

YUMURTA TEKNOLOJİSİ: KALİTE, MUHAFAZA VE GIDA GÜVENLİĞİ



Editörler
PROF. DR. ZEKİ GÜRLER
PROF. DR. RECEP KARA



BİDGE Yayınları

YUMURTA TEKNOLOJİSİ: KALİTE, MUHAFAZA VE GIDA GÜVENLİĞİ

Editörler: PROF. DR. ZEKİ GÜRLER & PROF. DR. RECEP KARA

ISBN: 978-625-372-864-9

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 13.12.2025

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya / Ankara



İÇİNDEKİLER

YUMURTA ÖZELLİKLERİ VE ÇEŞİTLERİ	4
--	---

PROF. DR. ZEKİ GÜRLER

PROF. DR. RECEP KARA

YUMURTA TÜKETİMİ VE HALK SAĞLIĞI AÇISINDAN ÖNEMİ.....	53
--	----

PROF. DR. RECEP KARA

ARŞ. GÖR. DUYGU UĞURLU

YUMURTA MUHAFAZASI	78
--------------------------	----

PROF. DR. ZEKİ GÜRLER

ÖĞR. GÖR. DR. ALİ SOYLU

YUMURTANIN BESLENME AÇISINDAN ÖNEMİ.....	110
--	-----

DR. ÖĞR. ÜYESİ AZİZE ATİK

DR. ÖĞR. ÜYESİ İLKER ATİK

YUMURTANIN GASTRONOMİ ALANINDA KULLANIMI..	125
--	-----

DR. ÖĞR. ÜYESİ İLKER ATİK

DR. ÖĞR. ÜYESİ AZİZE ATİK

YUMURTA ÖZELLİKLERİ VE ÇEŞİTLERİ

PROF. DR. ZEKİ GÜRLER

PROF. DR. RECEP KARA

Yumurtalar besin değeri yüksek, biyolojik değere sahip ve yaygın olarak bulunabilen önemli protein kaynağı olan gıdalardan biri tanesidir. Yumurtalar ovalbumin, ovotransferrin, ovomukoid, ovomusin ve lizozim gibi proteinlerin yanı sıra yağ asitleri, vitaminler ve mineraller açısından da zengindir (Razi ve ark., 2023, Palmieri ve ark., 2022). Birincil üretim sonucu veya işlenerek (kurutulmuş yumurta, yumurta tozu, unlu mamuller veya protein tozu karışımı) olarak tüketilebilmektedir (Piątkowska ve ark., 2012).

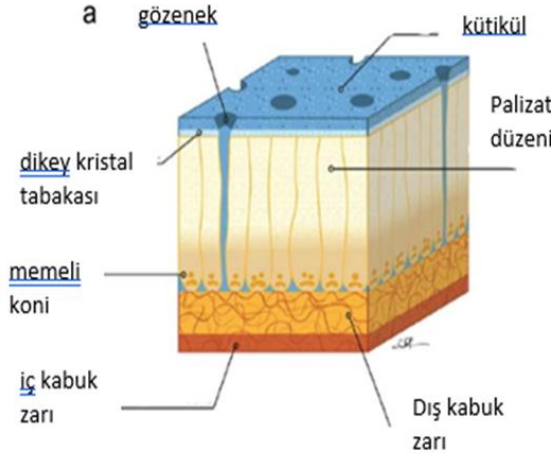
Yumurta; yumurta kabuğu, albümen (ovalbümin, ovotransferrin, ovomukoid, lizozim ve ovomusin) ve yumurta sarısından (lipovitellinler, fosvitin, livetinler ve düşük yoğunluklu lipoproteinler) oluşur. Yumurta kabuğu, toplam yumurta ağırlığının %10,5'ini oluştururken, yumurtanın yenilebilir kısımları olan albümen ve yumurta sarısı sırasıyla yaklaşık %58,5 ve %31'ini oluşturur. Ayrıca, ortalama %75 nem içerir (Lee ve ark., 2013). Yumurta kabuğu zarı, esas olarak protein yapısına sahip olup kabuğun iç yüzeyini kaplayan ince bir biyopolimer tabaka niteliğindedir (Matsuoka ve ark., 2019). Yapısal olarak incelendiğinde, yaklaşık %35 oranında kolajen içerdiği ayrıca

hyaluronik asit, kondroitin sülfat ile düşük düzeyde inorganik bileşenlerden oluşan bağ doku komponentleri bulundurduğu bildirilmektedir (Baláz, 2014). Yumurta kabuğu, tüm kuş türlerinin üreme sürecinde vazgeçilmez bir yapıdır. Temel olarak üç ana görevi bulunmaktadır: ilki yumurtanın içeriğini mikrobiyal ve fiziksel etkenlerden korumak; ikincisi embriyonun rahim dışı gelişimi süresince gözenekler aracılığıyla su ve gaz alışverişini düzenlemek; üçüncüsü ise yumurta sarısındaki besin depoları tükendiğinde embriyonik gelişim için kalsiyum sağlamaktır. Bu gereksinimleri karşılayabilmek için kabuk, gözenekli bir seramik yapı şeklinde oluşmalı, mümkün olduğunca hafif olurken dışarıdan gelebilecek mekanik etkilere karşı dayanıklılığını da korumalıdır. Ayrıca, yavrunun çıkışını kolaylaştıracak bir esneklik göstermeli; dış yüzeyinde düşük kimyasal ve biyolojik aktiviteye sahip olurken, iç yüzeyi kolay çözünebilir nitelikte bulunmalıdır (Board, 1982; Mikhailov, 1997; Panheleux ve ark., 1999; Romanoff ve Romanoff, 1949; Tyler, 1964).

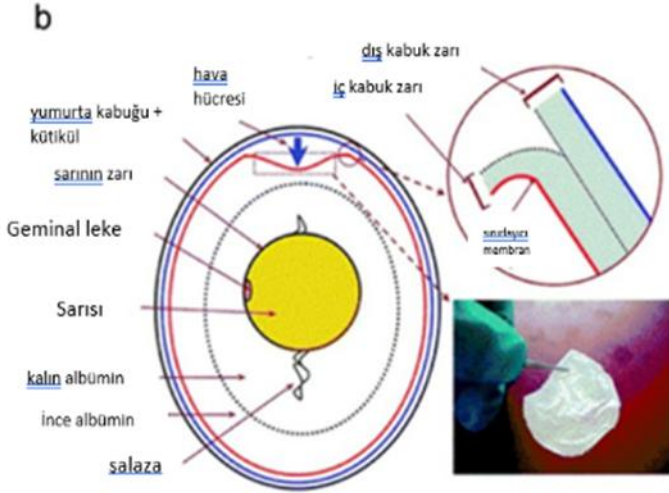
Fizyolojik sıcaklıklarda (≤ 41 °C) hızlı bir şekilde oluşan bu yapı, özel olarak tasarlanmış izlenimi verse de aslında evrimsel süreçlerin bir ürünüdür. Tüm kuş türlerinin yumurta kabukları aynı mineral bileşene, kalsit formundaki kalsiyum karbonata (CaCO_3) sahiptir. Yumurta kabuğu, tavuk oviduktunun distal segmentinde, kalsiyum ve bikarbonat bakımından aşırı doymuş olan ve organik matris öncüllerini içeren uterus sıvısında oluşur. Kemik ve diş gibi diğer kalsifiye yapılardan temel farkı ise mineral birikiminin hücre temelli birleşmelerle değil, kabuk zarlarının dış yüzeyindeki organik çekirdekler üzerinde gerçekleşmesidir. Kabuğun kalınlığı, gözenek yapısı, morfolojik özellikleri ve yapısal elemanlarının boyutları türler arasında değişiklik gösterebilmekle birlikte, yumurta kabuğunun temel organizasyonu tüm kuşlarda büyük ölçüde aynıdır. Ayrıca yumurta kabuğunun cildi nemlendirici etkiye sahip oldukları

ve diz eklemi ağrısını iyileştirdikleri bildirilmiştir (Yoo ve ark, 2015; Wedekind ve ark., 2017).

Yumurta kabuğu zarı (YKZ), yumurtanın belirli temel ve yaygın olarak kullanılan besinleri içeren bir parçasıdır. YKZ'nin yumurta kabuğu (YK) ile birlikte kullanımı, atık malzeme olarak kabul edildiği için uzun süre değer görmüştür. Ancak, günümüzde benzersiz özellikleri nedeniyle yaygın olarak incelenmektedir. Yumurta kabuğu zarı (YKM), kabuk (YK) ile yumurta akı arasında yer alan lifsi bir yapıdır. Bu yapı, kabuğun oluşumu için gerekli olan ve dış mineralizasyon sürecine zemin hazırlayan mineralize olmamış bir platform görevi görmektedir. Bununla birlikte, YKZ aynı zamanda içten mineralizasyonu engelleyen biyopolimerik lifli bir ağ yapısı oluşturarak yumurta akının bütünlüğünü korumaktadır (Arias ve ark., 1993; Nys ve ark., 2004).



Şekil 1 . YK'nin enine kesit görünümünün şeması (Shi ve ark., 2022)



Şekil 2 . YKZ'nin tüm yumurtadaki lokalizasyonu ((b) yumurtanın yapısı (üst ek: YKZ'nin alt yapıları; alt ek: iç YKZ'nin fotoğrafı). (Shi ve ark., 2022)

Yumurta sarısı, hem besinsel (örneğin vitaminler, mineraller, esansiyel yağ asitleri ve fosfolipidler içermesi) hem de organoleptik özellikleri nedeniyle etkili bir gıda bileşenidir. Su (%50), protein (%15-17), lipitler (%31-35) ve karbonhidratlardan (%1) oluşur. Protein bileşeni lipovitellinleri (%36), livetinleri (%38), fosvitini (%8) ve düşük yoğunluklu lipoproteinleri (LDL'ler, %17) içerir (Anton, 2013). Çözünürlük açısından değerlendirildiğinde, yumurta sarısı karmaşık bir sistem olarak kabul edilmekte olup, çözünmeyen granüller ve santrifüjleme ile kolaylıkla ayrılabilen berrak bir plazmadan oluşmaktadır. Boyutları $0,3 \times 10^{-6}$ ile 2×10^{-6} mm arasında değişen granüller, yumurta sarısının yaklaşık %22'sini meydana getirmektedir. Bu fraksiyon, proteininin yarısını ve toplam lipitlerin %7'sini içermektedir. Buna karşılık plazma fraksiyonu, yumurta sarısının %78'ini oluşturarak proteinlerin geri kalanını ve

lipitlerin yaklaşık %90'ını barındırmaktadır (Stadelman ve Cotterill, 2001).

Yumurta akı; başlıca su (%88), protein (%10,5), karbonhidrat (%0,5), kül (%0,8) ve lipitlerden (%0,2) oluşur (Campbell ve ark, 2003; Mine, 2002). Yumurta akı proteinleri (YAP'lar), en bol bulunanları ovalbümin, ovotransferrin, ovomukoid, ovomusin, lizozim, globulin ve avidin olan farklı protein türlerini içerir (Razi ve ark., 2023). Bu proteinlerin her biri benzersiz bir yapıya ve işlevsel özelliklere sahiptir. Gıda endüstrisinde üretim süreçlerinde önemli bir rol oynar. Yumurta akı proteinleri (YAP), temel aminoasit içerikleri, yüksek biyoyararlanım ve işlevsellikleri nedeniyle işleme sırasında bir gıda bileşeni olarak kullanılır (Chang ve ark., 2018). Lizozim güçlü bir antimikrobiyal aktiviteye sahiptir ve et ürünleri üretimi sırasında patojenik bakterilerin tutunmasını önlemek için gıda koruyucu olarak kullanılır. Ovotransferrin, metal taşıyıcı, antimikrobiyal ve antikanser ajan olarak kullanılır. Hem ovomusin hem de ovomukoid tümör baskılama yeteneğine sahiptir ve antikanser ajan olarak kullanılabilir (Kovacs-Nolan ve ark., 2005; Hudson, 1994).

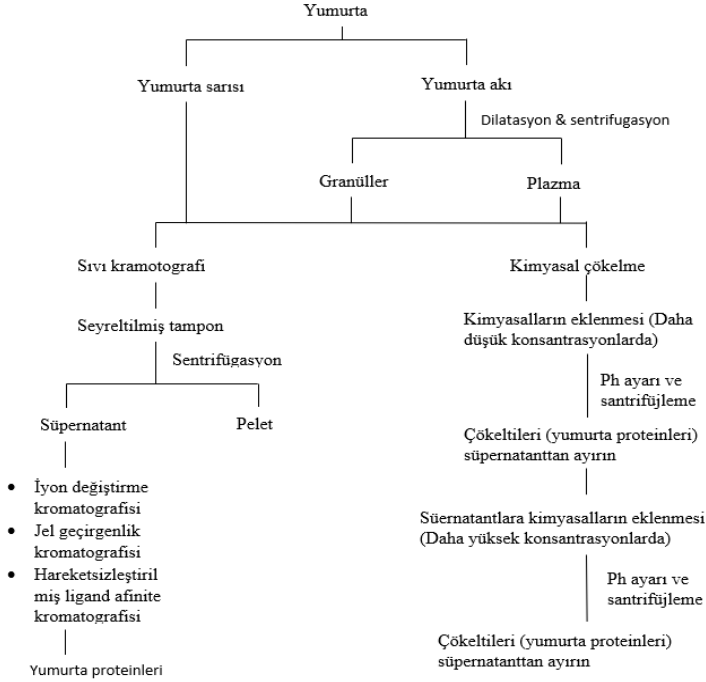
Ovalbumin, YAP'lerin (yaklaşık %54) ana proteinidir. Yaklaşık 45.000 Da moleküler kütleyle sahip bir glikoproteindir ve disülfür bağları olan sisteinler de dâhil olmak üzere 386 aminoasitten oluşur. Ovalbumin, sahip olduğu üstün termal stabilite ve yüzey özellikleri sayesinde yumurta beyazı proteininin işlevsel niteliklerinde kritik bir rol üstlenmektedir. Bu proteinin yüzeyde kolaylıkla denatüre olabilmesi ve arayüzeyde koagülasyona yatkınlığı, YAP'ın yumurta akının köpürme kapasitesinin temel belirleyicilerindendir. Nitekim bu özellikler, ovalbuminin gıda endüstrisinde köpük stabilitesi ve jel oluşturma gibi fonksiyonel amaçlarla yaygın kullanımını mümkün kılmaktadır (Razi ve ark., 2023).

Yumurtanın besin değerlerine bakacak olursak aşağıda verilen tablonun ilk iki sütünunu, 100 gram ürün başına vitamin, mineral, ham protein ve yumurta sarısı içeriğini göstermektedir. Bu veriler; içeriğin doğru bir şekilde karşılaştırılmasına ve özellikle fosfor, kalsiyum, demir, inko, E vitamini, A, B1 ve B6 düzeylerinin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu besin öğelerinin büyük bir kısmı yumurta sarısı içeriğindedir.

Yumurta sarısı; yaklaşık %23–26 nötral yağ, %16 protein, %11 fosfolipit, %3 mineral madde ve %0,8–1,5 kolesterol içeriğine sahiptir. Ayrıca oklu doymamış, tekli doymamış ve doymuş yağ asitlerini de önemli miktarda barındırmaktadır.

Yumurtanın beyaz kısmı (protein fraksiyonu), özellikle potasyum, sodyum, magnezyum ve PP vitamini bakımından zengindir. Protein kısmı; başlıca %54 ovalbumin, %12 antibakteriyel özellikli ovotransferrin ve %3,5 lizozim gibi proteinlerden oluşur. Bir yumurtada sarı, beyaz ve kabuk oranları birbirinden farklıdır. Ortalama olarak bir tavuk yumurtasında bu oranlar 8:14:3 düzeyindedir. Bu oranlar, yumurtanın beslenme programlarına dâhil edilmesinde dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Özellikle yumurta sarısı, yüksek yağ ve mikrobeyin içeriği nedeniyle enerji ve besin öğesi yoğunluğu bakımından dikkat çekicidir. Dünya çapında, sofralık yumurtalar çok sayıda ticari ve ev yapımı ürünün hazırlanmasında kullanılmaktadır (Papadopoulou ve ark.,1997; Blumenthal,1990).

Sonuç olarak, yumurta, dengeli bir diyetin değerli bir bileşenidir. Hem makro hem de mikro besin öğeleri bakımından zengin yapısı, onu yüksek biyoyararlanımlı bir besin kaynağı haline getirmektedir.



Şekil 3: Yumurta proteinlerinin sıvı kromatografisi ve kimyasal çöktürme yöntemleri kullanılarak fraksiyonlanmasını gösteren şematik diyagram (Chang ve ark., 2018).

Yumurta depolama sürecinde, albümin ve sarı kısmında yer alan bazı bileşenlerde yapısal ve kimyasal değişiklikler meydana gelebilmekte; bu durum ise ürünün genel kalitesinde bozulmalara yol açabilmektedir. Yumurta kalitesindeki düşüşle doğrudan ilişkili temel unsurlar, depolama sıcaklığı ve bağıl nem koşullarının yanı sıra işleme yöntemleri ve depolama süresidir. Özellikle depolamanın ilk 72 saati içerisinde belirgin bir dönüşüm gözlenmekte; bu süreçte yoğun albümin tabakası giderek sıvılaşmakta ve neticede albüminin fonksiyonel kalitesi önemli ölçüde azalmaktadır (Oliveira ve Oliveira 2013).

Üretim aşamasından tüketiciye ulaşıncaya dek geçen süreçte, yumurta sarısı ve albümininde duyuşal özellikleri etkileyebilecek nitelikte çeşitli fizikokimyasal değişimler olmaktadır. Bu değişimler, yumurta ve ürünlerinin lezzet ve tazelik üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Depolama süresi uzadıkça yumurtanın iç kalite özellikleri belirgin biçimde azalmaktadır. Yüksek nem içerikleri nedeniyle, nem kaybı ve depolama sırasında yumurtadaki porlardan hava alışverişı gibi çeşitli faktörler nedeniyle yumurta kalitesinde de değişiklikler meydana gelebilir (Kim ve ark., 2024). Bunun temel nedeni, yumurta kabuğu üzerinden gerçekleşen karbondioksit transferinin, çevresel sıcaklık ve bağıl nem koşullarının etkisiyle hızlanmasıdır. Kalsiyum karbonat yapısına sahip gözenekli kabuk, karbondioksitin difüzyonuna olanak tanımakta; bu süreç, depolama ortamının sıcaklığı ve bağıl nemi tarafından hızlandırılmaktadır. Karbondioksit kaybı, yumurta içi pH değerinin yükselmesine neden olmakta, bu durum ise albüminin viskozitesini azaltmakta ve yoğun tabakanın sıvılaşmasına yol açmaktadır.

Yumurta kalitesinin başlıca belirleyicileri kabuk rengi, sarı indeksi, ağırlık, yumurta kabuğu dayanıklılığı, yumurta kabuğu kalınlığı, albümin özellikleri (yükseklik, ağırlık ve pH), Haugh birimi ve nem içeriğidir (Wengerska ve ark., 2023 ; Suk ve Kwon, 2004).

Soğuk zincir koşullarında depolanan yumurtaların raf ömrü önemli ölçüde uzamakta olup, bu yöntemle yumurta 6 ila 9 ay boyunca tüketime uygun kalabilmektedir. Özellikle -1,5 °C’de gerçekleştirilen soğutmalı depolama uygulamaları, yumurtanın iç kalite parametrelerini (albümin viskozitesi, Haugh birimi, sarı indeksi vb.) koruyarak raf ömrünün kayda değer ölçüde artmasına olanak tanımaktadır (Belitz ve ark., 2009). Modifiye atmosferde yumurta paketlemek iç kaliteyi 28 güne kadar korur (Giampietro-Ganeco ve ark , 2015).

Yumurtanın tıbbi özellikleri arasında yumurtanın terapötik (tedavi edici) etkisi, öncelikle içeriğinde bulunan kolay sindirilebilir proteinden kaynaklanmaktadır. Düzenli tüketildiğinde aşağıdaki faydaları sağlayabildiği bilinmektedir.

- Kas kütlesini artırmak,
- Kemik yapısını güçlendirmek,
- Doku bütünlüğünü korumak,
- Aşırı kiloyla mücadele etmek,
- Beyin fonksiyonlarını aktive etmek,
- Kan basıncını düşürmek,
- Kataraktı önlemek ve görme yetisini iyileştirmek,
- Damar duvarlarında kolesterol birikimini azaltmak,
- Karaciğer fonksiyonlarını desteklemek.

Tavuk yumurtası protein içeriği, tüm esansiyel amino asitlerin en kolay sindirilebilen kaynağı olarak kabul edilmektedir. Bu amino asitleri içeren proteinlerin birçoğu, antioksidan özellik taşımaktadır (örneğin ovotransferrin, lizozim). Ovalbumin temelde serbest tiyol (SH) grupları redoks durumunu düzenleyerek metal iyonlarını bağlar, böylece antioksidan özellik göstermektedir (Nimalaratne ve Wu, 2015)

Yumurta sarısı ise daha tartışmalı bir üne sahiptir. Olumlu açıdan bakıldığında, cilt hastalıklarına karşı koruyucu, osteoporoz riskini azaltıcı ve safra akışını artırıcı (koleretik) etkilere sahiptir. Bununla birlikte, özellikle aşırı tüketim durumunda yumurta sarısında bulunan kolesterol, yüksek kan kolesterol düzeyinin kalp-damar hastalıkları üzerine olan rolü bilinmektedir. Fakat önemli olan, yüksek kan kolesterolünün kaynağının (diyet mi, vücut üretimi

mi) ne olduğu ve besinlerle alınan kolesterolün kan değerlerine ne kadar yansıdığıdır. (Ergöl, 2000).

Yumurta kalite parametrelerinin, genotip ve depolama süresinden etkilendiği bilimsel olarak ortaya konulmuştur (Anderson ve ark., 2004; Alsobayel ve Albadry, 2011). Kalite faktörü, yemeklik yumurtalarda pazarlama süreci, tüketici memnuniyeti ve raf ömrü üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Damızlık yumurtalarda ise kalite, depolama süresince yumurta bütünlüğünün korunması, kuluçka randımanının ve çıkış gücünün artırılması ile sağlıklı civcivlerin elde edilmesi gibi önemli kriterler üzerinde doğrudan etkili olmaktadır (Kamanlı ve Türkoğlu, 2018). Bilindiği üzere yumurtanın dış ve iç kalite özellikleri genetik temellidir. Dış kalite özellikleri arasında yumurta kabuk kalınlığı, mukavemet, özgül ağırlık, yumurta şekli, kabuk gözenekliliği (por) ve kabuk rengi yer almaktadır. İç kalite özellikleri arasında Haugh birimi, ak ve sarı yüksekliği, hava boşluğu, ak indeksi, et ve kan lekesi bulunmaktadır (Narushin ve Ramanov, 2002). Yumurtanın elde edildiği tavuğun yaşı, beslenmesi, mevsim, sıcaklık, nakliye, depolama süresi ve ısıya maruz kalma gibi çevresel faktörler, sofralık yumurtaların kimyasal, fonksiyonel ve mikrobiyal özelliklerini etkilemektedir. Çiftlikte üretilen yumurtalar yüksek kalitede olmasına rağmen, çiftlikteki yetersiz işleme, depolama ve pazarlama uygulamaları yumurta kalitesinde düşüşe yol açabilmektedir (Al-Obaidi ve ark., 2011). Depolama süresi veya sevkiyat koşulları sırasında yumurtanın iç ve dış kalite parametrelerinde ortaya çıkan en belirgin değişiklikler; suyun buharlaşmasına bağlı olarak gerçekteşen ağırlık kaybı, ak ve sarıda artan hidrojen iyon konsantrasyonu, Haugh birimi değerlerindeki düşüş ve karbonik asidin ayrışması şeklinde ortaya çıkmaktadır (Mohiti-Asli ve ark ., 2008; Monira ve ark ., 2003; Samli ve ark ., 2005; Calik, 2013). Vitellin zarın zayıf olması nedeniyle, su albuminden vitellin zar aracılığıyla sarıya geçmektedir. Bu durum

söz konusu değişimlere yol açmaktadır (Jones, 2007; Kralik ve ark., 2014).

Taze yumurtalar en yüksek kalite özelliklerine sahiptir, ancak depolama esnasında ısıya, kuraklığa, kokulara, kirliliğe ve çevredeki diğer faktörlere maruz kalma sonucunda zamanla bozulmaya başlarlar. Üretim ve pazarlama sırasında maruz kaldığı hasar nedeniyle tüketilemez hale gelir. Yumurtalar genellikle satılabileceklerinden daha hızlı üretilir, bu nedenle kalitelerini korumak için mümkün olduğunca uzun süre depolanmaları gerekir (Johanning ve ark., 1996; Aygun, 2014).

Vlčková ve ark. (2019), serbest sistemlerden elde edilen yumurtaların, zenginleştirilmiş kafes sistemlerinden elde edilenlere kıyasla daha düşük Haugh birimi değerine sahip olduğunu, ancak yumurta akı pH seviyesinin daha yüksek olduğunu rapor etmiştir. Benzer şekilde Kraus ve ark. (2019), kapalı altlıklı sistemlerde üretilen yumurtaların, zenginleştirilmiş sistemlerdeki yumurtalara göre ak indeksi, Haugh birimi ve sarı indeksi bakımından daha düşük değerlere sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Depolama koşulları da yumurta kalitesi üzerinde kritik bir etkiye sahiptir. Depolama sıcaklığı ve süresinin artması, yumurta ağırlığında kayıplara ve özgül ağırlık, ak yüksekliği, Haugh birimi ile sarı indeksi değerlerinde azalmaya yol açmaktadır. Buna karşılık, hem ak hem de sarı kısmının pH değerlerinde belirgin bir artış gözlenmektedir (Scott ve Silversides, 2000; Silversides ve Budgell, 2004; Akyurek ve Okur, 2009; Aktan ve Kampus, 2011; Baylan ve ark., 2011; Harput ve Aygün, 2021).

1.1.İç Kalite Özellikleri

1.1.1. Haugh Birimi

Yaklaşık 85 yıl önce Raymond Haugh (1937) tarafından yayımlanan bir makalede, tavuk yumurtasının iç kalite özelliklerini

matematiksel olarak ifade eden bir formül önerilmiştir. Söz konusu formül, kümes hayvancılığı yumurta endüstrisinde hem araştırmacılar hem de uygulayıcılar açısından vazgeçilmez bir araç niteliği taşımaktadır. Zira bu yöntem, yalnızca nitel tanımlamalara dayalı olarak yumurtaların “yüksek kaliteli”, “orta kaliteli” ya da “düşük kaliteli” şeklinde sınıflandırılmasının ötesinde, yumurta kalitesinin geniş bir spektrumda derecelendirilmesine imkân tanımaktadır. Ayrıca bu indekxin hesaplanabilmesi için yalnızca iki fiziksel parametrenin ölçülmesi yeterli olmaktadır: yumurta ağırlığı (W) ve düz bir yüzeye kırıldığında kalın albüminin merkezi noktasından ölçülen yüksekliği (H). Haugh (1937), bu göstergenin “Haugh birimi” (HB) olarak adlandırılmasını önermiştir.

Haugh biriminin yaygın kullanımı, beraberinde eleştirel yaklaşımları da gündeme getirmiştir. Nitekim literatürde, HB’nun çeşitli sınırlılıklarına işaret eden ve hatta bu yöntemin geliştirilmesi gerektiğini öne süren çalışmalar da bulunmaktadır. Bu iddianın temel dayanağı, Haugh’un formülünün yalnızca 42,5–62,5 g aralığındaki tavuk yumurtalarına dayanılarak türetilmiş olmasıdır. Buna rağmen, güncel çalışmalarda HB’nun kaz yumurtası kalitesini belirlemede hâlen yoğun biçimde kullanılmaya devam ettiği görülmektedir. Ancak tavuk yumurtasına kıyasla en az üç kat daha ağır olan kaz yumurtalarında bu endeksin geçerliliği konusunda önemli şüpheler mevcuttur (Narushin, 2002; Adamski ve ark., 2016; Dang ve ark., 2023; Kucharska-Gaca ve ark., 2022; Salamon ve Kent, 2013, 2020).

Yumurta ağırlığı ve ak yüksekliğinden yararlanılarak aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\text{Haugh birimi} = 100 \log (H + 7.57 - 1.7 G^{0.37})$$

H: Ak yüksekliği (mm) G: Yumurta ağırlığı (g) (Artan ve Durmuş, 2015)

1.1.2. Hava Boşluğu

Yumurtalar ışık altında tutularak hava boşluğu ölçüm cetveli yardımıyla tespit edilmektedir (Artan ve Durmuş, 2015).

1.1.3. Ak İndeksi

Yumurtalar muayene masasına dağılmadan kırıldıktan sonra, dijital kumpas yardımıyla ak genişliği ve ak uzunluğu ve üçayaklı mikrometre ile ak yüksekliği ölçülerek aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır (Artan ve Durmuş, 2015).

Ak indeksi =[Ak yüksekliği (mm)/(Ak uzunluğu (mm) + ak genişliği (mm))/2)]*100

1.1.4. Sarı İndeksi

Yumurtalar muayene masasına dağılmadan kırıldıktan sonra dijital kumpas ile sarı çapı ve üçayaklı mikrometre ile sarı yüksekliği ölçülerek aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır (Artan ve Durmuş, 2015).

Sarı indeksi =(Sarı yüksekliği/Sarı çapı)*100

1.1.5. Et ve kan lekeleri:

Yumurta muayene masasına dağılmadan kırılan yumurtalarda et ve kan lekesi bulunanlar tespit edilerek % olarak belirlenmektedir.

1.1.6. Sarı rengi:

15 renkten oluşan roche renk yelpazesi kullanılmak suretiyle belirlenmektedir (Artan ve Durmuş, 2015).

1.2.Dış Kalite Özellikleri

1.2.1. Özgül ağırlık

Yumurtanın önce havadaki ağırlığı ve daha sonra saf su içindeki ağırlığı tartılarak aşağıdaki formül yardımıyla tespit edilmektedir (Artan ve Durmuş, 2015).

Özgül Ağırlık (g/cm³) =Yumurtanın havadaki ağırlığı (g)/
(Yumurtanın havadaki ağırlığı (g)-saf sudaki ağırlığı (g))

1.2.2. Şekil indeksi

Dijital kumpas yardımıyla yumurtanın eni ve uzunluğu ölçülerek aşağıda verilen formül ile hesaplanmaktadır (Artan ve Durmuş, 2015).

Şekil indeksi=(Yumurtanın eni/ Yumurtanın uzunluğu) *100

1.2.3.Yumurta Ağırlığı

Yumurtalar 0.01 g hassasiyetindeki terazi ile tartılarak ölçülmektedir (Artan ve Durmuş, 2015). Yumurta ağırlığının ölçülmesi ve kontrol edilmesi oldukça kolay bir parametre olduğundan, pek çok araştırmacı bu özellik ile kuluçka performansı arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Literatürde genel kabul gören görüşe göre, orta büyüklükteki yumurtalar kuluçka sürecinde daha yüksek çıkış oranı ve daha iyi sonuçlar vermektedir (Wilson, 1991; Narushin ve Ramanov, 2002; Şeker ve ark, 2004).

Yumurtanın ağırlığı gram cinsinden ifade edilir ve oldukça değişkenlik gösterebilir. Standart yumurta ağırlığı genellikle 58 ila 62 gram arasında kabul edilmektedir (Simeonovová ve ark., 1995). Ortalama yumurta ağırlığına ilişkin kalıtım katsayısı genellikle 0,34 ile 0,65 aralığında bildirilmektedir (Hartmann ve ark., 2000; Misztal ve Besbes, 2000). Bununla birlikte, bazı genotiplerde bu değer yalnızca 0,08 düzeyine kadar düşebilmektedir (Szydlowski ve Szwaczkowski, 2001).”

Yumurtanın ağırlığına ilişkin bu yüksek kalıtım derecesi, seleksiyon ve ıslah programlarında yumurta ağırlığının artırılması yönünde başarıyla kullanılmaktadır. Genotipin yumurta ağırlığı üzerindeki etkisi, özellikle beyaz ve kahverengi kabuklu yumurta veren tavukların karşılaştırılmasında daha belirgin biçimde gözlenmektedir. Bu farklılık, tavukların genetik kökenleri ile yakından ilişkilidir (Ledvinka ve Klesalová, 2002). Ancak, yoğun seleksiyon ve ıslah uygulamaları sonucunda, beyaz kabuklu yumurta genotiplerinin ağırlık parametresi zamanla kahverengi kabuklu yumurta genotiplerinin seviyesine yaklaşmıştır (Činčurová, 2000; Machander, 2008).

1.2.4. Kabuk Kalınlığı

Yumurtanın zarları ayrıldıktan sonra, uç, orta ve küt kısımlarından alınan kabukların kalınlığı dijital mikrometre yardımıyla ölçülmüştür. Yumurta kabuğunun üç kısmından alınan değerlerin ortalaması hesaplanarak kabuk kalınlığı belirlenmektedir (Kamanlı ve Türkoğlu, 2018).

Kabuk kalitesi, yüksek çevre sıcaklıklarından en fazla etkilenen kalite parametrelerinden biridir. Yüksek sıcaklık koşullarında bazı iç kalite özelliklerinin korunmasına yönelik çözümler geliştirilebilse de kabuk kalınlığındaki azalmayı önlemek oldukça güçtür (Balnave ve Muheereza, 1997). Özellikle yaz aylarında sıcaklık stresine maruz kalan tavuklar, vücut ısını düşürebilmek amacıyla daha sık solunum yapma eğilimindedir. Bu durum, solunum yoluyla aşırı karbondioksit kaybına neden olurken, kandaki pH seviyesinin yükselmesine ve solunum alkalozunun ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Sonuç olarak, kandaki asit-baz dengesinde değişim meydana gelmekte; kalsiyum karbonat formundaki iyonize kalsiyum düzeyinin azalması ise yumurta kabuğunun incelmeye sebep olmaktadır (Webster, 2003).

Bununla birlikte, Tůmová ve Ebeid (2003), kabuk kalınlığı ۆzerinde yetiştirme sisteminin de belirleyici bir faktör olduğunu vurgulamaktadır. Araştırma bulgularına gۆre, kafes sisteminde ۆretilen yumurtaların kabuk kalınlığı, alternatif yer sisteminde elde edilenlere kıyasla daha yۆksek bulunmuştur.

1.2.5. Yumurta şekli İndeksi

Rauch tarafından geliřtirilen řekil indeksi ۆlçüm aleti yardımıyla belirlenmektedir (Kamanlı ve Tůrkođlu, 2018).

1.2.6. Kabuk Kırılma direnci (Nevton/cm2)

Yumurta kabuk direnç ۆlçüm aleti yardımıyla belirlenmektedir (Kamanlı ve Tůrkođlu, 2018).

