

EDİTÖRLER

Prof. Dr. İbrahim CENGİZLER

Doç. Dr. Selçuk DUMAN

VETERİNER GIDA HİJYENİ VE TEKNOLOJİSİ

Alanında Araştırmalar ve Değerlendirmeler

MART
2025

İmtiyaz Sahibi • Yaşar Hız
Genel Yayın Yönetmeni • Eda Altunel
Yayına Hazırlayan • Gece Kitaplığı
Editörler • Prof. Dr. İbrahim CENGİZLER
Doç. Dr. Selçuk DUMAN

Birinci Basım • Mart 2025 / ANKARA

ISBN • 978-625-388-251-8

© copyright
Bu kitabın yayın hakkı Gece Kitaplığı'na aittir.
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan
hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Gece Kitaplığı
Adres: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak Ümit Apt
No: 22/A Çankaya/ANKARA Tel: 0312 384 80 40

www.gecekitapligi.com
gecekitapligi@gmail.com

Baskı & Cilt
Bizim Buro
Sertifika No: 42488

Veteriner Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Alanında Araştırmalar ve Değerlendirmeler

Mart 2025

Editörler:
Prof. Dr. İbrahim CENGİZLER
Doç. Dr. Selçuk DUMAN

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

DONMUŞ MUHAFAZA UYGULANAN GIDALARDA BAKTERİYEL RİSKLER

Şevval Öykü ÖZSOY, Halil YALÇIN.....1

BÖLÜM 2

HAYVANSAL GIDALARDA SOSLARIN ANTİMİKROBİYAL ETKİSİ

Melike COŞKUN, Halil YALÇIN31

BÖLÜM 1

DONMUŞ MUHAFAZA UYGULANAN GIDALARDA BAKTERİYEL RİSKLER

Şevval Öykü ÖZSOY¹

Halil YALÇIN²

1 Şevval Öykü ÖZSOY, Diyetisyen, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, info@dytoykuozsoy.com, ORCID: 0009-0007-2593-9988

2 Halil YALÇIN, Doçent Doktor, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, hylalcin@mehmetakif.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2162-2418

GİRİŞ

Gıda, insanların temel ihtiyaçlarından biridir. Gıdalar çabuk bozulabilen bir yapıya sahip olduklarından, en ilkel zamanlardan bile gıdanın uygun koşulda saklanması için yöntemler geliştirilmiştir. Donmuş muhafaza yaygın olarak kullanılan etkili bir işlemdir. Dondurma yöntemi, diğer saklama tekniklerine kıyasla gıdaların lezzet, doku ve besin değerlerini daha iyi korur (Joardder ve Masud, 2019). Gıdaların soğuk ortamlarda saklanması ana mikrobiyolojik amacı, mikroorganizmaların çoğalmasını durdurmak ya da yavaşlatmaktır. Ayrıca, düşük sıcaklık, özellikle ısıya dirençli proteinaz ve lipaz gibi mikrobiyal enzimlerin katalitik etkinliğini azaltabilir veya engelleyebilir (Zhang ve ark., 2021). Mikroorganizmaların ve enzimlerin aktivitesinin yavaşlamasıyla gıdanın kalitesi ve raf ömrü artmaktadır. Dondurma işlemi, gıdanın içerisindeki suyun dondurularak su aktivitesinin azaltılması prensibine dayanır. Bu sayede, mikroorganizma gelişimi ve enzimatik aktivitelerde azalma görülür (Muthukumarappan ve ark., 2019). Gıdanın içerisinde serbest ve bağlı su olarak iki tür su bulunur. Serbest su yaklaşık $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de donmaya başlar ve buz kristalleri oluşur (Erkmen ve Bozoğlu, 2016). Dondurulmuş gıdalar genellikle $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de saklanır. Bu sıcaklık, mikroorganizmaların biyolojik aktivitelerini büyük ölçüde durdurur (Attrey, 2017). Özellikle bakteriler $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ civarında, mayalar $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ civarında, küfler ise $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de büyüme yeteneklerini kaybederler. Ancak bakterilerin oluşturduğu sporlar ölmez. Bu nedenle mikrobiyal hücreleri öldürmek amacıyla gıdalar düşük sıcaklıkta muhafaza edilmemelidir. Daha düşük sıcaklıklarda mikroorganizmaların büyümesi neredeyse tamamen durur, ancak bazıları çok düşük hızlarda da olsa büyüyebilir (Yalçın ve ark., 2015). Bu yöntem, gıdaları uzun süre güvenli ve taze tutmak için idealdir ve çiğ, işlenmiş ve hazır gıdalar dahil birçok üründe kullanılır (Muthukumarappan ve ark., 2019).

BAKTERİYEL RİSKLERİN TANIMLANMASI

Bakteriyel Risk

Mikroorganizmalar, doğada çoğu canlının yaşayamayacağı çok soğuk ortamlarda, donmuş muhafaza koşullarında ya da çok yüksek sıcaklıklarda canlılıklarını sürdürebilmekte ve üreyebilmektedir (Joardder ve Masud, 2019). Mikroorganizmaların hayatta kalma ve üreme yetenekleri çeşitli ortamlara ve sıcaklık koşullarına göre büyük farklılıklar gösterir. Bu durum, gıda muhafazasında önemli bir rol oynar, çünkü mikroorganizmalar gıdalarda bozulma, duysal değişiklikler ve sağlık sorunlarına neden olabilirler. Gıdalardaki mikroorganizmaların büyümesi, çeşitli iç ve dış faktörlere bağlıdır, bunlardan en önemlisi sıcaklıktır (Aung ve Chang, 2014; Húngaro ve ark., 2014). Düşük sıcaklıklar, mikrobiyal metabolik aktiviteyi

yavaşlatarak gıdaların bozulmasını geciktirir. Psikrofilik ve psikrotrof bakteriler 0 °C'de çoğalma yeteneğine sahiptirler (Furhan, 2020). Özellikle psikrofilik (soğucu seven) ve psikrotrofik (soğuca toleranslı) bakteriler buzdolabı ve donmuş depolama koşullarına dayanıklıdır. Psikrofilik bakteriler 15 °C ve altında büyüme yeteneğine sahiptir (James ve James, 2023). Gıda kaynaklı patojenler arasında *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* ve *Clostridium botulinum* tip E gibi bakteriler belirgin şekilde psikrofilik özellikler gösterir (Húngaro ve ark., 2014). Diğer yandan, psikrotrofik bakteriler aslında mezofilik (orta sıcaklık seven) karakterde olup, soğuca da tolerans gösterebilir ve 7 °C altında büyüebilirler (Brasca ve ark., 2017). Ancak, bu bakteriler yüksek ısıya karşı dayanıksızdır ve pastörizasyon gibi ısıl işlemlerle etkisiz hale getirilebilirler (Moyer ve ark., 2007). Bu bilgiler, gıda muhafaza ve işleme yöntemlerinin tasarımı ve gıda güvenliğinin sağlanmasında önemli bir yer tutar.

Bakteriyel Risklerin Sağlık Üzerine Etkileri

Gıdalardan bulaşıp insan sağlığını riske atan bakterilere patojen bakteriler denir. Gıda kaynaklı patojen bakteriler, patojenin gıdalla alınması veya patojenlerin toksik metabolik ürünleriyle kontamine olmuş yiyecek ve suyun tüketilmesi durumunda ortaya çıkmaktadır (Rawat, 2015). Patojen bakterilerin etkileri, enfeksiyon ve intoksikasyon olarak ikiye ayrılmaktadır (Aytaç ve Taban, 2014; Bintsis, 2017). Gıda enfeksiyonları, canlı bakterilerin vücuda alınmasıyla ortaya çıkmaktadır. İntoksikasyon da ise canlı bakteri alınmasının bir önemi yoktur, vücuda alınan bakteri toksinleriyle meydana gelir. *Clostridium perfringens* bakterisi toksin enfeksiyona neden olur. Bu durumda bakteri canlı şekilde gıda ile vücuda alınır ve bakteriler bağırsakta spor oluşturarak toksin meydana getirir (Aytaç ve Taban, 2014; Bintsis, 2017). Gıda güvenliği, patojen bakterilerin etkilerini anlamak ve bu riskleri azaltmak için hayati öneme sahiptir. Gıda işleme ve saklama koşullarının düzgün yönetimi, patojen bakterilerin gelişimini önlemeye yardımcı olabilir ve böylece gıda kaynaklı hastalıkların önlenmesine katkı sağlar. Uygulanacak doğru işleme, saklama ve hazırlama teknikleri, gıda kaynaklı patojenlerin üremesini engelleyebilir. Ancak, gıda teknolojisi ve halk sağlığı profesyonellerinin, dondurma işlemine başlamadan önce, üründe bulunabilecek patojenleri mümkün olduğunca azaltmak veya tamamen ortadan kaldırmak için özen göstermeleri gerekmektedir (Stannard, 1997). Sudershan ve ark. 2014 yılında Hindistan'ın Haydarabad şehrindeki gıda kaynaklı hastalıkların sevk edildiği Ronald Ross Tropical Hastalıklar Enstitüsü'ndeki gıda zehirlenmelerinin nedeni için bir pilot çalışma yapmışlardır. Bu araştırmada yer alan gıda zehirlenmesi yaşamış 81 hastanın yiyecek ve dışkı örneklerini incelemişlerdir. Bu gıda zehirlenmesindeki sorumlu gıdalar arasında milkshake, tavuk biryani, meyve

salatası, mango suyu gibi birbirinden farklı gıdalar yer aldığı belirtilmiştir. Gıda zehirlenmesinden etkilenen kişilerde, yaygın olarak kusma ve ishal semptomları bulunduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, vakaların çoğunda gıda zehirlenmesi etkeni olarak *Staphylococcus aureus* 'u belirlemişlerdir. Ayrıca bir vakada *Salmonella* türü tespit etmişlerdir.

Donmuş Gıdalarda Bakteriyel Riskler

Gıda mikrobiyolojisinde, bakterilerin düşük sıcaklıklardaki davranışları önemlidir. Bazı bakteriler, oldukça düşük sıcaklıklarda bile hayatta kalmayı ve büyümeyi sürdürebilir. Örneğin, pembe maya olarak bilinen *Rhodotorula glutinis*, -34 °C gibi son derece düşük bir sıcaklıkta bile büyüme yeteneğine sahip olduğu kaydedilmiştir (Jay, 1996). Bu, donmuş gıdalarda bakterilerin varlığı ve etkinliğinin, sadece dondurma süreci ve sıcaklığına bağlı olmadığını, aynı zamanda gıdanın doğası, bileşimi ve depolama koşullarına da bağlı olduğunu gösterir. Bakterilerin metabolizmaları, enzimatik reaksiyonları ve büyüme oranları, ideal büyüme sıcaklıklarında en yüksek düzeydedir. Sıcaklık azaldıkça, büyüme ile ilgili bakteriyel işlevler yavaşlamaya başlar (Ray, 2003). Çoğunlukla, gıda patojenleri olarak bilinen bakterilerin ideal büyüme sıcaklığı 20 °C ile 45 °C arasında değişmekte olup, bunlar mezofilik kategorisine girer. Ancak, *L. monocytogenes* ve *Y. enterocolitica* gibi bazı gıda patojenleri, soğuk ortamlarda, hatta 10 °C altı sıcaklıklarda bile çoğalabilirler (Bintsis, 2017). Özellikle dondurulmuş sebze ve yemeye hazır ürünlerde *L. monocytogenes*'in bulunma riski fazladır. Willis ve ark. İngiltere'deki dondurulmuş sebzelerden Aralık 2018 ile Nisan 2019 tarihleri arasında 1050 numune almıştır. Araştırılan numunelerin içerisinde 167 dondurulmuş sebze numunesinde *L. monocytogenes* izole edildiğini bildirmiştir. 2020 yılında yayınlanan bir çalışmada Don ve ark., *Salmonella enterica* türünün deniz ürünlerindeki donmuş muhafazaya karşı hayatta kalmasını araştırmıştır. Yüksek dozda *S. enterica* aşılardan balık ve karideslerde 90 güne kadar bakterilerin canlı kaldığı tespit edilirken, düşük dozda aşılardan balıklarda 60 gün, karideslerde 15 gün bu bakterilerin hayatta kaldığı görülmüştür. Donmuş muhafaza yönteminin gıda kaynaklı bakterileri tamamen yok etmek için kullanılamayacağı anlaşılmaktadır. Bakterilerin farklı türleri, donmaya karşı duyarlılık ve direnç konusunda büyük çeşitlilik gösterir. Spor oluşturan bakterilerin oluşturdukları sporlar donmaya karşı dayanıklıdır. Bazı *Clostridium* türlerinin sporları donmuş halde bile gelişme gösterebilir. Dondurulmuş gıdalarda bu sporlar canlılığını korumaktadır. Dayanıklı hücrelerden salınan bazı bakteriyel enzimler, -20 °C üzerindeki sıcaklıklarda yavaş bir hızla tepkimeleri katalizeleyebilir ve bu durum bir gıdanın kalitesini olumsuz etkileyebilir (Archer, 2004; Ray, 2003). Dondurulmuş gıdalarda bulunan bakteriler, dondurma sıcaklıklarında canlı kalabilir, büyüyebilir ve toksin üretebilir. Bu durum,

özellikle gıdaların çözülmesi sırasında risk oluşturabilir. Çünkü bazı patojenler, donmuş durumdayken büyüme ve toksin üretimini göstermese de çözüldüklerinde sağlık açısından önemli riskler oluşturabilirler (Mohammed ve ark., 2021). Uygulanacak doğru işleme, saklama ve hazırlama teknikleri, gıda kaynaklı patojenlerin üremesini engelleyebilir. Dondurma işlemi uygulanacak gıdadaki patojenlerin mümkün olduğunda azaltılması veya tamamen yok edilmesi için özen gösterilmelidir.

DONMUŞ MUHAFAZA

Donma Süreci ve Dondurma Yöntemleri

Gıda maddeleri içinde, su iki formda bulunur: serbest su ve bağlı su. Serbest su, moleküllerle hidratlanmış halde olmayan sudur. Bir gıda maddesi yaklaşık -2°C 'ye kadar soğutulduğunda, içindeki serbest su donmaya başlar ve buz kristalleri oluşmaya başlar. Normalde saf su 0°C 'de donar, ancak gıda maddeleri genellikle çözünmüş maddeler içerdiğinden, bu maddelerin donma noktası 0°C 'nin altına düşer. Sıcaklık daha da düştükçe, gıdada kalan su içindeki çözünen maddeler yoğunlaşır, bu da suyun donma noktasını daha da düşürür ve böylece gıdanın su aktivitesi azalır (Erkmen ve Bozoğlu, 2016). Ev tipi dondurucularda yaygın olarak -20°C sıcaklık kullanılır, bu sıcaklıkta gıdalardaki serbest su büyük ölçüde donar (Jay ve Loessner, 2005). Daha etkili dondurma için kuru buz (-78°C) ve sıvı azot (-196°C) gibi yöntemler tercih edilir. Bu yöntemler, gıdaları hızla ve düşük sıcaklıklarda dondurmak için idealdir (Alexandre ve ark., 2013).

Gıda dondurmanın iki ana yöntemi hızlı ve yavaş dondurma şeklindedir. Yavaş dondurma, istenilen sıcaklığa 3-72 saat içerisinde ulaşıldığı ev tipi dondurma türüdür. Hızlı dondurma, gıdaların sıcaklığını 30 dakika içinde yaklaşık -20°C 'ye düşüren bir işlemdir. Gıda endüstrisinde yaygın olarak hızlı dondurma yapılmaktadır (Jay, 1998). Gıdanın içerisindeki suyun kristallerine dönüşmesi donma hızına göre belirlenir. Hızlı dondurma işleminde buz kristalleri küçük olur, yavaş dondurmada tam tersi şekilde büyük buz kristalleri oluşur (Alsailawi ve ark., 2020). Yavaş dondurma, büyük buz kristallerinin hücre dışında oluşmasına neden olur. Çözülen maddelerin yoğunlaşması ile hücre dışındaki konsantrasyon artmaktadır ve bu hücreden suyun çekilmesine, dolayısıyla büzülmeye yol açabilir. Bu durum, hücrenin iç pH değerinin düşmesine ve proteinlerin denatüre olmasına neden olmaktadır. Kristal oluşumu, hücre zarlarını, duvarlarını ve iç yapılarını bozarak hücre hasarına sebep olabilir. Bu, gıda hücrelerinin mekanik olarak zarar görmesine ve hücre içi sıvıların dışarı çıkmasına sebep olur (Kong ve Singh, 2016). Bu nedenlerden dolayı kristal oluşumu, bazı gıdaların dondurucu ömrünü sınırlayan faktörlerden biridir (Köprüalan Aydın ve ark., 2023). Hızlı dondurma yöntemi, küçük buz kristallerinin

oluşmasını sağlayarak gıda hücrelerinin daha az mekanik hasara uğramasına neden olur (Amit ve ark., 2017). Hızlı dondurma ve çözündürme yöntemleri, gıda kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Hızlı dondurma sırasında, katılaşma hızlı gerçekleşir ve enzimatik reaksiyonları daha çabuk yavaşlatır. Böylece ağırlık kaybı azalır, tekstür daha iyi olur ve mikrobiyal büyüme engellenir. Diğer yandan, yavaş dondurma yöntemiyle dondurulan gıdalar, çözöldükten sonra hızlı dondurulanlara kıyasla daha fazla su kaybına uğrar. Bu nedenle, dondurma ve çözündürme işlemlerinde hız, gıda kalitesini doğrudan etkileyen bir faktördür (Köprüalan Aydın ve ark., 2023). Genel olarak çoğu dondurulmuş gıdanın saklanması için uygun sıcaklık -18°C 'dir (Alsailawi ve ark., 2020).

Gıda çeşidine göre, buzdolabında aylar veya bazen bir yıldan fazla süreyle muhafaza edilebilirler. Et ürünleri -18°C 'de 12 ay, -24°C 'de 24 ay donmuş şekilde depolanabilir. Çiğ sebze, meyve, et, balık, işlenmiş ve pişirildikten sonra çözözüp ısıtılarak tüketilebilen gıdalar bu yöntemle saklanır. Bu uygulama gıdaların uzun süre taze kalmasını sağlar ve bakteriyel bozulmaları engeller (Dave ve Ghaly, 2011). Gıdaların dondurulmadan önce paketlenmesi, dondurma işlemi sırasında meydana gelebilecek kontaminasyonları azaltacaktır (James ve James, 2023). Ticari olarak kullanılan dondurma yöntemleri, gıdaların soğutucu maddeye ya direkt olarak daldırılması ya da dolaylı yolla soğuk hava akımına maruz bırakılması ile yapılabilir (Muthukumarappan ve ark., 2019). Her gıda için aynı yöntem kullanılmamaktadır. Farklı gıda türleri için farklı dondurma yöntemleri ortaya çıkmıştır. Mesela ezilme riski olmayan normal şekilli veya bloklar için plaka dondurucu kullanılırken, küçük partiküllü bezelye, tane mısır vb. gıdalar için akışkan yataklı bir dondurucu kullanılmaktadır (Kumar ve ark., 2020).

Temas ile Dondurma

Temas ile dondurma yöntemi ikiye ayrılır, soğutulmuş katıya temas ve soğutulmuş sıvıya temas şeklindedir. Soğutulmuş katı temasında, ürün metal plakalar arasında sıkıştırılır ve basınç ile dondurulur. Ürün dondurulduğunda, oluşan buzun kırılması için sıcak sıvı dolaştırılır (Velez-Ruiz ve Rahman, 2020). Plakalı dondurma yöntemi ile genellikle düz ambalajlı gıdalar, dondurma, bütün balık, et parçaları ve paketlenmiş sebzeler dondurulur (Muthukumarappan ve ark., 2019). Soğutulmuş sıvı yönteminde ise, doğrudan ısı değişimiyle hızlı sıcaklık düşüşü elde edilmesi için düşük sıcaklıklardaki tuzlu suya daldırılmaktadır. Kullanılan sıvılar genellikle tuz, şeker, glikol, gliserol ve alkol çözeltileridir. Gıdada herhangi bir tat, doku, görünüm değişiklikleri olmaması için kullanılan çözeltinin üründen seyrek olması gerekmektedir (Ishevskiy ve Davydov, 2017).

Gaz ile Dondurma

Soğutulmuş gaz ile dondurma işleminde farklı yöntemler bulunmaktadır ancak hepsi aynı mantığa dayanır. Bu yöntemler; dolap, hava üflemeli, akışkan yataklı, bant, spiral ve tünel dondurma olarak ayrılmaktadır. Dolap dondurma işleminde, soğuk hava üfleyen bir dolap içerisine tepsilerde ürünler yerleştirilir. Hava üflemeli dondurma yöntemi, ürün ile havanın etkileşimine göre akışkan yataklı, bant ve spiral olarak ayrılabilir. Akışkan yataklı dondurma yönetiminde, delik tabanlı soğutulmuş hava üfleyen bir yatak bulunmaktadır. Soğutulmuş havanın hızı yatağın akışkanlığından fazla olmalıdır. Bu yöntem, küçük partiküllü gıdaların dondurulması için önemlidir. Bezelye, mısır ve doğranmış sebzeler bu yöntemle dondurulur. Bant dondurma yöntemi ise iki aşamadan oluşmaktadır. Ürünlerin etkili dondurulması için düzgün ve eşit şekilde yerleştirilmesi gerekmektedir. İlk aşamasında -4 °C ile 10 °C, dondurma bölümünde -32 °C ve -40 °C kullanılmaktadır. Spiral dondurucularda, donma süresi uzun ve yapısı hassas olan ürünler dondurulur. Tünel ile dondurma işleminde uzun bir tünel içerisine ürünler yerleştirilerek soğuk hava sirkülasyonuna maruz bırakılmaktadır (Alexandre ve ark., 2013; Ishevskiy ve Davydov, 2017; Velez-Ruiz ve Rahman, 2020).

