



## Protein, Lipid and Polysaccharide Biomolecules in the Coating of Table Eggs

Çiğdem Şeremet<sup>1,a,\*</sup>

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, 35100, İzmir, Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Review Article</i></p> <p>Received : 11.07.2024 Accepted : 22.08.2024</p> <p><b>Keywords:</b> Egg Shelf life Internal and external quality Eggshell strength Edible coatings</p>	<p>Eggs are a foodstuff with high nutritional value consumed in every society and age group. The widespread use of eggs and egg products in the food industry emphasizes hygienic quality as well as consumption time with regard to human health. In cases leading to food-borne poisoning, diseases and even deaths, almost half of the salmonellosis outbreaks are associated with consuming eggs and egg products. On the other hand, maintaining the internal and external quality, which determines the consumption period of shell eggs, is of great importance in terms of reducing food loss and waste. To prolong the storage time/shelf life of table eggs, coating them with solutions containing oil or wax has been used since ancient times. The aim of this method, which is now called edible films or coatings, is to extend the shelf life by protecting the internal and external quality and microbiological quality of the egg and also to contribute to the strength of the eggshell. In this review, protein, lipid and polysaccharide-based biomolecules used in the coating of table eggs are summarised and their positive and negative aspects are emphasized.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(11): 1953-1958, 2024

## Sofralık Yumurtaların Kaplanması Protein, Lipit ve Polisakkarit Biyomoleküller

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Derleme Makalesi</i></p> <p>Geliş : 11.07.2024 Kabul : 22.08.2024</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Yumurta Raf ömrü İç ve dış kalite Kabuk mukavemeti Yenilebilir kaplamalar</p>	<p>Yumurta her toplumda ve yaş grubunda severek tüketilen besin değeri yüksek bir gıda maddesidir. Yumurta ve yumurta ürünlerinin gıda endüstrisinde yaygın kullanımı insan sağlığı açısından tüketim süresi yanında hijyenik kaliteyi de ön plana çıkarmaktadır. Gıda kaynaklı zehirlenmelere, hastalıklara ve hatta ölümlere kadar giden vakalarda özellikle salmonelloz salgınlarmın yarıya yakını yumurta ve yumurta ürünleri tüketimi ile ilişkilendirilmektedir. Diğer taraftan kabuklu yumurtanın tüketim süresini belirleyen iç ve dış kalitesinin korunması gıda kaybı ve atık miktarlarının azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır. Sofralık yumurtalarda depolama süresini/raf ömrünü uzatmak amacıyla yumurtaların yağ veya mum içeren çözeltilerle kaplanması çok eski zamanlardan beri uygulanan bir yöntemdir. Günümüzde yenilebilir film veya kaplamalar olarak adlandırılan bu yöntemde amaç yumurtanın iç ve dış kalitesi ile mikrobiyolojik kalitesini koruyarak raf ömrünü uzatmak, ayrıca yumurta kabuğunun mukavemetine de katkı sağlamaktır. Bu derlemede, sofralık yumurtaların kaplanmasında kullanılan protein, lipit ve polisakkarit bazlı biyomoleküller özetlenerek olumlu ve olumsuz yönlerine vurgu yapılmıştır.</p>

[ciğdem.seremet@ege.edu.tr](mailto:ciğdem.seremet@ege.edu.tr)

<https://orcid.org/0000-0002-9642-1648>



## Giriş

Yumurta içerdiği esansiyel amino asitler ve yağ asitleri, çok sayıda vitamin ve mineral ile biyoaktif komponentler açısından yüksek kaliteli bir gıda maddesidir. Aynı zamanda iz miktardaki karbonhidrat içeriği nedeniyle de düşük kalorilidir. Besin kalitesi açısından üstünlüğü, duyuşsal özellikleri ve diğer hayvansal protein kaynaklarına göre ekonomik oluşu yumurtanın hemen her toplumda tüketiciler tarafından tercih edilen bir gıda maddesi olmasını sağlamıştır. Tavukçuluk sektörü, islah çalışmaları ve teknolojiye gelişmeler sayesinde hızla büyümüş ve dolayısıyla üretilen ürün miktarları da buna paralel olarak artmıştır. Dünya yumurta üretimi 2022 yılı verilerine göre 87 milyon tondur (Anonymous, 2024). Son otuz yıllık süreç değerlendirildiğinde dünya yumurta üretiminin %150 oranında arttığı ve bu büyümenin büyük bir kısmının, üretimin neredeyse dört kat arttığı Asya'da gerçekleştiği görülmektedir (FAO, 2024). Kişi başına düşen yumurta tüketimine bakıldığında ise 2019-2021 yılları arasında gelişmiş ülkelerde 14,9 kg iken, gelişmekte olan ülkelerde 10,0 kg olarak rapor edilmiş ve 2031 yılında sırasıyla 16,0 ve 10,7 kg olacağı tahmin edilmektedir (OECD/FAO, 2022).

