kuru bir his bırakmaktadır (Wang, 2021). Teruel vd. (2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmada iki yöntemle kızartılmış patatesler duyuşal yönden karşılaştırılmış ve panelistler derin yağ ile kızartılan patateste,

kızartma kokusu alırken; sıcak hava fritözünde kumpir kokusu aldıklarını belirtmişlerdir. Aynı çalışmada ürünlerin ağızda bıraktığı hissin de derin yağda kızartılarda daha yağlı bir his iken sıcak hava fritözü ile kızartılarda daha unlu his olduğu belirtilmiştir. Gouyo vd. (2020) tarafından derin yağda ve sıcak hava fritözünde kızartılmış patates kızartmasının doku özelliklerinin mekanik ve akustik açıdan karşılaştırılması için enstrümantal bir yöntem denemesi gerçekleştirilmiş ve derin yağda kızartılmış ürünlerin daha çıtır olduğu saptanmıştır.

Gıdaların nem içeriğindeki azalma sıcak hava fritözünde derin yağda kızartmaya göre daha yavaş gerçekleşmektedir. Bu fark ısı transfer hızının sıvı fazda gaz faza göre daha hızlı olmasından kaynaklanmaktadır (Teruel, 2015). Gouyo vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada kızartılmış gıdanın nem kaybının ürünün gevreklik ve sertliği üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir. Fang vd. (2021) tarafından tilapia derisi ile gerçekleştirdikleri çalışmada nem içeriği, derin yağda kızartma işleminde 6 dakikada %69'dan %2'ye düşerken sıcak hava fritözünde bu düşüş 10 dk'da gerçekleşmiştir. Dang vd. (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada sıcak hava fritözünde kızartılmış patateslerin nem içeriğinin daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Gıdanın yağ emilimi iki teknikte farklı sonuçlar veren önemli kalite parametrelerinden biridir. Yapılan çalışmalarda sıcak hava fritözü ile gerçekleştirilen kızartma işleminde yağ alımının, derin yağda kızartmaya göre %90'a varan oranlarda daha az olduğu bildirilmiştir (Andres, 2012). Santos vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada farklı bitkisel yağlar ile kızartılan patatesler kalite parametreleri karşılaştırılmış ve sıcak hava fritözünde kızartılmış patateslerin yağ içeriğinin özellikle zeytinyağında kızartıldığında ortalama %70 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde Rahman vd. (2016) tarafından gerçekleştirilen çalışmada sıcak hava fritözünde kızartılan tatlı patatesin yağ içeriğinin, derin yağda tekniği ile kızartılan tatlı patateslere kıyasla %90.1 oranında azaldığı görülmüştür. Teruel vd. (2015), iki kızartma işleminde yağ emiliminin bu denli farklı olmasını gıdanın derin yağda kızartma

esnasında sıcak yağ ile çevrenmesi hava fritözünde ise direkt yağ ile temastan ziyade gıdanın yağ damlacıklarından oluşan buhar ile çevrenmesinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Fikry vd. (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada falafel derin yağda ve sıcak hava fritözünde kızartılmış ve 178 °C'de 11 dk süre ile sıcak hava fritözünde kızartılmış falafelin optimum değerlere sahip olduğu görülmüştür. Kızartma sıcaklığı ve süresinin; nem içeriğini, sertliği, yağ içeriğini, L* değerini, duyuşal görünümü, aromayı, tadı, gevrekliği etkilediği belirtilmiştir. Sıcak hava fritözünde kızartılmış falafelin yağ içeriği daha düşük, L* değeri daha yüksek bulunmuştur. L* değerindeki farklılığın su kaybı ve yağ emilimi ile alakalı olduğu belirtilmiştir. Duyusal açıdan karşılaştırmada ise sıcak hava fritözünde kızartılmış falafelin daha gevrek, daha iyi tat, daha iyi görünüme sahip olduğu ve duyuşal skor açısından daha tercih edilebilir özellikte olduğu saptanmıştır.