Kriyojenik Dondurma

Kriyojenik dondurma işleminde sıvılaştırılmış gazlar kullanılır ve bu gazlarla gıdalar direkt olarak temas ederler. Gıdalar, -60 °C'lik sıcaklığa sıvı nitrojen ve karbondioksit ile doğrudan temas ederler. Sıvı nitrojen kullanılmasının avantajları renksiz, kokusuz olması ve -195.8 °C'de kaynamasıdır (Mulot ve ark., 2019). Kriyojenik dondurma çok hızlı bir yöntemdir. Elde edilen gıdaların kalitesi yüksektir. Özellikle küçük buz kristallerinin oluşumunu ve hücre zarındaki hasarı azaltmaktadır. Gıdaların tadı, kokusu, dokusu ve besin değerleri korunur. Bu hızlı dondurma yöntemi gıdalardaki dehidrasyonu engelleyerek ürün verimini artırır. Kriyojenik dondurma işlemi üç şekilde uygulanmaktadır. Tünel sisteminde ürüne doğrudan kriyojenik sıvı püskürtülmesi, spiral veya toplu dondurucularda kriyojenik sıvının buharlaştırılıp gıdanın üzerine üflenmesi ve daldırma yöntemi ile ürünün direkt olarak kriyojenik sıvıya daldırılmasıdır (Van der Sman, 2020). Laboratuvar çalışmalarında daldırma yöntemi kullanılsa da ticari olarak yaygın kullanılmaz. Bunun nedeni gıdanın parçalanmasıdır (James ve James, 2023).

Dondurma İçin Ön İşlemler

Donmuş muhafaza işleminin başarılı olması için gıdaların dondurma işleminden öncede kaliteli olması gerekmektedir. Gıdaların dondurma iş-

leminden önce mikrobiyolojik kalitesi ürünün genel kalitesini belirlemektedir. Dondurma işlemi patojenlerin büyümesini engellese de çoğu dirençli mikroorganizma gıdanın içerisinde bulunmaya devam eder. Hem gıdanın kalitesinin korunması hem de mikrobiyolojik kalitesi için dondurma işleminden önce bazı ön işlemler uygulanır (Alexandre ve ark., 2013). Bu işlemler haşlama, ısıt işlemler, daldırma, ozmotik dehidrasyon, kriyoprotektif ve ısınlama olabilmektedir.

Donmuş Muhafazada Meydana Gelen Fiziksel ve Kimyasal Değişikliklerin Kaliteye Etkisi

Dondurma işlemi gıdanın içeriğine, enzim aktivitelerine ve gıdanın bakteriyel aktivitesine bağlı olarak gıdanın kalite yapısını değiştirebilir. Donmuş muhafaza, gıdanın bakteriyel aktivitesini azaltmak için yapılırsa da gıdanın kalite standartlarını düşürmemesi gerekir. Gıdanın kalitesinin düşmesi tüketicinin beğenmemesine ve sonuç olarak ticari kayba neden olur. Donmuş muhafazanın neden olduğu kimyasal ve fiziksel kalite değişikliklerin tespit edilmesi ve giderilmesi istenmektedir. Donmuş depolamada özellikle gıdanın dokusu, su kaybı, protein denatürasyonu, lipid oksidasyonu, donma yanığı, renk değişiklikleri, tat ve vitamin kaybı meydana gelebilir (Al-Dalali ve ark., 2022).

Su Yapısı

Donmuş gıdalarda su farklı çeşitlerde bulunmaktadır. Bilindiği gibi gıdalarda su, serbest ve bağlı olarak bulunur. -20 °C gıdanın içerisindeki serbest su donmaktadır. Bağlı bulunan su ise düşük sıcaklıklardan etkilenmez ve donmaz. Gıdanın bozulmasının asıl nedeni donmuş ortamda bulunan donmamış sudur. Bağlı bulunan suyu, donmuş muhafaza işleminde gıdayı enzimatik reaksiyonlara karşı duyarlı hale getirmektedir ve raf ömrünü sınırlamaktadır (Zhu ve ark., 2019).

Dehidrasyon

Dehidrasyon veya su kaybı, genellikle hayvansal gıdalarda görülür. Yetersiz ambalajlı dondurulmuş gıdalar için önemli bir kalite göstergesidir. Dondurma işlemi nem kaybına neden olan bir işlemdir. Gıdanın türü, yapılan dondurma yöntemi ve başlangıçtaki sıcaklığından etkilenir. Etin donmuş muhafazasındaki su kaybını, yüzeydeki dehidrasyonun et kalitesini önemli şekilde etkilediği bildirilmiştir. Dehidrasyondan kaynaklı gıdada yaşanan ağırlık kaybı %6'ya kadar çıkmaktadır (Mulot ve ark., 2019). Su kaybı ekonomik olarak işletmeciyi etkilemektedir. Suyun kaybı demek et ürünlerindeki ağırlığın azalması demektir. Domuz karkaslarının hızlı

dondurma işleminin, geleneksel yöntemlere kıyasla su kaybını %1 oranda azalttığı görülmüştür (James ve James, 2023).

Yeniden kristalleşme

Yeniden kristalleşme, dondurma işlemi uygulanmış gıdaların depolama ve taşınması sırasında dalgalanan sıcaklıklardan dolayı gıda kalitesinde bozulma gerçekleşir. İlk buz oluşumundan sonra buz kristallerinin boyutlarında ve şeklinde değişiklik olur (Dalvi-Isfahan ve ark., 2019). Yeniden kristalleşme, ürünün kalitesini birçok şekilde etkilemektedir. -18 °C veya daha soğuk sıcaklıklar kullanılan soğuk hava depolarında görülen 2-3 °C'lik sıcaklık dalgalanmaları soruna neden olmaz. Ancak marketten satış ve eve götürme süresinde yaşanan büyük sıcaklık dalgalanmaları, buz kristallerinin büyümesine ve gıdanın yüzeyine yerleşmesine neden olmaktadır. Yeniden kristalleşme, gıdada nem kaybına neden olarak etin kuruyup sertleşmesine sebep olabilmektedir (Kumar ve ark., 2020).

Retrogradasyon

Retrogradasyon, nişastanın yeniden kristalleşmesi demektir (Kotancılar ve ark., 2009). Donmuş nişasta içeren gıdalardaki kalite kaybı, bayatlamadan veya nişastanın retrogradasyonundan meydana gelmektedir. Dondurma işleminde, nem geçişi bayatlamamanın temel nedenidir. Nişastalı besin pişirildikten sonra nişastası kristalleşerek nemini kaybetmektedir. Taze yapısının geri kazanılması için nişasta kristallerinin tekrardan ısıtılması ve emilmesi gerekmektedir. Gıdanın ambalajının sıkı olması, nem içeriğini belirli bir süre saklar (Feng ve ark., 2020). Hızlı dondurma sıcaklığının -80 °C'ye kadar düşürülmesi, retrogradasyonu geciktirir ve daha yüksek kalitede dondurulmuş nişastalı ürün elde edilmesini sağlar (Gong ve ark., 2020).

Protein Denatürasyonu

Donmuş muhafazada protein denatürasyonu ve çözünürlüğünde değişiklikler meydana geldiği bilinmektedir. Et ürünlerinde kesimden hemen sonra pH düşmeye başlar ve protein denatürasyonu meydana gelir. Denatürasyon sonucunda, genellikle önceden ambalajlanmış et ürünlerinde “damlama” denilen bir pembe protein içerikli sıvı oluşur. Dondurma hızı ne kadar fazla olursa damlama o kadar az olmaktadır (James ve James, 2023). Et ürünlerinin donmuş muhafazası sırasında su tutma kapasitesinde artış kaliteyi düşürmektedir. Dondurulmuş etteki su kaybı miyofibriller proteininin denatürasyonu ile alakalıdır. Donma işlemi sırasında gıdanın içerdiği su molekülleri donar ve buz kristalleri oluşur. Bu olay sonrasında

protein yapısını stabilize etmekle görevli organize H-bağlarının sistemi bozulur ve protein moleküllerinin farklı ortamlara maruz bırakır. Bu durum, moleküller arasında çapraz bağların oluşmasına neden olabilir (Dave ve Ghaly, 2011; Kong ve Singh, 2016). Etler dondurulduklarında kas yapısının bozulması, hücresel enzimlerin salınmasını tetikleyerek proteinlerin denatüre ve okside olmasını hızlandırır (Lee ve ark., 2022).

Donma Yanığı

Donma yanığı, gıdanın yüzeyindeki nemin kaybolması sonucunda oluşur. Özellikle kötü paketlenmiş veya paketlenmemiş gıdaların dondurulmasında ortaya çıkar. Donmuş depolama sırasında, gıdanın rengi, tadı ve dokusunda bozulma meydana gelebilir (Dalvi-Isfahan ve ark., 2019). Eğer gıdanın yüzeyinde yanmış görünen bir tabaka bulunuyorsa bunun geri dönüşü yoktur (James ve James, 2023). Donma yanığı, depolama sıcaklığının düşürülmesi, nemlendirme veya ambalajın daha iyi yapılmasıyla önlenabilir (Attrey, 2017). Dondurmadan önce daldırma işleminin yapılması, paketlenirken nemlendirme yapılması, vakumla paketlenme, depolama sıcaklıklarının düşürülmesi gibi teknikler ile dondurucu yanması önlenabilir (Dalvi-Isfahan ve ark., 2019).

Lipid Oksidasyonu

Doymamış lipidlerin mevcut olduğu gıdalar oksijenle birlikte ekşimeye, renk kaybına ve istenmeyen tatlara neden olabilir. Hücre membran lipitlerinde fazlaca doymamış lipitler bulunmaktadır. Bu yüzden oksidasyonun başlangıç noktası olarak gösterilirler. Dondurma işlemi, zar fosfolipidlerini oksidasyona uğratan çözünür madde konsantrasyonuna neden olur. Lipidlerin oksidasyonunun sebebi, lipoksijenaz ve lipohidroperoksidaz ürünleridir. Lipid oksidasyonu dondurulmuş sebzelerin kalitesini etkilemektedir. Dondurulmuş balık ürünlerinde ise ortamda oksijen bulunması lipid oksidasyonunu hızlandıran etmenlerdendir. Kanatlı hayvanların dondurulmasında, karkas yüzeyindeki oksijen temasının azaltılması, depolama süresi ve sıcaklığa dikkat edilmesiyle lipid oksidasyonu minimize edilmektedir (Kong ve Singh, 2016).

Renk, Tat ve Vitamin Kaybı

Dondurulmuş gıdalarda, renk, tat ve vitamin kaybı meydana gelmektedir. Özellikle dondurulmuş sebzelerde meydana gelen renk kaybının nedeni bitkisel dokulardaki renk pigmentlerinin değişmesi ve enzimatik esmerleşme gelişimidir. Kümes hayvanlarının karkaslarında açık yüzey rengi önemlidir. Bu renk en iyi hızlı yüzey dondurmasıyla elde edilmektedir.

Gıdalarda fazla buz kristali oluşumu, yüzeyin ışığı yansıtmasına ve daha beyaz gözükmesine sebep olmaktadır. Donmuş muhafaza sırasında veya çözündürme işlemi sırasında, özellikle tavuklarda kararma oluşabilir. Çoğunlukla genç tavukların, kemiklerinin iç kısımlarında bulunan hem pigmentinin dışarı sızmasıyla kas dokuları renk değişimine uğrar. Donmuş gıdaların tadında bir değişiklik olmasa bile dış görünüşünden dolayı tüketici satın almayabilir. Donmuş muhafaza, gıdanın tadını ve aromasını değiştirebilir. Özellikle dondurulmuş sebzelerde uygulanan yetersiz haşlama işleminden dolayı kötü tat oluşabilir (Dang ve ark., 2021). Çoğu durumda, dondurulmuş etlerde lipid oksidasyonu sonucunda istenmeyen tatlar oluşturur ve bu durum raf ömrünü kısaltır. Donmuş muhafaza, en az vitamin kaybını sağlayan yöntemdir. Dondurma işleminde yaşanan vitamin kayıtları genelde depolama sıcaklığına bağlıdır (James ve James, 2023). C vitaminin kaybı, dondurma işlemi ve depolaması sırasında olur. Gerçekleşen bu vitamin kaybı haşlamadan, donma işleminin yönteminden, gıdanın ambalajından ve depolama-sıcaklık koşullarından etkilenir. Ancak asıl kayıp oksidasyon sonucunda gerçekleşir. Donmuş depolama sıcaklığı ne kadar düşük olursa gıdadaki C vitamini kaybı o kadar az olur. Dondurma işleminden önce yapılan haşlama, sebzelerdeki C vitamini kaybını azaltmaktadır. Donmuş muhafaza yapılan etlerde B vitaminini kayıpları meydana gelebilir (Alsailawi ve ark., 2020). B₂ vitaminin yaklaşık %4-18'i, yeşil sebzelerde yapılan ön işlemler sırasında kaybolabilir. Aynı şekilde B₁ vitamininde ön işlemler sırasında %25'i kaybolabilir (Attrey, 2017).

Enzimlerin Salınımı

Dondurma işlemi uygulanan gıdalarda meydana gelen bozulma, enzimlerin açığa çıkmasına sebep olmaktadır. 0 °C'de proteinler enzimatik olarak parçalanır ve gıdalarda kalite kaybına neden olur. Sıcaklık -8 °C'nin altına düştüğünde bakteriyel bozulmalar durur, lipidlerde oksidatif ekşime ile protein denatürasyonu kaliteyi etkiler (Mangiagalli ve ark., 2020).

Asetaldehit Oluşumu

Donmuş gıdalardaki asetaldehit oluşumu, raf ömrünün göstergesidir. Çünkü asetaldehit, depolama süresince artmaktadır. Gıdalarda asetaldehit oluşumu, dondurmadan önce yapılan haşlama işlemine ve depolama süresine göre değişmektedir (Rahman ve Velez-Ruiz, 2007).

DONMA VE BAKTERİLER

Donmuş muhafaza, gıdaların bakteriyel risklerden korunması için önemli bir yöntemdir. Dondurma işlemi, gıdanın su aktivitesi ve sıcaklığı

ğının azalmasını sağlayarak bakteriyel riski ortadan kaldırmaktadır. Ancak bazı bakteriler donma sırasında ölürken, bazıları hayatta kalır.

Donma Sürecinin Bakterilere Etkisi

Dondurma süreci, bakteriler üzerinde çeşitli mekanik ve fizyolojik etkilere neden olur. Dondurma sırasında hücre içi ve hücre dışı buz kristalleri oluşur. Bu kristaller, bakteri hücre duvarlarına ve zarlarına mekanik zarar verebilir. Özellikle, hücre zarındaki hasar, hücrenin çözünen maddelerini tutma ve iç ortamını koruma kapasitesini azaltır. Ayrıca, hücre dışı ortamdaki zararlı çözünen maddelerin artan konsantrasyonları nedeniyle osmotik basınç artar ve bu da hücrelerin dehidrasyonuna yol açabilir ve hücre içi su aktivitesini azaltır (Li ve ark., 2018). Dondurma işlemi, hücrelerin ölümüne veya yaralanmasına yol açan soğuk şoku üretir. Soğuk şok, membran lipidlerinin faz değişikliklerine neden olabilir ve bu, membranlara zarar vererek hidrofilik gözeneklerin oluşmasına yol açar. Bu gözeneklerden, sitoplazmik içerikler sızıntı yapabilir. Hücreleri farklı oksidatif strese karşı duyarlı hale getirir (Zhang ve Gross, 2021). Aniden ve önemli ölçüde düşen sıcaklıklar, hücre içi metabolit ve protein kaybına yol açabilir ve bu durum, soğuk şok proteinlerinin üretimini tetikleyerek, bakterilerde hasara sebep olabilir (Gill, 2014). Ayrıca dondurma işlemi, DNA zincirlerindeki kırılmalar, ribozomal RNA'nın bozulması ve enzim inaktivasyonunun yaralanma biçiminde ortaya çıkması mümkündür (Zhang ve Gross, 2021). Ciddi ama geri döndürülebilir yaralanmalar oluşabilirken, geri döndürülemez olan ölümcül yaralanmalar ise hücre ölümüne yol açar (Shao, 2023). Yarı ölümcül yaralanmalar geri döndürülebilir. Yaralanmış hücreler, stres yaratan faktörler veya inhibe edici ajanlar içeren ortamlarda canlılıklarını kaybedebilirler. Ancak, uygun sıcaklık ve besin koşulları sağlandığında, dondurulmuş ve yaralanmış hücrelerin çoğu, birkaç saat içinde ilk özelliklerini geri kazanabilirler (Brown, 1991). Dondurma işleminin bakteriyel hücreler üzerindeki etkileri büyük ölçüde süspansiyon ortamının bileşimine bağlıdır. Bazı bileşenler, dondurmanın mikroorganizmaları öldürücü etkisini artırırken, diğer bazıları bu etkiyi azaltır. Örneğin, sodyum klorür çözeltileri donma noktasını düşürerek, hücrelerin donmadan önce yüksek çözünen madde konsantrasyonlarına daha uzun süre maruz kalmasını sağlar. Diğer taraftan, gliserol, sakaroz, jelatin ve proteinler gibi bileşikler genellikle mikroorganizmalar üzerinde koruyucu bir etkiye, yani kriyoprotektif etkiye sahiptir (Erkmen ve Bozoğlu, 2016). Yüksek viskoziteye sahip ve protein, karbonhidrat ve yağ gibi bileşenleri içeren gıdalar, yüksek tuz veya asit içeriğine sahip gıdalara kıyasla mikroorganizmalara daha fazla koruma sağlar (Maity ve ark., 2018). Ayrıca, gıdanın asitliği mikroorganizmalarda donma sırasında oluşan hasarı artırabilir (Palumbo ve Williams, 1990).

Donmuş Gıdalardaki Bakteriyel Aktivite

Birçok patojen bakterinin, donmuş muhafazaya karşı duyarlı olsa bile donmuş gıdalarda bulunduğu çalışmalarla kanıtlanmaktadır. Donma işlemi ve belirli süre depolamada, gıdaların bakteriyel yüklerinde belirgin bir azalma görülebilir. Ancak tamamen bakterilerden arındırılamamaktadır. Çözdürme sonrasında bakteriler aynı şekilde aktivitelere devam edebilmektedir. Donmuş muhafazada bakterilerin aktivitesi yavaşlayabilir, durabilir veya dondurma işleminde yaralanır ve ölebilir. Ancak unutulmalıdır ki yavaşlayan, duran ve yaralanan bakteriler uygun koşullar oluştuktan sonra yani çözülme işleminden sonra aktivitelere devam edebilir (George, 2007). Çalışmalar bize gösteriyor ki çoğu bakteri, donma işlemi sırasında yaralansa bile çözüldükten sonra çoğalmaya devam edebilir. Bakterilerin donmuş muhafaza sırasında hayatta kalma özellikleri farklılık göstermektedir. Düşük donma sıcaklıkları (-20 °C), daha yüksek donma sıcaklıklarına (-10 °C) kıyasla mikroorganizmalara daha az zarar verir. Bunun yanı sıra, -4 °C gibi bir sıcaklıkta, -15 °C veya daha düşük sıcaklıklara göre daha fazla mikroorganizma yok edilir. Bu durum, donma sıcaklığının mikroorganizmalar üzerindeki etkisinin karmaşık doğasını yansıtır ve donma işleminin etkinliğinin sadece sıcaklık değil, aynı zamanda hücrelerin donma sürecine tepkileriyle de ilişkili olduğunu gösterir (Jay ve Loessner, 2005).

Bakteriler türlerine göre farklı özelliklere sahiptir. Donmuş muhafazada, bazı psikrofilik bakteriler, mayalar ve küfler dışında çoğu mikroorganizmanın büyümesi durur (Yalçın ve ark., 2015). Psikrofilik bakteriler, düşük sıcaklıklarda membran lipidlerindeki doymamış yağ asitlerinin miktarını arttırabilir. Bu şekilde düşük sıcaklıklarda büyüebilmektedir (Hamad, 2012). Membran lipidlerinde doymamış yağ asitlerinin artması, lipidlerin erime noktasını azaltmaktadır ve membran fosfolipit akışkanlığını koruyarak membran proteinlerinin işlevlerine devam etmesini sağlamaktadır (Collins ve Margesin, 2019). Karakteristik olarak gram pozitiflerin donmaya karşı direnci, gram negatiflerden daha fazladır. Gram pozitif bakterilerden *S. aureus*, *C. botulinum*, *C. perfringens*, *B. cereus* ve *L. monocytogenes* önemli ve riskli patojenlerdendir. *C. botulinum*, *C. perfringens* ve *B. cereus* dirençli sporlar oluştururlar. Bu oluşan sporlar donma ve diğer şartlara karşı dirençlidir (Húngaro ve ark., 2014). *Micrococcus*, *Staphylococcus* ve *Streptococcus* gibi bakterilerin vejetatif hücreleri, donma ve donmuş depolamaya karşı oldukça dirençli olabilirler. Ancak, değişik suşlar arasında bu direnç düzeyinde önemli farklılıklar bulunmaktadır (Speck ve Ray, 1977). Gram negatif bakteriler donmaya karşı hassas olarak bilinmektedir. Ancak, hayatta kalma seviyeleri ve hasara karşı duyarlılıkları değişkenlik gösterir. Örneğin, *Enterobacteriaceae* ailesine ait bakteriler, dondurulmuş gıdalarda birkaç yıl saklandıktan sonra gıdalarda

bulunabilir (Brown, 1991). Dondurulmuş depolamaya karşı hassas olarak bilinen *Campylobacter* türlerini, gıdaların yapısına bağlanarak yaşamaya devam edebilir. Dondurulmuş kanatlılarda birkaç ay canlı kaldıkları tespit edilmiştir (Sağlam ve Şeker, 2016).

