

## Sıvı Yumurtaların Dondurulması ve Dondurma Nedeniyle Oluşan Kalite Problemleri

Meltem Serdaroğlu

Eylem Ezgi Deniz

E.Ü.Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Et Teknolojisi Bilim Dalı, 35100 Bornova İzmir

**Özet:** Yumurta gerek bütün halde, gerekse sarısı ve akı olarak birçok gıda sanayi ürününün formülasyonunda yer almaktadır. İşlenmiş yumurtalar taze yumurtalara göre pastörize ürünlerdir ve daha uzun raf ömrüne sahiptirler. Bu yumurtaların besin değerinde, lezzetinde ve fonksiyonel özelliklerinde taze kabuklu yumurtalara göre önemli bir fark bulunmamaktadır.

Donma ve çözünmeyle yumurta sarısında jelleşme olarak adlandırılan geri dönüşümsüz değişiklikler olmaktadır. İstenilmeyen bir durum olan jelleşme, yumurtanın fonksiyonel özelliklerini azaltmakta ve ürünlere işlenmesini engellemektedir. Jelleşme oranı yumurta karışımına eklenen tuz ve şeker gibi katkılar, çözünme sıcaklığı, depolama süresi ve sıcaklığı ve donma hızı gibi faktörlerden etkilenmektedir. Yumurta sarısında jelleşme, düşük yoğunluklu lipoproteinlerin denatürasyonu sonucu oluşmaktadır. Donma ve çözünme sonrasında LDL'nin viskozitesinde artış, çözünürlüğünde azalma olmaktadır. %10 oranında eklenen tuz, sakroz, glikoz ve fosfat yumurta sarısında jelleşmeyi önlemektedir.

**Anahtar sözcükler:** Yumurta, jelleşme, LDL, dondurulmuş yumurta

### Freezing of Liquid Eggs and Quality Changes During Freezing

**Abstract:** Eggs as a whole or albumin and egg yolk are used in many food products formulation. Processed eggs that is a pasteurized product have a long shelf life than fresh eggs. There is no differences between nutritive values and functional properties.

Freezing-thawing causes an irreversible change in yolk's fluid texture, has been termed gelation. Yolk gelation is undesirable process because it reduces functionality and makes it difficult to mix with other ingredients. Frozen storage time and temperature, freezing and thawing rate and addition of salt and sugars affect the extent of gelation. It has been generally accepted that yolk gelation seems to be caused by denaturation of the low density lipoprotein (LDL), largely present in egg yolk. After freezing and thawing, the viscosity of LDL increases and its solubility extremely reduces. Sodium chloride, sucrose, phosphates, glyucose at 10% level are commonly added to egg yolk to prevent gelation.

**Key words:** Egg, gelation, LDL, frozen egg.

### Giriş

Yumurta bileşiminde %74 su içermekle birlikte, önemli bir protein kaynağıdır. Doymamış yağ asitlerinden özellikle oleik asidi, minerallerden demir ve fosforu, vitaminlerden ise A, D, E, K, B<sub>12</sub> vitamini de dahil olmak üzere B grubu vitaminlerini de önemli miktarlarda içerir. Yumurta yüksek besin içeriği ve düşük kalori değeri nedeniyle her yaştaki insanın diyetinde yer alması gereken bir gıda maddesidir (Cook ve Briggs, 1973; Stadelman ve ark., 1988; Hunton, 1993).

Yumurta gerek bütün halde veya sarısı ve akı olarak, unlu mamuller, makarna ürünleri, bebek mamaları, dondurma, salata sosları ve mayonez gibi birçok gıda sanayi ürününün

formülasyonunda yer almaktadır. Taze yumurta kullanan gıda işleme tesislerinde, üretim sırasında yüzlerce yumurtanın kırılması için harcanan zaman, bu yumurtaların kabuklarının oluşturduğu atıklar ve kabuklu yumurtanın depolanması için ayrılması zorunlu olan geniş alan gereksinimi, işletme açısından önemli problemler oluşturmaktadır. Birçok ülkede taze yumurta, gerek gıda sanayiinde gerekse evlerde kullanılmak üzere pastörizasyon, kurutma ve dondurma teknikleriyle işlenerek tüketiciye ulaşmaktadır. Yumurtanın endüstriyel olarak işlenmesi standart dışı küçük, kabukları lekeli yumurtaların da kullanılabilmesini sağlamaktadır.