1.2.7. Yumurta Kabuğu Rengi

Yumurta kabuğu rengi, tۆketicinin yumurta tercihini etkileyen bir parametredir. Ancak kabuk rengi tercihleri dۆnya çapında değişiklik gۆstermektedir (Rondoni ve ark., 2020). Renk tek başına gۆvenlikle doğrudan ilişkilendirilemez. Ancak, yumurta kabuğu rengini yumurta kabuğu kalitesiyle ilişkilendirmek için çeşitli girişimlerde bulunulmuştur (Samiullah ve ark., 2015). Yۆzey kirleticilerinin girişine bir engel olan yumurta kabuğu kalitesi, ۆzellikle yumurtanın dış yapısını oluşturan kaliteli kۆtikۆl, yumurta gۆvenliđiyle ilişkilidir (Chen ve ark., 2019 ; Rodrıguez-Navarro ve ark., 2013). ۆnceki çalışmalar, kahverengi yumurtaların beyaz yumurtalara kıyasla daha kaliteli kabuklara (Rayan ve ark., 2010), daha dۆřۆk kabuk geçirgenliğine (Dominguez-Gasca ve ark., 2017) ve daha dۆřۆk bakteri penetrasyon oranına (Chen ve ark., 2019) sahip olduğunu bildirmiştir. Messens ve ark. (2007), kahverengi yumurtaların daha yۆksek kabuk kalınlığı ve kۆtikۆl sunmasına rağmen, beyaz yumurtaların *Salmonella* penetrasyonuna daha iyi direnç gۆsterdiđini bildirmişlerdir.

4. YUMURTA ÇEŞİTLERİ

4.1.TAVUK YUMURTASI

Yumurta, insan beslenmesinde önemli bir yere sahip temel hayvansal gıdalardan biridir. Yumurta tavukçuluğu, insan beslenmesinde temel bir gıda olan yumurtanın üretimi açısından çok önemli bir yetiştiricilik faaliyetidir (Çiçekcigil ve Yazıcı, 2016). Protein ve esansiyel amino asitler bakımından zengin olması nedeniyle, birçok kümes hayvanı türüne ait yumurtalar beslenmede tamamlayıcı bir kaynak olarak değerlendirilmektedir. FAOStat (2011) verilerine göre, dünya genelinde yıllık tavuk yumurtası üretimi yaklaşık 1,22 trilyon adet olup, bunun yanında diğer kümes hayvanı türlerinden de yıllık yaklaşık 86 milyar adet yumurta üretilmektedir. Bu durum, farklı kümes hayvanı türleri arasında yumurta kalitesi açısından türler arası farklılıkların bulunup bulunmadığı ve bu farklılıkların yumurtanın besin değeri ile insan sağlığına etkilerini ne ölçüde değiştirdiği sorusunu gündeme getirmektedir.

Yumurta lipidlerindeki yağ asidi kompozisyonu, insan sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Özellikle doymuş yağ asitleri (SFA), tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) ve çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) arasındaki dengenin, kardiyovasküler ve sinir sistemi sağlığı üzerinde etkili olduğu bilinmektedir (Chow, 1992). N-3 çoklu doymamış yağ asitlerinden özellikle dokosaheksaenoik asit (DHA, C22:6n-3)'in yetersiz alımı, bebeklerde beyin gelişimi ve fonksiyonel parametreler üzerinde olumsuz etkilere yol açabilmektedir (Hoffman ve ark., 2004; Poławska ve ark., 2013).

Protein kaynaklarına olan gereksinim, küresel nüfus artışıyla birlikte artmıştır ve bu nedenle eti veya yumurtası insanlar tarafından protein ihtiyacını karşılamak için tüketilen hayvanların endüstriyel yetiştiriciliği ve üretiminin artmasını zorunlu kılmıştır. Sağlıklı ve yüksek kaliteli gıda üretmenin yanı sıra, ekonomik verimliliği

artırmak da kümes hayvanı çiftçilerinin temel hedeflerinden biridir. Yumurta besin içeriği üzerine yapılan araştırmalar ve çalışmalar, insan diyetinin bileşimini iyileştirmek için önemlidir.

4.2. KAZ YUMURTASI

Kaz, su kuşları içerisinde yer alan ve başta et, tüy ile karaciğer üretimi amacıyla yetiştiriciliği yapılan bir kanatlı türüdür. Bu tür, yalnızca soğuk iklim şartlarına değil, aynı zamanda sıcak ve kurak çevre koşullarına da uyum sağlayabilme yeteneğiyle dikkat çekmektedir (Saatçi ve ark., 2002; El-Hanoun ve ark., 2017; Guo ve ark., 2020; Liu ve Zhou, 2013). Dünya’da kazlarının en yoğun olduğu bölge Asya olsa da, Avrupa’da önemli bir ırk çeşitliliği bulunmaktadır. Kaz işletmeleri, yerel koşullara iyi adapte olmuş, yüksek verimli ırklarla en başarılı sonuçları elde etmektedir. Vücut ağırlığı, yaşama gücü, yumurta üretimi, kuluçka randımanı, tüy oluşumu ve yağlı karaciğer üretimi için beslenme kabiliyeti gibi ekonomik açıdan faydalı özelliklerin daha net bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Kazların yapay seçiliminin başarılı olması için, ırklar arasında ve içinde üreme veya üretim özelliklerindeki genetik farklılıkların ve bu özelliklerin kalıtım değerlerinin bilinmesi şarttır. Irkların ticari melezlenmesinde, sırasıyla üreme ve et özellikleri için seçilen ana ve erkek ırkların kullanılması geleneksel ve tercih edilir, Kazların önemli bir özelliği, yeşil yemleri ve diğer ucuz mahsul bileşenlerini tüketebilmeleri ve düşük protein içerikli diyetlerle üretkenliklerini koruyabilmeleridir. Ayrıca, yeni yerel yem kaynaklarını da sıklıkla etkili bir şekilde kullanabilmektedirler. Kazlar şu anda genellikle derin altlıklarda, serbest dolaşımda, kafeslerde veya çitlerde, kısa günlerde, azalan ışık yoğunluğunda veya floresan ışıktaki ve bir veya iki yumurtlama döngüsünde yetiştirilmektedir (Romanov,1999).

Günümüzde kaz yetiştiriciliği, Dünya kaz nüfusunun yaklaşık %90’ını oluşturan Çin’de popülerdir. Dünya genelindeki et

retiminde kaz eti, örneğin tavuk etine kıyasla daha az öneme sahiptir (Pingel, 2009).iftlik hayvanları içerisinde kazlar, evcilleştirme sürecinde en az yapısal ve davranışsal değişime uğrayan türlerden biri olarak ne çıkmaktadır. Günümüzde kazlar, on iki ila yetmiş adet arasında değişen mevsimsel yumurta üretim kapasitesi ile tanımlanmaktadır. Bununla birlikte, özellikle in kazları ve onların melezleri gibi yüksek yumurtlama potansiyeliyle bilinen ırklarda yıllık yumurta veriminin 90 adetin üzerine çıkabildiği bildirilmektedir (Kaliřińska ve ark., 1994; Mazanowski ve Szukalski, 2000; Mazanowski ve Kielczewski, 2001; Mazanowski ve Adamski, 2002, 2006). Buna karşılık, yerli kaz popülasyonları sınırlı bir üreme dönemi ve düşük yumurta verimi ile karakterize edilmektedir (Kaliřińska ve ark., 1994). Antik Romalılar'ın kazları, yumurta üretimi için de besledikleri bildirilmiştir (Crawford, 1984).

Ticari amaçla yetiştirilen damızlık kazların yetiştirme süreci genellikle ardışık dört üretim sezonu boyunca sürdürülmektedir. Genç kazlarda yumurtlama süreci çoğunlukla dokuz aylıktan önce başlamamakta olup, türün tipik üreme olgunluğu yaşı iki olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte, dişilerde üreme olgunluğunun (ilk yumurtlama) erken yaşta gerçekleşmesi, sonraki dönemlerdeki üreme performansı üzerinde olumsuz etkilere yol açabilmektedir (Biesiada-Drzazga, 2014). Yař ilerledikçe üreme kapasitesinde kademeli bir azalma gözlenmekte, dördüncü yıldan itibaren ise yumurta verimi en düşük düzeye indiği için damızlık olarak kullanılmaları sonlandırılmaktadır. Avrupa'da ticari damızlık kazlarda yumurtlama dönemi genellikle Ocak veya şubat aylarında başlamakta; yumurtaların büyük çoğunluğu Mart ve Nisan aylarında, en az kısmı ise üreme sezonunun son evresi olan Haziran ayında üretilmektedir (Puchajda-Skowrońska, 2012). Kaz yumurtası, tarih boyunca hem beslenme hem de kültürel anlamda önemli bir yere sahip olmuştur. Yumurtanın büyüklüğü, yapısal bileşenleri ve zengin

besin içeriği, onu tavuk, ördek veya bıldırcın yumurtalarından farklı kılmaktadır.

Kaz civcivlerinin kuluçka süresi 30 gündür ve civcivler bu süreden sonra çıkarlar. Ovaryum, yumurta sarısı, albümin ve kabuk arasındaki mineral transferi sonucunda kuluçka süresince yumurta sarısı mineral içeriği artar (Besharat ve ark., 2023). Yumurta ağırlığı genç kazlar için 120 ila 175 gr, yaşlı kazlar için ise 160 ila 190 gr arasında değişmektedir (Mazanowski ve Bernacki, 2006; Mazanowski, 2012). İlk üreme mevsiminde, kaz yumurtasının ağırlığı mevsimin başında, sonraki yıllara göre daha azdır. Sonraki üretim yıllarında, yumurta ağırlığı yumurtlamanın başında daha yüksektir ve kalan mevsim boyunca giderek azalır (Mazanowski, 2012). Yumurta ağırlığını ve bileşimini etkileyen bir diğer faktör de kazların genetik geçmişidir. Farklı tüy renklerine (siyah, beyaz, benekli ve sarı) sahip 3-4 yaşındaki yerli Türkiye kazlarından elde edilen yumurtaların morfolojik özelliklerinin analizi, yumurta ağırlıklarının farklı olduğunu göstermiştir. Benekli kazlar, beyaz ve sarı tüylü kuşlara kıyasla daha hafif yumurtalar yumurtlamıştır. Aynı model günlük kaz yavrularının vücut ağırlıkları için de gözlemlenmiştir (Saatçi ve ark., 2005).

Kazlarda kuluçka özelliklerini belirleyen temel unsurlardan biri de döller yumurta sayısıdır. Bu konuda yapılan araştırmalar, farklı ırk ve yaş gruplarına sahip kazlarda döllerlik oranının %21,40 ile %75,60 arasında değiştini ortaya koymuştur. Aynı çalışmalarda, kuluçka randımanının %57,90–68,20 aralığında, çıkış oranının ise %57,90–86,40 arasında seyrettiği bildirilmiştir (Meir ve Ar, 1991; Mazanowski ve ark., 2005; Mazanowski ve ark., 2006; Wolc ve ark., 2008; Gumulka ve Rozenboim, 2017). Türkiye’de yetiştirilen yerli kazlarda ise döllerlik oranının %67,90–97,90 gibi daha yüksek değerler arasında olduğu rapor edilmiştir (İlaslan ve Aşkın, 1977; Tilki ve İnal, 2004).

Kaz yumurtaları çoğunlukla üreme amaçlı kullanılır ve kuluçka yumurtası gereksinimlerini karşılamayanlar çiftlik hayvanlarına yedirilir. Yağlı tadı nedeniyle, kaz yumurtaları tek başına genellikle insanlar tarafından tüketilmez. Kuluçka için kullanılmayan yumurtalar ise kek, kurabiye, şekerleme ürünleri ve diğer unlu mamullere konur.

Kaz yumurtası %14,0 protein, %13,0 yağ, %1,2 karbon sıvı bileşiği, %1,2 mineral (demir, fosfor, kalsiyum) ve %70,6 su ile birlikte insanlar için vitaminler (A, D, E, riboflavin, tiamin) içerir (Ma ve ark., 2005).

Lizozim (LZ, muramidaz, N-asetilmuramilhidrolaz), hayvanlarda, bitkilerde, bakterilerde ve virüslerde bulunan bir proteindir. Nötrofillerin, makrofajların granüllerinde, serumda, tükürükte, sütte, balda ve tavuk yumurtası beyazında bulunabilir. Enzim, Gram pozitif ve Gram negatif bakterilerde hücre duvarı peptidoglikanının (PG) N-asetilmuramik asit (NAM) ve N-asetilglukozamin (NAG) arasındaki β -1,4 glikozidik bağlarını hidrolize eder. Hayvanlar âleminde üç muramidaz tipi tanımlanmıştır: c tipi (tavuk tipi), g tipi (kaz tipi) ve i tipi (omurgasızlar). Tavuk yumurtası beyazından elde edilen c tipi LZ, protein yapısı ve işlevinin incelenmesi için bir modeldir (Gajda ve Bugla-Płoskońska, 2014). Lizozim kompleksinin ovomusin ile oluşturduğu stabilite, kalın albümenin jel benzeri yapısının oluşumunda belirleyici rol oynamaktadır (Lewko ve Gornowicz, 2009). Alkali özellikte küresel bir protein olan lizozim, embriyonun ilk bağışıklık yanıtları gelişene kadar doğal ve birincil korunmasını sağlayan biyolojik olarak aktif proteinler grubunda yer almaktadır. Antibakteriyel bir enzim niteliği taşıyan lizozim, özellikle Gram-pozitif bakterilerde hücre duvarını parçalayabilme kapasitesine sahiptir (Gajda ve Bugla-Płoskońska, 2014). Bununla birlikte, çeşitli araştırmalar lizozimin litik aktivite spektrumunun farklı yöntemlerin termal, termokimyasal, kimyasal ve membran temelli uygulamaların

kullanımıyla genişletilebileceğini ortaya koymuştur (Kopeć ve ark., 2014; Pellegrini ve ark., 1997). Literatürde tanımlanan bu bileşik modifikasyon teknikleri dikkate alındığında, embriyogenez sürecinde ortaya çıkan çevresel koşulların, özellikle yüksek sıcaklığın ve yumurta içeriğindeki pH değişimlerinin, lizozimin litik aktivitesini etkileyebileceği ileri sürülmektedir.

Lizozim, hem moleküler ağırlık hem de kuş türü kökenine bağlı olarak iki farklı formda bulunabilmektedir. Bu bağlamda, "c" formu tavuk lizozimi, "g" formu ise kaz lizozimi olarak tanımlanmaktadır (Gajda ve Bugla-Płoskońska, 2014). İki lizozim formu arasında moleküler ağırlık açısından belirgin farklılıklar söz konusudur. Tavuk lizozimleri, kaz lizozimlerine kıyasla daha düşük düzeyde litik aktiviteye sahip olmakla birlikte, ısıtılı işlemlere karşı daha yüksek direnç göstermektedir (Kawamura ve ark., 2012).

Kaz yetiştiriciliği temel gıda maddelerinin seçimini genişletebilir ve hafif sanayi için malzeme (tüy ve kuş tüyü) sağlar. Tercihen beyaz tüylü ırklar kullanılarak kaz eti üretiminin çeşitli yolları vardır. Yoğun olarak yetiştirilen etlik kazlar 56-63 günlük yaşa geldiklerinde 5 kg kesim ağırlığına ulaşırlar; yarı yoğun bakımda 16 haftalık yaşa geldiklerinde 6 kg kesim ağırlığına ulaşırlar ve yoğun bakımda (otlatma) 22-24 haftalık yaşta kesilebilirler. Kaz yağı, çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) açısından zengindir ve kaz etiyle birlikte fonksiyonel gıda olarak kabul edilebilir. Besili kaz ciğeri sevilen bir lezzettir, kaz yumurtaları ise çoğunlukla çoğaltım materyali olarak kullanılır, ancak bazı Asya ülkelerinde ara sıra tüketilir. Dünya çapındaki tüy ve ince tüy üretiminin çoğu kesilen kazlardan gelir; küresel üretimin yalnızca %1-2'si elle çıkarılır. Haşlama sırasında vücut ağırlığındaki tüy oranı, etlik piliçlerde %3,8-5,5 iken besili kazlarda %3,4-5,3'tür. Doğal tüy dökme zamanında genç kazlardan (8-10 haftalık) kişi başına elde edilebilen tüy ve ince tüy, ilk seferde 80-100 gr'dır. Altı ile yedi hafta sonra bu miktar 100-130 grama ve 6-7 hafta sonra da

sırasıyla 140-170 grama ulaşır. AB'de yalnızca geleneksel uygulamanın olduğu ve geçmişte olduğu ülkelerde kazlardan tüy toplanmasına ve kazlara zorla yemek verilmesine izin verilmektedir. Bazıları bu faaliyetlerin reddedilmesinin ve yasaklanmasının bilimsel olarak temelsiz olduğuna inanmaktadır (Kozák, 2021). İnsanlar kaz etini yüksek besin değeri (yüksek kaliteli protein ve yağ) ve lezzetli tadı sebebiyle tüketmektedir (Pingel, 2003). Kaz eti düşük yağ içeriğine sahip olup, tekli doymamış oleik, linolik ve araşidonik asit açısından zengindir. Özellikle otlaklarda yetiştirilen kazların eti, çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) açısından zengindir. Bu nedenle kaz eti güvenli bir gıda olarak kabul edilebilir (Wezyk ve ark., 2005). Kaz eti, tavuk etine göre daha fazla linolenik asit ve daha az linoleik asit içerir (Dublecz ve ark.,2006).

4.3. HİNDİ YUMURTASI

En yaygın kümes hayvanı türleri tavuk, ördek, bıldırcın, hindi, güvercin, gine tavuğu ve kazdır, Bu geniş kuş grubu dünya çapında insan beslenmesinin sağlanmasına katkıda bulunur ve yumurtalar farklı hayvansal protein kaynakları arasında en ucuz olanıdır (Istiak ve Khaliduzzaman, 2022). Yumurtadan çıkan olgun bir civecivin gelişimi için tasarlanan yumurtalar, insan beslenmesinde önemli amino asitler ve doymamış yağ asitleri , demir, fosfat ve yağda çözünen vitaminler gibi yüksek değerli besin maddeleri içerir (Istiak ve Khaliduzzaman, 2022 ; Kokoszyński, 2017 ; Sharif ve ark., 2018). Hindi, mükemmel et kalitesi ve yüksek karkas verimi nedeniyle_gıda endüstrisinde tavukların yanında bir yeni bir pazar oluşturmuştur (Mia, 2020 ; Miah ve ark., 2020 ; Safiyu ve ark., 2019). Ancak, kısa yumurtlama sezonu ve yüksek yuvalama davranışı, hindiyi yumurtlama açısından daha az üretken bir kümes hayvanı türü haline getirmektedir (Bondoc ve ark., 2020 ; Kokoszyński, 2017 ; Tserveni-Goussi ve Fortomaris, 2011). Hindiler (*Meleagris gallopavo*), MÖ 200 ile MS 700 yılları arasında Meksika'da evcilleştirilmiş ve Amerika'nın keşfinden

hemen sonra Avrupa'ya götürülmüştür (Galic ve ark., 2018). Evcil hindilerin İspanya'ya kesin olarak ilk gelişi 1511 yılında olmuştur (Schorger,1966). Yüksek protein, lipid, mineral ve vitamin kalitesi nedeniyle kümes hayvanı yumurtaları insanlar için en önemli hayvansal besin kaynaklarından biridir (Sun ve ark., 2017). Kümes hayvanlarının genetik kaynakları dünya çapında son derece zengindir ve tavuk, ördek, kaz, bıldırcın, hindi, güvercin, gine tavuğu ve sülün gibi hayvanları içerir (Cotterill ve ark.,1978). Uzun bir genetik evrim ve insan evcilleştirme geçmişine sahip olan kümes hayvanı türleri benzersiz genetik özelliklere sahiptir (Hoffman, 2005). Sonuç olarak, farklı kümes hayvanı türlerinden elde edilen yumurtalar, yumurta boyutu, yumurta albümeni, yumurta sarısı ve kabuğu oranları ve besin bileşimi gibi birçok özellikte farklıdır (Song ve ark., 2000). Türle özgü proteinlerin farklı kümes hayvanı türlerinde bulunduğunu göstermektedir. Örneğin, omurgalılarda amino asit dizisi, moleküler ağırlık ve enzimatik ve antijenik özellikler bakımından farklılık gösteren iki tip lizozim, tip C ve G bulunur (Li-Chan ve Nakai,1989; Keularts ve ark.,2005). Başka bir türe özgü protein olan galaktozil- α 1-4-galaktoz içeren glikoprotein, yalnızca güvercin yumurtası albümeninde tanımlanmıştır ve tavuk, ördek, bıldırcın ve hindi albümeninde tespit edilmemiştir (Canfield ve McMurry,1967; Prager, 1974). Bu protein, hücre tanıma ve sinyal iletimi gibi biyolojik süreçlerle yakından ilişkilidir; ancak evrim sürecinde bazı kuşlar görünüşe göre bu geni kaybetmiştir (Takahashi ve ark., 2001, Suzuki ve ark., 2006; Suzuki ve ark., 2013).

Hindi yumurtaları gıda olarak kullanılabilir, ancak talebin az olması ve fiyatının yüksek olması nedeniyle neredeyse yalnızca kuluçka amaçlı kullanılır (Kokoszynski, 2017). Yumurtanın fiziksel özellikleri, embriyonun gelişimi ile civcivin başarılı bir şekilde yumurtadan çıkması sürecinde kritik bir rol üstlenmektedir (Narushin ve Romanov, 2002). Özellikle yumurta ağırlığı, temel bileşenlerin yüzdeleri ve bu parametreler arasındaki korelasyonlar,

yumurta kalitesini, üreme performansını ve embriyonik gelişimi doğrudan etkileyen önemli morfolojik özellikler olarak değerlendirilmektedir (Oblakova, 2006; Popoola ve ark., 2015). Hindi yumurtalarının morfolojik yapısı ve kimyasal bileşimi ise türün genetik kökeni ve uygulanan üreme programları tarafından şekillenmektedir (Faruga ve ark., 1996). Nitekim hindi yumurtalarının ağırlığı ve bileşen oranları, farklı suşlar ve ırklar arasında anlamlı farklılıklar gösterebilmektedir. Yumurta büyüklüğü ile ana bileşenlerin miktarları hem genetik faktörlerden hem de çevresel, yani genetik olmayan unsurlardan etkilenmektedir. Yapılan bir çalışmada aynı hindi tavuklarından iki yumurtlama döngüsü boyunca toplanan hindi (*Meleagris gallopavo*; Zagorje cinsi) yumurtalarının uzunluk, genişlik, geometrik ortalama çap, ağırlık, yüzey alanı, hacim, küresellik, yumurta kabuğu kalınlığı ve yumurta kabuğu yoğunluğunun ortalama değerleri sırasıyla 66,61 mm, 46,84 mm, 52,66 mm, 77,74 g, 8712,42 mm², 76553,49 mm³, %79,31, 0,354 mm ve 3,13 g/cm⁻³ olarak belirlenmiştir. İkinci yumurtlama döngüsünde toplanan yumurtalar, ortalama olarak, birinci yumurtlama döngüsünde toplanan yumurtalara kıyasla daha büyük ve daha ağır olduğu tespit edilmiştir. İki yumurtlama döngüsü boyunca toplanan yumurtaların ortalama albümin, yumurta sarısı ve yumurta kabuğu yüzdeleri sırasıyla %58,11, %29,50 ve %12,39 olarak bulunmuştur (Galic ve ark., 2018). Hindi yumurtalarının genel kalitesi üzerine literatür yetersizdir (Pardo ve ark., 2025).

4.4. ÖRDEK YUMURTASI

Ördekler, *Anatidae* familyasına ait su kuşlarıdır. Ördekler çok hızlı üreyen kuşlardır ve yılda 45 ila 150 yumurta bırakabilirler (Idahor ve ark., 2015).

Ucuz bir temel besin kaynağı olan ördek yumurtası, birçok Asya ülkesinde yaygın olarak tüketilmekte ve toplam küresel yumurta tüketiminin %10-30'unu oluşturmaktadır (Quan ve

Benjakul, 2019). Ticari türler ve birçok yerel tür de dâhil olmak üzere çok çeşitli ördek ırkları yumurta üretiminde kullanılmakta, ancak çoğu yerel tür üzerine yapılan araştırmalar yetersizdir. Evcil ördek üretimi et üretimi ve yumurta üretimi olarak ikiye ayrılır. Pekin ördeği ve Miskov ördeği et üretimi için yetiştirilirken, Khaki Campbell ve Indian Runner yumurta üretimi için yetiştirilir (Ismail ve ark., 2010 ; Aronal ve ark., 2012 ; Arthur, 2017). Khaki Campbell tavukları yumurtlama yetenekleriyle tanınırlar. 5 ila 7 aylık olduklarında yılda ortalama 250-240 yumurta bırakabilirler (Bhattacharjee ve ark., 2018). Katma değerli popüler ürünler arasında tuzlu ördek yumurtaları, konserve ördek yumurtaları ve balut yer almaktadır. Ördek yumurtalarındaki kontaminasyon, pazarda büyümek için ele alınması gereken bir sorundur (Arthur,2017).

Ördek yumurtasının kalitesi, ördeğin genetiği ve diyetinin yanı sıra depolama süresi, sıcaklık, nem ve işleme süreçleri, yumurta depolama koşulları da dâhil olmak üzere birçok faktörden etkilenir (Lokaewmanee, 2017). Döllülük; ebeveynlerin kalitesi, erkek-dişi oranı, sıcaklık, depolama süresi ve barınak sistemleri gibi değişkenlerden etkilenebilmektedir. Örneğin Pekin ördeklerinde, kuluçkaya yatırılmadan önceki yumurta depolama süresi; döllülüğü, kuluçka randımanını ve erken embriyonik ölümleri doğrudan etkileyebilmektedir (Abd El-Hack ve ark.,2019; Jalaludeen ve Churchil, 2022). Özellikle altı günden daha uzun süreyle depolanan ördek yumurtalarında döllülük oranında düşüş görüldüğü bildirilmektedir (Reyna ve Burggren, 2017). Ayrıca, ağırlık, indeks (genişlik/uzunluk oranı), kabuk kalınlığı, gözenek sayısı, yüzey kalitesi ve kırılmaya karşı dayanıklılık gibi çeşitli dış özellikler de araştırmalarda sıklıkla ölçülen parametreler arasındadır. Uzun süreli depolama sırasında yumurtalar, yumurta kabuğundan su ve karbondioksit kaybeder, bu da nem içeriğini azaltır ve albümen pH'ını, sarısı pH'ını ve hava hücresi boyutunu artırır (Liu ve ark.,

2016). Ovomusin-lizozim kompleksindeki değişiklikler, kalın albümenin jelatinimsi yapılarının bozulmasına ve sonunda albümenin incelmesine neden olabilir (Liu ve ark., 2016). Ördek yumurtalarının su ve karbondioksit kaybı, albümin incelmeleri ve albümin pH'ının artması nedeniyle bu tür kalite değişiklikleri ve bozulmaları depolama süresi arttıkça meydana gelir (Quan ve Benjakul, 2019). Ördek yumurtalarının kuluçkasında uygun çevresel koşulların temin edilmesi, yüksek çıkım oranı ve üretim artışı ile sonuçlanabilmektedir. Ancak bu denge son derece hassas olup, dinamik değişimlere açıktır. Kuluçka randımanının, kümes hayvancılığı açısından kritik bir ekonomik parametre olduğu ve bu verimin; yumurta kalitesi, yumurta ağırlığı ile yumurtaların depolanma ve taşınma koşulları gibi çeşitli faktörlerden etkilendiği bildirilmektedir (Kamanlı ve ark., 2010; Weis ve ark., 2011). Kuluçka randımanı, daha fazla ördek üretmek için en önemli unsurlardan biridir. Ördek kuluçka işleminin başarısındaki ana faktörler, yumurtaların yeterli havalandırılması ve yumurtaların uygun şekilde çevrilmesiyle birlikte uygun sıcaklık ve nemin ayarlanmasıdır. Ayrıca, yumurtaların ve kuluçka makinesinin tamamen dezenfekte edilmesi, kuluçka makinesinin hijyenik koşullarının korunması ve dörlü yumurtaların belirlenmesi amacıyla yumurta ışıklandırma işlemi yapılması yüksek kuluçka randımanı sağlamak için önemli uygulamalardır (Abd El-Hack ve ark., 2019). Yumurtaların kuluçkalanması doğal ya da yapay yollarla gerçekleştirilebilmekte olup, bu süreçte döllenmiş yumurtaların embriyonik gelişiminin sağlıklı bir şekilde ilerleyebilmesi için optimum sıcaklık, bağıl nem (RH), havalandırma ve çevirme koşullarının sağlanması gerekmektedir (Ramli ve ark., 2017; Bhosale ve ark., 2018). Ördeklerde kuluçka süresi türe bağılı olarak değişmekte; örneğin Pekin ördeklerinde yaklaşık 28 gün, Muskov ördeklerinde ise 34–35 gün sürmektedir. Pekin ördeklerinde kuluçkanın ilk 24 günü boyunca sıcaklık 37,8 °C ve bağıl nem %60

olacak şekilde ayarlanırken, çıkım dönemi olan 24–28. günlerde sıcaklık 37,3 °C'ye düşürülmekte ve bağıl nem %80'e yükseltilmektedir (Onbaşılar ve ark., 2007).

Bazı bölgelerde, yumurtacı ördekler sıklıkla arka bahçelerde ve sürüler halinde yetiştirilirken, bazıları kapalı kafeslerde yetiştirilir (Quan ve Benjakul, 2019). Yumurtaları, dışkı ve diğer çevresel kaynaklardan gelen patojenler, özellikle *Salmonella* ile kontaminasyon riski altındadır. Ördek yumurtası yıkama işleminin, özellikle yumurta kabuklarındaki mikrobiyal yükü azaltmak için bazı klorlu dezenfektanların yardımıyla dezenfekte edilmiştir (Huang ve Lin, 2011). Ancak, uygunsuz yıkama sırasında yumurta kabuğu yüzey mikro yapısında meydana gelen mekanik hasar, yumurtalarına *Salmonella* penetrasyonu riskini artırabilir (Gole ve ark., 2014; Liu ve ark., 2016). USDA (2000), ABD'deki yumurta sınıflandırma standartları ve gerekliliklerine uygun olarak yıkanan yumurtaların yıkamadan sonra buzdolabında saklanması gerektiğini belirtmektedir (FDA, 2009). Ulusal Tarım Ürünleri ve Gıda Standartları Bürosu (ACFS, 2012), Bir haftadan uzun süre saklanması gereken ördek yumurtalarının buzdolabında veya 10 °C ile 13 °C arasında kontrollü sıcaklığa ve %70-85 bağıl neme sahip bir odada saklanmasını önermektedir.

Yapılan bir çalışmada, 7 °C ve 25 °C'de 8 hafta depolanan yıkanmış ve yıkanmamış ördek yumurtalarının kalitesi araştırılmıştır. 7 °C'de depolanan yıkanmış yumurtalar, 8 haftalık depolamadan sonra Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı'na (USDA, 2000) göre yüksek kaliteyi (B sınıfı; HB: 54) korurken, 25 °C'de depolanan yıkanmamış yumurtalar 7 hafta sonra düşük ancak kabul edilebilir bir kalite (B sınıfı, ancak HB: 36) sergilemiştir. Sonuç olarak, mikrobiyal güvenliği artırmak ve kaliteyi korumak için ördek yumurtaları yıkanmalı ve ardından en az 8 haftalık bir raf ömrüne ulaşmak için 7 °C'de saklanması gerektiği önerilmektedir (Tan ve ark., 2022).

4.5. BILDIRCIN YUMURTASI

Yumurtalar , yüksek kaliteli protein konsantrasyonu, çeşitli vitaminler (A, B12, D ve K) açısından zenginliği ve önemli miktarda mineraller dahil olmak üzere besin değerleri nedeniyle beslenmemizde önemli bir öge haline gelmiştir (Borsato ve ark., 2012; Cheng ve ark., 2018). Yumurta, hayvansal ürünler arasında toplumun beslenme yeterliliğinin sağlanmasına büyük katkı sunmaktadır. Özellikle büyüme çağındaki çocuklar için oldukça değerli bir besin kaynağıdır; çünkü kolay sindirilebilen tam protein, yağ, vitamin ve mineraller içermektedir. Çocuklar tarafından en çok tercih edilen yumurta çeşitlerinden biri bıldırcın yumurtasıdır. Bıldırcın yumurtasının besin değeri tavuk yumurtasından geri kalmamakta; %12,8 protein ve %11,5 yağ içeriğiyle önemli bir besleyici değer sunmaktadır (Abadi ve ark., 2018).

KAYNAKLAR

Abadi, S., Huda, M., Jasmi, K. A., Noor, S. S. M., Safar, J., Mohamed, A. K. & Hartati, S. (2018). Determination of the best quail eggs using simple additive weighting. *International Journal of Engineering and Technology*, 7(2.27), 225–230.

Abd El-Hack, M. E., Hurtado, C. B., Toro, D. M., Alagawany, M., Abdelfattah, E. M. & Elnesr, S. S. (2019). Impact of environmental and incubation factors on hatchability of duck eggs. *Biological Rhythm Research*, 53(1), 79–88.
<https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1628394>

Abd El-Hack, M. E., Hurtado, C. B., Toro, D. M., Alagawany, M., Abdelfattah, E. M., & Elnesr, S. S. (2019). Fertility and hatchability in duck eggs. *World's Poultry Science Journal*, 75(4), 599-608.

ACFS. (2012). *Thai agriculture standard duck egg*. Bangkok: Royal Gazette.

Adamski, M., Kucharska-Gaca, J., Kuźniacka, J., Gornowicz, E., Lewko, L. & Kowalska, E. (2016). Effect of goose age on morphological composition of eggs and on level and activity of lysozyme in thick albumen and amniotic fluid. *European Poultry Science*, 80, 1–11.

Aktan, S. & Kampus, D. (2011). Effects of age and storage duration on relationships among albumen quality traits and egg weight in Japanese quails. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10, 3340–3344.

Akyurek, H. & Okur, A. A. (2009). Effect of storage time, temperature and hen age on egg quality in free-range layer hens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(10), 1953–1958.

Al-Obaidi, F. A., Al-Shadeedi, S. M. & Al-Dalawi, R. H. (2011). Quality, chemical and microbial characteristics of table eggs at retail stores. *International Journal of Poultry Science*, 10(5), 381–385.

Alsobayel, A. A. & Albadry, M. A. (2011). Effect of storage period and strain of layer on internal and external egg quality characteristics. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 10(1), 41–45.

Anderson, K. E., Tharrington, J. B., Curtis, P. A. & Jones, F. T. (2004). Shell characteristics of eggs from historic strains of single comb white leghorn chickens. *International Journal of Poultry Science*, 3 (1), 17–19.