Gıda pazarı küresel ekonominin büyük bir bölümünü temsil etmekte ve her yıl hızla büyümektedir. Tavuk yumurtası üretiminde tüm tedarik zinciri ele alındığında ulusal ve uluslararası kuruluşların raporlarından elde edilen veri ve bilgiler, 2000-2022 yılları arasında Dünya yumurta gıda kaybı ve kırık yumurta atık oranının %37,66'lara ulaştığını göstermektedir (Alt ulusal raporlar, akademik çalışmalar, FAOSTAT ve Dünya Bankası, GIZ, FAO, IFPRI ve diğer kaynaklar). Bu rakamın hesaplanmasında üretim öncesi, çiftlikte, depolamada, nakliye sırasında, işleme sürecinde, toptan ve perakende satışta ve tüketiciye ulaştıktan sonra olmak üzere tüm tedarik zinciri kullanılmıştır (FAO, 2021). Özellikle çiftlik (%2,08), depolama (%2,31), nakliye (%1,83) ve tüketiciye ulaştıktan sonraki aşamalar değerlendirildiğinde yumurta kabuk kalitesi ve iç kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi ile gıda kaybı ve atık miktarlarının azaltılması büyük önem taşımaktadır.

İnsanların yaşamlarını sağlıklı bir şekilde sürdürebilmeleri ve geliştirebilmeleri için yeterli miktarda ve besleyiciliği yüksek gıdaya erişmeleri şarttır. Bu noktada gıda güvenliği, beslenme ve gıda güvenliği ayrılmaz bir bütün olarak değerlendirilmelidir. Kontamine gıda kaynaklı hastalıklar Dünya çapında en önemli halk sağlığı sorunlarından biri olarak kabul edilmekte ve Dünya Sağlık Örgütüne (WHO) göre her yıl yaklaşık 600 milyon vaka ve 420 bin ölüm belgelenmektedir. Tıbbi harcamalar nedeniyle ulusal ve uluslararası ekonomiler zarar görmekte ve dolayısıyla sosyoekonomik kalkınma etkilenmektedir. Bu nedenle gıda güvenliğinin sağlanması ve daha güçlü gıda sistemlerinin oluşturulmasında hükümetler, üreticiler ve tüketiciler arasında iyi bir iş birliğine ihtiyaç vardır (WHO, 2022).

Sofralık yumurtalar, kabuk sağlam ve temiz olsa bile, "gıda zehirlenmesi" olarak adlandırılan gıda kaynaklı hastalıklara neden olabilen bakteriler içerebilir (FDA, 2022). Bu patojen bakterilerden biri olan Salmonella, 2018-2022 yıllarında Avrupa'da kontamine gıda tüketimi nedeniyle kampilobakteriyozdan sonra hastaneye yatışa

neden olan en yaygın ikinci zoonotik hastalık ve listeriyozdan sonra ikinci ölüm nedeni olmuştur. Ayrıca, 2018 yılında AB'de bildirilen salmonelloz salgınlarının %45,6'sı "yumurta ve yumurta ürünleri" tüketimi ile ilişkilendirilmiştir (EFSA & ECDC, 2019). Güvenli ve sağlıklı yumurta ve yumurta ürünleri üretiminde temel üretim işletmelerinden başlayarak tüketicinin mutfağına ulaşıncaya kadar ve sonrasında saklama, hazırlama ve servis süreçlerinde kontaminasyonu en aza indirecek önlemlerin alınması, sürekli ve etkin olarak denetlenmesi zorunludur. FDA, çiftlikte, nakliye ve depolama sırasında yumurtaların kontaminasyonunu önlemeye yardımcı olmak için düzenlemeler getirmiştir. Ülkemizde de Tarım ve Orman Bakanlığının yetkisi dahilinde yürütülen HACCP uygulamaları, iyi hijyen-iyi üretim uygulamaları ve özellikle Salmonella koruma ve kontrol programları ile yumurtanın kontaminasyonu, yumurta ve yumurta ürünlerinin neden olduğu enfeksiyonlar kontrol altına alınabilmektedir.

Embriyo gelişimi için gerekli tüm besin maddelerini yeterli ve dengeli bir şekilde içeren ve aynı zamanda insanlar için mükemmel bir gıda olan yumurta doğal olarak sahip olduğu antimikrobiyal savunma sistemleri ile kontaminasyona karşı korunmaktadır. Yumurtanın biyolojik yapısı, kütikül tabakası, kabuk, kabukaltı zarları, albümin ve vitellin zar pH düzeyleri, mineral madde ve protein içerikleri ile bakteriyostatik özellikleri sayesinde etkin bir fiziksel bariyer olarak görev yapmaktadır. Bununla birlikte yumurtlandığı anda steril olarak kabul edilen yumurtanın bu katmanlarının çeşitli nedenlerle filtrasyon özellikleri zayıflamakta ve dolayısıyla yumurta kabuğu ve içeriği kontamine olabilmektedir (Altan, 2015; Eddin ve ark., 2019). Yumurtaların patojen mikroorganizmalarla bulaşması ovary (yumurtalık), ovidukt (yumurta kanalı) ve kabuk olmak üzere 3 yolla gerçekleşir. Yumurta sarı folikülü ovaryuma bağlı iken veya yumurta ovidukt kanalında ilerlerken albümin ve kabukaltı zarları enfekte olabilir. Ancak ovary ve ovidukt kaynaklı enfeksiyonlar nadir görülür. Tavuklarda sindirim ve üreme kanalları aynı yere açıldığı için yumurtanın kloaktan geçişi sırasında veya yumurta yumurtlandıktan sonra temas ettiği her yüzeyden (gübre, altlık/folluk materyali, kümes havası, toz, işçinin elleri, yumurta depoları, paketleme makinaları vb.) kontamine olabilir (Bhale ve ark., 2003). Dolayısıyla temel üretim aşamalarından tüketicinin mutfağına ulaşıncaya kadar yumurtada kontaminasyonu minimum düzeye indirecek önlemleri almak üreticilerin sorumluluğundadır. Yumurta üretiminin yapılacağı kümes yerinin belirlenmesinden işletmeye giriş/çıkışların denetlenmesi, zararlı mücadelesinde kontrol programları, yem ve su manajemenı, yumurta toplama, paketleme, depolama ve nakliyesi ile çalışan personel ve kümes içi hijyeni, sağlıklı yumurta üretimi ve yumurta güvenliğinin sağlanmasında/sürdürülmesinde kritik rol oynar (Altan, 2015). Yemeklik yumurta üretim aşamalarından herhangi birinde hijyenik kalite sağlanamadığında da tüketici sağlığı olumsuz yönde etkilenir.

