

**EDİTÖR**

*Doç. Dr. Hatice PEKMEZ*

**GIDA BİLİMLERİ  
VE  
MÜHENDİSLİĞİ**

*Alanında Araştırmalar ve Değerlendirmeler*

**ARALIK  
2024**

**İmtiyaz Sahibi** / Yaşar Hız  
**Yayına Hazırlayan** / Gece Kitaplığı  
**Birinci Basım** / Aralık 2024 - Ankara  
**ISBN** / 978-625-430-657-0

**© copyright**

2024, Bu kitabın tüm yayın hakları Gece Kitaplığı'na aittir.  
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir  
yolla çoğaltılamaz.

**Gece Kitaplığı**

Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak  
Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA  
0312 384 80 40  
[www.gecekitapligi.com](http://www.gecekitapligi.com) / [gecekitapligi@gmail.com](mailto:gecekitapligi@gmail.com)

**Baskı & Cilt**

Bizim Büro  
**Sertifika No:** 42488

**GIDA BİLİMLERİ VE MÜHENDİSLİĞİ  
ALANINDA ARAŞTIRMALAR VE  
DEĞERLENDİRMELER**

**EDİTÖR**

Doç. Dr. Hatice PEKMEZ

**gece**  
kitaplığı



# İÇİNDEKİLER

## BÖLÜM 1

### FERMENTE ET ÜRÜNLERİNDE MAYALAR

*Zeynep Feyza YILMAZ ORAL* ..... 7

## BÖLÜM 2

### NİŞASTA MODİFİKASYONUNDA YEŞİL BİR YÖNTEM: SOĞUK PLAZMA

*Hilal ARSLAN BAYRAKCI* ..... 21

## BÖLÜM 3

### PSEUDO TAHILLAR, ÖZELLİKLERİ VE ET ÜRÜNLERİNDE KULLANIMI

*Halime ALP* ..... 41



”

# BÖLÜM 1

## FERMENTE ET ÜRÜNLERİNDE MAYALAR

*Zeynep Feyza YILMAZ ORAL<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Doçent Doktor, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 25240, Erzurum, Türkiye. ORCID NO: 0000-0002-6295-0509, email: zeynep.yilmaz@atauni.edu.tr

## GİRİŞ

Fermente gıdalar, mikroorganizmalar ve/veya enzimler aracılığıyla gerçekleşen biyokimyasal reaksiyonlar sonucu arzu edilen özelliklerin kazandırıldığı gıdalar olarak tanımlanmaktadır (Lücke, 2017; Kaya & Kaban, 2019). Fermente et ürünleri ise kıyılmış et ve yağın veya parça etlerin belirli bir sıcaklık ve nispi nemde, olgunlaştırılmasıyla (fermentasyon/kurutma) elde edilen ürünlerdir. Bu ürünler, fermente sosisler ve parça halde işlenen kuru kür edilmiş et ürünleri olarak iki grup altında toplanmaktadır. Fermente sosisler de kuru ve yarı kuru fermente sosisler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Ayrıca Teewurst, soprésa ve sobrasada de Mallorca gibi yumuşak kıvamlı ürünler de fermente sosisler grubu içerisinde değerlendirilmektedir (Lücke, 2017). Bu ürünlerin üretiminde starter kültürler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Starter kültürler; fermente et ürünlerinde tat, koku ve görünüm gibi duyuşal özellikleri geliştirmek, dayanıklılığı artırmak, kontrollü fermentasyonu sağlamak ve olgunlaşma süresini kısaltmak amacıyla kullanılan spesifik özelliklerinden dolayı seçilmiş saf veya karışık haldeki mikroorganizmalar olarak tanımlanmaktadır. Starter kültürler ette arzu edilen metabolik aktiviteyi geliştiren mikroorganizmalardan oluşan preparatlar olarak da tanımlanmaktadır. Günümüzde starter kültürler fermente sosislerde yaygın bir şekilde kullanılırken, olgunlaştırılmış etler olarak da adlandırılan parça halde işlenen kür edilmiş kurutulmuş et ürünlerinde starter kültür kullanımı ise sınırlıdır. Bu ürünlerde mikroorganizmaların etkisi sınırlı düzeyde olup et kaynaklı enzimler (özellikle proteazlar) önemli rol oynamaktadır. (Lücke, 2017; Kaya & Kaban, 2019). Fermente sosislerde laktik asit bakterileri ve Gram (+)-katalaz (+) kokların yanı sıra mayalar da ürün tipine bağlı olarak mikrobiyotanın önemli bir parçasını oluşturabilmektedir. Bu ürünlerde ve parça halde işlenen kuru kür edilmiş et ürünlerinde *Debaryomyces hansenii* en çok bulunan maya türüdür (Flores et al., 2015). Fermente et ürünlerinde laktik asit bakterileri (*Latilactobacillus sakei*, *Latilactobacillus curvatus*, *Lactobacillus pentosus*, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *Pediococcus pentosaceus*), Gram (+)-katalaz (+) koklar (koagülaz negatif stafilkoklar-*Staphylococcus xylosus*, *Staphylococcus carnosus* ve *Kocuria varians*), küfler (*Penicilium nalgiovense*, *Penicilium chrysogenum*) ve mayalar (*D. hansenii* ve *Candida famata*) starter kültür olarak kullanılmaktadır. Bu kültürler aracılığıyla güvenli, kaliteli ve standart ürünler üretilebilmektedir. Laktik asit bakterileri, asit oluşturarak ürün güvenliğinin sağlanması ve duyuşal özelliklerin gelişiminde rol oynamaktadır (Kaban et al., 2012). Gram (+)-katalaz (+) koklar ise ürün rengi ve stabilizasyonunda, lezzet gelişiminde ve acılaşmanın önlenmesinde etkili olmaktadır (Ordóñez et al., 1999). Küflerden ise özellikle Güney Avrupa'da starter kültür olarak yararlanılmaktadır. Bu mikroorganizmalar ürün görünümüne olumlu kat-



kılarının yanı sıra proteolitik ve lipolitik aktiviteleri ile lezzet gelişiminde rol oynamaktadır. Ayrıca mikotoksijenik küflerin gelişimini engelleyerek ürün güvenliğine katkıda bulunan bu mikroorganizmalar ürün yüzeyini kaplayarak oksijen ve ışığın olumsuz etkilerini ortadan kaldırmaktadır (Lücke & Hechelmann, 1985; Kaya & Kaban, 2019). Mayalar ise lipolitik ve proteolitik aktiviteleri ile lezzet gelişimine, oksijeni kullanarak renk stabilizasyonuna katkı sağlamaktadır. Bu mikroorganizmalar organik asitleri metabolize edebilmekte ve deaminaz aktiviteleriyle pH değerinde artışa neden olmaktadır (Selgas & Garcia, 2007). Mayaların, laktik asit gibi fermentasyon ürünlerini parçalaması, asidik tadı azaltmakta ve daha aromatik ürünlerin üretimine önemli katkıda bulunmaktadır (Corral et al., 2017). Ayrıca bu mikroorganizmalar hidrojen peroksidi parçalayarak bu oksitleyici ajanın etkisini ortadan kaldırmaktadır (Kaya & Kaban, 2019). Bu bölümde fermente et ürünlerinde bulunan mayalar ve starter kültür olarak kullanılan mayalar ile bu mayaların ürün özelliklerine etkileri ele alınmıştır.

## **FERMENTE ET ÜRÜNLERİNDE MAYALARIN BİYOÇEŞİTLİLİĞİ VE ÖZELLİKLERİ**

Mayalar, iyi bir gelişme ortamı olan taze ette  $10^2$ – $10^4$  kob/g arasında değişen sayılarda bulunabilmektedir. Soğukta muhafaza sırasında mayalar gelişme göstererek daha yüksek sayılara ulaşabilmektedir. Ayrıca bu mikroorganizmalar fermente ürünlerde mikrobiyotanın bir parçasını oluşturabilmektedir. Bu ürünlerde spontan veya starter kültür olarak bulunan laktik asit bakterilerinden kaynaklanan asit oluşumu ve tuz ilavesi ile kurutma işlemi sonucunda ortaya çıkan düşük  $a_w$  değeri, arzu edilmeyen mikroorganizmaların gelişimini engellemekte ve arzu edilen mikroorganizmaların gelişimini ise teşvik etmektedir. Böylelikle mayalar da iyi bir gelişme gösterebilmektedir. Diğer bir ifadeyle bu mikroorganizmalar, fermente sosislerin pH ve  $a_w$  değerleri ile fermentasyon ve kurutma sıcaklıklarında gelişebilmektedir. Mayalar, pH 4,0'da olduğu kadar pH 6,0'da da iyi bir gelişme gösterebilmektedir. Dolayısıyla bu ürünlerde pH, maya gelişimini engelleyen önemli bir parametre değildir (Selgas & Garcia, 2007).

Fermente sosislerde olgunlaştırma (fermantasyon/kurutma) süresine bağlı olarak  $a_w$  değeri düşüş göstermektedir. Ancak bu düşüş mayaların gelişiminde önemli bir sınırlayıcı etki göstermemektedir. Bu mikroorganizmalar anaerobik ortamda gelişebilse de türlerin çoğu mutlak aerobik bir metabolizmaya sahiptir. Bu ise mayaların et ürünlerinin yüzeyinde gelişimini teşvik etmektedir (Selgas & Garcia, 2007). Mayaların, fermente sosislerde sadece yüzeyde değil iç kısımda da geliştiği rapor edilmiştir (Flores et al., 2015). Mayalar, 38-40 °C gibi sıcaklıklara duyarlı iken 50-60 °C gibi sıcaklıklarda ise maya türlerinin çoğu inaktive olabilmektedir. Buna göre mayalar et fermentasyonunun gerçekleştirildiği sıcaklıklarda geliş-

bilmektedir (Selgas & Garcia, 2007).

Kuru fermente sosislerde *Candida*, *Cryptococcus*, *Debaryomyces*, *Kluyveromyces*, *Pichia*, *Rhodotorula*, *Saccharomyces*, *Trichosporon* ve *Yarrowia* sıkça bulunan maya cinsleridir. Bu mikroorganizmalar içerisinde *Debaryomyces hansenii* predominant maya türüdür (Toldra et al., 2001; Selgas et al., 2003; Aquilanti et al., 2007; Cano-García et al., 2014; Flores et al., 2015). Geleneksel bir Türk et ürünü olan sucukta *Candida zeylanoides* ve *D. hansenii* dominant maya türleridir. Ayrıca bu kuru fermente sosis çeşidinde *Cryptococcus*, *Torulaspota*, *Clavispora*, *Yarrowia*, *Kluyveromyces*, *Pichia*, *Rhodotorula*, *Kazachstania*, *Issatchenkia* ve *Wickerhamomyces* cinslerine ait türler de bulunmaktadır (Ozturk & Sagdic, 2014). İtalyan tipi fermente bir sosis çeşidinde ise *D. hansenii*, *Candida* spp. ve *Willopsis saturnus* izole ve identifiye edilmiştir (Rantsiou et al., 2005). İtalya’da üretilen diğer bir üründe yapılan çalışmada da *D. hansenii* dominant tür olarak belirlenmiş ve üründen düşük seviyelerde de olsa *C. zeylanoides*, *Pichia triangularis* ve *Metschnikowia pulcherrima* türleri de izole edilmiştir (Cocolin et al., 2006). Yunan tipi kuru fermente bir sosis çeşidinde de *Debaryomyces*’in belirgin bir şekilde baskın olduğunu rapor edilmiştir (Samelis et al., 1994). Güney İtalya’da üretilen ve “Salame di Senise” olarak adlandırılan fermente bir sosis çeşidinde de *D. hansenii*, baskın tür olarak bildirilmiştir (Baruzzi et al., 2006). *D. hansenii*, Güney Afrika’da tüketilen orta nemli et ürünlerinde (Biltong, Cabanossi, kuru sosis ve salami-kuru fermente sosis) de en çok bulunan maya türü olarak saptanmıştır. Ayrıca bu ürünlerde *Cryptococcus laurentii*, *Cryptococcus hungaricus*, *Torulaspota delbrueckii*, *Rhodotorula mucilaginoso*, *Sporobolomyces roseus*, *Debaryomyces vanriji*, *Trichosporon beigeli*, *Yarrowia lipolytica*, *Saccharomyces cerevisiae* ve *Candida zeylanoides* türleri de izole ve identifiye edilmiştir (Wolter et al., 2000). Yunan tipi fermente sosis üzerinde yapılan diğer bir araştırmada ise fermantasyon ve olgunlaştırma sırasında izole edilen maya izolatlarının %66’sının *Debaryomyces* olduğu ve *D. hansenii*’nin starter kültür olarak kullanılabilme potansiyeline sahip olduğunu vurgulanmıştır. Bu üründen *Candida famata*, *C. zeylanoides*, *C. guilliermondii*, *C. parapsilosis* ve *C. kruisii* türleri de izole ve identifiye edilmiştir (Metaxopoulos et al. 1996). İspanyol tipi fermente sosislerde de *D. hansenii*’yi baskın tür olarak tanımlanmış ve ayrıca bu üründe *Trichosporon ovoides*, *Yarrowia lipolytica*, *C. intermedia/curvata*, *C. parapsilosis*, *C. zeylanoides* ve *Citeromyces matritensis* (*C. globosa*’nın telemorfu) gibi diğer maya türleri de izole ve identifiye edilmiştir (Encinas et al., 2000).

Mayalar tütsüleme işlemine hassas mikroorganizmalardır. Tütsülenmiş sosisler tütsüleme uygulanmayan ürünlere göre daha düşük maya sayısı içermektedir. Ancak maya sayısı üzerinde tütsüleme süresi ve sıcaklığı

önemli rol oynamaktadır. Uygulanan süre ve sıcaklığa bağlı olarak maya sayısı değişkenlik gösterebilmektedir (Encinas et al., 2000; Selgas & Garcia, 2007).

Mayalar parça halde işlenen kuru kür edilmiş et ürünlerinde de floranın bir parçası olabilmektedir. Parça halde işlenen kuru kür edilmiş et ürünlerinde *Debaryomyces*, *Pichia*, *Rhodotorula* ve *Cryptococcus* dominant türleri oluşturmaktadır. *Candida* ve *Saccharomycopsis* ise bu ürünlerde düşük sayılarda bulunmaktadır. Tuzlama ve soğukta bekletme aşamalarında ürün yüzeyine bulaşan yeni mayalara, *Debaryomyces* spp. hariç olgunlaşma sonunda rastlanılmamaktadır. *Debaryomyces* türleri düşük  $a_w$  ( $a_w < 0,85$ ) değerlerinde de gelişimini sürdürebilmektedir (Selgas & Garcia, 2007; Kaya & Kaban, 2019). Geleneksel bir Türk et ürünü olan pastırmada laktik asit bakterileri ve koagülaz negatif bakterilerin yanı sıra mayalar da ürün mikrobiyotasında yer almaktadır. Maya sayısı üretim koşullarına bağlı olarak değişebilmekte ve  $10^6$  kob/g düzeyine kadar çıkabilmektedir (Aksu & Kaya, 2001; Yalınkılıç et al., 2023). Pastırmada maya ve küf sayısı kurutma aşamalarında artmakta, çemenleme ve son kurutma aşamalarında azalmaktadır (Aksu & Kaya, 2002). Pastırma üzerinde yürütülen bir araştırmada da maya sayısının son kurutma aşamasında düştüğü tespit edilmiştir. Ayrıca baskın dominant türün *C. zeylanoides* (%58) ve bu türü *C. deformans* (%12) ve *C. galli* (%11) türlerinin izlediği, en az izole edilen türlerin ise *Trichosporon japonicum* (%2), *Cryptococcus curvatus* (%1) ve *D. hansenii* (%1) olduğu tespit edilmiştir. Aynı araştırmada *C. zeylanoides* ve *T. japonicum* izolatlarının proteolitik aktivite göstermediği, lipolitik aktivitelerinin zayıf olduğu da rapor edilmiştir (Ozturk, 2015). Kuru kür edilmiş “ham” olarak adlandırılan ürünlerde de tuzlama işleminden önce düşük sayıda olan mayalar, tuzda bekletme ve kurutma sırasında yüksek sayılara ( $10^6$ - $10^7$  kob/g) ulaşabilmektedir. Ancak daha sonraki aşamalarda maya sayısında düşüşler gözlenmektedir (Selgas & Garcia, 2007). “Parma ham” olarak adlandırılan kuru kür edilmiş bir jambon üzerinde yapılan araştırmada da kas yüzeyinde maya sayısının  $10^5$ - $10^7$  kob/g arasında değiştiği ve bu üründe *D. hansenii*, *C. zeylanoides* ve *D. maramus*'un dominant türler olduğu bildirilmiş, ayrıca bu üründen *Candida catenulata*, *Candida guilliermondii*, *Candida edax* türleri de izole ve tanımlanmıştır (Simoncini et al., 2007). Fermente sosislerde ve parça halde işlenen kuru kür edilmiş et ürünlerinden izole edilen dominant mayalar ve ürün tipleri Tablo 1.'de verilmiştir.