Sıcak hava fritözü ile kızartılmış gıdalar daha düşük yağ içeriği ve akrilamid, PAH gibi toksik bileşenleri daha az miktarlarda içermesi nedeniyle daha sağlıklı gıdalar olarak değerlendirilmektedir (Lee, 2020). Monomerik yapıya sahip olan akrilamidin yapılan çalışmalarda memeli hayvanlar açısından mutajen, kanserojen etkiye sahip olduğu ve hayvanların sinir sistemine zarar verdiği belirtilmektedir (Jackson ve Al-Taher 2010; Nizamlioglu ve Nas 2019). Yüksek toksisiteye sahip olan akrilamid Kanser Araştırma Ajansı tarafından kanserojen (grup 2A) olduğu kabul edilen bir bileşendir (IARC, 1999). Pedreschi vd. tarafından yapılan çalışmada akrilamid miktarı ile a* renk koordinatı (kırmızı-yeşil değişim) arasında ilişki gözlenmiş ve akrilamid oluşumunun esmerleşme düzeyi ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Heredia vd. (2014) tarafından gerçekleştirilen çalışmada derin yağda ve sıcak hava fritözü yöntemi ile kızartılan patateslerdeki akrilamid içeriği renk değerleri üzerinden karşılaştırılmış sıcak hava fritözü ile kızartılan gıdanın akrilamid içeriğinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, sıcak havada kızartılmış numunelerin daha vitamin içeriğinin daha iyi korunduğu belirlenmiştir (Heredia, 2014). Sun-

Lee vd. (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada tavuk eti derin yağda ve sıcak hava fritözünde kızartılması neticesinde polisiklik aromatik hidrokarbon ve akrilamid içeriği açısından değerlendirilmiştir. Çalışma neticesinde derin yağda kızartılmış tavuk etlerinin akrilamid ve PAH'ları önemli ölçüde daha yüksek içerdiği belirlenmiştir.

Dang vd. (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada patates kızartması derin yağda ve sıcak hava fritözü ile kızartılmış örnekler nem, akrilamid, HMF içeriği, duyuşal nitelikler bakımından karşılaştırılmıştır. Duyuşal analiz sonuçları açısından hava fritözünde kızartılan patateslerden 180 °C - 21 dakika, 190 °C - 18 dakika ve 200 °C - 18 dakikada kızartılmış olanların en iyi fiziksel özelliklere sahip olduğu görülmüştür. Bunun yanı sıra sıcak hava fritözü ile kızartılmış patateslerde akrilamid içeriğinin derin yağda kızartmaya kıyasla %47.5 daha az olduğu saptanmıştır. Aynı çalışmada akrilamid içeriğinin derin yağda kızartma işleminde HMF artışının yanı sıra lipid oksidasyonu nedeniyle daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Nandasiri vd. (2023) tarafından gerçekleştirilen çalışmada Turpgiller familyasından brokoli, kırmızı lahana, lahana, kale, Brüksel lahanası sebzeleri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada sebzeler sıcak hava fritözü, dondurarak kurutma, buharda pişirme ve soteleme teknikleri ile pişirilmiş ve antioksidan kapasite açısından değerlendirilmiştir. Bulgular fenolik bileşenler, flavonoid madde açısından değerlendirildiğinde sıcak hava fritözünün antioksidan kapasite açısından diğer yöntemlere kıyasla daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir. Lahana ve brokoli filizi 160° C 10 dk'da sıcak hava fritözü ile kızartma işlemi sırasında en yüksek antioksidan aktiviteyi göstermiştir. Aynı çalışmada ısıl işlemle sebzelerin antioksidan potansiyelinin arttığı gözlenmiştir. Soteleme işleminin antioksidan aktiviteyi en az destekleyen ısıl işlem olduğu ve bu sebzeleri pişirmek için sıklıkla tercih edilen buharla pişirmenin ise antioksidan aktiviteyi geliştirme açısından sıcak hava fritözü ile pişirmenin gerisinde kaldığı görülmüştür. Salamatullah vd. (2021) tarafından gerçekleştirilen

