






Yumurta Kabuğunun Yapısı ve Mikrobiyal Kontaminasyon Yolları

The Structure and Microbial Contamination Routes of Eggshell

İlayda ÖZÇEVİK¹  0000-0003-3466-0296 Serol KORKMAZ²  0000-0001-8970-6883
İrem OMURTAG KORKMAZ^{1*}  0000-0001-7918-6212

¹ Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye

² Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye

ÖZET

Tavuk (*Gallus gallus domesticus*) yumurtası dış ve iç olmak üzere iki ana yapıdan meydana gelmektedir. Yumurtanın dış yapısını oluşturan kütikül, kalsifiye kabuk ve kabuk zarları mikrobiyal kontaminasyona karşı fiziksel ve kimyasal doğal bir bariyer oluşturmaktadır. Bu katmanların kalitesi özellikle mikroorganizmaların kontaminasyonunu ve yumurta içine penetrasyonunu belirlemektedir. Beslenme, kümes yapısı, çevre koşulları ve bulaşıcı hastalıklar kabuğun kalitesini doğrudan etkilemekte ve kirli, kırık veya şekli bozuk yumurta kabuğu oluşumuna neden olmaktadır. Düşük kabuk kalitesi ise tüketici tercihini olumsuz etkilerken aynı zamanda mikrobiyal kontaminasyon riskini artırmakta, gıda güvenliğini ve halk sağlığını tehdit etmektedir. Yumurtanın mikrobiyal kontaminasyonu endojen ve eksojen olmak üzere iki yolla gerçekleşmektedir. Yumurtlamadan hemen sonra yumurta kabuğu özellikle eksojen yolla kontamine olmaktadır. Tek sağlık konsepti içerisinde çiftlikten çatala gıda güvenliğinin ve halk sağlığının korunabilmesi için dekontaminasyon ve sanitasyon metotları ile biyogüvenlik kurallarına ve yasal düzenlemelere uyularak mikrobiyal kontaminasyon riski azaltılabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yumurta kabuğu, Kütikül, Campylobacter, Gıda mevzuatı, Biyogüvenlik

ABSTRACT

Chicken (*Gallus gallus domesticus*) egg consists of two main structures: external and internal. The external structures (eggshell) of the egg include cuticle, calcified shell and shell membranes which are natural physical and chemical barriers against microbial contamination. The quality of these structures plays a crucial role in the contamination and penetration of microorganisms into the egg. Nutrition, cage system, environmental conditions and infectious diseases directly influence the eggshell quality. While dirty, cracked or deformed eggshells negatively affect the preference of consumers, it also increases the risk of microbial contamination and threatens food safety and public health. Microbial contamination of eggs occurs in two main ways as endogenous and exogenous. Eggshell is contaminated especially exogenously with microorganisms immediately after oviposition. Various decontamination and sanitation methods, biosafety rules and legal regulations reduce the risk of microbial contamination for food safety and public health from farm to fork within the one health concept.

Keywords: Eggshell, Cuticle, Campylobacter, Food legislation, Biosafety

Atf: Özçevik, İ., Korkmaz, S., Omurtag Korkmaz, İ. 2023. Yumurta kabuğunun yapısı ve mikrobiyal kontaminasyon yolları. Hayvansal Üretim 64(1): 59-65. <https://doi.org/10.29185/hayuretim.1003724>

Citation: Özçevik, İ., Korkmaz, S., Omurtag Korkmaz, İ. 2023. The structure and microbial contamination routes of eggshell. Journal of Animal Production 64(1): 59-65. <https://doi.org/10.29185/hayuretim.1003724>

Geliş tarihi (Received): 02.10.2021

Kabul tarihi (Accepted): 08.04.2022

*Sorumlu yazar (correspondence): irem.omurtag@marmara.edu.tr

GİRİŞ

Yumurta, kanatlı hayvanlardan elde edilir ve insanlar için en önemli besin maddelerinden biridir. Kanatlı hayvan türleri arasında tüketimi en çok tercih edilen

tavuk (*Gallus gallus domesticus*) yumurtasıdır. Bir tavuk yumurtası yaklaşık %12.3 protein, %11.6 lipid ve %74.4 su içermektedir (Nys ve Guyot, 2011). Tavuk yumurtası kolay sindirilebilir yağlardan zengindir. Bu yağlar

arasında kolin, doymamış yağlar, kolesterol ve sefalın (fosfolipidler hariç) yer almaktadır (Nys and Guyot, 2011). Aynı zamanda lizin ve sülfür içeren aminoasitlerce de zengin olması nedeniyle insan beslenmesi için önemli esansiyel aminoasitleri sağlamaktadır. Yumurta aynı zamanda A, D, E, K vitaminleri ile suda çözünen B vitaminlerini ve demir, kalsiyum, magnezyum, selenyum, sodyum, çinko, fosfor gibi mineralleri içerir (Nys ve Guyot, 2011; Sparks ve ark., 2014). Tüm bu yönleriyle yumurta sahip olduğu zengin besleyici içeriği ve düşük maliyeti nedeniyle her kesimden bireyin tüketebildiği bir gıdadır.