**Tablo 1.** *Fermente sosislerde ve parça halde işlenen kuru kür edilmiş et ürünlerinden izole edilen dominant mayalar*

<b>Fermente Et Ürünü (Orijini)</b>	<b>Dominant Mayalar</b>	<b>Literatür</b>
Kuru Fermente Sosis- Salami (Yunanistan)	<i>Debaryomyces</i>	Samelis et al. (1994)
Geleneksel Kuru Fermente Sosis- Salami (Yunanistan)	<i>D. hansenii</i>	Metaxopoulos et al. (1996)
Fermente Sosis (İspanya)	<i>D. hansenii</i>	Encinas et al. (2000)
Kuru Fermente Sosis (İtalya)	<i>D.hansenii, Candida spp., W. saturnus</i>	Rantsiou et al. (2005)
Geleneksel Kuru Fermente Sosis (İtalya)	<i>D. hansenii</i>	Cocolin et al. (2006)
Kuru Fermente Sosis- Salame di Senise (İtalya)	<i>D. hansenii</i>	Baruzzi et al. (2006)
Kuru Kür Edilmiş Et Ürünü- Parma Ham (İtalya)	<i>Debaryomyces hansenii, Candida zeylanoides, Debaryomyces maramus</i>	Simoncini et al. (2007)
Kuru Kür Edilmiş Et Ürünleri ve Fenalâr (Norveç)	<i>Debaryomyces hansenii Candida zeylanoides</i>	Asefa et al. (2009)
Kuru Kür Edilmiş Et Ürünü- lacón (İspanya)	<i>D. hansenii</i>	Purriños et al. (2013)
Sucuk (Türkiye)	<i>C. zeylanoides, D. hansenii</i>	Ozturk & Sagdic (2014)
Kuru Kür Edilmiş Et ürünü- Iberian ham (İspanya)	<i>D. hansenii, C. zeylanoides</i>	Gallardo et al. (2014)
Pastırma (Türkiye)	<i>C. zeylanoides</i>	Ozturk (2015)

## MAYALARIN STATER KÜLTÜR OLARAK KULLANIMI VE ÜRÜN ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

Fermentasyon, etin muhafazasında kullanılan en eski ve en önemli yöntemlerden biridir. Fermentasyon sırasında karbonhidratların anaerobik parçalanması sonucu çeşitli bileşikler (alkoller, organik asitler, özellikle laktik asit) oluşmaktadır. Bu bileşiklerin kompozisyonu, gıdanın tipine ve fermentasyonda etkili olan mikroorganizmaların gelişimine ve aktivitesine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Selgas & Garcia, 2007). Geleneksel fermente et ürünlerinde spontan fermentasyon söz konusu iken endüstriyel üretimde kontrollü bir fermentasyon uygulanmaktadır. Kontrollü fermentasyonun için de laktik asit bakterileri ve Gram (+)-katalaz pozitif (+) koklar starter kültür olarak kullanılmaktadır. Starter kültürler ürün kalitesini ve güvenliğini artıran seçilmiş özel suşlardır. Laktik asit bakterileri pH'yı düşürerek tat ve tekstür gibi duyuşal parametrelerin gelişiminde önemli rol oynamaktadır. Laktik asit bakterileri asit üreterek ürünün dayanıklılığı ve arzu edilmeyen mikroorganizmaların gelişiminin engellenmesinde de etkili olmaktadır (Lücke, 2017; Kaban et al., 2012; Kaya & Kaban, 2019). Bu mikroorganizmaların sebep olduğu asitleşme nitritin parçalanma hızını artırmakta ve böylelikle bu ürünlerde kalıntı nitrit miktarını düşürmektedir (Sallan et al., 2023). Starter kültür olarak kullanılan Gram (+)-katalaz (+) koklar ise nitrat redüktaz ve katalaz enzimlerinin yanı sıra proteolitik ve lipolitik aktiviteye de sahiptir. Küfle olgunlaştırılan ürünlerde hem laktik asit bakterileri, Gram (+)-katalaz (+) koklar hem de küfler starter kültür olarak kullanılmaktadır (Lücke, 1994; Gökçalp vd., 2004; Kaban et al., 2012; Kaya & Kaban, 2019). Fermente et ürünlerinde starter kültür olarak kullanılan diğer bir mikroorganizma grubu da mayalardır (Kaban et al., 2012).

Fermente sosislerde mayaların lezzeti arttırmak amacıyla starter kültür olarak kullanılabilmesine yönelik ilk çalışmalar 20.yy'ın başlarına rastlamaktadır. Daha sonra yapılan araştırmalarda, mayaların fermente sosislerde yaygın olarak bulunduğu saptanmış ve bu mikroorganizmaların starter kültür olarak kullanımı önerilmiştir (Selgas & Garcia, 2007). Fermente et ürünlerinde fermentasyon ve olgunlaşmada baskın maya türü olan *Debaryomyces hansenii*, 1970'li yıllardan itibaren starter kültür olarak kullanılmaya başlanmıştır (Flores et al., 2015). *Debaryomyces* suşlarının sosislerde kullanılmasının kütleme işlemi, renk oluşumu ve lezzet gelişimi üzerinde olumlu etkilerinin olduğu ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca *D. hansenii*'nin laktik asit bakterileri ve Gram (+)-katalaz (+) koklar (*S. xylosus*, *S. carnosus*, *K. varians*) ile birlikte kullanılmasının lezzet ve tat üzerinde olumlu katkı sağladığı rapor edilmiştir (Selgas & Garcia, 2007). *D. hansenii* ve bu mayanın anamorf formu olan *C. famata* ticari starter kültür preparatı olarak piyasada yer almaktadır. Yüksek tuz toleransına sahip olan *D. hansenii*, düşük pH ve  $a_w$ 'ye dirençlidir. Aerob özellik gösteren

*D. hansenii* ürün içerisindeki oksijeni kullanarak ürün özellikleri üzerinde olumlu etki göstermektedir. *D. hansenii* suşları ortamdaki oksijeni tüketerek bu ürünlerde arzu edilen kür edilmiş et rengi olan nitrozomyoglobinin oluşumuna önemli katkı sağlamaktadır. *D. hansenii* hem oksijen tüketerek hem de peroksitleri parçalayarak yağların acılaşmasını geciktirebilmektedir (Lücke & Hechelmann, 1985; Selgas & Garcia, 2007; Cano-García et al., 2014; Kaya & Kaban, 2019).

*D. hansenii* türü lipolitik ve proteolitik aktiviteleri ile lezzet gelişiminde önemli ölçüde etkili olmakta, renk stabilitesine önemli katkıda bulunmaktadır (Gökalp vd., 2004; Cano-García et al., 2014). Ancak bu mikroorganizmalar fermente sosislerde amonyak içeriğini artırmakta, laktik ve asetik asit seviyelerini düşürmektedir. Bundan dolayı bu mikroorganizmaların laktik asit bakterileri ve Gram (+)-katalaz (+) koklar ile kullanılması önerilmektedir (Jessen, 1995; Kaya & Kaban 2019).

Fermente sosislerde olgunlaşma sırasında, yağ ve proteinlerin parçalanması dahil pek çok biyokimyasal değişimler gerçekleşmekte ve bu ürünlerin karakteristik lezzetinden sorumlu bileşikler oluşmaktadır. Olgunlaşma sırasındaki bu değişimlerde mikrobiyal ve endojen enzimler etkili olmaktadır (Selgas et al., 2003). Bu ürünlerde oluşan uçucu bileşikler, ürün aroması ve diğer duyuşal özellikler üzerinde önemli bir paya sahiptir. Fermente sosislerde bulunan mayalar, lipolitik ve proteolitik aktiviteleri ile ürün aroması üzerinde etkili olmaktadır. Bazı maya türleri esterler oluşturabilmektedir. Ayrıca mayalar, karbonilleri alkollere indirgemekte ve başlıca metilpropanol, 2- ve 3-metilbütanol ve 2-feniletanol oluşturabilmektedir (Selgas & Garcia, 2007). Mayalar fermente sosislerin diğer bazı duyuşal özellikleri üzerinde de olumlu etkiler göstermektedir (Jessen, 1995; Encinas et al., 2000).

Fermente sosislerde mayaların starter kültür olarak kullanılabilme imkanlarını belirlemeye yönelik yapılan bir araştırmada, sosis hamurlarına  $10^6$  kob/g düzeyinde *D. hansenii* ilave edilmiş ve üretilen ürünler uçucu bileşik yönünden analiz edilmiştir. *D. hansenii*, fermente sosis aromasında önemli etkileri olan 2-metil-propanoat ve etil 2- ve 3-metil bütanoat gibi bileşiklerin seviyelerinde önemli artışlara neden olmuştur. Bu ürünlerde aldehitler ve hidrokarbonlar gibi lipit oksidasyonundan kaynaklanan uçucu bileşiklerin seviyelerinde ise önemli ölçüde azalma olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca *D. hansenii*'nin hem ransidite gelişimini engelleyerek ve hem de ürün aroması üzerinde önemli etkileri olan esterler üreterek ürün aromasında önemli bir etkiye sahip olduğu da bildirilmiştir (Flores et al., 2004). Sucuk üretiminde karışık kültür (*Lactobacillus* ve *Micrococcus*) ile birlikte *D. hansenii*'nin starter kültür olarak kullanımının, ürünün duyuşal özellikleri üzerinde olumlu etkisinin olduğu da bildirilmiştir (Gökalp, 1986). Fermente ürünlerde kullanılan mayaların temel fonksiyonları Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Starter kültür olarak kullanılan mayaların bazı temel fonksiyonları (Kaya & Kaban, 2019'dan uyarlanmıştır.)

Kalite Kriteri	Etki Mekanizması	Etki Derecesi
Renk	Oksijen kullanımı	**
	H <sub>2</sub> O, parçalanması	*
Aroma	Protein parçalanması	***
	Yağ parçalanması	**
	Otooksidasyonun geciktirilmesi	*
Dış Yüzey Durumu	Genel görünüm	*
	Oksijen ve ışıktaki koruma	*

\*\*\*: Çok etkili, \*\*: Etkili, \*: Az etkili

Fermente et ürünlerinde olgunlaştırma sırasında proteinler, lipitler ve karbonhidratlarda biyokimyasal ve enzimatik reaksiyonlar sonucunda çeşitli değişimler söz konusu olmaktadır. Lipolizis ve lipit oksidasyonu, tat ve aromanın gelişiminde önemli rol oynamakla beraber aşırı lipolizis ve lipit oksidasyonu ürünün duyuşal karakteristiklerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Tuz oranı azaltılmış kuru fermente bir sosis çeşidi üzerinde yapılan çalışmada, *D. hansenii* inokülasyonunun lipit oksidasyonunu engelleyerek duyuşal analizde meyvemsi koku oluşumunun arttığı buna karşın otooksidasyonun daha az düzeyde gerçekleştiği rapor edilmiştir. Aynı çalışmada inoküle edilen mayanın domuz eti kokusunu maskeleyiği de bildirilmiştir (Corral et al., 2017). Bu sonuçlar mayaların fermente et ürünlerinde çoğalarak ürünün son aroması üzerinde önemli bir etkiye sahip olan aroma ön maddelerinin veya uçucu bileşiklerin oluşumunda önemli rol oynadığını göstermektedir. Bununla birlikte mayaların uçucu bileşikler üzerindeki etkisi, kullanılan suşun metabolik aktivitesine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Flores et al., 2015). Fermente et ürünlerinde, diğer gıdalarda olduğu gibi son yıllarda tuz oranını azaltmak amacıyla bazı stratejiler uygulanmaktadır. Tuz oranı azaltılmış kuru sosislere farklı maya suşlarının, ürünün bazı duyuşal özelliklerine etkileri incelendiği bir çalışmada, *P. kudriavzevii* ve *D. hansenii* suşlarının tuzluluk ve umami tat eksikliğini giderdiği, *P. kudriavzevii* ve *T. delbrueckii* suşlarının geleneksel kuru sosislere benzer bir koku profili gösterdiği, maya ilave edilen ürünlerde belirli alkollerin, asitlerin ve esterlerin seviyelerinin kontrol gruplarına göre daha yüksek olduğu ve *P. kudriavzevii* ve *D. hansenii*'nin tuz oranı düşürülmüş kuru sosislere starter kültür olarak kullanılabilceği rapor edilmiştir (Li et al., 2022). *D. hansenii*'nin starter kültür olarak kullanılabilme imkanlarının incelendiği bir çalışmada, *D. hansenii* suşlarının lipit oksidasyon düzeyini düşürdüğü, parlaklığın göstergesi olan L\* değeri ile kırmızılığı ifade eden a\* değerini arttırdığı ve hatta ürünün serbest amino asit ve serbest yağ asidi seviyelerinde artışa neden olduğu bildirilmiştir.

Mayaların ester seviyesinde artışa neden olarak aromaya katkıda bulunduğu ve duyuşsal özellikleri geliştirdiği de saptanmıştır (Yang et al., 2024).

## SONUÇ

Fermente et ürünlerinde mayalar, ürün tipine bağlı olarak mikrobiyotada önemli bir paya sahiptir. Bu ürünlerden pek çok maya türü bulunmakla birlikte *Debaryomyces hansenii* en çok bulunan türdür. *D. hansenii* suşları ürün aroması ve diğer duyuşsal özellikler üzerinde olumlu etki göstermektedir. Günümüzde *D. hansenii* starter kültür preparatı olarak piyasada bulunmaktadır. Bununla birlikte geleneksel ürünlerden izole edilen yerel suşların starter kültür olarak kullanımına yönelik araştırmalara da halen ihtiyaç duyulmaktadır.



## KAYNAKLAR

- Aksu, M. İ., & Kaya, M. (2001). Some microbiological, chemical and physical characteristics of pastırma marketed in Erzurum. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 25(3), 319-326.
- Aksu, M. İ., & Kaya, M. (2002). Ticari starter kültür preparatlarının pastırma üretiminde kullanım imkanları. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 26(4), 917-923.
- Aquilanti, L., Santarelli, S., Silvestri, G., Osimani, A., Petruzzelli, A., & Clementi, F. (2007). The microbial ecology of a typical Italian salami during its natural fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 120, 136–145. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.06.010>
- Asefa, D.T., Moretro, T., Gjerde, R.O., Langsrud, S., Kure, C.F., Sidhu, M.S., Nesbakken, T., & Skaar, I. (2009). Yeast diversity and dynamics in the production processes of Norwegian dry-cured meat products. *International Journal of Food Microbiology*, 133(1-2), 135-140.
- Baruzzi, F., Matarante, A., Caputo, L., & Morea, M. (2006). Molecular and physiological characterization of natural microbial communities isolated from a traditional Southern Italian processed sausage. *Meat Science*, 72(2), 261-269.
- Cano-García, L., Rivera-Jiménez, S., Belloch, C., & Flores, M. (2014). Generation of aroma compounds in a fermented sausage meat model system by *Debaryomyces hansenii* strains. *Food chemistry*, 151, 364-373. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.11.051
- Cocolin, L., Urso, R., Rantsiou, K., Cantoni, C., & Comi, G. (2006). Dynamics and characterization of yeasts during natural fermentation of Italian sausages. *FEMS Yeast Res* 6(5):692–701. <https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2006.00050.x>.
- Corral, S., Belloch, C., López-Díez, J. J., Salvador, A., & Flores, M. (2017). Yeast inoculation as a strategy to improve the physico-chemical and sensory properties of reduced salt fermented sausages produced with entire male fat. *Meat Science*, 123, 1-7.
- Encinas, J. P., López-Díaz, T. M., García-López, M. L., Otero, A., & Moreno, B. (2000). Yeast populations on Spanish fermented sausages. *Meat Science*, 54(3), 203-208. PII: S0309-1740(99)00080-7
- Flores, M., Durá, M. A., Marco, A., & Toldrá, F. (2004). Effect of *Debaryomyces* spp. on aroma formation and sensory quality of dry-fermented sausages. *Meat Science*, 68(3), 439-446. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2003.04.001>

- Flores, M., Corral, S., Cano-García, L., Salvador, A., & Belloch, C. (2015). Yeast strains as potential aroma enhancers in dry fermented sausages. *International Journal of Food Microbiology*, 212, 16-24.
- Gallardo, G., Ruiz-Moyano, S., Hernández, A., Benito, M. J., Córdoba, M. G., Pérez-Navado, F., & Martín, A. (2014). Application of ISSR-PCR for rapid strain typing of *Debaryomyces hansenii* isolated from dry-cured Iberian ham. *Food microbiology*, 42, 205-211.
- Gökalp, H. Y. (1986). Turkish style fermented sausage (soudjouk) manufactured by adding different starter cultures and using different ripening temperatures. *Fleischwirtschaft*, 66 (4), 595-597.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., & Zorba, Ö. (2004). Et ürünleri işleme mühendisliği, Gıda Mühendisliği. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:320, 468 s, Erzurum.
- Jessen, B. (1995). Starter cultures for meat fermentation. pp. 130-159. In: Fermented Meats, Eds.G.Campbell-Platt and P.E. Cook, *Blackie Academic and Professional*, Glasgow.
- Kaban, G., Kaya, M., & Lücke, F-K. (2012). Meat starter cultures. *Encyclopedia of Biotechnology in Agriculture and Food*, 1-4. <https://doi.org/10.1081/E-E-BAF-120045455>
- Kaya, M., & Kaban, M. (2019). Fermente et ürünleri, Gıda Biyoteknolojisi. Editör Necla ARAN, ss. 157-195, 7. Basım, ISBN: 978-605-133-134-8, Nobel Yayıncılık, İstanbul.
- Li, X. A., Kong, B., Wen, R., Wang, H., Li, M., & Chen, Q. (2022). Flavour compensation role of yeast strains in reduced-salt dry sausages: Taste and odour profiles. *Foods*, 11(5), 650.
- Lücke, F.- K. & Hechelmann, H. (1985). Starterkulturen für Rohwurst und Rohschinken- Zusammensetzung und Wirkung. In: Mikrobiologie und Qualität von Rohwurst und Rohschinken. *Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach*, 193-218, Germany.
- Lücke, F. K. (1994). Fermented meat products. *Food Research International*, 27(3), 299-307.
- Lücke, F-K. (2017). Fermented Meat Products—An Overview, *Fermented Meat Products-Health Aspects*, (Ed: Nevijo Zdolec), pp: 1-14, CRC press, Taylor & Francis Group.
- Metaxopoulos, J., Stavropoulos, S., Kakouri, A., & Samelis, J. (1996). Yeasts isolated from traditional Greek dry salami. *Italian Journal of Food Science*, 1:25–32. <http://62.217.125.90/xmlui/handle/123456789/1100>
- Ordenez, J. A., Hierro, E. M., Bruna, J. M., & de la Hoz, L. (1999). Changes in the components of dry-fermented sausages during ripening. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 39(4), 329–367. <https://doi.org/10.1080/10408699991279204>