Anton, M. (2013). Egg yolk: Structures, functionalities and processes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93, 2871–2880.

Arias, J. L., Fink, D. J., Xiao, S. Q., Heuer, A. H. & Caplan, A. I. (1993). Biomineralization and eggshells: Cell-mediated acellular compartments of mineralized extracellular matrix. *International Review of Cytology*, 145, 217–250.

Aronal, A. P., Huda, N. & Ahmad, R. (2012). Amino acid and fatty acid profiles of Peking and Muscovy duck meat. *International Journal of Poultry Science*, 11(3), 229–236. <https://doi.org/10.3923/ijps.2012.229.236>

Artan, S. & Durmuş, İ. (2015). Farklı sistemlerde üretilen yumurtaların kalite özellikleri. *Akademik Ziraat Dergisi*, 4(2), 89–97.

Arthur, J. (2017). Duck eggs. In P. Y. Hester (Ed.), *Egg innovations and strategies for improvements* (pp. 23–32). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800879-9.00003-2>

Aygun, A. (2014). The relationship between eggshell colour and egg quality traits. *Indian Journal of Animal Research*, 48(3), 290–294.

Baláž, M. (2014). Eggshell membrane biomaterial as a platform for applications in materials science. *Acta Biomaterialia*, 10(9), 3827–3843.

Balnave, D. & Muheereza, S. K. (1997). Improving eggshell quality at high temperatures with dietary sodium bicarbonate. *Poultry Science*, 76, 588–593.

Baylan, M., Canogullari, S., Ayasan, T. & Copur, G. (2011). Effects of dietary selenium source, storage time, and temperature on the quality of quail eggs. *Biological Trace Element Research*, 143(2), 957–964.

Belitz, H. D., Grosch, W. & Schieberle, P. (2009). *Food chemistry* (4th ed., 1070 p.). Berlin, Heidelberg: Springer.

Besharati, M., Fathi, L., Amirdahri, S., Nemati, Z., Palangi, V., Lorenzo, J. M., Maggiolino, A. & Centoducati, G. (2023). Reserves of calcium, copper, iron, potassium, magnesium, manganese, sodium, phosphorus, strontium and zinc in goose egg yolk during embryo development. *Animals*, 13(12), 1925. <https://doi.org/10.3390/ani13121925>

Bhattacharjee, A., Acharya, C. P., Rana, N., Mallik, B. K., & Mohanty, P. K. (2018). Haematological and morphometrical analysis of blood cells of Khaki Campbell duck (*Anas platyrhynchos*) in different age groups with respect to sexual dimorphism. *Comparative Clinical Pathology*, 27(6), 1465–1472. <https://doi.org/10.1007/s00580-018-2758-6>

Bhosale, P., Tripathi, J., Gillurkar, H., Barapatre, V., Ramteke, P. & Burange, R. (2018). Development of smart egg incubator system using Arduino. *International Journal of Engineering Science*, 8(3), 16598.

Biesiada-Drzazga, B. (2014). Growth and slaughter value of W11, W33 and W31 White Kołuda geese®. *European Poultry Science*, 78, 1–11.

Blumenthal, D. (1990). From the chicken to the egg. *FDA Consumer*, April, 7–10.

Board, R. G. (1982). Properties of avian egg shells and their adaptive value. *Biological Reviews*, 57(1), 1–28.

Bondoc, O. L., Ebron, A. O., Ramos, A. R. & Santiago, R. C. (2020). Comparison of egg quality traits in different poultry species and breeds. *Philippine Journal of Veterinary Medicine*, 57(2).

Borsato, D., Moreira, M. B., Moreira, I., Pina, M. V. R., Silva, R. S. D. S. F. D. & Bona, E. (2012). Saline distribution during multicomponent salting in pre-cooked quail eggs. *Food Science and Technology*, 32, 281–288.

Calik, J. (2013). Changes in quality traits of eggs depending on storage conditions. *Żywność–Nauka Technologia Jakość*, 20(2), 73–79.

Campbell, L., Raikos, V., & Euston, S. R. (2003). Modification of functional properties of egg-white proteins. *Food/Nahrung*, 47(6), 369–376.

Canfield, R. E. & McMurry, S. (1967). Purification and characterization of a lysozyme from goose egg white. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 26, 38.

Chang, C., Lahti, T., Tanaka, T., & Nickerson, M. T. (2018). Egg proteins: Fractionation, bioactive peptides and allergenicity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(15), 5547–5558.

Chen, X., Li, X., Guo, Y., Li, W., Song, J., Xu, G., Yang, N. & Zheng, J. (2019). Impact of cuticle quality and eggshell thickness on egg antibacterial efficiency. *Poultry Science*, 98(2), 940–948.
<https://doi.org/10.3382/ps/pey369>

Cheng, S., Zhang, T., Wang, X., Song, Y., Wang, H., Wang, H., ... & Tan, M. (2018). Influence of salting processes on water and lipid dynamics, physicochemical and microstructure of duck egg. *LWT*, 95, 143–149.

Chow, K. C. (1992). *Fatty acids in foods and their health implications*. (1). USA. Marcel Dekker Press.

Činčurová, S. (2000). *Poultry numbers and performance in the Czech Republic in 2000*. International Testing of Poultry. Ústřařice. (In Czech)

Cotterill, O. J., Glauert, J., & Froning, G. W. (1978). Nutrient composition of commercially spray-dried egg products. *Poultry Science*, 57, 439.

Crawford, R. D. (1984). Goose. In I. L. Mason (Ed.), *Evolution of domesticated animals*. London & New York: Longman Group Limited. 345–349.

Çiçekgil, Z. & Yazıcı, E. (2016). Türkiye’de tavuk yumurtası mevcut durumu ve üretim öngörüsü. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 26–34.

Dang, D. X., Li, C. J., Cui, Y., Zhou, H., Lou, Y. & Li, D. (2023). Egg quality, hatchability, gosling quality, and amino acid profile in albumen and goslings’ serum as affected by egg storage. *Poultry Science*, 102(4), 102367.

Dominguez-Gasca, N., Muñoz, A. & Rodriguez-Navarro, A. B. (2017). Quality assessment of chicken eggshell cuticle by infrared spectroscopy and staining techniques: A comparative study. *British Poultry Science*, 58(5), 517–522. <https://doi.org/10.1080/00071668.2017.1342>

Dublecz, K., Pál, L., Bartos, Á., Zsédely, E., Wágner, L., Kovács, G., Bánai, A. & Tóth, Sz. (2006). A takarmányozás hatása

a baromfitermékek minőségére [Effect of nutrition on the quality of poultry products]. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 5571–87.

El-Hanoun, A. M., Attia, Y. A., Al-Harhi, M. A., Habiba, H. I. & Oliveira, M. C. (2017). Magnetized drinking water improves productivity and blood parameters in geese. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 30, 209–218.

Ergül, A., (2000). Yumurta Tüketimi ve Kolesterol. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tavukçuluk Araştırma Enstitüsü Müd. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 2(2).

FAO. (2011). *Statistical database*. <http://faostat.fao.org>

Faruga, A., Pudyszak, K., Puchajda, H., Jankowski, J. & Kozłowski, K. (1996). Characteristics of egg quality depending on the laying period and origin of turkeys. *Scientific Notebooks of Breeding Review*, 24(2), 91–99.

FDA. (2009). Prevention of Salmonella enteritidis in shell eggs during production, storage, and transportation: Final rule. *Federal Register*, 74(130), 33029–33101. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2009-07-09/pdf/E9-16119.pdf>

Gajda, E. & Bugla-Płoskońska, G. (2014). Lysozyme—occurrence in nature, biological properties and possible applications. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej (Online)*, 68, 1501–1515. <https://doi.org/10.5604/17322693.1133100>

Galic, A., Pliestic, S., Janjecic, Z., Bedekovic, D., Filipovic, D., Kovacev, I. & Copek, K. (2018). Some physical, morphological, and mechanical characteristics of turkey eggs. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 20(2), 317–324.

Giampietro-Ganeco, A., Borba, H., Scatolini-Silva, A. M., Boiago, M. M., Souza, P. A. D. & Mello, J. L. M. D. (2015). Quality assessment of eggs packed under modified atmosphere. *Ciência e Agrotecnologia*, 39(1), 82–88.

Gole, C. V., Roberts, J. R., Sexton, M., May, D., Kiermeier, A. & Chousalkar, K. K. (2014). Effect of egg washing and correlation between cuticle and egg penetration by various *Salmonella* strains. *International Journal of Food Microbiology*, 182/183, 18–25.

Gumułka, M. & Rozenboim, I. (2017). Effect of the age of ganders on reproductive behavior and fertility in a competitive mating structure. *Annals of Animal Science*, 17(3), 733–746. <https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0071>

Guo, B., Li, D., Zhou, B., Jiang, Y., Bai, H., Zhang, Y., Xu, Q., Yongzhang, X. & Chen, G. (2020). Effect of diet with different proportions of ryegrass on breast meat quality of broiler geese. *Poultry Science*, 99(5), 2500–2507.

Harput, F. N. & Aygün, A. (2021). Otomatik sistem ve el ile toplanan tavuk yumurtalarının farklı sıcaklıklarda depolamanın yumurta kabuk mikrobiyal yükü ve yumurta kalitesi üzerine etkisi. *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 10(1), 37–48.

Hartmann, C., Johansson, K., Strandberg, E. & Wilhelmson, M. (2000). One-generation divergent selection on large and small yolk proportions in a White Leghorn line. *British Poultry Science*, 41, 280–286.

Haugh, R. R. (1937). The Haugh unit for measuring egg quality.

Hoffman, D. R., Theuer, R. C., Castañeda, Y. S., Wheaton, D. H., Bosworth, R. G., O'Connor, A. R., Morale, S. E., Wiedemann, L. E. & Birch, E. E. (2004). Maturation of visual acuity is accelerated in breast-fed term infants fed baby food containing DHA-enriched egg yolk. *Journal of Nutrition*, 134, 2307–2313.

Hoffmann. (2005). Research and investment in poultry genetic resources—challenges and options for sustainable use. *World Poultry Science Journal*, 61, 57.

Huang, J. F., & Lin, C. C. (2011). Production, composition, and quality of duck eggs. In *Improving the safety and quality of eggs and egg products* (pp. 487-508). Woodhead Publishing.

Hudson, B. J. (Ed.). (1994). *New and developing sources of food proteins*. Springer Science & Business Media.

Idahor, K. O., Akinola, L. A. F. & Chia, S. S. (2015). Egg colour, weight and shape: Possible indices in the predetermination of duckling sex. *Journal of Recent Advances in Agriculture*, 3(1), 337–344.

Ismail, I., Huda, N., Ariffin, F., & Ismail, N. (2010). Effects of washing on the functional properties of duck meat. *International Journal of Poultry Science*, 9(6), 556–561.
<https://doi.org/10.3923/ijps.2010.556.561>

Istiak, M. S. & Khaliduzzaman, A. (2022). Poultry and egg production: An overview. In *Informatics in poultry production: A technical guidebook for egg and poultry education, research and industry*. 3–12.

İlaslan, M. & Aşkın, Y. (1977). Kars yöresi kazlarında bazı karkas özellikleri üzerinde araştırmalar. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı*, 27, 462–467.

Jalaludeen, A. & Churchil, R. R. (2022). Duck production: An overview. In A. Jalaludeen, R. R. Churchil, & E. Baéza (Eds.), *Duck production and management strategies* (pp. 1–55). Springer.

Johanning, E., Biagini, R., Hull, D., Morey, P., Jarvis, B. & Landsbergis, P. (1996). Health and immunology study following exposure to toxigenic fungi. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 68(4), 207–218.

Jones, D. R. (2007). Egg functionality and quality during long-term storage. *International Journal of Poultry Science*, 6(3), 157–162.

Kalisińska E., Dańczak A. (1994). Allometric relationships between body size and some organ weight in wild and domestic geese. WPSA 9th European Poultry Conference, Proc. Satellite Symp. Gamebirds and Waterfowl, Glasgow August 11 - 12th 1994, 57-58.

Kamanlı, S. & Türkoğlu, M. (2018). Tavukçuluk Araştırma Enstitüsündeki beyaz yumurtacı hatlar. *Journal of Poultry Research*, 15(1), 23–28.

Kamanli, S., Durmus, I. & Demir, S. (2010). Hatching characteristics of abnormal eggs. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 5, 271–274.

Kawamura, S., Toshima, G., Chijjiwa, Y., Torikata, T. & Araki, T. (2012). Amino acid sequence of Egyptian goose egg-white lysozyme and effects of amino acid substitution on the enzymatic activity. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 76(4), 691–698

Keularts, M., Beunis, M. H., Van, O. J. & Janssen, J. W. (2005). Detection and identification of low-concentration M proteins with CZE/IS; a'dry'analysis. *Annals of Clinical Biochemistry*, 42, 133.

Kim, Y. B., Lee, S. Y., Yum, K. H., Lee, W. T., Park, S. H., Lim, Y. H., ...& Kim, J. H. (2024). Effects of storage temperature and egg washing on egg quality and physicochemical properties. *Discover Applied Sciences*, 6(3), 111.

Kokoszynski, D. (2017). Guinea fowl, goose, turkey, ostrich and emu eggs. In P. Y. Hester (Ed.), *Egg innovations and strategies for improvements* (pp. 33–43). USA. Academic Press.

Kopeć, K., Lutyńska, A. & Dąbkowska, K. (2014). Intensyfikacja właściwości bakteriobójczych lizozymu na drodze jego termicznej modyfikacji. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*

Kovacs-Nolan, J., Phillips, M., & Mine, Y. (2005). Advances in the value of eggs and egg components for human health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(22), 8421–8431.

Kozák, J. (2021). Goose production and goose products. *World's Poultry Science Journal*, 77(2), 403–414.

Kralik, Z., Kralik, G., Grčević, M. & Galović, D. (2014). Effect of storage period on the quality of table eggs. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 18(1), 200–206.

Kraus, A., Zita, L. & Krunt, O. (2019). Effect of housing system on egg quality. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25, 1246–1253.

Kucharska-Gaca, J., Adamski, M. & Biesek, J. (2022). The age of the geese from the parent flock and the laying period affect the features of the eggs. *Poultry Science*, 101(10), 102094

Ledvinka, Z. & Klesalová, L. (2002). Factors affecting the quality of the shell. *Náš chov*, 8, 48–50. (In Czech)

Lee, J. C., Kim, S. H. & Sun, C. W. (2013). Comparison of principle components and internal quality of eggs by age of laying hens and weight standard. *Korean Journal of Poultry Science*, 40, 49–55.
<https://doi.org/10.5536/KJPS.2013.40.1.049>

Lewko, L. & Gornowicz, E. (2009). Egg albumen quality as affected by bird origin. *Journal of Central European Agriculture*, 10(4), 455–463.

Li-Chan, E. & Nakai, S. (1989). Biochemical basis for the properties of egg white. *Critical Reviews in Poultry Biology*, 2, 21.

Liu, H. W., & Zhou, D. W. (2013). Influence of pasture intake on meat quality, lipid oxidation, and fatty acid composition of geese. *Journal of Animal Science*, 91, 764–771.

Liu, Y. C., Chen, T. H., Wu, Y. C., Lee, Y. C. & Tan, F. J. (2016). Effects of egg washing and storage temperature on the quality of eggshell cuticle and eggs. *Food Chemistry*, 211, 687–693.

Lokaewmanee, K. (2017). Storage stability of Khaki Campbell duck (*Anas platyrhynchos domesticus*) eggs at room temperature. *International Journal of Poultry Science*, 16(10), 393–402.

Ma, R. L., Ma, Z. B. & Wang, R. Q. (2005). The processing and the development of the healthful diet therapy of function of the geese production. In *Proceedings of the 3rd World Waterfowl Conference*, Guangzhou, November 3–6.

Machander, V.: Test results of performance tests of poultry in 2008. *Náš chov*, 7, 2009: 70–74. (in Czech)

Matsuoka, R., Kurihara, H., Yukawa, H., & Sasahara, R. (2019). Eggshell membrane protein can be absorbed and utilised in the bodies of rats. *BMC Research Notes*, 12, 258.

Mazanowski, A. (2012). Hodowla i chów gęsi [Breeding and keeping of geese]. Wyd. APRA Bydgoszcz [in Polish].

Mazanowski, A., & Adamski, M. (2002). Evaluation of reproductive traits and egg quality in Astra G geese during the first reproductive period. 67-78

Mazanowski, A., & Adamski, M. (2006). The structure, chemical composition and time trends of egg quality characteristics in high-producing geese. *European Poultry Science*, 70(3), 127–133.

Mazanowski, A., & Bernacki, Z. (2006). Characteristics of reproductive traits and egg traits in Graylag goose (*Anser anser* L.) crossbreds. *European Poultry Science*, 70(2), 56–63.

Mazanowski, A., & Kielczewski, K. (2001). Reproductive performance of conservative flock × White Kołuda ganders or geese crossed with Astra G geese in the third period of laying.

Mazanowski, A., & Szukalski, G. (2000). Comparison of reproductive performance of hybrid geese and White Kołuda geese in the second period of laying.

Mazanowski, A., Bernacki, Z., Adamski, M. & Kisiel, T. (2006). Analysis of time trends for reproductive and meat traits in randomly mated conservation flocks of northern variety geese. *Annals of Animal Science*, 6(1), 59–74.

Mazanowski, A., Kisiel, T. & Adamski, M. (2005). Evaluation of some regional varieties of geese for reproductive traits, egg structure and egg chemical composition. *Annals of Animal Science*, 5(1), 67–83.

Meir, M. & Ar, A. (1991). Compensation for seasonal changes in eggshell conductance and hatchability of goose eggs by dynamic control of egg water loss. *British Poultry Science*, 32(4), 723–732. <https://doi.org/10.1080/00071669108417398>

Messens, W., Grijspeerdt, K., De Reu, K., De Ketelaere, B., Mertens, K., Bamelis, F., Kemps, B., De Baerdemaeker, J., Decuypere, E. & Herman, L. (2007). Eggshell penetration of various types of hens' eggs by *Salmonella enterica* serovar *Enteritidis*. *Journal of Food Protection*, 70(3), 623–628. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-70.3.623>

Mia, S. (2020). A production report on turkey farming: Problems and prospects in Bangladesh. Chattogram Veterinary and Animal Sciences University.

Miah, G., Khanom, F., Lima, A., Soheli, S. & Hossain, M. A. (2020). Comparative performance of three varieties of turkey

(*Meleagris gallopavo*) raised under semi-intensive system. *Bangladesh Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 8(1), 29–34.

Mikhailov, K. E. (1997). *Avian eggshells: An atlas of scanning electron micrographs*

Mine, Y. (2002). Recent advances in egg protein functionality in the food system. *World's Poultry Science Journal*, 58(1), 31–39.

Misztal, I. & Besbes, B. (2000). Estimates of parental-dominance and full-sib permanent environment variances in laying hens. *Animal Science*, 71, 421–426.

Mohiti-Asli, M., Shariatmadari, F., Lotfollahian, H. & Mazuji, M. T. (2008). Effects of supplementing layer hen diets with selenium and vitamin E. *Canadian Journal of Animal Science*, 88(3), 475–483.

Monira, K. N., Salahuddin, M. & Miah, G. J. (2003). Effect of breed and holding period on egg quality characteristics. *International Journal of Poultry Science*, 2, 261–263.

Narushin, V. G. & Romanov, M. N. (2002). Egg physical characteristics and hatchability. *World's Poultry Science Journal*, 58(3), 297–303.

Nimalaratne, C. & Wu, J. (2015). Hen egg as an antioxidant food commodity: A review. *Nutrients*, 7(10), 8274–8293.

Nys, Y., Gautron, J., Garcia-Ruiz, J. M., & Hincke, M. T. (2004). Avian eggshell mineralization: Biochemical and functional characterization of matrix proteins. *Comptes Rendus Palevol*, 3(6–7), 549–562.

Oblakova, M. (2006). Phenotypic correlations between some morphological characteristics of eggs in basic turkey lines at the age of 32 weeks. *Bulgarian Journal of Agricultural Sciences*, 12(3), 483–488.

Oliveira, B. L. de & Oliveira, D. D. de. (2013). *Qualidade e tecnologia de ovos* (1st ed., 223 p.). Lavras, MG: UFLA.

Onbaşılar, E., Poyraz, Ö. & Erdem, E. (2007). Effects of egg storage period on hatching egg quality, hatchability, chick quality and relative growth in Pekin ducks. *Archiv für Geflügelkunde*, 71(4), 187–191.

Palmieri, N., Stefanoni, W., & Latterini, F. (2022). Factors influencing Italian consumers' willingness to pay for eggs enriched with omega-3-fatty acids. *Foods*, 11, 545.

Panheleux, M., Bain, M., Fernandez, M. S., Morales, I., Gautron, J., Arias, J. L., ... & Nys, Y. (1999). Organic matrix composition and ultrastructure of eggshell: A comparative study. *British Poultry Science*, 40(2), 240–252.

Papadopoulou, C., Dimitriou, D., & Levidiotou, S. (1997). Bacterial strains isolated from egg and their resistance to currently used antibiotics: Is there a health hazard for consumers? *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 20, 35–40.

Pardo, J. I. S., Ariza, A. G., Jurado, J. M. L., Bermejo, J. V. D. & Vallejo, M. E. C. (2025). Characterization of the internal quality of turkey eggs according to their commercial grading. *Veterinary and Animal Science*, 100470.

Pellegrini, A., Thomas, U., Bramaz, N., Klauser, S., Hunziker, P. & Von Fellenberg, R. (1997). Identification and isolation of a bactericidal domain in chicken egg white lysozyme. *Journal of Applied Microbiology*, 82(3), 372–378.

Piątkowska, M., Żmudzki, J., & Jedziniak, P. (2012). Residues of veterinary medicinal products and coccidiostats in eggs: Causes, control and results of surveillance program in Poland. *Polish Journal of Veterinary Sciences*.

Pingel, H. (2003). The situation of waterfowl in the world. In *Proceedings of the 2nd World Waterfowl Conference, Alexandria, October 7–9*.

Pingel, H. (2009). Waterfowl production for food security. Proceed. In *IV World Waterfowl Conference, Thrissur, India* 5,15.

Poławska, E., Horbańczuk, J. O., Pierzchała, M., Strzałkowska, N., Jóźwik, A., Wójcik, A., Pomianowski, J., Gutkowska, K., Wierzbicka, A., & Hoffman, L. C. (2013). Effect of dietary linseed and rapeseed supplementation on fatty acid profiles in the ostrich. Part 1. Muscles." *Animal Science Papers and Reports* vol. 31 (3) ,239-248.

Popoola, M. A., Alemede, C. I., Aremu, A., & Ola, S. I. (2015). Morphometric parameters of whole egg and egg yolk of five Nigerian domesticated avian species. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 8(3), 41–45.

Prager, E. M., Wilson, A. C. & Arnheim, N. (1974). Widespread distribution of lysozyme g in egg white of birds. *Journal of Biological Chemistry*, 249, 7295.

Puchajda-Skowrońska, H. (2012). Breeding and husbandry in geese. In *Breeding and husbandry in poultry*. Warszawa, Poland: PWRiL. 355–375.

Quan, T. H. & Benjakul, S. (2019). Duck egg albumen: Physicochemical and functional properties as affected by storage and processing. *Journal of Food Science and Technology*, 56, 1104–1115.

Ramli, M. B., Wahab, M. S., Zain, B. A., Raus, A. A., Kamarudin, K., Saude, N., ... & Ahmed, A. (2017). Effect of incubation temperature on ikta's quail breed with new rolling mechanism system. *Journal of Mechanical Engineering (JMechE)*, 3, 78-88.

Rayan, G. N., Galal, A., Fathi, M. M. & El-Attar, A. H. (2010). Impact of layer breeder flock age and strain on mechanical and ultrastructural properties of eggshell in chicken. *International Journal of Poultry Science*, 9(2), 139–147. <https://doi.org/10.3923/ijps.2010.139.147>

Razi, S. M., Fahim, H., Amirabadi, S., & Rashidinejad, A. (2023). An overview of the functional properties of egg white proteins and their application in the food industry. *Food Hydrocolloids*, 135, 108183.

Reyna, K. S. & Burggren, W. W. (2017). Altered embryonic development in northern bobwhite quail induced by pre-incubation oscillatory thermal stresses. *PLOS ONE*, 12(9), e0184670.

Rodríguez-Navarro, A. B., Domínguez-Gasca, N., Muñoz, A. & Ortega-Huertas, M. (2013). Change in the chicken eggshell cuticle with hen age and egg freshness. *Poultry Science*, 92(11), 3026–3035. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03230>

Romanoff, A. L., & Romanoff, A. J. (1949). *The avian egg*.

Romanov, M. N. (1999). Goose production efficiency as influenced by genotype, nutrition and production systems. *World's Poultry Science Journal*, 55(3), 281–294. <https://doi.org/10.1079/WPS19990021>

Rondoni, A., Asioli, D. & Millan, E. (2020). Consumer behaviour, perceptions, and preferences towards eggs: A review of the literature and discussion of industry implications. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 391–401. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.038>

Saatci, M., Kırmızıbayrak, T., Aksoy, A. R. & Tilki, M. (2005). Farklı renkli tüylere sahip yerli Türk kazlarında yumurta ağırlığı, şekil indeksi ve kuluçka ağırlığı ve bu özellikler arasındaki ilişkiler. *Türkiye Veterinerlik ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 29(2), 353–357.

Saatci, M., Yardımcı, M., Kaya, İ., & Poyraz, Ö. (2002). Kars ili kazlarında bazı yumurta özellikleri. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 42(2), 37–45.

Safiyu, K. K., Sogunle, O. M., Egbeyale, L. T. & Shittu, T. A. (2019). An exploratory study on the effects of rearing system and plumage colour on performance, carcass characteristics and meat quality of local turkeys. *International Journal of Health, Animal Science and Food Safety*, 6(1).

Salamon, A. & Kent, J. P. (2013). Egg weight declines to baseline levels over the laying season in domestic geese (*Anser anser domesticus*). *International Journal of Poultry Science*, 12(9), 509.

Salamon, A. & Kent, J. P. (2020). The double-yolked egg: From the ‘miracle of packaging’ to nature’s ‘mistake’. *World’s Poultry Science Journal*, 76(1), 18–33.

Samiullah, S., Roberts, J. R. & Chousalkar, K. (2015). Eggshell color in brown-egg laying hens—A review. *Poultry Science*, 94(10), 2566–2575. <https://doi.org/10.3382/ps/pev202>

Samli, H. E., Agha, A. & Senkoylu, N. (2005). Effects of storage time and temperature on egg quality. *Journal of Applied Poultry Research*, 14(3), 548–553.

Schorger, A. W. (1966). *The wild turkey: Its history and domestication*. USA. University of Oklahoma Press.

Scott, T. & Silversides, F. G. (2000). Effect of storage and strain of hen on egg quality. *Poultry Science*, 79(12), 1725–1729.

Sharif, M. K., Saleem, M., & Javed, K. (2018). Food materials science in egg powder industry. In *Role of materials science in food bioengineering* (pp. 505–537). USA. Academic Press.

Shi, C., Wang, Y., Zhang, C., Yuan, J., Cheng, Y., Jia, B., & Zhu, C. (2022). Nondestructive Detection of Microcracks in Poultry

Eggs Based on the Electrical Characteristics Model. *Agriculture*, 12(8), 1137.
<https://doi.org/10.3390/agriculture12081137>

Silversides, F. & Budgell, K. (2004). Relationships among egg albumen height, pH, and whipping volume. *Poultry Science*, 83(10), 1619–1623.

Simeonovová, J., Kalová, J., Vysloužil, J. & Jeřábek, S. (1995). Nondestructive evaluation of strength and deformation of eggs of hen breeds Rhode-Island white and leghorn white, prototypes of electronic devices. *Czech Journal of Animal Science*, 40, 269–272.

Song, K., Choi, S. & Oh, H. (2000). A comparison of egg quality of pheasant, chukar, quail and guinea fowl. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 13, 986.

Stadelman, W. J., & Cotterill, O. J. (2001). *Egg science and technology* (4th ed.). Westport, CT: Avi Publishing Company.

Suk, Y. O. & Kwon, J. T. (2004). Effects of egg storage, storage temperature, and insemination of hens on egg quality. *Korean Journal of Poultry Science*, 31, 203–212.

Sun, C., Liu, J., Li, W., Xu, G. & Yang, N. (2017). Divergent proteome patterns of egg albumen from domestic chicken, duck, goose, turkey, quail and pigeon. *Proteomics*, 17, 17–18, 1700145.

Suzuki, N., Laskowski Jr., M. & Lee, Y. C. (2006). Tracing the history of Gal α 1–4Gal on glycoproteins in modern birds. *Biochimica et Biophysica Acta – General Subjects*, 1760(4), 538–546.

Suzuki, N., Nawa, D., Su, T. H., Lin, C. W., Khoo, K. H. & Yamamoto, K. (2013). Distribution of the Gal β 1-4Gal epitope among birds. *PLOS ONE*, 8(3), e59291.

Szydlowski, M. & Szwaczkowski, T. (2001). Bayesian segregation analysis of production traits in two strains of laying chickens. *Poultry Science*, 80, 125–131.

Şeker, İ., Kul, S. & Bayraktar, M. (2004). Effects of parental age and egg weight on hatchability. *International Journal of Poultry Science*, 3(4), 259–265.

Takahashi, N., Khoo, K. H., Suzuki, N., Johnson, J. R. & Lee, Y. C. (2001). N-glycan structures from the major glycoproteins of pigeon egg white. *Journal of Biological Chemistry*, 276(26), 23230–23239.

Tan, F. J., Rungruengpet, W., Simsiri, U., Kaewkot, C., Sun, Y. M. & Chumngoen, W. (2022). Influences of egg washing and storage temperature on quality and shelf life of duck eggs. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 24, eRBCA-2021.

Tilki, M. & İnal, Ş. (2004). Türkiye’de yetiştirilen değişik orijinli kazların verim özellikleri I: Kuluçka özellikleri. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28(1), 149–155.

Tserverni-Goussi, A. & Fortomaris, P. (2011). Production and quality of quail, pheasant, goose and turkey eggs for uses other than human consumption. In *Improving the safety and quality of eggs and egg products* (pp. 509–537). Woodhead Publishing.

Tumova, E. & Ebeid, T. (2003). Effect of housing system on performance and quality characteristics in laying hens. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 34, 73–80.

Tyler, C. (1964). *Wilhelm von Nathusius 1821–1899. On avian egg shells* (translated and edited version). University of Reading.

USDA. (2000). *United States standards, grades, and weight classes for shell eggs*. Washington: USA-AMS.

Vlčková, J., Tůmová, E., Míková, K., Englmaierová, M., Okrouhlá, M. & Chodová, D. (2019). Changes in egg quality during storage. *Poultry Science*, 98(11), 6187–6193.

Webster, A.B. (2003). Physiology and behavior of the hen during induced molt. *Poult. Science*, 82, 992-1002.

Wedekind, K. J., Ruff, K. J., Atwell, C. A., Evans, J. L., & Bendele, A. M. (2017). Beneficial effects of natural eggshell membrane (NEM) on multiple indices of arthritis in collagen-induced arthritic rats. *Modern Rheumatology*, 27, 838–848.

Weis, J., Hrnčar, C., Pal, G., Baranska, B., Bujko, J. & Malikova, L. (2011). Effects of egg size on egg losses and hatchability of Muscovy duck. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*, 44, 354–356.

Wengerska, K., Batkowska, J. & Drabik, K. (2023). The eggshell defect as a factor affecting the egg quality after storage. *Poultry Science*, 102, 102749. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102749>

Wezyk, S., Rosinski, A., & Cywa-Benko, K. (2005, November). Goose meat-safe food. In *Proceedings of the 3rd world waterfowl conference*. 3-6

Wilson, H. R. (1991). Interrelationships of egg size, chick size and hatchability. *World's Poultry Science Journal*, 47, 5–20.

Wolc, A., Barczak, E., Wezyk, S., Bodowski, J., Bielinska, H., & Szwaczkowski, T. (2008). Genetic evaluation of production traits in two selected lines of geese under multitrait animal model. *Animal Science Papers and Reports*, 26(1), 71–78.

Yoo, J. H., Kim, J. K., Yang, H. J., & Park, K. M. (2015). Eggshell membrane hydrolysates on the UVB-radiation-induced wrinkle formation in SKH-1 hairless mice. *Korean Journal of Food Science and Animal Resources*, 35, 58–70.

YUMURTA TÜKETİMİ VE HALK SAĞLIĞI AÇISINDAN ÖNEMİ

**PROF. DR. RECEP KARA
ARŞ. GÖR. DUYGU UĞURLU**

YUMURTA TÜKETİMİ

Hayvansal protein, vitaminler, mineraller, esansiyel yağ asitleri, fosfolipidler, sfingomiyelin, lutein ve zeaksantin gibi önemli bir kaynak olan yumurta, çeşitli biyoaktif bileşenler, antioksidanlar ve kolin içerir (İskender ve Kanbay, 2014 ; Zdrojewicz ve ark., 2016). Yumurta, düşük maliyetli ve besin değeri yoğun bir gıdadır. Yüksek biyolojik değeri nedeniyle neredeyse tamamı vücut tarafından kullanılır ve anne sütüyle birlikte örnek bir protein kaynağı olarak gösterilmektedir (Park ve ark., 2018). Yumurtadaki biyoaktif bileşenler, hastalıkların patofizyolojisinde rol oynayan anti-inflamatuvar yolları etkiler (Andersen, 2015). Büyük bir tam yumurta 186 ila 230 mg arasında kolesterol içerir. Bu durum, yumurtaların kardiyovasküler hastalık risklerine ve diğer sorunlara yol açabileceği algısına yol açmıştır. Sağlıklı kişilerin, sarısındaki besin bileşenleri açısından yumurtaya alerjileri olmadığı sürece yumurta tüketmeleri önerilir. Bununla birlikte, yumurta sarısının serum kolesterol seviyeleri üzerindeki etkisi hala tartışmalıdır (Kuang ve ark., 2018).

Tavuk yumurtası binlerce yıldır insan beslenmesinin bir parçası olmasına rağmen, sağlık yararları ve riskleri tüketiciler ve araştırmacılar arasında hala tartışmalara yol açıyor. Bazı insanlar kolesterol içeriği ve kalp damar sağlığına olumsuz etki riski taşımamasını öne sürerek yumurta yemeyi reddediyorken bazıları ise salmonella nedeniyle yumurtadan kaçınıyor. Toplumun bazı kesimleri ise marketten alınan yumurtaları işe yaramaz bulup, yalnızca evcil tavukların yumurtladığı yumurtaları satın alıyor ve kahverengi kabuklu yumurtaları daha değerli buluyor. Bu yaklaşımlardan dolayı yumurta tüketiminde azalmalar meydana gelmektedir.