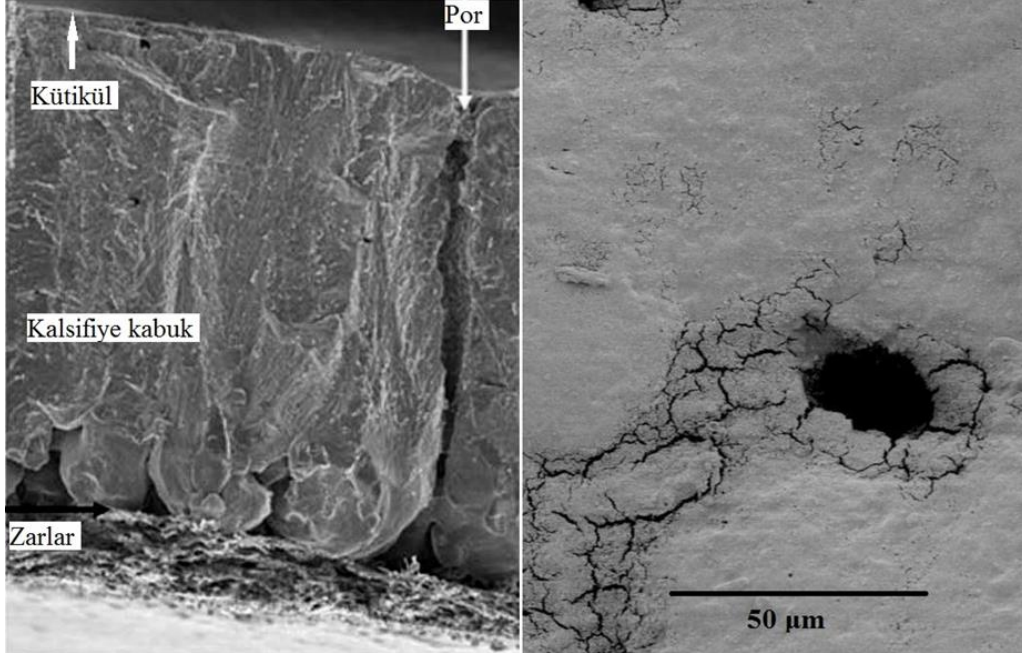
Tüketicilerin yumurta satın alım tercihlerini etkileyen başlıca faktör yumurta kabuğu kalitesidir. Renk, kirlilik, kırık ve şekil gibi kriterler yumurta kabuğunun kalitesini ve tüketici tercihini yüksek oranda etkilemektedir (Fearne ve Lavelle, 1996; Hansstein, 2011; Ayim-Akonor ve Akonor, 2014). Kirli, kırık veya şekli bozuk yumurta kabuğu tüketici tercihini olumsuz etkilerken aynı zamanda mikroorganizmaların kontaminasyon riskini artırmakta, gıda güvenliğini ve halk sağlığını tehdit etmektedir.

Yumurta kabuğunu oluşturan bileşenler mikroorganizmalara karşı fiziksel ve kimyasal koruma

sağlarlar. Yumurta kabuğunun temel görevleri şu şekilde sıralanabilir: (1) yumurta içeriğini mikrobiyal ve fiziksel tehditlere karşı korumak; (2) ekstra-uterin embriyo gelişimi sırasında porlardan gaz ve su geçişinin kontrolü ve (3) embriyo gelişimi için kalsiyum sağlamak. Çiftlikten sofraya kadar yumurta kabuğu kalitesini, mikroorganizmaların kontaminasyonunu ve yumurta içine penetrasyonunu etkileyen yapısal ve çevresel birçok etmen bulunmaktadır (Ayim-Akonor ve Akonor, 2014). Bu makalede yumurta kabuğunun yapısı ve kalitesini etkileyen etmenler ve bu etmenlerin mikrobiyal kontaminasyon ile ilişkisi hakkında yapılmış çalışmalar derlenmiştir.

Yumurta Kabuğunun Yapısı ve Doğal Bariyer

Yumurta kabuğunun büyük bir bölümü tavukların uterusunda (aşağı yumurta kanalı) oluşur. Dıştan içe doğru ana bölümleri kütikül, kalsifiye kabuk ve kabuk zarlarıdır (dış ve iç zarlar) (Şekil 1). Bu yapılar, yumurta içeriğini mikrobiyal ve fiziksel tehditlere karşı korur, embriyo gelişimi sırasında porlardan gaz ve su geçişini kontrol eder ve embriyo gelişimi için kalsiyum sağlarlar (Ayim-Akonor ve Akonor, 2014). Yumurta kabuğunda, embriyonik gelişim sırasında gaz ve su alışverişini sağlayan 7000 ile 17000 arasında por (9-35 µm) bulunmaktadır (Şekil 1) (Eddin ve ark., 2019).



Şekil 1. Yumurta kabuğu (sol) (Nys ve Guyot, 2011) ve por yapısı (sağ) (Musgrove, 2011)

Figure 1. The structures of eggshell (left) (Nys and Guyot, 2011) and pore (right) (Musgrove, 2011)

Kütikül, yumurta kabuğu yüzeyini çevreleyen yaklaşık 10 µm kalınlığında, çok ince, protein benzeri yapıda, organik bir tabakadır. Bu yapı kabuğun kalınlığını ve mukavemetini artırır ve pigmentasyondan sorumlu

yüzeysel pigmentleri içerir. Ayrıca kabuk üzerindeki porları sararak yabancı partiküllerin, sıvıların ve mikroorganizmaların kabuk içine girişini engelleyen fiziksel bir bariyer olarak görev yapar (Munoz ve ark.,

2015; Cordeiro, 2015). Yumurta yüzeyinde oluşabilecek kontaminasyonlara karşı yumurta kabuğunda doğal antimikrobiyal etkilere sahip proteinler de (lizozim C, ovotransferrin, ovokalsin ve ovokleidin) yer almaktadır (Munoz ve ark., 2015).