- Ozturk, I., & Sagdic, O. (2014). Biodiversity of yeast mycobiota in “sucuk,” a traditional Turkish fermented dry sausage: phenotypic and genotypic identification, functional and technological properties. *Journal of Food Science*, 79(11), M2315-M2322. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12662>
- Ozturk, I. (2015). Presence, changes and technological properties of yeast species during processing of pastirma, a Turkish dry-cured meat product. *Food Control*, 50, 76-84. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.08.039>
- Purriños, L., García Fontán, M.C., Carballo, J., & Lorenzo, J.M. (2013). Study of the counts, species and characteristics of the yeast population during the manufacture of dry cured lacón. Effect of salt level. *Food microbiology*, 34(1), 12-18.
- Rantsiou, K., Urso, R., Iacumin, L., Cantoni, C., Cattaneo, P., Comi, G., & Colicini, L. (2005). Culture-dependent and -independent methods to investigate the microbial ecology of Italian fermented sausages. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(4), 1977-1986. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.4.1977-1986.2005>
- Sallan, S., Yılmaz Oral, Z. F., & Kaya, M. (2023). A review on the role of lactic acid bacteria in the formation and reduction of volatile nitrosamines in fermented sausages. *Foods*, 12(4), 702. <https://doi.org/10.3390/foods12040702>
- Samelis, J., Stavropoulos, S., Kakouri, A., & Metaxopoulos, J. (1994). Quantification and characterization of microbial populations associated with naturally fermented Greek dry salami. *Food Microbiology*, 11(6), 447-460. <https://doi.org/10.1006/fmic.1994.1050>
- Selgas, M. D., Ros, J., & García, M. L. (2003). Effect of selected yeast strains on the sensory properties of dry fermented sausages. *European Food Research and Technology*, 217, 475-480.
- Selgas, M.D. & Garcia, M.L. (2007). Starter Cultures:Yeasts. Pp. 159-169. In: Handbook of Fermented Meat and Poultry, Ed. F. Toldra. *Blackwell Publishing Professional*, USA.
- Simoncini, N., Rotelli, D., Virgili, R., & Quintavalla, S. (2007). Dynamics and characterization of yeasts during ripening of typical Italian dry-cured ham. *Food Microbiology*, 24(6), 577-584.
- Toldra, F., Sanz, Y., & Flores, M. (2001). Meat Fermentation Technology. Pp. 538-561. In: Meat Science and Application, Eds. Y.H. Hui, W.K.Nip,R.W. Rogers and O.A. Young. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Wolter, H., Laing, E., & Viljoen, B. C. (2000). Isolation and identification of yeasts associated with intermediate moisture meats. *Food Technology and Biotechnology*, 38 (1): 69-75.
- Yang, X., Xiao, S., & Wang, J. (2024). *Debaryomyces hansenii* strains from traditional chinese dry-cured ham as good aroma enhancers in fermented sausage. *Fermentation*, 10(3), 152.

Yalınkılıç, B., Kaban, G., & Kaya, M. (2023). Effect of sodium replacement on the quality characteristics of pastırma (a dry-cured meat product). *Food Science and Human Wellness*, 12(1), 266-274.

”

## BÖLÜM 2

### NIŞASTA MODİFİKASYONUNDA YEŞİL BİR YÖNTEM: SOĞUK PLAZMA

*Hilal ARSLAN BAYRAKCI<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Öğr. Gör. Dr., Selçuk Üniversitesi Karapınar Aydoğanlar Meslek Yüksekokulu, ORCID-ID: 0000-0003-0069-4164

## 1. Giriş

Geleneksel gıda işleme ve koruma teknikleri çoğunlukla gıda ürününün yüksek sıcaklıkta işlenmesini içerir, bu da gıda ürünündeki mikrobiyal kontaminasyonu azaltırken gıda matrisinde bazı istenmeyen değişikliklere yol açar, örneğin ısıya duyarlı besin bileşenlerinin kaybı, gıda ürününün dokusunda yaygın değişiklikler ve organoleptik değişiklikler gibi (Hernández-Hernández vd., 2019; Jadhav vd., 2021). Isıl olmayan gıda işleme tekniklerinin termal muadillerine göre çeşitli avantajları vardır, çünkü ısı olmayan teknikler mikrobiyal güvenliği sağlayabilir ve organoleptik özellikleri etkilemeden besin bileşenlerini koruyabilirler (Ucar vd., 2021). Bu nedenle, ısı olmayan teknoloji özellikle gıda işleme endüstrisinde yoğun ilgi görmüştür (Laroque vd., 2022a). Şu anda uygulamada olan birkaç ısı olmayan teknik vardır; bunlar arasında darbeli elektrik alanı (John & Ramaswamy, 2018), ışınlama tekniği (Deshmukh vd., 2020), darbeli ışık tekniği (Abbas Syed, 2017), yüksek basınçlı işleme (Kalagatur vd., 2018), ultraviyole (UV) ışık (Corrêa vd., 2020), ultrason (Piñon vd., 2020) ve çok yakın zamanda, soğuk plazma teknolojisi (Charoux vd., 2021; K. H. Lee vd., 2018) yer almaktadır.

Soğuk plazma teknolojisi, biyomedikal, tekstil, elektronik, havacılık, paketlenme endüstrisi ve otomotiv gibi üretim endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmıştır (Laroque vd., 2022a). Gıda endüstrisinde soğuk plazma teknolojisinin uygulanması son on yılda artmıştır (Chaple vd., 2020). Gıda sterilizasyonu, mikrobiyal inaktivasyon ve mikotoksin imhası için soğuk plazma teknolojisi çok sayıda araştırma ve inceleme makalesinin konusu olmuştur (Chaple vd., 2020; Los vd., 2018; Sarangapani vd., 2016).

Nişasta, gıda sektörü, kağıt endüstrisi, tekstil, ilaç vb. gibi farklı bölgelerde yaygın ve yaygın olarak kullanılan biyopolimerlerden biridir (Bemiller, 1997). Nişastanın büyük kısmı mısırdan çıkarılır, ardından buğday, patates, manyok ve diğerleri gelir. Son zamanlarda, nişasta üretimi için iki ürün daha eklenmiştir, muz ve amarant nişastasası. İzole edilen nişasta genellikle kuru, beyaz tozdur, soğuk suda, etanolde ve diğer organik çözücülerde çözünmez. Colussi ve ark. (2014), doğal nişastanın özelliklerini geliştirmek için fiziksel, enzimatik ve kimyasal modifikasyonlara tabi tutulması gerektiğini bildirmiştir. Kimyasal yöntemler genellikle nişasta modifikasyonunda yüksek verimlilik sağlar ancak dezavantajları kimyasalların maliyeti, kimyasal kalıntılar, zaman alıcılık ve atık yönetimidir (B. Zhang vd., 2015a). Nişasta modifikasyonu için modern teknikler genellikle fiziksel teknikler olan geleneksel olmayan yöntemlerdir, bunlar hızlıdır, çevre dostudur (kimyasal kalıntı yoktur) ve toksik madde üretimi yoktur. Nişastanın modifikasyonunda kullanılan fiziksel yöntemlerden bazıları ultrasonikasyon, ışınlama, yüksek hidrostatik basınç ve soğuk plazmadır (Lii vd., 2002; Liu vd., 2016; F. Zhu, 2016; J. Zhu vd., 2012). Son yıllarda,

nişasta modifikasyonu için alternatif tekniklerin araştırılmasında kapsamlı bilimsel çalışmalar yürütülmektedir. Modifikasyonun fiziksel yöntemleri arasında, soğuk plazma işleminin nişasta modifikasyonları için yeni yöntemlerden biri olduğuna inanılmaktadır (Wongsagonsup vd., 2014).

## 2. Soğuk Plazmanın Temel İlkeleri

Plazma genellikle sıvı, katı ve gazla birlikte maddenin dördüncü hali olarak adlandırılır. İyonlar, nötrler ve elektronları uyarılmış bir halde içeren iyonize bir gazdır. Plazma genellikle, büyük bir elektrik potansiyeli farkı olan bir gaza elektrik enerjisi uygulandığında veya elektrotlar arasında hareket ettiğinde oluşur ve serbest elektronlar gaz molekülleriyle çarpıştığında gaz iyonlaşmasına neden olur. Böyle bir iyonize gaz düşük enerjiye (1–10 eV) ve yüksek elektronik yoğunluğa (1010 cm<sup>3</sup>'e kadar) sahip olduğunda buna soğuk plazma denir. William Crookes plazmayı 1879'da keşfetmiş ve daha sonra Tonks ve Langmuir 1929'da plazma üreten bir sistem tasarlamıştır (Doddabematti Prakash vd., 2023).

Plazma, sıcaklık, iyonizasyon, termodinamik denge, yoğunluk ve diğer faktörlere göre çeşitli şekillerde kategorize edilebilir, bunların en önemlisi sıcaklıktır. Termal denge temelinde, plazma termal ve termal olmayan plazma olarak sınıflandırılabilir (Pankaj vd., 2018). Termal plazma durumunda, tüm türler (iyonlar, elektronlar ve nötr türler) termodinamik dengededir. Termal plazmanın sıcaklığı 4000 ila 20.000 K arasında değişir ve yerel bir denge durumunda bulunur (Bogaerts vd., 2002; Schlüter vd., 2013). Soğuk plazma, termal olmayan plazma olarak da bilinir, 300~100 K sıcaklık aralığında denge dışı bir koşul altında bulunur (Nehra, 2008). Ayrıca, termal olmayan plazma düşük basınçta ve atmosferik basınçta üretilir ve sırasıyla düşük basınçlı plazma ve atmosferik basınç plazma olarak adlandırılır (J. Lee vd., 2017).

### 2.1. Atmosferik Basınçta Üretilen Soğuk Plazma

Plazma mühendisliğindeki çağdaş yenilikler, atmosferik basınçta çalışabilen plazma kaynakları ortaya çıkardı. Bunlar arasında dielektrik bariyer deşarjları (DBD), kayan ark deşarjı, korona deşarjı ve radyo frekanslı plazma bulunur. DBD plazması, iki metal elektrot 100 mm ile birkaç santimetre arasında değişen bir deşarj boşluğunda plastik, kuvars veya seramik gibi bir dielektrik malzeme kullanılarak ayrı tutulduğunda yayılan alternatif bir akımla üretilir. Tipik uygulama alanları arasında ozon üretimi, eksimer lambalarda ultraviyole (UV) üretimi ve CO<sub>2</sub> lazerleri bulunur (Chizoba Ekezie vd., 2017).

Kayma ark deşarjları, açık havada 9 kV ve 100 mA yüksek voltaj ile çalışan, birden fazla farklı metal elektrot bulunan bir reaktörde meydana getirilmektedir. Genel olarak, nemli havadan oluşan bir giriş gazı, elektrot-

lar arasındaki boşluğa pompalanır ve bu da en dar elektrotlar arası alanda bir ark oluşmasına yol açar; ardından giriş gazı tarafından açılan alana üflenir. Genel olarak, kayma ark deşarjları, koşullara bağlı olarak hem termal hem de termal olmayan plazmalar üretir. Bu teknik, hem yüzey hem de sıvı işleme için mükemmel bir uyum yeteneğine sahiptir ve su içerisinde bulunan organik bileşenler, çözücüler ve endüstriyel atıklar gibi kimyasal kirleticilerin bozunması ile bakteriyel kontaminasyonun giderilmesine yönelik deneysel araştırmalarda kullanılmıştır (Chizoba Ekezie vd., 2017).

Korona deşarj plazması, plazma tutuşması için dağınık bir yoldur ve keskin uçlu elektrotların etrafında gelişir ve üretilen elektronların iyonlaşma enerjisini ortam gazı atomları veya moleküllerininkine hızlandırmak için önemli elektrik alanı içerir (Scholtz vd., 2015). Genellikle yüksek voltajda üretilir ve ağırlıklı olarak bir elektrotta meydana gelir. Ek olarak, teknik ucuzdur ve uygulanması kolaydır. Korona deşarjları mikrobiyal dekontaminasyon, yüzey işleme, elektro-çöktürme vb. için kullanılmıştır, ancak homojen olmayan küçük alanlarla sınırlıdır (Chizoba Ekezie vd., 2017).

## 2.2. Düşük Basınçta Üretilen Soğuk Plazma

Düşük basınç altında üretilen termal olmayan plazma, yüzlerce MHz frekansındaki elektromanyetik dalgalarla yönlendirilen mikrodalga ile güçlendirilmiş plazmayı ifade eder. Elektrot tabanlı yöntemlerin aksine, mikrodalga deşarjları, bir koaksiyel kabloyla yönlendirilen bir işlem odasına mikrodalgalar sağlayan bir magnetron kullanılarak üretilir. Işınlama daha sonra işlem gazı tarafından emilir ve ısı üretilir, bu da elastik olmayan çarpışmalarla iyonlaşma reaksiyonlarına neden olur. Mikrodalga ile güçlendirilmiş plazma, elektrotların olmaması nedeniyle avantajlı kabul edilir ve havada kolayca ateşlenebilir. Ayrıca, gaz gereksinimleri düşüktür ve genellikle büyük miktarlarda reaktif türler salınır. Bununla birlikte, mikrodalga ile güçlendirilmiş plazma uygulaması mekansal olarak sınırlıdır, yani geniş alanlara uygulanması, plazma jetlerinin düzenlenmesine benzer bir dizi deşarj gerektirir (Chizoba Ekezie vd., 2017).

## 3. Nişasta Modifikasyonu Türleri

Nişasta, esas olarak iki farklı glikoz polimerinden (amiloz ve amilopektin) oluşan bir karbonhidrattır (Li vd., 2018). Doğada yüksek oranda bulunan bu biyolojik olarak parçalanabilir ve toksik olmayan biyopolimer, yeterli miktarda su varlığında ısıtıldığında tutarlı hamurlar ve jeller oluşturabilir. Sonuç olarak nişasta, gıda, yem, kağıt, tekstil, çamaşır yıkama, kimya, petrokimya, ilaç, biyoetanol, inşaat malzemeleri ve biyolojik olarak parçalanabilen ürünler endüstrileri gibi farklı sektörlerde geniş uygulamalarla endüstriyel bir içerik olarak büyük miktarlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Vanier vd., 2017).



Ne yazık ki, nişastalar kendi doğal hallerinde sınırlı işlevlere sahiptir ve bu da onların uygulamalarını engelleyebilmektedir. Her bir nişasta kaynağı, jelatinizasyon sıcaklığı, sıcaklık seviyesine göre emilen su miktarı, çirşlenme kapasitesi ve jel kuvveti gibi farklı ve karakteristik özellikler sunar. Mevcut ekonomik kaynakların son derece sınırlı olduğu göz önüne alındığında, modifiye nişastaların üretimi, bu özellikleri geliştirmek ve doğal nişastaların kullanım sınırlamalarını aşarak endüstriyel uygulamalarını artırmak için yaygın olarak uygulanan bir alternatiftir (Maniglia vd., 2021). Doğal nişastanın işlevsel kullanımında onu sınırlayan bazı içsel özellikleri vardır; bunlar arasında çözünmezlik, işleme koşullarına tepki derecesi, sıcaklık, pH, retrogradasyon, kesme, termal bozunma, jel oluşumunun kararsızlığı, hamurun donma-çözülme stabilitesindeki azalma ve zayıf renk yer alır. Tüm bu işlevsel eksiklikler doğal nişastaları endüstriyel kullanıma daha az uygun hale getirmiştir (Sharma vd., 2015). Nişasta modifikasyonu için fiziksel, kimyasal, enzimatik, genetik olarak ve çift modifikasyon taktikleri ile çeşitli modifikasyon yöntemleri kullanılmaktadır ve bunların hepsi, farklı endüstrilerde daha iyi performans gösterebilmesi için özelliklerini değiştirmek amacıyla gerçekleştirilmektedir (Bemiller, 1997). Nişasta, endüstriyel olarak bağlayıcı ve yapıştırıcılar, kaplamalar ve boya, inşaat, oluklu mukavva, tekstil, ilaç, yem, petrol sahası, biyoetanol, kağıt, kimyasallar, petrokimya, biyoetanol ve gıda üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Maniglia vd., 2021).

Enzimatik modifikasyonda, nişasta süspansiyonları öncelikle hidrolize uğrayabilen ve yüksek fonksiyonel özelliklere sahip türevler verebilen belirli enzimlere maruz bırakılır. Bakterilerden elde edilebilen amilomaltaz enzimleri, iki glukoz molekülündeki  $\alpha$ -1,4 glikozidik bağını kırmak için kullanılır ve bu bağın yenilikçi bir  $\alpha$ -1,4 glikozidik bağlantısı üretmesini sağlar. Bu bağlantı, gıda ve ilaç sanayisinde faydalı olan modifiye nişasta üretiminde kullanılmaktadır. Üretilen modifiye nişasta aynı zamanda yapıştırıcı olarak, kozmetik ve deterjan üretiminde de kullanılmaktadır (Kaper vd., 2004). Nişasta granüllerini değiştirmek için enzimlerin kullanılması pahalıdır ve endüstriyel ölçekte uygulanmasını azaltır (Gao vd., 2019).

Kimyasal modifikasyonlar, fonksiyonel grupların nişasta granüllerine dahil edildiği, fizikokimyasal özelliklerde belirgin değişikliklere yol açan prosesi ifade eder (Maniglia vd., 2021) Kimyasal modifikasyon yöntemleri, düşük maliyetleri ve uygulama kolaylığı nedeniyle endüstriyel olarak en çok uygulanan yöntemlerdir. En yaygın kullanılan kimyasal işlemler genellikle nişasta moleküllerinin esterifikasyon, eterifikasyon ve/veya oksidasyon yoluyla değiştirilebilen üç mevcut hidroksil grubunu (C2, C3 ve C6 pozisyonunda) etkiler (Masina vd., 2017). Ayrıca kimyasal işlemlerden sonra nişasta moleküllerinin glikozidik bağları depolimerize edilebilir. Geleneksel kimyasal modifikasyon yöntemleri (örn. hipoklorit, asetatlar, fos-

fatlar ve asitler kullanılarak) geri dönüştürülmesi gereken büyük miktarda atık su üretir. Doğaları gereği bu atık sular çevreye zararlı olabilir. Ayrıca, son üründe eser elementlerin bulunma olasılığı, bu modifiye nişastaların özellikle ilaç ve gıda endüstrilerindeki bazı uygulamalarını sınırlandırabilmektedir. (“temiz etiketli” içeriklere olan talep hızla artıyor) (Maniglia vd., 2021).