Yumurta kabuk yüzeyinde gübre, kan, küf vb. maddelerin varlığı, dolayısıyla mikroorganizma yoğunluğunun fazla olması yumurta içeriğinin hızla

enfekte olmasına yol açar. Bu durumda yumurtaların yıkanarak ya da alternatif yöntemlerle dekontaminasyonu sağlanmaya çalışılır. Yumurta yıkama çok uzun yıllardır uygulanan, özel kuralları ve aşamaları olan, kurallara uygun yapıldığında da mikroorganizmaların kabuktan penetrasyon riskini en aza indiren temizleme yöntemidir. Bununla birlikte yumurta yıkamanın olumlu yönleri yanında olumsuz etkilerinin de olması nedeniyle bazı ülkelerde yasaklanırken, bazı ülkelerde izin verilmektedir. Bu nedenle yumurta yıkamaya alternatif olabilecek UV veya ozon uygulaması, mikrodalga, plazma, ışınlama teknikleri gibi yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin bazıları gıda endüstrisinde başarıyla uygulanırken, birtakım dezavantajlara sahip olanlar modifiye edilerek eksiklikleri giderilmeye çalışılmaktadır.

Sağlıklı yumurta üretimi, yumurta hijyen ve güvenliğinin sağlanması ve sürdürülmesi ile mümkün olmakta, böylelikle mikrobiyolojik kalite korunarak gıda kayıpları azaltılabilmektedir. Yumurta iç kalitesinin korunması ve mikroorganizma kontaminasyonunun önlenmesi için uygun biçimde depolanması da ticari açıdan oldukça önemlidir. Tavukçuluk sektöründe en yaygın kullanılan depolama yöntemi yumurtaları 10-13 °C ortam sıcaklığında depolamaktır. Diğer soğuk depolama teknikleri, yumurtaları yavaş veya hızlı (kriyojenik) bir şekilde 7 °C'lik depo sıcaklığına soğutan uygulamalardır. Ancak maliyetlerinin yüksek olması, yumurtalarda terleme riski veya kabukta mikro çatlak oluşumu gibi dezavantajları nedeniyle hızlı soğutma yöntemleri genellikle tercih edilmemektedir. Soğukta depolama yöntemlerinden ayrı olarak yararlanılan bir diğer seçenek ise yumurtaların modifiye atmosferde paketlenerek depolanmasıdır (Altan, 2015). Bitkisel ve hayvansal gıdaların karbondioksit, oksijen veya azot içeren ortamlarda depolanması uzun yıllardır araştırılan ve özellikle AB ülkelerinde yaygın olarak uygulanan doğal bir yöntemdir.

Bütün depolama tekniklerinin temel amacı yumurtanın biyogüvenliğini ve kalitesini koruyarak raf ömrünü uzatmaktır. Bu amaçla geliştirilen teknolojilerden bir diğeri de yumurtaların yenilebilir kaplamalar ile kaplanmasıdır. Yenilebilir film veya kaplamalar tanım olarak birbirinin yerine kullanılabilir de aynı rolü üstlenen farklı kavramlardır. Filmler çeşitli yöntemlerle önceden üretilir ve gıdayı gömmek için kullanılırken, kaplamalar viskoz bir sıvı kullanılarak gıda yüzeyine uygulanır (Avramescu ve ark., 2020). Aslında gıda endüstrisinde yenilebilir film ve kaplamaların kullanımı yeni bir teknik değildir; özellikle meyve ve sebzelerde mekanik hasarları, enzimatik ve mikrobiyal bozulmaları önlemek, dolayısıyla raf ömrünü uzatmak için uzun yıllardır yararlanılan ve sürekli geliştirilen bir teknolojidir. Sofralık yumurtalarda da temel olarak raf ömrünü uzatmak amacıyla uygulanan kaplama işlemi ile özellikle depolama sırasında enerji maliyetlerinin düşürülmesi ve kabuk mukavemetinin artmasına bağlı olarak nakliye aşamasındaki kırık-çatlak oranının azaltılması da hedeflenmektedir. Sonuç olarak gıda kaybı ve atık miktarlarının minimize edilerek sürdürülebilirliğe katkıda bulunmaktadır.