Kalsifiye kabuk, yumurta kabuğunun sert ve kristalize bölümüdür. Yumurtanın şeklini belirleyen ve dış etkilere karşı koruyan ana yapıdır. Yaklaşık %95'i kalsiyum karbonattan ve %3,5'u organik maddeden oluşur. Beslenme, çevre ve bulaşıcı hastalıklar gibi faktörler kabuğun yapısını ve kalitesini etkilerken, bu yapının kalitesi mikroorganizmaların kontaminasyon ve penetresyon riskini belirleyen en önemli unsurlardan biridir (Devegowda ve Ravikiran, 2008).

Kalsifiye kabuğun alt kısımda yer alan kabuk zarları, yumurta akının dış çevre ile etkileşimini sınırlandırır (Eddin ve ark., 2019) ve patojenlere karşı fiziksel ve kimyasal koruma sağlar (Munoz ve ark., 2015; Cordeiro, 2015). Yumurta kabuğu katmanlarında yer alan doğal antimikrobiyal bileşikler bu membranlarda ve yumurta akında da bulunmaktadır. Bu membranların yapısı bozulduğu takdirde yumurta akının doğal viskoz yapısı mikroorganizmaların hareketini kısıtlamaktadır. Aynı zamanda yumurtlamadan sonra doğal karbondioksit salınımı ile yumurta akının pH'sı 7,9'dan 9'a yükselmektedir. Yumurta akındaki bu alkali ortam ve lizozim gibi doğal antimikrobiyal etkili bileşikler kontaminasyon riskini azaltmaktadır (Mayes ve Takeballı, 1983; Musgrove, 2011).

Kontaminasyon ve Penetrasyon

İyi üretim uygulamalarının gerçekleştirildiği bir çiftlikte yumurta kabuğu ve içeriği yumurtlamadan hemen sonra steril kabul edilir. Daha sonra çevresel şartlara ve mikrobiyotaya bağlı olarak çeşitli mikroorganizmalar ya da patojenler ile kontamine olur. Yumurta oluşumu esnasında endojen yolla ya da yumurtlamadan sonra eksojen yolla yumurta kabuğu kolaylıkla kontamine olabilir. Genellikle gram pozitif bakteriler (*Micrococcus*, *Bacillus*, *Escherichia*, ve *Staphylococcus*), mayalar ve küfler izole edilir. *Aerobacter*, *Cytophaga* ve *Flavobacterium* gibi gram negatif bakteriler de izole edilebilir ve yumurtanın bozulmasıyla sayıları artar (Musgrove, 2011; Nys ve Guyot, 2011; Doğruer ve ark., 2015; Eddin ve ark., 2019). *Enterobacteriaceae*, *Enterococcaceae*, *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Salmonella*, *Listeria* *Yersinia* ve *Campylobacter* gibi patojenler sıklıkla yumurtalarda izole edilen ve hem kanatlıların sağlığını hem de gıda güvenliğini olumsuz etkileyen patojenlerdir (Pesavento ve ark., 2017).

Endojen kontaminasyon

Endojen kontaminasyon genellikle yumurta oluşumu esnasında üreme organ kanalında gerçekleşmektedir.

Bu tip bulaşmaya vertikal bulaşma da denir. Vertikal bulaşma çoğunlukla kabuk oluşumundan önce yukarı yumurta kanalında gerçekleştiği için mikroorganizmalar yumurta akı ve sarısına penetre olurlar. Bazı mikroorganizmalar üreme organlarının doğal mikrobiyotasında bulunurken, bazıları tavuklarda hastalıklara neden olan patojenlerdir. Endojen bulaşma nadir görülse de bu patojenler yumurta kabuğu kalitesini de olumsuz etkileyebilmektedir (Hansstein, 2011; Karadal ve ark., 2018).

Eksojen kontaminasyon

Yumurta kabuğunda sıklıkla görülen bulaşma ekzojen (horizontal) bulaşmadır. Yumurtlama esnasında steril kabul edilen yumurta kabuğu ilk olarak kloaktan geçerken mikroorganizmalar ile kontamine olur. Yumurtlamadan sonra yumurta kabuğu dışkıda, yemde, suda, kümes ortamında ve kontamine ekipmanlarda bulunan mikroorganizmalarla kolaylıkla kontamine olabilir. Normal bir yumurtada kabuk yüzeyinde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı ortalama 10^{4-5} cfu'dur (Baron ve Jan, 2011). Kirli bir yumurtada ise milyonlarca bakteri bulunmaktadır. Yumurta kabuğundaki deformasyon ve anomaliler ile çevresel etmenler (kafes yapısı, ekipmanlar, yem, su, vektörler ve dışkı vb.) en önemli eksojen bulaşma yollarıdır. Bunların yanında yıkama, paketlenme ve depolama işlemleri ve süreleri de yumurta kabuğundaki mikroorganizma yükünü etkileyen faktörlerdir (Sparks ve ark., 2014; Karadal ve ark., 2018).