Genetik modifikasyon yöntemi, nişasta biyosentezini amaçlayan ve dolayısıyla kimyasal yöntemden daha fazla fayda sağlayan genetiği değiştirilmiş teknolojiyi içerir. Bu yöntem geleneksel bitki yetiştirme yöntemiyle veya biyoteknoloji kullanılarak gerçekleştirilebilir. Genetik modifikasyonlar ile üretilen waxy nişastalar, kolayca jelatine olabılme ve jel oluşturmadan şeffaf hamurlar oluşturma yetenekleri nedeniyle gıda sanayisinde yaygın olarak uygulanmaktadır. Yüksek oranda amiloz içeren nişastalar da rafine edilerek insan beslenmesine faydalı olan dirençli nişasta üretilir (Johnson vd., 2001).

Nişasta içeren gıdalara, bir modifikasyon süreci aracılığıyla (epiklorohidrin gibi) eklenen kimyasallar kanserojendir (Ashogbon & Akintayo, 2014). Ayrıca, kimyasal olarak modifiye gıdaların tüketimiyle sağlık açısından tüketiciler üzerinde bazı olumsuz etkileri vardır ve bu, kimyasalların salınımı nedeniyle çevre kirliliğine yol açtığı için çevre üzerinde tehlikeli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, tüketiciler kimyasal olarak işlenmiş gıdalardan kaçınmak için doğal ve güvenli gıdalar talep etmektedir. Dahası, kimyasal olarak modifiye edilmiş nişastalar, hem işleme yönteminde hem de atık su ve tehlikeli kimyasalların işlenmesi sürecinde oldukça pahalıdır. Bu yöntem ayrıca karmaşık olarak bulunmuştur. Enzimatik modifikasyonlar da nispeten yüksek maliyetli olup, yüksek sıcaklıklara karşı az dirençleri nedeniyle yüksek sıcaklık gerektiren ürünlerde kullanılmaması önerilmektedir (Dhull vd., 2021).

Nişastanın fiziksel olarak modifikasyonunda kullanılan teknolojiler, yeşil teknoloji olarak adlandırılan çevre dostu nişastalar elde etmek için kullanılabilir yeni modifikasyon teknolojileridir (BeMiller & Huber, 2015). Prejelatinize nişastalar gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan en basit ve en yaygın modifikasyon yöntemidir. Yüksek nem işlemi ve tavlama, nişasta moleküler yapısının bütünlüğünü etkilemeden nişasta modifikasyonunda oldukça kabul gören hidrotermal yöntemlerdir (Sanguanpong vd., 2003). Nişasta modifikasyonunda kullanılan termal olmayan önemli yöntemler; darbeli elektrik alan, ultrason, mikrodalga işlemi, yüksek basınçlı işlem teknolojisi, ışınlama ve soğuk plazma teknolojisidir (Ashogbon & Akintayo, 2014). Bu yöntemler, nişastanın moleküler düzeyinde amiloz ve amilopektin yan zincirlerinin dallanmasını ya bozar ya da çok az etkiler. Nişastanın termal olmayan yöntemlerle modifiye edilmesi, nişasta granüllerinin yüzeyinde kırılmaya neden olur ve bu da esas olarak

fizikokimyasal özellikleri etkileyen çatlak, delik veya gözeneklerin oluşmasına yol açar (Thirumdas, Kadam, vd., 2017).

#### 4. Nişasta Modifikasyonunda Soğuk Plazma Uygulamaları

Son on yılda, araştırmacılar arasında nişasta modifikasyonu için “yeşil” yöntemler geliştirmeye yönelik artan bir ilgi olmuştur (Maniglia vd., 2021). Günümüzde, gıda bileşenlerinde kimyasal kalıntıları önleyen daha güvenli, daha basit ve düşük maliyetli süreçler nedeniyle fiziksel modifikasyonlar tercih edilmektedir (Banura vd., 2018). Bunun dışında, tüketicilerin güvenli, asgari düzeyde işlenmiş, çevre dostu, yüksek besin, işlevsel ve duyusal değere sahip gıdalara olan talebi nedeniyle, termal olmayan teknikler ilgi görmüştür (Scudino vd., 2023). Fiziksel modifikasyonlar arasında, ısıya duyarlı bileşen ve gıdaları modifiye etmek için kullanılabilen radyoaktif ışınlama, yüksek basınçlı işleme ve darbeli elektrik alanı gibi termal olmayan teknolojilere daha fazla ilgi gösterilmektedir (Laroque vd., 2022b).

Plazma, nötr bir gaz üzerine yeterli enerji uygulanması – öncelikle elektromanyetik alan kaynaklarından – sonucu oluşan tamamen veya kısmen iyonize olmuş gazdan meydana gelir ve reaktif türler oluşturur (Bruggeman vd., 2017). Bu gaz fazı serbest elektronlar, serbest radikaller, iyonlar (pozitif ve negatif), atomlar ve moleküller (harekete geçmiş ve nötr) ve yayılan UV-Vis radyasyonunu içerir. Plazma, termal ve termal olmayan iki tipe ayrılır. Termal plazma, gaz ve elektron sıcaklığı arasında yerel bir dengeye sahiptir. Termal olmayan plazma – veya soğuk plazma – sıcaklık oda sıcaklığına yakınken, elektronlar (daha hafif parçacıklar) çok yüksek bir sıcaklıktadır ve diğer gaz parçacıkları (ağır parçacıklar) oda sıcaklığındadır; bu durum lokal olmayan bir denge yaratır (Laroque vd., 2022b). Denge bozukluğu, uygulanan elektrik alanından enerji transferinin, elektronlar ile ağır parçacıklar arasındaki çarpışmalara göre çok daha hızlı ve verimli bir şekilde elektronlara aktarılması nedeniyle korunur ve gazı düşük sıcaklıklarda tutar (Misra vd., 2016).

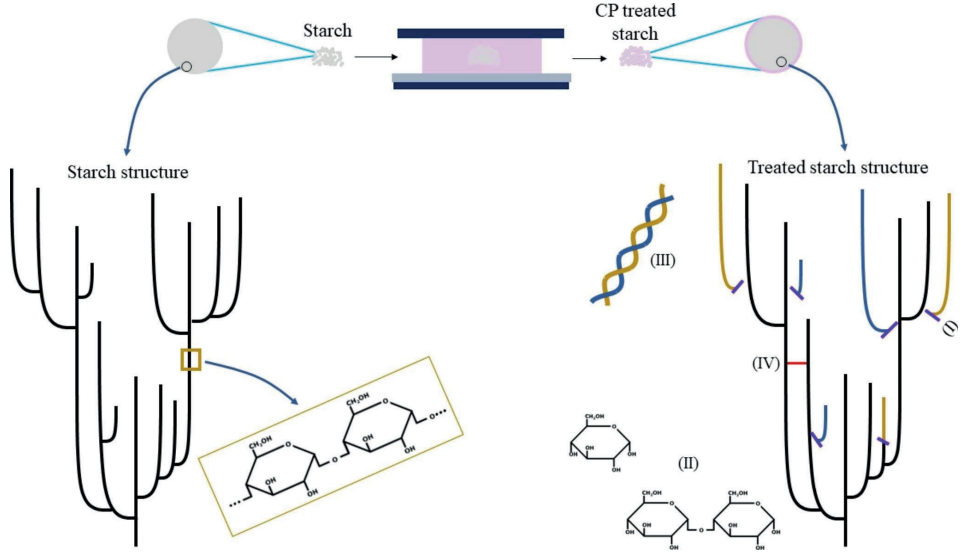
Soğuk plazma, son yıllarda proteinleri, karbonhidratları ve doğal pigmentleri modifiye etmek, mikrobiyal büyümeyi inaktive etmek ve azaltmak, mikotoksinleri ve gıda kontaminantlarını ortadan kaldırmak, gıda ambalaj malzemelerinin yapışmasını iyileştirmek için fiziksel bir yöntem olarak kullanılan yeni bir termal olmayan teknolojidir (Rao vd., 2023; Toulouie vd., 2018). Son yıllarda, soğuk plazma, nişasta granüllerini modifiye etmek için bir alternatif olarak önerilmiştir ve gıda uygulamalarını geliştirmektedir (Gao vd., 2021, 2022; Guo vd., 2022; Kalaivendan vd., 2022). Soğuk plazma, düşük basınçlardan atmosferik basınçlara kadar farklı gazlar ve akış hızları uygulayarak kullanılabilir; ancak, düşük maliyet ve bulunabilirlik nedeniyle iyonlaştırıcı gaz olarak atmosferik basınç ve hava

tercih edilir. Soğuk plazma, çeşitli reaktör konfigürasyonları tarafından üretilebilir ve nişasta modifikasyonu için en çok uygulananı dielektrik bariyer deşarjı (DBD) (Carvalho vd., 2021; Ge vd., 2022; Shen vd., 2022; Srangsomjit vd., 2022), ardından plazma jeti (Laricheh vd., 2022; Wu vd., 2019) ve radyo frekanslıdır (Okyere vd., 2019; Sifuentes-Nieves vd., 2020).

Tipik olarak, dielektrik bariyer deşarjı, enerjiyi sınırlamak ve dağıtmak ve kıvılcım oluşumunu önlemek için aralarında bir dielektrik bariyer (polimer, cam, kuvars) bulunan paralel olarak düzenlenmiş güçlendirilmiş ve topraklanmış bir elektrottan oluşur (Laroque vd., 2022a; Misra vd., 2016). İşlenecek malzeme, doğrudan plazmayı alan elektrotların arasına yerleştirilir. DBD, düşük maliyet, ölçeklenebilirlik, çok yönlülük, farklı elektrot yapılandırmalarına olanak sağlaması ve farklı malzemeler kullanması nedeniyle en çok kullanılan soğuk plazma türüdür (Laroque vd., 2022b).

Plazma jeti, dielektrik bariyer deşarjı ile aynı prensibe sahiptir; ancak reaktör silindriktir ve iki elektrot ve bir dielektrik bariyer içerir (Misra vd., 2016). İyonize edilecek gaz (genellikle bir soy gaz veya bilinen bir gaz karışımı) yüksek bir akış hızı altında silindirin merkezinden akar, plazma oluşum bölgesinden dışarı üflenir ve açık ortamda plazma reaktif türler açısından zengin bir jet ile sonuçlanır. Böylece malzeme, jet ile temas halinde olacak şekilde sistem çıkışına yerleştirilir (Leandro vd., 2024).

Nişastalar çoğunlukla atmosferik hava kullanılarak soğuk plazma ile işlenmiştir (%51) CO<sub>2</sub>, hekzametildisiloksan, N<sub>2</sub>, Ar ve He gibi özel gazlar da nişastaları soğuk plazma ile modifiye etmek için kullanılmıştır. Atmosferik soğuk plazma ve özel gazlar kullanan soğuk plazma, nişasta granüllerini (kuru) ve suda dağılmış nişasta granüllerini modifiye etmek için kullanılmıştır. Son yıllarda, özel gazların veya vakum pompalarının ve odalarının tedarikini gerektirmediğinden soğuk plazma kullanımını kolaylaştırdığı ve işlem maliyetlerini düşürdüğü için, atmosferik basınçta üretim gazı olarak hava kullanan çalışmalar artmıştır (Leandro vd., 2024).



**Şekil 1.** Soğuk plazmanın (CP) nişasta yapısı üzerindeki etkisinin şematik gösterimi: (I) nişasta zincirlerinin depolimerizasyonu (II) oligomerlerin ve basit şekerlerin oluşumu ve (III) çift sarmal; (IV) CP reaktif türleri tarafından teşvik edilen nişasta zincirleri arasındaki çapraz bağlanma (Leandro vd., 2024)

### Soğuk Atmosferik Plazma ile Modifiye Edilmiş Nişasta Granülleri:

Soğuk atmosferik plazma - yani atmosferik basınçta havadan elde edilen soğuk plazma - farklı nişasta kaynaklarını modifiye etmek için kullanılmıştır. Örneğin, karabuğday, sorgum, buğday ve kinoa nişastaları 30 saniye boyunca 20 kV ve 1 kHz'de dielektrik bariyer deşarjı ile soğuk plazma işlemine tabi tutulmuş ve genel olarak soğuk plazma, nişasta granüllerinin depolimerizasyonuna neden olarak tozların fizikokimyasal, çirilenme ve termal özelliklerini değiştiren kısa uzunlukta zincirler oluşturmuştur (Gao vd., 2022). Numuneler plazma reaktif türlerinden benzer şekilde etkilenmiştir, ancak işlem analiz edilen nişasta kaynağına ve özelliğine bağlı olarak daha etkili olmuştur. Örneğin, tüm kaynakların amiloz içeriği işlemden sonra azalmıştır, ancak numuneler arasında %62 ila 80 azalma arasında değişen önemli bir fark gözlenmiştir. İşlemden sonra çözünürlükte bir artış gözlenmiştir; buğday ve karabuğday nişastaları, sorgum ve kinoa kaynaklarına kıyasla daha belirgin bir sonuç göstermiştir (Gao vd., 2022).

Ayrıca, soğuk plazma parametreleri de sonuçları etkileyebilir. Yerli tatar karabuğday nişastasının yaklaşık %30'luk bir amiloz içeriği vardır ve bu, soğuk plazma işlem parametrelerine bağlı olarak azaltılmıştır. 15 kV ve 1 kHz'de 20 saniye boyunca dielektrik bariyer deşarjı ile soğuk plazma uygulaması, tatar karabuğday nişastasındaki amiloz içeriğini %21'e düşürürken, 20 kV ve 1 kHz'de 40 saniye boyunca daha güçlü ve daha uzun

bir işlem, bunu %7'ye düşürmüştür. Tipik olarak, daha yüksek voltajlar ( $\geq 20$  kV) ve daha uzun süreli işlemler ( $\geq 40$  saniye) soğuk plazma etkilerini artırmıştır (Gao vd., 2022). Numunelerin viskozitesi, yapışma özellikleri açısından büyük ölçüde azaltılmış ve RVA (hızlı visko-analizör) testleri sırasında, muamele edilen tatar karabuğdayı nişastası hariç, şişme veya jelatinleşme gözlemlenmemiştir. Tatar karabuğdayı, sorgum, buğday ve kinoa nişastalarının sindirilebilirliği ile ilgili olarak hızlı sindirilebilir nişasta, yavaş sindirilebilir nişasta ve dirençli nişasta açısından önemli bir fark gözlemlenmemiştir; tek istisna, sorgum nişastasının hızlı sindirilebilir nişastasının %48 artması ve buğday nişastasının dirençli nişasta miktarının %36 azalması olmuştur (Gao vd., 2019).

Ancak, soğuk plazmanın nişastaya uygulamasında işlemin voltajını ve kalma süresini artırmak, Carvalho ve ark.'nın (2021) aria (*Goepertia allouia*, Brezilya kökenli bir mevsimlik sebze türüdür ve Gine ararot veya tatlı mısır kökü olarak da adlandırılır) nişastası işlemi sırasında gösterdiği gibi, özelliklerinde iyileştirmeler garanti etmez. Araştırmacılar, 15 dakika boyunca 200 Hz sabit frekansta 7 ila 20 kV arasında değişen voltaj kullandılar ve optimum sonuçların 14 kV'da elde edildiğini gözlemler. 14 kV'a kadar amiloz içeriğinin azalmasında bir eğilim gözlemlendi, 20 kV uygulandığında ise artış oldu. Bu durum, daha yüksek voltaj tarafından tercih edilen yeni bağların oluşumu nedeniyle nişasta moleküllerinin kompleksleşmesine atfedilmiştir. Gao ve diğerlerinin aksine (Gao vd., 2019), soğuk plazma ile işlenmiş aria nişastası RVA analizleri sırasında viskozite kaldı ve viskoziteleri doğal nişastayla karşılaştırıldığında daha yüksekti. Bu durum farklı nişasta kaynaklarına, elektrik frekansına ve işlem süresine atfedilebilir (Carvalho vd., 2021; Gao vd., 2019). K. Zhang ve ark. (2022) tarafından, düşük basınç uygulanmasına rağmen dielektrik bariyer deşarjı soğuk plazma uygulaması ile tapiyoka nişastasını işlerken benzer bir viskozite artışı rapor edilmiştir. Ayrıca, voltajın artmasıyla birlikte jelatinleşme sıcaklığı ve entalpide bir azalma eğilimi gözlemlenmiştir.

Dielektrik bariyer deşarjı soğuk plazma ile işlenmiş mısır nişastası için Bie ve arkadaşları (2016), tarafından da bir viskozite azalması rapor edilmiştir; bu etkinin daha uzun işlemlerle ( $> 5$  dk) arttığı görülmüştür. Tüm örneklerin jelatinleşme sıcaklıkları artmış ve jelatinleşme zirveleri genişlemiştir, ancak jelatinleşme entalpisi açısından önemli bir artış gösteren tek örnek tatar karabuğdayı nişastası olmuştur.