Bu çalışmada, kabuklu yumurtaların kontaminasyonu, oluşabilecek sağlık riskleri ile yumurtaların iç kalitesinin korunarak uzun süre depolanmasına olanak sağlayan yöntemler anlatılmış ve bu yöntemlerden yenilebilir

kaplama yapımında yaygın olarak kullanılan protein, lipid ve polisakarit bazı biyomoleküller özetlenerek olumlu ve olumsuz yönlerine vurgu yapılmıştır.

## Yumurtalarda Kullanılan Yenilebilir Kaplamalar

Yumurta kabuğu, yumurtanın doğal koruyucu bariyeri olarak görev yapsa da gaz alışverişi için kabukta bulunan gözeneklerin miktarı, su buharı ve CO<sub>2</sub> kaybının yanı sıra mikrobiyal penetrasyonu da etkileyerek yumurta kalitesinin bozulmasına neden olur (EFSA, 2014; Morsy ve ark., 2015). Bununla birlikte, dıştan sert ama kırılabilir yapıda olan yumurta kabuğu özellikle nakliye aşamasında zarar görebilmektedir. Temel görevi mekanik destek sağlayarak yumurta içeriğini korumak olan kabuğun sağlamlığının sürdürülmesi de kalite ve kontaminasyon açısından önem arz etmektedir. Dolayısıyla hem kalite kayıplarını önlemek hem de yumurta içeriğini mikrobiyal bulaşmalardan korumak, böylelikle yumurtanın raf ömrünü uzatarak gıda israfını azaltmak amacıyla yumurta kaplama uygulaması geliştirilmiştir.

Kabuklu yumurtaların yağ veya mum içeren bir çözeltiye batırılarak kaplanması ve bu şekilde muhafaza edilmesi çok eski zamanlardan beri uygulanan bir yöntemdir. Ancak, Meyer ve Spencer (1973)'de belirtildiği üzere raf ömrünü uzatmak ve kabuk mukavemetini arttırmak amacıyla çeşitli materyallerle yumurtayı kaplama uygulamaları bilimsel anlamda 1950'li yıllardan itibaren çalışılmaya başlanmıştır (Rutherford & Murray, 1963; Sabrani & Payne, 1978). Bu yıllardan itibaren de yumurta endüstrisinin kullanımına sunulan, temel olarak protein, lipid ve polisakarit kaynaklı ana bileşenlerin; gliserol, sorbitol, propilen (Garcia ve ark., 1998; Pires ve ark., 2020a, 2020b), polietilen glikol (Suppakul ve ark., 2010) gibi plastikleştiriciler ve asetik asit, sodyum hidroksit, distile su (Ezazi ve ark., 2021) vb. çözücülerle muamele edilerek hazırlanan kaplamaların kullanıldığı çok sayıda araştırma yapılmıştır.

### Protein Bazlı Kaplamalar

Proteinler, her biri 20 aminoasit monomeri içeren belirli dizilere ve moleküler yapıya sahip makromoleküllerdir (Iversen ve ark., 2022). Proteinlerden yapılan yenilebilir kaplamalar, düşük nem bariyeri özelliklerine, yüksek mekanik ve gaz bariyeri kapasitesine sahiptir (Avramescu ve ark., 2020; Kumari ve ark., 2017). Proteinler, sayısız faydalı özellikleri, düşük maliyetleri, yüksek besin değerleri ve katı film oluşturma yetenekleri nedeniyle biyolojik olarak parçalanabilen filmlerde/kaplamalarda sıklıkla kullanılmaktadır (Kaewprachu ve ark., 2016).

Kabuklu yumurtaların kaplanmasında kullanılan başlıca bitkisel ve hayvansal kaynaklı proteinler; soya proteini (Biladeau & Keener, 2009; Rhim ve ark., 2004; Wardy ve ark., 2010; Xu ve ark., 2017), pirinç proteini (Pires ve ark., 2019; Pires ve ark., 2020a), zein (Caner & Yüceer, 2015; Wong ve ark., 1996), buğday gluteni (Wong ve ark., 1996; Xie ve ark., 2002), peyniraltı suyu proteini (Caner, 2005; Caner & Yüceer, 2015; Davalos-Saucedo, 2018; de Almeida ve ark., 2016; Soares ve ark., 2021; Wardy ve ark., 2010) ve jelatin (Da Oliveira ve ark., 2020; Pissinati ve ark., 2014)'dir.

Proteinler genel olarak termoplastik yapıda olmadıkları için protein bazlı kaplamaların belirli tip ve konsantrasyonlarda plastikleştirici kullanılarak uygun sıcaklık ve pH'da sıvılaştırılması gerekmektedir. Hazırlanan kaplamalarda plastikleştiricilerin yokluğu termal bozunmaya yol açacağından kullanımı zorunludur (Hernandez-Izquierdo & Krochta, 2008).