Genetik, beslenme ve çevresel faktörler, kabuk kalınlığı ve mukavemeti gibi kabuk kalitesini belirleyen ana unsurları etkilemektedir (Yazgan ve ark., 2020). Düşük kalitedeki kabuk ile bakteriyel yük arasında bağıntı olduğu ve kırık kabuklu yumurtada bakteriyel penetrasyonun daha kolay gerçekleştiği bilinmektedir (Todd, 1996; Ricke ve ark., 2015). Yıkama, depolama sıcaklığı ve süresi gibi etmenler ise kütikül tabakasının yapısını etkilemektedir (Musgrove, 2011). Depolama, nakliye ve satış aşamalarında meydana gelen kabuk kırılmaları ise patojenlerin nüfuz etmesine ve yumurta sarısı ve akına (albümin) bulaşarak tüketiciler için gıda güvenliğini tehdit etmesine neden olmaktadır. Ayrıca kütikül tabakası yaşla birlikte incelmekte ve kabuğun porlu yapısı kontaminasyon riskini artırmaktadır (Ray ve ark., 2015; Bain ve ark., 2019).

Araştırmacılar farklı kafes sistemlerinden elde edilen yumurtaların kabuk kalitelerini ve bakteriyel yüklerini karşılaştırmışlardır. Dışkı varlığı ve kırık kabuk gibi yumurta kalitesini düşüren etmenler aynı zamanda kontaminasyon riskini de artırmaktadır. Hayvan refahının biraz daha ön planda tutulduğu kafeslerde (zenginleştirilmiş kafes ve serbest gezinmeli) kirli

yumurta sayısı standart kafeslere oranla daha fazladır. Bu sebeple yumurta kabuğunun bakteriyel yükü ve toplam aerobik bakteri sayısının serbest gezinmeli kümeslerde daha yüksek olduğu görülmüştür (De Reu ve ark., 2005; 2009; Mallet ve ark., 2006; Wall ve ark., 2008; Karadal ve ark., 2018). Kırık yumurta sayısının ise standart kafeslerde daha yüksek olduğu bildirilmiştir (De Reu ve ark., 2009).

Havalandırma ve kümes içi temizlik gibi unsurlar hem kontaminasyon riskini hem de kümes içi hava kalitesini etkilemektedir. Havada bulunan toplam aerobik bakteri sayısının yumurta kabuğu bakteriyel yükü ile bağlantılı olduğu bilinmektedir (Protais ve ark., 2003; De Reu ve ark., 2005). Aynı zamanda yüksek nem ve sıcaklık ile kötü çevre koşulları küflerin ve mayaların artışına ve yumurtadaki mikroorganizma yükünün artmasına neden olmaktadır (Beuchat ve Cousin, 2001; Ricke ve ark., 2015; Karadal ve ark., 2018).

Birincil üretim aşamalarının dışında ikincil üretim olarak adlandırılan ve yumurtanın yıkama, temizleme, tasnif, paketleme, depolama gibi aşamaları da kontaminasyon risklerini barındırmaktadır. Yumurtanın yıkanması endüstride halen başvurulan bir dekontaminasyon yöntemidir ve bazı ülkelerde yasal olarak izin verilmektedir (Musgrove ve ark., 2004). Yıkama işleminde en önemli unsur yıkama suyunun optimum koşullarının (pH, sıcaklık, süre, değişim sıklığı, dezenfektanlar) sağlanmasıdır. Yıkama suyu sıcaklığı yumurta sıcaklığından daha düşük olduğunda yumurta kabuğu iç zarlarında büzülme meydana gelmekte ve içerde negatif basınç ortaya çıkmaktadır. Negatif basıncın etkisi ile yıkama suyundaki mikroorganizmalar yumurta içine penetre olurlar. Yıkama işlemini kurutma, paketleme ve depolama aşamaları takip etmektedir. Bu kritik kontrol noktalarının güvenliği ve optimum koşullar sağlanmadığı taktirde çapraz kontaminasyon ve mikrobiyal penetrasyon riski artmaktadır (Srikaeo ve Hourigan, 2002; Messens ve ark., 2011; USDA, 2013).

Depolama aşamasında kontaminasyon ve penetrasyonu etkileyen önemli faktörler depolama sıcaklığı, nem ve süredir. Depolama sıcaklığındaki dalgalanmalar ve uzun depolama süresi yumurta iç ve dış kalitesini düşürmekte ve yumurtanın doğal savunma mekanizmalarını olumsuz etkilemektedir. Depolama sıcaklığı 4 °C'den 25 °C'ye yükseldiğinde kütikül yapısının bozulduğu görülmüştür (Liu ve ark., 2016). Whiley ve ark. (2016) salmonellanın farklı sıcaklıklarda depolanan yumurtalarda penetrasyon düzeyini araştırmışlardır. Depolama sıcaklığı (4 °C, 14 °C, 23 °C, 37 °C) ve süresi (1, 7, 14, 21 ve 28 gün) arttıkça salmonella penetrasyonunun arttığı bildirilmiştir.