Bakteriyel büyüme -8°C 'de durur, kimyasal aktivite ve mikrobiyal aktiviteler ise -18°C 'de durmaktadır (Ishevskiy ve Davydov, 2017). Bakteriyel büyüme, enzimatik reaksiyonlarla meydana gelir. Sıcaklıktaki her 10°C 'lik azalma enzimatik reaksiyonların katalitik hızını iki kat azaltır. Sıcaklık düştükçe hücre içerisindeki enzim reaksiyonları yavaşlar. Böylece bakteriyel büyüme hızı da yavaşlamaktadır. -18°C 'de enzimatik reaksiyonlar yavaş olsa bile devam etmektedir (Hamad, 2012; Jay ve Loessner, 2005). Psikrotrofik bakterilerin, özellikle *Pseudomonas*'ın ürettiği enzimler, düşük sıcaklıklarda saklanan gıdalarda önemli bir etkiye sahip olabilir. Bu bakteriler tarafından üretilen hücre dışı lipazlar ve proteaz, süt endüstrisinde depolama sürecinde problemlere yol açabilir. Ayrıca, bu tür psikrotrofik bakteriler veya endojen enzimler (lipazlar ve proteaz gibi), aktif kalmaya devam edebilir ve gıda ürünlerinin bozulmasına neden olabilir (Alinovi ve ark., 2021; Yuan ve ark., 2019). Psikrotroflar, düşük sıcaklıklarda hayatta kalabildiği gibi enzimatik aktiviteleri de devam etmektedir. *Pseudomonas fragi*'nin -7°C 'de 2-4 gün, -18°C 'de 7 gün ve -29°C 'de 3 hafta boyunca lipaz ürettiği gözlemlenmiştir (Jay, 1998).

Mohammed ve ark. 2021 yılında yaptığı bir çalışmada, sığır ve tavuk etinde dondurma ve çözündürüp tekrar dondurma sırasındaki bakteri aktivitesi incelenmiştir. Çalışmada; *S. aureus*, *Pseudomonas*, *E. coli*, *Salmonella*, spor oluşturan bakterilerden *B. cereus*, *C. botulinum* ve diğer bazı türleri kullanmışlar. Donmuş depolamada -20°C kullanılmış, sığır ve tavuk eti 2 aydan 9 aya kadar izlenmiş. Sonrasında 4°C 'ye çözündürülüp tekrar -20°C 'de donmuş depolama yapılmış ve bu süreçte aynı şekilde 2 aydan 9 aya kadar izlenmişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre, sığır etinde donmuş muhafazada *Pseudomonas* ve *E. coli* hariç diğer bakterilerde depolamanın 4, 5 ve 9. ayında önemli derecede azalma olduğunu bildirdiler. *Pseudomonas*'ın 4,5 ayda varlığı hafif yükselmiş ama depolama süresi arttıkça yani 9. ayda büyük bir düşük gözlemlenmişlerdir. Çözündürüp tekrar dondurma işleminde *Pseudomonas* hariç bütün bakterilerde bir artış olduğu belirtilmiştir. Tavuk etinde aynı şartlarda yapılmış sonuçlarda ise donmuş muhafaza *Pseudomonas* ve *S. aureus* hariç diğer bakterilerde depolama süresinin artmasıyla birlikte önemli derecede bir azalma meydana geldiği bildirilmiştir. Çözündürüp tekrar dondurma işleminde ise *E. coli*, *S. aureus* ve spor oluşturan bakterilerde artış görüldüğü belirtilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, her iki et türünde de donma işlemi genel olarak bakterilerin sayısını azaltmakta ancak çözündürüp tekrardan dondurma işlemi bakteri sayısını arttırmaktadır. Dondurulmuş gıdaların çözündürüp tekrardan dondurulma-

ması gerekmektedir, bu kaliteyi bozduğu düşünülse de asıl amacı bakteri çoğalma riskinin bulunmasıdır.

Yapılan bir başka çalışmada, patojen bakteri kontamine edilmiş sütte yapılan peynirin donmuş muhafazası sırasında patojenlerin aktivitesine bakılmıştır. Çalışma 2015 yılında Metzger ve ark. tarafından yapılmıştır. Çalışmada dört patojenden karışım yapılmış, gram pozitif patojenlerden *L. monocytogenes* ve *S. aureus*, gram negatif patojenlerden *E. coli* O157:H7 ve *Salmonella* Typhimurium kullanılmıştır. Bu patojen karışımları süte aşılanmış ve yarı yumuşak peynir üretmişler ve peynirleri -20 °C'de dondurmuşlar. Patojenlerin sayısı 2, 7, 30 ve 90 gün izlenmiştir. -20 °C'de dondurma işleminde *L. monocytogenes* ve *S. aureus* sayısında önemli bir değişiklik bulunmadığı ancak *E. coli* O157:H7 ve *S. Typhimurium* depolanmanın 2. gününde önemli derecede azaldığı bildirilmiştir. 90 gün sonrasında eşit sayıda *S. aureus* bulunurken, *L. monocytogenes* 30 gün sonrasında bir miktar azalmaya başladığı belirtilmiştir. Gram negatif bakterilerden *S. Typhimurium* ise, diğerlerinden daha fazla oranda azalma gösterdiği bildirildi.

Listeria monocytogenes

Patojen bakteriler arasında olumsuz şartlara karşı en dirençli sayılabileceklerden birisi *L. monocytogenes*'dir. Soğutma, dondurma, ısıtma ve kurutma işlemlerine karşı dirençli olabilmektedir. Gram pozitif bir bakteridir. *L. monocytogenes*, yüksek sıcaklıklarda, buzdolabında çoğalabildiği, nemi yüksek ortamlarda birkaç ay, tuz içeren ve su aktivitesinin düşük olduğu kuru ortamlarda iki yıla kadar canlılığını koruyabildiği bildirilmiştir (Yavuz ve Korukluoğlu, 2010). Bu özelliklerinden dolayı soğutulmuş, dondurulmuş, paketlenmiş gıdalarda ve özellikle yemeye hazır ürünlerde (Ready-to-eat) endişe vermektedir. Birçok ülkede *L. monocytogenes* için sıfır tolerans kuralı bulunmaktadır. *Listeria*, özellikle süt ve ürünleri, yumuşak peynir, fermente et ürünleri, krema, salatalar, kabuklu deniz ürünleri, çiğ ve yetersiz ısıl işlem göre balık ürünleri, kıyma, yemeye hazır ürünlerde bulunmaktadır (Sağlam ve Şeker, 2016).

İşleyici ve ark. 2019'da, Türkiye'de marketlerde satılan dondurulmuş hazır köfte türlerinde *L. monocytogenes* varlığını araştırmıştır. Toplam 290 numunenin 240 tanesi dondurulmuş hazır köfteden oluşmaktadır. Farklı et ve köfte türleri kullanılan çalışmadaki numuneler sıklıkla kırmızı et içeriklidir. Çalışma sonucuna göre 240 dondurulmuş köfteden alınan numunelerin 27 tanesi *L. monocytogenes* pozitif bulunmuştur. Dondurulmuş odun köfte için 20 numune incelenmiş ve 20 numunenin 4'ünde *L. monocytogenes* pozitif çıktığı bildirilmiştir. Diğer türler içinde durum benzerdir. Dondurulmuş Tekirdağ, Tire ve İzmir köfte türlerinde de 3 numunenin pozitif

olduğu belirtilmiştir. Bu araştırma bize gösteriyor ki hazır köfte ve benzer ürünlerdeki hijyen kalitesi değişiklik göstermektedir. *L. monocytogenes* dondurulmuş ve hazır et ürünlerinde risk teşkil etmektedir. Bu çalışmaya benzer daha önceki yıllarda da marketlerdeki dondurulmuş paketlenmiş broiler karkası üzerinde yapılmış. 50 numune kullanılan araştırmanın sonucunda, 50 numunenin 15'inde *L. monocytogenes* pozitif bulunduğu bildirilmiştir (Erol ve Şireli, 1999). Başka bir çalışmada Ben Slama ve ark. 2013 yılında, -20 °C donmuş muhafaza uygulanan yumuşak bir peynir türündeki *L. monocytogenes*'in canlılığını araştırmışlardır. Çalışmada 4 farklı suş kullanılmış ve 6 ay boyunca -20 °C'de depolanmışlardır. Yapılan bakteri sayımı dondurma süresi boyunca hücrelerin sayısında azalma olduğunu bildirmektedir. Petri kabındaki steril numunelerin üzerine 10^8 kob/g suş bırakılmıştır. 6 aylık donmuş depolamadan sonra hücre sayısı 4-6 $\log_{10}$ kob/g'e düştüğü belirtilmiştir. Bu sonuçlara göre hücre sayısında önemli bir fark vardır ($P < 0.0001$). 4 suşta da en az 2 $\log_{10}$ kob/g azalma bulunduğu bildirilmiştir. Bu çalışma bize gösteriyor ki, *L. monocytogenes* donmuş muhafaza işleminden etkilenmektedir ve gıda içerisindeki hücre sayısı azalmaktadır. Yapılan bir başka çalışmada, *L. monocytogenes*'in -18 °C'de hayatta kalma yeteneği, kıyma, hindi kıyması, sosis, konserve mısır, dondurma ve domates çorbasında incelenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda *Listeria*'nın canlılığı gıdanın pH'ı ile ilişkilendirilmiştir. Bu gıdalardan domates çorbası hariç diğerlerinin pH'ı 5.8 veya üzerindeyken, domates çorbasının pH değeri 4.74'tü. Kıyma, hindi kıyması, sosis, konserve mısır ve dondurma içerisinde *L. monocytogenes* -18 °C'de donmuş muhafazada hayatta kalmış ve zarar görmemiştir. Ancak domates çorbasındaki hücreler yaralanmış ve sayılarının azaldığı bildirilmiştir. *L. monocytogenes*'in aside karşı toleransı olduğu bilinmektedir (Palumbo ve Williams, 1990).

***Pseudomonas* spp.**

Pseudomonas, gram negatif ve psikrotrofik bir bakteridir. Özellikle soğuk sıcaklıklarda bile enzim salgılama yeteneğine sahiptir. Bu yeteneği ile gıdanın kalitesini bozabilir. Proteolitik ve lipolitik enzimler üreterek ürünün raf ömrünün kısalmasına neden olurlar. Ürettiği proteinaz enzimi ile tavuk proteinini hidrolize edebilir ve bozulmasına yol açar. İçme suyu, toprak ve insan kaynaklıdır. *P. fluorescens*, tavukların bozulmasıyla ilişkilendirilmiştir. *P. fragi* türünün ise sütü ve eti bozduğu bilinmektedir (Sheir ve ark., 2020). Sheir ve ark. 2020 yılında, Menoufia'da bulunan süpermarketlerden 25'şer adet dondurulmuş tavuk göğüs, tavuk but, tavuk nugget ve tavuk burger köftesinde *Pseudomonas* türlerini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda *Pseudomonas* türleri en çok tavuk burger örneklerinden izole edildiği belirtilmiştir. *P. fluorescens* ve *P. fragi* dahil 11 *Pseudomonas* türü

dondurulmuş tavuk ürünlerden tespit edilmiştir. Bunların içerisinde en çok *P. fluorescens* görüldüğü bildirilmiştir.

Yersinia enterocolitica

Y. enterocolitica, *Enterobacteriaceae* familyasına ait Gram-negatif bir bakteridir. Psikrofilik karakterlidir. Buzdolabı sıcaklıklarında büyü-
yüp, üreyebilir. Özellikle çiğ et ürünleri, çiğ ve pastörize süt, krema, süt
tozu, yumurta, çiğ sebzelerde bulunur (Sağlam ve Şeker, 2016). *Y. entero-
colitica*, dondurma işlemine karşı dirençlidir. -18 °C'de 90 gün canlılığını
koruduğu bilinmektedir (Kapperud, 2019). Temmuz 2011 ve Mayıs 2014
tarihleri arasında Çin'deki dondurulmuş gıdalardan toplanan 455 numu-
nenin 56'sında *Y. enterocolitica* pozitif çıkmıştır. Numunelerin hepsi don-
durulmuş olmak üzere; 212 tavuk eti, 43 ördek eti, 33 koyun eti, 8 domuz
eti, 7 sığır eti, 6 jambon ve 146 makarnaya kullanılmıştır. Çıkan sonuca
göre gıda çeşitleri arasında farklar bulunmaktadır. 212 dondurulmuş tavuk
etinde 29 pozitif, 43 dondurulmuş ördek etinde 6 pozitif, 33 dondurulmuş
koyun etinde 8 pozitif ve 146 dondurulmuş makarna numunesinde 13 pozi-
tif *Y. enterocolitica* bulunmuştur. Dondurulmuş domuz eti, jambon ve sığır
etinde pozitif bir numuneye rastlanmamıştır (Ye ve ark., 2015). Bu durum
domuz eti, jambon ve sığır etinden alınan numunelerin sayısının az olma-
sıyla birlikte düşünülürse tam olarak doğruyu yansıtmayabilir.

***Salmonella* spp.**

Salmonella, *Enterobacteriaceae* familyasına ait Gram negatif bir bak-
teridir. Gıdalara bulaşının engellenmesi için çapraz kontaminasyona dikkat
edilmesi gerekir. Et, tavuk, yumurta, kıyma, süt ve süt ürünleri, pastane
ürünleri, kuru çorba, hazır yiyecekler ve çocuk mamalarından bulaşabilir
(Sağlam ve Şeker, 2016). *Salmonella*, mezofilik karaktere sahiptir. Donmuş
depolama sırasında sayısında azalma meydana gelmektedir ancak donmuş
depolamada canlılığı sürdürmeye devam edebilmektedir. -20 °C'de don-
durulmuş ette 1500 gün, dondurmada 2500 gün canlılığını sürdürdüğü bil-
dirilmiştir. -23 °C'de depolanan tereyağında 2.5 aydan sonra *Salmonella*
bulunmuştur. Diyarbakır ilindeki köy yumurtalarının %10'unda, market
yumurtalarının %21'inde, Samsun ilindeki 150 organik tavuk eti numu-
nesinin %28'inde *Salmonella* tespit edilmiştir (Asal Ulus, 2021). Manios
ve Skandamis'in 2015 yılında yaptığı bir çalışmada, sığır etinden yapı-
lan köftenin dondurma, 5-75 gün donmuş muhafaza, çözdürme ve pişirme
sırasındaki *Salmonella* ve *E. coli* bakterilerinin hayatta kalması incelen-
miştir. Köfte numunelerine bakteriler uygun koşullarda aşlandıktan sonra
-22 °C'de 5-75 gün depolanmıştır. Donmuş depolama sürecinde 5. günde
iki bakteri türünde de anlamlı bir azalma meydana geldiği ancak 75. gün-

de anlamlı bir değişiklik veya azalma olmadığı bildirilmiştir. Çalışmada aynı zamanda değişik çözündürme yöntemleri arasındaki farka bakılmışlar. Dondurulmuş köftelerin buzdolabında ve mikrodalgada çözümleri arasında mikrobiyolojik açıdan anlamlı bir fark olmadığı, çözündürme öncesi bulunan bakteri sayısı ile çözündürme sonrası bulunan bakteri sayısı arasında önemli bir değişiklik olmadığı belirtilmiştir. Ancak numunelerin mutfak tezgahında çözündürülmesi, *Salmonella* ve *E. coli* bakterilerinin artmasına neden olduğu rapor edilmiştir.

Escherichia coli

E. coli, *Enterobacteriaceae* familyasında yer alan Gram negatif bir bakteridir. Mezofilik karakterlidir ancak donmuş gıdalarda bulunabilirler. Genel olarak yeterli ısı işlem görmemiş etler ve çiğ sütlerden bulaşma görülmektedir (Sağlam ve Şeker, 2016). *E. coli*, donmuş gıdalarda varlığını sürdürebilmektedir. Çözündürme sonrasında bakteriyel aktivitesine devam edebilir. 2008 yılında Casarin ve ark. yaptığı bir çalışmada, tavuk hamburgerlerinin donmuş muhafaza yöntemiyle depolanması sırasında patojenlerin canlılığını değerlendirmiştir. Hamburgerlerin ayrı ayrı *E. coli*, *S. aureus* ve *Salmonella* ile kontaminasyonu sağlamışlardır. Kontamine edilen hamburgerler -18 °C'de 28 gün depolanmıştır. 28 gün donmuş depolama sonrasında *E. coli*, *S. aureus* ve *Salmonella* bakterilerinde anlamlı şekilde azalma görüldüğü belirtilmiştir. *E. coli* 0,63 log₁₀ kob/g, *S. aureus* 0,73 log₁₀ kob/g ve *Salmonella* 0,27 log₁₀ kob/g olmak üzere azalma rapor edilmiştir. Depolama süresinin uzamasıyla daha fazla bir azalma görüleceği düşünülmektedir.

Staphylococcus aureus

S. aureus, intoksikasyona neden Gram pozitif bir bakteridir. Stafilkoklar insan ve hayvan deri mukozasında bulunurlar. En önemli bulaş kaynağı insanlardır. Mezofilik bir bakteri olmasına rağmen -20 °C'de donmuş muhafazaya karşı dayanıklıdır (Erol, 2007). Hao ve ark. 2015 yılında, hızlı dondurulmuş Çin mantısındaki *S. aureus*'un prevalansını ve izole edilen suşların karakterini araştırmışlardır. Çalışma için 13 kuzu etli, 14 vejeteryen, 12 deniz ürünleri içeren ve 81 domuz etli olmak üzere toplam 120 Çin mantısı kullanılmıştır. 120 Çin mantısının %60'ında *S. aureus* pozitif olarak bulmuşlardır. 13 kuzu etlide 9, 14 vejeteryende 10, 12 deniz ürününde 6 ve 81 domuz etlide 47 pozitif *S. aureus* bulunduğu rapor edilmiştir. Hızlı dondurulmuş Çin mantılarında *S. aureus* varlığı insanlar için bir tehlike oluşturmaktadır.

Clostridium botulinum

C. botulinum, spor oluşturabilen, intoksikasyona neden olan ve vücutta özellikle sinir sistemine etki eden bir bakteridir. Oluşturduğu sporlar donmuş muhafazadan etkilenmez. Özellikle ev yapımı konservelerde, toprakla kontamine olmuş gıdalarda, vakumla paketlenmiş et ürünlerinde ve balda bulunur (Reis ve ark., 2018). Pernu ve ark. 2020 yılında *C. botulinum*'un vejetaryen sosislerindeki riskini analiz etmek için bir çalışma yapmıştır. Çalışmadaki sosislerin çoğu vakumlu paketlenmiş ürünlerden alınmıştır. Dondurulmuş vejetaryen sosislerinden ise 8 numune üzerinde çalışılmışlardır. 8 dondurulmuş vejetaryen sosis numunesinden birisinden *C. botulinum* izole edildiği bildirilmiştir. Çalışmada kullanılan numunelerin sayısının arttırılmasıyla birlikte *C. botulinum* riski daha ciddi boyutlara ulaşabilir. Donmuş depolamadaki sosislerin tüketilmeden önce ısıtma ve pişirme işleminin düzgün şekilde yapılması *C. botulinum* sporlarını öldürebilir.

Bacillus cereus

B. cereus, Gram pozitif, endotoksin üreten bir bakteridir. Oluşturdukları endotoksinler donmuş muhafaza dahil çoğu çevresel koşula dirençlidir. Çiğ sebzeler etkenin asıl kaynağıdır (Schneider ve ark., 2017). 2011 ve 2016 yılları arasında Çin'in 39 şehrinden toplamda 598 hızlı dondurulmuş gıda numunesi olmak üzere, 235 işlenmiş gıda numunesi ve 363 işlenmemiş gıda numunesi alınmıştır. Bu hızlı dondurulmuş gıda numunelerinde *B. cereus* yaygınlığını ve genetik yapısı araştırılmıştır. Numuneler Çin mantısı, bun, köfte, biftek ve jambon gibi farklı işlenmiş ve işlenmemiş hızlı dondurulmuş gıdalardan alınmıştır. Sonuçlara göre 598 hızlı dondurulmuş gıda numunesinin 193'ünde *B. cereus* bulunduğu belirtilmiştir. İşlenmiş ürünlerden %47,2 oranında, işlenmemiş ürünlerden %22,9 oranında *B. cereus* izole edildiği bildirilmektedir. Hızlı dondurulmuş gıdaların *B. cereus* ile yüksek oranda kontamine olduğunu, bunun halk sağlığını önemli derecede tehdit ettiğini söyleyebiliriz (Guo ve ark., 2021).