Yumurtalardan zengin bir diyet, kolesterol kaynağı olduğu düşünüldüğünde (genellikle yumurta başına boyutuna bağlı olarak 141–234 mg kolesterol içerir.), kardiyovasküler hastalık riski yüksek olan bireylere sıklıkla yumurta tüketmemeleri tavsiye edilir (Clayton ve ark., 2017). Yumurta sarısı, normal insan karaciğeri ve kas fonksiyonu için gerekli olan ve fetal gelişim için önemli olan temel bir besin olan kolinin konsantre bir kaynağıdır (Zeisel ve ark., 2003).

Genç, sağlıklı ve obez popülasyonlarda günde 1 ila 3 yumurta tüketiminin olumsuz glisemik veya insülinemik tepkilere yol açmamıştır. Epidemiyolojik çalışmalardan elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında, yumurta tüketimi ile glikoz metabolizması arasındaki ilişkiyi açıklığa kavuşturmak için gelecekte insan ve hayvan deneylerinin yanı sıra genişletilmiş epidemiyolojik araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Clayton ve ark., 2017).

YUMURTA HALK SAĞLIĞI RİSKLERİ

Yumurta, başlangıçta civciv oluşturmak için tasarlandığından dolayı bakterilerin girmesini ve çoğalmasını önlemek ve gelişmekte olan embriyoyu korumak için birçok doğal bariyere sahip eksiksiz bir yaşam destek sistemine sahiptir. Bu bariyerler, yumurta tavuktan

tüketicilere ulaşana kadar da onu korumaktadır (Neamatallah ve ark., 2009). Çoğu yumurtanın (yaklaşık %90) yumurtlandığında steril olduğu tespit edilmiştir, ancak zaman zaman kontamine olma potansiyeli vardır (Egg Safety Center, 2010). Ne yazık ki yumurta, bozulmaya ve patojenik kontaminasyona neden olan mikroorganizmaların çoğalması için de ideal bir besin kaynağıdır.

Hastalık salgınları daha sık görülmekte ve bazen hastalıklar kontrolden çıkmaktadır. Şu anda en yaygın kümes hayvanı hastalıkları şunlardır: Newcastle Hastalığı, Gumboro Hastalığı, Marek Hastalığı, koksidiyoz, *E. coli* ve Salmonelladır (Mazanowski 2012). Diğer hastalıkların yanı sıra, koksidiyoz, kümes hayvanı üretimindeki en büyük sorunlardan biridir (Tewari ve Maharana, 2011). Kümes hayvanlarında koksidiyozu önlemek için koksidiostat adı verilen birçok madde yaygın olarak kullanılmaktadır. Çeşitli nedenlerden dolayı, bu bileşikler çoğunlukla yem katkı maddesi olarak kayıtlıdır ve Avrupa Birliği içinde yumurtacı tavuklar için izin verilmemektedir (Olejník ve ark., 2011). Ayrıca antimikrobiyaller sadece tedavi için değil, aynı zamanda çok sayıda bakteriyel enfeksiyonu önlemek için de kullanılır. Dahası, enfeksiyonların tedavisinde kullanılan dozlardan daha düşük dozlarda sağlıklı hayvanlara uygulandıklarında büyümeyi teşvik edici etki gösterdikleri için, yasadışı olarak besi amaçlı da kullanılabilirler. Bu nedenle, antimikrobiyallerin kullanımının, enfeksiyonların tedavisi ve önlenmesi için gerekli olan minimum düzeyde tutulması ve bu amaçlar dışında kullanılmaması önemlidir (McEwen ve Fedorka- -Cray, 2002).

Taze yumurtanın üç yapısı vardır; dış mumsu kabuk zarı, kabuk ve iç kabuk zarı. Her biri mikroorganizmaların girişini bir dereceye kadar geciktirmede etkilidir (Jay ve ark., 2005). Yumurtaların yumurtlamadan önce ve yumurtlamadan sonra farklı kaynaklardan gelen çeşitli mikroorganizmalarla kontaminasyonunu önleyen bu koruyucu bariyerlere rağmen, yuva malzemesi, toprak,

toz, zemin çözü, kuş dışkı, uygun olmayan kullanım, yıkama, kullanılan deterjan türü, yıkama solüsyonunun sıcaklığı, pH'sı, çok nemli koşullarda depolama ve ekipmanın yetersiz sterilizasyonu da yumurtanın kontaminasyonuna neden olabilmektedir (Al-Bahry ve ark., 2012). Yumurta kabuğu, yatay kontaminasyonla oluşabilecek *Salmonella* penetrasyonuna karşı ilk bariyerdir. Sağlıklı bir tavuk tarafından yumurtlanan yumurtanın bakteriyel bulaşmalara karşı doğal bir bariyeri mevcuttur ve iç kısmı steril kabul edilmektedir. Yapılan çalışmalarda yumurta kontaminasyonlarının %82.67'si dış kabukta, %16'sı yumurta sarısında, %1.33'ü ise kabuk zarlarından izole edilmiştir (Serpen, 2015). Sağlam yumurtaların içeriğinin *Salmonella* kontaminasyonu için iki olası yol vardır. Yatay bulaşmada, bakteri yumurta kabuğundan nüfuz eder; dikey bulaşmada (transovarial yol), yumurtalar kabuk bileşenleriyle kaplanmadan önce üreme organlarının *Salmonella* enfeksiyonu sonucu yumurta içeriği doğrudan kontamine olur (Gantois ve ark., 2009 ; Howard ve ark., 2012). Ancak, *Salmonella enteritis* için, yumurta kabuğunun penetrasyonundan ziyade transovarial bulaşma yolu daha önemli görünmektedir (Gantois ve ark., 2009).

Yumurta kabuğunun kalitesi (kırılmaya karşı direnç, esneklik ve geçirgenlik (Wolc ve ark., 2020) beslenme rejimine, yumurta tavuğunun genotipine, yumurta saklama koşullarına ve tavuğun yaşına bağlıdır (Jones ve ark., 2018 ; Sirri ve ark., 2018). Yumurtanın kabuğu ve içeriği, özellikle *Escherichia coli*, *Salmonella*, mantar ve stafilokoklar gibi çok çeşitli patojenler içeren çeşitli mikroplar tarafından kontamine olabilir. Bu bakteriler, yumurta kabuklarını kontamine eden en yaygın bakteriler olarak kabul edilmektedir (Ricke ve ark., 2001). Tüm bakteriyel patojenler arasında, özellikle *S. enteritis* enfeksiyonu olmak üzere yumurta kaynaklı *Salmonella*, gıda kaynaklı salgınların en önemli nedeni olarak görünmektedir (Poppe, 1994; Mishu ve ark., 1994). AB

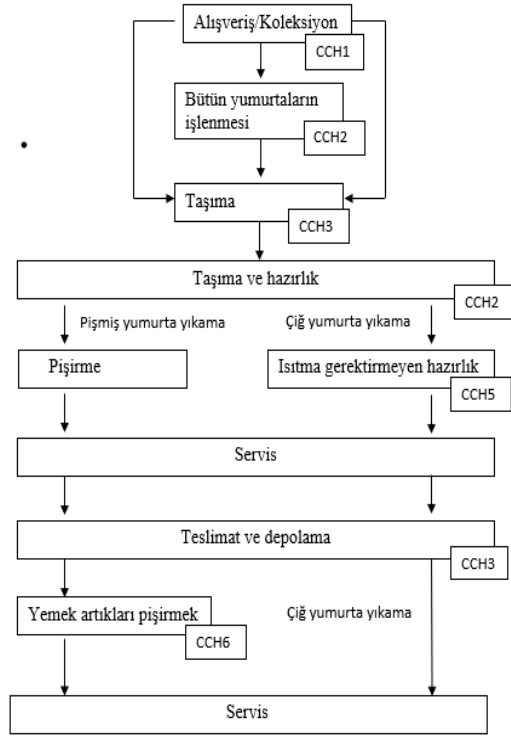
Yönetmeliği No. 589/2008'e (Avrupa Komisyonu, 2008) göre, Avrupa'da, UV işlemine izin verilmesine rağmen üreticilerin yumurtaları yıkamasına izin verilmemektedir. UV-C işleminin tek başına veya ozon ya da hidrojen peroksit (H₂O₂) ile birlikte uygulanmasının, yumurta kabuklarında bulunan *Salmonella spp.*'nin inaktivasyonunda etkili olduğu gösterilmiştir (galTurtoi & Borda, 2014).

Stafilokoklar, çok sayıda gıda ve yumurta dâhil hayvansal üründe bulunan ve gıdanın tüketilmesinden sonraki 6 saat içinde hızlı bir şekilde mide bulantısı, kusma, karın ağrısı, kramp ve ishale neden olan ısıya dayanıklı enterotoksinler salgılar. *Staphylococcus aureus* gıda zehirlenmesine bağlı birkaç salgın kaydedilmiştir (EFSA, 2014).

Koliform sayısı, olası fekal kontaminasyon, mikrobiyal kalite ve sağlık için geleneksel bir göstergedir ve gıda işletmelerinde benimsenen hijyen standartlarını yansıtır. Sonuç olarak, koliform sayısı yüksek olan yumurtalar ekonomik ve halk sağlığı açısından önemli risk arz eder.

Escherichia coli, kuşların ve insanların bağırsak sistemlerinde normal olarak bulunan mikroorganizmalardır. *Escherichia coli*, insanlarda idrar yolu enfeksiyonları, zatürre, pnömoni, menenjit ve peritonite neden olabilir (Musgrove ve ark., 2008). *Salmonella enteritidis* ve *Salmonella typhimurium*, gıda zehirlenmesine neden olan kabuklu yumurtaların içinde en sık bulunan *Salmonella* serotipleridir. Ayrıca, bu mikroorganizma gastroenteritten tifoya kadar değişen semptomlara neden olan İnsan Salmonellozuna neden olur (Tan ve ark., 2012). Dünya çapında yumurtaya olan sürekli tüketici talebi nedeniyle, tüketime uygun güvenli ve kaliteli yumurtalar sunmak için periyodik değerlendirmeler yapılması gerekmektedir. *Salmonella*, 2018'de bildirilen gıda kaynaklı salgınlarda %30,7'sinde rol oynadı.

Salmonellozis, kampilobakteriyozdan sonra hastaneye yatışa neden olan en sık bildirilen ikinci zoonotik hastalık ve 2018'de Avrupa'da kontamine gıda tüketimi nedeniyle listeriyozdan sonra ikinci ölüm nedeniydi (EFSA ve ECDC, 2019). Amerika Birleşik Devletleri'nde, 2013 yılında tifo dışı salmonellalardan kaynaklanan toplam bir milyon hastalık sayısı tahmin edildi ve bu, gıda kaynaklı hastalıklar arasında ekonomik yükün %24'ünü (3.6 milyar dolar) oluşturdu (USDA, 2019). Domingues ve ark. (2012) tarafından yürütülen bir meta-analizde, az pişmiş veya çiğ olan yumurta ve kümes hayvanı tüketiminin sporadik salmonelloz vakaları için bir risk faktörü olduğu bulunmuştur. Yirmi dört Avrupa ülkesinde menşei araştırıldığında, yumurta tavuklarının insan salmonellozisinden sorumlu suşların ana rezervuarı olduğu ve tüm insan enfeksiyon vakalarının %42,4'üne neden olduğu kanıtlanmış olup; bunların %95,9'unun etken maddesinin *Salmonella enteritidis* olduğu bildirilmiştir (de Knecht ve ark., 2015). *Salmonella enteritidis* , yumurtalarla bağlantılı enfeksiyonlar da dahil olmak üzere (Threlfall ve ark., 2014) insan salmonellozisiyle ilişkilendirilen ana serovar olmuştur (Ferrari ve ark., 2019) ve farklı ülkelerdeki son salgınlarda rol oynamıştır. Gıda kaynaklı patojenler üreme sistemini etkileyerek direkt hayvanın sağlık durumunu olumsuz etkilemekte, dolaylı olarak da yumurta verimini ve yumurta kalitesini düşürmektedir. Yaşanan tüm bu olumsuzluklar sadece hayvan sağlığını tehdit etmekle kalmayıp tavukçuluk endüstrisinde de önemli kayıplara neden olmaktadır (Çiçekgil ve Yazıcı, 2016; Spitzer, 2016).



Şekil 4: Yumurta/yumurta ürünlerinin Kritik Tüketici Elleçlemesi (KTH) için genel akış şeması (KTH - tüketicinin eylemleri veya tercihleri yoluyla tehlikeyi önemli ölçüde azaltabileceği, ortadan kaldıracak veya önleyebileceği akış şemasındaki adımlar; SafeConsume projesi kapsamında geliştirilen bir akış şeması). Sonraki adımlarda tehlikeyi ortadan kaldıracak KTH'ler kırmızıyla, eller/diğer gıdalar yoluyla yutulma olasılığını artıran çapraz bulaşmayla ilgili KTH'ler turuncuyla gösterilmiştir.

Akış şeması, altı Avrupa ülkesinden (Fransa, Macaristan, Norveç, Portekiz, Romanya ve Birleşik Krallık) sosyologlar ve gıda güvenliği uzmanlarından oluşan bir ekip tarafından geliştirilmiştir (<http://safeconsume.eu/about/timeline>).

Benzer akış şemaları, güvenli gıdayı sağlamak için uluslararası alanda tanınan bir metodoloji olan HACCP'in (Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları) uygulanmasıyla bağlantılı olarak profesyonel gıda üretiminde de kullanılmaktadır (World Health Organization & Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2009). Akış şeması, bütün yumurtaların veya sadece sarısının ya da albüminin kullanıldığı, sadece yumurta ile veya yumurtaları diğer malzemelerle karıştırarak hazırlanan ve pişmiş veya çiğ olarak servis edilen yaygın tarifleri içerecek şekilde tasarlanmıştır. Çünkü yumurtalar, ev ortamında çeşitli yemekler hazırlamak için kullanılabilir. Bazı adımlar KKN (Kritik Kontrol Noktası) olarak işaretlenmiştir; bu, tüketicilerin bu belirli adımlarda davranışları veya seçimleriyle *Salmonella* seviyesini önleyebileceğini, ortadan kaldıracabileceğini veya önemli ölçüde azaltabileceğini, böylece yutulduğunda enfektif dozun altında seviyeler elde edebileceğini göstermektedir. KKN1, tüketicilerin *Salmonella* içermediği garanti edilen yumurtalar satın alarak salmonelloz kapma olasılığını azaltabileceği toplama/satın alma noktasına (1. adım) yerleştirilir. Depolama ve hazırlama öncesi işleme adımlarında (sırasıyla 3. ve 5. adımlar), tüketiciler kirli yumurtaların hijyenik şekilde işlenmesi veya yıkanmasıyla potansiyel bulaşmayı azaltabilirler. KKN3, tüketicilerin yumurtaları/yumurta içeren gıdaları buzdolabında saklayarak *Salmonella'nın* büyümesini önleyebileceği depolamayı ifade eder (4. ve 9. adımlar) . Tüketiciler 6 ve 10.adımda *Salmonella'yı* termal olarak öldürebilir veya 7. adımda patojeni kimyasal olarak inhibe edebilir (Cardoso ve ark., 2021).

Ayrıca yumurtanın depolama koşulları da sağlık riski açısından önem teşkil etmektedir. Yumurta toplandıktan sonraki depolama sıcaklığı *Salmonella'nın* gelişimini etkiler ancak yumurtaların mağazalarda tutulduğu sıcaklığın tüketicilerin hem satın alma hem de evdeki depolama koşulları açısından tercihlerini

etkileyip etkilemediğini değerlendirmek zordur. Yumurta depolama konusunda farklı ülkelerde yürürlükte olan mevzuatlar arasında farklılıklar vardır (Fikiin ve ark., 2020). Örneğin, İspanya ve İtalya'da vakaların %85'inden fazlasında tüketiciler mağazada oda sıcaklığında bırakılan yumurtaları satın alırken, Rusya ve Estonya'da sırasıyla yalnızca %54 ve %23'ü oda sıcaklığında saklanan yumurtaları satın almıştır (Koppel ve ark., 2015). ABD'de yumurtaların yumurtlamadan 36 saat sonra 7,2 °C (45 °F) veya altında tutulması ve taşınması gerekirken, AB'de, (EC) No. 853/2004 Yönetmeliği'ne göre "yumurtalar tercihen sabit bir sıcaklıkta depolanmalı ve taşınmalı ve genel olarak son tüketiciye satılmadan önce buzdolabında saklanmamalıdır." çünkü "oda sıcaklığında bırakılan soğuk yumurtalar yoğuşmayla kaplanabilir ve bu da kabukta bakteri üremesini ve muhtemelen yumurtaya girmesini kolaylaştırabilir." ifadesi yer almaktadır. Başlangıçta çok düşük sayılarda olsa bile, satın alma sırasında *Salmonella* tehlikeli seviyelere ulaşabilir, çünkü *Salmonella* oda sıcaklığında depolanan yumurta sarısında hızla büyür (Lublin ve Sela, 2008).

İspanya, Belçika, Hollanda ve Fransa gibi birçok Avrupa ülkesinde, perakende seviyesinde yumurta depolamasıyla ilgili süre/sıcaklık koşulları için belirli yasal gereklilikler tanımlanmamıştır. Bazı ülkeler, yumurta zincirinin tamamında veya belirli aşamalarda maksimum 18 °C sıcaklık belirlemişken, diğer Avrupa ülkeleri (örneğin Almanya) daha katı koşullar uygulamaktadır. Örneğin, yumurtlamadan sonraki 18. günden itibaren son tüketiciye ulaşana kadar 5 ila 8 °C arasında depolama veya tüm yumurta zinciri boyunca sabit 12 °C sıcaklık (örneğin Danimarka) uygulanmaktadır (EFSA Panel on Biological Hazards, 2014). Ülkemizde *Salmonella* izlenmesi amacıyla AB'nin 2160/2003/EC, 1177/2006/EC ve 2007/407/EC direktif ve regülasyonlarına uyumlu olarak hazırlanan “*Salmonella* ve Belirlenmiş Diğer Gıda Kaynaklı Zoonotik Etkenlerin Kontrol

Altına Alınması Yönetmeliği” 27 Mart 2014 tarihli ve 28954 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmış ve birincil üretim dâhil yem ve gıda zincirinin ilgili aşamalarında izleme yapılması, Sağlık Bakanlığı verilerine göre halk sağlığı önemi olan serotipler göz önüne alınarak hedefler belirlenmesi ve birincil üretimde etkenlerin azaltılmasına yönelik ulusal *Salmonella* kontrol programı oluşturulması kararlaştırılmıştır.

Ülkelere bağlı olarak yumurtaların üzerine son kullanma tarihi damgası vurularak bu riskin önüne geçilebilir. Bu tarih, gıdanın beklenen kalitesini koruduğu tarihi gösterir. Yumurtalar, "son kullanma tarihi" dolmadan 7 gün önce (yumurtaların yumurtlanmasından 28 gün sonra) satılmalıdır (Avrupa Komisyonu, 2008). Özetle, zaman ve sıcaklık *Salmonella'nın* büyümesini kontrol eden faktörler olarak kabul edilse de, tüketiciler bunları perakende satıştan önce kontrol edemez ve tüketiciler genellikle zincirin daha erken aşamalarında zaman ve sıcaklık rejimi hakkında bilgilendirilmez. Yumurtaların, yumurtlamadan satın almaya kadar *Salmonella'nın* büyümesine izin veren sıcaklıklarda (>7 °C) depolanması yaygındır ve bunun sonucunda, yüksek sayıda *Salmonella* içeren yumurtalar gıda zinciri boyunca tüketicilere kadar taşınabilir (Cardoso ve ark., 2021).

Yumurtaların güvenli ve sağlıklı bir biçimde nihai tüketiciye ulaşabilmesi, yalnızca üretim aşamasında uygulanan yönetim ve kontrol stratejilerine değil, aynı zamanda tüketicilerin yumurtaların temini, depolanması, hazırlanması ve sunulması süreçlerinde gıda güvenliği, hijyen ve risk yönetimi ilkeleri konusunda bilinçlendirilmesine de bağlıdır. Bu nedenle, tüketici farkındalığını artırmaya yönelik eğitim programlarının yürütülmesi ve standartlaştırılmış kontrol protokollerinin uygulanması, yumurta kaynaklı gıda güvenliği risklerinin azaltılmasında ve toplum sağlığının korunmasında kritik bir öneme sahiptir (Yapıcıer ve Öztürk, 2021).

Yaygın olarak tüketilen gıdalardaki ağır metal kontaminasyonu önemli bir güvenlik endişesidir. Dünya çapındaki nüfus artışı, kentleşme ve kümes hayvanı üretim ve dağıtım sistemlerindeki gelişmeler, tavuk eti ve yumurtasını geliştirmiş ve geliştirmekte olan ülkelerde daha yaygın olarak bulunabilir hale getirmiştir (Erdaw ve Beyene, 2022). Yumurtaların kirlenmesi üreticiler, düzenleyiciler ve tüketiciler için çok yönlü bir endişe kaynağıdır. Hızlı kentleşme ve sanayileşmenin bir sonucu olarak, insan yapımı çeşitli eylemler gıda kirlenmesine yol açmış, et ve yumurta gibi yaygın olarak tüketilen gıdalardaki ağır metal kalıntılarının varlığı endişe uyandırmıştır (Asejeje ve ark., 2021a, Kaushik ve ark., 2023, Özbay ve ark., 2023). Yumurtadaki ağır metaller, yem bileşenleri üretmek için kirlenmiş gübreler veya pestisitlerin kullanılması da dâhil olmak üzere endüstriyel faaliyetler ve tarımsal uygulamalardan kaynaklanabilir (Aljohani, 2023). Biyolojik olarak parçalanmayan ağır metaller, uzun biyolojik yarı ömürlere sahiptir ve bu toksik maddeleri ortadan kaldırmak için sınırlı mekanizmalar nedeniyle çeşitli insan vücudu dokularında birikme potansiyeline sahiptir (Agarwal ve Darbar, 2023, Ipeaiyeda ve Onianwa, 2018). Ağır metallerle kirlenmiş bileşenlerden üretilen kirlenmiş yem tüketen tavukların dokularında eser miktarda metal birikebilir ve bu metaller geliştirmekte olan yumurtalara aktarılabilir (Aljohani, 2023). Gıdadaki toksik ağır metallerin güvenli tüketim sınırını aşması, tüketiciler için ciddi sağlık riskleri oluşturabilir (Abbasi ve ark., 2022, Asejeje ve ark., 2021b, Khaleeq ve ark., 2022). Kirlenmiş gıda tüketimiyle insanların ağır metallerle maruz kalma potansiyeli nedeniyle gıda güvenliği önemli bir küresel endişe olarak ortaya çıkmıştır (Lin ve ark., 2023, Zhou ve ark., 2023). Gıdaların tüketimi, ağır metallerin birincil yolu olarak kabul edilmekte ve toplam insan maruziyetinin %90'ından fazlasını oluşturmaktadır (Li ve ark., 2023). Uluslararası Kanseri Araştırma Ajansı'na göre, kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) ve krom (Cr)

kanserojen olan ağır metallerdir (Shi ve ark., 2023). Bu ağır metallere kronik maruz kalma, mutajenik ve teratojenik etkiler, nörolojik bozukluklar, böbrek hasarı, yağlı karaciğer, kısırlık, kemik hastalıkları, kardiyovasküler sorunlar ve belirli kanser türlerinin artma riski dahil olmak üzere çeşitli sağlık sorunlarıyla ilişkilendirilmiştir (Järup, 2003 , Sadighara ve ark., 2023 , Topdaş, 2023). Küresel gıda güvenliği endişeleri artmaya devam ettikçe, kanserojen ve kanserojen olmayan sağlık risklerinin değerlendirilmesi büyük önem kazanmıştır. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA), gıda tüketimi yoluyla ağır metallere maruz kalmanın olası risklerini değerlendirmek için sağlık riski değerlendirme modelleri geliştirmiştir. Kümes hayvanlarında kullanılan yemlerindeki toksik metaller, gıda güvenliği endişelerini tetikleyerek tavuk eti ve yumurta kontaminasyonuna yol açabilir. Halk sağlığı sonuçlarına ek olarak, bu tür kontaminasyon tüketicileri ciddi şekilde etkileyebilir, kümes hayvanı endüstrisinin itibarını zedeleyebilir, yasal ve ekonomik sonuçlara yol açabilir. Çeşitli ülkelerde tavuk eti ve yumurtalarında ağır metal kontaminasyonu birçok çalışmada bildirilmiştir (Cristea ve ark., 2023 , Ferweez ve ark., 2023 , Kamaly ve Sharkawy, 2023 , Liang ve ark., 2023 , Zergui ve ark., 2023).

3. YUMURTA ALERJİSİ

Tavuk yumurtası, dünyada özellikle bebekler ve çocuklar için gıda alerjisine neden olan 'sekiz büyük' gıda kaynağından (örneğin; inek sütü, balık, yer fıstığı, ağaç yemişleri, kabuklular, buğday ve soya fasulyesi) biridir. Gıda alerjisi, duyarlı kişilerde immünolojik reaksiyonlara neden olan gıdalardan gelen diyet alerjenlerine maruz kalmanın neden olduğu olumsuz sağlık etkileri olarak tanımlanır. Besin alerjilerinin ortaya çıkmasına neden olan en sık görülen immün yanıt, immünoglobülin E (IgE) antikorlarının oluşumudur (Török ve ark., 2014). Bu nedenle, yumurta alerjisi, atopik dermatit ve eozinofilik özofajite neden olan ve yumurta proteinlerinin

olumsuz immünolojik reaksiyonu sonucu oluşan IgE antikoru aracılı bir alerji olarak düşünülebilir (Sampson,2004). Yumurta proteinlerinin alerjik özelliği, çoğunlukla ısıya ve enzimatik sindirime karşı dirençlerine bağlıdır ve bu da bağışıklık tepkisini uyarma yeteneklerini yansıtır (Hill ve ark., 2008). Yumurta beyazı proteinleri, yumurta sarısı proteinlerinden daha yüksek alerjik potansiyele sahiptir (Astwood ve ark., 1996). Yumurta beyazında dört ana alergen vardır: ovomukoid, ovalbümin, ovotransferrin ve lizozim yumurta sarısında ise iki küçük alergen vardır: α -livetini ve lipoprotein YGP42. IgE aracılı alerjik reaksiyonlar, çocuklarda yumurta alerjisinin en yaygın belirtisidir ve genellikle yaşamın ilk yılında ortaya çıkar. Ortalama 10 aylık yaş, genellikle bebeğin diyetine yumurtanın eklenmesiyle aynı zamana denk gelir (Tan ve Joshi, 2014)

Reaksiyonlar genellikle ilk bilinen yumurta maruziyetinde, özellikle de eř zamanlı atopik dermatiti (AD) olan çocuklarda ortaya çıkar (Boyano ve ark., 2001). Küresel veriler, yumurta alerjisinin küçük çocukların %0,5-2,5'ini etkilediğini göstermektedir (Rona ve ark., 2007). HealthNut çalışmasında, bir yaşındaki çocuklarda tavuk yumurtası alerjisinin (HEA) prevalansı %9,5 olarak rapor edilmiştir. Bu oran, yer fıstığı (%3,1) ve inek sütü (%1,5) gibi diğer önemli gıda alerjilerinden daha yüksek bulunmuştur (Peters ve ark., 2014). Semptomların başlangıcı yumurta tüketiminden birkaç dakika sonra ortaya çıkabilir ve yutulduktan sonra 2 saate kadar sürebilir. Reaksiyonlar genellikle ürtiker, kusma ve anjiyoödem ile karakterizedir. Yumurta,  ks r k, hırıltı, göğüs ve boğazda sıkışma, hipotansiyon ve çökme gibi solunum ve/veya kardiyovasküler semptomlarla anafilaksiye neden olabilir ve tüm pediatrik anafilaksi vakalarının %7-12'sinde tetikleyici olarak bildirilmektedir (Macdougall ve ark., 2002). Yumurtaya karşı anafilaksi vakaları nadirdir ancak bildirilmiştir (Mehl ve ark., 2005; Liew ve ark., 2009). Yumurta alerjisi, giderek artan bir şekilde, bazı bireylerde

linik olarak tüm yumurta formlarına (çiğ, pişmiş ve fırınlanmış) alerji, bazılarında ise yalnızca çiğ veya kısmen pişmiş yumurtaya alerji olarak kabul edilmektedir (Tan ve Joshi, 2014). Yumurta alerjisi olan çocukların çoğunluğu (%65-81), kek gibi fırınlanmış bir üründe yumurtayı tolere edebilir.

KAYNAKLAR

Abbasi, E., Yousefi, M. H., Hashemi, S., Hosseinzadeh, S., Ghadimi, A. H., Safapour, M. & Azari, A. (2022). Aflatoxin B1 and heavy metals in imported black tea to Bushehr, southern Iran: Contamination rate and risk assessment. *Journal of Food Composition and Analysis*, 106, 104277. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104277>

Agarwal, S. & Darbar, S. (2023). Microorganism assisted synthesized metal and metal oxide nanoparticles for removal of heavy metal ions from wastewater effluents. In *Environmental Applications of Microbial Nanotechnology*. 127–148. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91744-5.00017-5>

Al-Bahry, S. N., Mahmoud, I. Y., Al-Musharafi, S. K. & Al-Ali, M. A. (2012). Penetration of spoilage and food poisoning bacteria into fresh chicken egg: A public health concern. *Global Journal of Bio-Science and Biotechnology*, 1(1), 33–39.

Aljohani, A. S. M. (2023). Heavy metal toxicity in poultry: A comprehensive review. *Frontiers in Veterinary Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1161354>

Andersen, C. (2015). Bioactive egg components and inflammation. *Nutrients*, 7(9), 7889–7913.

Asejeje, G. I., Ipeaiyeda, A. R. & Onianwa, P. C. (2021a). Occurrence of BTEX from petroleum hydrocarbons in surface water, sediment, and biota from Ubeji Creek of Delta State, Nigeria. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 15361–15379. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11196-y>

Asejeje, G. I., Ipeaiyeda, A. R. & Onianwa, P. C. (2021b). Health risk assessment of Ubeji Creek residents' exposure to BTEX from consumption of locally sourced foods. *Environmental*

Pollution and Bioavailability, 33, 449–459.
<https://doi.org/10.1080/26395940.2021.2007795>

Astwood, J. D., Leach, J. N. & Fuchs, R. L. (1996). Stability of food allergens to digestion in vitro. *Nature Biotechnology*, 14(10), 1269–1273.

Boyano Martinez, T., Garcia-Ara, C., Diaz-Pena, J. M., Muñoz, F. M., Garcia Sanchez, G. & Esteban, M. M. (2001). Validity of specific IgE antibodies in children with egg allergy. *Clinical and Experimental Allergy*, 31(9), 1464–1469.

Cardoso, M. J., Nicolau, A. I., Borda, D., Nielsen, L., Maia, R. L., Møretro, T., ... & Teixeira, P. (2021). Salmonella in eggs: From shopping to consumption—A review providing an evidence-based analysis of risk factors. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(3), 2716–2741.

Clayton, Z. S., Fusco, E. & Kern, M. (2017). Egg consumption and heart health: A review. *Nutrition*, 37, 79-85.

Cristea, G., Dehelean, A., Pușcaș, R., Hategan, A. R. & Magdas, D. A. (2023). Isotopic and elemental fingerprint of edible egg parts—the health risk assessment based on potentially toxic elements content. *Molecules*, 28, 503.
<https://doi.org/10.3390/molecules28020503>

Çiçekgil, Z. & Yazıcı, E. (2016). Türkiye’de tavuk yumurtası mevcut durumu ve üretim öngörüsü. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 26–34. FAO. (2011). *Statistical database*. <http://faostat.fao.org>

de Knecht, L. V., Pires, S. M. & Hald, T. (2015). Attributing foodborne salmonellosis in humans to animal reservoirs in the European Union using a multi-country stochastic model. *Epidemiology and Infection*, 143(6), 1175–1186.
<https://doi.org/10.1017/S0950268814001903>

Domingues, A. R., Pires, S. M., Halasa, T. & Hald, T. (2012). Source attribution of human salmonellosis using a meta-analysis of case-control studies of sporadic infections. *Epidemiology and Infection*, 140(6), 959–969. <https://doi.org/10.1017/S0950268811002172>

EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ). (2014). Scientific opinion on the public health risks of table eggs due to deterioration and development of pathogens. *EFSA Journal*, 12(7), 3782–3929. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3782>

Egg Safety Center. (2010). *Pathogens*. <http://www.eggsafety.org/consumers/pathogens>

Erdaw, M. M. & Beyene, W. Ts. (2022). Trends, prospects, and the socio-economic contribution of poultry production in sub-Saharan Africa: A review. *World's Poultry Science Journal*, 78, 835–852. <https://doi.org/10.1080/00439339.2022.2092437>

European Commission. (2008). Commission Regulation (EC) No. 589/2008 of 23 June 2008 laying down detailed rules for implementing Council Regulation (EC) No. 1234/2007 as regards marketing standards for eggs. *Official Journal of the European Union*, L 163, 6–23.

European Food Safety Authority & European Centre for Disease Prevention and Control. (2019). The European Union One Health 2018 Zoonoses Report. *EFSA Journal*, 17(12), 5926. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5926>

Ferrari, R. G., Rosario, D. K. A., Cunha-Neto, A., Mano, S. B., Figueiredo, E. E. S. & Conte-Junior, C. A. (2019). Worldwide epidemiology of *Salmonella* serovars in animal-based foods: A meta-analysis. *Applied and Environmental Microbiology*, 85(14), e00591–19. <https://doi.org/10.1128/AEM.00591-19>

Ferweez, H., Khalifa, A., Metwelly, G. & Abd El-Maguid, D. (2023). Study on some heavy metals of poultry meat and its products in New Valley Governorate, Egypt. *New Valley Journal of Agricultural Sciences*, 3, 0–0. <https://doi.org/10.21608/nvjas.2023.215605.1222>

Fikiin, K., Akterian, S. & Stankov, B. (2020). Do raw eggs need to be refrigerated along the food chain? Is the current EU regulation ensuring high-quality shell eggs for the European consumers? *Trends in Food Science & Technology*, 100, 359–362. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.04.003>

galTurtoi, M. & Borda, D. (2014). Decontamination of egg shells using ultraviolet light treatment. *World's Poultry Science Journal*, 70(2), 265–278. <https://doi.org/10.1017/S0043933914000282>

Gantois, I., Ducatelle, R., Pasmans, F., Haesebrouck, F., Gast, R., Humphrey, T. J. & Van Immerseel, F. (2009). Mechanisms of egg contamination by *Salmonella Enteritidis*. *FEMS Microbiology Reviews*, 33(4), 718–738.