Aygün (2017) saklama sıcaklığı arttıkça kabuk üzerinde

toplam aerobik mezofilik bakteri, bazı patojenler, küf ve maya sayısının arttığını bildirmiştir. Fakat 5 °C'de saklama süresi arttıkça toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı artarken *Salmonella spp.* ve *Staphylococcus spp.* gibi patojenlerin azaldığı görülmüştür. Park ve ark. (2015) modern marketlerde satışa sunulan yumurtaların mezofilik aerobik bakteri, koliform, küf ve maya yükünün pazarlarda satışa sunulardan daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Aynı zamanda çeşitli sıcaklık (4 °C, 12 °C ve 25 °C) ve nem (%43 ve %85) ortamında toplam mezofilik aerobik bakterileri sayısı değişmeden kabuk üzerinde 21 gün boyunca varlığını koruduğu görülmüştür. İnoküle edilen *Salmonella enterica* ise düşük sıcaklık (4 °C) ve düşük bağıl nemli ortamda (%43) kabuktaki dışkı bulaşığı ile birlikte artış göstermiştir. Ayrıca yumurta kabuğu nemli iken paketlenmesi ya da bağıl nemin yüksek olduğu alanlarda depolanması küf kontaminasyonunu artırmaktadır (Karadal ve ark., 2018). Buzdolabında depolanmasına rağmen *Candida famata* ve *Candida lusitanae* gibi mayalar yumurta kabuğu yüzeyinden izole edilebilmektedir (Musgrove, 2009). Depolama esnasında çapraz kontaminasyona neden olabilecek diğer unsurlar hava kirliliği, kemirgen ve haşereler gibi vektörler ve yabancı kuşların varlığıdır. Üretim aşamasında biyogüvenlik kuralları ile elde edilen bir yumurta daha sonraki gıda zinciri aşamalarında da patojenler ile kontamine olabilmektedir.

Mikroorganizmaların kabuk içine penetrasyonu, kontaminasyon sonrasında çeşitli koşullara bağlı olarak gerçekleşir. De Rue ve ark. (2006) patojen ve patojen olmayan bakterileri yumurta kabuğuna inoküle ederek penetrasyon düzeylerini ölçmüşlerdir. Yumurta kabuğu yüzey alanı, kabuk kalınlığı ve por sayısının penetrasyon üzerine etkili olmadığını bildirmişlerdir. Yaşın yumurta kabuğu yapısını ve kalitesini olumsuz etkilemesine karşın penetrasyona etkisi gözlenmemiştir. Kütikül yapısının bozulması ve depolama süresinin uzamasının ise patojenlerin penetrasyonunu artırdığı bildirilmiştir. Ray ve ark. (2015) bakteriyel penetrasyon ile porların ve kabuk yapısının ilişkili olmadığını tespit etmişlerdir.

Patojenleri inoküle ederek yapılan invitro çalışmalarda penetrasyon düzeyinin doğal gözlemlenenden daha yüksek olabileceği göz ardı edilmemelidir. Bahsedildiği gibi kabuk kalitesi ve diğer tüm çevresel etmenler yumurta kabuğunun ekzojen (horizontal) kontaminasyonunu etkilemektedir. Kontaminasyon riskini artırmasına rağmen mikroorganizmaların yumurta içine penetrasyonu bu etmenlerden sınırlı şekilde etkilenmiştir. Mikroorganizmaların penetrasyonunu etkileyen esas faktörlerin ise yumurta yüzeyinin mikroorganizma yükü, yumurta kabuğu

anomalileri, çatlak ve kırıklar olabileceği vurgulanmıştır (Sparks ve ark., 2014; Munoz ve ark., 2015).

Biyogüvenlik, Dekontaminasyon ve Sanitasyon

Yumurta endüstrisinde gıda güvenliği kuralları, mikrobiyal kontaminasyonun kontrolünü, kontamine olmuş yumurtanın dekontaminasyonunu, penetrasyonun engellenmesini ve sanitasyon uygulamalarının tamamını içermektedir.

Endüstride yumurta kabuğunun mikrobiyal yükünü azaltmak ve kontaminasyonunu engellemek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin başında genetik seleksiyon ve dengeli beslenme ile yumurta kabuğu kalitesinin artırılması, uygun kafes sistemi seçimi ve çevresel kontaminasyon risklerinin azaltılması gelmektedir. Genetik yapıları ve içerdikleri spesifik proteinler sebebiyle bazı ırklarda patojenlerin kolonizasyonu düşük düzeyde görülmektedir (Sadeyen ve ark., 2006; Dunn ve ark., 2019). Beslenmeye bağlı en önemli faktör ise yem içeriğindeki kalsiyum, fosfor, potasyum, D vitamini, C vitamini ve iz elementler (bakır, çinko, manganez) gibi besin maddelerinin dengesidir. Yapılan birçok çalışmada besin maddelerinin yumurta kabuğu kalsifikasyonuna, pigmentasyonuna (kütikül), kalınlığına ve mukavemetine etkili olduğu bildirilmiştir. Dengeli bir karma yem ile kabuk kalitesi artmakta, kabuk anomalileri ve kırık yumurta oranı düşmektedir (Korkmaz, 2015). Dolayısıyla kontaminasyon ve penetrasyon riski azalmaktadır. Bazı kısa zincirli yağ asitleri, prebiyotik ve probiyotik etkili yem katkı maddeleri ise gastrointestinal ve immün sistem üzerine (Dastar ve ark., 2016; Baghban-Kanani ve ark., 2019) olumlu etkiler oluştururken aynı zamanda patojenlerin kolonizasyonunu engellemektedir (Thormar ve ark., 2006; Tayeb ve ark., 2007). Böylece dışkı yoluyla patojenlerin saçılımı azalmakta ve vertikal ya da horizontal bulaşma riski de düşebilmektedir.