DEPOLAMA VE ÇÖZDÜRME

Depolama

Depolama, taşıma ve çözündürme işlemleri, dondurulmuş ürünün kalitesini ve bakteriyel aktivitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Dondurulmuş gıda ürünlerinin kalitesi, depolama koşullarına oldukça hassas bir şekilde bağlıdır. Bir gıda ürünü ne kadar iyi dondurulmuş olsa da depolama süreci sırasında meydana gelebilecek fizikokimyasal ve biyokimyasal değişiklikler, ürünün kalitesini olumsuz yönde etkileyebilir (Alsailawi ve ark., 2020). Bu nedenle, dondurulmuş gıdaların kalitesini korumak için depola-

ma sıcaklığının çok önemli olduğu bilinmektedir. Üretimden son tüketiciye kadar uzanan soğuk zincir içerisinde, dondurulmuş gıdaların dağıtımı sırasında gerekli sıcaklık düzeylerinin sürekli ve sistematik bir şekilde kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu kontrol, ürünün kalitesini korumak ve bozulmaları önlemek için kritik öneme sahiptir. Dondurulmuş gıda sektörü, geleneksel olarak iki temel sorunla mücadele etmektedir. Bunlar donma yanığı ve paket içi donma sorunlarıdır. Bu problemler, genellikle ürünlerin depolanması sırasında ortaya çıkar ve dondurulmuş gıdaların görsel kalitesini olumsuz etkiler. Donma yanığı, dondurulmuş gıdanın yüzeyindeki suyun buharlaşarak kaybolması sonucu meydana gelir. Bu durum, ürünün yüzeyinde kurumuş, yanmış gibi görünen bir tabaka oluşmasına sebep olur ve ne yazık ki bu durum geri alınamaz. Bu sorun genellikle ambalajsız ya da yetersiz ambalajlanmış gıdalarda görülür. Paket içi donma, özellikle gıdanın yüzeyinden suyun kaybı, ambalajın yetersizliği ve depolama sırasında yaşanan sıcaklık değişimlerinin bir araya gelmesiyle olur. Kaybolan su, genellikle ambalajların iç yüzeyinde donar. Dondurulmuş gıdalarda yaşanan bu sorunlar, dondurma işlemde değil depolama süresinde meydana gelir. Dondurma işleminin hızıyla bir alakası yoktur. Dondurulmuş gıdaların kalite seviyesi, büyük ölçüde depolama sıcaklıklarına bağlıdır. Bu sorunlar gıda güvenliği açısından bir risk oluşturmaz, gıdanın kalitesini düşürür (James ve James, 2023).

Depolama sıcaklığı -10°C ile 0°C arasında olduğunda, mikroorganizmalar genellikle daha hızlı bir oranda ölür. Ancak -30°C 'nin altındaki sıcaklıklarda, mikroorganizmaların popülasyonu depolama süreci boyunca hemen hemen değişmez. Depolama sürecinde donmuş durumda olan gıdalar, hücre bileşenlerinin ve hücre dışı ortamdaki bileşenlerin arasındaki reaksiyonlardan veya gıdanın zamanla dehidre olmasından kaynaklanan hücre hasarı riski taşır (Gill, 2014). Depolama ve nakliye sırasındaki şartlar, özellikle sıcaklık dalgalanmaları, dondurulmuş gıdaların yeniden kristalleşmesini ve dolayısıyla ürün kalitesini etkileyebilir. Depolama sıcaklığının düşük tutulması, gıdanın raf ömrünü uzatmada etkili bir yöntemdir (Muthukumarappan ve ark., 2019). Dondurulmuş gıdalarda bulunan bakterilerin çoğalma ve toksin üretme yetenekleri, bulunan bakteri türlerine ve gıdanın raf ömrü süresince maruz kaldığı depolama koşullarına göre değişiklik gösterir. Dondurma işleminde ve depolama süresince ne kadar dikkat edilse de dondurulmuş gıdaların dağıtımı, satışı ve evde depolanmasında sıcaklık dalgaları kaçınılmazdır (Tsironi ve ark., 2020). Soğuk zincirde, üreticiden tüketiciye kadar -18°C olarak belirlenen uluslararası standartlara uygun sıcaklıkların korunması gerekmektedir. Bu, Hızlı Dondurulmuş Gıda Direktifi'ne (QFF) uygun bir uygulamadır. Dünya genelinde -18°C veya daha düşük sıcaklıklar önerilir. Hızlı Dondurulmuş Gıda Direktifi (QFF), ürünün tüm noktalarında sıcaklığın -18°C veya altında

olmasını, nakliye sırasında 3 °C'yi geçmeyen kısa süreli sıcaklık dalgalanmalarına izin vermektedir. Depolama sıcaklıkları soğuk zincir boyunca değişkenlik gösterebilir. Üreticinin soğuk hava deposu tipik olarak -23 °C civarında olurken, dağıtım sırasında bu sıcaklık -18 °C'ye yükselebilir. -18 °C hedeflenmesine rağmen, pratikte en az -15 °C'de tutulması yaygındır (Evans, 2008).

Medić ve ark. 2018 yılında domuz etinin dondurulmuş depolama süresinin kalite ve mikrobiyolojik etkisini araştırmıştır. Çalışmada 3 farklı domuz eti dokusu kullanılmış ve 3, 6, 12, 15 ve 18 ay donmuş depolamadaki kalite ve bakteri sayısını üzerine farklılıklarına bakılmıştır. *Enterobacteriaceae*, *S. aureus*, *Pseudomonas* spp. ve psikrotrofik bakteri sayısının 18 aylık depolama sonrasında önemli ölçüde azaldığı rapor edilmiştir. Bu sonuç bize dondurulmuş depolamanın et ürünlerinde bulunan bakterilerin sayısını azaltabileceğini gösteriyor.

Çözdürme

Çözdürme işlemi, dondurma işlemi kadar önemlidir. Gıdanın içerisinde dondurma işleminden yara almamış olarak bulunan patojenik bakteriler bulunabilir. Bu patojenik bakteriler çözdürme işlemi sonrasında canlılıklarına kaldıkları yerden devam ederler (Leygonie ve ark., 2012). Çözdürme işleminin buzdolabında, mikrodalgada veya düzenli değiştirilen soğuk su altında yapılması mikrobiyolojik olarak daha güvenlidir. Sıcak suda veya oda sıcaklığında çözdürme yapılması önerilmez (Manios ve Skandamis, 2015). Optimal olmayan, kazara veya yavaş şekilde gerçekleşen çözdürme süreci, mikroorganizmaların büyümesine, sporların açılmasına ve gıdanın kalitesinin azalmasına neden olur (Cai ve ark., 2019). Mikroorganizmaların dondurulmuş halde hayatta kalma yetenekleri, çözülme sürecine büyük ölçüde bağlıdır. Birden fazla kez dondurulup çözülmek, hücre zarlarının zarar görmesine ve böylece bakterilerin ölümüne yol açar (Van der Sman, 2020).

Gıda bozulmasına veya zehirlenmesine neden olan mikroorganizmaların büyük bir kısmı genellikle gıdaların yüzeyinde bulunur. Çözülme işlemi sırasında, sıcaklıktaki ilk artış genellikle yüzeyde meydana gelir ve bu, bakteriyel çoğalmanın yeniden başlamasına yol açabilir (James ve James, 2023). Dondurulmuş gıdaların yavaşça çözülmesi için 4 ile 10 °C aralığındaki sıcaklıklar uygundur (Köprüalan Aydın ve ark., 2023). Yüksek çözülme sıcaklıklarında, ürünün iç kısmı hala donmuşken yüzeyde mezofilik bakteriler büyüyebilir. Yaklaşık 0 °C sıcaklıkta, bakteriyel hücreler üzerinde öldürücü bir etki gösterirken, aynı zamanda soğuğa dayanıklı bakterilerin, yani psikrotrofların büyümesine de imkân tanır. Uzun süre kontrolsüz çözülme süreçlerine maruz kalan büyük gıda maddelerinde,

iç kısımlar tamamen çözülmeden yüzeyde bozulmalar oluşabilir. Çoğu çözülme sistemi yüzeye ısı uygular ve bu ısının gıdanın merkezine iletildiği bir sürece dayanır. Bu, çözülme sürecinin yönetiminde dikkate alınması gereken önemli bir faktördür (James ve James, 2023). Çözünme esnasında, hücre içi ve hücre dışı buz kristallerinin büyümesi hücrelere zarar verebilir (Gill, 2014). Çözünme sırasında, besinlerin hücrelerinden zengin bir besin çözeltisi salınmaktadır. Bu süreçte, antimikrobiyal bariyerlerin denatürasyonu meydana gelir, bu da mikroorganizmaların hasar görmüş dokuya daha kolay nüfuz etmelerini sağlar. Bu faktörler, bakteriyel büyümenin kolaylaşmasına yol açar ve böylece gıdaları hızlı bakteriyel bozulmaya karşı daha hassas hale getirir. Bu nedenle, dondurma ve çözme işlemleri, gıdaların bakteriyel bozulma riskini artırabilir. Bazı durumlarda, dondurulmuş gıdaların çözülmesi sırasında bakterilerin çoğalması mümkündür ve bu popülasyonlar, donmadan önceki seviyelere eşitlenebilir veya bu seviyeleri aşabilir (Erkmen ve Bozoğlu, 2016; Leygonie ve ark., 2012). Çoğu dondurulmuş gıda işletmecisi, gıdaların çözüldükten sonra yeniden dondurulmamasını önerir. Bu tavsiyenin temel sebepleri, dondurulmuş ürünlerin dokusu, lezzeti ve besinsel özellikleriyle ilgilidir, ancak çözülmüş dondurulmuş gıdaların mikrobiyolojisi de bu konuda önemli bir etken olarak görülmektedir. Donma işlemiyle ilişkili dokusal değişiklikler, yüzeydeki bakterilerin ürünün daha derin kısımlarına girmesini kolaylaştırıyor ve bu da bozulma sürecini hızlandırıyor olabilir (Van der Sman, 2020).

Buzdolabında yapılan çözülme, en güvenli yöntem olarak kabul edilir, çünkü yiyecek oda sıcaklığında bırakıldığında, bakteriler için büyüme ve aktivite gösterme fırsatı doğar. Bu nedenle, yiyeceklerin çözülmesi sırasında sıcaklık ve hızın dikkatli bir şekilde kontrol edilmesi, gıdanın kalitesini ve güvenliğini korumak için önemlidir (Golden ve Arroyo-Gallyoun, 1997). Syed Ziauddin ve ark. 1993'teki yaptığı çalışmada, dondurulmuş manda etinin oda sıcaklığında çözüldüğünde, mikrodalgada çözülene kıyasla daha yüksek bakteriyel sayımlara sahip olduğunu ortaya koymuştur. Zahid ve ark. 2010 yılında donmuş sığır etinin farklı çözdürme tekniklerindeki mikrobiyal yüklerini araştırmıştır. En az bakteri çoğalması buzdolabında çözdürülen sığır etinde meydana geldiği belirtilmiştir. Oda sıcaklığında ve su içerisinde çözdürülen sığır etlerinde bakteri çoğalması daha hızlı meydana geldiği bildirilmiştir. Altı saat sonunda su içerisinde çözdürülen sığır etlerinde en yüksek bakteri çoğalmasının yaşandığı belirtilmiştir.

DONMUŞ GIDALARDA BAKTERİYEL RİSKLERİ AZALTILMASI

Bir gıdanın bakteriyel güvenliğini sağlamak için çiftlikten sofraya kadar olan süreçte dikkatle çalışmamız gerekmektedir. Patojen organizmaların tümü için sıfır toleransa ulaşmak mümkün olmasa da olan en düşük sayıda bulunması arzu edilir (Jay ve ark., 2005; Tropea, 2022). Tehlike analizi kritik kontrol noktaları (HACCP) kuruluşundaki ana nedenlerden ilki belirli bir gıdanın üretimi ve işlenmesindeki tehlikeleri tanımlamak ve analiz etmek, ikincisi ise kritik kontrol noktalarını tanımlayarak tüketicilere yönelik riskleri önlemektir. Bir gıda üretim tesisindeki tüm tehlikelerin giderilmesi ve bakteriyel güvenliği sağlanması için kontrol edilmelidir. HACCP'ın biyolojik tehlike kategorisindeki asıl amacı, tüketime hazır gıdaların patojenik mikroorganizmalardan veya toksinlerinden arınmış olmasına dair güvence sağlamaktadır. Aynı zamanda bozulmaya neden olan mikroorganizmaların kontrolünü sağlayarak ticari açıdan avantaj sağlamaktadır (Rosak-Szyrocka ve Abbase, 2020). Biyolojik risklerin oluşabilmesi için gıdaların mikroorganizmanın gelişmesine uygun olması, mikroorganizmanın sayısının yeterli olması, ısı, zaman, nem, pH gibi çevresel koşulların sağlanması, gıdalara mikroorganizmaları yok edecek dekontaminasyon işlemlerinden yapılmamış olması ve kontamine gıdaların insanlar tarafından tüketilmesi gerekmektedir (Çetin ve Şahin, 2017). Gıdaların hasat, hasat sonrası, işleme, depolama işlemleri sırasında yeterli hijyenik uygulamaların olmayışı gıdada patojen mikroorganizmaların üremesine neden olup gıda zehirlenmesine neden olabilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Gıdanın bakteriyel güvenliğinin sağlanması ve risklerin azaltılması için, patojen bakterilerin aktivitelerini anlamak hayati öneme sahiptir. Gıdanın işleme ve saklama koşullarının düzgün yönetimi, patojen bakterilerin gelişimini önler, böylece gıda kaynaklı hastalıkların önlenmesine yardımcı olur. Dondurma işlemi uzun yıllardır hem ev şartlarında hem de ticari olarak kullanılan bir muhafaza yöntemidir. Günümüzde market reyonlarında çok fazla çeşit dondurulmuş ürünler karşılaşmaktayız. Dondurulmuş gıda dediğimizde ilk olarak et ürünleri, balık ve deniz ürünleri, tavuk eti aklımıza gelse de dondurulmuş sebze, meyve, tatlı, ekmek türevi ürünlerde sıklıkla bulunmaktadır. Dondurulmuş ürünlerdeki en önemli risk, bakteriyel risktir. Gıdanın bakteriyel riski ve kalitesi raf ömrünü belirlemektedir. Dondurulmuş gıdalardaki bakteriyel riskler sandığımızdan daha tehlikeli olabilmektedir. Donmuş muhafaza, genellikle -18 °C'de yapılmaktadır. Bu sıcaklıklarda genellikle bakteriyel bir aktivite bulunmamaktadır. Donmuş muhafaza işleminin yapılması, insanların sağlığını tehdit eden patojen mikroorganizmaları tamamen öldürmez. Çoğu patojen mikroorganizmanın

büyümesi ve çoğalması durur. Çözdürdükten sonra aynı bakteriyel aktivitesine devam edebilirler. Bu yüzden dondurulan gıdanın bakteriyel yükünün az olması gerekmektedir. Donmuş muhafaza bakterilerin tamamen öldürülmesi amacıyla yapılmamalıdır. Donma işleminin yöntemi, depolanması ve çözündürülmesi bakteriyel aktiviteyi yakından ilgilendirmektedir. Donmuş muhafazadaki bu aşamaların uygulanma şekli, bakteriyel riskleri azaltabilir veya arttırabilir. Depolama sürecindeki istenmeyen sıcaklıklar bakteriyel üremeye veya gıdanın bozulmasına sebep olabilir. Çözdürme işleminin oda sıcaklığında yapılması bakterilerin daha fazla çoğalmasına neden olabilmektedir. Donmuş muhafazadaki oluşan sorunların temel kaynağı çapraz kontaminasyondur. Hammaddeden işlemeye, işlemeden depolamaya giden bu süreçte personelin, üretim tesisinin, uygulanan işlemlerin hijyen ve sanitasyon kurallarına uygun şekilde hareket etmesi gerekmektedir. Gıdanın bakteriyel yükü ne kadar az olursa ortaya çıkan dondurulmuş ürün o kadar kaliteli olmaktadır. Bu yüzden gıdanın işlenmesi, dondurulması, depolanması ve çözündürülmesi özenle ve hijyenik şekilde yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Al-Dalali, S., Li, C., Xu, B. (2022)**, Effect of frozen storage on the lipid oxidation, protein oxidation, and flavor profile of marinated raw beef meat. *Food Chem.*, **376**, 131881.
- Alexandre, E.M., Brandão, T.R., Silva, C.L. (2013)**, Frozen food and technology. In: Visakh PM, Sabu T, Iturriaga LB, Ribotta PD. (Eds), *Advances Food Science Technology*, Beverly, Scrivener Publishing, p: 123-150.
- Alinovi, M., Mucchetti, G., Wiking, L., Corredig, M. (2021)**, Freezing as a solution to preserve the quality of dairy products: the case of milk, curds and cheese. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **61(20)**, 3340-3360.
- Amit, S.K., Uddin, M.M., Rahman, R., Islam, S.R., Khan, M.S. (2017)**, A review on mechanisms and commercial aspects of food preservation and processing. *Agric. Food Secur.*, **6**, 1-22.
- Asal Ulus, C. (2021)**, *Salmonella* Bakterisinin Gıdalarda Varlığı. *Samsun Sağ. Bil. Derg.*, **6(1)**, 28-34.
- Attrey, D.P. (2017)**, Safety and quality of frozen foods. In *Food Safety in the 21st Century*, Academic Press, p: 527-539.
- Aytaç, S.A., Taban, B.M. (2014)**, Food-borne microbial diseases and control: Food-borne infections and intoxications. In: Barbosa-Cánovas GV. (Eds), *Food processing: strategies for quality assessment*, USA, Springer, p: 191-224.
- Bintsis, T. (2017)**, Foodborne pathogens. *AIMS Microbiol.*, **3(3)**, p: 529.
- Brown, M.H. (1991)**, Microbiological aspects of frozen foods. In *Food freezing: today and tomorrow*, **35(10)**, 15-25.
- Çetin, S.A., Şahin, B. (2017)**, Gıda güvenliğinde risk faktörleri ve hijyenin önemi. *J. Tour. and Gastron. Stud.*, **5(2)**, 310-321.
- Dalvi-Isfahan, M., Jha, P.K., Tavakoli, J., Daraei-Garmakhany, A., Xanthakis, E., Le-Bail A. (2019)**, Review on identification, underlying mechanisms and evaluation of freezing damage. *J. Food Eng.*, **255**, 50-60.
- Don, S., Ammini, P., Nayak, B.B., Kumar, S.H. (2020)**, Survival behaviour of *Salmonella enterica* in fish and shrimp at different conditions of storage. *LWT*, **132**, 109795.
- Erkmen, O., Bozoglu, T.F. (2016)**, Food preservation by low temperatures. *Food Microbiology: Principles into Practice*. John Wiley and Sons, Ltd, Chichester, UK, p: 34-43.
- Erol, İ. (2007)**, *Gıda Hijyeni ve Mikrobiyolojisi*, Ankara, Nobel Tıp Kitapevleri, s: 135.
- Evans, J.A. (2008)**, *Frozen food science and technology*, UK, Blackwell Publishing, p: 224-225.

- George, M. (2008)**, Freezing. In: Tucker GS. (Eds), *Food Biodeterioration and Preservation*. UK, Blackwell Publishing, p: 117-136.
- Gill, C.O. (2014)**, Damage to Microbial Cells. In: Batt CA, Tortorello ML (Eds), *Encyclopedia of Food Microbiology*, Academic Press, p: 964-967.
- Golden, D.A., Arroyo-Gallyoun, L. (1997)**, Relationship of frozen-food quality to microbial survival. In: Erickson MC, Hung YC. (Eds), *Quality in frozen food*, New York, Springer, p: 174-193.
- Guo, H., Yu, P., Yu, S., Wang, J., Zhang, J., Zhang, Y., Ding, Y. (2021)**, Incidence, toxin gene profiling, antimicrobial susceptibility, and genetic diversity of *Bacillus cereus* isolated from quick-frozen food in China. *LWT*, **140**, 110824.
- Hamad, S.H. (2012)**, *Factors affecting the growth of microorganisms in food*. In: Bhat R, Alias AK, Paliyath G. (Eds), *Progress in Food Preservation*, UK, John Wiley & Sons Ltd. p: 405-427.
- Hao, D., Xing, X., Li, G., Wang, X., Zhang, M., Zhang, W., Meng, J. (2015)**, Prevalence, toxin gene profiles, and antimicrobial resistance of *Staphylococcus aureus* isolated from quick-frozen dumplings. *J. Food Protec.*, **78(1)**, 218-223.
- Hungaro, H., Peña, W., Silva, N., Carvalho, R.V., Alvarenga, V., Sant'Ana, A. (2014)**, Food Microbiology. *Ency. Agric. Food Syst.*, **3**, p: 213-231.
- Ishevskiy, A.L., Davydov, I.A. (2017)**, Freezing as a method of food preservation. *Theory and practice of meat processing*, **2(2)**, 43-59.
- İşleyici, Ö., Sancak, Y.C., Tuncay, R.M., Atlan, M. (2019)**, Presence of *Listeria* species in ready-made meatballs offered by sale under freezing or cooling preservation. *Ankara Üniversitesi Vet. Fak. Der.*, **66(3)**, 280-288.
- James, S.J., James, C. (2023)**, Chilling and freezing. In *Food Safety Management*, 2nd ed., Academic Press, p: 453-474.
- Jay, J.M. (1996)**, Low-temperature food preservation and characteristics of psychrotrophic microorganisms. In: *Modern food microbiology*, 7th ed., United States of America, Springer, p: 328-346.
- Jay, J.M., Loessner, M.J., Golden, D.A. (2005)**, Protection of foods with low-temperatures, and characteristics of psychrotrophic microorganisms. *Modern food microbiol.*, 395-413.
- Joardder, M.U., Masud, M.H. (2019)**, *Food preservation in developing countries: challenges and solutions*, Springer, Cham, Switzerland, p: 27-55.
- Kapperud, G. (2019)**, *Yersinia enterocolitica* infection. In: Beran GW. (Eds), *Handbook of Zoonoses*, 2nd ed., Section A, CRC Press, p: 343-353.
- Kong, F., Singh, R.P. (2016)**, Chemical deterioration and physical instability of foods and beverages. In: Subramaniam P, Wareing P. (Eds), *The stability and shelf life of food*, 2nd ed., Woodhead Publishing, p: 43-76.