Soğuk plazma sisteminden bağımsız olarak, işlemler amiloz içeriğini, su emilim indeksini, suda çözünürlüğü, şişme gücünü, nişastanın yapışma özelliklerini, bağlı kristalliliği, jelatinleşme sıcaklığını ve entalpisini, donma-çözülme sinerezisini ve nişastaların sindirilebilirliğini değiştirebilir. Bunlar, nişasta moleküllerinin depolimerizasyonunun, amiloz/amilopektin oranındaki değişikliklerin, küçük şekerlerin (maltoz ve glikoz) oluşumu-

nun, nişasta zincirleri arasında çapraz bağlanmanın, artan yüzey pürüzlülüğünün ve soğuk plazmanın reaktif türleriyle etkileşimler nedeniyle nişasta zincirleri içindeki artan hidroksil gruplarının sonuçlarıdır. Her bir işlemin etkililik derecesi nişasta kaynağına ve soğuk plazma parametrelerine, voltaja, işlem uzunluğuna, elektrik frekansına ve basınca bağlı olacaktır. Dielektrik bariyer deşarjlı soğuk plazma ile, modifiye nişasta granülleri sırasıyla 60 V ila 30 kV, 30 s ila 30 dk, 200 Hz ila 1 kHz ve 20 ila 50 Pa voltaj, işlem uzunluğu, elektrik frekansı ve basınç kullanarak incelenmiştir (Carvalho vd., 2021; Gao vd., 2019, 2022; Thirumdas, Trimukhe, vd., 2017). Ancak, geniş çalışma parametreleri aralığı ve neden-sonuç ilişkilerinin eksikliği, her bir soğuk plazma tarafından işlenen nişasta granüllerinin fizikokimyasal özelliklerini anlamak ve tahmin etmek için daha sistematik çalışmalara ihtiyaç olduğunu göstermektedir (Leandro vd., 2024).

### Özel Gazlar Kullanılarak Soğuk Plazma ile Modifiye Edilen Nişasta Granülleri:

Soğuk plazma için üretim gazı olarak hava kullanmak daha kolay ve daha ucuz olsa da, çalışmalar soğuk plazma ile işlenmiş nişastada heksametildisiloksan, He, Ar ve N<sub>2</sub> gibi özel gazlar kullanıldığında olası farklılıkları doğrulamıştır (Leandro vd., 2024). Mısır nişastası için soğuk plazma işleminde heksametildisiloksan kullanımının etkisi araştırılmıştır (Sifuentes-Nieves vd., 2020). Araştırmacılar, radyo frekans soğuk plazma işlemlerini 30 dakika boyunca 90 W güç kullanarak 0,45 mbar'da gerçekleştirmişlerdir; bu, mısır nişastasının göreceli kristallikliğini önemli ölçüde azaltmış (%48'e kadar azalma) ve termal kararlılığını artırmıştır. Plazma bombardımanı sırasında uygulanan düşük basınç, suyun uzaklaştırılması nedeniyle nişasta yapısının sıklığını artırarak soğuk plazmanın reaktif türlerinin amilozla daha kolay etkileşime girmesine olanak sağlamıştır. Ayrıca, C–OH bağlarında bir azalma gözlenirken C–C etkileşimlerinde bir artış gözlemlenmiştir ve bu da nişasta moleküllerinin çapraz bağlanmasında bir artış olduğunu düşündürmektedir. Bu nedenle, heksametildisiloksan plazma işlemi, geleneksel kimyasal yöntemlere benzer şekilde granüler nişasta modifikasyonuna bir alternatif olarak kullanılabilir (Sifuentes-Nieves vd., 2020).

Tapyoka nişastası başka bir çalışmada, CO<sub>2</sub> ve He üretim gazları olarak kullanılmış ve dielektrik bariyer deşarjlı soğuk plazma (0,5 atm, 30 kV ve 43,5 kHz, 20 ve 30 dakika) ile işlenmiştir. Maksimum viskozite (peak viscosity), karıştırma ile viskozite azalması (breakdown), incelleme sonrası viskozite (torugh viscosity) ve son viskoziteler (final viscosity), kontrol örnekleriyle karşılaştırıldığında soğuk plazma işleminden sonra artmıştır (K. Zhang vd., 2022).

Bir başka çalışmada da patateslerden elde edilen nişastanın viskozitesi, katılma viskozitesi (setback viscosity) ve karıştırma ile azalan visko-

zite (breakdown), plazma ile azot ve helyumla muamele edilerek azaltılmıştır (B. Zhang vd., 2015b).

## SONUÇ

Nişasta, gıda endüstrisi başta olmak üzere birçok alanda yaygın olarak kullanılan doğal bir polimerdir. Ancak doğal haliyle nişastanın sınırlı olan fonksiyonel, fizikokimyasal ve yapısal özelliklerini iyileştirme amacıyla nişastaya modifikasyonlar uygulanmaktadır. Soğuk Plazma, nişasta granüllerinin fizikokimyasal özelliklerini önemli ölçüde değiştirmek için yararlı bir teknik olarak gösterilmiştir. Bu yenilikçi teknoloji, gıda ile onun sıcaklığını yükseltmeden etkileşime girmektedir. Geleneksel modifikasyon yöntemleri (kimyasal, enzimatik) çevresel sorunlar ve yüksek maliyet gibi dezavantajlara sahipken, soğuk plazma teknolojisi daha çevre dostu ve etkili bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Soğuk plazmanın en büyük avantajı, düşük sıcaklıklarda çalışması ve bu sayede ısıya duyarlı bileşenleri etkilememesidir. Soğuk plazma ile modifiye edilmiş nişastalar, gıda endüstrisinde kalınlaştırıcı, stabilize edici ve jel oluşturucu olarak kullanılabilir. Ayrıca, biyoplastik üretiminde ve ilaç endüstrisinde de potansiyel uygulamaları bulunmaktadır. Soğuk plazma teknolojisi, nişasta modifikasyonu alanında oldukça umut verici bir gelişmedir.

Soğuk plazma ile nişasta modifikasyonunun ticari olarak kullanılabilmesi için daha fazla tekrarlanan sonuçlara ve depolama sonrası nişastanın özellikleri üzerindeki etkilerine yönelik gerçekleştirilecek çalışmalara ihtiyaç vardır. Laboratuvar ölçekli gerçekleştirilen denemeler endüstriyel ölçüğe döndüğünde, teknoloji transferi ile soğuk plazmanın işleme ünitesinin maliyeti ve bakımının da pahalı olacağı düşünülmektedir. Önemli zorluklardan biri de plazma ile modifiye edilen nişastanın tüketim güvenliği ile ilgilidir. Boehm vd.(2016) soğuk plazmaya maruz bırakılan çözeltilerin sitotoksitesitesi ve mutajenik potansiyeli üzerine deneyler gerçekleştirmiş ve işlem sonunda herhangi bir toksisite ve mutajenik etki oluşmadığını bildirmişlerdir. Soğuk plazma ile modifiye edilmiş nişastaların FDA tarafından onaylanıp güvenillir sertifikası alabilmesi için yeterli bilimsel araştırma yapılması ve yeterince güvenilir olduklarına dair bilimsel otoriteler arasında mutabakat olması gerekmektedir.

Soğuk plazma teknolojisi, nişasta modifikasyonu için çevre dostu ve etkili bir alternatif sunmaktadır. Bu teknolojinin gıda endüstrisi başta olmak üzere birçok alanda yeni uygulamalar yaratacağı öngörülmektedir.



**KAYNAKLAR**

- Abbas Syed, Q. (2017). Pulsed Electric Field Technology in Food Preservation: A Review. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 6(6). <https://doi.org/10.15406/jnhfe.2017.06.00219>
- Ashogbon, A. O., & Akintayo, E. T. (2014). Recent trend in the physical and chemical modification of starches from different botanical sources: A review. *Starch - Stärke*, 66(1-2), 41-57. <https://doi.org/10.1002/star.201300106>
- Banura, S., Thirumdas, R., Kaur, A., Deshmukh, R. R., & Annapure, U. S. (2018). Modification of starch using low pressure radio frequency air plasma. *LWT*, 89, 719-724. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.056>
- Bemiller, J. N. (1997). Starch Modification: Challenges and Prospects. *Starch - Stärke*, 49(4), 127-131. <https://doi.org/10.1002/star.19970490402>
- BeMiller, J. N., & Huber, K. C. (2015). Physical Modification of Food Starch Functionalities. *Annual Review of Food Science and Technology*, 6(1), 19-69. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-022814-015552>
- Bie, P., Pu, H., Zhang, B., Su, J., Chen, L., & Li, X. (2016). Structural characteristics and rheological properties of plasma-treated starch. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 34, 196-204. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.11.019>
- Boehm, D., Heslin, C., Cullen, P. J., & Bourke, P. (2016). Cytotoxic and mutagenic potential of solutions exposed to cold atmospheric plasma. *Scientific Reports*, 6. <https://doi.org/10.1038/srep21464>
- Bogaerts, A., Neyts, E., Gijbels, R., & van der Mullen, J. (2002). Gas discharge plasmas and their applications. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 57(4), 609-658. [https://doi.org/10.1016/S0584-8547\(01\)00406-2](https://doi.org/10.1016/S0584-8547(01)00406-2)
- Bruggeman, P. J., Iza, F., & Brandenburg, R. (2017). Foundations of atmospheric pressure non-equilibrium plasmas. *Plasma Sources Science and Technology*, 26(12), 123002. <https://doi.org/10.1088/1361-6595/aa97af>
- Carvalho, A. P. M. G., Barros, D. R., da Silva, L. S., Sanches, E. A., Pinto, C. da C., de Souza, S. M., Clerici, M. T. P. S., Rodrigues, S., Fernandes, F. A. N., & Campelo, P. H. (2021). Dielectric barrier atmospheric cold plasma applied to the modification of Ariá (*Goeppertia allouia*) starch: Effect of plasma generation voltage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 182, 1618-1627. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.05.165>
- Chaple, S., Sarangapani, C., Jones, J., Carey, E., Causeret, L., Genson, A., Duffy, B., & Bourke, P. (2020). Effect of atmospheric cold plasma on the functional properties of whole wheat (*Triticum aestivum* L.) grain and wheat flour. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 66, 102529. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102529>

- Charoux, C. M. G., Patange, A., Lamba, S., O'Donnell, C. P., Tiwari, B. K., & Scannell, A. G. M. (2021). Applications of nonthermal plasma technology on safety and quality of dried food ingredients. *Journal of Applied Microbiology*, *130*(2), 325-340. <https://doi.org/10.1111/jam.14823>
- Chizoba Ekezie, F. G., Sun, D. W., & Cheng, J. H. (2017). A review on recent advances in cold plasma technology for the food industry: Current applications and future trends. *Çinde Trends in Food Science and Technology* (C. 69, ss. 46-58). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.08.007>
- Colussi, R., Pinto, V. Z., El Halal, S. L. M., Vanier, N. L., Villanova, F. A., Marques e Silva, R., da Rosa Zavareze, E., & Dias, A. R. G. (2014). Structural, morphological, and physicochemical properties of acetylated high-, medium-, and low-amylose rice starches. *Carbohydrate Polymers*, *103*, 405-413. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.12.070>
- Corrêa, T. Q., Blanco, K. C., Garcia, É. B., Perez, S. M. L., Chianfrone, D. J., Moraes, V. S., & Bagnato, V. S. (2020). Effects of ultraviolet light and curcumin-mediated photodynamic inactivation on microbiological food safety: A study in meat and fruit. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, *30*, 101678. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2020.101678>
- Deshmukh, B. D., Namdeo, A. G., Singh, S., Fulzele, D. P., & Mahadik, K. R. (2020). Effect of gamma-irradiation processing on microbial decontamination, bioactive shatavarin IV constituent and shelf life of shatavari (*Asparagus racemosus*) marketed formulations. *Radiation Physics and Chemistry*, *174*, 108896. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2020.108896>
- Dhull, S. B., Malik, T., Kaur, R., Kumar, P., Kaushal, N., & Singh, A. (2021). Banana Starch: Properties Illustration and Food Applications—A Review. *Starch - Stärke*, *73*(1-2). <https://doi.org/10.1002/star.202000085>
- Doddabematti Prakash, S., Siliveru, K., & Zheng, Y. (2023). Emerging applications of cold plasma technology in cereal grains and products. *Çinde Trends in Food Science and Technology* (C. 141). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104177>
- Gao, S., Liu, H., Sun, L., Cao, J., Yang, J., Lu, M., & Wang, M. (2021). Rheological, thermal and in vitro digestibility properties on complex of plasma modified Tartary buckwheat starches with quercetin. *Food Hydrocolloids*, *110*, 106209. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106209>
- Gao, S., Liu, H., Sun, L., Liu, N., Wang, J., Huang, Y., Wang, F., Cao, J., Fan, R., Zhang, X., & Wang, M. (2019). The effects of dielectric barrier discharge plasma on physicochemical and digestion properties of starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, *138*, 819-830. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.07.147>
- Gao, S., Zhang, H., Pei, J., Liu, H., Lu, M., Chen, J., & Wang, M. (2022). High-voltage and short-time dielectric barrier discharge plasma treatment affects structural and digestive properties of Tartary buckwheat starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, *213*, 268-278. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.07.007>

doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.05.171

- Ge, X., Guo, Y., Zhao, J., Zhao, J., Shen, H., & Yan, W. (2022). Dielectric barrier discharge cold plasma combined with cross-linking: An innovative way to modify the multi-scale structure and physicochemical properties of corn starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 215, 465-476. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.06.060>
- Guo, Z., Gou, Q., Yang, L., Yu, Q., & Han, L. (2022). Dielectric barrier discharge plasma: A green method to change structure of potato starch and improve physicochemical properties of potato starch films. *Food Chemistry*, 370, 130992. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130992>
- Hernández-Hernández, H. M., Moreno-Vilet, L., & Villanueva-Rodríguez, S. J. (2019). Current status of emerging food processing technologies in Latin America: Novel non-thermal processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 58, 102233. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102233>
- Jadhav, H. B., Annapure, U. S., & Deshmukh, R. R. (2021). Non-thermal Technologies for Food Processing. İçinde *Frontiers in Nutrition* (C. 8). <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.657090>
- John, D., & Ramaswamy, H. S. (2018). Pulsed light technology to enhance food safety and quality: a mini-review. *Current Opinion in Food Science*, 23, 70-79. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.06.004>
- Johnson, L. A., Hardy, C. L., Baumel, C. P., & White, P. J. (2001). Identifying valuable corn quality traits for starch production. İçinde *Cereal Foods World* (C. 46, Sayı 9).
- Kalagatur, N. K., Kamasani, J. R., Mudili, V., Krishna, K., Chauhan, O. P., & Sreepathi, M. H. (2018). Effect of high pressure processing on growth and mycotoxin production of *Fusarium graminearum* in maize. *Food Bioscience*, 21, 53-59. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2017.11.005>
- Kalaivendan, R. G. T., Mishra, A., Eazhumalai, G., & Annapure, U. S. (2022). Effect of atmospheric pressure non-thermal pin to plate plasma on the functional, rheological, thermal, and morphological properties of mango seed kernel starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 196, 63-71. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.12.013>
- Kaper, T., van der Maarel, M. J. E. C., Euverink, G. J. W., & Dijkhuizen, L. (2004). Exploring and exploiting starch-modifying amyloamylases from thermophiles. *Biochemical Society Transactions*, 32(2), 279-282. <https://doi.org/10.1042/bst0320279>
- Laricheh, R., Fazel, M., & Goli, M. (2022). Corn starch structurally modified with atmospheric cold-plasma and its use in mayonnaise formulation. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(3), 1859-1872. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01296-3>
- Laroque, D. A., Seo, S. T., Valencia, G. A., Laurindo, J. B., & Carciofi, B. A. M. (2022a). Cold plasma in food processing: Design, mechanisms, and

- application. *Journal of Food Engineering*, 312, 110748. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110748>
- Laroque, D. A., Seó, S. T., Valencia, G. A., Laurindo, J. B., & Carciofi, B. A. M. (2022b). Cold plasma in food processing: Design, mechanisms, and application. *Journal of Food Engineering*, 312, 110748. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110748>
- Leandro, G. C., Laroque, D. A., Monteiro, A. R., Carciofi, B. A. M., & Valencia, G. A. (2024). Current Status and Perspectives of Starch Powders Modified by Cold Plasma: A Review. İçinde *Journal of Polymers and the Environment* (C. 32, Sayı 2, ss. 510-523). Springer. <https://doi.org/10.1007/s10924-023-03027-1>
- Lee, J., Lee, C. W., Yong, H. I., Lee, H. J., Jo, C., & Jung, S. (2017). Use of Atmospheric Pressure Cold Plasma for Meat Industry. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(4), 477-485. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.4.477>
- Lee, K. H., Woo, K. S., Yong, H. I., Jo, C., Lee, S. K., Lee, B. W., Oh, S.-K., Lee, Y.-Y., Lee, B., & Kim, H.-J. (2018). Assessment of microbial safety and quality changes of brown and white cooked rice treated with atmospheric pressure plasma. *Food Science and Biotechnology*, 27(3), 661-667. <https://doi.org/10.1007/s10068-017-0297-6>
- Li, H., Wen, Y., Wang, J., & Sun, B. (2018). Relations between chain-length distribution, molecular size, and amylose content of rice starches. *International Journal of Biological Macromolecules*, 120, 2017-2025. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.09.204>
- Lii, C., Liao, C., Stobinski, L., & Tomasik, P. (2002). Behaviour of granular starches in low-pressure glow plasma. *Carbohydrate Polymers*, 49(4), 499-507. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(01\)00365-4](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(01)00365-4)
- Liu, H., Wang, L., Cao, R., Fan, H., & Wang, M. (2016). In vitro digestibility and changes in physicochemical and structural properties of common buckwheat starch affected by high hydrostatic pressure. *Carbohydrate Polymers*, 144, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.02.028>
- Los, A., Ziuzina, D., Akkermans, S., Boehm, D., Cullen, P. J., Van Impe, J., & Bourke, P. (2018). Improving microbiological safety and quality characteristics of wheat and barley by high voltage atmospheric cold plasma closed processing. *Food Research International*, 106, 509-521. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.009>
- Maniglia, B. C., Castanha, N., Le-Bail, P., Le-Bail, A., & Augusto, P. E. D. (2021a). Starch modification through environmentally friendly alternatives: a review. İçinde *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (C. 61, Sayı 15, ss. 2482-2505). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1778633>
- Maniglia, B. C., Castanha, N., Le-Bail, P., Le-Bail, A., & Augusto, P. E. D.