Uygun kafes sisteminin seçilmesi özellikle ekzojen kabuk kontaminasyonunu etkilemektedir. Konvansiyonel kafes sistemlerine kıyasla hayvan refahının daha yüksek olduğu zenginleştirilmiş ve serbest sistemlerde kırık riski düşük olmasına karşın kirlilik oranının ve bakteriyel yükün dolayısıyla kontaminasyon riskinin daha yüksek olduğu görülmüştür (De Reu ve ark., 2009). Ayrıca tesisin uygun havalandırmaya sahip olması, nem ve sıcaklık kontrolü, vektör giriş çıkışlarının engellenmesi, işletme bölümlerinin (depo, paketleme, lavabo vb.) ayrılması gibi önlemler çevresel kontaminasyonu kontrol altında tutar. Türk Gıda Kodeksi Yumurta Tebliğine (2014) göre işletmelerde yumurta, temiz ve kuru ortamda tutulmalı, güneş ışığından ve büyük sıcaklık dalgalanmalarından korunmalıdır. Yumurtlama

tarihinden itibaren 18. güne kadar soğutulması zorunlu değilken bu tarihten itibaren 5-8 °C arasında muhafaza edilmelidir. Düşük derecelere soğutmak negatif iç basınç oluşturması nedeniyle 72 saatten daha uzun süre +5 °C altındaki sıcaklıklarda muhafaza edilmesi ilgili düzenlemeler ile kısıtlanmış ve yumurtanın dondurulması yasaklanmıştır (European Union, 2008a; TGK, 2014).

Ulusal ve uluslararası standartlarda yumurta dış ve iç kalite kriterlerine göre sınıflandırılmaktadır. Türkiye ve Avrupa Birliği ülkelerinde yumurta A ve B olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Son tüketiciye sunulan A sınıfı yumurta yasal düzenlemelere göre kabuğu temiz, sağlam yapılı, çatlaksız, kırıksız ve şekli normal olmalıdır. Yumurta kabuğu açısından bu kriterleri sağlamayan yumurtlar B sınıfı olarak tanımlanırlar ve son tüketiciye sunulamazlar (European Union, 2008a; TGK, 2014). Ayrıca ülkemizde ilgili düzenleme ile A sınıfı yumurtanın dekontaminasyon amacıyla yıkanması ya da temizlenmesi yasaklanmıştır (TGK, 2014). Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa Birliği yasal düzenlemeleri ise yıkama işlemine bazı kısıtlamalarla birlikte izin vermektedir (European Union, 2008a; USDA, 2000; 2013). Bilimsel çalışmalar ve yasal düzenlemeler, yıkama suyunun sıcaklığı (en az 32,2 °C), pH'sı (9 ve üzeri), kullanılan dezenfektan madde (klorin), yıkama süresi, kurutma ve yağlama gibi uygulamaların yıkama işleminin etkinliğini belirlediğini bildirmiştir (Musgrove, 2011; Messens ve ark., 2011; USDA, 2013).

Avrupa Birliği ülkelerinde ve Türkiye'de gıda güvenliğini ve halk sağlığını tehdit eden gıda kaynaklı patojen ve zoonoz etkenlere karşı yasal düzenlemeler bulunmaktadır. Bu mevzuatlar halk sağlığına yönelik risklerini ve görülme sıklığını azaltmayı amaçlamakta ve yem güvenliği dâhil olmak üzere birincil üretim, işleme ve dağıtımın ilgili tüm aşamalarında zoonotik etkenlerin tespiti ve kontrolü için uygun ve etkili tedbirlerin alınmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektedir. Bu kapsamda hazırlanan ulusal resmi kontrol planları ile tavuklara (kör bağırsak ve yumurta kanalı), yumurtalarına (içeriği ve kabuğu) ve çevreye (dışkı, toz, altlık, yem) ait numuneler alınarak bakteriyolojik muayene yapılmaktadır. Ayrıca plan dahilinde çapraz bulaşmanın önüne geçebilmek için işletmelere asgari teknik ve hijyenik şartlar ile biyogüvenlik kuralları getirilmektedir (European Union, 2008b; 2011; Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2014).

SONUÇ

Sonuç olarak yumurta, çiftlikten çatala kadar çok çeşitli aşamalarda mikroorganizmaların kontaminasyonuna maruz kalmaktadır. Doğal bir bariyer olan yumurta

kabuğu ve katmanları ise bu maruziyetin şiddetini ve gıda güvenliğini doğrudan belirleyen faktörlerdir. Son tüketiciye kadar tüm aşamalarda kritik kontrol noktalarının belirlenmesi, iyi üretim uygulamalarına, biyogüvenlik kurallarına ve yasal düzenlemelere uyulması yumurta kabuğu kalitesini artırarak kontaminasyon riskini azaltacak ve gıda güvenliğinin korunmasında etkin olacaktır.