- Köprüalan Aydın, Ö., Yüksel Sarioğlu, H., Dirim, S.N., Kaymak Ertekin, F. (2023)**, Recent advances for rapid freezing and thawing methods of foods. *Food Eng. Rev.*, **15**(4), 667-690.
- Kumar, P.K., Rasco, B.A., Tang, J., Sablani, S.S. (2020)**, State/phase transitions, ice recrystallization, and quality changes in frozen foods subjected to temperature fluctuations. *Food Eng. Rev.*, **12**, 421-451.
- Leygonie, C., Britz, T.J., Hoffman, L.C. (2012)**, Impact of freezing and thawing on the quality of meat. *Meat Sci.*, **91**(2), 93-98.
- Li, D., Zhu, Z., Sun, D.W. (2018)**, Effects of freezing on cell structure of fresh cellular food materials: A review. *Trends Food Sci. Technol.*, **75**, 46-55.
- Manios, S.G., Skandamis, P.N. (2015)**, Effect of frozen storage, different thawing methods and cooking processes on the survival of *Salmonella* spp. and *Escherichia coli* O157: H7 in commercially shaped beef patties. *Meat Sci.*, **101**, 25-32.
- Medić, H., Kušec, I.D., Pleadin, J., Kozačinski, L., Njari, B., Hengl, B., Kušec, G. (2018)**, The impact of frozen storage duration on physical, chemical and microbiological properties of pork. *Meat Sci.*, **140**, 119-127.
- Mohammed, H.H.H., He, L., Nawaz, A., Jin, G., Huang, X., Ma, M., Khalifa, I. (2021)**, Effect of frozen and refrozen storage of beef and chicken meats on inoculated microorganisms and meat quality. *Meat Sci.*, **175**, 108453.
- Mulot, V., Benkhelifa, H., Pathier, D., Ndoye, F.T., Flick, D. (2019)**. Measurement of food dehydration during freezing in mechanical and cryogenic freezing conditions. *Int. J. Refrig.*, **103**, 329-338.
- Muthukumarappan, K., Marella, C., Sunkesula, V. (2019)**. Food freezing technology. In *Handbook of farm, dairy and food machinery engineering*, United States, Elsevier, p: 389-415.
- Palumbo, S.A., Williams, A.C. (1990)**. Effect of temperature, relative humidity, and suspending menstrua on the resistance of *Listeria monocytogenes* to drying. *J. Food Protec.*, **53**(5), 377-381.
- Pernu, N., Keto-Timonen, R., Lindström, M., Korkeala, H. (2020)**. High prevalence of *Clostridium botulinum* in vegetarian sausages. *Food microbiol.*, **91**, 103512.
- Reis, R., Zeray, C., Sipahi, H. (2019)**. *Clostridium Botulinum* Kaynaklı Gıda Zehirlenmeleri: Botulizm. *Hacet. Univ. J. Fac. Pharm.*, **39**(1), 58-63.
- Rosak-Szyrocka, J., Abbase, A.A. (2020)**. Quality management and safety of food in HACCP system aspect. *Prod. Eng. Arch.*, **26**(2), 50-53.
- Sağlam, D., Şeker, E. (2016)**. Food-borne bacterial pathogens. *Kocatepe Vet. J.*, **9**(2), 105-113.
- Schneider, K.R., Schneider, R.G., Silverberg, R., Kurdmongkoltham, P., Bertoldi, B. (2017)**. Preventing foodborne illness: *Bacillus cereus*. *Inst. Food Agric. Sci.*, **14**, 1-5.

- Sheir, S.H., Ibrahim, H.M., Hassan, M.A., Shawky, N.A. (2020).** Incidence of Psychotropic bacteria in frozen chicken meat products with special reference to *Pseudomonas* species. *Benha Vet. Med. J.*, **39(1)**, 165-168.
- Speck, M.L., Ray, B. (1977).** Effects of freezing and storage on microorganisms in frozen foods: a review. *J. Food Protec.*, **40(5)**, 333-336.
- Sudershan, R.V., Naveen Kumar, R., Kashinath, L., Bhaskar, V., Polasa, K. (2014).** Foodborne infections and intoxications in Hyderabad India. *Epidemiol. Res. Int.*, Volume **2014**, 1-5.
- Tropea, A. (2022).** Microbial contamination and public health: an overview. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, **19(12)**, 7441.
- Tsironi, T.N., Stoforos, N.G., Taoukis, P.S. (2020).** Quality and shelf-life modeling of frozen fish at constant and variable temperature conditions. *Foods*, **9(12)**, 1893.
- Van der Sman, R.G.M. (2020).** Impact of processing factors on quality of frozen vegetables and fruits. *Food Eng. Rev.*, **12**, 399-420.
- Velez-Ruiz, J.F., Rahman, M.S. (2020).** Freezing Methods of Foods. In *Handbook of Food Preservation*, 3rd ed., Florida, CRC Press, p: 681-690.
- Willis, C., McLauchlin, J., Aird, H., Amar, C., Barker, C., Dallman, T., Sadler-Reeves, L. (2020).** Occurrence of *Listeria* and *Escherichia coli* in frozen fruit and vegetables collected from retail and catering premises in England 2018–2019. *Int. J. Food Microbiol.*, **334**, 108849.
- Yalçın, E., Yılmaz, N., Söğüt, M.Z. (2015).** Kriyojenik ve Mekanik Dondurma Sistemlerinde Donma Sürelerinin Gıda Türüne Bağlı Karşılaştırmalı İncelenmesi. 12. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 2015, İzmir, s: 817-829.
- Yavuz, M., Korukluoğlu, M. (2010).** *Listeria monocytogenes*'in gıdalardaki önemi ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fak. Der.*, **24(1)**, 1-10.
- Ye, Q., Wu, Q., Hu, H., Zhang, J., Huang, H. (2015).** Prevalence, antimicrobial resistance and genetic diversity of *Yersinia enterocolitica* isolated from retail frozen foods in China. *FEMS Microbiol. Letters*, **362(24)**, 1-7.
- Yuan, L., Sadiq, F.A., Burmölle, M., Wang, N.I., He, G. (2019).** Insights into psychrotrophic bacteria in raw milk: a review. *J. Food Protec.*, **82(7)**, 1148-1159.
- Zahid, S., Fleming, T., Randall, G.K. (2010).** Microbial Growth in Ground Beef During Different Methods of Thawing. *URJHS*, **9**.
- Zhang, W., Ma, J., Sun, D.W. (2021).** Raman spectroscopic techniques for detecting structure and quality of frozen foods: principles and applications. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **61(16)**, 2623-2639.
- Zhang, Y., Gross, C.A. (2021).** Cold shock response in bacteria. *Annu. Rev. Genet.*, **55**, 377-400.

Ziauddin, K.S., Mahendrakar, N.S., Rao, D.N., Amla, B.L. (1993). Effect of freezing, thawing and frozen storage on physico-chemical and sensory characteristics of buffalo meat. *Meat Sci.*, **35(3)**, 331-340.

BÖLÜM 2

HAYVANSAL GIDALARDA SOSLARIN ANTİMİKROBİYAL ETKİSİ

Melike COŞKUN¹

Halil YALÇIN²

¹ Gıda Mühendisi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi, Burdur, Türkiye, meliketonguslu@gmail.com, ORCID: 0009-0005-9706-2113,

² Doç. Dr., Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi, Burdur, Türkiye, hyalcin@mehmetakif.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2162-2418

1. GİRİŞ

İnsanların temel gereksinimlerinden biri beslenmedir ve sağlıklı bir yaşam sürdürebilmeleri için yeterli ve dengeli beslenmeleri önemlidir (Karan, 2017). 2022 yılında dünya genelinde 691 ile 783 milyon insanın açlık riskiyle karşı karşıya olduğu tahmin edilmiştir. Orta aralıkta (yaklaşık 735 milyon) hesaplandığında, 2022 yılında pandemi öncesine (2019) göre 122 milyon daha fazla insan açlıkla mücadele edecektir (FAO, 2023a). 2030'a gelindiğinde ise yaklaşık 600 milyon insanın kronik olarak yetersiz besleneceği öngörülmektedir (FAO, 2023b).

Dünya Sağlık Örgütü gıda güvencesini sağlama sürecinde, zaman zaman gıdaların adil dağıtımına yönelik çalışmalar yapılırken, bazen de alternatif besin kaynakları geliştirilmesi hedeflenmektedir. Örneğin, böcek türlerinin besin kaynağı olarak önerilmesi, Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) raporlarında hayvancılığın çevreye etkileriyle ilişkilendirilerek ele alınmakta ve kaynakların daha verimli kullanılması konusunda çeşitli öneriler sunmaktadır (Muslu, 2021).

Birleşmiş Milletler Gıda Zirvesi'nde, herkesin gıdaya erişimi temel bir insan hakkı olarak nitelendirilmektedir. Bu hak çerçevesinde, dünya genelindeki tüm bireylerin yaşadıkları bölge, cinsiyetleri, ırkları veya yaşları fark etmeksizin, sürekli olarak yeterli ve uygun fiyatlı gıdaya erişimlerinin sağlanması gerektiği vurgulanmaktadır (Ataman ve Evren, 2020).

Gıdaların korunmasında, gıdalardaki istenmeyen mikroorganizma büyümesini ve metabolik aktivitesini engellemek veya önlemek için kullanılan belirli kimyasal koruyucularla sağlanabilir. Bu koruyucular, genellikle antimikrobiyal, antioksidan ve antienzimatik ajanlar olarak sınıflandırılmıştır (Namasivayam ve ark., 2022).

Gıdalarda bulunan mikroorganizmalar genel olarak bakteriler, mantarlar, virüsler ve protozoalar gibi çeşitli gruplara ayrılabilir ve bunların her biri gıda kalitesi ve güvenliği ile önemli bir ilişki içindedir. Gıda kalitesi açısından, mikrobiyal bozulma gıdanın bozulmasına yol açarak sağlık için potansiyel tehlikelere neden olmuştur (Dash ve ark., 2022). Patojenik mikroorganizmaların bulaşması ve çoğalması, toksin üretimi ve gıdaların çapraz kontaminasyonu, gıda güvenliğini tehlikeye atmakta ve tüketiciler için sağlık riski oluşturmaktadır. Gıda işleme sektöründe, özellikle geliştirilmiş ürün özellikleri, sağlık yararları ve uzatılmış raf ömrü ile çeşitli fermente gıdaların üretiminde uygulama alanı bulmuştur (Alegbeleye ve ark., 2022). Gıdanın, kendisiyle ilişkili içsel ve dışsal faktörler tarafından belirlenen mikrobiyal büyümeyi desteklemesi mümkündür (Lorenzo ve ark., 2018).

Gıdalar, içerdikleri antioksidan ve antimikrobiyal koruyucular açısından iki gruba ayrılmaktadır. Antioksidanlar, oksidatif süreçlerin

neden olduğu bozulmayı yavaşlatmaya veya önlemeye yardımcı olurken, antimikrobiyal bileşenler ise hücresel metabolizmanın temel süreçlerini hedef alarak gıdanın bozulmasını ve zararlı mikroorganizmaların büyümesini engellemektedir. Bu gıda koruyucuları bir ürünün raf ömrünü de uzatabilir. Antimikrobiyal bileşikler hem bozulmaya neden olan hem de patojen mikroorganizmaların büyümesini önleyen maddelerdir. Yaygın olarak kullanılan antimikrobiyal gıda katkı maddeleri propiyonik, sorbik, benzoik ve asetik asitler gibi organik asitlerdir (Bolan ve ark., 2024).

Gıda muhafazasında temel prensip, patojen ve gıdalarda bozulmaya neden olan mikroorganizmaların etkisiz hale getirilmesi, gelişiminin geciktirilmesi veya önlenmesidir. Düşük sıcaklık, düşük su aktivitesi, yüksek asidite, anaerobik ortam, modifiye atmosferde paketlenme, antimikrobiyal kullanımı ve fermentasyon mikrobiyal gelişimi engellerken; pastörizasyon, sterilizasyon, ısınlama, yüksek hidrostatik basınç, dalgalı elektrik alan, mikrodalga uygulamaları gibi yöntemler mikroorganizmaları etkisiz hale getirmektedir. Aseptik işleme ve paketlenme, santrifüj, filtrasyon gibi yöntemler ise mikroorganizmanın gıdaya bulaşmasını engeller veya gıdadan uzaklaştırır. Bu yöntemlerin kombinasyonları, tek tek uygulandıklarından daha olumlu sonuçlar elde etmekte ve mikrobiyal gelişimin durdurulması veya önlenmesi “engeller teknolojisi” olarak adlandırılan bir sistemle mümkün olmaktadır. Bu teknikler arasında antimikrobiyal aktiviteye sahip kimyasalların kullanımı ve ısıl işlem uygulamaları en eski ve yaygın yöntemlerdir (Gould, 1999).

Soslarda, insanlar tarafından yemekler, salatalar, tatlılar ve benzeri gıda ürünlerine lezzet katan ve uzun yıllardır kullanılan besin maddeleridir. Soslar, çeşitli formülasyonlar da üretilen, geniş bir tüketici kitlesi tarafından tercih edilen ve özellikle yardımcı ve aperatif menülerde yer bulan önemli bir gıda kategorisidir. Bu soslar, emülsiyon özelliklerine sahip olmalarıyla bilinmekte ve yiyeceklere kremamsı bir doku sağlamaktadır (Önder, 2019).

Türk Dil Kurumu’na göre sos; Kıvam, renk ve lezzet vermek amacıyla yiyecekler hazırlanırken içine konulan veya servisi sırasında üzerine dökülen, domates, sarımsak, süt, çikolata, baharat vb. malzemelerle yapılabilen sıvı kıvamlı karışım olarak ifade edilmiştir (TDK, 2025).

Soslar, yüksek katma değere sahip olmaları ve aynı zamanda kolaylıkla üretilebilmeleri nedeniyle gıda endüstrisinde önemli bir rol oynamaktadır (Mandala ve ark., 2005).

2. SOS ÇEŞİTLERİ

Soslar, günlük hayatta yaygın olarak tüketilmektedir. Sosların tek kullanımlık paketler, hafif malzemelerden yapılması, kullanım kolaylığı ve yemeklerin tadını iyileştirme gibi birçok avantajı bulunmaktadır. Farklı ülke ve yemeklerde kullanılan sosların gıdanın lezzeti ve çekiciliğini arttırmaktadır (Sikora ve ark., 2008). Yiyeceklerde lezzet ve aroma hazırlamak veya eklemek için kullanılan, fermente edilmiş veya edilmemiş, baharat, çeşniler veya diğer bileşenlere dayalı sıvı, macun, emülsiyon veya süspansiyon formundaki ürünler olan soslar bulunmaktadır (Silva ve ark., 2021).

Soslar, sulu bir çözeltide veya bir emülsiyonun sulu fazında tuz ve aromatik bileşenler içermektedir. Hazır soslarda tuz, yalnızca tat ve aroma sağlamakla kalmaz, aynı zamanda potansiyel antimikrobiyal özellikleri nedeniyle gıdanın mikrobiyal stabilitesini ve su aktivitesini de etkilemektedir. Soslar, ticari veya evde kullanılmasının yanı sıra, yiyeceklerle karıştırılarak, batırılarak veya üzerine dökülerek de tüketilmektedir. (Titman, 2019).

Sos ve benzeri ürünler, tüketim öncesinde genellikle sulandırılarak hazırlanır. Bu ürünler, emülsifiye edilmiş ve edilmemiş olarak iki ana kategoriye ayrılır. Emülsifiye edilmiş soslar ve karışımlar: Bu kategori, emülsifiye edilmiş soslar ve dip sosları içerir. Örneğin, salata sosları ve yağ bazlı sandviç sürülebilir ürünler (örneğin, mayonez) bu gruba dahil edilebilir. Ayrıca, salata kremaları, yağlı soslar ve atıştırmalık soslar da bu kategoride yer alabilir. Emülsifiye edilmemiş soslar, ketçap, peynir sosu, worcester sosu gibi soslar bu gruba girmektedir. Bu soslar genellikle su, hindistan cevizi sütü veya süt bazlı ve emülsifiye edilmemişlerdir. Sos ve karışımlar; genellikle toz halinde olan ve su, süt, yağ gibi sıvılarla karıştırılarak hazırlanan konsantre ürünleri içermektedir. Hollandez sosu ve salata sosları bu kategoriye örnektir. Berrak soslar: İnce ve emülsifiye edilmemiş olan bu soslar genellikle çeşni olarak kullanılmaktadır. Örnekler arasında istiridye sosu ve balık sosu bulunmaktadır (Garçia-Casal ve ark., 2016).

Soslar, coğrafi köken (İtalyan, Hint, Japon sosları vb.), servis sıcaklığı (sıcak veya soğuk soslar), lezzet (hafif veya sıcak soslar), asitlik dahil olmak üzere farklı kriterlere göre sınıflandırılmaktadır (Maoloni ve ark., 2022).

2.1. Acı Sos

Kırmızı biber (*Capsicum annuum* L.), Türkiye’de yetiştirilerek birçok endüstriyel alanda kullanılan önemli bir tarım ürünüdür. Özellikle konserve, salça, turşu, acı sos ve işlenmiş et ürünlerinde sıkça kullanılırken, yemeklerde lezzet, aroma, acılık ve renk katma özelliğiyle de bilinmekte-

dir (Yaşar Fırat ve İnanç, 2019). Türkiye, Çin ve Meksika'nın ardından kırmızı biber üretiminde üçüncü sıraya yerleşmiştir. Bu ürün, hem iç piyasada tüketilmekte hem de yurt dışına ihraç edilmektedir, dolayısıyla tarımsal açıdan önemli bir gelir kaynağıdır. Ancak, üretim sürecinde karşılaşılan kayıpların ve kalite sorunlarının önlenmesi için çeşitli önlemlerin alınması gerekmektedir. Kırmızı biberin üretim aşamalarında mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziksel tehlikelerle karşılaşılabilir, bu nedenle dikkatli bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir.

Dünyada ve Türkiye'de çeşitli şekillerde yoğun olarak tüketilen önemli bir sebze türü olan biber beslenme yoluyla alınan doğal antioksidanların önemli kaynaklarından biri olarak kabul edilmektedir (Ergün, 2021). Kırmızı pul veya toz biber, *Capsicum annuum* L. adlı bir sebzenin kurutulup öğütülmesiyle yemeklere lezzet ve acılık katmak amacıyla kullanılan bir baharattır. Bu sebze, *Solanaceae* ailesine aittir ve asıl tropikal olarak Amerika'da bulunmaktadır. Meksika, Şili ve Peru gibi bölgelerde yaklaşık 2000 yıldır üretilmektedir. Türkiye'de, kırmızı biber genellikle Akdeniz, Ege, Marmara ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yetiştirilmektedir. Bu bölgelerde taze olarak tüketilmesinin yanı sıra, sanayi ürünlerinde özellikle konserve, salça, turşu, acı sos ve işlenmiş et ürünlerinde (pastırma, sucuk, sosis, salam vb.) kurutulmuş, toz ve pul biber olarak da kullanılır. Kırmızı biberin aktif bileşenleri arasında kapsaisinoid türlerinden kapsaisin ve kapsinoidler bulunur; bunlar arasında kapsit, dihidrokapsit ve nordihidrokapsit yer alır. Kapsaisin ve dihidrokapsaisin, kırmızı biberin acı ve keskin tadını oluşturan bileşenlerdir. (Fırat ve İnanç, 2019).

Acı biber taze olarak tüketilebileceği gibi kurutularak ya da biber sosuna dönüştürülerek de tüketilmektedir (Li ve ark., 2022). Kore acı biberlerinden elde edilen kapsaisin'in *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus* ve *Sarcina lutea* üzerinde antimikrobiyal etkisinin bulunduğu görülmüştür (Kim ve Reyon, 1979).