### Lipit Bazlı Kaplamalar

Lipitler, mumlar ve reçineler bir çözütüde çözdürülerek ana bileşen olarak veya protein ve polisakkarit kaplamaların plastikleştiricisi olarak yumurta kalitesinin korunmasında kullanılır. Lipit bazlı kaplamaların, hidrofobik olmaları, iyi sızdırmazlık özellikleri ve uzun süreli depolama sırasında stabil kalmaları nedeniyle yumurtanın ağırlık kaybını geciktirmede ve iç kalitesini korumada etkili olduğu bildirilmiştir. Hidrofobik lipitler, suda çözünmeyen biyolojik moleküllerdir ve lipit kaplamaların hidrofobikliği kırılabilir özellik göstermelerine neden olur. Yumurta kabuğundaki gözenekleri kapatarak CO<sub>2</sub> ve su buharı kaybına karşı iyi bir bariyer oluşturan lipit kaplamaların en büyük dezavantajı zayıf mekanik özellik göstermeleri ve oksidasyon gelişimidir (Hassan ve ark., 2018).

Kabuklu yumurtaların (özellikle yıkanarak temizlenen yumurtaların) mineral yağla muamele edilerek depolanması yumurta sektöründe uzun yıllardır uygulanan ve çok sayıda araştırmaya konu olmuş bir yöntemdir (Biladeau & Keener, 2009; Heath & Owens, 1978; Jirangrat ve ark., 2010; Rutherford & Murray, 1963; Waimaleongora-Ek ve ark., 2009). Bununla birlikte, yumurta kaplamada mineral yağlara alternatif olarak kullanılan bitkisel yağlar arasında yer fıstığı yağı, pamuk tohumu yağı, hindistan cevizi yağı, soya fasulyesi yağı, kanola yağı, mısır yağı, üzüm çekirdeği yağı, keten tohumu yağı, zeytinyağı ve ayçiçeği yağı bulunmaktadır (Obanu & Mpiere, 1984; Ryu ve ark., 2011; Sabrani & Payne, 1978; Wardy ve ark., 2010).

### Polisakkarit Bazlı Kaplamalar

Monosakkaritlerin glikozidik bağlarla bağlanmasıyla oluşan polisakkaritler doğal polimer yapıda ve doğada hızla bozunabilen biyomoleküllerdir (Thetsrimuang ve ark., 2011; Xu ve ark., 2019). Nişasta, selüloz, kitosan ve pektin başta olmak üzere yaygın olarak bulunabilmeleri, düşük maliyetli oluşları ve kimyasal olarak da modifiye edilebilme avantajları polisakkaritlerin yumurta kaplamalarında kullanılmasına olanak sağlamıştır. Bu polisakkaritlerden özellikle hayvanlar ve insanlar için temel enerji kaynağı olan nişastanın en önemli dezavantajları kırılabilir olması, yüksek düzeyde higroskopik ve düşük mekanik özellik göstermesidir (Avramescu ve ark., 2020; Luciano ve ark., 2022). Bu nedenle kaplamalarda kullanılacak ham nişastanın yüksek sıcaklık altında plastikleştirici ile muamele edilmesi zorunludur. Kitinin deasetilasyonu ile hazırlanan kitosan ise antimikrobiyal, antifungal ve bakteriyostatik özellikleriyle öne çıkmakta, ancak hazırlama ve muamele sıcaklıkları ile pH düzeyleri gibi kitosan kaplamaların başarısını etkileyen faktörlere dikkat edilmesi gerekmektedir (Hu & Ganzle, 2019; No ve ark., 2002; Xu ve ark., 2018).

Sofralık yumurtaların kaplanmasında yaygın olarak araştırılan ve kullanılan polisakkarit kaynakları nişasta (Eddin, 2017; Eddin & Tahergorabi, 2019; Mota ve ark., 2017; Salman ve ark., 2023), kitosan (Bhale ve ark., 2003; Caner & Cansız, 2007, 2008; Kim ve ark., 2009; No ve ark., 2007; Xu ve ark., 2018), pektin (Da S. Oliveira ve ark., 2020; Davalos-Saucedo ve ark., 2018; De Leo ve ark., 2018; Pellissery ve ark., 2022) ve selüloz (Salman ve ark., 2023; Suppakul ve ark., 2010; Xie ve ark., 2002)'dur.

### Sonuç

Yumurta içerdiği biyolojik değeri yüksek besin maddeleri ile insan beslenmesinde, fonksiyonel özellikleri ile gıda endüstrisinde ve sahip olduğu biyoaktif bileşenleri ile tıp, farmakoloji, kimya ve kozmetik sektörlerinde yaygın olarak kullanılan bir gıda maddesidir. Bu kadar geniş kullanım alanına sahip yumurtanın oluşumundan tüketimine-kullanımına kadar geçen süreçte iç ve dış kalitesinin korunması gerekmektedir. Doğrudan tüketicilere sunulan ilk kalite sınıfındaki sofralık yumurtalarda kullanım süresi yumurtanın yumurtlandığı tarihten itibaren 28 (Türkiye ve AB ülkelerinde) veya 45 (Amerika'da) gündür. Dolayısıyla bu süre zarfında yumurtlandığı andaki kalite derecesinden olabildiğince az kayıpla pazara sunulması ve kullanılması için uygun koşullarda depolanması zorunludur.