Dondurularak, soğutularak veya kurutularak işlenen yumurtaların besin değerlerinde, lezzetinde ve fonksiyonel özelliklerinde taze kabuklu yumurtalara göre önemli bir fark bulunmamaktadır. Yumurta emülsiyeye etme, köpürme, bağlama, kaplama gibi fonksiyonel özellikleri nedeniyle formülasyonuna eklendiği gıdaların stabilite ve tekstürel özelliklerinin gelişimini sağlar. Mayonez üretiminde dondurulmuş ve taze yumurtaların fonksiyonel özellikleri incelendiğinde, dondurulmuş yumurta kullanılan mayonezlerin, taze yumurta kullanılanlara oranla daha kararlı olduğu saptanmıştır. Dondurma işlemi, krema hazırlanmasında kullanılan yumurtanın fonksiyonel özelliklerini de etkilememektedir. İşlem görmemiş bütün yumurtalardan yapılan pandispanyaların hacminde ve çırpma özelliklerinde, donmadan kaynaklanan negatif bir etkinin olduğu saptanmamıştır.

Raf ömrü açısından incelendiğinde, taze yumurta 0°C'da %70-80 bağıl nemde 6 ay veya daha uzun süre depolanabilmektedir. Kurutulmuş bütün yumurta ve dondurulmuş yumurta sarısının raf ömrü 12 ay, +4°C da depolanan sıvı yumurtaların ise raf ömrü 28 gündür (Martin ve Schoch, 1977).

### **Yumurtanın Kimyasal Kompozisyonu**

Bütün yumurtanın, %8-11'ini kabuk, %56-61'ini yumurta akı, %27-32'sini ise yumurta sarısı oluşturmaktadır. Kabukları ayrılmış yumurtanın ise, %64'ü yumurta akı, %36'sı sarıdır. Yumurta akının en büyük bileşeni sudur, toplam kuru madde içeriği tavuk ırkına ve yaşına bağlı olarak değişmekle birlikte, %11-13 arasındadır. Protein, sudan sonra yumurta akının en büyük bileşenidir. Yumurta akında bulunan protein miktarı, tavuğun yaşına göre değişmektedir. Yumurta ağırlığının artışına bağlı olarak, her 1g'lık yumurta akı artışı sonucunda proteinde 0,09 g artış olmaktadır. Yumurta akındaki karbonhidrat içeriği, serbest formda karbonhidratlar ve proteinlere bağlı karbonhidratlar olmak üzere iki farklı formdadır. Serbest karbonhidratların başında glikoz yer almaktadır (Stadelman ve ark., 1988).

Yumurta sarısının toplam kuru madde içeriği %50'dir. Yumurtaların depolanması sırasında yumurta sarısına, akından su taşınır ve yumurta sarısının kuru madde miktarı azalır. Yapılan bir araştırmada 24°C'da 16 gün depolanan yumurta sarılarında kuru madde içeriğinin % 53,5'dan %49'a düştüğü saptanmıştır. Yumurta sarısındaki lipid kompozisyonunda % 65,5 trigliseridler, % 28,3 fosfolipidler ve % 5,2 kolesterol bulunmaktadır (Mountey, 1976).