KAYNAKLAR

- Aygun A. 2017. The eggshell microbial activity. In: P. Hester, editor. *Egg Innovations and Strategies for Improvements*, USA, Elsevier Academic Press; pp.135-144.
- Ayim-Akonor M, Akonor PT. 2014. Egg consumption: patterns, preferences and perceptions among consumers in Accra metropolitan area. *International Food Research Journal*, 21(4): 1457-1463.
- Baghban-Kanani P, Hosseintabar-Ghasemabad B, Azimi-Youvalari S, Seidavi A, Ragni M, Laudadio V, Tufarelli V. 2019. Effects of using *Artemisia annua* leaves, probiotic blend, and organic acids on performance, egg quality, blood biochemistry, and antioxidant status of laying hens. *The Journal of Poultry Science*, 56(2):120-127.
- Bain MM, Zheng J, Zigler M, Whenham N, Quinlan-Pluck F, Jones AC, Roberts M, Icken W, Olori VE, Dunn IC. 2019. Cuticle deposition improves the biosecurity of eggs through the laying cycle and can be measured on hatching eggs without compromising embryonic development. *Poultry Science*, 98(4):1775-1784.
- Baron F, Jan S. 2011. Egg and egg product microbiology. In: Y. Nys, M. Bain and F. Van Immerseel, editors. *Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products Vol 1*. England, Woodhead Publishing; pp.330-350.
- Beuchat LR, Cousin MA. 2001. Yeasts and molds In: Y. Salfinger and M.L. Tortorello, editors. *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. USA, American Public Health Association; pp.209-215.
- Cordeiro C. 2015. Eggshell membrane proteins provide innate immune protection, Doctoral dissertation, Université d'Ottawa/University of Ottawa.
- Dastar B, Khosravi A, Boldajie F, Ghoorchi T. 2016. Effect of calcium with and without probiotic, lactose, or both on organ and body weights, immune response and caecal microbiota in moulted laying hens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 100(2):243-250.
- De Reu K, Grijspeerdt K, Heyndrickx M, Zoons J, De Baere K, Uyttendaele M, Debevere J, Herman L. 2005. Bacterial eggshell contamination in conventional cages, furnished cages and aviary housing systems for laying hens. *British Poultry Science*, 46(2):149-155.
- De Reu K, Grijspeerdt K, Messens W, Heyndrickx M, Uyttendaele M, Debevere J, Herman L. 2006. Eggshell factors influencing eggshell penetration and whole egg contamination by different bacteria, including salmonella enteritidis. *International Journal of Food Microbiology*, 112(3):253-260.
- De Reu K, Rodenburg, TB, Grijspeerdt K, Messens W, Heyndrickx M, Tuytens FAM, Sonck B, Zoons J, Herman L. 2009. Bacteriological contamination, dirt, and cracks of eggshells in furnished cages and noncage systems for laying hens: An international on-farm comparison. *Poultry Science*, 88(11):2442-2448.
- Devegowda G, Ravikiran D. 2008. Mycotoxins and eggshell quality: cracking the problem. *World Mycotoxin Journal*, 1(2):203-208.
- Doğruer Y, Telli N, Telli AE, Kahraman HA, Güner A. 2015. Pastörize sıvı yumurta ile kabuklu yumurtanın bazı kalite özellikleri bakımından kıyaslanması. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, 31(3):177-83.
- Dunn IC, Woolliams JA, Wilson PW, Icken W, Cavero D, Jones AC, Quinlan-Pluck F, Williams G, Olori V, Bain MM. 2019. Genetic variation and potential for genetic improvement of cuticle deposition on chicken eggs. *Genetics Selection Evolution*, 51(1):25.
- Eddin AS, Ibrahim SA, Tahergorabi R. 2019. Egg quality and safety with an overview of edible coating application for egg preservation. *Food Chemistry*, 296(30):29-39.
- European Union. 2008a. Council Regulation (EC) as regards marketing standards for eggs. Latest updated: 25.11.2017, No: 1234/2007.
- European Union. 2008b. Council Regulation (EC) on the control of salmonella and other specified food-borne zoonotic agents. Latest updated: 01.07.2013, No 2160/2003.
- European Union. 2011. Regulation (EC) as regards a Union target for the reduction of the prevalence of certain *Salmonella* serotypes in laying hens of *Gallus gallus*. Latest updated: 10/03/2019, No: 517/2011.
- Fearne A, Lavelle D, 1996. Perceptions of food "quality" and the power of marketing communication: results of consumer research on a branded-egg concept. *Journal of Product & Brand Management*, 5(2):29-42.
- Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. 2014. Salmonella ve Belirlenmiş Diğer Gıda Kaynaklı Zoonotik Etkenlerin Kontrol Altına Alınması Hakkında Yönetmelik. Resmî Gazete, Tarih 27.03.2014, Sayı: 28954.
- Hansstein F. 2011. Profiling the egg consumer: attitudes, perceptions and behaviours. In: Y. Nys, M. Bain and F. Van Immerseel, editors. *Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products Vol 1*, England, Woodhead Publishing; pp.39-61.
- Karadal F, Onmaz NE, Hızlısoy H, Yıldırım Y, Al S, Gönülalan Z, Ülger İ. 2018. Niğde ve Kayseri'de satışa sunulan köy ve market yumurtalarının mikrobiyolojik kalitesi. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 15(1):51-57.
- Korkmaz S. 2015. Yumurta tavuğu rasyonlarına ilave edilen *Maca* (*lepidium meyenii*) tozunun performans, yumurta kalitesi ve bazı kan parametreleri üzerine etkisi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Veteriner Fakültesi Bölümü.
- Liu YC, Chen TH, Wu YC, Lee YC, Tan FJ. 2016. Effects of egg washing and storage temperature on the quality of eggshell cuticle and eggs. *Food Chemistry*, 211: 687-693.
- Mallet S, Guesdon V, Ahmed AMH, Nys Y. 2006. Comparison of eggshell hygiene in two housing systems: Standard and furnished cages. *British Poultry Science*, 47(1):30-35.