Hill, D. J., Hosking, C. S., De Benedictis, F. M., Oranje, A. P., Diepgen, T. L., Bauchau, V. & EPAAC Study Group. (2008). Confirmation of the association between high levels of immunoglobulin E food sensitization and eczema in infancy: An international study. *Clinical & Experimental Allergy*, 38(1), 161–168.

Howard, Z. R., O'Bryan, C. A., Crandall, P. G. & Ricke, S. C. (2012). *Salmonella Enteritidis* in shell eggs: Current issues and prospects for control. *Food Research International*, 45(2), 755–764.

Ipeaiyeda, A. R. & Onianwa, P. C. (2018). Monitoring and assessment of sediment contamination with toxic heavy metals: Case study of industrial effluent dispersion in Alaro River, Nigeria.

Applied Water Science, 8, 161. <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0815-6>

İskender, H. & Kanbay, Y. (2014). Üniversite öğrencilerinin yumurta tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. *YYÜ Veteriner Fakültesi Dergisi*, 25(3), 57–62.

Järup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68, 167–182. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldg032>

Jay, J. M., Golden, D. A. & Loessner, M. J. (2005). *Modern food microbiology* (7th ed.). Springer Verlag.

Jones, D. R., Karcher, D. M., Regmi, P., Robison, C. O. & Gast, R. K. (2018). Hen genetic strain and extended cold storage influence on physical egg quality from cage-free aviary housing system. *Poultry Science*, 97(7), 2347–2355. <https://doi.org/10.3382/ps/pex052>

Kamaly, H. F. & Sharkawy, A. A. (2023). Health risk assessment of metals in chicken meat and liver in Egypt. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195, 802. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11365-9>

Kaushik, R., Khanna, P., Mehra, R., Arora, N. K., Kumar, H., Sharma, M., Inbaraj, B. S., Sridhar, K. & Kumar, S. (2023). Determination of heavy metals in vended Indian street foods: Application of advanced multivariate analysis. *Journal of Food Composition and Analysis*, 123, 105592. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105592>

Khaleeq, A., Ahmed, M., Huma, R., Mujtaba, A., Noor, S., Rehman, R., Sheikh, T. A., Qamar, S., Iqbal, D. N., Alharthy, R. D. & Hameed, A. (2022). Evaluation of trace and heavy metals in different varieties of sauces to characterize their impact on human

health. *Journal of Food Composition and Analysis*, 114, 104789. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104789>

Koppel, K., Timberg, L., Shalimov, R., Vázquez-Araújo, L., Carbonell-Barracchina, A. A., Di Donfrancesco, B. & Chambers, E., IV. (2015). Purchase, storage, and preparation of eggs and poultry in selected European countries: A preliminary study. *British Food Journal*, 117(2), 749–765. <https://doi.org/10.1108/BFJ-01-2014-0021>

Kuang, H., Yang, F., Zhang, Y., Wang, T. & Chen, G. (2018). The impact of egg nutrient composition and its consumption on cholesterol homeostasis. *Cholesterol*, 2018 (1), 6303810. <https://doi.org/10.1155/2018/6303810>

Li, X., Zang, N., Zhang, N., Pang, L., Lv, L., Meng, X., Lv, X. & Leng, J. (2023). DNA damage resulting from human endocrine disrupting chemical exposure: Genotoxicity, detection and dietary phytochemical intervention. *Chemosphere*, 338, 139522. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139522>

Liang, K., Bai, S. & Zhu, H. (2023). Effects of cadmium, lead, mercury, chromium, and selenium co-treatment on egg quality and fatty acids. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 73941–73951. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27493-1>

Liew, W. K., Williamson, E. & Tang, M. L. (2009). Anaphylaxis fatalities and admissions in Australia. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 123(2), 434–442.

Lin, Y.-Y., Yen, G.-C. & Lin, H.-T. (2023). Dashboard charting for online compliance monitoring of heavy metals in school-meal chicken and pork in Taiwan. *Journal of Food Composition and Analysis*, 115, 104900. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104900>

Lublin, A. & Sela, S. (2008). The impact of temperature during the storage of table eggs on the viability of *Salmonella enterica* serovars Enteritidis and Virchow in the eggs. *Poultry Science*, 87(11), 2208–2214. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00153>

Macdougall, C. F., Cant, A. J. & Colver, A. F. (2002). How dangerous is food allergy in childhood? The incidence of severe and fatal allergic reactions in the UK and Ireland. *Archives of Disease in Childhood*, 86(4), 236–239.

Mazanowski, A. (2012). Hodowla i chów g. esi [Breeding and keeping of geese]. Wyd. APRA Bydgoszcz [in Polish].

McEwen, S. A. & Fedorka-Cray, P. J. (2002). Antimicrobial use and resistance in animals. *Clinical infectious diseases*, 34(3), 93–106.

Mehl, A., Wahn, U. & Niggemann, B. (2005). Anaphylactic reactions in children: A questionnaire-based survey in Germany. *Allergy*, 60(11), 1440–1445.

Mishu, B., Griffen, P. M. & Tauxe, R. V. (1994). Outbreaks of *S. enteritidis* in the United States. *Journal of Infectious Diseases*, 69, 547–552.

Musgrove, M. T., Northcutt, J. K., Jones, D. R., Cox, N. A. & Harrison, M. A. (2008). Enterobacteriaceae and related organisms isolated from shell eggs collected during commercial processing. *Poultry Science*, 87(6), 1211–1218.

Neamatallah, A. A., El-Leboudy, A., Amer, A. A. & ElShenawy, N. M. (2009). Biosafety against fungal contamination of hen's eggs and mycotoxins producing species. *JKAU: Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture Sciences*, 20(2), 63–73.

Olejniak, M., Szprengier-Juszkiewicz, T., Jedziniak, P., Śledzińska, E., Szymanek-Bany, I., Korycińska, B., ... & Żmudzki,

J. (2011). Residue control of coccidiostats in food of animal origin in Poland during 2007–2010. *Food Additives and Contaminants: Part B*, 4(4), 259–267.

Özbay, S., Dikici, E. & Soylukan, C. (2023). Evaluation of biological (feed, water), seasonal, and geological factors affecting the heavy metal content of raw milk. *Journal of Food Composition and Analysis*, 121, 105401. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105401>

Park, S., Jung, J., Choi, S. W. & Lee, H. J. (2018). Association between egg consumption and metabolic disease. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 38(2), 209–223.

Peters, R. L., Dharmage, S. C., Gurrin, L. C., Koplin, J. J., Ponsonby, A. L. & Lowe, A. J., (2014). The natural history and clinical predictors of egg allergy in the first 2 years of life: A prospective, population-based cohort study. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 133(2), 485–491.

Poppe, C. (1994). Salmonella enteritidis in Canada. *International Journal of Food Microbiology*, 21, 1–5.

Ricke, S. C., Birkhold, S. G. & Gast, R. K. (2001). Eggs and egg products. In F. P. Downes & K. Ito (Eds.), *Compendium of methods for the microbiological examination of foods* (4th ed.). American Public Health Association. 473–479.

Rona, R. J., Keil, T., Summers, C., Gislason, D., Zuidmeer, L., Sodergren, E. ... & Madsen, C. (2007). The prevalence of food allergy: A meta-analysis. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 120(3), 638–646.

Sadighara, P., Abedini, A. H., Irshad, N., Ghazi-Khansari, M., Esrafil, A. & Yousefi, M. (2023). Association between non-

alcoholic fatty liver disease and heavy metal exposure: A systematic review. *Biological trace element research*, 201(12), 5607-5615.

Sampson, H. A. (2004). Update on food allergy. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 113(5), 805–819.

Serpen, A. (n.d.). *Yumurtanın bilinmeyen sırrı ve gerçekleri*. http://www.genctiyetisyenler.com/wpcontent/uploads/2015/08/Yumurtanın_Sirri_ve_gercek_Adnan_Serpen.pdf (Erişim: 10.09.2025)

Shi, J., Zhao, D., Ren, F. & Huang, L. (2023). Spatiotemporal variation of soil heavy metals in China: The pollution status and risk assessment. *Science of the Total Environment*, 871, 161768. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161768>

Sirri, F., Zampiga, M., Berardinelli, A. & Meluzzi, A. (2018). Variability and interaction of some egg physical and eggshell quality attributes during the entire laying hen cycle. *Poultry Science*, 97(5), 1818–1823. <https://doi.org/10.3382/ps/pex456>

Spitzer, H. (2016). *An analysis of bacterial contamination of chicken eggs and antimicrobial resistance*. http://digitalcommons.csbsju.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1076&context=elce_cscday (Erişim: 10.09.2025)

Tan, J. W. & Joshi, P. (2014). Egg allergy: An update. *Journal of Paediatrics and Child Health*, 50(1), 11–15.

Tewari, A. K., & Maharana, B. (2011). Control of poultry coccidiosis: changing trends. *Journal of Parasitic Diseases*, 35(1), 10-17.

Threlfall, E. J., Wain, J., Peters, T., Lane, C., De Pinna, E., Little, C. L., Wales, A. D. & Davies, R. H. (2014). Egg-borne infections of humans with salmonella: Not only an *S. enteritidis* problem. *World's Poultry Science Journal*, 70(1), 15–26. <https://doi.org/10.1017/S0043933914000026>

Topdaş, E. F. (2023). Potential toxic phthalates and heavy metals contamination in vinegars and human health risk assessment. *Journal of Food Composition and Analysis*, 122, 105491. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105491>

Török, K., Horváth, V., Horváth, Á., Hajas, L., Bugyi, Z. & Tömösközi, S. (2014). Investigation of incurred single- and multi-component model food matrices for determination of food proteins triggering allergy and coeliac disease. *European Food Research and Technology*, 239(6), 923–932.

United States Department of Agriculture (USDA). (2019). *Cost estimates of foodborne illnesses*. <https://www.ers.usda.gov/data-products/cost-estimates-of-foodborne-illnesses/cost-estimates-of-foodborne-illnesses/#Pathogen>

Wolc, A., Drobik-Czwarono, W., Jankowski, T., Arango, J., Settar, P., Fulton, J. E., Fernando, R. L., Garrick, D. J. & Dekkers, J. C. M. (2020). Accuracy of genomic prediction of shell quality in a White Leghorn line. *Poultry Science*, 99(6), 2833–2840. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.01.019>

World Health Organization & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2009). *Codex Alimentarius: Food hygiene basic texts* (5th ed.). <http://www.fao.org/3/a1552e/a1552e00.pdf>

Yapıcıer, Ö. S. & Öztürk, D. (2021). Salmonella ve yumurta. *Türkiye Klinikleri Food Sciences - Special Topics*, 7(5), 129–133.

Zdrojewicz, Z., Herman, M. & Starostecka, E. (2016). Hen's egg as a source of valuable biologically active substances. *Postepy Higieny i Medycyny Doswiadczalnej (Online)*, 70, 751–759.

Zeisel, S. H., Mar, M. H., Howe, J. C. & Holden, J. M. (2003). Concentrations of choline-containing compounds and

betaine in common foods. *The Journal of Nutrition*, 133(5), 1302–1307.

Zergui, A., Boudalia, S. & Joseph, M. L. (2023). Heavy metals in honey and poultry eggs as indicators of environmental pollution and potential risks to human health. *Journal of Food Composition and Analysis*, 119, 105255. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105255>

Zhou, Y., Tang, Y., Liao, C., Su, M. & Shih, K. (2023). Recent advances toward structural incorporation for stabilizing heavy metal contaminants: A critical review. *Journal of Hazardous Materials*, 448, 130977. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.130977><https://edaplus.info/produce/egg.html> (Kaynakça) DOI: 10.59316/.vi11.65 Jgünlük.edaplus.info, (2020), no.1, (vol.11)

YUMURTA MUHAFAZASI

PROF. DR. ZEKİ GÜRLER
ÖĞR. GÖR. DR. ALİ SOYLU

Giriş

Yumurtanın bozulma ve kontaminasyona karşı yüksek duyarlılığı göz önüne alındığında, yumurta muhafazası gıda güvenliğinin kritik bir unsurudur. Yumurta, yumurtlandıktan sonra mikrobiyal büyüme ve iç kalite kaybı nedeniyle hızla bozulmaya maruz kalır. Yumurta kabuğu doğal bir koruyucu bariyer görevi görür, ancak depolama ve taşıma sırasında dışarıdan gelen kirlenme ve fiziksel temaslar nedeniyle zarar görebilir (Yuceer ve Caner, 2014). Bu nedenle raf ömrünü uzatmaya ve iç kaliteyi korumaya odaklanan çeşitli yöntemler araştırılmaktadır.

Kitosan ve lizozim gibi yenilebilir kaplamaların kullanımı, yumurta kabuklarının dayanıklılığını artırmada ve mikrobiyal kontaminasyonu azaltmada önemli bir umut vaat etmektedir (Suresh ve ark., 2015; Yuceer ve ark., 2015). Bu kaplamalar fiziksel bariyer görevi görür ve antimikrobiyal özelliklere sahiptir, böylece raf ömrünü uzatır ve depolama sırasında yumurta kalitesini korur (Morsy ve ark., 2015; Yuceer ve Caner, 2020). Kitosan, özellikle biyoyoumluluğu ve nem kaybını en aza indiren ve mikrobiyal istilayı önleyen koruyucu bir film oluşturma yeteneği nedeniyle öne

çıkıştır (Yüceer ve ark., 2016). Çalışmalar, kitosan kaplamalarının yumurtanın işlevsel kalitesini ve raf ömrünü uzatabileceğini göstermiştir; bazı bulgular Haugh birimi gibi iç kalite ölçütlerinin uzun süreler boyunca korunduğunu göstermektedir (Entezari ve ark., 2022; Bhale ve ark., 2003). Benzer şekilde, nişastalardan ve kompozit malzemelerden yapılan yenilebilir filmlere dayalı olanlar gibi diğer kaplamalarında kütle transferini azaltarak ve mikrobiyal kontaminasyonu engelleyerek yumurtanın raf ömrünü uzatma potansiyeli göstermektedir (Sharaf Eddin ve Tahergorabi, 2019; Rachtanapun ve ark., 2022).

Sıcaklık yönetimi, depolama sırasında yumurta kalitesini etkileyen bir diğer kritik faktördür. Soğutma, mikrobiyal büyümeyi ve kimyasal bozulmayı etkili bir şekilde yavaşlatır (Bermúdez-Aguirre ve Niemira, 2023; Eregama ve ark., 2024). Ayrıca, mineral yağ gibi yağ kaplamalarının, soğuk depolama sırasında ağırlık kaybını en aza indirdiği ve hem albümin hem de yumurta sarısı kalitesini koruyarak yumurtanın tazeliğini daha uzun süre koruduğu yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur (Jirangrat ve ark., 2010; De Leo ve ark., 2018). Ancak, etkili depolama koşulları, kaplama seçimiyle dengelenmelidir; çünkü bazı yöntemler belirli depolama koşulları veya yumurta türleriyle olumsuz etkileşime girebilir (Park ve ark., 2003; Rachtanapun ve ark., 2022).

Sonuç olarak, kabuk başlangıçta koruma sağlasa da, ticari ortamlarda yumurtanın canlılığını ve güvenliğini uzatmak için ek uygulamalar hayati önem taşımaktadır. Yumurtanın korunması, hem biyokimyasal hem de fiziksel yöntemleri içeren çok yönlü bir yaklaşım gerektirmektedir. Yenilebilir kaplamalar, etkili sıcaklık yönetimi ve çeşitli yeni teknolojiler, raf ömrünü uzatmak ve gıda güvenliğini sağlamak için umut verici stratejiler sunmaktadır. Her yöntemin, optimum sonuçlar elde etmek için belirli depolama koşulları ve tüketim gereklilikleriyle uyumluluğu

değerlendirilmelidir. Bu bölümde yumurta muhafazasında kullanılan tekniklere değinilmiştir.

Yumurta Muhafazasında Kullanılan Teknikler

Gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan sıvı yumurta ürünleri, başta *Salmonella enterica* olmak üzere gıda kaynaklı patojen riskini azaltmak için sıkı pastörizasyon protokolleri gerektirir (Josefsen ve ark., 2011). Avrupa Birliği'nde salmonelloz vakalarında genel bir düşüş olmasına rağmen, yumurta ve yumurta ürünlerinin sıklıkla *Salmonella* salgınlarıyla ilişkilendirildiği göz önüne alındığında, bu durum özellikle kritik öneme sahiptir (Ribeiro ve ark., 2023).

Yumurta mayonez, salata sosları ve beze gibi çeşitli gıda formülasyonlarında yaygın olarak kullanılması, pastörize edilmemiş yumurta bileşenlerinden kaynaklanan enfeksiyonları önlemek için etkili pastörizasyonun önemini daha da vurgulamaktadır (Kavuşan ve Serdaroğlu, 2019). Sonuç olarak, sıvı yumurta ürünleri için pastörizasyon teknolojilerinin geliştirilmesi ve optimize edilmesi, köpürme kabiliyeti ve emülsifikasyon özellikleri gibi yumurtanın içsel tekno-fonksiyonel özelliklerini korurken aynı zamanda mikrobiyolojik güvenliği sağlamak için büyük önem taşımaktadır (Alamprese ve ark., 2019; Nagy ve ark., 2017).

Geleneksel termal pastörizasyon, mikrobiyal yükü azaltmada etkili olsada, ısı kaynaklı protein denatürasyonu nedeniyle yumurtanın işlevsel özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Bermúdez-Aguirre ve Niemira, 2023; Kavuşan ve Serdaroğlu, 2019). Isıl işlem gıda güvenliğini ve raf ömrünü artırmak için temel bir unsur olmaya devam ederken, sıvı yumurta ürünlerine uygulanması genellikle yapısal-kimyasal bileşimlerinde ve işlevsel özelliklerinde olumsuz değişiklikleri önlemek için dikkatli bir denge gerektirir (Nimalaratne ve Wu, 2015; Yogesh, 2016). Bu zorluk, yumurta ürünlerinin hassas protein yapıları ve

işlevsel nitelikleri üzerinde minimum etkiyle mikrobiyal inaktivasyonu sağlayabilen yeni, termal olmayan pastörizasyon yöntemlerine yönelik araştırmaları teşvik etmiştir (Aguiar ve ark., 2021; Kavuşan ve Serdaroğlu, 2019). Düşük enfeksiyon oranlarına sahip ürülerden bile elde edilen yumurtalarda *Salmonella* kontaminasyonu riskinin bulunması, son ürünün ısıl işleminden bağımsız olarak tüketici güvenliğini sağlamak için güvenilir pastörizasyon yöntemlerini gerekli kılmaktadır (Kavuşan ve Serdaroğlu, 2019).

Son yıllarda yumurta ürünlerinin hassas protein yapılarını ve işlevsel niteliklerini tehlikeye atmadan mikrobiyal inaktivasyonu sağlayabilen alternatif pastörizasyon teknikleri üzerine araştırmalar artmıştır (Afraz ve ark., 2020). Örneğin, sıvı yumurta akı için mevcut termal pastörizasyon yöntemleri tipik olarak 5-6 dakika boyunca 55-57 °C arasındaki sıcaklıkları veya bütün yumurta ve yumurta sarısı için 2-6 dakika boyunca 60-65 °C'de daha yoğun işlemleri içerirken, *Salmonella* gibi patojenik bakterileri yok etmek için 1,5 dakika boyunca 70 °C (ultrapastörizasyon) veya hatta 3,5 dakika boyunca 60 °C ve 2,5 dakika boyunca 64 °C gibi daha yüksek sıcaklıklar da kullanılmaktadır (Techer ve ark., 2019). Ancak, bu yüksek sıcaklıklar 57 °C'nin üzerindeki sıvı yumurta beyazında geri dönüşümsüz protein denatürasyonuna ve yumurta beyazının pıhtılaşmasına neden olabilir ve bu da işlevsel performansını ve kıvamını ciddi şekilde bozabilir (Tokuşoğlu ve Barbosa-Cánovas, 2018; Yogesh, 2016). Bu denatürasyon genellikle birçok gıda uygulaması için kritik olan köpürme kapasitesinde ve jelleşme özelliklerinde de azalmaya yol açar (Mahmoud ve ark., 2022). Bu nedenle yüksek hidrostatik basınç, darbeli elektrik alanları ve ışınlama gibi yeni pastörizasyon teknikleri, yumurta proteini işlevselliği üzerindeki termal işlemin olumsuz etkilerini önlemek için umut verici alternatifler değerlendirilmektedir. (Kavuşan ve Serdaroğlu, 2019; Leandro ve ark., 2019).

1. Geleneksel Pastörizasyon Yöntemleri

Gıda endüstrisinde yumurta kabuklu ve/veya sıvı yumurta şeklinde kullanılmaktadır. Kabuklu yumurtanın geleneksel pastörizasyonu genellikle sıcak suda işlemden geçirilmesini içerir. Kabuklu yumurtaları pastörize etmek için en yaygın kullanılan yöntem, yumurtanın en soğuk noktasının sıcaklığının 60 °C ulaşması için sıcak suda ısıtılmasıdır. Genellikle sıcak su pastörizasyonu olarak adlandırılan standart işlem, yumurtaları en az 20 dakika boyunca 60 °C sıcaklıkta tutar. Bu yöntem, mikrobiyal yükü etkili bir şekilde azaltır ve özellikle *Salmonella* türlerini hedef alır. Bu yaklaşımın önemli bir avantajı kolay uygulanabilir olmasıdır fakat uzun süren ısıl işlem proteinlerin potansiyel denatürasyonu da dahil olmak üzere yumurta kalitesi üzerindeki olumsuz etileri nedeniyle çok tercih edilmez (Bermúdez-Aguirre ve Niemira, 2023; Monfort ve ark., 2012).

Endüstride sıvı yumurta kullanımı daha yaygındır. Sıvı yumurta beyazı, sıvı yumurta sarısı ve sıvı bütün yumurta olmak üzere üç farklı ürün kullanıma sunulmaktadır. Sıvı yumurtanın pastörizasyonunda geleneksel ısıl işlem kullanılmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde, Tarım Bakanlığı Gıda Hizmetleri ve Teftiş Servisi, sıvı yumurtalar için pastörizasyon koşullarını en az 3,5 dakika boyunca 60 °C olarak belirlemiştir (Gurtler ve ark., 2015). Kabuklu yumurta pastörizasyonuna göre sıvı yumurtanın pastörizasyon süresi daha kısa olmakla birlikte sıcaklığın 60 °C olması yumurtanın işlevsel özelliklerini olumsuz etkileyebilmektedir.

Pastörizasyonun Kalite Üzerindeki Etkileri

Pastörizasyon uygun şekilde yönetildiğinde yumurta albümen proteinlerinde minimum denatürasyon meydana geldiği ve bunun da depolama sırasında yumurtanın işlevsel özelliklerinin korunmasına yardımcı olduğu bilinmektedir (Shenga ve ark., 2010). Etkili mikrobiyal inaktivasyona rağmen, pastörize yumurtaların duyuusal ve fiziksel özelliklerinde, tüketici kabulünü etkileyebilecek albümen bulanıklığı gibi yaygın değişiklikler gözlemlenmektedir. Ayrıca albüminin köpürme gücü 57 °C'de azalmaya başlamaktadır (Bermúdez-Aguirre ve ark., 2024). Bu nedenle, pastörizasyon döngüsü sırasında süre ve sıcaklığın hassas bir şekilde ayarlanması, güvenliği sağlarken kalite özelliklerinin bozulmasını en aza indirmek için çok önemlidir.

Etki Mekanizmaları

Pastörizasyonun *Salmonella* gibi patojenleri öldürmedeki etkinliği, hücresel yapıları bozan ve mikrobiyal hayatta kalma için gerekli olan proteinleri denatüre eden ısı uygulamasına atfedilmektedir (Latimer ve ark., 2008). Belirlenen pastörizasyon koşulları genellikle *Salmonella* popülasyonunda 5 log'luk bir azalmaya yol açarak, gıda kaynaklı hastalık riskini önemli ölçüde azaltmadaki etkinliğini doğrulamaktadır (Monfort ve ark., 2012). Bununla birlikte, geleneksel yöntemler, çeşitli mutfak uygulamalarında kritik öneme sahip olan köpürme ve emülsifikasyon özellikleri gibi yumurtanın işlevsel kalitesini de olumsuz etkileyebilmektedir (Liu ve ark., 2020; Uysal ve ark., 2019).

Pastörizasyonda Alternatifler ve Yenilikler

Geleneksel yöntemler yaygınlığını korurken, kaliteden ödün vermeden güvenliği artırmak için pastörizasyon tekniklerinin optimize edilmesi gerekmektedir. Örneğin, geleneksel sıcak su proseslerinin radyo frekanslı ısıtma gibi yenilikçi yaklaşımlarla entegre edilmesi, daha homojen bir ısıtma sağlamak ve uzun süreli

ıslı işlemin olumsuz etkilerini azaltmak için araştırılmaktadır (Geveke ve ark., 2017). Çalışmalar, radyo frekanslı pastörizasyonun yumurta kalitesini önemli ölçüde etkilemeden pastörizasyona ulaşmak için gereken süreyi azaltabileceğini göstermiştir (Bermúdez-Aguirre ve ark., 2024).

Düzenleyici Standartlar

ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) de dahil olmak üzere düzenleyici kurumlar, patojenik bakterilere karşı güvenliğini sağlamak için sıvı yumurta ürünlerinin pastörizasyonunu zorunlu kılmaktadır (Bermúdez-Aguirre ve Niemira, 2023;). Pastörize yumurtaların ticari olarak sürdürülebilirliği ve gıda güvenliği standartlarını karşılamaları için yerleşik pastörizasyon protokollerine sıkı sıkıya bağlı kalmak gereklidir. Şu anda ABD pazarındaki yumurtaların %3'ünden azı pastörize edilmektedir ve bu durum, pastörizasyon uygulamalarının genişletilmesiyle giderilebilecek potansiyel bir tüketici koruma açığına işaret etmektedir (Bermúdez-Aguirre ve Niemira, 2023; Bermúdez-Aguirre ve ark., 2024).

Sonuç ve Gelecek Yönlendirmeler

Özetle, geleneksel pastörizasyon yöntemleri, tüketicileri yumurta tüketimiyle ilişkili *Salmonella* enfeksiyonlarından korumayı amaçlayan gıda güvenliği stratejilerinin temel taşı olmaya devam etmektedir. Araştırmalar, bu süreçleri iyileştirmeye ve yumurta kalitesini korurken mikrobiyal güvenliği artırabilecek yeni teknolojilerin geliştirilmesine devam etmektedir. Gelecekteki çalışmalar, gıda güvenliği önlemlerini etkili bir şekilde iyileştirmek için pastörizasyon koşullarının optimize edilmesine ve tüketicilerin pastörize yumurta kabulünün değerlendirilmesine odaklanmalıdır. Yumurta endüstrisi, sürekli ilerlemeler ve düzenleyici standartlara uyum yoluyla yumurta ürünlerinin güvenliğini artırabilir ve *Salmonella*'ya atfedilen gıda kaynaklı hastalıkların azaltılmasına katkıda bulunabilir.

2. Ozon İşlemi

Ozon işlemi, termal pastörizasyona bir alternatif veya tamamlayıcı olarak ilgi görmektedir. Bu yöntem, yumurtadaki mikrobiyal yükü azaltmak için güçlü bir oksitleyici ajan olan ozon gazının kullanılmasını içermektedir. Çalışmalar, ozon işleminin yumurtaların fiziksel ve işlevsel özelliklerini korurken *Salmonella* popülasyonlarını önemli ölçüde azaltabileceğini, ancak albümin bulanıklığını ve protein denatürasyonunu önlemek için dikkatli bir kontrol gerektiğini göstermektedir. Ozonla işlem görmüş yumurtaların tüketici tarafından kabulü de değerlendirilmekte olup, araştırma sonuçları sektörde daha geniş bir uygulama potansiyeline işaret etmektedir (Kamotani ve ark., 2010).

Ozonun Etki Mekanizması

Ozon (O_3), oksidatif stres yoluyla çok çeşitli mikroorganizmaları inaktive edebilen güçlü bir oksitleyici ajandır. Mekanizma, ozonun mikrobiyal hücre duvarları ve zarlarıyla reaksiyona girerek hücre lizisine ve ölümüne yol açmasını içerir (Yüceer ve ark., 2016;). Ozon uygulamasının, yumurta kabuğu yüzeyindeki *Salmonella* gibi patojenleri önemli ölçüde azalttığı ve mikrobiyal kontaminasyona karşı güçlü bir bariyer sağladığı bilinmektedir (Donner, 2011; Yüceer ve ark., 2016). Mikroorganizmaların ozona duyarlılığı, konsantrasyon, sıcaklık ve maruz kalma süresi gibi faktörlere bağlı olarak değişir (Kim ve ark., 1999).

Mikrobiyal İnaktivasyonda Etkinlik

Araştırmalar, ozon uygulamasının yumurtanın mikrobiyal yükünü azaltmadaki etkinliğini tutarlı bir şekilde göstermiştir. Örneğin, 2 ila 4 ppm ozon uygulaması depolama süresi boyunca taze yumurtaların iç kalitesini ve işlevsel özelliklerini korurken bakteri

sayısını önemli ölçüde azaltmıştır (Yüceer ve ark., 2016). Donner (2011) tarafından *Salmonella enteritidis*'i inaktive etmek için ozon kullanımına ilişkin yapılan bir çalışma, ozon maruziyetinden sonra bakteri popülasyonlarında önemli azalmalar olduğunu göstermiştir.

Yumurta Kalitesi Üzerindeki Etkiler

Çalışmalar, uygun ozon konsantrasyonlarının yalnızca mikrobiyal yükü azaltmakla kalmayıp aynı zamanda temel kalite özelliklerini de koruduğunu göstermektedir. Ozonlanmış salamuranın depolama sırasında bütün yumurtaların iç ve işlevsel kalitesini etkili bir şekilde koruduğu ve emülsifiye edici aktiviteyi artırmada potansiyel bir uygulama olduğu söylenebilir (Wongnen ve ark., 2023). Araştırma sonuçları, ozon işleminin daha uzun raf ömrüne katkıda bulunduğunu, emülsifikasyon ve köpürme özellikleri de dahil olmak üzere işlevsel kalite parametrelerini koruduğunu göstermektedir (Yüceer ve ark., 2016; Yüceer ve Caner, 2020).

Isıl Olmayan Bir Alternatif Olarak Ozon İşlemi

Ozon işlemi, geleneksel pastörizasyon tekniklerine ısıl olmayan bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Ozonun ısıl olmayan özellikleri, protein denatürasyonu gibi ısıl işlemle ilişkili olumsuz etkiler olmadan mikrobiyal inaktivasyona olanak tanımaktadır (Feston ve ark., 2020). Yumurtanın işlevsel özelliklerini korurken gıda güvenliğini de sağlama yeteneği, ozonu kümes hayvanı endüstrisinde gıda kalitesini artırmak için cazip bir seçenek haline getirmektedir.

Güvenlik Hususları ve Mevzuat Yönleri

Gıda güvenliğinde ozon uygulaması umut verici olmakla birlikte, güvenlik standartlarına uyumu sağlamak için dikkatli yönetim kritik öneme sahiptir. Ozon yüksek konsantrasyonlarda toksik olabilir ve kullanımı gıda güvenliği yetkilileri tarafından

belirlenen yönergelere uygun olmalıdır (Giménez ve ark., 2024). Yumurta kalitesi veya güvenliği üzerindeki olası olumsuz etkileri azaltmak için, uygulama sırasında ozon konsantrasyonlarının sürekli izlenmesi gerekmektedir.

Sonuç ve Gelecek Yönlendirmeler

Gelecekteki araştırmalar, yumurta endüstrisindeki uygulamalarını genişletmek için ozon işlem protokollerinin optimize edilmesine odaklanmalıdır. Ozonun yenilebilir kaplamalar veya yüksek hidrostatik basınç gibi diğer koruma yöntemleriyle birlikte sinerjik etkilerinin araştırılması, gıda güvenliğini ve kalitesini daha da artırabilir. Ayrıca, ozonla işlem görmüş yumurtaların potansiyel pazar etkisini anlamak ve faydalarını etkili bir şekilde iletmek için tüketici kabul çalışmaları da önemlidir.

3. Darbeli Elektriksel Alan (PEF) Uygulaması

Darbeli Elektrik Alanları (PEF) işleme, sıvı yumurta pastörizasyonunda, gıda güvenliğinin artırılmasında ve ürün kalitesinin korunmasında umut vadeden yenilikçi bir termal olmayan teknolojidir.

PEF Mekanizması

PEF işleme, sıvı gıda ürünlerine kısa süreli yüksek voltajlı elektrik alanlarının (tipik olarak 10 ila 80 kV/cm arasında değişen) uygulanmasını içerir. PEF'in prensibi, elektrik alanlarının uygulanmasının mikrobiyal hücre zarlarında geçici gözenekler oluşturduğu elektroporasyon olgusuna dayanır. Bu geçirgenlik bozulması, hücre lizisine ve ardından *Escherichia coli* ve *Salmonella enteritidis* dahil olmak üzere bir çok patojenin inaktivasyonuna yol açmaktadır (Hermawan ve ark., 2004; Amiali ve ark., 2006). PEF'in mikroorganizmaları inaktive etmedeki etkinliği; elektrik alan şiddeti, darbe süresi, darbe sayısı ve mevcut mikroorganizmaların

spesifik tipleri gibi faktörlerden etkilenir (Oziembłowski ve ark., 2022).

Mikrobiyal İnaktivasyonda Etkinlik

Çok sayıda çalışma, PEF işleminin sıvı yumurtada bulunan patojen bakterilei sayısında önemli azalma sağladığını göstermiştir. Örneğin Amiali ve ark. (2006) 35 kV/cm'lik bir alan şiddetinde PEF uygulayarak *Salmonella enteritidis*'in başarılı bir şekilde inaktivasyonunu sağlayarak 3,5 log'a kadar bir azalma elde etmiştir. Bu etkinlik, PEF'in geleneksel termal pastörizasyon yöntemlerine bir alternatif olarak potansiyelini göstermektedir. Yapılan çalışmalar PEF uygulamasının sıvı yumurtanın besin kalitesini korurken *Salmonella enteritidis*'i etkili bir şekilde inaktive edebileceğini ve bu sayede ürün bütünlüğünden ödün vermeden gıda güvenliğini sağlamak için uygun bir seçenek haline geldiğini göstermiştir (Hermawan ve ark., 2004; Sampredo ve ark., 2006). Benzer şekilde, PEF uygulamasının sıvı bütün yumurtalardaki *Salmonella Typhimurium*'un inaktivasyonu üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmalar optimize edilmiş PEF koşullarının mikrobiyal azalma oranlarını artırabileceğini göstermektedir (Jin ve ark., 2009).