çalışmada sıcak hava fritözünde kızartılmış olan patıcanın biyoaktif açıdan özellikleri incelenmiş diğer fiziksel, kimyasal, duyuşal analizlere yer verilmemiştir. Bu çalışmada orta pişmiş patıcanın pişmemiş patıcana oranla fenolik bileşen içeriğinin daha yüksek olduğu saptanmıştır. Schmiedeskamp vd. (2022) tarafından havuç kullanılarak yapılan çalışmada ise karotenoid ve antioksidan kapasitesi incelenmiş ve sıcak hava fritözünün daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

SONUÇ

Sıcak hava fritözü son 10 yılda geliştirilmiş yeni bir pişirme tekniğidir. Daha az yağ içeriğine sahip kızartılmış gıda eldesi, besin değerlerinin daha iyi korunuyor olması, daha pratik uygulama şartlarına sahip olması, düşük enerji tüketimi, birçok pişirme işlemini gerçekleştirme imkânı sunması vb. avantajlara sahip olması nedeniyle dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Hem sağlık hem de çevre açısından yararı her geçen gün daha yaygınlaşmasını sağlamaktadır. Buna rağmen literatür verilerinin geliştirilmesi gerektiği açıktır. Bu alanda yapılan çalışmaların çoğunlukla patates, tatlı patates, tavuk, balık gibi gıdalarla gerçekleştirildiği görülmektedir. Yapılan çalışmalarda yağ içeriği daha düşük, toksik bileşenleri daha az içeren, renk, görünüm gibi nitelikler açısından kızartılmış gıdaya benzer, tat ve doku açısından farklılık gösteren gıdaların üretimine olanak sağladığı anlaşılmaktadır. Tüketicinin arzu ettiği kızartılmış gıda dokusu ve tadına birebir uyumlu ulaşılamadığı duyuşal analizlerde görülsede tüketici tercihlerinin değişken olduğu da aşikârdır. Gerçekleştirilecek çalışmalarda ürün ve analiz çeşitliliğinin artırılması gerekmektedir. Günümüzde yapılan çalışmalar ev tipi sıcak hava fritözleri için geçerli olup bu teknolojinin endüstride kullanım olanakları ve uyarlanması önümüzdeki yıllarda çalışılması gereken bir alan olarak ön plana çıkmaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKILARI

Makalenin derlenmesinde, yazılmasında ve yayınlanmasında tüm yazarlar katkı sağlamışlardır.