Acı biber sosu, pH'ı 4,6'dan düşük olan ve *Clostridium botulinum*'un gelişmesini engelleyen biberlerden yapılan bir üründür. Ancak, daha düşük pH değerine sahip bir gıda ürününün biyolojik olarak güvenli olduğu varsayılsa da, *Escherichia coli* O157:H7 veya *Listeria monocytogenes* gibi patojenler, 4 veya daha düşük pH değerlerinde bile hayatta kalma kapasitesine sahiptir (Kim ve ark., 2018).

Careaga ve ark. 2003 yılındaki çalışmalarında, *Capsicum annuum* ekstraktının inhibitör etkisinin farklı konsantrasyonlarda ekstraktla karıştırılarak kıyma sığır etine aşılana ve 7 °C'de 7 gün saklanan *Salmonella* Typhimurium ve *Pseudomonas aeruginosa*'ya karşı değerlendirmişlerdir. *C. annuum* ekstraktının ve sodyum klorürün bakteri büyümesi üzerindeki birleşik etkisi değerlendirmiştir. 100 g çiğ ette 1,5 ve 2,5 ml biber ekstrak-

tının konsantrasyonu *Salmonella*'yı etkisiz hale getirmiştir. Bu, *S. Typhimurium* için minimum bakterisidal konsantrasyonun (MBK), *P. aeruginosa* için gözlemlenen MBK'den (3 mL/100 g et) 1,5 mL/100 g et daha düşük olduğu anlamına gelmektedir. Çalışma sonucu biber ekstraktının kıyma sığır etinde *P. aeruginosa* ve *S. Typhimurium*'un gelişmesini engelleyebildiğini göstermiştir.

2.2. Hardal Sos

Hardal, tarih öncesi çağlardan beri bilinen ve yüksek düzeyde biyoaktif içeriğe sahip olan bir bitkidir. *Sinapis alba* L. (beyaz hardal), *Brassica nigra* L. (siyah hardal), *Brassica juncea* L. (kahverengi hardal), *Brassica carinata* A. Braun (Etiyopya hardalı), *Brassica eruca* L. (roka) ve *Sinapis arvensis* L. (yabani hardal) gibi birçok türü bulunmaktadır (Grygier, 2023).

Çeşitli turpgillerde, özellikle hardalda bulunan izotiyosiyanatlar geniş bir antimikrobiyal aktivite yelpazesi sergiler. Genel olarak, aromatik izotiyosiyanatların, alifatik yan zincire sahip olanlardan daha etkili olduğuna inanılmaktadır. Siyah ve doğu hardal tohumlarından elde edilen alil izotiyosiyanat ticari olarak bulunmaktadır. Ancak, alil izotiyosiyanatın keskinliği ve uçuculuğu nedeniyle gıdalarda kullanımı sınırlıdır (David ve ark., 2013).

ardal, öğütülmüş hardal tohumları, su, limon suyu, sirke, şarap, tuz ve diğer baharatlarla karıştırılarak yapılan, rengi parlak sarıdan koyu sarıya kadar değişebilen bir sostur. Genellikle peynir ve şarküteri ürünleriyle birlikte sunulan hardal, sandviçlerden hamburgerlere, sosisli sandviçlere kadar birçok farklı yemeğe eklenmektedir (Kırmızıkuşak, 2021). Zengin protein içeriği (%18-24) onu gıda endüstrisinde iyi bir besin katkı maddesi haline getirmektedir (Abul-Fadl ve ark., 2011). Hardal özleri, *Salmonella* spp. ve *Escherichia coli* gibi bakterilere karşı antimikrobiyal potansiyele sahiptir ve içerdikleri izotiyosiyanatların da izole edildiğinde antimikrobiyal aktivite gösterdiği bilinmektedir (Monu ve ark., 2014).

Hardal tohumu içeren yaygın gıdalar arasında salamura ürünler, işlenmiş etler, baharat karışımları, salata sosları, soslar ve hazır yiyecekler bulunur. Aynı zamanda, hardal yağı, yenilebilir yağ ve aroma maddesi olarak da yaygın olarak kullanılmaktadır (Gamalga ve ark., 2020). Hardalın koruyucu etkisi, uçucu yağlarından kaynaklanmaktadır. Hardal tohumlarındaki uçucu yağ türü, kullanılan türlere bağlı olarak değişiklik gösterir. Tohum halinde bulunan hardalda organik izotiyosiyanatlar bulunmaz; bu maddeler, glukozinolatların enzimatik hidroliziyle öğütme işlemi sırasında açığa çıkar. Siyah hardal tohumunda (*Brassica nigra* L.) bulunan sinigrin, ortamda su bulunduğunda pH ve sıcaklığa bağlı olarak alil izotiyosiyanata dönüşür. Uçucu yağın en etkili bileşeni alil izotiyosiyanattır ve bu madde

nedeniyle siyah hardal uçucu yağı güçlü bir antimikrobiyal özelliğe sahiptir. Beyaz hardal tohumunda (*Sinapis alba*) ise uçucu yağ miktarı çok azdır (Coşkun, 2010). *Sinapis alba* bitkisinden elde edilen beyaz hardal uçucu yağları, *Salmonella* Enteritidis, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Campylobacter jejuni* gibi patojenlere karşı in vitro antimikrobiyal aktivite gösteren önemli bir bileşendir (Monu ve ark., 2014).

Thomas ve ark. göre (2012), Kanada hem hardal yetiştiriciliği hem de hardal çeşniyi üretiminde en önemli ülkelerden biridir. Aslında Kanada, dünya hardal veriminin %21'ini karşılamaktadır.

Hardal mikotoksin üreten *Aspergillus*'lara karşı da antimikrobiyal etki de göstermektedir.

2.3. Barbekü Sos

Barbekü sos, ızgara et ve tavuk yemeklerine yakışan bir sostur. İçeriğinde sirke, tuz, karabiber, hardal, mayonez gibi çeşitli baharatlar ve şeker bulunur (Moss, 2010). Barbekü sosu, içeriğinde şeker olduğu için tatlı bir lezzete sahiptir. Bu nedenle, gıdanın hazırlanması ve saklanması sırasında protein açısından zengin gıdalarla Maillard reaksiyonu şekillenme ihtimali artmaktadır (Chao ve ark., 2009).

Barbekü sosunun antimikrobiyel etkileri hakkında spesifik araştırmalar bulunamamıştır, ancak barbekü sosunun içinde bulunan bazı bileşenlerin antimikrobiyel özelliklere sahip olabileceği bilinmektedir.

İstatistiksel olarak dünya çapında, en yüksek ihracat oranına sahip sosların sayısı 18 çeşit ile sınırlandırılmıştır. Bu soslar arasında Espanyol, beşamel, velute, hollandez, ragu, domates, pesto, peri peri, hardal, mayonez, ketçap, soya, chimichurri, balık sosu, teriyaki sosu, barbekü sosu, ranch ve sriracha yer almaktadır. Sosların kökenlerine dair bilgi edinilirken, kullanılan yerel malzemelerin hangi ülkelere veya kıtalara ait olduğuna dair veriler elde edilmiş ve bu bilgiler ışığında bilimsel çıkarımlar yapılmıştır (Kırmızıkuşak, 2021).

2.4. Soya Sos

Soya sosu, dünya çapında yaygın olarak kullanılan ve yoğun umami tadı ile bilinen bir sıvı baharat olarak öne çıkmaktadır. Çeşitleri, kullanılan hammaddelerin türüne, fermantasyon koşullarına ve eklenen diğer bileşenlere bağlı olarak değişiklik gösterir. Genellikle soya fasulyesi veya buğdaydan elde edilen bu fermente gıda, fermantasyon sürecinde su, tuz, peptidler, izoflavonlar, serbest şekerler ve organik asitler içermektedir (Garcíaa

ve ark., 2020). Soya soslarının (koruyucu madde eklenmeden) yüksek tuz konsantrasyonu (%19'a kadar), düşük pH ve etanol içeriği nedeniyle antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu belirtilmiştir (Rhoades ve ark., 2013). Soya sosunun hipostansif etkisi, antimikrobiyal ve anti-karsinojenik özellikler de dahil olmak üzere çeşitli olumlu faydalar sunmaktadır.

Soya sosu sıklıkla salataları, et ürünlerini, deniz ürünlerini ve kızarmış pilavı tamamlamak için kullanılmaktadır (Moon ve Rhee, 2016). Yüksek tuz konsantrasyonu (%17), düşük pH (laktik asit ile 4,6), etanol (%2) ve koruyucu maddeler (temel olarak sorbatlar veya benzoatlar) gibi antimikrobiyal faktörler nedeniyle soya sosu, gıda bozulmasını kontrol etmek için kullanılmıştır (Kataoka, 2005). Gıda güvenliğini sağlamak ve sağlık bilincine sahip tüketicileri memnun etmek amacıyla, doğal gıda katkı maddelerine olan ilgi artmaktadır. Uçucu yağlar, doğal bitki ekstraktlarıdır ve antibakteriyel özelliklere sahiptirler. Araştırmalar, uçucu yağların diğer koruma yöntemleriyle birleştirildiğinde etkinliklerinin arttığını göstermektedir. Marinasyonun bir muhafaza yöntemi olduğu ve uçucu yağların soya sosu gibi marinatların antibakteriyel aktivitesini arttırdığı belirtilmiştir (Moon ve Rhee, 2016).

Soya sosu, *Staphylococcus aureus*, *Shigella flexneri*, *Vibrio cholera*, *Salmonella* Enteritidis, patojenik olmayan *E. coli* ve patojenik *E. coli* O157:H7 gibi bakterilere karşı antimikrobiyal aktiviteye sahiptir (Kataoka, 2005). Moon ve Rhee (2016) yaptıkları çalışmada esansiyel yağların tek başına ve soya sosuna eklendiğinde bakterisidal etkileri incelendiğinde, tek başına esansiyel yağların 22 °C veya 4 °C'de *E. coli*, *S. Typhimurium* veya *L. monocytogenes*'in belirgin bir artış olmadığı görülmüştür.

Yapılan bir çalışmada, taze sığır etleri sek kırmızı şarap ve soya sosu ile 100 ml şarap veya soya sosu başına 1,5 g sarımsak tozu, 2,0 g kurutulmuş soğan gevreği ve 0,8 g taze ezilmiş karabiber ilave edilerek, kuru bileşenler aralıklı çalkama ile en az üç saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Polietilen tepsilere yerleştirilen numuneler elle çalkalama işlemi ile eşit dağılması sağlanmıştır. Tepsiler hava geçirmeyen polietilen plastik film ile kaplanarak 5 °C'de yüksek hassasiyetli ($\pm 0,2$ °C) düşük sıcaklıklı bir inkübatörde 24 saat tutulmuştur. Yaklaşık 12 saat sonrası etler ters çevrilerek fazla sıvı akıtılmıştır. 10 ve 5 gün boyunca 5 ve 15 °C'de saklanmıştır. Analiz için bakteri gruplarının seçimi, *Pseudomonas* spp. ve laktik asit bakterileri, aerobik olarak depolanan taze ve marine edilmiş sığır etlerinde baskın organizmalardır. Çalışma sonucunda antimikrobiyal içeren marinatlarla marine edilen sığır eti örneklerinin depolama süresince mikrobiyal bozulmaya daha dirençli olduğu ve daha uzun raf ömrüne sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Bu bulgular, sığır etinin marinasyonunda antimikrobiyal içeren marinatların kullanımının gıda güvenliği ve kalitesini artırabileceğini de göstermiştir (Kargiotou ve ark., 2011).

Marinasyon, etin lezzetini ve sululuğunu artırmak, sert kaslarını yumuşatmak ve raf ömrünü uzatmak amacıyla çeşitli gıda maddeleri kullanılarak et ve et ürünlerine uygulanan bir işlemdir. Marine etme işlemi, duyu-sal özellikleri iyileştirmenin yanı sıra etin mikrobiyolojik özelliklerini de etkilemiştir. (Cho ve ark., 2016). Yapılan çalışmalarda et marinasyonlarında zeytinyağı, kırmızı şarap, nar suyu, limon suyu, soya sosu, kekik yağı ve elma sirkesi gibi çeşitli ürünler kullanıldığı da görülmüştür.

2.5. Pesto Sos

Ocimum basilicum L. türünden olan Genovese Gigante çeşidi fesleğen, pesto üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır. Taze veya kurutulmuş fesleğen yaprakları, çeşitli gıda türlerinde, özellikle makarna, salata, sebze ve et yemekleri, pizza, deniz ürünleri ve şekerleme gibi ürünlerde kullanılarak lezzet ve aroma katkısı sağlamaktadır. Pesto, özellikle domates sosundan sonra en yaygın kullanılan sos çeşitlerinden biridir ve genellikle içeriğinde fesleğen, peynir, sızma zeytinyağı, çam fıstığı ve/veya ceviz ile sarımsak bulunmaktadır (Altay ve ark., 2024). Fesleğen içerisindeki metil-kavikol, öjenol ve linalool içeren uçucu yağ bileşenleri, pestonun raf ömrünü uzatan antimikrobiyal özelliklere sahiptir (Sowmya ve ark., 2022). Fesleğen, fenolik bileşikler antifungal ve antibakteriyel aktiviteye sahip olduklarından, çok hedefli ilaçlar olarak kabul edilebilmektedir. Rosmarinik, kafeik ve kikorik asitler gibi yüksek nutrasötik değere sahip fenoliklerin güçlü antioksidan aktiviteleri bulunmaktadır. Bu bileşiklerin en yaygın olanı fesleğende bulunan rosmarinik asittir ve radikal temizleyici olarak etki göstermektedir (Ciriello ve ark., 2021). Pesto, domates sosundan sonra en çok kullanılan soslardan biridir ve içerisinde fesleğen, peynir, sızma zeytinyağı, çam fıstığı veya ceviz ve sarımsak bulunmaktadır (Mitić-Ćulafić ve ark., 2014).

Glicerina ve ark. (2023), aktifleştirilmiş biyo bazlı ambalaj malzemesinin etkisi, depolama sırasında hem ayçiçek yağının hem de Ceneviz pesto sosunun bazı kalite özellikleri etkisi üzerine çalışma yapmıştır. 35 °C’de %50 bağıl nemde, askorbik asit ile aktive edilmiş ve edilmemiş olmak üzere 30 poşetlik iki grup numune 64 gün boyunca saklanmış ve 0, 7, 14, 25, 30, 36, 46, 50, 57 ve 64. günlerde analiz edilmiştir. Sonuçlar, askorbik asidin ayçiçek yağında oksidasyonu yavaşlatma potansiyelini ve yeni aktif paketlenme çözümünün bu ürünü geciktirmedeki etkinliğini ortaya koymuştur. Aktifleştirilmiş torbalar, 25 °C’de saklanan numunelerde, 45 °C’de saklananlara kıyasla en iyi oksijen temizleyici etkiyi göstermiştir. Ayrıca, 25 °C’de saklanan pesto örneklerinde tutarlılık açısından daha iyi dokusal özellikler gözlenmiştir. Çalışma sonucunda mikrobiyal popülasyon üzerindeki etki değerlendirilirken, kontrol örnekleriyle karşılaştırıldığında önemli bir farklılık görülmemiştir. Bu sonuçlar, yeni çok katmanlı

aktif biyolojik olarak parçalanabilir ambalajın gıda endüstrisinde başarıyla kullanılabileceğini ortaya çıkarmıştır.

Pesto sosunun stabilizasyonu için nemlendiricilerin kullanımı çalışmasında, pesto sosun raf ömrüne ilişkin literatürde çok az veri bulunmaktadır. Fabiano ve ark. 2000 yılındaki çalışmalarında değiştirilmiş atmosfer, çok katmanlı kaplama ve soğutulmuş koşullar altında depolama gibi bazı geleneksel olmayan engellerin pesto sosun raf ömrünü 120 güne kadar uzattığını tespit etmişlerdir. Bu birleştirilmiş elementler renk değişimini olumlu yönde etkilediği ve küf oluşumunu engellediği belirtilmiştir. Bu durum da hafif teknolojilerin kullanımının pesto sosunun stabilizasyonu için umut verici bir alternatif olduğunu göstermiştir. Bu çalışmadan yola çıkarak Severini ve ark. 2008 yılındaki çalışmalarında pesto örneklerinin a_w 'si ikili nemlendirici sistemi kullanılarak azaltılmıştır. Numunelerin mikrobiyolojik stabilitesi *Clostridium perfringens* sporlarının aşılınması yoluyla değerlendirilmiştir. Sonuçlar a_w azaltımının ve kontrollü depolama sıcaklığının *C. perfringens* gelişimini engellediğine işaret etmiştir. Sonuçlar a_w 'yi temel koruma parametresi olarak kullanarak iyi bir stabilizasyon elde etmenin mümkün olduğunu göstermiştir. a_w değerleri 0,935'e eşit olan bu ürün, söz konusu mikroorganizma için yaklaşık 30 günlük depolama boyunca stabil kaldığını göstermiştir.

2.6. Mayonez Sos

Mayonez sosları, kalın bir dokuya ve zengin bir tada sahip, su içinde yağ emülsiyonlarıdır. Sandviçlere, hamburgerlere, soğuk salatalara ve çok daha fazla gıda üzerine sürülebilir. Mayonez formülasyonların da kullanılan ana bileşenler arasında yağ, sirke, hardal, yumurta sarısı veya bütün yumurta, sirke, hardal, tuz ve şeker yer almaktadır (Hakimian ve ark., 2021). Mayonez ürünleri, içeriklerden, ekipmandan ve havadan gelen mikroorganizmaların büyümesi için uygun ortamı sağlamaktadır. Bunlar *Lactobacillus* (*L. brevis*, *L. fructivorans*), *Bacillus* spp. cinsinin asit dirençli bakterileridir (Teneva ve ark., 2021).

Mayonez günümüzde dünyada en çok tüketilen sos veya çeşnilerden biridir. Mayonez üretmek için pastörize yumurta sarısının kullanılması, bakterilerin (*Salmonella* spp. gibi) neden olduğu kontaminasyon riskini en aza indirir. Ayrıca pH'ı 4,1'in altında olan sulu faz mikrobiyolojik güvenliği sağlarken, tuz, şeker, sarımsak, hardal gibi bileşenler de mikrobiyal güvenliğine katkıda bulunmaktadır. Biberiye, çörek otu, sardunya, limonotu yağları vb. uçucu yağların mayonez muhafazasında başarıyla kullanıldığı da rapor edilmiştir (Özdemir ve ark., 2021).

3. SOSLARIN GIDA ÜRÜNLERİNDE KULLANIM ALANLARI

Baharatlar ve soslar genellikle tek başına tüketilmez; bunun yerine lezzetlerini artırmak için başka gıdalara uygulanırlar. Soslar, yumurtalı yemeklerden kreplere, sebzelerden etlere ve tam tahıllı yemeklere kadar çeşitli yiyeceklere uygulanabilir. Soslar genellikle belirli bir kültüre özgü gıdalara uygulanır ve belirli yemek kültürlerinde iyi bir şekilde eşleştirildiği düşünülür (Kim ve ark., 2018). Pesto, temel bileşeni bir bitki veya bitki karışımı olan, yaygın olarak yayılmış bir İtalyan makarna sosudur. Fesleğen, nefis aroması, hoş tadı ve pesto gelişimi için kendine özgü duyuşal özellikleriyle tanınmıştır (Sowmya ve ark., 2022). Soslar birçok tüketicinin günlük yaşamında sıklıkla kullanılmaktadır. Sosların en önemli faydası yiyeceklerin lezzetini artırma kapasiteleridir. Gıdaların tadını iyileştirmek için domates, kırmızı biber, hardal, ıstıridye, sarımsak ve soya sosu gibi çeşitli soslar baharat olarak da kullanılmaktadır.

Sertkaya ve İnanlı tarafından 2023 yılında yapılan bir çalışmada, farklı soslarla muamele edilen kerevit etlerinin muhafaza süresinin sos türüne bağlı olarak uzadığı ve sarımsak ilaveli sosun muhafaza süresinin soğan ilaveli sosa göre daha uzun olduğu bulunmuştur. Kimyasal katkı maddesi kullanmadan da raf ömrünün artırılabilceği sonucuna varılmıştır. Kılınc ve Çaklı (2005), marine edilmiş sardalyaya domates sosu ilavesinin etkilerini incelemiştir. Gökoğlu, Topuz ve Yerlikaya (2009), nar sosu ve ayçiçek yağının marine edilmiş hamsinin kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Ayrıca, Szymczak ve ark. (2013), Avrupa'nın en popüler salamurasının (sirke, yağ ve ekşi krema) ringa eti kalitesine etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmalar, balık marinasyonunda farklı sosların ve yağların kullanımının kalite üzerindeki potansiyel etkilerini değerlendirmektedir.