Yumurta Kalitesi Üzerindeki Etkiler

PEF'in geleneksel pastörizasyona göre ayırt edici avantajlarından biri, sıvı yumurtanın duyu ve işlevsel özelliklerini koruyabilmesidir. Araştırmalar, PEF işleminin viskozite, renk ve köpürme gibi temel nitelikleri koruduğunu göstermektedir (Marco-Molés ve ark., 2011; Amiali ve ark., 2006). Bu, özellikle pişirme ve/veya emülsifiye edici preparatlar gibi yumurtanın benzersiz özelliklerini gerektiren mutfak uygulamaları için önemlidir (Sampredo ve ark., 2006;). Mikrobiyal güvenliği sağlarken bu niteliklerin korunması, gıda muhafaza teknolojilerinde göz önünde bulundurulması gereken bir unsurdur. Sıvı yumurtanın birkaç dakika boyunca $\geq 60^{\circ}\text{C}$ 'ye ısıtılması gibi geleneksel termal pastörizasyon

yöntemleri, protein denatürasyonu ve işlevsel kalite kaybı riskleri taşır (Uemura ve ark., 2012). Öte yandan, PEF işleme yöntemi, genellikle oda sıcaklığı civarından orta ısı ayarlarına kadar daha düşük sıcaklıklarda çalışır ve bu da onu proteinler ve vitaminler gibi hassas bileşiklerin bütünlüğünü korumak için çok daha cazip hale getirir (Li ve ark., 2021; Hermawan ve ark., 2004). Karşılaştırmalı bir değerlendirme, PEF'in mikrobiyal güvenliği sağlarken tat ve besin değeri gibi kalite özelliklerini artırabileceğini ve geleneksel ısıya dayalı yöntemlere göre bir avantaj sağladığını göstermektedir (Xiang ve ark., 2014; Walkling-Ribeiro ve ark., 2010).

Sonuç ve Gelecekteki Yönlendirmeler

PEF işleme öncelikli olarak sıvı yumurta ürünlerinde test edilmiş olsa da, uygulamaları genişlemektedir. Devam eden araştırmalar, PEF'in etkinliğini ve raf ömrünü daha da artırmak için yüksek basınçlı işleme veya doğal antimikrobiyaller gibi diğer koruma yöntemleriyle birleştirildiğinde sinerjik etkilerini değerlendirmektedir (Sampedro ve ark., 2006; Smith ve ark., 2009). PEF teknolojisinin endüstriyel uygulamalar için ölçeklendirilme potansiyeli umut vericidir ve pilot ölçekli çalışmalar üretim ortamlarında uygulanabilirliğini ve verimliliğini göstermektedir (Oziembłowski ve ark., 2022; Jermann ve ark., 2015). Devam eden araştırmalar, çeşitli yumurta ürünlerine özel PEF işlem koşullarının optimize edilmesine ve tüketicilerin PEF ile işlenmiş ürünleri nasıl kabul ettiğine odaklanmaktadır. Gıda işleme ve muhafazasında PEF teknolojisinin daha geniş çapta benimsenmesi için düzenleyici hususlar da kritik öneme sahiptir (Geveke, 2008; Nabilah ve ark., 2022).

PEF ile işleme, duyuusal ve işlevsel niteliklerini korurken gıda güvenliğini sağlayarak sıvı yumurtanın korunmasında önemli bir adım teşkil etmektedir. Patojenleri etkili bir şekilde etkisiz hale getirme ve ürün özelliklerini koruma yeteneğiyle PEF, geleneksel

pastörizasyon yöntemlerine güçlü bir alternatif sunmaktadır. Araştırma ve teknolojiadaki sürekli gelişmeler, PEF'in gıda endüstrisinde daha geniş uygulama ve kabul görmesinin önünü açacaktır.

4. Darbeli Manyetik Alan (PMF)

Darbeli Manyetik Alan (PMF) uygulaması, gıda güvenliğini artırma ve yumurta gibi çabuk bozulan ürünlerin raf ömrünü uzatma konusunda umut vadeden, gıda muhafazasında yeni bir teknolojidir.

Etki Mekanizması

Darbeli Manyetik Alanlar, gıda ürünlerine aralıklı manyetik alanlar uygulayarak çalışır ve bu da mikrobiyal hücre zarlarını bozarak metabolik süreçleri etkilemektedir. PMF kaynaklı mikrobiyal inaktivasyonun arkasındaki temel mekanizma, hücre geçirgenliğinin değişmesidir. PMF, zar geçirgenliğinde bir artış olan elektroporasyonu tetikleyerek hücre içi bileşenlerin salınımını kolaylaştırarak ve nihayetinde mikrobiyal hücre ölümüne yol açmaktadır. Bu termal olmayan yaklaşım, yumurta gibi gıda ürünlerinin bütünlüğünün korunmasında kritik öneme sahip olan hassas proteinlerin termal denatürasyon riskini azaltır.

Mikrobiyal İnaktivasyonda Etkinlik

Araştırmalar, PMF'nin sıvı yumurta ürünlerindeki mikrobiyal popülasyonları etkili bir şekilde azaltabileceğini göstermektedir. PMF uygulamasının sıvı bütün yumurtalardaki *Salmonella* türlerinde önemli azalmalar sağlayabileceğini göstermektedir. Bu bulgular, PMF'nin yumurta ürünlerinin kalitesinden ödün vermeden gıda güvenliğini sağlamada güvenilir bir yöntem olarak hizmet etme potansiyelini vurgulamaktadır. Çalışmalar, manyetik alan yoğunluğunun ve maruz kalma süresinin değiştirilmesinin mikrobiyal inaktivasyonun etkinliğini artırabileceğini göstermiştir (Sampedro ve ark., 2006). Yapılan bir araştırma PMF uygulamasının

sıvı yumurta akındaki *Escherichia coli* seviyelerini önemli ölçüde azalttığı göstermiş ve bu da PMF uygulamasının patojenlerde önemli bir azalmaya yol açarak onu geleneksel pastörizasyon yöntemlerine uygulanabilir bir alternatif haline getirebileceğini doğrulamıştır (Hermawan ve ark., 2004).

Yumurta Kalitesi Üzerindeki Etkiler

PMF işleminin önemli avantajlarından biri, duyuusal ve besinsel kalitenin korunmasıdır. Protein denatürasyonuna ve yumurta işlevselliğinde değişikliklere yol açabilen geleneksel ısıt işlemlerin aksine, PMF'nin viskozite, emülsifiye etme kapasitesi ve köpürme kabiliyeti gibi temel özellikleri koruduğu bildirilmiştir (Oziembłowski ve ark., 2022). PMF, işlevsel özellikleri korumasının yanı sıra besin değerini de koruma becerisini göstermiştir. Araştırmalar, PMF işleminin yumurta ürünlerindeki ısıya duyarlı vitamin ve besin maddelerinin kaybını en aza indirebileceğini ve tüketiciler için daha güvenli, besin açısından zengin bir alternatif sunabileceğini vurgulamaktadır (Otero ve ark., 2002).

Sonuç ve Gelecekteki Yönlendirmeler

PMF'nin yumurta endüstrisinde yaygın olarak benimsenen bir koruma yöntemi haline gelmesi için, gıda güvenliği otoriteleri tarafından belirlenen düzenleyici standartları karşılaması gerekmektedir. Standartlaştırılmış PMF işleme protokolleri oluşturmak, bunların etkinliğini vaka bazında değerlendirmek ve tüketici güvenliğini ve kabulünü sağlamak için devam eden araştırmalar kritik öneme sahiptir. Gelecekteki araştırma alanları arasında, PMF'nin depolanmış yumurta ürünleri üzerindeki uzun vadeli etkilerinin değerlendirilmesi ve tüketici eğitimi yoluyla kamuoyunun algılarının anlaşılması yer alabilir. Farklı yumurta ürünlerine özgü PMF parametrelerini optimize etmek ve diğer gıda

işleme teknolojileriyle olası sinerjileri araştırmak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Darbeli Manyetik Alan teknolojisi, yumurta muhafazasında hem mikrobiyal güvenliği hem de kaliteyi korumayı sağlamada önemli bir potansiyel göstermektedir. Araştırmalar ilerledikçe ve pratik uygulamalar daha da geliştikçe, PMF gıda endüstrisinde tüketiciler için yumurta ürünlerinin güvenliğini ve kalitesini artıran hayati bir araç olarak kabul edilebilir.

5. Ultraviyole-C (UV-C) Uygulaması

Ultraviyole-C (UV-C) ışınımı, özellikle yumurta ürünlerinde gıda güvenliğini korumada etkili bir yöntem olarak dikkat çekmektedir.

UV-C Etki Mekanizması

Elektromanyetik spektrumun 100-400 nm aralığında yer alan ışınlar ultraviyole ışınlar olarak adlandırılır. UV-C ışınlar kısa dalga boyuna sahip (200-280 nm) ve mikroorganizmalar üzerinde öldürücü etkiye sahip ışınlardır. UV-C ışınlar bakteri, maya, küf, virüs, protozoa ve alg gibi çok çeşitli mikroorganizma gruplarına karşı germisidal etkiye sahiptir. (Pala ve Toklucu, 2010; Yangılar ve Kabil, 2013). UV-C ışını; biyolojik moleküller, membran lipitleri, proteinler, aminoasitler ve nükleik asitlerin oksidasyona uğramasına neden olur ve böylece DNA hasarı ve hücre zarı hasarlarının oluşması yoluyla hücresel fonksiyonlar üzerinde etkili olmaktadır. Işının yoğunluğu ve hedef mikroorganizmaların türü, işlemin etkinliği noktasında belirleyicidir. UV-C ışınlama, bakterileri, mayaları ve çeşitli küf tiplerini inaktif hale getirmek için kullanılan bir teknolojidir. Mikrobiyal inaktivasyon mekanizması; UV ışığının mikroorganizmanın nükleik asitleri (DNA veya RNA) tarafından absorpsiyonu şartıyla meydana gelen ve sonucunda DNA aktarımı ve çoğalmasını engelleyen ve en sonunda hücre ölümüne yol açan siklobutan pirimidin dimerlerinin oluşması ile açıklanmaktadır (Atik, 2020).

Mikrobiyal İnaktivasyonda Etkinlik

Araştırmalar, UV-C ışınlamasının sıvı yumurta ürünlerindeki patojenik bakteri sayısını önemli ölçüde azaltabileceğini göstermiştir. Örneğin, UV-C uygulaması kullanılarak sıvı yumurta beyazındaki *Escherichia coli* popülasyonlarında önemli bir azalma sağlanmış ve yaklaşık 44 J/ml'lik bir UV-C dozunun patojeni etkili bir şekilde inaktive ettiği belirlenmiştir (Geveke, 2008). Ayrıca, çalışmalar farklı uygulama süreleri ve yoğunluklarının mikrobiyal inaktivasyonun etkinliğini etkileyebileceğini ve UV-C maruziyet parametrelerinin optimizasyonunun çok önemli olduğunu göstermektedir (Geveke, 2008; Ngadi ve ark., 2003). Başka bir çalışmada, sıvı yumurtalardaki *E. coli*'nin elma suyu gibi diğer sıvı gıdalara kıyasla benzer inaktivasyon kinetiği gözlemlenmiş ve bu da UV-C'nin çeşitli gıda matrislerinde kullanılma potansiyelini vurgulamıştır (Ngadi ve ark., 2003). UV-C tedavisi için doz-tepki ilişkisi iyi belgelenmiştir ve daha yüksek dozların daha fazla mikrobiyal azalma ile ilişkili olduğu ortaya konmuştur (Geveke, 2008).

Yumurta Kalitesi Üzerindeki Etkiler

UV-C uygulamasının bir koruma yöntemi olarak kullanılmasının avantajlarından biri, yumurtanın duyu ve işlevsel özelliklerini koruyabilmesidir. Çalışmalar, UV-C ışınlamasının mikrobiyal yükü azaltırken, mutfak uygulamaları için kritik öneme sahip olan köpürme kabiliyeti ve viskozite gibi yumurta ürünlerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini koruduğunu göstermiştir (Unluturk ve ark., 2008). UV-C uygulaması ayrıca yumurtalarda kahverengileşme reaksiyonlarını ve enzimatik bozulmayı önleyerek, organoleptik özelliklerini değiştirmeden raf ömürlerini uzatabilir (Tchoukouang ve ark., 2023).

Ancak bazı araştırmalar, aşırı UV maruziyetinin yumurta ürünlerinin duyu özelliklerinde olumsuz değişikliklere yol

açabileceğini ve kalite bozulmasını önlemek için uygulama parametrelerinin dikkatli bir şekilde kontrol edilmesini gerektirdiğini göstermektedir (Abdanan Mehdizadeh ve ark., 2015).

Sonuç ve Gelecekteki Yönlendirmeler

UV-C teknolojisinin yumurta muhafazasında uygulanması, gelişen gıda güvenliği yönetmelikleriyle uyumludur. FDA, İyi Üretim Uygulamaları kapsamında meyve suları ve bazı sıvı gıdalar da dahil olmak üzere çeşitli gıda ürünleri için UV-C uygulamasını onaylamıştır (Souroullas ve Papademas, 2025). Mevzuata uygunluk, UV-C ile muamele edilmiş ticari olarak işlenmiş yumurtaların tüketicilere yüksek kaliteli ürünler sunarken güvenlik standartlarını karşılamasını sağlar. Devam eden araştırmalar, hem mikrobiyal güvenliği hem de ürün kalitesini artırmak için UV-C'yi yüksek basınçlı işleme ve doğal antimikrobiyaller gibi diğer termal olmayan muhafaza teknolojileriyle entegre ederek gıda endüstrisindeki uygulamalarını genişletmeyi amaçlamaktadır (Unluturk ve ark., 2008; Gómez-Sánchez ve ark., 2020).

Gelecekteki çalışmalar, UV-C uygulama teknolojilerinin optimize edilmesine, diğer koruma teknikleriyle sinerjisinin araştırılmasına ve yumurta ürünlerinin kapsamlı güvenliğini sağlamak için UV-C'nin daha geniş bir mikroorganizma yelpazesi üzerindeki etkisinin incelenmesine odaklanmalıdır. Ayrıca, UV-C ile işlenmiş ürünler hakkında tüketici kabulü ve eğitimi, başarılı bir pazar entegrasyonu için hayati önem taşıyacaktır.

Özetle, UV-C ışınlaması, yumurtaların korunması için uygulanabilir ve etkili bir yöntem sunmakta olup, mikrobiyal inaktivasyonda önemli faydalar sağlarken yumurta ürünlerinin kalite özelliklerini de korumaktadır. UV-C uygulamalarındaki sürekli araştırmalar ve teknolojik gelişmeler, gıda işleme endüstrisindeki potansiyelini en üst düzeye çıkarmak için hayati önem taşımaktadır

6. Yenilebilir Kaplamalar

Nişasta ve kitosan gibi biyopolimerler kullanan yenilebilir kaplamalar, yumurta muhafazası için giderek daha popüler hale gelmektedir. Bu kaplamalar, nem kaybı ve gaz değişimine karşı bariyer görevi görerek, uzun süreli depolamalarda yumurtaların i kalitesinin korunmasına yardımcı olur (Sharaf Eddin ve Tahergorabi, 2019). Araştırmalar, nişasta bazlı kaplamaların depolama sırasında mikrobiyal büyümeyi azaltarak güvenliği artırdığını ve böylece yumurtaların genel raf ömrünü uzattığını göstermektedir (Sharaf Eddin ve Tahergorabi, 2019). Kaplamaların uygulanması, hem güvenlik hem de kalite endişelerini gidererek diğer muhafaza yöntemlerini tamamlayan ek bir koruma katmanı sağlamaktadır.

7. Toz Yumurta retimi

Toz yumurta üretimi pratikliği, raf ömrü ve besin değeri nedeniyle hem gıda güvenliği hem de mutfak sektörlerinde önemli ilgi görmektedir. Sıvı yumurtanın toz haline kurutulması işlemi, yumurtanın raf ömrünü önemli ölçüde uzatarak yumurtayı fırın ürünleri, makarna ve salata sosları da dahil olmak üzere gıda üretiminde çeşitli uygulamalar için uygun hale getirir. Ancak, bu tozların depolama sırasındaki stabilitesi, kurutma yöntemi, depolama koşulları ve mevcut mikroflora gibi birçok faktörden etkilenir.

Yumurta tozu üretiminin temel yöntemlerinden biri sıvı yumurtanın ısı uygulanarak toza dönüştürüldüğü ve ürünün yeniden oluşturulduktan sonraki işlevselliğini etkileyen püskürtmeli kurutmadır (Franke ve Kieřling, 2002). alışmalar, kurutma sırasındaki sıcaklık ve yumurta bileşen oranları (sarı-beyaz) gibi koşulların, özellikle sakaroz gibi dengeleyici maddeler eklendiğinde, nihai ürünün fizikokimyasal ve duyuusal özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir (Vargas-del-Río ve ark., 2022). Örneğin, püskürtmeli kurutmada kullanılan daha yüksek

sıcaklık ayarları, proteinler ve vitaminler gibi hassas besin maddelerinin bozulmasına yol açarak yumurta tozunun emülsifiye edici ve köpürtücü özelliklerinde değişikliklere neden olabilir (Nakagawa ve ark., 2017).

Yumurta tozunun mikrobiyolojik güvenliği, özellikle yumurtaların *Salmonella* gibi patojenlerin bilinen taşıyıcıları olması nedeniyle son derece önemlidir. Çalışmalar, gama ışınlarına maruz kalmanın yumurta tozundaki mikrobiyal sayıyı önemli ölçüde azaltabileceğini ve böylece uzun süreli depolama sırasında güvenliğini artırabileceğini göstermiştir (Al-Bachir, 2020; , Froehlich ve ark., 2015). Ancak, işlem tekniklerinin duyu ve besinsel özellikler üzerindeki potansiyel etkilerle dengelenmesi çok önemlidir; ışınlama, yumurta tozunun genel lezzetini ve besin profilini etkileyebilir (Kim ve ark., 2016).

Kolesterol oksidasyon ürünleri (COP'ler), yumurta tozlarının depolanmasıyla ilgili bir diğer endişe kaynağıdır. Çeşitli çalışmalar, yumurta tozlarındaki lipit oksidasyonunun, özellikle tozlar yüksek sıcaklık koşullarında depolandığında istenmeyen COP'lerin oluşumuna yol açabileceğini belgelemiştir. Bu oksidasyon, yumurta tozlarında bulunan lipitler tarafından hızlandırılır ve oksijen bulunabilirliği ve depolama süresi gibi faktörlerden etkilenebilir (Mazalli ve Bragagnolo, 2007; Li ve ark., 1996). Bu nedenle, oksijene maruziyeti en aza indiren yöntemlerin kullanılması ve uygun depolama koşullarının seçilmesi toz yumurtaların kalitesini korumak için çok önemlidir (Lai ve ark., 1995).

Sakkaroz gibi stabilizasyon ajanlarının kullanımının, kurutma işlemi sırasında proteinleri denatürasyondan korumak için faydalı olduğu tespit edilmiştir (Vargas-del-Río ve ark., 2022). Ayrıca, köpük mat kurutma gibi alternatif kurutma yöntemleri depolama stabilitesi ve işlevsellik açısından farklı özellikler sunarak toz yumurta üretimi için uygun seçenekler haline getirir (Moreira ve

ark., 2023). Çeşitli teknik ve işlemelerin yumurta tozunun depolama ömrünü ve kalitesini etkileyebileceği açıktır.

Sonuç olarak, toz yumurta çeşitli uygulamalar için çok yönlü ve pratik bir bileşen olsa da, sağlık yararlarını ve güvenliyelerini en üst düzeye çıkarmak için üretimlerinin yönetilmesi ve depolama sırasında kalitelerinin sağlanması büyük önem taşımaktadır. Gelecekteki araştırmalar, toz yumurta ürünlerinin besinsel ve işlevsel özelliklerini optimize etmek için kurutma teknolojileri ve stabilizasyon yöntemlerindeki gelişmeleri araştırmaya devam etmelidir.

8. Saklama Koşulları

Aktif muhafaza yöntemlerinin yanı sıra, saklama koşulları da yumurta muhafazasında önemli bir rol oynar. Sıcaklık kontrolü son derece önemlidir, çünkü soğutma mikrobiyal büyümeyi önemli ölçüde yavaşlatır ve yumurtanın raf ömrünü uzatır (Lechevalier ve ark., 2017). Bozulmanın önlenmesi ve güvenliğin sağlanması için tutarlı bir soğuk zincirin korunması da dahil olmak üzere doğru işleme ve saklama uygulamalarının uygulanması esastır.

Sonuç

Gıda güvenliğinin sağlanması ve yumurta muhafazasında kalitenin korunması, pastörizasyon ve soğutma gibi yerleşik yöntemlerin ozon uygulaması ve yenilebilir kaplamalar gibi yenilikçi tekniklerle bir araya getirilmesini gerektirir. Isıl olmayan yöntemler ve doğal koruyucular üzerine devam eden araştırmalar, yumurta endüstrisinde gelecekteki uygulamalar için heyecan verici olanaklar sunarak tüketicilere daha güvenli ve daha kaliteli ürünler vaat ediyor.

Bu pastörizasyon yöntemlerinin uygulanması, mevzuata uyum ve gıda güvenliği güvencesi açısından hayati önem taşımaktadır. 1970'lerde yumurta ürünleri pastörizasyon

yönetmeliklerinin yürürlüğe girmesinden bu yana, pastörize ürünlerle bağlantılı herhangi bir salgın bildirilmemiştir; bu da bu yöntemlerin halk sağlığını korumadaki etkinliğini göstermektedir. Epidemiyolojik verilerin kabuklu yumurtaların *Salmonella* kaynaklı gıda kaynaklı hastalıklar için önemli bir taşıyıcı olduğunu göstermesi göz önüne alındığında, pastörizasyon teknolojilerindeki sürekli gelişmeler hayati önem taşımaktadır. Bu nedenle, özellikle yüksek riskli popülasyonlarda, gıda işleyicilerine pastörize yumurta kullanımının önemi konusunda sürekli eğitim verilmesi, gıda güvenliğinin kritik bir unsuru olmaya devam etmektedir.

Sonuç olarak, yumurta pastörizasyon teknikleri, özellikle *Salmonella* ile ilişkili riskleri azaltmada gıda güvenliğinin sağlanmasında vazgeçilmezdir. Geleneksel yöntemler ve yenilikçi yaklaşımların birleşimi, yumurta ürünlerinin güvenli bir şekilde saklanması için bütünsel bir strateji sunarken, kaliteyi koruma zorluklarını da ele almaktadır. Bu alanda devam eden araştırma ve geliştirme, yumurta işleme ve saklama yöntemlerini, verimliliğini ve güvenliğini geliştirme etkili olmaktadır.

KAYNAKLAR

Abdanan Mehdizadeh, S., Minaei, S., Karimi Torshizi, M. A., & Mohajerani, E. (2015). Effect of UV irradiation, sample thickness and storage temperature on storability, bacterial activity and functional properties of liquid egg. *Journal of Food Science and Technology*, 52(7), 4414-4422.

Afraz, M. T., Khan, M. R., Roobab, U., Noranizan, M. A., Tiwari, B. K., Rashid, M. T., ... & Aadil, R. M. (2020). Impact of novel processing techniques on the functional properties of egg products and derivatives: A review. *Journal of Food Process Engineering*, 43(12), e13568.

Aguiar, M. M., de Almeida, G. M., de Camargo Filho, W. L., Do Rosario, D. K. A., Araújo, L. A., & Naves, E. A. A. (2021). Alta pressão hidrostática, campos elétricos pulsados e plasma frio na cadeia produtiva de alimentos: Princípios e aplicabilidade industrial. *Research, Society and Development*, 10(2), e50310212670-e50310212670.

Al-Bachir, M. (2020). Improvement of microbiological quality of hen egg powder using gamma irradiation. *International Journal of Food Studies*, 9.

Amiali, M., Ngadi, M., Smith, J. P., & Raghavan, V. (2006). Inactivation of *Escherichia coli* 0157: H7 and *Salmonella enteritidis* in liquid egg using continuous pulsed electric field system. *International Journal of Food Engineering*, 1(5).

Atik, A. (2020). Sağım Sistemlerinde Uv-C Işınlama İle Sütün Mikrobiyolojik Kalitesinin İyileştirilmesi. Doktora Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 188 s. Tekirdağ, Türkiye.

Bermudez-Aguirre, D., & Niemira, B. A. (2023). A review on egg pasteurization and disinfection: Traditional and novel processing

technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(2), 756-784.

Bermudez-Aguirre, D., Sites, J., Carter, J., Uknalis, J., & Niemira, B. A. (2024). Effect of Radio Frequency Energy for Intervention Processing on the Quality of Intact Eggs. *Foods*, 13(21), 3457.

Bhale, S. N. H. K., No, H. K., Prinyawiwatukul, W., Farr, A. J., Nadarajah, K., & Meyers, S. P. (2003). Chitosan coating improves shelf life of eggs. *Journal of food science*, 68(7), 2378-2383.

De Leo, R., Quartieri, A., Haghighi, H., Gigliano, S., Bedin, E., & Pulvirenti, A. (2018). Application of pectin-alginate and pectin-alginate-laurolyl arginate ethyl coatings to eliminate *Salmonella enteritidis* cross contamination in egg shells. *Journal of Food Safety*, 38(6), e12567.

Donner, A. (2011). Investigation of in-package ozonation: The effectiveness of ozone to inactivate *Salmonella enteritidis* on raw, shell eggs. *The Journal of Purdue Undergraduate Research*, 1(1), 3.

Entezari, A., Roshanak, S., Shakeri, G., & Sedaghat, N. (2022). Effect of zein and zein-Peganum harmala extract coatings of eggshell on the internal quality of eggs and control of *Salmonella enteritidis*. *Journal of Food Science*, 87(10), 4665-4673.

Eregama, G. S. R., Aung, S. H., Pitawala, H. M. J. C., Ali, M., Lee, S. Y., Park, J. Y., ... & Nam, K. C. (2024). Evaluation of physicochemical changes in hard-boiled eggs stored at different temperatures. *Food science of animal resources*, 44(1), 74.

Feston, J., Gaire, S., Fardisi, M., Mason, L. J., & Gondhalekar, A. D. (2020). Determining baseline toxicity of ozone against an insecticide-susceptible strain of the common bed bug, *Cimex lectularius* L. under laboratory conditions. *Pest Management Science*, 76(9), 3108-3116.

Franke, K., & Kießling, M. (2002). Influence of spray drying conditions on functionality of dried whole egg. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(15), 1837-1841.

Froehlich, Â., Franco, B. D. G. D. M., Destro, M. T., & Landgraf, M. (2015). Sensory aspects and reduction of *Salmonella* in irradiated egg powder. *Ciencia e Agrotecnologia*, 39(5), 506-513.

Geveke, D. J. (2008). UV inactivation of *E. coli* in liquid egg white. *Food and Bioprocess Technology*, 1(2), 201-206.

Geveke, D. J., Bigley, A. B., & Brunkhorst, C. D. (2017). Pasteurization of shell eggs using radio frequency heating. *Journal of Food Engineering*, 193, 53-57.

Giménez, B., Zaritzky, N., & Graiver, N. (2024). Ozone treatment of meat and meat products: A review. *Frontiers in Food Science and Technology*, 4, 1351801.

Gómez-Sánchez, D. L., Antonio-Gutiérrez, O., López-Díaz, A. S., Palou, E., López-Malo, A., & Ramírez-Corona, N. (2020). Performance of combined technologies for the inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* and *Escherichia coli* in pomegranate juice: The effects of a continuous-flow UV-Microwave system. *Journal of Food Process Engineering*, 43(12), e13565.

Gurtler, J. B., Hinton Jr, A., Bailey, R. B., Cray Jr, W. C., Meinersmann, R. J., Ball, T. A., & Jin, T. Z. (2015). *Salmonella* isolated from ready-to-eat pasteurized liquid egg products: Thermal resistance, biochemical profile, and fatty acid analysis. *International journal of food microbiology*, 206, 109-117.

Hermawan, N., Evrendilek, G. A., Dantzer, W. R., Zhang, Q. H., & Richter, E. R. (2004). Pulsed electric field treatment of liquid whole egg inoculated with *Salmonella enteritidis*. *Journal of Food Safety*, 24(1), 71-85.

Jermann, C., Koutchma, T., Margas, E., Leadley, C., & Ros-Polski, V. (2015). Mapping trends in novel and emerging food processing technologies around the world. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 31, 14-27.

Jin, T., Zhang, H., Hermawan, N., & Dantzer, W. (2009). Effects of pH and temperature on inactivation of *Salmonella typhimurium* DT104 in liquid whole egg by pulsed electric fields. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(2), 367-372.

Jirangrat, W., Torrico, D. D., No, J., No, H. K., & Prinyawiwatkul, W. (2010). Effects of mineral oil coating on internal quality of chicken eggs under refrigerated storage. *International Journal of food science & technology*, 45(3), 490-495.

Kamotani, S., Hooker, N., Smith, S., & Lee, K. (2010). Consumer acceptance of ozone-treated whole shell eggs. *Journal of Food Science*, 75(2), S103-S107.

Kavuşan, H. S., & Serdaroglu, M. (2019). The role of novel pasteurization approaches on altering functional properties of egg proteins. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7, 138-144.

Kim, J. G., Yousef, A. E., & Dave, S. (1999). Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review. *Journal of food protection*, 62(9), 1071-1087.

Kim, H. J., Yong, H. I., Jayasena, D. D., Lee, H. J., Lee, H., & Jo, C. (2016). Microbial safety and physicochemical characteristics of electron beam irradiated whole egg powder. *Food science and biotechnology*, 25(2), 637-642.

Lai, S. M., Gray, J. I., Buckley, D. J., & Kelly, P. M. (1995). Influence of free radicals and other factors on formation of

cholesterol oxidation products in spray-dried whole egg. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(5), 1127-1131.

Latimer, H. K., Marks, H. M., Coleman, M. E., Schlosser, W. D., Golden, N. J., Ebel, E. D., ... & Schroeder, C. M. (2008). Evaluating the effectiveness of pasteurization for reducing human illnesses from *Salmonella* spp. in egg products: results of a quantitative risk assessment. *Foodborne pathogens and disease*, 5(1), 59-68.

Lechevalier, V., Guérin-Dubiard, C., Anton, M., Beaumal, V., Briand, E. D., Gillard, A., ... & Nau, F. (2017). Pasteurisation of liquid whole egg: Optimal heat treatments in relation to its functional, nutritional and allergenic properties. *Journal of Food Engineering*, 195, 137-149.

Leandro, M. J., Marques, S., Ribeiro, B., Santos, H., & Fonseca, C. (2019, December). More sustainable dairy industries: selection of *Kluyveromyces* strains for direct conversion of concentrated waste streams into bioethanol. In *MICROBIOTEC'19*.

Li, S. X., Cherian, G., & Sim, J. S. (1996). Cholesterol oxidation in egg yolk powder during storage and heating as affected by dietary oils and tocopherol. *Journal of food science*, 61(4), 721-725.

Li, L., Yang, R., & Zhao, W. (2021). The effect of pulsed electric fields (PEF) combined with temperature and natural preservatives on the quality and microbiological shelf-life of cantaloupe juice. *Foods*, 10(11), 2606.

Liu, T., Lv, B., Zhao, W., Wang, Y., Piao, C., Dai, W., ... & Sun, F. (2020). Effects of ultrahigh temperature pasteurization on the liquid components and functional properties of stored liquid whole eggs. *BioMed Research International*, 2020(1), 3465465.

Marco-Molés, R., Rojas-Graü, M. A., Hernando, I., Pérez-Munuera, I., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2011). Physical and structural changes in liquid whole egg treated with high-intensity pulsed electric fields. *Journal of Food Science*, 76(2), C257-C264.

Mahmoud, B. Y., Semida, D. A., Elnesr, S. S., Elwan, H., & El-Full, E. A. (2022). Approaches of egg decontamination for sustainable food safety. *Sustainability*, 15(1), 464.

Mazalli, M. R., & Bragagnolo, N. (2007). Effect of storage on cholesterol oxide formation and fatty acid alterations in egg powder. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(7), 2743-2748.

Monfort, S., Ramos, S., Meneses, N., Knorr, D., Raso, J., & Álvarez, I. (2012). Design and evaluation of a high hydrostatic pressure combined process for pasteurization of liquid whole egg. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 14, 1-10.

Moreira, C. A., Zotarelli, M. F., & de Lima, M. (2023). Characterization of quail egg powders obtained by liquid egg drying and foam-mat drying. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(4), 1810-1820.

Morsy, M. K., Sharoba, A. M., Khalaf, H. H., El-Tanahy, H. H., & Cutter, C. N. (2015). Efficacy of antimicrobial pullulan-based coating to improve internal quality and shelf-life of chicken eggs during storage. *Journal of food science*, 80(5), M1066-M1074.

Nabilah, U. U., Sitanggang, A. B., Dewanti-Hariyadi, R., Sugiarto, A. T., & Purnomo, E. H. (2022). Meta-analysis: microbial inactivation in milk using pulsed electric field. *International Journal of Food Science and Technology*, 57(9), 5750-5763.

Nakagawa, K., Adachi, S., & Handa, A. (2017). Denaturation of spray-dried egg yolk during processing and storage. *Japan Journal of Food Engineering*, 18(2), 93-99.

Ngadi, M., Smith, J. P., & Cayouette, B. (2003). Kinetics of ultraviolet light inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 in liquid foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(15), 1551-1555.

Nimalaratne, C., & Wu, J. (2015). Hen egg as an antioxidant food commodity: A review. *Nutrients*, 7(10), 8274-8293.

Otero, L., Molina-García, A. D., Ramos, A. M., & Sanz, P. D. (2002). A model for real thermal control in high-pressure treatment of foods. *Biotechnology Progress*, 18(4), 904-908.

Oziembłowski, M., Trenka, M., Czaplicka, M., Maksimowski, D., & Nawirska-Olszańska, A. (2022). Selected properties of juices from black chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) fruits preserved using the PEF method. *Applied Sciences*, 12(14), 7008.

Pala, Ç.U. ve Toklucu, A.K. (2010). Ultraviyole ışın (UV) teknolojisinin meyve sularına uygulanması. *Akademik Gıda*, 8(1), 17-22.

Park, Y. S., Yoo, I. J., Jeon, K. H., Kim, H. K., Chang, E. J., & Oh, H. I. (2003). Effects of various eggshell treatments on the egg quality during storage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 16(8), 1224-1229.

Rachtanapun, P., Homsaard, N., Kodsangma, A., Phongthai, S., Leksawasdi, N., Phimolsiripol, Y., ... & Jantanasakulwong, K. (2022). Effects of storage temperature on the quality of eggs coated by cassava starch blended with carboxymethyl cellulose and paraffin wax. *Poultry Science*, 101(1), 101509.

Ribeiro, A. C., Casal, S., Lopes da Silva, J. A., & Saraiva, J. A. (2023). Effects of sequential combination of moderate pressure and ultrasound on subsequent thermal pasteurization of liquid whole egg. *Foods*, 12(13), 2459.