Araştırmacılar uzun yıllardır sofralık yumurtalarda saklama süresini uzatabilecek yöntemler üzerinde çalışmaktadırlar. Bu yöntemlerden biri yumurtaları fiziksel ve kimyasal değişikliklerden koruyabilecek kaplama uygulamalarıdır. Protein, lipit ve polisakkarit bazlı biyomoleküllerle hazırlanan kaplama materyalleri, su buharı ve CO<sub>2</sub> kaybı ile mikrobiyal kontaminasyona karşı iyi bir bariyer oluşturarak yumurtanın doğal kalite özelliklerinin daha uzun süre korunmasını sağlayabilmektedirler. Ayrıca kabuk mukavemetine de mekanik destek vererek kırık/çatlak oranlarının ve dolayısıyla gıda kaybı ve atık miktarlarının azaltılmasında da etkili olabilmektedirler.

Son yıllarda sağlıklı beslenme, gıda güvenliği ve çevre kirliliği konularında kamuoyunun artan farkındalığı araştırmacıları ve gıda sektörünü yumurtaların uzun süre depolanmasına olanak sağlayan, çok yönlü ve sürdürülebilir alternatif kaplama materyalleri arayışına yöneltmiştir. Protein, lipit ve polisakkarit kaynaklarının balmumu, propolis veya uçucu yağlarla modifiye edilerek biyoaktif kaplamaların oluşturulması, bitkisel sanayi kalıntılarının veya hayvansal yan ürünlerin kullanıldığı kaplama materyalleri ile çalışmalar yapılmaktadır. Bu yeni yaklaşımların çevre ve insan sağlığına uyumları ile üretim maliyeti açısından endüstriyel boyutta uygulanabilirliği değerlendirildiğinde gelecekte bir trend olarak öne çıkabileceği söylenebilir.

### Kaynaklar

- Altan, Ö. (2015). Yumurta – Oluşumu, kalitesi ve biyoaktif bileşenleri (1. bsk). Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye.
- Anonymous. (2024, Nisan 18). *Statista, Global egg production*. <https://www.statista.com/statistics/263972/egg-production-worldwide-since-1990/>
- Avramescu, S. M., Butean, C., Popa, C. V., Ortan, A., Moraru, I., & Temocico, G. (2020). Edible and functionalized films/coatings– Performances and perspectives. *Coatings, 10*, 687, <https://doi.org/10.3390/coatings10070687>