Lytou ve ark. 2017 yılındaki çalışmalarında limon suyu, elma sirkesi, nar suyu ve bunların kombinasyonlarından oluşan beş farklı marinatin tavuk göğüs filetosuna etkisi incelenmiştir. Üç farklı sıcaklıkta (4, 10 ve 20 °C) ve beş farklı marinasyon süresi aralığında (1, 3, 6 ve 9 saat) deneyler yapılmıştır. Mikrobiyal, fizikokimyasal ve duyuşal analizler sonucunda, kısa süreli marinasyonun (1 ve 3 saat) mikrobiyal azalmalara ve tatmin edici duyuşal sonuçlara yol açtığı gözlemlenmiştir. Özellikle, nar ve limon sularının birleştirilmesinin mikrobiyal azalmaya ve arzu edilen duyuşal özelliklerin oluşmasına katkı sağladığı belirlenmiştir. Marinatların organik asit profili incelendiğinde, düşük (1 ve 3 saat) ve yüksek (6 ve 9 saat) marinasyon süreleri arasında ayırım yapılabildiği görülmüştür. Çalışma sonuçları, seçilen marinatların tavuk göğüs filetosunun mikrobiyotasına etkili ettiği ve alışlagelmiş olarak kullanılan limon ve sirke soslarının nar suyuyla kombinasyonunun tatmin edici sonuçlar doğurduğunu göstermektedir. Marinasyon sıcaklığının genellikle önemli bir etkisi olmamakla

birlikte, üç saatlik marinasyonun hem mikroplara karşı etkili olduğu hem de duyuşsal olarak arzu edilen sonuçlara yol açtığı tespit edilmiştir. Mikrobiyolojik, duyuşsal ve kimyasal analizlerin birleşimi, farklı marinasyonların ve koşullarının etkisini daha kapsamlı bir şekilde değerlendirmişlerdir. Çeşitli çalışmalar, bitki ekstraktlarının, özellikle saf ve/veya standart kalitede olmaları durumunda (baharatlar ve otlar, meyveler ve sebzeler), polifenoller ve flavonoidler gibi biyoaktif bileşikler nedeniyle antioksidan, antimikrobiyal ve renklendirici maddeler olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Domateslerden yapılan ürünler dünya çapında yaygın olarak tüketilir. Bu ürünler, karotenoidlerin önde gelen kaynağı olan likopenin %85'inden fazlasını sağlar. Domatesin işlenmesi sırasında çeşitli kalıntılar oluşur, bunlar arasında domates posası da bulunur. Bu posa, besleyici bileşenlerin yanı sıra likopen ve fenolik bileşikler gibi doğal antioksidanlar açısından zengindir. Domates posası, nutrasötik ve antioksidan özellikleri nedeniyle besin kalitesini artırmak ve fonksiyonel gıdaların raf ömrünü uzatmak için gıda katkı maddesi olarak kullanılabilmektedir (Nemli ve ark., 2023).

4. HAYVANSAL ÜRÜNLERDEKİ BAZI PATOJEN MİKROORGANİZMALAR

Et ve et ürünleri, yüksek biyolojik değere sahip proteinler, vitaminler ve mineraller açısından zengin besinlerdir (Kaynakçı ve Kılıç, 2009). Gıdalar, farklı mikroorganizma gruplarını barındırabilmektedir. Bu mikroorganizmalardan bazıları gıda üretiminde faydalı olurken, birçoğu ise gıdalarda bozulmaya veya gıda kaynaklı hastalıklara yol açabilmektedir. Gıda kaynaklı infeksiyon ve intoksikasyonlarına neden olan çok sayıda bakteri bulunmakla birlikte, en önemlileri ve en sık karşılaşılanları *Salmomella* spp., *Campylobacter* spp., *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Clostridium* spp., *Escherichia coli* O157:H7, *Shigella* spp., *Yersinia enterocolitica*, *Vibrio* spp., *Brucella* spp. ve *Aeromonas* spp. olarak bilinmektedir (Sağlam ve Şeker, 2016).

Hayvansal bazı gıdaların güvenliğini artırmak ve raf ömrünü uzatmak için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Mikroorganizmaları etkisiz hale getirmek ve raf ömrünü uzatmak için dondurma, soğutma, dehidrasyon, gıda katkı maddelerinin eklenmesi ve uygun paketleme gibi geleneksel koruma yöntemleri yaygın olarak kullanılmıştır (Gavahian ve ark., 2019).

Esansiyel yağ asitlerinin patojen mikroorganizmalara karşı etkili olduğu bilinmektedir. Bu asitlerin antimikrobiyal etkisi, hidrofobik (suya karşı dirençli) özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Bu özellikleri sayesinde bakteri hücre zarlarına afiniteleri bulunur ve hücre zarının geçirgenliğini

artırarak hücre içindeki organellerin yıkımına neden olduğu görülmüştür (Tekce ve Gül, 2016).

Çeşitli hammaddelerden, bitkilerden, mahsullerden, baharatlardan ve bunların özlerinden üretilen çeşitli meyve suları, meyve bazlı soslar ve sirkeler, doğal dezenfektanlar olarak kullanılmaktadır. Bu ürünlerin *Salmonella* spp., *L. monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *E. coli* ve *Yersinia enterocolitica* gibi gıda kaynaklı patojenler üzerindeki antimikrobiyal etkisi araştırmacılar tarafından incelenmiştir.

Bacillus cereus

Patojen bakteriler arasında *Bacillus cereus*, *Bacillaceae* familyası *Bacillus* cinsine ait bir bakteridir, Gram pozitif *Bacillus cereus*, Gram pozitif, çomak şeklinde, sentral ve subterminal lokalizasyonda elipsoidal sporlara sahip, peritrik flagellası ile genellikle hareketli, aerofilik özellikte, kemo-organotrofik bir bakteridir. Üreme ısısı, 10-45 °C olmakla birlikte, optimal üreme ısısı 37 °C; spor oluşumu için gerekli minimum sıcaklık -1 °C, maksimum sıcaklık 59 °C ve optimum sıcaklık ise 30 °C'dir. Bu bakterinin sporlarının ısıya dirençleri, ısıl işlem uygulanan gıdalarda gıda güvenliğini etkileyen önemli faktörler arasında yer almıştır (Sağlam ve Şeker, 2016).

***Escherichia coli* O157:H7**

Bir koliform bakteri türü olan *E. coli*, dünya genelinde gıda kaynaklı bakteriyel salgınların önemli bir kısmından (%20) sorumludur. *E. coli* suşlarının insanlar üzerinde patojen olan türleri 6 grupta incelenmektedir. Bunlar; bir Shiga toksini olan *E. coli* O157:H7 Enterohemorajik (EHEC) bakteri, kanlı ishal, hemorajik kolit ve böbrek yetmezliği ile birlikte hemolitik üremik sendrom (HUS) gibi ciddi semptomlara yol açan Shiga toksinleri üretir. Enterotoksijenik *E. coli* (ETEC), normal sıvı emilimini bozarak sulu ishale neden olan ısıya dayanıklı toksin ve/veya ısıya dayanıklı toksin üretir. Öte yandan, enteroinvazif *E. coli* (EIEC) bağırsak hücrelerini istila edip çoğalarak dizanteri benzeri semptomlara neden olurken, enteroagregatif *E. coli* (EAEC) bağırsak hücrelerine yapışarak agregatif yapışma fimbriyalarını oluşturarak kalıcı ishale yol açar. Yaygın olarak yapışan *E. coli* (DAEC), bağırsak hücrelerine dağınık bir şekilde yapışarak ishale neden olmaktadır (Ronald ve ark., 2023).

Cho ve arkadaşları 2016 yılında çiğ tüketime hazır ürünleri üzerinde yapılan bir çalışmada, gıda kaynaklı patojenlerin hayatta kalma özelliklerini incelemiştir. Özellikle, soya sosuyla marine edilmiş ham tüketime hazır yengeçlerde *E. coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, *Vibrio parahaemolyticus*, *Listeria monocytogenes* ve *Staphylococcus aureus*'un ha-

yatta kalmasını değerlendirmiştir. Sonuçlar, 5 °C’de saklanan yengeçlerde tüm bakterilerin (*V. parahaemolyticus* hariç) 28. güne kadar hayatta kaldığını göstermiştir. Ancak, oda sıcaklığında (22 °C) saklanan yengeçlerde test edilen tüm bakterilerin marinasyonun antimikrobiyal etkilerine daha duyarlı olduğu görülmüştür. Marinasyon, gıda üretim sürecindeki tek antibakteriyel adım olmasına rağmen, sonuçlar gıda kaynaklı patojenleri etkisiz hale getirmek için yeterli olmadığını ortaya koymuştur. Özellikle, soğutma sıcaklığında yengeçler üzerinde patojenlerin hayatta kalması, çiğ tüketime hazır deniz ürünlerinin tüketimi için büyük bir tehlike oluşturabileceği bu nedenle, uygun dekontaminasyon yöntemleri ve güvenlik yönetimi uygulamalarının gerekliliği vurgulanmıştır. Bu çalışma, marine edilmiş çiğ tüketime hazır deniz ürünlerindeki gıda kaynaklı patojenlerin öngörücü mikrobiyolojik bilgilerini sağlamıştır.

Valdez ve ark. (2022) çalışmalarında pişmiş pirinç substratındaki böcek kitosanın *B. cereus*’un vejetatif hücrelerine karşı antimikrobiyal etkisini araştırmışlardır. Üç farklı sıcaklıkta (10, 20 ve 30 °C’de) saklanan *B. cereus*’lar tüm kitosan konsantrasyonlarında 10 °C’de, depolama süresi ilerledikçe *B. cereus* konsantrasyonunda bir azalma olduğunu görülmüşlerdir. Araştırma sonucunda depolama sıcaklıkları ve kitosan konsantrasyonları arasında bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Yüksek kitosan konsantrasyonları ve düşük sıcaklıkların, *B. cereus*’un gelişmesini engellediği ve mikroorganizma sayısında azalmaya neden olduğu görülmüştür.

Listeria monocytogenes

Listeria monocytogenes gram pozitif, fakültatif anaerobik, spor oluşturmeyen bir çubuktur ve 20–25 °C’de hareket yeteneğine sahiptir. Gıda kaynaklı patojen, geniş sıcaklık (-2 ila +45 °C) ve pH (4,2–9,5) büyüme aralığı ve 0,92’ye kadar su aktiviteli (a_w) bir ortamda dayanma ve çoğalma yeteneği nedeniyle çevrede her yerde bulunur ve %16’ya kadar tuz konsantrasyonlarında yaşayabilirler (hepsi diğer koşullar optimal olduğunda). Bakteriler, gıda işletmelerine ilk girişe yol açan toprak, bitkiler, su, silaj ve hayvan kaynakları (örn. sığır, koyun ve kümes hayvanları) gibi çeşitli çevresel kaynaklarda bulunabilmektedir (FAO ve WHO, 2022).

Listeria monocytogenes, 26 farklı türü bulunan *Listeria* cinsine aittir. 27. tür olan *Listeria ilorinensis* spp. yakın zamanda karakterize edilmiştir. Ancak sadece iki tür; *L. monocytogenes* ve *L. ivanovii*’nin insanlar ve diğer hayvanlar için patojen olduğu rapor edilmiştir (Zakrzewski ve ark., 2024). *L. monocytogenes* psikrotroftiktir ve dolayısıyla soğutulmuş sıcaklıklarda (<7 °C) büyüebilmektedir; bu da patojeni yemeye hazır gıdalarda, füme somonda, çiğ sebzelerde ve süt ürünlerinde son derece önem hale getirmiştir (EFSA, 2014).

Wang ve ark. 2020 yılındaki araştırma sonuçları çeşitli antimikrobiyal bileşikler içeren polimer filmlerin ve kaplamaların *L. monocytogenes* gibi patojenik bakterilere karşı etkili olduğunu gösteriyor. Özellikle, kitosan filmlerinin %0,5 ve %1,0 oranında kayısı çekirdeği esansiyel yağları içeren versiyonlarının *L. monocytogenes*'i inhibe ettiği ve antimikrobiyal etkinin arttığı belirlenmiştir. Bu bulgular, çeşitli esansiyel yağlarla birleştirilen diğer polimer filmler ve kaplamalarla uyumludur. Önceki çalışmalar, *Ziziphora clinopodioides* esansiyel yağı içeren kitosan jelatin filmlerinin ve mandalina esansiyel yağının nanoemülsiyonunu içeren kitosan bazlı kaplamaların balık filetosu ve yeşil fasulyenin raf ömrünü artırabileceğini göstermiştir.

***Salmonella* spp.**

Salmonella spp. *Enterobacteriaceae* familyasına ait gram negatif bakterilerdir. Bu cins, kontamine toprak, su ve gıda yoluyla diğer hayvanlardan insanlara bulaşabildikleri için zoonotik ajanlar olarak sınıflandırılan gıda kaynaklı patojenleri içermektedir (Silva ve ark., 2024). Çapraz kontamine kırmızı et tüketimi, *Salmonella* spp. gibi bakteriyel gıda kaynaklı patojenlerin çiftlikten çatala kadar hayatta kalması nedeniyle gıda kaynaklı hastalıklara da neden olabilmektedir (Sarjit ve ark., 2019). *Salmonella* spp., taze et besin değeri açısından oldukça zengin ve mikroorganizmaların gelişmesine uygundur. Özellikle *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Campylobacter jejuni* kontaminasyonu et kaynaklı hastalıklara neden olmaktadır (Yang ve ark., 2018).

Yapılan bir çalışmada tavuk kanatlarına aşılana zahter ekstresi, zahter esansiyel yağı, defne özü ve defne esansiyel yağın *Salmonella* Typhimurium üzerindeki antimikrobiyal etkilerini incelenmiştir. Toplamda 10 farklı grup oluşturulmuş ve bu gruplar farklı oranlarda defne özü, defne esansiyel yağı ve zahter ekstraktı içermiştir. Sonuçlar, en yüksek inhibitör etkinin %0.4 konsantrasyondaki defne esansiyel yağ grubunda gözlemlendiğini ve konsantrasyon arttıkça inhibitör etkinin arttığını göstermiştir. Ayrıca, defne özü yağının antimikrobiyal aktivitesinin, diğer özlerden daha az inhibitör olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, zahter ve defne bitkilerinden elde edilen özlerin ve uçucu yağların doğal antimikrobiyal olarak gıdalarda kullanılabileceğini göstermiştir (Yılmaz ve ark., 2023).

S. Typhimurium'un nane, kekik, defne yaprakları ve bunların alkol ekstratlarına karşı en az duyarlı olduğu, esansiyel yağların adaçayı, biberiye, kimyon, karanfil ve kekik'e karşı *P. fluorescens*, *S. marcescens*, *E. coli*, *Surcinasp.*, *Micrococcus* spp., *S. aureus*, *B. subtilis*, *Mycobacterium flei* ve *S. cerevisiae*'a antimikrobiyal etkisi görülmüştür (Macwan ve ark., 2016).

Staphylococcus aureus

E. coli, *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *S. Typhimurium* gibi 30'dan fazla gıda kaynaklı patojenin neden olduğu gıda kaynaklı hastalıklar, küresel ve bölgesel sağlık sorunu olarak artış göstermektedir. *S. aureus*, insanlarda ciddi enfeksiyonlara yol açan en yaygın gıda kaynaklı patojenlerden biridir. Kontamine gıdalar, et ve soslu et gibi et ürünleri *S. aureus* enfeksiyonu ile yakından ilişkilidir. Bakteriyel patojenler, halk sağlığını ve güvenliğini ciddi şekilde tehdit etmekte ve patojen mikroorganizmaların çoğalmasını önlemek, gıda üretiminde giderek daha önemli bir konu haline gelmiştir (Li ve ark., 2022).

S. aureus suşlarının ürettiği stafilokokal enterotoksinler, süt ürünleri, et ve et ürünleri gibi protein bakımından zengin gıdalarda sıklıkla görülebilmektedir (Shi ve ark., 2024).

Yüksek sıcaklıkta sterilizasyon bu bakterileri tamamen ortadan kaldırmamaktadır. *S. aureus*'u kontrol etmek için gıdanın doğasında bulunan antimikrobiyal peptitlerin kullanılması daha güvenli ve etkili bir yöntem sağlayabilir.

Yazgan ve ark. 2019 yılındaki çalışmada limon yağı bazlı nanoemülsiyonun gıda kaynaklı patojenler ve balıkta bozulmaya neden olan bakteriler üzerindeki antimikrobiyal aktivitesi saf limon yağı ile karşılaştırmıştır. Limon nanoemülsiyonu ve %10 limon esansiyel yağı, *S. aureus* 'a karşı daha yüksek antimikrobiyal aktivite ($P < 0.05$) göstermiştir.

5. SOSLARIN ANTİMİKROBİYAL ETKİLERİ

Gıda antimikrobiyalleri, gıda ürünlerine eklenerek patojenlerin büyümesini önleyen bileşiklerdir. Bu antimikrobiyallerin gıda matrislerine dahil edilmesi, gıda ürünlerinin güvenliğini artırma açısından önemli bir rol edinmiştir (Gaysinsky ve ark., 2008).

Aromatik ve tıbbi bitkilerin kökleri, kabukları, çiçekleri, tomurcukları ve yapraklarından elde edilen uçucu yağlar, güçlü antimikrobiyal ve antioksidan etkilere sahiptir (Sallam ve ark., 2021). Bitkiler ve şifalı bitkiler (sarımsak, soğan, nane, adaçayı, zerdeçal, biberiye, kekik ve kişniş), yağlar veya baharatlar (tarçın, karanfil, kimyon, karabiber), gıdaların korunmasında antimikrobiyal ve antioksidan olma özellikleri ile tek başlarına kullanılabildiği gibi birlikte de kombinasyon halinde de kullanılabilmektedir (Sallam ve ark., 2024). Doğal bitki özlerinin çeşitli gıda kaynaklı patojenlere karşı antimikrobiyal aktivitesini değerlendirmek için birçok çalışma yapılmıştır (Yun ve Bai, 2023). Karanfil/tarçın esansiyel yağlarının *E. coli*, *B. subtilis*, *S. Typhimurium*, *S. aureus*'a karşı mantar sosunun tadını etkilemeden antimikrobiyal aktivitelerini bildirmiştir. Kişnişten elde edi-

len esansiyel yağlar ise domates sosuna aşıl原因 *Byssoschlamys fulva*'nın büyümesini 60 gün boyunca engellendiği görülmüştür (Zamindar ve ark., 2016; Zhang ve ark., 2017).

Lezzet ve besin değeriinin ötesinde güvenlik ve stabilite de hem tüketiciler hem de gıda üreticileri için önemlidir. Patojenik mikroorganizmaların bulunmaması ve uzun raf ömrü boyunca mikrobiyolojik stabilite aşağıdaki yöntemlerle sağlanabilir. Bunlar, pH'ı düşürmek için organik asitlerin eklenmesi, su aktivitesinin (a_w) azaltılması için şeker veya tuz eklenmesi, kimyasal (örneğin sorbik ve benzoik asit) veya doğal (örneğin uçucu yağlar) koruyucuların eklenmesi, termal (örneğin pastörizasyon, sterilizasyon) veya termal olmayan (örneğin yüksek basınçlı) koruma tekniklerinin uygulanmasıdır (Maoloni ve ark., 2022).

Sosların içerdikleri bazı bileşenler, mikroorganizmaların gelişmesini engelleyebilir veya öldürebilir. Örneğin, sirke, sarımsak, soğan, biber gibi bazı doğal bileşenler antimikrobiyal özelliklere sahiptir ve sosların içinde bulunabilir. Ayrıca, bazı endüstriyel olarak üretilen soslar ve çeşniler de koruyucu maddeler içerebilir, bu da onların antimikrobiyal etkilerini artırabilmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Soslar geniş bir kullanım alanına sahip çok yönlü ürünler olması yanı sıra yemek sosları, salata sosları, dip soslar, tatlı sosları gibi yemeklere tat ve lezzet katmak için kullanılarak et, tavuk, balık, sebze veya meyvelerle birlikte kullanılarak yemeklere zengin bir tat ve aroma veren çeşitli kültürel ve mutfak stillerinin özelliklerini yansıtan önemli bileşenlerdir.

Gıda soslarında bulunan doğal bileşenlerin, özellikle bitki özlerinin ve baharatların antimikrobiyal özelliklere sahip olduğunu göstermiştir. Bu bileşenler, içerdikleri fenolik bileşikler, flavonoidler, esansiyel yağlar ve diğer aktif maddeler aracılığıyla patojen mikroorganizmaların gelişmesini engelleyebilir veya öldürebilir.

Dünya üzerindeki çeşitliliğin büyük kısmını oluşturan mikroorganizmalar, hemen hemen her ortamda bulunur ve biyojeokimyasal döngüde önemli bir rol oynarlar. Ancak bu mikroorganizmalardan bazıları, patojenik etkiler yaratarak insan ve hayvan sağlığını tehdit edebilir. Özellikle gıdaların uygun koşullarda muhafaza edilmemesi, ortam sıcaklığı, nem, ışık ve anaerobik ortamların oluşması, hastalık yapıcı mikroorganizmaların çoğalmasına yol açmaktadır. Değişen iklim koşullarıyla birlikte, gıdaların korunmasında yöresel farklılıklar ve artan sıcaklıklar, taze hayvansal gıdalarda mikrobiyal bozulmanın hızla gerçekleşmesine neden olabilir. Bu bozulmanın önlenmesi için ortam sıcaklığı, nem, ışığa maruz kalma,

ürünün mikroorganizmalarla kontaminasyonu ve ortamın sterilizasyonuna özen gösterilmelidir.