Sampedro, F., Rodrigo, D., Martínez, A., Barbosa-Cánovas, G. V., & Rodrigo, M. (2006). Application of pulsed electric fields in egg and egg derivatives. *Food science and technology international*, 12(5), 397-405.

Sharaf Eddin, A., & Tahergorabi, R. (2019). Efficacy of sweet potato starch-based coating to improve quality and safety of hen eggs during storage. *Coatings*, 9(3), 205.

Shenga, E., Singh, R. P., & Yadav, A. S. (2010). Effect of pasteurization of shell egg on its quality characteristics under ambient storage. *Journal of food science and technology*, 47(4), 420-425.

Smith, S., Griffiths, S., MacGregor, S., Beveridge, J., Anderson, J., van der Walle, C., & Grant, M. H. (2009). Pulsed electric field as a potential new method for microbial inactivation in scaffold materials for tissue engineering: the effect on collagen as a scaffold. *Journal of Biomedical Materials Research Part A: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, 90(3), 844-851.

Souroullas, K., & Papademas, P. (2025). Challenges in developing a Process Analytical Technology (PAT)-based verification of UV-C treatment of milk. *International Journal of Dairy Technology*, 78(1), e13168.

Suresh, P. V., Raj, K. R., Nidheesh, T., Pal, G. K., & Sakhare, P. Z. (2015). Application of chitosan for improvement of quality and

shelf life of table eggs under tropical room conditions. *Journal of Food Science and Technology*, 52(10), 6345-6354.

Nagy, Z., Kardos, G., Szűcs, A., & Szarka, K. Z. (2017). Intratypic variation of human papillomavirus type 11 in recurrent respiratory papillomatosis. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*, 64(Supple), 64-65.

Tchonkouang, R. D., Lima, A. R., Quintino, A. C., Cristofoli, N. L., & Vieira, M. C. (2023). UV-C light: A promising preservation technology for vegetable-based nonsolid food products. *Foods*, 12(17), 3227.

Techer, C., Jan, S., Gonnet, F., Grosset, N., Gautier, M., & Baron, F. (2019). Bacterial diversity on stainless steel surfaces of egg processing companies and potential of selected isolates to spoil liquid whole egg products. *Journal of Applied Microbiology*, 127(5), 1501-1510.

Tokuşoğlu, Ö., & Barbosa-cánovas, G. (2018). The improving quality and shelf life of table eggs. *Food Health and Technology Innovations*, 1(1), 34-63.

Uemura, K., Takahashi, C., & Kobayashi, I. (2012). Inactivation of *Lactobacillus brevis* in liquid egg white by radio-frequency flash heating. *Food science and technology research*, 18(3), 357-362.

Uysal, R. S., Boyaci, I. H., & Sumnu, G. (2019). Determination of pasteurization treatment of liquid whole egg by measuring physical and rheological properties of cake cream. *Journal of Food Process Engineering*, 42(6), e13167.

Unluturk, S., Atılğan, M. R., Baysal, A. H., & Tari, C. (2008). Use of UV-C radiation as a non-thermal process for liquid egg products (LEP). *Journal of Food Engineering*, 85(4), 561-568.

Walkling-Ribeiro, M., Noci, F., Cronin, D. A., Lyng, J. G., & Morgan, D. J. (2010). Shelf life and sensory attributes of a fruit smoothie-type beverage processed with moderate heat and pulsed electric fields. *LWT-Food Science and Technology*, 43(7), 1067-1073.

Wongnen, C., Panpipat, W., Saelee, N., Rawdkuen, S., Grossmann, L., & Chaijan, M. (2023). A novel approach for the production of mildly salted duck egg using ozonized brine salting. *Foods*, 12(11), 2261.

Xiang, B., Sundararajan, S., Mis Solval, K., Espinoza-Rodezno, L., Aryana, K., & Sathivel, S. (2014). Effects of pulsed electric fields on physicochemical properties and microbial inactivation of carrot juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(4), 1556-1564.

Vargas-del-Río, L. M., García-Figueroa, A., Fernández-Quintero, A., & Rodríguez-Stouvenel, A. (2022). Spray-drying hen eggs: effects of the egg yolk to egg white ratio and sucrose addition on the physicochemical, functional, and nutritional properties of dried products and on their amino acid profiles. *Applied Sciences*, 12(9), 4516.

Yangılar, F. ve Kabil, E. (2013). Süt ve süt ürünlerinde bazı ısıtılmayan mikrobiyal inaktivasyon yöntemleri. *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(1), 97-108.

Yogesh, K. (2016). Pulsed electric field processing of egg products: A review. *Journal of food science and technology*, 53(2), 934-945.

Yuceer, M., & Caner, C. (2014). Antimicrobial lysozyme-chitosan coatings affect functional properties and shelf life of chicken eggs during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(1), 153-162.

Yüceer, M., & Caner, C. (2020). The effects of ozone, ultrasound and coating with shellac and lysozyme–chitosan on fresh egg during storage at ambient temperature. Part II: microbial quality, eggshell breaking strength and FT-NIR spectral analysis. *International Journal of Food Science and Technology*, 55(4), 1629-1636.

Yüceer, M., Aday, M. S., & Caner, C. (2016). Ozone treatment of shell eggs to preserve functional quality and enhance shelf life during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(8), 2755-2763.

YUMURTANIN BESLENME AÇISINDAN ÖNEMİ

DR. ÖĞR. ÜYESİ AZİZE ATİK
DR. ÖĞR. ÜYESİ İLKER ATİK

Giriş

Yumurta, uzun zamandır insan beslenmesinin temel bir bileşeni olarak kabul edilmekte ve fizyolojik işlevler için hayati önem taşıyan temel makro ve mikro besinleri sağlamaktadır (Miranda ve ark., 2015). Yaygın olarak bulunabilmesi, uygun fiyatlı olması, zengin besin profiliyle birleşince yumurta tüm yaş grupları için uygun ve demografik özellikler açısından küresel olarak tüketilen bir gıda olmuştur (Pal ve Molnár, 2021; Rafed ve ark., 2024).

Geçmiş yıllarda, yumurtadan alınan diyet kolesterolünün plazma toplam kolesterol düzeylerindeki artışa veya kardiyovasküler hastalık sıklığına bağladığına dair kesin kanıtların olmamasına rağmen, diyet önerileri zaman zaman kolesterol içeriğiyle ilgili endişeler nedeniyle yumurta tüketiminin kısıtlanmasını tavsiye etmiştir (Réhault-Godbert ve ark., 2019). Bununla birlikte, son bilimsel çalışmalar ışığında güncellenen diyet yönergeleri, özellikle yumurtadan alınan diyet kolesterolünü büyük ölçüde aklamış ve

yumurtayı sağlıklı bir diyetin ayrılmaz bir parçası olarak önermiştir (McNamara, 2015; Guyonnet, 2023).

Bu bölüm, yumurtanın makro ve mikro besin katkılarını, biyoaktif bileşenlerini ve bileşimlerini etkileyen faktörleri ele alarak, yumurtanın besinsel önemine ilişkin güncel araştırmaları bir araya getirmeyi amaçlamaktadır (Réhault-Godbert ve ark., 2019).

Yumurtanın Besin Değerleri

Yumurta, makro ve mikro besin öğelerinin dengeli bir karışımından oluşur. Tek bir büyük yumurta yaklaşık 6 gram yüksek kaliteli protein, 5 gram yağ (çoğunlukla doymamış) ve B12, riboflavin ve kolin gibi temel vitaminler içerir (Suta ve ark., 2023). Yumurtalar ayrıca selenyum ve fosfor gibi önemli mineraller de sağlar. Özellikle, yumurtadaki proteinler dokuz temel amino asidin tamamını içerdiğinden, yumurtalar eksiksiz bir protein kaynağıdır (Godos ve ark., 2020).

Özellikle, yumurta proteininin biyolojik değeri, vücudun protein sentezini desteklemedeki olağanüstü etkinliğini gösteren bir referans standardı olarak belirlenmiştir (Pirkwieser ve ark., 2022). Bunun ötesinde, yumurta, B2, B12, biotin ve pantotenik asit gibi B vitaminlerinin yanı sıra, fosfor, selenyum, demir, çinko ve yağda çözünen vitaminler için önerilen günlük alınması gereken bir kısmını da içeren zengin bir mikro besin yelpazesi sağlar (Oliveira ve ark., 2023; Virtanen ve Larsson, 2024). Bu mikro besinler çeşitli metabolik yollar, enerji üretimi ve hücre bütünlüğünün korunması için gereklidir (Yusuf ve Ofongo, 2023). Ayrıca, tek bir orta boy pişmiş yumurta, 6,29 g protein, 0,56 g karbonhidrat ve 5,3 g toplam yağ içerir ve yaklaşık 78 kcal enerji sağlamaktadır. Bunun yanı sıra yumurta tekli doymamış ve çoklu doymamış yağlar da dahil olmak üzere uygun bir yağ asidi profiline sahiptir (Revanda ve Puspitarini, 2024).

Yumurta, A, D, E, K, B6 ve B12 gibi çeşitli vitaminlerin yanı sıra kalsiyum, potasyum, magnezyum ve sodyum gibi hayati mineralleri de sağlar; ancak C vitamini önemli bir istisnadır (Batiha ve ark., 2021). Bu güçlü besin bileşimi, yumurtanın küresel nüfus, özellikle de çeşitli protein kaynaklarına erişimin sınırlı olabileceği düşük sosyoekonomik sınıflar için kolayca bulunabilen ve uygun fiyatlı besinlerin güçlü bir kaynağı olarak öne çıkmaktadır (McNamara, 2015). Yumurtanın üretim maliyeti et, kümes hayvanları ve balık gibi diğer hayvansal proteinli gıdalara kıyasla önemli ölçüde düşüktür bu durum yumurtayı ulaşılabilir bir protein kaynağı haline getirmektedir (Walker ve Baum, 2022).

Yumurta, protein, toplam yağ, tekli doymamış yağ asitleri, çoklu doymamış yağ asitleri, kolesterol, kolin, folat, demir, kalsiyum, fosfor, selenyum, çinko ve A, B2, B6, B12, D, E ve K vitaminleri de dahil olmak üzere birçok önemli besin ögesinin iyi bir kaynağıdır (Hernandez-Ledesma ve Hsieh, 2013). Bu besin maddelerinin biyoyararlanımı oldukça yüksektir; örneğin, pişmiş yumurtadan folat emilimi yaklaşık %72'dir ve bu oran, sığır ciğeri veya nohut gibi diğer yaygın gıda kaynaklarından elde edilenden daha fazladır (Morales-Juárez vd., 2025). Özellikle mikro besin maddelerinin bu yüksek biyoyararlanımı, yumurtayı bebekler, küçük çocuklar, hamile ve emziren kadınlar, yaşlılar ve sağlık sorunları olan bireyler gibi hassas gruplar için paha biçilmez bir gıda ürünü haline getirir (Singh ve ark., 2022). Bu kapsamlı beslenme paketi, birçok düşük ve orta gelirli ülkede yaygın olan mikro besin eksikliklerinin azaltılmasına önemli ölçüde katkıda bulunur (Tiwari ve ark., 2023).

Ayrıca yumurta, araşidonik asit, eikosapentaenoik asit ve dokosaheksaenoik asit gibi temel uzun zincirli yağ asitlerinin öncüleri olan linoleik ve alfa-linolenik asitleri önemli miktarlarda içermektedir (Zaheer, 2015). Bu temel omega-3 ve omega-6 yağ asitleri, özellikle erken beyin ve görme gelişimi için önemlidir ve bu

da yumurtayı hamilelik ve bebeklik döneminde kritik bir diyet bileşeni haline getirir (Tiwari ve ark., 2023). Bu temel besin maddelerinin yanı sıra, yumurta yüksek biyoyararlanıma sahip ek temel besin maddeleri ve fitobesinler sağlama konusundaki benzersiz kapasitesi ile de bilinmektedir (Hamidu ve ark., 2022). Gerçekten de yumurta sarısının yaklaşık %30-35 doymuş, %40-45 tekli doymamış ve %20-25 çoklu doymamış yağ asitlerinden oluşan lipid profili, dokosaheksaenoik asit ve fosfolipitler gibi bebek gelişimi için kritik öneme sahip ve sıklıkla bebek mamalarına dahil edilen önemli uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitlerinin kaynağıdır (Nimalaratne ve Wu, 2015). Dahası, yumurtanın vitamin ve mineral içerikleri de dahil olmak üzere besinsel bileşimi, kümes hayvanı yeminin stratejik olarak zenginleştirilmesiyle daha da zenginleştirilebilir ve selenyum ve iyot gibi belirli mikro besin öğelerinin özel olarak zenginleştirilmesine olanak tanır (Nimalaratne ve Wu, 2015). Tavuk yeminin bu şekilde manipüle edilmesi, daha yüksek seviyelerde faydalı bileşen içeren "tasarımcı yumurtaların" üretilmesini sağlamaktadır (Nimalaratne ve Wu, 2015) (Kralik ve ark., 2021). Yumurtanın besin içeriğinin zenginleştirilebilmesi popülasyonlardaki belirli besin eksikliklerini gidermek için yumurtanın bir dağıtım aracı olarak potansiyelini vurgulamaktadır (Zaheer, 2015; Nimalaratne ve Wu, 2015). Örneğin, keten tohumu ve balık yağı ile beslenen tavuklardan elde edilen n-3 ile zenginleştirilmiş yumurtalar, 290 mg'a kadar kombine EPA ve DHA dahil olmak üzere toplam n-3 çoklu doymamış yağ asitlerinin önemli miktarlarını sağlayabilir ve bu da geleneksel yumurtalara kıyasla n-6:n-3 oranını önemli ölçüde iyileştirebilir (Hamidu ve ark., 2022). Bu geliştirme, Batı diyetlerinde sıklıkla görülen ve kronik inflamatuvar durumlara katkıda bulunabilen omega-6 ve omega-3 yağ asitleri dengesizliğini gidermek için çok önemlidir (Usturoi ve ark., 2025).

Yumurta sarısında bol miktarda bulunan fosfolipidler, özellikle fosfatidilkolin, hücre zarı bütünlüğünde ve sinyal yollarında hayati roller oynayan bir diğer önemli bileşendir (Andersen, 2015). Yumurta tavukları için diyet müdahaleleriyle beslenme profili optimize edilebilir; örneğin, yumurtanın karotenoid içeriğini ve sarısının rengini iyileştirmek için kadife çiçeği veya domates posası gibi kaynaklardan elde edilen kantoksanin ve likopen gibi karotenoidlerle yemleri zenginleştirmek mümkündür (Zaheer, 2015). Bu biyofortifikasyon stratejisi, selenyum ve omega-3 yağ asitleri gibi mikro besin seviyelerini artırarak yumurtaların besin yoğunluğunu artırmakla kalmaz, aynı zamanda fosfolipit açısından zengin yumurta sarısı fraksiyonlarına dahil edilerek karotenoidlerin biyoyararlanımını da iyileştirir (Andersen, 2015; Kavtarashvili, 2020; Oliveira ve ark., 2023).

Yumurta Tüketimi ile İlişkili Sağlık Faydaları

Araştırmalar, yumurta tüketiminin insan sağlığının çeşitli yönlerini destekleyebileceğini tutarlı bir şekilde ortaya koymuştur. Örneğin, orta düzeyde yumurta tüketiminin (günde bir yumurtaya kadar) daha düşük kardiyovasküler hastalık (KVH) riskiyle ilişkili olduğunu gösteren bir meta-analiz diyetle alınan kolesterole ilişkin endişeleri çürütmüştür (Godos ve ark., 2020). Yumurtalar, kardiyovasküler risk için kritik bir belirteç olan düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) kolesterol oranlarını önemli ölçüde etkilemeden yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) kolesterolü artırarak kan lipid profillerini olumlu yönde etkileyebilir (Suta ve ark., 2023).

Ayrıca araştırmalar, uzun süreli tam yumurta takviyesinin, büyüme ve gelişmede önemli bir rol oynayan insülin benzeri büyüme faktörü 1 (IGF-1) seviyelerini artırabileceğini ve bağırsak mikrobiyotası modülasyonu için potansiyel faydalar sağlayabileceğini göstermiştir (Suta ve ark., 2023). Bu, yumurta

tüketiminin yalnızca fiziksel sağlık için değil, aynı zamanda metabolik süreçler için de etkileri olabileceğini düşündürmektedir.

Yumurta tüketimi, bağırsak mikrobiyotası bileşimindeki iyileşmelerle ilişkilendirilmiştir. Yumurta sarısı lipidlerinin inflamasyon ve gastrointestinal sağlıkla ilişkili bağırsak mikrobiyotasını düzenlemedeki rolünü vurgulayan çalışmalar mevcuttur (Xiao ve ark., 2024). Beslenme, bağırsak mikrobiyotası ve kısa zincirli yağ asidi üretimi arasındaki etkileşim, yumurtanın genel sağlık için gerekli olan dengeli bir bağırsak ortamı sağlama potansiyelini vurgulamaktadır (Xiao ve ark., 2020). Yumurtadan elde edilen proteinlerin bağırsak mikrobiyal etkileşimlerini etkileme yeteneği, diyet proteinlerinin sindirim sağlığını önemli ölçüde etkileyebileceğini düşündürmektedir (Ruesga-Gutiérrez ve ark., 2022).

Ayrıca, besinler arasındaki denge ve belirli proteinlerin varlığı, bağırsak sağlığı sonuçlarını belirleyebilir. Yumurta da dahil olmak üzere farklı kaynaklardan elde edilen proteinlerin sindirim veya fermentasyon sonrası bağırsak mikrobiyotası bileşimini ve işlevini etkileyebileceği bilinmektedir (Awan ve ark., 2025). Bu durum diyet protein kaynakları ile bağırsak sağlığı arasındaki karmaşık ilişkiyi vurgulayarak, yumurtanın mikrobiyal dengeyi korumak için uygun bir diyet takviyesi olma potansiyelini vurgulamaktadır.

Yumurta, makro besin ve mikro besin yoğunluklarının yanı sıra, viral ve bakteriyel enfeksiyonlara karşı koruyucu özellikler sağlayan immünoglobulinler gibi çeşitli biyoaktif bileşikler içerir (Zaheer, 2015). Bu immünoglobulinler, özellikle IgY antikorları, tavuk aşılama yoluyla çok çeşitli insan patojenlerini hedef alacak şekilde özel olarak uyarlanabilir ve bulaşıcı hastalıklara karşı uygun maliyetli ve ağızdan uygulanabilir bir tedavi edici veya profilaktik ajan sunar (Spagnuolo, 2020). Dahası, araştırmalar, yumurta akında

bulunan ovotransferrin ve lizozim gibi belirli yumurta bileşenlerinin, bakteriyel büyümeyi engelleyebilen ve viral replikasyonu bozabilen güçlü antimikrobiyal özelliklere sahip olduğunu göstermektedir (Spagnuolo, 2020).

Ek olarak, yumurta sarısı proteinlerinden elde edilen fosfopeptitler, özellikle fosvitin, antioksidan ve demir şelatlama yetenekleriyle tanımlanmıştır ve bu da insan vücudunda oksidatif stresin azalmasına ve demir emiliminin artmasına katkıda bulunur (Nimalaratne ve Wu, 2015). Fosfolipidler, kolesterol, lutein, zeaksantin ve proteinler de dahil olmak üzere bu biyoaktif bileşenler, kronik hastalık patofizyolojisi ve akut hasara karşı bağışıklık tepkileri üzerindeki etkilerini anlamak için çok önemli olan bir dizi pro- ve/veya anti-inflamatuar özellik sergilemektedir (Andersen, 2015). Örneğin, yumurta fosfolipidlerinin inflammatuar yolları düzenlediği, karotenoidlerden lutein ve zeaksantin'in ise antioksidan savunmaya katkıda bulunarak bağışıklık hücresi fonksiyonunu etkilediği ve sistemik inflamasyonu azalttığı bilinmektedir (Andersen, 2015). Dahası, yumurtanın kendine özgü besin matrisi, bu bileşenlerin biyoerişilebilirliğini ve emilimini önemli ölçüde etkileyerek, her bir biyoaktif bileşiğin yumurta alımının inflammatuar süreçler üzerindeki genel etkilerine katkıda bulunmasını sağlar (Andersen, 2015). Çeşitli çalışmalar, ovalbümin ve ovotransferrin gibi belirli yumurta proteinlerinin ve bunlardan türetilen peptitlerin bu immünomodülatör etkilere önemli ölçüde katkıda bulunduğunu vurgulamıştır (Gautron ve ark., 2019).

Yumurta proteinlerinin, lutein, zeaksantin ve yüksek yoğunluklu lipoproteinler gibi diğer yumurta bileşenleriyle birlikte, antioksidan ve anti-inflamatuar özelliklere sahip olduğu, hücresel hasarı azaltmada ve bağışıklık tepkilerini düzenlemede rol oynadığı bulunmuştur (Sarantidi ve ark., 2023; Zhang ve ark., 2021). Örneğin, ovotransferrinin pro-inflamatuar sitokinleri azalttığı, lizozim takviyesinin ise TNF ve IL6'nın bağırsak gen ekspresyonunu

azaltırken anti-inflamatuar IL4'ü yükseltebildiği belirlenmiştir (Sajadi Hezaveh ve ark., 2019). Bu çeşitli biyoaktif bileşenlerin karmaşık etkileşimi, yumurtanın bağışıklık tepkilerini düzenleme ve inflamasyonu azaltmadaki potansiyelini vurgular ve besin değerini temel beslenmenin ötesine taşır (Andersen, 2015; Batiha vd., 2021).

Bu çok yönlü katkı, opioid, antihipertansif, immünomodülatör, antimikrobiyal, antidiyabetik ve antioksidan etkiler de dahil olmak üzere bir dizi biyolojik aktivite sergileyen yumurta proteinlerinden türetilen peptitler tarafından daha da güçlendirilmektedir (Czelej ve ark., 2023). Ayrıca, ovomukoid gibi yumurta proteinlerinin enzimatik hidrolizinden üretilen spesifik peptitler, güçlü anjiyotensin dönüştürücü enzim inhibitör aktivitesi göstermiştir ve bu da yumurtanın kan basıncı düzenlemesine katkıda bulunarak kardiyovasküler sağlıkta rol oynadığını düşündürmektedir (Zhang ve ark., 2021). Bu biyoaktiviteler izole bileşiklerle sınırlı değildir, çünkü tüm yumurta kompleksi, özellikle de sarısı, topluca tüketici bağışıklığını etkileyen ve homeostaza yol açan anti-inflamatuar bir mikro ortamı destekleyen zengin bir biyoaktif molekül kaynağı sağlamaktadır (Spagnuolo, 2020).

Gerçekten de çalışmalar, metilglioksal tarafından modifiye edilmiş ovalbümin gibi yumurta proteinleri ve bunların türevi peptitlerin, RAW 264.7 makrofajları gibi bağışıklık hücrelerini TNF- α gibi proinflamatuvar sitokinleri salgılamaya teşvik edebileceğini ve bunun bağışıklık aktivasyonunda doğrudan bir rol oynadığını göstermiştir (Batiha ve ark., 2021). Dahası, ovalbümin, ovotransferin, ovomusin, sistatin ve lizozim dahil olmak üzere yumurta akı proteinleri, livetin ve immünoglobulinler (IgG1, IgG2) gibi yumurta sarısı bileşenleriyle birlikte, sitokin üretimini ve bağışıklık hücresi aktivitesini etkileyen çeşitli immünomodülatör yeteneklere sahiptir (Batiha ve ark., 2021). Örneğin, ovotransferrin tek başına yumurta akı proteinlerinin önemli bir bölümünü oluşturur ve inflamatuvar bağırsak hastalığı ve kardiyovasküler hastalıklar gibi

iltihapla ilişkili durumlar için terapötik bir ajan olarak potansiyele sahiptir (Rivera-Jiménez ve ark., 2022).

Yumurta akı proteinleri, iltihaplanmadaki rollerinin yanı sıra doğrudan antimikrobiyal özellikler de sergiler; örneğin lizozim, bakteri hücre duvarlarındaki peptidoglikanları hidrolize ederek patojenlere karşı doğal bir savunma mekanizması sağlar (Andersen, 2015). Ek olarak, yumurta proteinlerinin enzimatik hidrolizi, sitokin üretimini uyararak ve bağışıklık hücrelerini aktive ederek gelişmiş bağışıklık düzenleyici aktiviteye sahip biyoaktif peptitler üretir ve bu da terapötik potansiyellerini daha da vurgular (Lee ve ark., 2021). Bu peptitler ve proteinler aynı zamanda antioksidan savunmalara da katkıda bulunur; çalışmalar, serbest radikalleri temizleme ve lipid peroksidasyonunu azaltma yeteneklerini göstererek oksidatif stresle ilişkili patolojilere karşı koruma sağlar (Nimalaratne ve Wu, 2015). Temsili örnekler arasında lizozimin dimerizasyonu, yumurta fosfatidilkolininin çoklu doymamış yağ asitleriyle zenginleştirilmesi ve ovalbüminin enzimatik hidrolizi yer alır ve bunların tümü bu koruyucu işlevlere katkıda bulunur (Zambrowicz ve ark., 2014). Bu geniş uygulamaların yanı sıra, yumurtalardaki 12 günlük tavuk embriyosu özütleri gibi spesifik biyoaktif bileşiklerin dalak lenfosit proliferasyonunu ve makrofaj fonksiyonunu artırarak güçlü bağışıklık tepkilerine katkıda bulunduğu gösterilmiştir (Spagnuolo, 2020).

Yumurta, tam protein içeriği, temel besin maddeleri ve tüketimiyle ilişkili sağlık yararları nedeniyle insan beslenmesinde kritik bir rol oynar. Bağırsak mikrobiyotasını güçlendirmekten kardiyovasküler sağlığı desteklemeye kadar, yumurtaların dengeli bir diyetle dahil edilmesi kapsamlı bir beslenme desteği sağlar. Yumurta tüketiminin çok yönlü faydalarını araştıran araştırmalar devam ederken, beslenme avantajlarını halk sağlığı mesajlarına ve beslenme önerilerine entegre etmek hayati önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

Andersen, C. J. (2015). Bioactive egg components and inflammation. *Nutrients*, 7(9), 7889-7913.

Awan, A., Bartlett, A., Blakeley-Ruiz, J., Richie, T., Ziegler, A., & Kleiner, M. (2025). Source of dietary protein alters the abundance of proteases, intestinal epithelial and immune proteins both directly and via interactions with the gut microbiota. *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2025.01.09.632171>

Batiha, G. E. S., Alqarni, M., Awad, D. A., Algammal, A. M., Nyamota, R., Wahed, M. I., ... & Sabatier, J. M. (2021). Dairy-derived and egg white proteins in enhancing immune system against COVID-19. *Frontiers in nutrition*, 8, 629440.

Czelej, M., Czernecki, T., Garbacz, K., Wawrzykowski, J., Jamioł, M., Michalak, K., ... & Waśko, A. (2023). Egg yolk as a new source of peptides with antioxidant and antimicrobial properties. *Foods*, 12(18), 3394.

Gautron, J., Guyot, N., Brionne, A., & Réhault-Godbert, S. (2019). Bioactive Minor Egg Components. In *The Royal Society of Chemistry eBooks* (p. 259).

Godos, J., Micek, A., Brzostek, T., Toledo, E., Iacoviello, L., Astrup, A., ... & Grosso, G. (2021). Egg consumption and cardiovascular risk: a dose–response meta-analysis of prospective cohort studies. *European journal of nutrition*, 60(4), 1833-1862.

Guyonnet, V. (2023). Nutritional facts about eggs. In *Handbook of Egg Science and Technology* (pp. 575-594). CRC Press.

Hamidu, J. A., Brown, C. A., & Adjepong, M. (2022). Improving the cognitive development of children in rural areas as development tool. de Salvo P, Vaquero Pineiro M (eds) *Rural*

Development-Education, Sustainability, Multifunctionality. IntechOpen, United Kingdom, 67-82.

Hernández-Ledesma, B., & Hsieh, C. C. (Eds.). (2013). Bioactive food peptides in health and disease. BoD–Books on Demand.

Sajadi Hezaveh, Z., Sikaroudi, M. K., Vafa, M., Clayton, Z. S., & Soltani, S. (2019). Effect of egg consumption on inflammatory markers: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(15), 6663-6670.

Kavtarashvili, A. S., Novotorov, E. N., Kodentsova, V. M., & Risnik, D. V. (2020). The role of carotenoids in the biofortification of table chicken (*Gallus gallus* L.) eggs with ω -3 polyunsaturated fatty acids, vitamin e, and selenium. 738-749.

Kralik, Z., Kralik, G., Grčević, M., Hanžek, D., & Biazik, E. (2021). Designer eggs with an increased content of Omega-3 fatty acids and pigments — Production and health benefits of their consumption. *Poljoprivreda*, 27(2), 67-74.

Lee, J. H., Kim, H. J., Ahn, D. U., & Paik, H. D. (2021). Improved immune-enhancing activity of egg white protein ovotransferrin after enzyme hydrolysis. *Journal of Animal Science and Technology*, 63(5), 1159.

McNamara, D. J. (2015). The fifty year rehabilitation of the egg. *Nutrients*, 7(10), 8716-8722.

Miranda, J. M., Anton, X., Redondo-Valbuena, C., Roca-Saavedra, P., Rodriguez, J. A., Lamas, A., ... & Cepeda, A. (2015). Egg and egg-derived foods: effects on human health and use as functional foods. *Nutrients*, 7(1), 706-729.

Morales-Juárez, A., Cowan-Pyle, A. E., Bailey, R. L., & Eicher-Miller, H. A. (2025). Modeling the Substitution of One Egg Increased the Nutrient Quality of Choline and Vitamin D in Exemplary Menus. *Nutrients*, 17(7), 1129.

Nimalaratne, C., & Wu, J. (2015). Hen egg as an antioxidant food commodity: A review. *Nutrients*, 7(10), 8274-8293.

De Oliveira, M. S., Andrade, E. H. D. A., Kumar, R., & Mali, S. (Eds.). (2024). *Medicinal plants: Chemical, biochemical, and pharmacological approaches*. BoD—Books on Demand.

Pal, M., & Molnár, J. (2021). The role of eggs as an important source of nutrition in human health. *International Journal of Food Science and Agriculture*, 5(1).

Pirkwieser, P., Grosshagauer, S., Dunkel, A., Pignitter, M., Schneppe, B., Kraemer, K., & Somoza, V. (2022). Evaluation of spray-dried eggs as a micronutrient-rich nutritional supplement. *Frontiers in Nutrition*, 9, 984715.

Rafed, R., Abedi, M. H., & Mushfiq, S. R. (2024). Nutritional value of eggs in human diet. *J. Res. Appl. Sci. Biotechnol*, 3, 172-176.

Réhault-Godbert, S., Guyot, N., & Nys, Y. (2019). The golden egg: nutritional value, bioactivities, and emerging benefits for human health. *Nutrients*, 11(3), 684.

Revanda, F. A., & Puspitarini, O. R. (2024). The Effect of eggshell dipping with various types of oils and storage duration on the weight loss and shell thickness of table eggs. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 88, p. 00005). EDP Sciences.

Rivera-Jiménez, J., Berraquero-García, C., Pérez-Gálvez, R., García-Moreno, P. J., Espejo-Carpio, F. J., Guadix, A., & Guadix, E. M. (2022). Peptides and protein hydrolysates exhibiting anti-

inflammatory activity: Sources, structural features and modulation mechanisms. *Food & Function*, 13(24), 12510-12540.

Ruesga-Gutiérrez, E., Ruvalcaba-Gómez, J. M., Gómez-Godínez, L. J., Villagrán, Z., Gómez-Rodríguez, V. M., Heredia-Nava, D., ... & Arteaga-Garibay, R. I. (2022). Allium-based phytobiotic for laying hens' supplementation: effects on productivity, egg quality, and fecal microbiota. *Microorganisms*, 10(1), 117.

Sarantidi, E., Ainatzoglou, A., Papadimitriou, C., Stamoula, E., Maghiorou, K., Miflidi, A., ... & Anagnostopoulos, A. K. (2023). Egg white and yolk protein atlas: New protein insights of a global landmark food. *Foods*, 12(18), 3470.

Singh, M., Mollier, R. T., Paton, R. N., Pongener, N., Yadav, R., Singh, V., ... & Mishra, V. K. (2022). Backyard poultry farming with improved germplasm: Sustainable food production and nutritional security in fragile ecosystem. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 962268.

Spagnuolo, P. A. (Ed.). (2020). *Nutraceuticals and human health: the food-to-supplement paradigm*. Royal Society of Chemistry.

Suta, S., Ophakas, S., Manosan, T., Honwichit, O., Charoensiddhi, S., Surawit, A., ... & Mayurasakorn, K. (2023). Influence of prolonged whole egg supplementation on insulin-like growth factor 1 and short-chain fatty acids product: Implications for human health and gut microbiota. *Nutrients*, 15(22), 4804.

Tiwari, C., Balehegn, M., Adesogan, A. T., & McKune, S. L. (2023). Benefits, perceived and actual risks and barriers to egg consumption in low-and middle-income countries. *Frontiers in Animal Science*, 4, 1270588.

Usturoi, M. G., Rațu, R. N., Crivei, I. C., Veleșcu, I. D., Usturoi, A., Stoica, F., & Radu Rusu, R. M. (2025). Unlocking the Power of Eggs: Nutritional Insights, Bioactive Compounds, and the Advantages of Omega-3 and Omega-6 Enriched Varieties. *Agriculture*, 15(3), 242.

Virtanen, J. K., & Larsson, S. C. (2024). Eggs – a scoping review for Nordic Nutrition Recommendations 2023 *Food & Nutrition Research*, 68. Swedish Nutrition Foundation.

Walker, S., & Baum, J. I. (2022). Eggs as an affordable source of nutrients for adults and children living in food-insecure environments. *Nutrition Reviews*, 80(2), 178-186.

Xiao, N., He, W., Chen, S., Yao, Y., Wu, N., Xu, M., ... & Tu, Y. (2024). Protective Effect of Egg Yolk Lipids against Dextran Sulfate Sodium-Induced Colitis: The Key Role of Gut Microbiota and Short-Chain Fatty Acids. *Molecular Nutrition & Food Research*, 68(9), 2400048.

Xiao, N., Zhao, Y., Yao, Y., Wu, N., Xu, M., Du, H., & Tu, Y. (2020). Biological activities of egg yolk lipids: a review. *Journal of agricultural and food chemistry*, 68(7), 1948-1957.

Yusuf, H. O., & Ofongo, R. T. (2023). Antioxidant Fortification of Eggs through Nutrition of Laying Hens Administered Herbs/Medicinal Plants. In *Medicinal Plants-Chemical, Biochemical, and Pharmacological Approaches*. IntechOpen.