- Bhale, S., No, H. K., Prinyawiwatkul, W., Farr, A. J., Nadarajah, K., & Meyers, S. P. (2003). Chitosan coating improves shelf life of eggs. *Journal of Food Science*, 68, 2378–2383, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb05776.x>
- Biladeau, A. M., & Keener, K. M. (2009). The effects of edible coatings on chicken egg quality under refrigerated storage. *Poultry Science*, 88, 1266–1274, <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00295>
- Caner, C. (2005). Whey protein isolate coating and concentration effects on egg shelf life. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 2143–2148, <https://doi.org/10.1002/jsfa.2225>
- Caner, C., & Cansız, Ö. (2007). Effectiveness of chitosan-based coating in improving shelf-life of eggs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 227–232, <https://doi.org/10.1002/jsfa.2698>
- Caner, C., & Cansız, Ö. (2008). Chitosan coating minimises eggshell breakage and improves egg quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88, 56–61, <https://doi.org/10.1002/jsfa.2962>
- Caner, C., & Yüceer, M. (2015). Efficacy of various protein-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs during storage. *Poultry Science*, 94, 1665–1677, <https://doi.org/10.3382/ps/pev102>
- Da S. Oliveira, G., Dos Santos, V. M., Rodrigues, J. C., & Santana, A. P. (2020). Conservation of the internal quality of eggs using a biodegradable coating. *Poultry Science*, 99(12), 7207–7213, <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.09.057>
- Davalos-Saucedo, C. A., Rossi-Marquez, G., Regalado-Gonzalez, C., Alonzo-Macias, M., & Di Pierro, P. (2018). Application of transglutaminase crosslinked whey protein-pectin coating improves egg quality and minimizes the breakage and porosity of eggshells. *Coatings*, 8(12), 438, <https://doi.org/10.3390/coatings8120438>
- de Almeida, D. S., Schneider, A. F., Yuri, F. M., Machado, B. D., & Gewehr, C. E. (2016). Egg shell treatment methods effect on commercial eggs quality. *Ciencia Rural, Santa Maria*, 46(2), 336–341, <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140904>
- De Leo, R., Quartieri, A., Haghghi, H., Gigliano, S., Bedin, E., & Pulvirenti, A. (2018). Application of pectin-alginate and pectin-alginate-lauroyl arginate ethyl coatings to eliminate *Salmonella enteritidis* cross contamination in egg shells. *Journal of Food Safety*, 38(6), e12567, <https://doi.org/10.1111/jfs.12567>
- Eddin, A. S. (2017). Impact of sweet potato starch-based coating on quality and shelf-life of shell eggs during storage time. (Publication No. 10638797) [Master of Science, North Carolina A&T State University]. ProQuest Dissertations & Theses Global.
- Eddin, A. S., & Tahergorabi, R. (2019). Efficacy of sweet potato starch-based coating to improve quality and safety of hen eggs during storage. *Coatings*, 9(3), 205, <https://doi.org/10.3390/coatings9030205>
- Eddin, A. S., Ibrahim, S. A., & Tahergorabi, R. (2019). Egg quality and safety with an overview of edible coating application for egg preservation. *Food Chemistry*, 296, 29–39, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.182>
- EFSA & ECDC. (2019, Nisan 10). *European food safety authority and the European centre for disease prevention and control. The European Union one health 2018 zoonoses report*. <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/5926>
- EFSA. (2014). Scientific opinion on the public health risks of table eggs due to deterioration and development of pathogens. *EFSA Journal*, 12(7), 3782, <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3782>
- Ezazi, A., Javadi, A., Jafarizadeh-Malmiri, H., & Mirzaei, H. (2021). Development of a chitosan-propolis extract edible coating formulation based on physico-chemical attributes of hens' eggs: Optimization and characteristics edible coating of egg using chitosan and propolis. *Food Bioscience*, 40, 100894, <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100894>
- FAO. (2021, Nisan 10). *Food loss and waste database*. <https://www.fao.org/platform-food-loss-waste/flw-data/en/>
- FAO. (2024, Nisan 10). *Gateway to poultry production and products*. <https://www.fao.org/poultry-production-products/production/en/>
- FDA. (2022, Nisan 10). *Egg safety: What you need to know*. <https://www.fda.gov/media/82227/download>.
- Garcia, M. A., Martino, M. N., & Zaritzky, N. E. (1998). Plasticized starch-based coatings to improve strawberry (*Fragaria×ananassa*) quality and stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 3758–3767, <https://doi.org/10.1021/jf980014c>
- Hassan, B., Chatha, S. A. S., Hussain, A. I., Zia, K. M., & Akhtar, N. (2018). Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109, 1095–1107, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097>
- Heath, J. L., & Owens, S. L. (1978). Effects of oiling variables on storage of shell eggs at elevated temperatures. *Poultry Science*, 57, 930–936, <https://doi.org/10.3382/ps.0570930>
- Hernandez-Izquierdo, V. M., & Krochta, J. (2008). Thermoplastic processing of proteins for film formation-A review. *Journal of Food Science*, 73, R30–R39, <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00636.x>
- Hu, Z., & Ganzle, M. G. (2019). Challenges and opportunities related to the use of chitosan as a food preservative. *Journal of Applied Microbiology*, 126, 1318–1331, <https://doi.org/10.1111/jam.14131>
- Iversen, L. J. L., Rovina, K., Vonnice, J. M., Matanjun, P., Erna, K. H., Aqilah, N. M. N., Felicia, W. X. L., & Funk, A. A. (2022). The emergence of edible and food-application coatings for food packaging: A review. *Molecules*, 27, 5604, <https://doi.org/10.3390/molecules27175604>
- 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 and Technology*, 45, 490–495, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02150.x>
- Kaewprachu, P., Osako, K., Benjakul, S., Tongdeesontorn, W., & Rawdkuen, S. (2016). Biodegradable protein-based films and their properties: A comparative study. *Packaging Technology and Science*, 29, 77–90, <https://doi.org/10.1002/pts.2183>
- Kim, S. H., Youn, D. K., No, H. K., Choi, S. W., & Prinyawiwatkul, W. (2009). Effects of chitosan coating and storage position on quality and shelf life of eggs. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 1351–1359, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.01964.x>
- Kumari, M., Mahajan, H., Joshi, R., & Gupta, M. (2017). Development and structural characterization of edible films for improving fruit quality. *Food Packaging and Shelf Life*, 12, 42–50, <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.02.003>
- Luciano, C. G., Chacon, W. D. C., & Valencia, G. A. (2022). Starch-based coatings for food preservation: A review. *Starch*, 74, 2100279, <https://doi.org/10.1002/star.202100279>
- Meyer, R., & Spencer, J. V. (1973). The effect of various coatings on shell strength and egg quality. *Poultry Science*, 52(6), 703–711.
- 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, M1066–M1074, <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12855>
- No, H. K., Meyers, S. P., Prinyawiwatkul, W., & Xu, Z. (2007). Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: A review. *Journal of Food Science*, 72(5), R87–R100, <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00383.x>
- No, H. K., Park, N. Y., Lee, S. H., & Meyers, S. P. (2002). Antibacterial activity of chitosans and chitosan oligomers with different molecular weights. *International Journal of Food Microbiology*, 74, 65–72, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb10314.x>