- (2021b). Starch modification through environmentally friendly alternatives: a review. İçinde *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (C. 61, Sayı 15, ss. 2482-2505). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1778633>
- Masina, N., Choonara, Y. E., Kumar, P., du Toit, L. C., Govender, M., Indermun, S., & Pillay, V. (2017). A review of the chemical modification techniques of starch. *Carbohydrate Polymers*, 157, 1226-1236. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.09.094>
- Misra, N. N., Schlüter, O., & Cullen, P. J. (2016). Plasma in Food and Agriculture. İçinde *Cold Plasma in Food and Agriculture* (ss. 1-16). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801365-6.00001-9>
- Nehra, V. , K. A. , & D. H. K. (2008). Atmospheric non-thermal plasma sources. *International Journal of Engineering*, 2(1), 53-68.
- Okyere, A. Y., Bertoft, E., & Annor, G. A. (2019). Modification of cereal and tuber waxy starches with radio frequency cold plasma and its effects on waxy starch properties. *Carbohydrate Polymers*, 223, 115075. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115075>
- Pankaj, S., Wan, Z., & Keener, K. (2018). Effects of Cold Plasma on Food Quality: A Review. *Foods*, 7(1), 4. <https://doi.org/10.3390/foods7010004>
- Piñon, M. I., Alarcon-Rojo, A. D., Renteria, A. L., & Carrillo-Lopez, L. M. (2020). Microbiological properties of poultry breast meat treated with high-intensity ultrasound. *Ultrasonics*, 102, 105680. <https://doi.org/10.1016/j.ultras.2018.01.001>
- Rao, W., Li, Y., Dhaliwal, H., Feng, M., Xiang, Q., Roopesh, M. S., Pan, D., & Du, L. (2023). The Application of Cold Plasma Technology in Low-Moisture Foods. *Food Engineering Reviews*, 15(1), 86-112. <https://doi.org/10.1007/s12393-022-09329-9>
- Sanguanpong, V., Chotinceranat, S., Piyachomkwan, K., Oates, C. G., Chinachoti, P., & Sriroth, K. (2003). Preparation and structural properties of small-particle cassava starch. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(8), 760-768. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1374>
- Sarangapani, C., Misra, N. N., Milosavljevic, V., Bourke, P., O'Regan, F., & Cullen, P. J. (2016). Pesticide degradation in water using atmospheric air cold plasma. *Journal of Water Process Engineering*, 9, 225-232. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2016.01.003>
- Schlüter, O., Ehlbeck, J., Hertel, C., Habermeyer, M., Roth, A., Engel, K.-H., Holzhauser, T., Knorr, D., & Eisenbrand, G. (2013). Opinion on the use of plasma processes for treatment of foods\*. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(5), 920-927. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201300039>
- Scholtz, V., Pazlarova, J., Souskova, H., Khun, J., & Julak, J. (2015). Nonthermal plasma — A tool for decontamination and disinfection. *Biotechnology Advances*, 33(6), 1108-1119. <https://doi.org/10.1016/j.biotech>

hadv.2015.01.002

- Scudino, H., Tavares-Filho, E. R., Guimarães, J. T., Mársico, E. T., Silva, M. C., Freitas, M. Q., Pimentel, T. C., Esmerino, E. A., & Cruz, A. G. (2023). Consumers' attitudes of high-intensity ultrasound in Minas Frescal cheese processing: An innovative approach with text highlighting technique. *Food Research International*, *167*, 112702. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112702>
- Sharma, M., Yadav, D. N., Singh, A. K., & Tomar, S. K. (2015). Rheological and functional properties of heat moisture treated pearl millet starch. *Journal of Food Science and Technology*, *52*(10), 6502-6510. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1735-1>
- Shen, H., Ge, X., Zhang, Q., Zhang, X., Lu, Y., Jiang, H., Zhang, G., & Li, W. (2022). Dielectric barrier discharge plasma improved the fine structure, physicochemical properties and digestibility of  $\alpha$ -amylase enzymatic wheat starch. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *78*, 102991. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102991>
- Sifuentes-Nieves, I., Velazquez, G., Flores-Silva, P. C., Hernández-Hernández, E., Neira-Velázquez, G., Gallardo-Vega, C., & Mendez-Montevalvo, G. (2020). HMDSO plasma treatment as alternative to modify structural properties of granular starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, *144*, 682-689. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.111>
- Srangsomjit, N., Bovornratanaraks, T., Chotineeranat, S., & Anuntagool, J. (2022). Solid-state modification of tapioca starch using atmospheric nonthermal dielectric barrier discharge argon and helium plasma. *Food Research International*, *162*, 111961. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111961>
- Thirumdas, R., Kadam, D., & Annapure, U. S. (2017). Cold Plasma: an Alternative Technology for the Starch Modification. İçinde *Food Biophysics* (C. 12, Sayı 1, ss. 129-139). Springer New York LLC. <https://doi.org/10.1007/s11483-017-9468-5>
- Thirumdas, R., Trimukhe, A., Deshmukh, R. R., & Annapure, U. S. (2017). Functional and rheological properties of cold plasma treated rice starch. *Carbohydrate Polymers*, *157*, 1723-1731. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.11.050>
- Tolouie, H., Mohammadifar, M. A., Ghomi, H., & Hashemi, M. (2018). Cold atmospheric plasma manipulation of proteins in food systems. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *58*(15), 2583-2597. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1335689>
- Ucar, Y., Ceylan, Z., Durmus, M., Tomar, O., & Cetinkaya, T. (2021). Application of cold plasma technology in the food industry and its combination with other emerging technologies. *Trends in Food Science & Technology*, *114*, 355-371. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.004>

- Vanier, N. L., El Halal, S. L. M., Dias, A. R. G., & da Rosa Zavareze, E. (2017). Molecular structure, functionality and applications of oxidized starches: A review. *Food Chemistry*, 221, 1546-1559. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.138>
- Wongsagonsup, R., Deeyai, P., Chaiwat, W., Horrungsawat, S., Leejariensuk, K., Suphantharika, M., Fuongfuchat, A., & Dangtip, S. (2014). Modification of tapioca starch by non-chemical route using jet atmospheric argon plasma. *Carbohydrate Polymers*, 102, 790-798. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.10.089>
- Wu, T.-Y., Chang, C.-R., Chang, T.-J., Chang, Y.-J., Liew, Y., & Chau, C.-F. (2019). Changes in physicochemical properties of corn starch upon modifications by atmospheric pressure plasma jet. *Food Chemistry*, 283, 46-51. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.043>
- Zhang, B., Chen, L., Li, X., Li, L., & Zhang, H. (2015a). Understanding the multi-scale structure and functional properties of starch modulated by glow-plasma: A structure-functionality relationship. *Food Hydrocolloids*, 50, 228-236. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.05.002>
- Zhang, B., Chen, L., Li, X., Li, L., & Zhang, H. (2015b). Understanding the multi-scale structure and functional properties of starch modulated by glow-plasma: A structure-functionality relationship. *Food Hydrocolloids*, 50, 228-236. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.05.002>
- Zhang, K., Zhang, Z., Zhao, M., Milosavljević, V., Cullen, P. J., Scally, L., Sun, D.-W., & Tiwari, B. K. (2022). Low-pressure plasma modification of the rheological properties of tapioca starch. *Food Hydrocolloids*, 125, 107380. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107380>
- Zhu, F. (2016). Impact of  $\gamma$ -irradiation on structure, physicochemical properties, and applications of starch. *Food Hydrocolloids*, 52, 201-212. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.05.035>
- Zhu, J., Li, L., Chen, L., & Li, X. (2012). Study on supramolecular structural changes of ultrasonic treated potato starch granules. *Food Hydrocolloids*, 29(1), 116-122. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.02.004>





”

## BÖLÜM 3

### PSEUDO TAHILLAR, ÖZELLİKLERİ VE ET ÜRÜNLERİNDE KULLANIMI

*Halime ALP<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi Halime ALP, Selçuk Üniversitesi, Karapınar Aydoğanlar Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Konya Türkiye, halimealp@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5833 9611

## 1. Giriş

Pseudo tahıllar, gerçek tahıllara benzer nişasta içeriğine ve fiziksel görünümüne sahip tohumlar üreten dikotiledonlu bitki türleridir. Gluten içermeyen bu tahıllar, pseudo tahıl, sözde tahıl, tahılımsılar veya yalancı tahıl şeklinde isimlendirilmekte olup pseudo tahılların tohumları, makarna ve unlu mamuller için un üretmek üzere öğütülebilirler. En popüler pseudo tahıllar kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), amaranth (*Amaranthus* L. spp.) ve karabuğdaydır (*Fagopyrum esculentum* Moench ve *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn) (Pirzadah & Malik, 2020).

Pseudo tahıllar etkili bir şekilde kullanılmayan ürünlerdir ve gluten içermezler, protein içeriği bakımından zengindirler, birçok temel besin maddesi içerirler ve ayrıca birçok agro, farmakolojik ve endüstriyel uygulamaya sahip olan saponinleri içerirler (Mir vd., 2018; Valcárcel-Yamani & Lannes, 2012). Buna ek olarak, dünya çapında çölyak hastalarının sayısının artması nedeniyle ikame glutensiz unlara yönelik talep artmaktadır. Ayrıca, ekolojik açıdan bakıldığında, pseudo tahılların doğal kaynak çeşitliliğinin artmasına ve genişletilmesine yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Agronomik özellikleri, elverişsiz koşullara karşı ekolojik dirençleri ve mükemmel besin profilleri nedeniyle, pseudo tahıl uygulamaları çevre dostu, işlevsel, düşük maliyetli ve ekonomiktir (Kaur vd., 2010).

Beslenme açısından, bir tahılın insan gıdası olarak yararlılığı veya işlevselliği öncelikle proteinin miktarına ve kalitesine bağlıdır. Proteinler, fizyolojik işlevlerde yer alan önemli bir biyomakromolekül grubudur. Doğal bitkisel proteinler, güvenli olmaları, yüksek biyoyoumlulukları, besin değerleri ve düşük maliyetleri nedeniyle yararlı bileşenlerdir. Bu nedenle, esansiyel amino asitler açısından zengin yeni bitkisel proteinler bulmak gıda ve ilaç endüstrileri için önemlidir (Bergamo vd., 2011; Mir vd., 2018). Tahılın işlevselliği esas olarak genetik yapıya ve çevresel faktörlerin karbonhidratlar, proteinler, vitaminler, mineraller ve fenolik fitokimyasallar gibi ana bileşenleri üzerindeki etkisine bağlıdır. Bu nedenle birçok tahıl ürünü bir bileşen açısından zengin veya diğer bir bileşik açısından eksik olabilmektedir. Bu durumu aşmak için, And Dağları' nın sözde tahılları gibi alışılmadık gıda bitkilerinin kullanılmasına çok dikkat edilmiştir. Besinsel potansiyelleri, fitokimyasal içerikleri ve glutensiz ürünlerde kullanımları nedeniyle And Dağları' nın sözde tahıllarına önemli bir ilgi bulunmaktadır. Bu yeni bitki türü, tarım ürünleri ve gıdaların geliştirilmesinde, çeşitlendirilmesinde oldukça önemli bir role sahiptir. Çok sayıda sağlık yararına sahip bu tür bitki türlerinden yeni gıdaların geliştirilmesinin halk sağlığını iyileştirmek için mükemmel bir fırsat olabileceği düşünülmekte ve bu nedenle de bu tür gıdaların bilim camiası, tüketiciler ve gıda üreticileri arasında önem kazanması istenmektedir (Gul vd., 2016).

Karabuğday, amarant ve kinoa gibi tam tahıl taneleri de flavonoidler, fenolik asitler, eser elementler, yağ asitleri ve vitaminler gibi birçok dejeneratif hastalığın önlenmesi ve azaltılması gibi insan sağlığı üzerinde bilinen etkileri olan çok çeşitli bileşikler bakımından zengindir (Kalinova & Dadakova, 2009; Mir vd., 2018; Tomotake vd., 2007). Yüksek kaliteli protein, amino asit, fitokimyasal ve minerallere rağmen, bu ürünlerin ticarileştirilerek kullanımını, besinsel bileşimleri ile ilgili yapılan araştırmaların yetersiz olması ve ayrıca bunların işlenmesi ve kullanımı ile ilgili yeni teknolojilerin eksikliği nedeniyle hala sınırlı düzeydedir. Bu nedenle, dikkat çekici fonksiyonel özellikler ve besin değeri elde etmek için işleme teknolojileri hakkındaki bilgileri değerlendirmek amacıyla teknoloji portföyü devam ettirilmeli ve genişletilmelidir.

## 2. Pseudo Tahılların Özellikleri

Günümüzde bilinen en iyi üç pseudo tahıl, amarant (*Amaranth caudatus*, *Amaranth cruentus*, *Amaranth hypochondriacus*; Amaranthaceae familyası), kinoa (*Chenopodium quinoa* sub sp. quinoa; Chenopodiaceae) ve karabuğdaydır (*Fagopyrum esculentum*; Polygonaceae). Pseudo tahıllar, monokotiledon olan buğday, pirinç ve arpa gibi birçok tahılın aksine dikotiledonlu bitkilerdir (Morales vd., 2021). Tohumları, işlev ve bileşim olarak gerçek tahıllara benzediğinden, bu nedenle yalancı tahıllar olarak adlandırılırlar (Alvarez-Jubete vd., 2010). Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), Güney Amerika'nın And Dağları bölgesine özgüdür. Ürün 2000-4000 m rakıma iyi uyum sağlamıştır. Ayrıca dona karşı dayanıklıdır ve 300-400 mm'lik düşük yağış alan bölgelerde yetiştirilebilir. Çapı 1 ila 2,5 mm arasında değişen küçük tohumlara sahiptir. Kinoa, ekim yoğunluğuna göre 1-3 m yüksekliğe kadar büyüyebilir. Kökler toprağa derin ekilirse 30 cm'ye kadar derinliğe ulaşabilir. Tohumlar neme maruz kaldıktan sonra birkaç saat içinde çok hızlı çimlenebilir. Gövdesi silindirik, 3,5 cm çapında olup, gövdesi düz gövdeli veya dallı olabilir ve rengi değişkendir. Çeşidine bağlı olarak rengini beyaz, sarı veya açık kahverengiden kırmızıya değiştirir. Yaprakları kaz ayağı şeklindedir, çiçekleri eksiktir ve taç yaprakları yoktur. Tahıl, saponinler içeren iki katmanlı bir perikarp ile sarılmıştır. Saponinler acı maddelerdir ve tüketilmeden önce uzaklaştırılmalıdır (Mir vd., 2018).

Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Monch) Çin kökenlidir ve daha sonra göçebeler tarafından Doğu ve Orta Avrupa'ya taşınmıştır (Langyan vd., 2024). Bununla birlikte, uzun yıllar boyunca Hindistan, amarant, kinoa, karabuğday ve chia tohumları gibi pseudo tahılları yetiştirmiştir (Dogra & Awasthi, 2015). Japonya'da pirinçten sonra en önemli tahıl ürünlerinden biri olarak kabul edilir. Sıcak iklimleri, düşük humus gereksinimlerini sever ve kum hariç hemen hemen her tür toprakta üretilir. Son derece besleyici bir üründür ve en yüksek protein içeriğine sahip bitkiler

arasında yer alır. Tip II diyabetin önlenmesi ve kolesterolün düşürülmesi potansiyeline sahiptir (Mir vd., 2018).

*A. viridis* ve *A. spinosus* gibi *Amaranthus* türleri Orta ve Güney Amerika'dan gelmiş olduğu düşünülmekte ve Güneydoğu Asya, Afrika, Amerika'nın subtropikal ve tropikal bölgelerinin yanı sıra ılıman Avrupa'da da dağılmıştır. *A. aspera* türü Afrika ve Asya'ya özgüdür ancak günümüzde yaklaşık 60 subtropikal ve tropikal ülkede de bulunmaktadır (Nagar vd., 2022). *Amaranth* çok büyük bir biyolojik çeşitliliğe sahiptir ve tüm türler arasında *Amaranth caudatus*, *Amaranth hypochondriacus* ve *Amaranth cruentus* esas olarak tohumları için yetiştirilmektedir (Kaur vd., 2010). Aztekler tarafından insan kurban edilmesiyle ilgili tören yemeklerinde kullanıldığı için, İspanyol fatihlerin Latin Amerika'ya gelişinden sonra ve onlarca yıl boyunca yemek masasından ihmal edilmiştir (Rastogi & Shukla, 2013). Tohumlar merceksi şekillidir, çapı 1 ila 1,5 mm arasında değişir ve tohum başına 0,6–1,3 mg ağırlığındadır. Doğa, bu tohuma kurak koşullara ve fakir topraklara karşı yüksek tolerans, kuraklığa, sıcağa ve zararlılara karşı direnç ve geleneksel tahıl ürünlerinin iyi gelişemediği bu tür ortamlara uyum yeteneği gibi birçok özellik sağlamıştır (Mir vd., 2018).