- Mayes FJ, Takeballı MA, 1983. Microbial contamination of the hen's egg: a review. *Journal of Food Protection*, 46(12): 1092-1098.
- Messens W, Gittins J, Leleu S, Sparks N. 2011. Egg decontamination by washing. In: F. Van Immerseel, Y. Nys and M. Bain, editors. *Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products Vol 2*. England, Woodhead Publishing; pp.163-180.
- Munoz A, Dominguez-Gasca N, Jimenez-Lopez C, Rodriguez-Navarro AB. 2015. Importance of eggshell cuticle composition and maturity for avoiding trans-shell Salmonella contamination in chicken eggs. *Food Control*, 55, 31-38.
- Musgrove MT, Jones DR, Northcutt JK, Cox NA, Harrison MA. 2004. Identification of Enterobacteriaceae and related organisms from rinses of eggs collected during processing in commercial shell egg processing plants in the southeastern United States. *Poultry Science*, 83, 157.
- Musgrove MT. 2011. Microbiology and safety of table eggs. In: F. Van Immerseel, Y. Nys and M. Bain, editors. *Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products Vol 2*. England Woodhead Publishing; pp.3-33.
- Musgrove MT, Jones DR, Shaw JD, Sheppard M, Harrison MA. 2009. Enterobacteriaceae and related organisms isolated from nest run cart shelves in commercial shell egg processing facilities. *Poultry Science*, 88(10):2113-2117.
- Nys, Y, Guyot, N. 2011. Egg formation and chemistry. In Y. Nys, M. Bain and F. Van Immerseel, editors. *Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products Vol 1*. Cambridge Woodhead Publishing; pp.83-132.
- Park S, Choi S, Kim H, Kim Y, Kim BS, Beuchat LR, Ryu JH. 2015. Fate of mesophilic aerobic bacteria and Salmonella enterica on the surface of eggs as affected by chicken feces, storage temperature, and relative humidity. *Food Microbiology*, 48: 200-205.
- Pesavento G, Calonico C, Runfola M, Lo Nostro A. 2017. Free-range and organic farming: eggshell contamination by mesophilic bacteria and unusual pathogens. *Journal of Applied Poultry Research*. 26(4):509-517.
- Protais J, Queguiner S, Boscher E, Piquet JC, Nagard B, Salvat G. 2003. Effect of housing systems on the bacterial flora of the air. *British Poultry Science*, 44(5):778.
- Ray A, Roberts JR, Flavel R, Chousalkar KK. 2015. Eggshell penetration by Salmonella Typhimurium in table eggs: Examination of underlying eggshell structures by micro-computed tomography and scanning electron microscopy. *Food Research International*, 78: 34-40.
- Ricke SC, Jones DR, Gast RK. 2015. Eggs and egg products. In: Y. Salfinger and M.L. Tortorello, editors. *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*, 5th edition, USA, American Public Health Association; pp.633-643.
- Sadeyen JR, Trotureau J, Protais J, Beaumont C, Sellier N, Salvat G, Velge P, Lalmanach AC. 2006. Salmonella carrier-state in hens: study of host resistance by a gene expression approach. *Microbes and Infection*, 8(5):1308-1314.
- Sparks NHC, Batt CA, Tortorello ML. 2014. Microbiology of fresh eggs. In: C.A. Batt and M.L. Tortorello, editors. *Encyclopedia of Food Microbiology*. USA, Elsevier Academic Press; pp.610-616.
- Srikao K, Hourigan JA. 2002. The use of statistical process control (SPC) to enhance the validation of critical control points (CCPs) in shell egg washing. *Food Control*, 13(4-5):263-273.
- Tayeb IT, Nehme PA, Jaber LS, Barbour EK. 2007. Competitive exclusion against Salmonella Enteritidis in layer chickens by yoghurt microbiota: impact on egg production, protection and yolk-antibody and cholesterol levels. *Journal of Applied Microbiology*, 102(5):1330-1336.
- TGK. 2014. Türk Gıda Kodeksi Yumurta Tebliği, Tebliğ No: 2014/55. Resmi Gazete, Tarih: 20.12.2014, Sayı: 29211.
- Thormar H, Hilmarsson H, Bergsson G. 2006. Stable concentrated emulsions of the 1-monoglyceride of capric acid, monocaprin) with microbicidal activities against the food-borne bacteria *Campylobacter jejuni*, *Salmonella* spp, and *Escherichia coli*. *Applied and Environmental Microbiology*, 72(1):522-526.
- Todd EC, 1996. Risk assessment of use of cracked eggs in Canada. *International Journal of Food Microbiology*, 30(1-2):125-143.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2000. Egg-grading manual. Agricultural handbook number 75. USDA Agricultural Marketing Service, Washington, DC.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2013. Regulations governing the voluntary grading of shell eggs, No: 7 CFR Part 56.
- Wall H, Tauson R, Sørgerd S. 2008. Bacterial contamination of eggshells in furnished and conventional cages. *Journal of Applied Poultry Research*, 17(1):11-16.
- Whiley A, Fallowfield H, Ross K, McEvoy V, Whiley H. 2016. Higher storage temperature causes greater Salmonella enterica serovar Typhimurium internal penetration of artificially contaminated, commercially available, washed free range eggs. *Journal of Food Protection*, 79(7):1247-1251.
- Yazgan N, Eralp E, Konyalı C, Kamanlı S, Savaş T. 2020. Kırmızı Kanatlı Akarı (*Dermanyssus gallinae*) enfestasyonunun ve depolamanın yumurta kalitesine etkileri. *Hayvansal Üretim*, 61(1):33-40.