KAYNAKLAR

- Al Faruq, A., Khatun, M. H. A., Azam, S. M. R., Sarker, M. S. H., Mahomud, M. S., Jin, X. (2022). Recent advances in frying processes for plant-based foods. *Food Chemistry Advances* 1, doi: 10.1016/j.focha.2022.100086
- Andres, A., Arguelles, A., Castello, M. L. Heredia, A. (2012). Mass transfer and volume changes in french fries during air frying. *Food Bioprocess Technology*, 6(8): 1917-1924, doi: 10.1007/s11947-012-0861-2
- Arslan, M., Xiaobo, Z., Shi, J., Rakha, A., Hu, X., Zareef, M. Basheer, S. (2018). Oil uptake by potato chips or french fries: a review. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120(10), doi:10.1002/ejlt.201800058
- Bachir, N., Haddarah, A., Sepulcre, F., Pujola, M. (2023). Study the interaction of amino acids, sugars, thermal treatment and cooking technique on the formation of acrylamide in potato models. *Food Chemistry*, 408(135235), doi: 10.1016/j.foodchem.2022.135235
- Boz, H., (2022). Sıcak havada pişirilmiş (airfrying) ürünlerin özellikleri. *Gastro-Dünya Dergisi*, 1(1)
- Cao, Y., Wu, G., Zhang, F., Xu, L., Jin, Q., Huang, J., Wang, X. (2020). A comparative study of physicochemical and flavor characteristics of chicken nuggets during air frying and deep frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 97(8):901-913, doi: 10.1002/aocs.12376
- Castro-Lopez, R., Mba, O. I., Gomez-Salazar, J. A., Ceron-García, A., Ngadi, M. O., Sosa-Morales, M. E. (2023). Evaluation of chicken nuggets during air frying and deep-fat frying at different temperatures. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 31, doi: 10.1016/j.ijgfs.2022.100631
- Cattivelli, A., Di Lorenzo, A., Conte, A., Martini, S., Tagliacozzi, D. (2023). Red-skinned onion phenolic compounds stability and bioaccessibility: A comparative study between deep-frying and air-frying. *Journal of Food Composition and Analysis*, 115, doi: 10.1016/j.jfca.2022.105024
- Chang, C., Wu, G., Zhang, H., Jin, Q., Wang, X. (2020). Deep-fried flavor: Characteristics, formation mechanisms, and influencing factors. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(9):1496-1514, doi: 10.1080/10408398.2019.1575792
- Ciccone, M., Chambers, D., Chambers IV, E., Talavera, M. (2020). Determining which cooking method provides the best sensory differentiation of potatoes. *Foods*, 9(4):451-466, doi: 10.3390/foods9040451
- Cui, Y.; Hao, P.; Liu, B.; Meng, X. (2017). Effect of traditional Chinese cooking methods on fatty acid profiles of vegetable oils. *Food Chem.*, 233:77-84, doi: 10.1016/j.foodchem.2017.04.084
- Dehghannya, J., Ngadi, M. (2021). Recent advances in microstructure characterization of fried foods: Different frying techniques and process modeling. *Trends in Food Science and Technology*, 116:786-801, doi: 10.1016/j.tifs.2021.03.033
- Ding, Y., Zhou, T., Liao, Y., Lin, H., Deng, S., Zhang, B. (2022). Comparative studies on the physicochemical and volatile flavour properties of traditional deep fried and circulating-air fried hairtail (*Trichiurus lepturus*). *Foods*, 11(17):2710, doi: 10.3390/foods11172710
- Dang, L., Qiu, C. Y., Wang, R. C., Zhang, Y., Wang, J., Liu, J. M., Yu, H. N., Wang, S. (2022). Effects of air frying on french fries: the indication role of physicochemical properties on the formation of maillard hazards, and the changes of starch digestibility. *Frontiers in Nutrition*, 9:1-12, doi: 10.3389/fnut.2022.889901
- Fang, M., Huang, G. J., Sung, W. C. (2021), Mass transfer and texture characteristics of fish skin during deep fat frying, electrostatic frying, air frying and vacuum frying, *LWT*, 137, doi: 10.1016/j.lwt.2020.110494
- Fang, M., Ting, Y. S., Sung, W. C. (2022). Effects of sodium alginate, pectin and chitosan addition on the physicochemical properties, acrylamide formation and hydroxymethylfurfural generation of air fried biscuits. *Polymers*, 14(19):3961, doi: 10.3390/polym14193961
- Fang MC, Chin PS, Sung WC, Chen T. Y. (2023). Physicochemical and volatile flavor properties of