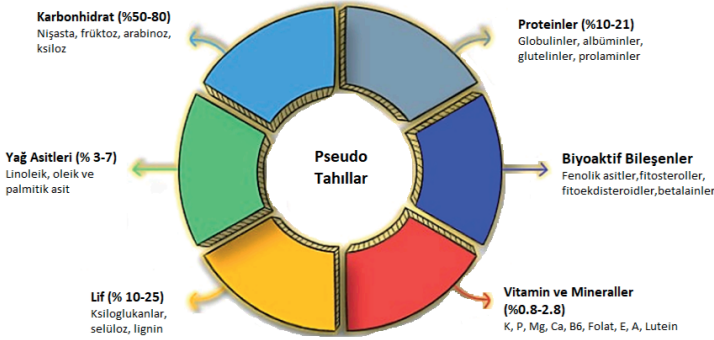
### **3. Pseudo Tahılların Biyoaktif Bileşikleri ve İnsan Sağlığı İçin Yararlı Özellikleri**

Pseudo tahılların gıda ürünlerinde yaygın kullanımı, yüksek besin değerine sahip olmalarından ve tahıllarda biyoaktif bileşiklerin dikkate değer oranda bulunmasından kaynaklanmaktadır. Pseudo tahılların besinsel özellikleri Şekil 1' de verilmiştir (Kaur vd., 2010). Yaygın tahıllardan daha fazla lizin, metiyonin ve sistein ile nişasta, lif ve protein içermektedirler. Ayrıca, her ikisi de sağlık için büyük ölçüde fayda sağlayabilecek iyi bir lif ve yeterli yağ kaynağıdır (Thakur & Kumar, 2019). Tablo-1' de Krasina vd. (2021)' nin yaptıkları araştırmada *amaranth*, *kinoa* ve *karabuğdayın*, buğday ve pirinçle ile karşılaştırıldığında belirlenen kimyasal bileşimi verilmiştir. Elde edilen verilere göre, *amaranth*, *kinoa* ve *karabuğdayın* protein içeriğinin buğday ve pirinçten daha yüksek olduğu ve en yüksek protein içeriğinin *amaranthta* bulunduğu tespit edilmiştir. *Amaranth*, *kinoa* ve *karabuğdayda* bulunan proteinler esas olarak globulinler ve albümininden oluşur ve tahıl tohumlarında bulunan temel proteinler olan prolamini çok az içerir veya hiç içermezler. Araştırmalar, *amaranth*, *kinoa* ve *karabuğday* gibi yalancı tahılların iyi diyet lifi kaynakları olduğunu göstermiştir. Araştırmada, özellikle *karabuğday* tohumlarının lif içeriğinin, buğdaydan biraz daha yüksek diyet lifi içeriğine sahip olan *amaranth* ve *kinoa*ya kıyasla önemli ölçüde yüksek olduğu belirlenmiştir.

Günümüzde pseudo tahıllar, yüksek beslenme profili nedeniyle nutrasötik endüstrisinde önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, erişte, kekler,

krepler, çay, içecek, kurabiyeler ve diğer şekerleme ürünleri gibi çeşitli ürünlerin üretiminde kullanılarak ticarileştirilmektedir. Buna rağmen, bu yeterli düzeyde kullanım alanı olmayan, ihmal edilen bu ürünler, tahıl bitkileri ile karşılaştırıldığında daha az veya benzer miktarda nişasta içermekte olup, ancak zengin protein ve lipit içeriği nedeniyle yüksek kalori değerine sahiptirler (Kreft vd., 2020; Pirzadah vd., 2020; Rodríguez vd., 2020). Yüksek enerji içeriğinin, gelişmiş ülkelerin gıda sistemlerinde istenmeyen bir kriter olmasına rağmen, kalori açığının yaygın bir sorun olduğu gelişmekte olan ülkeler için önemli olduğu unutulmamalıdır. Bununla birlikte, ihmal edilen bu tahılların yüksek protein konsantrasyonu ve daha dengeli amino asit profili önemsenmektedir. Örneğin, kinoa ve amarant tahıllarının amino asit profili, sırasıyla kazein ve yumurtaninkiyle karşılaştırılabilecek düzeydedir ve bunlar biyoaktif peptit içerikleri nedeniyle de dikkat çekmektedir (Angeli vd., 2020; Mithila & Khanum, 2015; Silva-Sánchez vd., 2008). Ayrıca, pseudo tahıllarda gluten bulunmaması, onları çölyak hastalığı olan bireyler için uygun bir gıda haline getirmektedir (Pulvento vd., 2010). Amarant ve kinoa taneleri; kolesterol seviyesini, kardiyovasküler sorunları, kabızlığı, diyabeti azaltmak ve ayrıca kolon ve meme kanserinin tedavisine yardımcı olmak gibi birçok sağlık geliştirici faydaya sahiptir (Rodríguez vd., 2020). İyonmik analiz çalışmaları, karabuğday, kinoa ve amarantın tahıllara kıyasla magnezyum, kalsiyum, çinko, demir, bakır ve fosfor açısından zengin olduğunu göstermiştir (Pirzadah vd., 2016). Minerallerin yanı sıra, kinoa, amarant ve karabuğday, pirinçle karşılaştırıldığında yüksek A, B2, B6, E, C vitamini, niasin ve folik asit içeriğine sahiptir (Pirzadah & Malik, 2020; Pirzadah vd., 2020; Repo-Carrasco vd., 2003).

Pseudo tahıllar saponinler, fenolik bileşikler, fitosteroller, fitoekdisteroidler, betalainler, biyoaktif proteinler ve peptitler gibi birçok biyoaktif bileşik de içermektedirler. Bu bileşikler, özellikle flavonoidler, fenolik bileşikler ve peptitler, antioksidan kapasiteleri nedeniyle insan sağlığı üzerinde önemli yararlı etkilere sahiptirler. Fenolik bileşikler üç formda bulunur: çözünmeyen, şekerlere veya diğer moleküllere çözüdür konjuge edilmiş ve çözünmeyen bağlı formlar (Graziano vd., 2022; Martínez-Villaluenga vd., 2020). Ek olarak, proteinler, karbonhidratlar, yağ asitleri, lifler ve biyoaktif bileşiklere ek olarak, pseudo tahıllar potasyum, folat, kalsiyum, A, B6 vitamini ve lutein gibi vitamin ve mineralleri önemli miktarda içerirler (Kaur vd., 2010).



Şekil-1 Pseudo tahılların besin bileşenleri profili (Kaur vd., 2010)

Kinoa tohumlarında, polifenollerin üç formu, 167.2 ile 308.3 mg gallik asit eşdeğeri/100 g (kuru ağırlık) arasında değişen konsantrasyonda bulunurken, serbest polifenoller daha fazla miktarda ve toplam polifenol içeriğinin %53.5-78.0' ını oluşturmaktadır (Han vd., 2019). Gallik ve ferulik asitler en bol bulunan bileşiklerdir, bunu en yaygın olan rutin, quercetin ve kaempferol (serbest fraksiyon) gibi flavonoidler izlemektedir (Martínez-Villaluenga vd., 2020). Bağlı fenolik bileşikler ise daha düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Buna karşılık, amaranth üç pseudo tahıl arasında en düşük fenolik bileşik içeriğine sahipken (21,2–57 mg gallik asit eşdeğeri/100 mg kuru ağırlık), karabuğday esas olarak ferulik asit, flavonoidler, sesamin, tirosol ve kardolden oluşan iyi bir fenolik bileşik kaynağıdır (275,5–532,0 mg gallik asit eşdeğeri/100 g kuru ağırlık) (Graziano vd., 2022; Martínez-Villaluenga vd., 2020; Rocchetti vd., 2019).

Kinoa, amaranth ve karabuğday tanelerinin tümü, anti-inflamatuar, antioksidan, antikanser ve antidiyabetik özelliklere sahip oligomerik flavonoidler olan proantosiyanidinleri yüksek konsantrasyonlarda içerirler (Thakur vd., 2021). Her üç tür pseudo tahıl da antioksidan özellikler de dahil olmak üzere insan sağlığı üzerinde faydalı etkileri olan biyoaktif peptitler üretebilen iyi bir protein kaynağıdır. Bu peptitler hidrolizatlarda, gastrointestinal sindirimlerde ve fermente ürünlerde tanımlanmıştır, ancak bunların spesifik işlevsel özellikleri hidroliz derecesine, amino asit bileşimine ve protein yapısına bağlıdır (Graziano vd., 2022; Morales vd., 2021). Peptitlerin antioksidan özellikleri, reaktif oksijen türlerinin inaktivasyonu, serbest radikallerin atılması, metal şelasyonu ve hidroperoksitlerin indirgenmesi gibi farklı mekanizmalardan kaynaklanmaktadır. Sonuç olarak, gıdaya eklenmeleri, oksidatif stresle ilgili hastalıkların önlenmesi ve teda-

visine yönelik yararlı bir etkiye sahiptir. Bununla birlikte, yukarıda belirtilen bileşiklerin insan sağlığı üzerindeki yararlı etkilerine dair araştırmalar, büyük ölçüde hücrel modellerde değerlendirilmiştir ve az sayıda in vivo hayvan çalışması veya tüm olumlu sağlık etkilerini değerlendirmek için klinik çalışmalar yapılmıştır (Graziano vd., 2022).

*Tablo-1 Amaranth, kinoa ve karabuğdayın buğday ve pirinçle karşılaştırıldığında kimyasal bileşimi (Krasina vd., 2021)*

	Bileşen (%)				
	Protein	Yağ	Karbonhidrat	Diyet lifi	Kül
Amaranth	16.5	5.7	61.4	20.6	2.8
Kinoa	14.5	5.5	64.2	14.2	2.7
Karabuğday	12.5	2.1	58.9	29.5	2.1
Buğday	11.3	1.7	63.7	12.2	0.6
Pirinç	6.8	0.7	79.7	0.6	0.5

#### 4. Pseudo Tahılların Et ve Et Ürünlerinde Kullanımı

Et endüstrisi, sağlık, yaşam kalitesi ve sürdürülebilirlikle ilgili olanlar da dahil olmak üzere sürekli teknolojik yenilikler ve tüketici taleplerindeki değişiklikler sonucunda büyük değişiklikler geçirmektedir. Son yenilikler ise, et ve et ürünlerinin üretiminde zararlı bileşenleri azaltarak ve/veya sağlığa yararlı bileşenleri ekleyerek daha sağlıklı et ürünlerine odaklanmıştır. Fonksiyonel bileşenler içeren et ve et ürünleri, et ürünlerinin imajını iyileştirmek ve toplumun geniş kesimlerinin özel ihtiyaçlarını sağlamak için bir fırsat olarak görülmektedir. Sağlıkla ilgili bileşenler açısından, yapılan bazı çalışmalar, daha önceden Amerikalı yerli kültürler tarafından besleyici ve tıbbi özellikleriyle tanınan eski tahılların ve ürünlerin (chia, karabuğday, amaranth ve kinoa vb.) kullanımına odaklanmıştır (Fernández-López vd., 2021).

Çalışan nüfusun ve fast-food tüketiminin artması nedeniyle tüketime hazır et ürünlerine olan talep artmaktadır. Üretiminde dana eti, kuzu eti gibi kırmızı et kaynakları kullanılan çeşitli döner, burger ve köfteler, tavuk ve hindi gibi kanatlı etlerinden üretilen köfte, burger ve çeşitli kaplanmış nugget gibi tüketime hazır et ürünleri çok tercih edilen, tüketim oranı yüksek popüler et ürünleridir. Köfte ve kaplanmış ürünlerin üretiminde formülasyonda buğday unun geleneksel olarak kullanılması lezzetli olarak kabul edilse de bu yöntem gluten intoleransı olan bireyler için uygun değildir ve bu amaçla glutensiz ürünlerin geliştirilmesi bu bireylerin tüketilebileceği

bir ürün sağlamayı amaçlamaktadır (Soto-Jover vd., 2016). Sonuç olarak, tüketicilerin daha sağlıklı ve daha güvenli gıda ürünlerine olan talebinin karşılanması için bu tip et ürünlerinde doğal ve fonksiyonel içerikli formülasyonların geliştirilmesine yol açmıştır. Buğday unu yerine bir dizi alternatif un türü kullanılabilir (Ateş & Unal, 2023; Kerimoğlu & Serdaroğlu, 2020).

Ateş ve Unal (2023) glutensiz unlar olan amaranth, kinoa, chia ve tef unu kullanarak ve mikrodalga ve sous vide pişirme yöntemleri ile üretilen tavuk nuggetların akrilamid içeriğinin azaltılabileceğini bildirmiştir. Araştırmada, farklı glutensiz unlarla üretilen nuggetların renk parametrelerinin ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ), un çeşitlerinden ve pişirme metotlarından istatistiki olarak ( $P < 0.01$ ) etkilendiği belirlenmiştir. Duyusal analiz değerlendirmesine göre ise, amaranth ve kinoa ile üretilen nugget örneklerinin en yüksek genel kabul edilebilirlik değerine sahip olduğu gözlenmiştir (Ateş, 2022). Alp vd. (2024) siyez ve mısır unu ile tavuk burgerler ürettikleri çalışmada, siyez unu içeren burgerlerin sertlik değerlerinin kontrol grubu ile benzer olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca çalışmada, mısır unu ve siyez ununun kullanımı tavuk burgerlerinin bazı kalite özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur.

Tamsen vd. (2018) yaptıkları çalışmada, buğday unu yerine amaranth unu ikamesinin tavuk nuggetlarda kaplama ve tavuk eti karışımının tüm katmanlarında %0, 50 ve 100 seviyelerinde kullanımının etkisini araştırmışlardır. Amaranth ununun dahil edilmesi, nuggetların mineraller, lif, yağ ve protein içeriğini önemli ölçüde artırmıştır ve amaranth unu içeren tüm örneklerin pH'ı kontrolden daha yüksek bulunmuştur. Tavuk eti karışımının emülsiyon stabilitesi, tüm katmanlarda amaranth unu içeren numunelerde en yüksek olup, her katmandaki amaranth miktarı artırılarak tekstür profil analizi parametreleri ve kesme kuvveti artırılmıştır. Ancak, amaranth unu nuggetların rengini koyulaştırmış ve gözenekliliği, yağ emilimini ve pişirme kaybını önemli ölçüde artırmıştır. Amaranth unu içeren nuggetların TBA değeri, 4°C'de 13 günlük depolama sırasında kontrol örneğinden daha düşük bulunmuş ve nuggetların duyusal değerlendirilmesinde, buğday ununun amaranth unu ile ikame edilmesinin, ürünün genel kabul edilebilirliği üzerinde önemli bir etkisi olmadığı bulunmuştur.

Muchekeza vd. (2021) mısır ununa ikame olarak amaranth ve kinoa unu eklenerek üretilen tavuk sosislerinin protein, yağ, lif ve kül içeriklerinin en yüksek olduğunu bulmuşlardır. Kinoa ve amaranth unlarının sosis üretiminde bağlayıcı olarak kullanılmaya uygun fiziko-kimyasal ve duyusal özellikler gösterdiğini, ancak duyusal değerlendirmede ise kinoa ununun, tüketiciler için alışılmadık bir aromaya sahip olan ve beğenilmeyen amaranthın aksine, sosislerin duyusal özellikleri üzerinde hiçbir etkisi olmadan mısır nişastasına bir bağlayıcı olarak alternatif olarak kullanılabilir-



ceğini belirtilmişlerdir. Kinoa ununun, pişirme kaybı açısından değerlendirildiğinde hem mısır nişastasından hem de amaranthdan daha iyi özellikler gösterdiği ve amaranth ununun ise su tutma kapasitesi açısından kinoa ve mısır nişastasından daha iyi olduğu bulunmuştur.

Bahmanyar vd. (2022), kinoa ve karabuğday tohumlarını kullanarak sığır köfteleri geliştirmişlerdir. Üç farklı formülasyon (%15 galeta unu ve soya proteini karışımı içeren kontrol örneği, %15 kinoa unu ve %15 karabuğday unu) ile örnekler hazırlanmış ve bu formülasyonlar arasında yapılan karşılaştırmalar, fizikokimyasal özelliklerde, özellikle nem içeriği ve pH değeri gibi bazı karakteristiklerde önemli bir fark göstermemiştir. Aynı zamanda yapılan formülasyonlarda önemli fizikokimyasal farklılıklar gözlenmemiştir. Kontrol örneği, emülsiyon stabilitesi ve protein içeriği açısından yeni formülasyonlardan daha yüksek değerler göstermiştir. Karabuğday unu ile hazırlanan köfte örnekleri, kızartma sonrası daha sert bir dokuya sahipken, kontrol örneği daha sert bir tekstürel özellik sergilemiştir. Sonuç olarak, kinoa ve karabuğday unularının kullanımı, sığır köftelerinin fizikokimyasal ve tekstürel özelliklerine zarar vermeden yeni fonksiyonel özelliklere sahip köftelerin üretimi için uygun bir strateji sunmaktadır.

El-Sohaimy vd. (2022), kinoa unu kullanarak kinoa kaplamalı tavuk nuggetları geliştirdikleri ve bu değişikliğin ürünün raf ömrü, besin değerleri ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirdikleri çalışmada; kinoa kaplamalı nuggetların, lipid ve protein oksidasyonunu keskin bir şekilde geciktirdiğini ve aynı zamanda mikrobiyal yükü azaltarak, soğuk depolama süresinin uzatılmasına yardımcı olduğunu işaret etmişlerdir. Kinoa unu, bu çalışma kapsamında buğday unu yerine kullanılarak tavuk nuggetlar kaplanmıştır. Ürünün raf ömrü ve besin değerleri, 24 günlük soğuk depolama süresince biyokimyasal analizlerle değerlendirilmiştir. Kinoa kaplamalı nuggetlar, en düşük lipid oksidasyonu değeri olan 1.07 mg MDA/kg ile en iyi sonuçları vermiştir. Protein oksidasyonunda da kinoa unu, kontrol gruplarına göre daha iyi performans göstermiştir. Çalışmada kinoa kaplamalı nuggetların mikrobiyal yükü, 24 gün sonunda  $5.8 \times 10^3$  cfu/g olarak belirlenmiştir. Sonuçlar, kinoa ununun tavuk nuggetlarındaki lipid ve protein oksidasyonunu geciktirerek, mikrobiyal kontaminasyonu önlediğini ortaya koymaktadır. Kinoa kaplamasının ürünün hem lezzet hem de aroma açısından tüketicilere hoş bir tat sunduğu vurgulanmaktadır.