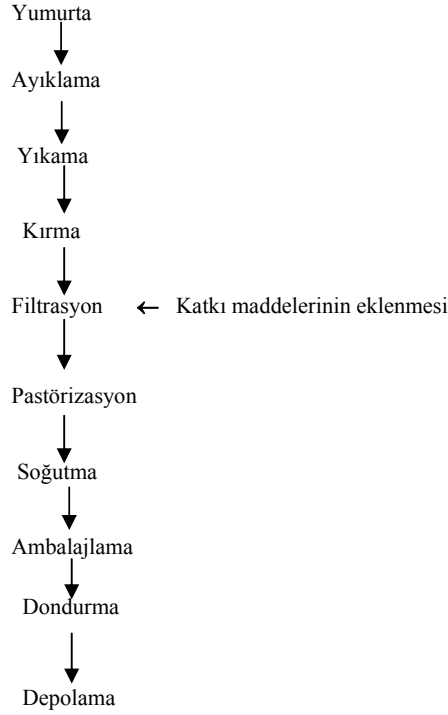
Tablo 1. Yumurthanın Kimyasal Kompozisyonu

	%	Su (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)
Bütün yumurta	100	65.5	11.8	11.0	11.7
Akı	58	88.0	11.0	0.2	0.8
Sarı	31	48.0	17.5	32.5	2.0
		Kalsiyum karbonat (%)	Magnezyum karbonat (%)	Kalsiyum fosfat (%)	Organik madde (%)
Kabuk	11	94.0	1.0	1.0	4.0

Moutney, 1976

### Yumurta Ürünlerinin Üretim Safhaları

Yumurta ürünlerinin işleme aşamaları Şekil 1'de verilmiş daha sonra bu aşamalar kısaca açıklanmıştır.



Şekil 1. Dondurulmuş Yumurta Üretiminin İşlem Basamakları

**Ayıklama:** Ayıklama aşamasında, yumurtalar iriliklerine göre sınıflandırılır, kabuklarında çatlak ve kırık bulunanlar ayrılır.

**Yıkama:** Yumurtalar kırılma öncesinde 100- 200 ppm klor çözeltisi ile yıkanır ve daha sonra basınçlı su ile durulanır.

**Kırma:** Yıkanan yumurtalar kabuk kırma makinesine gelir ve kabuklarından ayrılır, ürün özelliğine göre sarısı ve akı ayrılır veya bütün olarak toplanır.

**Filtrasyon:** Yumurta sarısı ile akını karıştırmak için karıştırma işlemi uygulanır, kabuk ve diğer yabancı maddeleri uzaklaştırmak amacıyla karışım filtre edilir.

**Pastörizasyon:** Yumurta pastörizasyonunda hedeflenen, *Salmonella*'nın öldürülmesidir. Yumurta akı, bütün yumurta ve yumurta sarısında kimyasal kompozisyon ve pH farklılığına bağlı olarak *Salmonella*'nın ısı direnci değişiklik göstermektedir (Stadelman ve ark., 1988).

Tablo 2. Yumurta Ürünlerinde Minimum Pastörizasyon Sıcaklıkları

Bütün yumurta	60.0°C/ 3.5 dak
Tuz katkılı bütün yumurta	63.3°C/ 3.5 dak.
Şeker katkılı bütün yumurta (%2-10)	61.1°C/3.5 dak.
Akı	56.7°C/ 3.5 dak.
Sarısı	61.1°C/ 3.5 dak.
Şeker katkılı yumurta sarısı	63.3 °C/3.5 dak.
Tuz katkılı yumurta sarısı	63.3°C/3.5 dak.

Pastörizasyonda yumurta akı veya sarısında pH ayarlanarak daha düşük sıcaklıklar kullanılabilir. pH'sı 4.6'ya ayarlanmış yumurta sarısı 60°C'da 1 dakika pastörize edilmektedir. Yumurta akında ise pH 7'nin altındaki değerler *Salmonella*'nın ısı direncini azaltmakla birlikte yumurta akının fonksiyonel özelliklerinin zarar görmesine neden olmaktadır. *Salmonella*'nın ısı direncini azaltmak amacıyla laktik asit kullanarak pH 6.8-7.3'e ayarlanmaktadır.

Yumurta akına eklenen alüminyum sülfat konalbüminin şelat yapma özelliğinin artmasına neden olarak pastörizasyonun olumsuz etkilerini engelleyebilir, pH'sı 7'ye ayarlanarak alüminyum eklenen yumurta akı 60-62°C'da 3.5-4 dakika pastörize edilebilir (Mountney, 1976).