- fish skin under conventional frying, air frying and vacuum frying. *Molecules*, 28(11):4376, doi: 10.3390/molecules28114376
- Fikry, M., Khalifa, I., Sami, R., Khojah, E., Ismail, K. A., Dabbour, M. (2021). Optimization of the frying temperature and time for preparation of healthy falafel using air frying technology. *Foods*, 10(11):2567-2582, doi: 10.3390/foods10112567
- Frakolaki, G., Kekes, T., Bizymis, A., Giannou, V., Tzia, C. (2023). Fundamentals of food frying processes high-temperature processing of food products. Elsevier Inc., 227-291, doi: 10.1016/B978-0-12-818618-3.00001-X
- Ghaitaranpour, A., Mohebbi, M., Koocheki, A., Ngadi, M. O. (2020). An agent-based coupled heat and water transfer model for air frying of doughnut as a heterogeneous multiscale porous material. *Innovative Food Science & Emerging Techno.*, 61, doi: 10.1016/j.ifset.2020.102335
- Ghidurus, M., Turtoi, M., Boskou, G., Niculita, P., Stan, V. (2010). Nutritional and health aspects related to frying (I). *Romanian Biotechnological Letters*, 15(6):5675-5682
- Giovanelli, G., Torri, L., Sinelli, N., Buratti, S. (2017). Comparative study of physico-chemical and sensory characteristics of french fries prepared from frozen potatoes using different cooking systems, *Eur. Food Res. Technol.*, 243(9):1619-1631, doi: 10.1007/s00217-017-2870-x
- Gouyo, T., Mestres, C., Maraval, I., Fontez, B., Hofleitner, C., Bohuon, P. (2020). Assessment of acousticmechanical measurements for texture of French fries: comparison of deep-fat frying and air frying. *Food Research International*, 131, doi: 10.1016/j.foodres.2019.108947
- Haddarah, A., Naim, E., Dankar, I., Sepulcre, F., Pujolà, M., Chkeir, M. (2021). The effect of borage, ginger and fennel extracts on acrylamide formation in French fries in deep and electric air frying. *Food Chemistry*, 350, doi: 10.1016/j.foodchem.2021.12906
- Heredia, A., Castelló, M., Argüelles, A., Andrés, A. (2014). Evolution of mechanical and optical properties of french fries obtained by hot air-frying. *LWT-Food Science Technology*, 57:755-760, doi: 10.1016/j.lwt.2014.02.038
- Hong, S. J., Yoon, S., Lee, J., Jo, S. M., Jeong, H., Lee, Y., Shin, E. C. (2022). A comprehensive study for taste and odor characteristics using electronic sensors in broccoli floret with different methods of thermal processing. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(4), doi: 10.1111/jfpp.16435
- Huang, X., Zhang, Y., Karrar, E., Zhang, H., Jin, Q., Wu, G., Wang, X. (2022). Effect of moderate electric field on the quality, microstructure and oil absorption behavior of potato strips during deep-fat frying. *Journal of Food Eng.*, 313, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2021.110751
- Jackson, L. S., Al-Taher, F. (2010). Processing issues: acrylamide, furan and trans fatty acids, In *Ensuring Global Food Safety*, 383-410, doi: 10.1016/B978-0-12-374845-4.00023-0
- Joshy, C. G., Ratheesh, G., Ninan, G., Kumar, K. A., Ravishankar, C. N. (2020). Optimizing air-frying process conditions for the development of healthy fish snack using response surface methodology under correlated observations. *J. Food Sci. Technol.*, 57:2651-2658, doi: 10.1007/s13197-020-04301-z
- Kwon, J., Kim, I., Moon, B., Lee, K. W., Jung, M., Lee, J. (2023). The effects of different cooking methods and spices on the formation of 11 HCAs in chicken wing and pork belly. *Food Control*, 147, doi: 10.1016/j.foodcont.2022.109572
- Lartey, A., Marquis, G. S., Aryeetey, R., Nti, H. (2018). Lipid profile and dyslipidemia among school-age children in Urban Ghana, *BMC Public Health*, 18(1):320, doi: 10.1186/s12889-018-5196-0
- Lee, J. S., Han, J. W., Jung, M., Lee, K. W., Chung, M. S. 2020. Effects of thawing and frying methods on the formation of acrylamide and polycyclic aromatic hydrocarbons in chicken meat, *Foods*, 9(5):573 doi: 10.3390/foods9050573
- Liu, L., Huang, P., Xie, W., Wang, J., Li, Y., Wang, H., Xu, H., Bai, F., Zhou, X., Gao, R., Zhao, Y. (2022). Effect of air fryer frying temperature on