Uyarcan vd. (2022) glutensiz karabuğday, nohut ve pirinç unlarını kullandıkları kaplanmış tavuk ürünlerinin fiziksel (verim parametreleri, kabuk rengi), kimyasal ve duyuşal özelliklerini incelemişlerdir. Glutensiz kaplanmış tavuk ürünlerinin, ticari buğday unu kaplı kontrole kıyasla daha iyi toplanma, daha açık renkte görünüm, daha yüksek pişirme verimi ve nem değeri, daha düşük pişirme kaybı, yağ emilimi, lipid ve kalori değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Duyusal analizde, genel değerlendir-

me ile ilgili olarak, panelistler kontrol grubuna göre daha çok glutensiz ürünleri tercih etmişlerdir. Nohut unu ile kaplanmış örnekler ise panelistler tarafından en yüksek oranda puan alarak, beğenilmiştir. Sonuç olarak araştırmada, nohut unu ile kaplamanın glutensiz tavuk ürünü üretmek için besinsel ve duyusal olarak en uygun seçenek olabileceği düşünülmüştür.

Sığır yağı yerini kısmen ikame etmek için, kinoa unu veya teff ununun kullanıldığı emülsiyon tipi sosislerin formülasyonunu inceleyen bir başka çalışmada, kinoa ve teff ununun eklenmesi, sosislerin nem ve karbonhidrat içeriğini artırırken, yağ ve enerji değerlerini düşürdüğü belirlenmiştir. Kontrol grubunda %20 sığır yağı bulunurken, diğer gruplarda %10 sığır yağı ile değişik oranlarda kinoa ve teff unu kullanılmıştır. Kinoa unu katkısı, sosislerin protein ve diyet lif içeriğini artırmaya yardımcı olmuştur. Sonuç olarak, bu unların kullanımıyla %50' den fazla yağ azalması sağlanarak, genel kalite kaybı olmaksızın daha sağlıklı emülsifiye sosisler elde edilmiştir (Kerimoğlu & Serdaroğlu, 2020).

Babaoğlu (2022)' nun çeşitli glutensiz unların köftelerin fiziksel, tekstürel ve duyusal özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirdiği çalışmada beş farklı köfte grubu (kontrol (galeta unu), kinoa, nohut, mısır ve kinoa unu ile hazırlanmış) üretilmiştir. Nohut unu, çiğ köftelerin protein içeriğini artırmıştır. Kinoa unu ile yapılan köftelerde en yüksek antioksidan aktivitesi gözlemlenmiştir. Glutensiz köftelerin pişirme verimi, kontrol grubundan daha yüksek bulunmuştur. Nohut ve mısır unları, köftelerin çapını azaltma konusunda en etkili unlar olarak belirlenmiştir. Nohut unu, köfte örneklerinin dokusunu iyileştirmiştir, mısır ve kinoa unu ise köftelerin sertlik ve çiğneme değerlerini artırmıştır. Kinoa unu, kontrol grubuna göre lezzet puanını azaltmıştır, diğer glutensiz unlar ise duyusal özellikler üzerinde anlamlı bir etki göstermemiştir. Araştırma sonucunda nohut ununun, köftelerin protein içeriğini artırdığı ve pişirme veriminin kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca, nohut ve mısır unlarının köftelerin çapını azaltmadaki etkinliği en yüksek bulunmuş, kinoa ununun ise en fazla antioksidan aktiviteyi sağladığı tespit edilmiştir.

Özer ve Secen (2018) kinoa ununun çiğ ve pişmiş sığır burgerinin kalite özelliklerini ve oksidasyon ve depolama stabilitesini (3 ay boyunca -18 °C) geliştirmedeki etkilerini incelemek için, %3, 5, 7 ve 10 kinoa unu ilave ettikleri araştırmada, çiğ ve pişmiş burgerlerin fizikokimyasal bileşim, pH, pişirme parametreleri ve boyutsal değişimleri, renk ve tekstür özelliklerini değerlendirmiştir. Burgerlerin pişirme verimi, çap ve kalınlığındaki azalma iyileştirilmiş ve burgerlerin kül ve protein içeriği kinoa ilavesiyle artırılmıştır. Tekstür analizi sonucuna göre ise, kinoa ilavesi ile burgerlerin sertlik değerlerinin arttığı ve yapışkanlık değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Tüm gruplar benzer  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri göstermiştir. Sonuç olarak, kinoa ilavesinin, depolama sırasında kontrol grubuna kıyasla

çiğ ve pişmiş burgerlerin TBARS değerlerini önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, kinoa unu ilavesi çiğ ve pişmiş burgerlerin protein oksidasyon seviyesini etkilememiştir.

Verma vd. (2019)' nın çalışmasında, keçi eti nuggetları hazırlamak amacıyla rafine buğday unu yerine, sağlıklı ve diyet lifleri açısından zengin amaranth ve kinoa unları kullanılmıştır. Amaranth (%1,5 ve 3) ve kinoa (%1,5 ve 3) unlarının eklenmesiyle hazırlanan ürünlerin fizikokimyasal, renk, tekstür, duyu ve reolojik özellikleri kontrol grubu ile karşılaştırılmıştır. Amaranth ve kinoa unları ile glutensiz keçi eti nuggetları geliştirilmiştir. Nugget örneklerinin en yüksek protein içeriklerinin, %3 amaranth ilaveli ürünlerde olduğu rapor edilmiştir. Sonuçlar, amaranth ve kinoa eklenmesinin et ürünlerinde lif içeriğini artırdığını, reolojik özellikleri etkilediğini ve duyu değerlendirmelerde yüksek kabul edilebilirlik dereceleri sağladığını ve glutensiz diyet için kabul edilebilirliğinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Kırpık ve Kılınççeker (2018) kinoa ve galeta unu ile ürettikleri tavuk köftelerde, kinoa ilavesinin pişmemiş köflelerin parlaklık ve sarılık parametrelerini yükselttiği, kızartılmış örneklerin ise pişirme verimi ve renk özelliklerini geliştirdiği, yağ absorpsiyonunu azalttığı belirlenmiştir.

## 5. Sonuç

Kinoa, karabuğday ve amaranth gibi türleri içeren pseudo tahıllar, gluten içermezler ve bu nedenle çölyak hastaları için önemli bir besin kaynağıdır. Yüksek protein, lif, vitamin ve mineral içeriğiyle öne çıkan pseudo tahıllar, aynı zamanda antioksidan özelliklere sahiptir. Bu besin değerleri sayesinde, pseudo tahıllar hem sporcular hem de sağlıklı beslenmeye dikkat eden kişiler tarafından tercih edilmektedir. Ayrıca, geleneksel tahıllara göre daha çeşitli amino asit profiline sahip olmaları, onları tam değerli bir protein kaynağı haline getirmektedir.

Pseudo tahılların et ürünlerindeki kullanımı hem tüketici sağlığı hem de gıda endüstrisi açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır. Bu tahılların yüksek protein içeriği, lif zenginliği, çeşitli vitamin ve mineraller ile biyoaktif bileşikler içermeleri, et ürünlerine besin değerini artırma ve daha sağlıklı bir profil kazandırma imkânı vermektedir. Glutensiz olmaları, çölyak hastaları gibi özel beslenme gereksinimi olan tüketiciler için önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalar, pseudo tahılların et ürünlerinin tekstür, renk ve duyu özellikleri üzerinde etkilerinin olduğunu göstermiştir. Özellikle amaranth ve kinoa gibi tahılların, et ürünlerine daha iyi bir besin profili kazandırırken, aynı zamanda tüketiciler tarafından kabul edilebilir lezzet ve tekstür özellikleri sağladığı belirtilmiştir. Ancak,

pseudo tahılların et ürünlerindeki kullanımının yaygınlaşması için, bu tahılların farklı et türleri ve ürünlerindeki etkilerinin daha detaylı olarak araştırılması, üretim süreçlerinin optimize edilmesi ve maliyet etkinliğinin artırılması gerekmektedir. Bu sayede, pseudo tahılların et ürünlerindeki kullanımı, hem tüketicilerin sağlıklı beslenme ihtiyaçlarını karşılamaya hem de gıda endüstrisinin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasına katkı sağlayabilir.

Özetle, pseudo tahılların et ürünlerindeki kullanımı, besin değeri yüksek, glutensiz ve sağlıklı ürünlerin geliştirilmesi için önemli bir fırsat sunmaktadır. Bu alanda yapılacak daha fazla araştırma ve geliştirme çalışmaları ile pseudo tahılların et ürünlerindeki potansiyelinin daha da artırılacağı düşünülmektedir.

## 6. Kaynaklar

- Alp, H., Ünal, K., & Sabuncu, E. (2024). EFFECTS OF CORN AND EINKORN FLOURS ON SOME QUALITY PROPERTIES OF CHICKEN BURGERS. *Full Text Book*, 142.
- Alvarez-Jubete, L., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2010). Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends in Food Science & Technology*, 21(2), 106-113.
- Angeli, V., Miguel Silva, P., Crispim Massuela, D., Khan, M. W., Hamar, A., Khaheji, F., Graeff-Hönniger, S., & Piatti, C. (2020). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An overview of the potentials of the “golden grain” and socio-economic and environmental aspects of its cultivation and marketization. *Foods*, 9(2), 216.
- Ateş, E. (2022). Çeşitli Glutensiz Unlar ile Hazırlanan Tavuk Nuggetların Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Farklı Pişirme Yöntemlerinin Etkileri.
- Ateş, E., & Unal, K. (2023). The effects of deep-frying, microwave, oven and sous vide cooking on the acrylamide formation of gluten-free chicken nuggets. *International journal of gastronomy and food science*, 31, 100666.
- Babaoğlu, A. S. (2022). Effects of Replacing Breadcrumbs with Buckwheat, Chickpea, Corn and Millet Flour in Gluten-Free Meatball Formulation. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 36(3), 399-404.
- Bahmanyar, F., Hosseini, S. M., Mirmoghtadaie, L., & Shojaee\_Aliabadi, S. (2022). Development of Functional Beef Burgers with Pseudocereals and Study of their Physicochemical and Textural Properties. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 11(3), 247-256.
- Bergamo, P., Maurano, F., Mazzarella, G., Iaquinto, G., Vocca, I., Rivelli, A. R., De Falco, E., Gianfrani, C., & Rossi, M. (2011). Immunological evaluation of the alcohol-soluble protein fraction from gluten-free grains in relation to celiac disease. *Molecular nutrition & food research*, 55(8), 1266-1270.
- Dogra, D., & Awasthi, C. (2015). Comparative nutritional evaluation of common buckwheat genotypes with major cereal and pseudocereals crops. *Agricultural Science Digest-A Research Journal*, 35(1), 36-40.
- El-Sohaimy, S. A., Abd El-Wahab, M. G., Oleneva, Z. A., & Toshev, A. D. (2022). Physicochemical, Organoleptic Evaluation and Shelf Life Extension of Quinoa Flour-Coated Chicken Nuggets. *Journal of Food Quality*, 2022(1), 9312179.
- Fernández-López, J., Viuda-Martos, M., & Pérez-Alvarez, J. A. (2021). Quinoa and chia products as ingredients for healthier processed meat products: Technological strategies for their application and effects on the final product. *Current Opinion in Food Science*, 40, 26-32.

- Graziano, S., Agrimonti, C., Marmiroli, N., & Gulli, M. (2022). Utilisation and limitations of pseudocereals (quinoa, amaranth, and buckwheat) in food production: A review. *Trends in Food Science & Technology*, *125*, 154-165.
- Gul, K., Singh, A., & Jabeen, R. (2016). Nutraceuticals and functional foods: the foods for the future world. *Critical reviews in food science and nutrition*, *56*(16), 2617-2627.
- Han, Y., Chi, J., Zhang, M., Zhang, R., Fan, S., Dong, L., Huang, F., & Liu, L. (2019). Changes in saponins, phenolics and antioxidant activity of quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) during milling process. *LWT*, *114*, 108381.
- Kalinova, J., & Dadakova, E. (2009). Rutin and total quercetin content in amaranth (*Amaranthus* spp.). *Plant foods for human nutrition*, *64*, 68-74.
- Kaur, S., Singh, N., & Rana, J. C. (2010). *Amaranthus hypochondriacus* and *Amaranthus caudatus* germplasm: Characteristics of plants, grain and flours. *Food chemistry*, *123*(4), 1227-1234.
- Kerimoğlu, B. Ö., & Serdaroğlu, M. (2020). Tavuk Nugget Formülasyonlarında Buğday Unu Yerine Bal Kabağı Tozu Kullanımı Üzerine Bir Araştırma. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, *7*(3), 555-565.
- Kırpık, M., & Kılınççeker, O. (2018). Use of quinoa flour in chicken meatball production. I. International Gap Agriculture and Livestock Congress,
- Krasina, I., Filippova, E., Kurakina, A., & Fedorova, M. (2021). Use of pseudo cereals in food production. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,
- Kreft, I., Zhou, M., Golob, A., Germ, M., Likar, M., Dziedzic, K., & Luthar, Z. (2020). Breeding buckwheat for nutritional quality. *Breeding science*, *70*(1), 67-73.
- Langyan, S., Khan, F. N., & Kumar, A. (2024). Advancement in nutritional value, processing methods, and potential applications of Pseudocereals in dietary food: a review. *Food and Bioprocess Technology*, *17*(3), 571-590.
- Martínez-Villaluenga, C., Peñas, E., & Hernández-Ledesma, B. (2020). Pseudo-cereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. *Food and Chemical Toxicology*, *137*, 111178.
- Mir, N. A., Riar, C. S., & Singh, S. (2018). Nutritional constituents of pseudo cereals and their potential use in food systems: A review. *Trends in Food Science & Technology*, *75*, 170-180.
- Mithila, M., & Khanum, F. (2015). Effectual comparison of quinoa and amaranth supplemented diets in controlling appetite; a biochemical study in rats. *Journal of food Science and Technology*, *52*(10), 6735-6741.
- Morales, D., Miguel, M., & Garcés-Rimón, M. (2021). Pseudocereals: A novel source of biologically active peptides. *Critical reviews in food science and nutrition*, *61*(9), 1537-1544.

- Muchekeza, J. T., Jombo, T. Z., Magogo, C., Mugari, A., Manjeru, P., & Manhokwe, S. (2021). Proximate, physico-chemical, functional and sensory properties OF quinoa and amaranth flour AS potential binders in beef sausages. *Food chemistry*, 365, 130619.
- Nagar, P., Engineer, R., & Rajput, K. (2022). Review on Pseudo-cereals of India. *Pseudocereals*, 151.
- Özer, C. O., & Secen, S. M. (2018). Effects of quinoa flour on lipid and protein oxidation in raw and cooked beef burger during long term frozen storage. *Food Science and Technology*, 38, 221-227.
- Pirzadah, T. B., & Malik, B. (2020). Pseudocereals as super foods of 21st century: Recent technological interventions. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 100052.
- Pirzadah, T. B., Malik, B., Tahir, I., & Rehman, R. U. (2016). Metabolite profiling of tartary buckwheat-An underutilized nutraceutical crop of Kashmir Himalaya. *Journal of Phytology*, 8, 49-54.
- Pirzadah, T. B., Malik, B., Tahir, I., & Ul Rehman, R. (2020). Buckwheat journey to functional food sector. *Current Nutrition & Food Science*, 16(2), 134-141.
- Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., d'Andria, R., Iafelice, G., & Marconi, E. (2010). Field trial evaluation of two chenopodium quinoa genotypes grown under rain-fed conditions in a typical Mediterranean environment in South Italy. *Journal of agronomy and crop science*, 196(6), 407-411.
- Rastogi, A., & Shukla, S. (2013). Amaranth: a new millennium crop of nutraceutical values. *Critical reviews in food science and nutrition*, 53(2), 109-125.
- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., & Jacobsen, S.-E. (2003). Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food reviews international*, 19(1-2), 179-189.
- Rocchetti, G., Lucini, L., Rodriguez, J. M. L., Barba, F. J., & Giuberti, G. (2019). Gluten-free flours from cereals, pseudocereals and legumes: Phenolic fingerprints and in vitro antioxidant properties. *Food chemistry*, 271, 157-164.
- Rodríguez, J. P., Rahman, H., Thushar, S., & Singh, R. K. (2020). Healthy and resilient cereals and pseudo-cereals for marginal agriculture: molecular advances for improving nutrient bioavailability. *Frontiers in genetics*, 11, 49.
- Silva-Sánchez, C., De La Rosa, A. B., León-Galván, M. F., de Lumen, B. O., de León-Rodríguez, A., & De Mejía, E. G. (2008). Bioactive peptides in amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) seed. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(4), 1233-1240.
- Soto-Jover, S., Boluda-Aguilar, M., Esnoz-Nicuesa, A., Iguaz-Gainza, A., & López-Gómez, A. (2016). Texture, oil adsorption and safety of the European style croquettes manufactured at industrial scale. *Food engineering reviews*, 8, 181-200.

- Tamsen, M., Shekarchizadeh, H., & Soltanzadeh, N. (2018). Evaluation of wheat flour substitution with amaranth flour on chicken nugget properties. *LWT*, *91*, 580-587.
- Thakur, P., & Kumar, K. (2019). Nutritional importance and processing aspects of pseudo-cereals. *Journal of Agricultural Engineering and Food Technology*, *6*(2), 155-160.
- Thakur, P., Kumar, K., & Dhaliwal, H. S. (2021). Nutritional facts, bio-active components and processing aspects of pseudocereals: A comprehensive review. *Food Bioscience*, *42*, 101170.
- Tomotake, H., Yamamoto, N., Kitabayashi, H., Kawakami, A., Kayashita, J., Ohinata, H., Karasawa, H., & Kato, N. (2007). Preparation of tartary buckwheat protein product and its improving effect on cholesterol metabolism in rats and mice fed cholesterol-enriched diet. *Journal of Food Science*, *72*(7), S528-S533.
- Uyarcan, M., Yayla, E., Akgül, D., & İşseven, D. (2022). Development of healthier gluten-free chicken products coated with different cereal sources. *British Food Journal*, *124*(4), 1301-1313.
- Valcárcel-Yamani, B., & Lannes, S. d. S. (2012). Applications of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and amaranth (*Amaranthus* spp.) and their influence in the nutritional value of cereal based foods.
- Verma, A. K., Rajkumar, V., & Kumar, S. (2019). Effect of amaranth and quinoa seed flour on rheological and physicochemical properties of goat meat nuggets. *Journal of food Science and Technology*, *56*, 5027-5035.