Yumurta akına ısı işlem uygulandığında ilk dikkate değer değişme köpürme yeteneğinde görülür. Sarı ile karışmış yumurta akında ise köpürme özelliği sıcaklıkla iyileşme göstermektedir.

Yumurta sarısı ürünlerinin emülsifiye etme özelliği ısı işleminden çok az etkilenmektedir. Sıvı yumurtaya sakkaroz, glikoz, fruktoz, arabinoz gibi karbonhidratların eklenmesi sülfidril gruplarının oluşumunu engelleyerek ısı denatürasyonuna dayanıklılığı arttırmaktadır (Cunningham, 1973).

**Soğutma:** Pastörize edilen yumurta karışımı hızla 3.3°C'a soğutulur.

**Paketleme:** Yumurta ürünleri 2-4 kg'lık karton ve 10-15 kg'lık teneke ve plastik kutularda ambalajlanır ve dondurulur.

**Dondurma:** Yumurta sarısının donma noktası -0.85°C'dır. Pastörize edilen yumurtalar soğutulduktan sonra -23°C ile -40°C arasında hızla dondurulur. Yumurta akında ve sarısında donma sırasında oluşan buz miktarı başlangıç toplam nem yüzdesinden ve donma sıcaklığından etkilenmektedir. -1°C'da dondurulan yumurta akında buz miktarı %48, dondurma sıcaklığı -30°C'a düşürüldüğünde ise buz miktarı %94'e çıkmaktadır. Yumurta akında bulunan düşük tuz ve şeker konsantrasyonu (%0.6 kül, %0.9 karbonhidrat), yüksek donma derecelerinde daha fazla buz oluşmasının nedeni olarak gösterilmektedir (Martin ve Schoch, 1977). Yumurta sarısında (başlangıç nem miktarı %50) ise, buz miktarı aynı donma sıcaklıklarında daha düşük olmaktadır. Suyun önemli bir kısmı sarıda bulunan bileşiklere kuvvetli şekilde bağlı olduğundan buz kristallerine dönüşmemektedir.

**Depolama:** Dondurulmuş sıvı yumurtalar -18°C ile -23°C'lik odalarda depolanır (Martin ve Schoch, 1977).

#### **Donmanın Neden Olduğu Değişiklikler**

Donma ve çözünmenin etkisiyle yumurta sarısında çözünürlüğün azalması ve viskozitedeki geri dönüşsüz artış, yumurta sarısında ve bütün yumurtada önemli bir kalite problemi olan jel oluşumuna neden olmaktadır. Dondurulmuş yumurta sarısında oluşan jel istenmeyen görünüme neden olmasının yanı sıra, bu durumdaki yumurta karışımının diğer bileşenlerle karıştırılması zor olduğundan ürünlere işlenmesi mümkün olmamaktadır (Telis ve Kieckbusch, 1997). Yumurta akında ise dondurma ile jel oluşumu gözlenmemektedir. Jelleşme oranı donma hızı, yumurta karışımına eklenen tuz ve şeker gibi katkıları, depolama süresi ve sıcaklığı ile çözünme sıcaklığı gibi faktörlerden etkilenmektedir (Wakamatu ve ark.,1983).

Bütün yumurta karışımında da dondurma ve çözündürme sonrasında jel oluşumu kaliteyi etkileyen önemli bir teknolojik problemdir. Jel miktarı sarıdakine göre daha azdır ve yumurta akı, bütün yumurtada jel görünümünü azaltmaktadır. Bununla birlikte dondurulmuş ve çözündürülmüş bütün yumurtalarda topaksı bir görünüş oluşmaktadır. Donma bütün yumurta plazmasını jelatinize etmezken, sarı plazmasını jelatinize etmektedir (Cunningham, 1973).