- the quality attributes of sturgeon steak and comparison of its performance with traditional deep fat frying. *Food Science & Nutrition*, 10(2):342–353, doi: 10.1002/fsn3.2472
- Lumanlan, J. C., Fernando, W. M. A. D. B., Jayasena, V. (2020). Mechanisms of oil uptake during deep frying and applications of predrying and hydrocolloids in reducing fat content of chips. *International Journal of Food Science and Technology*, 55(4):1661-1670, doi: 10.1111/ijfs.14435
- Luo, X., Hu, S., Xu, X., Du, M., Wu, C., Dong, L., Wang, Z. (2022). Improving air-fried squid quality using high internal phase emulsion coating. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(5):3844-3854, doi: 10.1007/s11694-022-01459-2
- Manjunatha, S., Ravi, N., Negi, P., Raju, P., Bawa, A. (2014). Kinetics of moisture loss and oil uptake during deep fat frying of gethi (*dioscorea kamoensis kunth*) strips. *Journal of Food Science and Technology*, 51:3061-3071, doi: 10.1007/s13197-012-0841-6
- Mellema, M. (2003). Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods, *Trends Food Science Technology*, 14:364-373
- Mesias, M., Delgado-Andrade, C., Holgado, F., González-Mulero, L., Morales, F. J. (2021). Effect of consumer's decisions on acrylamide exposure during the preparation of french fries part 1: frying conditions, *Food and Chemical Toxicology*, 154, doi: 10.1016/j.fct.2021.112321
- Mokhtar, W. M. F. W., Thow, Z. Y. (2022). Effect of osmotic dehydration as a pre-treatment on air fried sweet potato (*Ipomoea batatas*) chips. *Journal of Agrobiotechnology*, 13(1S):64-73, doi: 10.37231/jab.2022.13.1S.311
- Nandasiri, R., Semenکو, B., Wijekoon, C. (2023). Air-frying is a better thermal processing choice for improving antioxidant properties of brassica vegetables. *Antioxidants*, 12(2):490, doi: 10.3390/antiox12020490
- Negara, B. F. S. P., Lee, M. J., Tirtawijaya, G., Cho, W. H., Sohn, J. H., Kim, J. S., Choi, J. S. (2021). Application of deep, vacuum, and air frying methods to fry chub mackerel (*Scomber japonicus*). *Processes*, 9(7):1225-1239, doi: 10.3390/pr9071225
- Nizamlioğlu, N. M. ve Nas, S. (2019). Gıdalarda akrilamid oluşum mekanizmaları, gıdaların akrilamid içeriği ve sağlık üzerine etkileri. *Akademik Gıda* 17(2):232-242, doi: 10.24323/akademik-gida.613588
- Oliveira, V. S., Chávez, D. W. H., Paiva, P. R. F., Gamallo, O. D., Castro, R. N., Sawaya, A. C. H. F., Saldanha, T. (2022). Parsley (*Petroselinum crispum* Mill.): A source of bioactive compounds as a domestic strategy to minimize cholesterol oxidation during the thermal preparation of omelets. *Food Research International*, 156, doi: 10.1016/j.foodres.2022.111199
- Pande Snehal, D., Deo Shrutika, K., Bhope Pritish, S., Pande Sayali, D. (2018). Comparative study of deep fat fried samosa and oxyair fried samosa. *International Journal of Science, Engineering and Management*, 3(4):146-148
- Paster, E. (2019). *Epic Air Fryer Cookbook: 100 Inspired Recipes that Take Air-Frying in Deliciously Exciting New Directions*. Harvard Common Press, Boston, USA
- Pedreschi, F., Moyano P. (2005). Oil uptake and texture development in fried potato slices, *J Food Eng.*, 70:557-563
- Pitre, U. (2019). *Every Day Easy Air Fryer: 100 Recipes Bursting with Flavor*. Houghton Mifflin Harcourt, Boston, USA
- Rahman, N. A. A., Razak, S. Z. A., Lokmanalhakim, L. A., Taip, F. S., Kamal, S. M. M. (2016). Response surface optimization for hot air-frying technique and its effects on the quality of sweet potato snack, *J. Food Process. Eng.*, 40(12507), doi: 10.1111/jfpe.12507
- Safari, A., Salamat, R., Baik, O. D. (2018). A review on heat and mass transfer coefficients during deep-fat frying: determination methods and influencing factors, *Journal of Food Engineering*, 230:114-123, doi: 10.1016/j.foodeng.2018.01.022
- Salamatullah, A., Ahmed, M., Alkaltham, M., Hayat, K., Aloumi, N., Al-Dossari, A., Al-Harbi,