Hayvansal gıdalarda sosların antimikrobiyel etkileri ile ilgili birçok çalışma, sosların içerdiği bileşenlerin, özellikle bitki özleri ve doğal antimikrobiyal maddelerin, gıdalardaki mikrobiyal yükü azaltma potansiyeline işaret etmektedir. Yapılan araştırmalarda sarımsak, biberiye, kekik, limon otu, maydanoz gibi bitkisel özlerin içerdikleri antimikrobiyal bileşikler sayesinde hayvansal gıdalardaki patojen mikroorganizmaların gelişmesini engelleyebildiği görülmüştür. Esansiyel yağların tek başına ve soslara eklendiğinde *E. coli*, *S. Typhimurium*, *L. monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Shigella flexneri*, *Vibrio cholera*, *Salmonella* Enteritidis gibi patojen mikroorganizmalara karşı antimikrobiyel etkileri ve esansiyel yağların gaz halinin sıvı haline göre daha güçlü etki gösterdiği görülmüştür.

Patojenik bakterilerin gelişmesini önlemek için gıdalarda bitki bazlı antimikrobiyallerin kullanılması önerilmektedir. Karvakrol (kekik yağı), timol (kekik), öjenol (karanfil tomurcuğu yağı), perillaldehit (perilla), sin-namaldehit (tarçın yağı) ve sinnamik asit gibi çeşitli esansiyel yağların aktif bileşenlerinin antimikrobiyaldır. İn vitro ve gıdalarda ek olarak, kekik, tarçın, karanfil tomurcuğu ve yenibaharın esansiyel yağları ve bunların aktif bileşenleri, *Listeria monocytogenes*, *E. coli* O157:H7 ve *Salmonella enterica*'ya karşı in vitro antimikrobiyal aktiviteler göstermiştir. Ancak bu bileşiklerin bazıları gıdaların duyuşal özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu nedenle, istenmeyen organoleptik etkilerin önlenmesi için gıda türleri üzerinde gıdayla uyumlu bitki antimikrobiyallerinin dikkatli bir şekilde seçilmesi önemlidir.

KAYNAKÇA

- Abul-Fadl, M. M., El-Badry, N., & Ammar, M. S. (2011).** Nutritional and chemical evaluation for two different varieties of mustard seeds. *World Applied Sciences Journal*, 15(9), 1225-1233.
- Alegbeleye, O., Odeyemi, O. A., Strateva, M., & Stratev, D. (2022).** Microbial spoilage of vegetables, fruits, and cereals. *Applied Food Research*, 2, 100122.
- Altay, K., Sahingil, D., & Hayaloglu, A. A. (2024).** A geographically-registered Arapgir purple basil pesto sauce prepared with four different cheese varieties: Comparison of physical, bioactive and rheological properties. *Food Chemistry: Advances*, 4, 1-8.
- Ataman, R. P., & Evren, M. (2020).** Gıda güvenliği ve etik. *Turkish Journal of Obesity Research*, 7(4), 169-177.
- Bolan, S., Sharma, S., Mukherjee, S., Zhou, P., Mandal, J., Srivastava, P., Hou, D., Edussuriya, R., Vithanage, M., Truong, V. K., Chapman, J., Xu, Q., Zhang, T., Bandara, P., Wijesekara, H., Rinklebe, J., Wang, H., Siddique, K. H. M., Kirkham, M. B., & Bolan, N. (2024).** The distribution, fate, and environmental impacts of food additive nanomaterials in soil and aquatic ecosystems. *Science of the Total Environment*, 916, 1-21.
- Careaga, M., Fernández, E., Dorantes, L., Mota, L., Jaramillo, M. E., & Hernández-Sánchez, H. (2003). Antibacterial activity of *Capsicum* extract against *Salmonella Typhimurium* and *Pseudomonas aeruginosa* inoculated in raw beef meat. *International Journal of Food Microbiology*, 83, 331-335.
- Chao, P. C., Hsu, C. C., & Yin, M. C. (2009). Analysis of glycative products in sauces and sauce-treated foods. *Food Chemistry*, 113, 262-266.
- Cho, T. J., Kim, N. H., Kim, S. A., Song, J. H., & Rhee, M. S. (2016). Survival of foodborne pathogens (*Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, and *Vibrio parahaemolyticus*) in raw ready-to-eat crab marinated in soy sauce. *International Journal of Food Microbiology*, 238, 50-55.
- Ciriello, M., Formisano, L., El-Nakhel, C., Kyriacou, M. C., Soteriou, G. A., Pizzolongo, F., & Rouphael, Y. (2021). Genotype and successive harvests interaction affects phenolic acids and aroma profile of Genovese basil for pesto sauce production. *Foods*, 10(2), 278.
- Coşkun, F. (2010). Gıdalarda kullanılan bazı baharat ve baharat özütlerinin antimikrobiyal aktivitesi. *Akademik Gıda*, 8(4), 41-46.
- Dash, K. K., Fayaz, U., Dar, A. H., Shams, R., Manzoor, S., Sundarsingh, A., Deka, P., & Khan, S. A. (2022). A comprehensive review on heat treatments and related impact on the quality and microbial safety of milk and milk-based products. *Food Chemistry Advances*, 1, 1-11.

- David, J. R. D., Ekanayake, A., Singh, I., Farina, B., & Meyer, M. (2013). Effect of white mustard essential oil on inoculated *Salmonella spp.* in a sauce with particulates. *Journal of Food Protection*, 74, 580-587.
- Ergün, F. (2021). Kırşehir’de yetiştirilen cemele biberinin biyoaktif bileşenlerinin ve antioksidan kapasitesinin belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(3), 693-701.
- European Food Safety Authority (EFSA). (2014). *Listeria EFSA explains zoonotic diseases*. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2dfdc-b00-3f5a-46c0-ba4a-35677609879e/language-en>
- Fabiano, B., Perego, P., Pastorino, R., & Del Borghi, M. (2000). The extension of the shelf-life of pesto sauce by a combination of modified atmosphere packaging and refrigeration. *International Journal of Food Science*, 35(3), 293-303.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2023a). *The state of food security and nutrition in the world*. <https://www.fao.org/documents/card/en?details=c-c3017en>
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2023b). *The state of food security and nutrition in the world*. Retrieved April 1, 2024, from <https://www.fao.org/documents/card/en?details=cc3017en>
- Food and Agriculture Organization (FAO) & World Health Organization (WHO). (2022). *Listeria monocytogenes in ready-to-eat (RTE) food: Attribution, characterization, and monitoring: Meeting report*. Retrieved April 26, 2024, from <https://www.who.int/publications/i/item/978924>
- Gamalba, M., Bueno-Díaz, C., Ruiz-Valdepeñas Montiel, V., Povedano, E., Reviejo, A. J., Villalba, M., Campuzano, S., & Pingarrón, J. M. (2020). First electrochemical immunosensor for the rapid detection of mustard seeds in plant food extracts. *Talanta*, 219, 1-9.
- García-Casal, M. N., Peña-Rosas, J. P., & Gomez-Malavé, H. (2016). Sauces, spices, and condiments: Definitions, potential benefits, consumption patterns, and global markets. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1379, 1-47.
- García, A., Pérez, L. M., Piccirilli, G. N., & Verdini, R. A. (2020). Evaluation of antioxidant, antibacterial and physicochemical properties of whey protein-based edible films incorporated with different soy sauces. *LWT*, 117, 1-7.
- Gavahian, M., Chu, Y. H., & Jo, C. (2019). Prospective applications of cold plasma for processing poultry products: Benefits, effects on quality attributes, and limitations. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(4), 1292-1309.
- Gaysinsky, S., Davidson, P. M., McClements, D. J., & Weiss, J. (2008). Formulation and characterization of phytofenol-carrying antimicrobial microemulsions. *Food Biology*, 3, 54-65.

- Glicerina, V., Siroli, L., Gottardi, D., Ticchi, N., Capelli, F., Accorsi, R., Gherardi, M., Minelli, M., Fiorini, M., Andrisano, V., Colombo, V., Manzini, R., Lanciotti, R., & Romani, S. (2023). Influence of an innovative, biodegradable active packaging on the quality of sunflower oil and “pesto” sauce during storage. *Applied Food Research*, 3, 1-7.
- Gould, G. W. (1999). *New methods of food preservation*. Aspen Publishers Inc., Gaithersburg, New York: Chapman & Hall.
- Gökoğlu, N., Topuz, O. K., & Yerlikaya, P. (2009). Effects of pomegranate sauce on quality of marinated anchovy during refrigerated storage. *LWT*, 42(1), 113-118.
- Grygier, A. (2023). Mustard seeds as a bioactive component of food. *Food Reviews International*, 39, 4088-4101.
- Hakimian, F., Emamifar, A., & Karami, M. (2021). Evaluation of microbial and physicochemical properties of mayonnaise containing zinc oxide nanoparticles. *LWT*, 163, 1-10.
- Karacan, R. (2017). Türkiye’de kırmızı et talebinin, beyaz et tüketimi ve gelir dağılımı açısından değerlendirilmesi. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 54(630), 67-73.
- Kargiotou, C., Katsanidis, E., Rhoades, J., Kontominas, M., & Koutsoumanis, K. (2011). Efficacies of soy sauce and wine-based marinades for controlling spoilage of raw beef. *Food Microbiology*, 28, 158-163.
- Kataoka, S. (2005). Functional effects of Japanese-style fermented soy sauce (shoyu) and its components. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 100, 227-234.
- Kaynakçı, E., & Kılıç, B. (2009). Et ürünlerinde yeni eğilimler: Daha sağlıklı ürün geliştirme çalışmaları. *Akademik Gıda*, 7(6), 52-59.
- Kılınç, B., & Çaklı, Ş. (2005). Determination of the shelf life of sardine (*Sardina pilchardus*) marinades in tomato sauce stored at 4 °C. *Food Control*, 16, 639-644.
- Kırmızıkuşak, D. (2021). Uluslararası mutfaklarda kültürel etkileşim: yaygın kullanılan soslar (*Cultural interaction in international cuisines: Commonly used sauces*). *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 9(2), 1187-1203.
- Kim, H. J., Chung, S. J., Kim, K. O., Nielsen, B., & Ishii, R. (2018). A cross-cultural study of acceptability and food pairing for hot sauces. *Appetite*, 123, 306-316.
- Kim, K., & Reyon, K. (1979). A study on content and antibacterial effects of capsaicin from Korean hot pepper. *Report of National Institute of Health*, 16, 241-251.

- Kim, W. J., Park, S. H., & Kang, D. H. (2018). Inactivation of foodborne pathogens influenced by dielectric properties, relevant to sugar contents, in chili sauce by 915 MHz microwaves. *LWT*, 96, 111-118.
- Li, H., Zhang, M., Addo, K. A., Yu, Y., & Xiao, X. (2022). Action mode of cuminaldehyde against *Staphylococcus aureus* and its application in sauced beef. *LWT*, 155, 1-8.
- Li, X., Cheng, X., Yang, J., Xin, W., & Lü, X. (2022). Unraveling the difference in physicochemical properties, sensory, and volatile profiles of dry chili sauce and traditional fresh dry chili sauce fermented by *Lactobacillus plantarum* PC8 using electronic nose and HS-SPME-GC-MS. *Food Biology*, 50, 1-11.
- Lorenzo, J. M., Munekata, P. E., Dominguez, R., Pateiro, M., Saraiva, J. A., & Franco, D. (2018). Innovative technologies for food preservation: Inactivation of spoilage and pathogenic microorganisms (1st ed.). Academic Press, pp. 53-107.
- Lytou, A. E., Panagou, E. Z., & Nychas, G. J. E. (2017). Effect of different marinating conditions on the evolution of spoilage microbiota and metabolomic profile of chicken breast fillets. *Food Microbiology*, 66, 141-149.
- Macwan, S. R., Dabhi, B. K., & Aparnathi, K. D. (2016). Essential oils of herbs and spices: Their antimicrobial activity and application in preservation of food. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5(5), 885-901.
- Mandala, I. G., Savvas, T. P., & Kostaropoulos, A. (2004). Xanthan and locust bean gum influence on the rheology and structure of a white model-sauce. *Journal of Food Engineering*, 64, 335-342.
- Maoloni, A., Cardinali, F., Milanovic, V., Garofalo, C., Osimani, A., Mozzon, M., & Aquilanti, L. (2022). Microbiological safety and stability of novel green sauces made with sea fennel (*Crithmum maritimum* L.). *Food Research International*, 157, 1-12.
- Mitić-Ćulafić, D. S., Pavlović, M., Ostojić, S., & Knezević-Vukčević, J. (2014). Antimicrobial effect of natural food preservatives in fresh basil-based pesto spreads. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(3), 1298-1306.
- Monu, E. A., David, J. D. R., Schmidt, M., & Davidson, P. M. (2014). Effect of white mustard essential oil on the growth of foodborne pathogens and spoilage microorganisms and the effect of food components on its efficacy. *Journal of Food Protection*, 77, 2062-2068.
- Moon, H., & Rhee, M. S. (2016). Synergism between carvacrol or thymol increases the antimicrobial efficacy of soy sauce with no sensory impact. *International Journal of Food Microbiology*, 217, 35-41.
- Moss, R. F. (2010). *Barbecue: The history of an American institution* (1st ed.). United States of America: The University of Alabama Press, pp. 188-193.

- Muslu, M. (2021). Küresel iklim krizi ve beslenme sorunları karşısında geleceğin alternatif besinleri. *Climate and Health Journal*, 1(2), 74-81.
- Namasivayam, S. K. R., John, A., Bharani, A., Kavisri, M., & Moovendhan, M. (2022). Biocompatible formulation of cationic antimicrobial peptide Polyllysine (PL) through nanotechnology principles and its potential role in food preservation. *Journal of Biological Macromolecules*, 222, 1734-1746.
- Nemli, E., Capanoglu, E., McClements, D. J., & Tomas, M. (2023). Use of excipient emulsions for improving the bioaccessibility of antioxidants in tomato sauce. *Food Chemistry*, 424, 1-8.
- Önder, B. (2019). Bazı salata soslarının fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi. (Yüksek lisans tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ).
- Özdemir, N., Bayrak, A., Tat, T., Yanık, Z. N., Altay, F., & Halkman, K. A. (2021). Fabrication and characterization of basil essential oil microcapsule-enriched mayonnaise and its antimicrobial properties against *Escherichia coli* and *Salmonella Typhimurium*. *Food Chemistry*, 359, 1-8.
- Rhoades, J., Kargiotou, C., Katsanidis, E., & Koutsoumanis, K. P. (2013). Use of marination for controlling *Salmonella enterica* and *Listeria monocytogenes* in raw beef. *Food Microbiology*, 36, 248-253.
- Ronald, C., Matofari, J. W., & Nduko, J. M. (2023). Antimicrobial resistance of *E. coli* strains in ready-to-eat red meat products in Nakuru County, Kenya. *The Microbe*, 1, 1-10.
- Sağlam, D., & Şeker, E. (2016). Gıda kaynaklı bakteriyel patojenler. *Kocatepe Veterinary Journal*, 9(2), 105-113.
- Sallam, H. I., Abd-Elghany, S. M., Imre, K., Morar, A., Herman, V., Hüseyin, M. A., & Mahros, M. A. (2021). Ensuring safety and improving keeping quality of meatballs by addition of sesame oil and sesamol as natural antimicrobial and antioxidant agents. *Food Microbiology*, 99, 1-11.
- Sallam, K. I., Raslan, M. T., Sabala, R. F., Abd-Elghany, S. M., Mahros, M. A., & Elshebrawy, H. A. (2024). Antimicrobial effect of garlic against foodborne pathogens in ground mutton. *Food Microbiology*, 120, 104462.
- Sarjit, A., Ravensdale, J. T., Coorey, R., Fegan, N., & Dykes, G. A. (2019). *Salmonella* response to physical interventions employed in red meat processing facilities. *Food Control*, 103, 91-102.
- Sertkaya, V., & İnanlı, A. G. (2023). Farklı soslarda vakum paketlenmiş kerevitlerin (*Astacus leptodactylus esch.*, 1823) raf ömrünün belirlenmesi. *Ecology and Life Sciences*, 18(4), 156-165.
- Severini, C., Corbo, M. R., & Derossi, A. (2008). Use of humectants for the stabilization of pesto sauce. *International Journal of Food Science*, 43, 1041-1046.

- Shi, C., Liu, X., Chen, Y., Dai, J., Li, C., Felemban, S., Khowdiary, M. M., Chui, H., & Lin, L. (2024). Inhibitory effects of citral on the production of virulence factors in *Staphylococcus aureus* and its potential application in meat preservation. *International Journal of Food Microbiology*, 413, 110581.
- Sikora, M., Badrie, N., Deisingh, A. N., & Kowalski, S. (2008). Sauces and dressings: A review of properties and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(1), 50-77.
- Silva, G. B. L., Alvarez, L. A. C., Campos, F. V., & Guimaraes, M. C. C., Oliveira, J. P. (2024). A sensitive gold nanoparticle-based lateral flow immunoassay for quantitative on-site detection of *Salmonella* in foods. *Microbiology Journal*, 199, 109952.
- Silva, M. M., Lemos, T. O., Rodrigues, M. C. P., Araujo, A. M. S., Gomes, A. M., Pereira, A. L. F., Abreu, V. K. G., Araujo, E. S., & Andrade, D. S. (2021). Sweet-and-sour sauce of assai and unconventional food plants with functional properties: An innovation in fruit sauces. *Journal of Gastronomy and Food Science*, 25, 100372.
- Sowmya, R. S., Warke, V. G., Mhajan, G. B., & Annapure, U. S. (2022). Quality and shelf-life assessment of pesto prepared using herbs cultivated by hydroponics. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 30, 1-8.
- Szymczak, M., Szymczak, B., Koronkiewicz, A., Felisiak, K., & Bednarek, M. (2013). Effect of cover brine type on the quality of meat from herring marinades. *Journal of Food Science*, 78(2), 619-625.
- Tekce, E., & Gül, M. (2016). Esansiyel yağların broiler beslemedeki kullanım alanları. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 74-88.
- Teneva, D., Denkova, Z., Denkova-Kostova, R., Goranov, B., Kostov, G., Slavchev, A., Hristova-Ivanova, Y., Uzunova, G., & Degraeve, P. (2021). Biological preservation of mayonnaise with *Lactobacillus plantarum* LBRZ12, dill, and basil essential oils. *Food Chemistry*, 344, 1-8.
- Thomas, J., Kuruvilla, K. M., & Hrideek, T. K. (2012). *Handbook of herbs and spices* (Vol. 1, 2nd ed.). India, pp. 388-398.
- Titman, D. (2019). Sauces and seasonings. In: Beeren, C., Groves, K., & Titoria, M. P. (Eds.), *Reducing Salt in Foods* (2nd ed., p. 268). United Kingdom: Elsevier.
- Türk Dil Kurumu (TDK). (2024). Sosun tanımı. *Türk Dil Kurumu Sözlük*. <https://sozluk.gov.tr> (Erişim Tarihi: 16.02.2025).
- Türk Dil Kurumu (TDK). (2024). Sos. *Türk Dil Kurumu Sözlük*. <https://sozluk.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 16.02.2025).
- Valdez, M. I., Garcia, J., Ubada-Manzanaro, M., Martinez, A., & Rodrigo, D. (2022). Insect chitosan as a natural antimicrobial against vegetative cells of *Bacillus cereus* in a cooked rice matrix. *Food Microbiology*, 107, 1-5.

- Wang, D., Dong, Y., Chen, X., Liu, Y., Wang, J., Wang, X., Wang, C., & Song, H. (2020). Incorporation of apricot (*Prunus armeniaca*) kernel essential oil into chitosan films displaying antimicrobial effect against *Listeria monocytogenes* and improving quality indices of spiced beef. *Journal of Biological Macromolecules*, 162, 838-844.
- Yang, S., Pei, X., Yang, D., Zhang, H., Chen, Q., Chui, H., Qiao, X., Huang, Y., & Liu, Q. (2018). Microbial contamination in bulk ready-to-eat meat products of China in 2016. *Food Control*, 91, 113-122.
- Yaşar Fırat, Y., & İnanç, N. (2019). Kırmızı biberin besin alımı ve enerji metabolizması üzerine etkileri. *Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 8(4), 451-459.
- Yazgan, H., Ozogul, Y., & Kuley, E. (2019). Antimicrobial influence of nanoemulsified lemon essential oil and pure lemon essential oil on food-borne pathogens and fish spoilage bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 306, 1-8.
- Yılmaz, E. A., Yalçın, H., & Polat, Z. (2024). Antimicrobial effects of laurel extract, laurel essential oil, zahter extract and zahter essential oil on chicken wings contaminated with *Salmonella Typhimurium*. *Veterinary Medicine and Science*, 10, 1445.
- Yun, S., & Bai, J. (2023). Synergistic antimicrobial effects of *Dryopteris erythrosora* extract and mild heat treatment against *Staphylococcus aureus*. *LWT - Food Science and Technology*, 173, 114260.
- Zakrzewski, J. A., Gajewska, J., Wierzchowska, W. C., Zaluski, D., & Zadernowska, A. (2024). Prevalence of *Listeria monocytogenes* and other *Listeria* species in fish, fish products and fish processing environment: A systematic review and meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 907, 167912.
- Zamindar, N., Sadrarhami, M., & Doudi, M. (2016). Antifungal activity of coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil in tomato sauce. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10, 589-594.
- Zhang, S., Zhang, M., Fang, Z., & Liu, Y. (2017). Preparation and characterization of blended cloves/cinnamon essential oil nanoemulsions. *LWT - Food Science and Technology*, 75, 316-322.