- Obanu, Z. A., & Mpiერი, A. A. (1984). Efficiency of dietary vegetable oils in preserving the quality of shell eggs under ambient tropical conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 35, 1311–1317, <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740351207>
- OECD/FAO. (2022, Nisan 10). “OECD-FAO Agricultural Outlook”, *OECD Agriculture statistics (database)*. <http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-en>
- Pellissery, A. J., Vinayamohan, P. G., Xue, J., Wang, X., Viju, L. S., Joseph, D., Luo, Y., Donoghue, A. M., & Venkitanarayanan, K. (2022). Efficacy of pectin-based caproic acid, caprylic acid, linalool, and cuminaldehyde coatings in reducing *Salmonella Heidelberg* on chicken eggs. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 874219, <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.874219>
- Pires, P. G. S., Pires, P. D. S., Cardinal, K. M., & Bavaresco, C. (2020b). The use of coatings in eggs: A systematic review. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 312–321, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.019>
- Pires, P. G., Bavaresco, C., Leuven, A. F. R., Gomes, B. C. K., de Souza, A. K., Prato, B. S., Kindlein, L., & Andretta, I. (2020a). Plasticizer types affect quality and shelf life of eggs coated with rice protein. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 971–979, <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04130-9>
- Pires, P. G., Machado, G., Franceschi, C., Kindlein, L., & Andretta, I. (2019). Rice protein coating in extending the shelf-life of conventional eggs. *Poultry Science*, 98, 1918–1924, <https://doi.org/10.3382/ps/pey501>
- Pissinati, A., Oba, A., Yamashita, F., da Silva, C. A., Pinheiro, J. W., & Roman, J. M. M. (2014). Internal quality of eggs subjected to different types of coating and stored for 35 days at 25 °C. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(1), 531–540, <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n1p531>
- Rhim, J. W., Weller, C. L., & Gennadios, A. (2004). Effects of soy protein coating on shell strength and quality of shell eggs. *Food Science and Biotechnology*, 13, 455–459.
- Rutherford, P. P., & Murray, M. W. (1963). The effect of selected polymers upon the albumen quality of eggs after storage for short periods. *Poultry Science*, 42(2), 499–505, <https://doi.org/10.3382/ps.0420499>
- Ryu, K. N., No, H. K., & Prinyawiwatkul, W. (2011). Internal quality and shelf life of eggs coated with oils from different sources. *Journal of Food Science*, 76(5), S325–9, <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02177.x>
- Sabrani, M., & Payne, C. G. (1978). Effect of oiling on internal quality of eggs stored at 28 and 12 °C. *British Poultry Science*, 19(5), 567–571, <https://doi.org/10.1080/00071667808416515>
- Salman, K. Q., Mohammed, M. R., & Al-Shadeedi, S. M. J. (2023). Effect of some natural coating of table egg on shelf life during refrigerator storage. *Journal of Genetic and Environmental Resources Conservation*, 11(2), 103–113.
- Soares, R. A., Borges, S. V., Dias, M. D., Piccoli, R. H., Fassani, E.J., & Silva, E. M. C. (2021). Impact of whey protein isolate/sodium montmorillonite/sodium metabisulfite coating on the shelf life of fresh eggs during storage. *Food Science and Technology*, 139, 110611, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110611>
- Suppakul, P., Jutakorn, K., & Bangchokedee, Y. (2010). Efficacy of cellulose-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs. *Journal of Food Engineering*, 98, 207–213, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.12.027>
- Thetsrimuang, C., Khammuang, S., Chiablaem, K., Srisomsap, C., & Sarnthima, R. (2011). Antioxidant properties and cytotoxicity of crude polysaccharides from *Lentinus polychrous* Lev. *Journal of Food Chemistry*, 128, 634–639, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.077>
- Waimaleongora-Ek, P., Garcia, K., No, H. K., Prinyawiwatkul, W., & Ingram, D. (2009). Selected quality and shelf-life of eggs coated with mineral oil with different viscosities. *Journal of Food Science*, 74, 423–429, <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01341.x>
- Wardy, W., Torrico, D. D., No, H. K., Prinyawiwatkul, W., & Saalia, F. K. (2010). Edible coating affects physico-functional properties and shelf life of chicken eggs during refrigerated and room temperature storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 2659–2668, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02447.x>
- WHO. (2022, Nisan 10). *Food safety*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>
- Wong, Y. C., Herald, T. J., & Hachmeister, K. A. (1996). Evaluation of mechanical and barrier properties of protein coatings on shell eggs. *Poultry Science*, 75, 417–422, <https://doi.org/10.3382/ps.0750417>
- Xie, L., Hettiarachchy, N. S., Ju, Z. Y., Meullenet, J., Wang, H., Slavik, M. F., & Janes, M. E. (2002). Edible film coating to minimize eggshell breakage and reduce post-wash bacterial contamination measured by dye penetration in eggs. *Food Science*, 67(1), 280–284, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb11398.x>
- Xu, D., Wang, J., Ren, D., & Wu, X. (2018). Effects of chitosan coating structure and changes during storage on their egg preservation performance. *Coatings*, 8(9), 317, <https://doi.org/10.3390/coatings8090317>
- Xu, L., Zhang, H., Lv, X., Chi, Y., Wu, Y., & Shao, H. (2017). Internal quality of coated eggs with soy protein isolate and montmorillonite: Effects of storage conditions. *International Journal of Food Properties*, 20(8), 1921–1934, <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1224896>
- Xu, Y., Wu, Y., Sun, P., Zhang, F., Linhardt, R. J., & Zhang, A. (2019). Chemically modified polysaccharides: Synthesis, characterization, structure activity relationships of action. *International Journal of Biological Macromolecules*, 132, 970–977, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.213>