- L., Arzoo, S. (2021). Effect of Air-Frying on the Bioactive Properties of Eggplant (*Solanum melongena* L.). *Processes*, 9(3):435, doi: 10.3390/pr9030435
- Santos, C. S. P., Cunha, S. C., Casal, S. (2017). Deep or air frying? A comparative study with different vegetable oils. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 119(6), doi: 10.1002/ejlt.201600375
- Schmiedeskamp, A., Schreiner, M., Baldermann, S. (2022). Impact of cultivar selection and thermal processing by air drying, air frying, and deep frying on the carotenoid content and stability and antioxidant capacity in carrots (*Daucus carota* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(5):1629-1639, doi: 10.1021/acs.jafc.1c05718
- Song, G., Li, L., Wang, H., Zhang, M., Yu, X., Wang, J., Xue, J., Shen, Q. (2020). Real-time assessing the lipid oxidation of prawn (*Litopenaeus vannamei*) during air-frying by iKnife coupling rapid evaporative ionization mass spectrometry. *Food Control*, 111(107066), doi: 10.1016/j.foodcont.2019.10766
- Stratview Research (2022). Top-Rated Air Fryers From Our Tests, *Consumer Reports*, www.consumerreports.org, (Erişim Tarihi: 21 Kasım 2022)
- Télez-Morales, J. A. (2023). A Review of the State of the Art of Hot Air Frying Technology. *Preprints*, doi: 10.20944/preprints202304.0766.v1
- Teruel, M. D. R., Gordon, M., Linares, M. B., Garrido, M. D., Ahromrit, A., Niranjan, K. A. (2015). Comparative study of the characteristics of french fries produced by deep fat frying and air frying. *Journal of Food Science*, 80(2):349-358, doi: 10.1111/1750-3841.12753
- Tzompa-Sosa, D. A., Dewettinck, K., Gellynck, X., Schouteten, J. J. (2022). Consumer acceptance towards potato chips fried in yellow mealworm oil. *Food Quality and Preference*, 97, doi: 10.1016/j.foodqual.2021.104487
- Ulus, H., Allen, J. (2020). Nutrient degradation in baked or air-fried sweet potato chips. *Current Developments in Nutrition*, 4(2):783, doi: 10.1093/cdn/nzaa052_052
- Verma, V., Singh, V., Chauhan, O. P., Yadav, N. (2023). Comparative evaluation of conventional and advanced frying methods on hydroxymethylfurfural and acrylamide formation in French fries. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 83, doi: 10.1016/j.ifset.2022.10323
- Vinci, R. M., Mestdagh, F., De Meulenaer, B., (2012). Acrylamide formation in fried potato products—present and future, a critical review on mitigation strategies, *Food Chemistry*, 133(4):1138-1154, doi: 10.1016/j.foodchem.2011.08.001
- Wang, Y., Wu, X., McClements, D. J., Chen, L., Miao, M., Jin, Z. (2021). Effect of new frying technology on starchy food quality. *Foods*, 10(8), doi: 10.3390/foods10081852
- Wang, Z. Y., Wu, Z. X., Zhao, G. H., Li, D. Y., Liu, Y. X., Qin, L., Zhou, D. Y. (2023). Effect of air frying and baking on physicochemical properties and digestive properties of scallop (*Patinopecten yessoensis*) adductor muscle. *Food Bioscience*, 52, doi: 10.1016/j.fbio.2023.102460
- Yu, X., Li, L., Xue, J., Wang, J., Song, G., Zhang, Y., Shen, Q. (2020). Effect of air-frying conditions on the quality attributes and lipidomic characteristics of surimi during processing. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 60, doi: 10.1016/j.ifset.2020.102305