Zaheer, K. (2015). An updated review on chicken eggs: production, consumption, management aspects and nutritional benefits to human health. *Food and Nutrition Sciences*, 6(13), 1208.

Zambrowicz, A., Pokora, M., Setner, B., Dąbrowska, A., Szołtysik, M., Babij, K., ... & Chrzanowska, J. (2015). Multifunctional peptides derived from an egg yolk protein

hydrolysate: isolation and characterization. *Amino acids*, 47(2), 369-380.

Zhang, X., Chelliappan, B., S, R., & Antonysamy, M. (2021). Recent advances in applications of bioactive egg compounds in nonfood sectors. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9, 738993.

YUMURTANIN GASTRONOMİ ALANINDA KULLANIMI

DR. ÖĞR. ÜYESİ İLKER ATİK
DR. ÖĞR. ÜYESİ AZİZE ATİK

Giriş

Yumurta, dünya mutfaklarında çok yönlü özelliklere sahip olması nedeniyle yaygın olarak kullanılan, farklı kültürlerdeki çeşitli yemeklerin vazgeçilmez bir malzemesidir. Besleyici özelliğinin yanında bağlayıcı, kabartıcı ve emülgatör olarak, çeşitli tariflerde tekstürü düzenleme, lezzet ve besin değerini arttırma gibi birçok olumlu özelliğe sahiptir.

Yumurtanın yapısı, özellikle sarısı ve beyazı, yemek pişirmede çeşitli kullanım alanlarına sahiptir. Yumurta sarısı, esas olarak pişirme sırasında önemli dönüşümlere uğrayan lipit ve proteinlerden oluşur. Yapılan bir çalışma, çiğ yumurta sarısının fiziksel olarak işlenmesinin, tekstürel özellikleri değiştirebileceğini ve ısıtıldığında jel oluşumunun artabileceğini göstermiştir. (Woodward, 1988).

Pişirme teknikleri, yumurtanın mutfak uygulamalarında kritik bir rol oynamaktadır. Araştırmalar, haşlama ve kızartma gibi pişirme yöntemlerinin, tavuk yumurtalarının istenen pişme

derecesini ve buna bağlı tekstürel özelliklerini etkilediğini ve belirli sonuçlara ulaşmada sıcaklık ve sürenin önemini vurgulamaktadır (Arhab, 2022). Yapılan bir çalışmada, yumurta akının fırınlanmış ürünler de dahil olmak üzere çeşitli ürünlerde etkili bir şekilde kullanıldığını belirtilerek, bunların lezzet ve tekstürden öte bir işlevi olduğunu vurgulanmıştır (Ferreira ve ark., 1997). Örneğin, çırpma işlemi sırasında oluşan köpüklerin stabilizasyonu, fırıncılıkta kullanılan önemli bir özelliktir ve sünger keklerde kurutulmuş yumurtaların işlevselliği üzerine yapılan deneysel çalışmalarla desteklenerek, farklı durumlarda çok yönlü oldukları gösterilmiştir (Miller ve ark., 1947).

Yüksek protein içeriği ve esansiyel yağ asitleri ile karakterize edilen yumurtanın besin profili, mutfaktaki öneminin artmasını sağlamaktadır. Yumurtalar, makro besin yoğunluğu açısından dünya genelindeki beslenme düzenlerine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır ve özellikle yaşlı bireyler için faydalıdır (Sibincic ve ark., 2025; van den Heuvel ve ark., 2020). Ayrıca yumurta, sağlık açısından potansiyel avantajlar sunarken aynı zamanda mutfaktaki işlevselliğini de koruyan omega-3 yağ asitleri gibi faydalı bileşiklerle zenginleştirilebilir (Van Elswyk ve ark., 1992).

Yumurtanın mutfak uygulamalarındaki kültürel önemi dikkat çekicidir. Araştırmalar, tuzlu yumurtanın çeşitli yemeklere dahil edilmesi gibi geleneksel tariflerin uyarlanabilirliğini ortaya koyarak, yumurtanın lezzeti nasıl artırdığını ve aynı zamanda yeni mutfak deneyimleri yarattığını göstermektedir (Dewanti ve ark., 2020; Kusnedi ve ark., 2025). Yumurtanın modern mutfak teknikleriyle birleştiği füzyon mutfağına geçiş, çağdaş gastronomideki kalıcı önemini de yansıtmaktadır (Kusnedi ve ark., 2025).

Sonuç olarak, yumurtanın mutfaklardaki kullanım alanları geniş ve çok boyutludur ve çeşitli pişirme yöntemleri, beslenme uygulamaları ve kültürel pratiklerde kritik bir rol oynamaktadır.

Yumurta özelliklerinin değiştirilmesi ve geliştirilmesi üzerine devam eden araştırmalar hem geleneksel hem de modern mutfaklarda kullanımları için yeni olasılıklar ortaya koymaya devam etmektedir.

Ana Malzeme Olarak Yumurta

Yumurta, uzun zamandır besleyici bir gıda kaynağı olarak kabul edilmekte ve dünya çapında çeşitli mutfak uygulamalarında temel bir bileşen olarak kullanılmaktadır. Çok yönlülükleri, kahvaltılık yiyeceklerde, unlu mamullerde ve çeşitli öğünlerde açıkça görülmektedir. Yumurta temel proteinler ve çeşitli biyoaktif bileşikleri yapısında bulunduran değerli bir üründür.

Yumurta, çeşitli teknolojik uygulamalara olanak tanıyan benzersiz protein ve lipidlerden oluşur ve gıda ürünlerinin hem besin değerlerini hem de duyuşal özelliklerini geliştirir. Özellikle köpürme, emülsifiye etme ve jelleştirme özellikleriyle bilinen yumurta, kek ve pasta gibi unlu mamullerin yanı sıra mayonez gibi sosların da vazgeçilmez bir öğesidir (Sass ve ark., 2020; Pignoli ve ark., 2009). Yumurtanın, özellikle de yumurta akının protein içeriği, sindirilebilirliği ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle oldukça değerlidir ve ısıtıl işlem gibi fiziksel işleme yöntemleriyle daha da iyileştirilir (Benedé ve ark., 2022). Örneğin pastörizasyon sadece raf ömrünü uzatmakla kalmamakta, aynı zamanda yumurta proteinlerinin alerjenik potansiyelini ve sindirilebilirliğini de etkilemektedir (Benedé ve ark., 2022).

Yumurta bazlı ürünler pazarı, tüketicilerin kolaylık, güvenlik ve besin değeri konusundaki artan talebiyle önemli ölçüde gelişmiştir. Kurutulmuş yumurta tozu ve kurutulmuş yumurta akı gibi işlenmiş yumurta ürünleri, kaliteden ödün vermeden daha uzun raf ömrü ve kolay taşıma sağladıkları için çeşitli gıda uygulamalarında giderek daha yaygın hale gelmektedir (Maslova ve ark., 2020; Mazalli & Bragagnolo, 2007). Yumurta tozu kullanımına doğru bu yönelim, mikrobiyolojik güvenlik ve tutarlı ürün kalitesi

gerektiren ticari fırıncılık ve makarna üretiminde özellikle belirgindir (Pignoli ve ark., 2009; Mazalli ve Bragagnolo, 2007).

Beslenme açısından bakıldığında yumurta, yüksek kaliteli bir protein kaynağı olarak kabul edilir ve genellikle tokluk hissi ve potansiyel kilo yönetimi gibi çeşitli sağlık yararlarıyla ilişkilendirilir (Boutelle ve ark., 2019). Yapılan araştırmalar, yumurtanın kahvaltıda tüketilmesinin diğer kahvaltı türlerine göre daha fazla enerji alımına ve daha kaliteli besin değerlerine yol açtığını, bu nedenle birçok beslenme düzeninde temel besin olarak yerini koruduğunu ortaya koymaktadır (Miller ve Vernarelli, 2014; Gibson-Moore ve ark., 2023). Yumurta, esansiyel mikro besinleri sağladığı ve özellikle öğrenciler arasında öğrenme yeteneğini ve dayanıklılığı artırabildiği için kahvaltıda özellikle faydalıdır (Fitrianingsih ve Santanu, 2021).

Yumurta, besinsel faydalarının yanı sıra, kolesterol içeriği nedeniyle kalp hastalıklarındaki rolü konusunda da eleştirilere maruz kalmıştır. Son zamanlardaki incelemeler, yumurtayla ilgili olumsuz algıyı sorgulayarak, dengeli bir beslenmenin parçası olarak ölçülü tüketildiğinde potansiyel sağlık yararlarını vurgulamaktadır (Haward ve ark., 2024). Yapılan araştırmalar, yumurtanın çoğu bireyde kan kolesterol seviyelerini önemli ölçüde etkilemediğini ve genel sağlığı destekleyebilecek biyoaktif özellikler sunduğunu ortaya koymaktadır (Haward ve ark., 2024).

Ayrıca, yumurta kullanımına yönelik yenilikçi yaklaşımlar ortaya çıkmış ve yeni ürünlerin geliştirilmesine katkıda bulunmuştur. Özellikle, kurutulmuş yumurta sarısı ve beyazının çeşitli formülasyonlarda uygulanması, hamur özelliklerini iyileştirmede ve glutensiz ürünlerin kapsamını genişletmede ümit verici sonuçlar göstermiştir (Tutu ve ark., 2024; Zhao ve ark., 2010).

Sonuç olarak yumurta hem mutfak uygulamaları hem de beslenme açısından önemlidir. İşlevsel özellikleri, besinsel faydaları ve gelişen pazar dinamikleri, yumurtanın çok çeşitli ürünlerde temel

bir bileşen olarak önemini ortaya koymaktadır. Gelecekteki araştırmalar, yumurtanın yenilikçi kullanımlarını ve sağlık üzerindeki etkilerini araştırmaya devam etmeli ve belirli popülasyonlardaki ilişkili riskleri ele almalıdır.

Yumurta Pişirme Yöntemleri

Kahvaltı klasikleri: çırpılmış yumurta, omlet, haşlanmış yumurta, poşe yumurta, kızarmış yumurta

Yumurta, özellikle çırpılmış, haşlanmış ve sahanda yumurta gibi kahvaltı klasiklerinde olmak üzere, dünya mutfağında farklı pişirme yöntemleri ile hazırlanabilmektedir.

Yumurta bazlı çorbalar ve lapalar

Yumurtanın, özellikle yumurta bazlı çorba ve lapalarda temel bir bileşen olarak rolü mutfak ve beslenme açısından bu ürünün zengin bir etki yelpazesine sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Yumurta, yalnızca besin içeriği nedeniyle değil, aynı zamanda çeşitli gıda sistemlerindeki işlevsel özellikleri nedeniyle de değer verilen çok yönlü bir bileşendir.

Yumurta, özellikle yumurta akı, çorba ve lapalarda tekstür ve lezzeti artırmada önemli rol oynar. Yumurta akının eklenmesi, yemeklerin kıvamını ve havalanmasını iyileştirerek istenen tekstürel özelliklerin elde edilmesini sağlar. Örneğin, geleneksel pirinç lapasında, yumurtanın koyulaştırma kapasitesi değerlendirilmiş ve ana bileşen olarak yumurtayı da içeren ticari olarak temin edilebilen koyulaştırıcıların eklenmesiyle viskozitede önemli gelişmeler olduğu ortaya çıkmıştır (Hirabayashi ve ark., 2023).

Yumurta bazlı bileşenler ile diğer aroma unsurları arasındaki etkileşimler de dikkat çekicidir. Örneğin, sığır eti çorbasına glutatyon eklenmesinin lezzet profilini zenginleştirdiğini, sadece et aromalarının değil aynı zamanda yumurta içeriğinin aromayı artırdığını bulunmuştur (Hong ve ark., 2010). Bu tür lezzet

iyileştirmeleri, tüketic i kabulüne katkıda bulunarak yumurtanın çeşitli orbalaradaki duyu sal deneyimi iyileştirme potansiyeline işaret etmektedir.

Besinsel açıdan bakıldığında, yumurta önemli protein ve temel besin kaynakları olarak kabul edilmekte ve bu da yumurtayı çocuklara yönelik yemeklerde tercih edilen bir katkı maddesi haline getirmektedir. Araştırmalar, yumurta içeren çorba ve lapaların temel beslenme gereksinimlerini karşıladığını ve okul çağındaki çocuklar gibi gruplarda protein alımını artırmak gibi oldukça önemli olduğunu ortaya koymuştur (Lee ve ark., 2017). Yumurta ve et içeren Endonezya Soto gibi çeşitli etnik mutfaklarda yumurta, geniş besin değeri sağlamanın yanı sıra kültürel çeşitliliği de sergilemesi açısından önemlidir (Cempaka ve ark., 2023).

Yumurta bazlı çorba ve lapaların reolojik özellikleri, fonksiyonel özelliklerinin daha da iyi açıklanmasını sağlayabilir. alışmalar, yumurta içeren lapaların sade veya fasulyeli versiyonlarına kıyasla benzersiz bir akışkanlık davranışı sergilediğini ve bu durumun, bileşimin sadece tekstürü değil, aynı zamanda tkutildiğinde ağızda bıraktığı genel hissi ve nem seviyelerini de etkilediğini göstermektedir (Ohie ve ark., 2025). Bu reolojik etki, sıvı viskozitesinin güvenli tüketim için kritik öneme sahip olduğu yaşlılar veya disfaji hastaları gibi belirli tüketic i gruplarının hedeflendiği ürün geliştirme konusunda fayda sağlayabilir.

Ayrıca, yumurtanın gelişen rolü, salt lezzet ve beslenmenin ötesinde etkilere sahiptir; gıda güvenliği, içerik işlevselliği ve mutfakta çok yönlülük bağlamındaki önemi oldukça fazladır. Yumurta akında bulunan ovalbümin gibi proteinlere atfedilen antimikrobiyal özellikler, hazır çorbaların veya lapaların raf ömrünü uzatmada rol oynayabilir, ancak bu etkiler pişirme yöntemlerine ve saklama koşullarına göre değişebilir (Oussaid ve ark., 2022).

Böylece kullanılan pişirme tekniklerinin çeşitliliği, nihai üründe farklı kalitelerin ortaya çıkmasını sağlayarak, tüketicilerin hem lezzet hem de güvenlik tercihlerine uyum sağlayabilir.

Sonuç olarak, yumurtanın çorba ve lapalarda yaygın olarak kullanılması, çok işlevli özellikleri, besinsel faydaları ve gıdaların duyuşal profilini geliştirme kapasitesiyle desteklenmektedir. Gelecekteki araştırmalar, farklı mutfak geleneklerinde besin değeri tüketici kabulüyle dengeleyen formüllerin optimize edilmesine odaklanmaktan fayda sağlayabilir.

Küresel yumurta yemekleri (şakşuka, tamagoyaki, frittata, menemen, kiş)

Yumurtanın küresel mutfak uygulamalarındaki önemi, çok yönlülüğünü ve besin değeri vurgulayan çeşitli geleneksel yemeklerde gözlemlenebilir.

Yumurta bazlı yemeklerin her biri, çeşitli mutfak geleneklerine benzersiz bir bakış açısı sunmaktadır. Örneğin, baharatlı domates sosunda pişirilmiş yumurta içeren şakşukanın kökeni Orta Doğu ve Kuzey Afrika mutfaklarına dayanır ve lezzetlerin ve kültürel etkilerin önemli bir etkileşimini yansıtır. Bu yemek, kolay hazırlanışı ve toplu yemek olarak servis edilebilmesiyle oldukça sık tercih edilmektedir. Çırpılmış yumurta, domates ve biberle yapılan bir Türk yemeği olan menemen ise benzer toplumsal değerleri yansıtır ve yumurtanın bir protein kaynağı olarak besinsel faydalarını vurgulamaktadır (Kusnedi ve ark., 2025; Stark ve ark., 2021).

Yumurtanın besin değeri, beslenme çeşitliliğini artırmada temel bir besin olarak kabul edildiği çeşitli bölgelerde daha da artmaktadır. Araştırmalar, yumurta tüketiminin artırılmasının, özellikle büyüme ve gelişme için beslenme çeşitliliğinin çok büyük önem taşıdığı çocuklar gibi savunmasız gruplar arasında besin

alımını önemli ölçüde artırabileceğini göstermektedir (Stark ve ark., 2021; Ribeli ve Pfister, 2022). Yapılan araştırmalar yumurta tüketiminin artması ile yetersiz beslenmenin azalması arasında doğrudan bir ilişki olduğunu göstermektedir ve yumurtanın çocuklarda beslenme yetersizliklerini gidermede kritik bir kaynak olabileceğini ortaya koymaktadır (Stark ve ark., 2021).

Dünya genelinde yumurta bazlı yemeklerin mutfak uyarlamaları, yerel malzemeleri ve kültürel tercihleri yansıtır. Japon rulo omleti Tamagoyaki, yumurtayı soya sosu ve mirin gibi çeşnilerle birleştirerek hazırlanmaktadır. Bu yemek, yalnızca Japon mutfağının inceliklerini sergilemekle kalmaz, aynı zamanda yumurtanın hem geleneksel hem de modern mutfak uygulamalarında temel bir malzeme olarak kullanıldığını da vurgulamaktadır (Hernandez-Rodriguez, 2021). Benzer şekilde, İtalya'dan gelen frittata, sebze veya et içeren daha doyurucu bir yemek seçeneği sunmakta ve böylece yumurtanın farklı beslenme alışkanlıklarına ve tercihlerine uyum sağlayabileceğini göstermektedir (Kusnedi ve ark., 2025).

Kış, genellikle Fransız mutfağından unsurlar barındırırken, bölgesel malzemelerin de hazırlanışında değişiklik yapmasına olanak tanıyan, mutfak füzyonunun bir başka güzel örneğidir. Bu yemek, yumurtanın yerel tatları ve mevcut kaynakları yansıtan çok çeşitli malzemelerle birleştirilebilme esnekliğini yansıtmaktadır (Kusnedi ve ark., 2025). Ayrıca, sürdürülebilir tüketime yönelik artan eğilim, yumurta kullanımına doğru bir kaymayı da beraberinde getirmektedir; çünkü yumurta, diğer hayvansal proteinlere kıyasla daha çevre dostu olarak görülmekte ve bu durum, et tüketimini azaltmaya yönelik küresel hareketlerle de uyumludur (Lopez ve ark., 2024).

Besinsel faydalarına ve mutfaktaki çok yönlülüğüne rağmen, yumurta kolesterol içeriği açısından incelemelere tabi tutulmuştur.

Çalışmalar, yumurta sarısının lipid bileşimini etkileyen çeşitli faktörleri vurgulamakta ve beslenme düzenlemelerinin bazı endişeleri azaltılabileceğini, ancak kolesterol hakkındaki toplumsal algıların tüketim kalıplarını şekillendirmede önemli bir rol oynamaya devam ettiğini vurgulamaktadır (Elkin ve Rogler, 1990). Sağlık üzerine bu söylem, kültürel pratiklerle birleşerek, yumurtanın günümüz beslenme düzenindeki yeri konusunda süregelen bir müzakereyi yansıtmaktadır.

Yumurta yalnızca çeşitli dünya yemeklerinin temel bir bileşeni değil, aynı zamanda özellikle toplumların beslenme çeşitliliği, sağlık sorunları ve kültürel evrimle boğuştuğu bir dönemde beslenmede önemli bir unsurdur. Yumurta tüketimini çevreleyen diyalog, mutfak geleneğini modern beslenme gereksinimleriyle harmanlayan çok boyutlu bir ilişkinin altını çizerek, yumurtanın hem beslenme hem de gastronomi açısından kalıcı önemini gözler önüne sermektedir.

Pişirme Yöntemlerinin Besin Değeri ve Biyoaktivitesi

Yumurtalar protein, vitamin ve biyoaktif bileşikler gibi besin öğeleri açısından zengindir. Pişirme yöntemi bu besin öğelerinin özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Araştırmalar, besinlerin sindirilebilirliği ve biyoerişilebilirliğinin farklı pişirme yöntemleri arasında önemli ölçüde değişebileceğini göstermektedir. Örneğin, haşlanmış yumurtanın, özellikle gastrointestinal sıvılarla etkileşimlerini kolaylaştıran tekstürel farklılıklar nedeniyle, çırpılmış veya sahanda yumurtaya göre karotenoidlerin daha iyi miselleşmesine olanak sağladığı bildirilmektedir (Nimalaratne ve ark., 2015). Ayrıca, önemli antioksidanlar olan ksantofil içeriğine odaklanan çalışmalar, kızartma ve haşlamanın yumurta sarısındaki bu yararlı bileşenleri azaltılabileceğini, buna karşın daha hafif pişirme yöntemlerinin besin maddelerinin daha büyük bir oranını korumaya yardımcı olabileceğini göstermektedir (Nimalaratne ve ark., 2012).

Ayrıca, çırpılmış yumurta ve omletler genellikle daha çekici bir tekstür ve lezzet verirken, haşlanmış çeşitlere kıyasla bazı biyoaktif lipit ve kolesterol profillerinde azalmaya yol açabilir (Altic ve ark., 2016). Bu durum, pişirme tekniklerinin yumurtanın genel besin değeriini koruması ve esas olarak yumurta sarısında bulunan ve göz sağılığı için faydalı olan lutein ve zeaksantin gibi biyoaktif bileşiklerin dahil edilmesi üzerindeki etkilerinin anlaşılmasının gerekliliğini vurgulamaktadır (Handelman ve ark., 1999).

Alerjenite Üzerindeki Etkisi

Pişirme yöntemleri yumurtaların alerjenik potansiyelinde önemli bir rol oynar. Aşırı pişirilmiş yumurtalarda alerjen proteinlerin azaldığı ve yumurta alerjisi olan kişiler için daha tolere edilebilir hale geldiğı belgelenmiştir. Yumurta akı proteinlerine alerjisi olan kişilerin genellikle ısıyla işlenmiş yumurta ürünlerini tolere ettiğı belirtilmiştir (Shin ve ark., 2013). Haşlanmış, çırpılmış ve fırında pişirilmiş yumurtalar arasındaki alerjenik aktivite farklılıkları, alerjenik özellikleri değıştirmede pişirme süresi ve sıcaklığın önemini daha da vurgulamaktadır. Daha kısa pişirme süreleri daha yüksek alerjen seviyelerini korurken, uzun süreli ısıtma alerjenik potansiyeli etkili bir şekilde azaltmaktadır (Gantulga ve ark., 2024; Ozawa ve Kato, 2002).

Sağılık Etkileri ve Risk Değerlendirmeleri

Yumurta tüketimine ilişkin uygulamalar, özellikle de *Salmonella* gibi patojenlerle olası bulaşma riskleri, pişirme yöntemlerinin dikkatlice değeriendirilmesini gerektirmektedir. Yumurtayı yeterince ısıtmayan, örneğinin rafadan pişirme veya kızartma gibi yemek hazırlama yöntemleri, yumurta kontamine olduğunda *Salmonella* enfeksiyonları için daha yüksek risk oluşturur; iyi haşlanmış yumurta veya omlet gibi seçeneklerde, yüksek sıcaklıktaki işlemler nedeniyle gıda kaynaklı

enfeksiyon/zehirlenme riski önemli ölçüde azalmaktadır (Mokhtari ve ark., 2006).

Ayrıca, sıvı yumurta ve karışık yumurta ürünlerinin sağlık üzerindeki etkilerinin kapsamlı bir değerlendirmesi, bir dizi risk ve fayda ortaya koymaktadır. Çalışmalar, yumurta fraksiyonlarının sindirim sonrası antioksidan özelliklerini ve kan basıncı üzerindeki etkilerini ortaya koyarak, belirli popülasyonlarda daha iyi kardiyovasküler sağlık potansiyeline işaret etmektedir (Jahandideh ve ark., 2014; Nolasco ve ark., 2021).

Sonuç

Özetle, yumurta hazırlama yöntemi yalnızca mutfak deneyimini etkilemekle kalmaz, aynı zamanda besin kalitesi, alerjenite ve güvenlik üzerinde de derin etkilere sahiptir. Bu dinamiklerin, özellikle beslenme kuralları ve sağlık önerileriyle ilişkili olarak, kapsamlı bir şekilde anlaşılması kritik öneme sahiptir. Çırpma, haşlama veya kızartma gibi farklı tekniklerin, sağlık bilincine sahip tüketiciler ve mutfak sanatları profesyonelleri için dikkatle değerlendirilmesi gereken farklı sonuçlar verdiği açıktır.

KAYNAKLAR

Altic, L., McNulty, H., Hoey, L., McAnena, L., & Pentieva, K. (2016). Validation of folate-enriched eggs as a functional food for improving folate intake in consumers. *Nutrients*, 8(12), 777.

Arhab, M. F., Widyanti, A. Y., Yasin, M. F. A., Banowati, N., Noviaty, V., & Adhi, P. M. (2022). Pengaruh teknik pemasakan dan waktu terhadap karakteristik tingkat kematangan telur ayam negeri. *Pasundan Food Technology Journal*, 9(1), 14-18.

Benedé, S., Pérez-Rodríguez, L., & Molina, E. (2022). Caco-2 cell response induced by peptides released after digestion of heat-treated egg white proteins. *Foods*, 11(22), 3566.

Boutelle, K. N., Manzano, M. A., Strong, D. R., & Rhee, K. E. (2019). Evaluating the acceptability and feasibility of providing egg or cereal breakfast during a family-based treatment for children with overweight/obesity: the families and breakfast pilot trial. *Childhood Obesity*, 15(8), 502-509.

Cempaka, L., Rizki, A. A., Asiah, N., David, W., Ramadhan, K., Mukaromah, A. S., ... & Huda, N. (2023). Characteristics of Soto, an ethnic food that reflects Indonesian diversity: Based on ingredients. *Canrea Journal: Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal*, 1-16.

Dewantara, Y. F. (2018, September). Kerak telur: Kuliner khas ibu kota jakarta (betawi). In National Conference of Creative Industry.

Dewanti, R., Wati, A. K., & Kartikasari, L. R. (2020). Pemberdayaan ibu-ibu rumah tangga di Mojomulyo, Sragen Kulon, Kabupaten Sragen melalui usaha telur asin aneka rasa. *AgriHealth: Journal of Agri-Food, Nutrition and Public Health*, 1(1), 22-29.

Elkin, R. G., & Rogler, J. C. (1990). Reduction of the cholesterol content of eggs by the oral administration of lovastatin to laying hens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38(8), 1635-1641.

Van Elswyk, M. E., Sams, A. R., & Hargis, P. S. (1992). Composition, functionality, and sensory evaluation of eggs from hens fed dietary menhaden oil. *Journal of Food Science*, 57(2), 342-344.

Ferreira, M., Hofer, C., & Raemy, A. (1997). A calorimetric study of egg white proteins. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 48(3), 683-690.

Fitrianingsih, A. D. R., & Santanu, A. M. (2021). Primary dysmenorrhea risk based on characteristics, dietary habits, and types of exercise. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 12(1), 21-37.

Gantulga, P., Lee, J., Jeong, K., Jeon, S. A., & Lee, S. (2024). Variation in the Allergenicity of Scrambled, Boiled, Short-Baked and Long-Baked Egg White Proteins. *Journal of Korean Medical Science*, 39(6).

Gibson-Moore, H., Spiro, A., & Stanner, S. (2023). No food for thought—How important is breakfast to the health, educational attainment and wellbeing of school-aged children and young people?. *Nutrition bulletin*, 48(4), 458-481.

Handelman, G. J., Nightingale, Z. D., Lichtenstein, A. H., Schaefer, E. J., & Blumberg, J. B. (1999). Lutein and zeaxanthin concentrations in plasma after dietary supplementation with egg yolk. *The American journal of clinical nutrition*, 70(2), 247-251.

Haward, R., Chacko, J., Konjeti, S., Metri, G. R., Binoy, B. K., Haward, R., & Raju, S. (2024). Debunking the Myth: Eggs and Heart Disease. *Cureus*, 16(5), e59952.

- Hernandez-Rodriguez, R. (2021). Food Cultures of Mexico.
- van den Heuvel, E., Murphy, J. L., & Appleton, K. M. (2020). Evaluating individual differences in a food based approach to increase egg and protein intake in older adults. *Proceedings of the Nutrition Society*, 79(OCE2), E225.
- Hirabayashi, M., Kondo, S., & Katayama, N. (2023). Line spread test results for commercially available the white rice porridge with egg - including the effect of four types of thickening agents added after blending. *Global Journal of Medical Research*, 23(L1), 5-8.
- Hong, J. H., Jung, D. W., Kim, Y. S., Lee, S. M., & Kim, K. O. (2010). Impacts of glutathione Maillard reaction products on sensory characteristics and consumer acceptability of beef soup. *Journal of food science*, 75(8), S427-S434.
- Jahandideh, F., Majumder, K., Chakrabarti, S., Morton, J. S., Panahi, S., Kaufman, S., ... & Wu, J. (2014). Beneficial effects of simulated gastro-intestinal digests of fried egg and its fractions on blood pressure, plasma lipids and oxidative stress in spontaneously hypertensive rats. *PloS one*, 9(12), e115006.
- Kusnedi, R., Elsty, K., Irfan, M., Hariyanto, L., Choesrani, D., & Nurhasanah, A. (2025). Culinary fusion in transforming traditional recipes for modern tastes. *Jurnal Ilmiah Manajemen Kesatuan*, 13(1), 325-334.
- Lee, E., Jeong, K., Lee, J. Y., Min, T. K., Kim, M., Yang, H. K., ... & Lee, S. (2017). Clinical characteristics and causative food types of immediate-type cow's milk and egg white allergy in children. *Allergy Asthma Respir Dis*, 5, 351-357.
- Lopez, C., Weber, M., Rabesona, H., Perez, J., Artzner, F., & Bizien, T. (2024). Emulsions stabilized by pea protein-rich ingredients as an alternative to dairy proteins for food sustainability:

Unveiling the key role of pea endogenous lipids in the surface-induced crystallization of milk fat. *Current Research in Food Science*, 9, 100921.

Maslova, G. M., Glinkina, I. M., Kashirina, N. A., & Bailova, N. V. (2020, July). Market research of the egg food market. In *International Conference on Policies and Economics Measures for Agricultural Development (AgroDevEco 2020)* (pp. 102-106). Atlantis Press.

Mazalli, M. R., & Bragagnolo, N. (2007). Effect of storage on cholesterol oxide formation and fatty acid alterations in egg powder. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(7), 2743-2748.

Miller, C., Lowe, B., & Stewart, G. (1947). Lifting power of dried whole egg when used in sponge cake 1. *Journal of Food Science*, 12(4), 332-342.

Miller, K., & Vernarelli, J. (2014). Nutrient intakes among the ten most common breakfast food types (810.6). *The FASEB Journal*, 28, 810-6.

Mokhtari, A., Moore, C. M., Yang, H., Jaykus, L. A., Morales, R., Cates, S. C., & Cowen, P. (2006). Consumer-phase *Salmonella enterica* serovar enteritidis risk assessment for egg-containing food products. *Risk analysis*, 26(3), 753-768.

Nimalaratne, C., Lopes-Lutz, D., Schieber, A., & Wu, J. (2012). Effect of domestic cooking methods on egg yolk xanthophylls. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(51), 12547-12552.

Nimalaratne, C., Savard, P., Gauthier, S. F., Schieber, A., & Wu, J. (2015). Bioaccessibility and digestive stability of carotenoids in cooked eggs studied using a dynamic in vitro gastrointestinal

model. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(11), 2956-2962.

Nolasco, E., Naldrett, M., Alvarez, S., Johnson, P. E., & Majumder, K. (2021). Bioactivity of cooked standard and enriched whole eggs from white leghorn and rhode island red in exhibiting in-vitro antioxidant and ace-inhibitory effects. *Nutrients*, 13(12), 4232.

Ohie, K., Kumagai, S., Tasaka, Y., & Murai, Y. (2025). Rheology of fluid foods containing millimeter-sized ingredients examined by velocity-profiling-assisted rheometry and prediction of spreading and descending behaviors. *Journal of Rheology*, 69(2), 111-120.

Oussaid, S., Madani, K., Houali, K., Marcet, I., Amrouche, T., Rendueles, M., & Diaz, M. (2022). Effect of novel bottle inner surface coatings made with polylactic acid and plant extracts on the physiological status of *Pseudomonas aeruginosa* in real liquid foods using flow cytometry. *Packaging Technology and Science*, 35(2), 199-210.

Ozawa, K. and Kato, Y. (2002). Allergenic activities of the various cooked eggs and processed foods supplemented with egg estimated by the amount of salt soluble ovomucoid. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 49(3), 145-154.

Pignoli, G., Rodriguez-Estrada, M. T., Mandrioli, M., Barbanti, L., Rizzi, L., & Lercker, G. (2009). Effects of different rearing and feeding systems on lipid oxidation and antioxidant capacity of freeze-dried egg yolks. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(24), 11517-11527.

Ribeli, J., & Pfister, F. (2022). An exploration of cultural influencing factors on dietary diversity in Malagasy children aged 6–59 months. *BMC nutrition*, 8(1), 21.

Sass, C. A. B., Pimentel, T. C., Aleixo, M. G. B., Dantas, T. M., Cyrino Oliveira, F. L., de Freitas, M. Q., ... & Esmerino, E. A. (2020). Exploring social media data to understand consumers' perception of eggs: A multilingual study using Twitter. *Journal of Sensory Studies*, 35(6), e12607.

Shin, M., Han, Y., & Ahn, K. (2013). The influence of the time and temperature of heat treatment on the allergenicity of egg white proteins. *Allergy, Asthma & Immunology Research*, 5(2), 96-101.

Sibincic, N., Prodic, I., Apostolovic, D., Wai, C. Y., Leung, A. S., & Stojadinovic, M. (2025). Insights into Isolation and Purification Strategies of Egg Allergens. *Foods*, 14(11), 1944.

Stark, H., Omer, A., Wereme N'Diaye, A., Sapp, A. C., Moore, E. V., & McKune, S. L. (2021). The Un Oeuf study: Design, methods and baseline data from a cluster randomised controlled trial to increase child egg consumption in Burkina Faso. *Maternal & Child Nutrition*, 17(1), e13069.

Tutu, C., Amissah, J., Amissah, J., Akonor, P., Budu, A., & Saalia, F. (2024). Application of frafra potato (*Solenostemon rotundifolius*) flour in the development of gluten-free bread. *Heliyon*, 10(2), e24521.

Woodward, S. A. (1988). Texture of cooked egg yolk as influenced by physical manipulation of raw egg yolk and salt brining of shell eggs. *Poultry science*, 67(9), 1264-1268.

Zhao, X., Shi-Jian, D., Tao, G., Xu, R., Wang, M., Reuhs, B., & Yang, Y. (2010). Influence of phospholipase A2 (PLA2)-treated dried egg yolk on wheat dough rheological properties. *LWT-Food Science and Technology*, 43(1), 45-51.

YUMURTA TEKNOLOJİSİ: KALİTE, MUHAFAZA VE GIDA GÜVENLİĞİ