Yumurta sarısının donma noktası yaklaşık olarak -0.85°C olmasına rağmen -6°C'a kadar jel oluşumu gözlenmemektedir. Yumurta sarısında -18°C'da hızlı bir jelleşme olmaktadır. Yumurta sarısında jel oluşumu için yeterli miktarda suyun sıvı fazdan buz fazına geçmesi gerekmektedir. -6°C'da donmuş yumurta sarısındaki buz miktarı başlangıçtaki suyun %81'i kadardır. Yumurta sarısının sıcaklığı 0°C'dan -6°C'a düştüğü zaman, donmamış fazdaki tuz konsantrasyonu 5 kat artacak ve sıcaklıktaki düşmeyle birlikte yumurta sarısındaki buz miktarı artacaktır. Sıcaklık -10°C'dan -14°C'a

düşükçe, depolama süresi uzun veya kısa olsun jelleşme hızı artmaktadır (Chang ve ark., 1977).

Dondurma hızı jel oluşumunu etkilemektedir, dondurma hızı yüksek olduğunda jel oluşumu azalmaktadır. Yumurta sarısının hızlı dondurulmasıyla oluşan buz kristalleri küçük olmakta ve daha az protein dehidrasyonuna neden olmaktadır (Kamat ve ark., 1976).

Hızlı dondurulan (12dk) yumurta sarısı çözündüğünde viskozitesi, 40-70 dakikada dondurmaya göre daha düşük olmaktadır. Jelleşme çözündürme koşullarından da etkilenmektedir. Hızlı çözündürme ile jelleşme azalmakta, çözündürme sıcaklığı yüksek olduğunda jel erimektedir (Cook ve Briggs, 1973). Yumurta sarısı sıvı azotta dondurularak, -80°C'da 3 hafta depolama sonrasında 25°C'daki suda çözündüğünde akışkanlığının değişmediği belirlenmiştir (Chang ve ark., 1977).

### **Jel Oluşum Mekanizması**

Dondurulmuş sıvı yumurtada jel oluşumunun başlamasının ilk nedeni donma sırasındaki buz oluşumudur. Çözücü su kütlelerinin buza dönüşümü, çözünen konsantrasyonunun artmasına neden olarak yumurta sarısı partikülleri üzerine mekaniksel baskı yapmaktadır. Böylece partiküller arası temas kolaylaşmakta ve bu temasların sayısı ve doğası sıvı yumurtada kümelenme tipini ve jelin son özelliğini belirlemektedir. Jelleşmede, su önemli bir rol oynamaktadır. Buz kristallerinin oluşumu proteinleri dehidre ederek tuz konsantrasyonunun artmasına neden olmaktadır. Molekülleri çevreleyen su katmanı, yumurta sarısı lipoproteinlerinin toplanmasını ve yeniden düzenlenmesini kolaylaştırmaktadır. Yumurta sarısında bulunan yüksek yoğunluklu lipoproteinler, lipovitellenin ve lipovitellindir. Plazma kısmının bileşiminde, lipid içermeyen globüler proteinler olan livetinler ve düşük yoğunluklu lipoproteinler bulunmaktadır. Granüller, yumurta sarısında toplam kuru maddenin % 19-23'ünü oluşturmaktadır, bu miktarın %70 lipovitellin ( $\alpha$  ve  $\beta$ ), %16 fosvitin ve %12 düşük yoğunluklu lipoproteinlerden (LDL) oluşmaktadır. Granül miktarı arttıkça viskozitede artmaktadır (Kamat ve ark., 1976).

Yumurta sarısının jelleşmesi, lipid-protein bağlarının ayrılmasına neden olan protein molekülleri arasındaki etkileşim sonucunda olmaktadır. Bu etkileşimler, hidrofobik bağ, hidrojen bağı ve elektrostatik kuvvetleri kapsamaktadır. Yumurta sarısında bulunan düşük yoğunluklu lipoproteinlerin donma ve çözünmeyle viskozitesi artmakta, çözünürlüğü ise azalmaktadır. Yumurta sarısındaki jelleşmeden düşük yoğunluklu lipoproteinler sorumludur. Basit olarak LDL'ler, fosfolipid ve polipeptidlerin tek moleküllü filmlerinin stabilize ettiği trigliserid yağ küreleridir. Donma ve çözünmeden sonra LDL'lerin viskozitesinde belirgin artış, çözünürlüğünde azalma olmakta ve LDL kümelenmesi meydana gelmektedir (Wakamatu ve ark., 1980).

Fosfolipid ve polipeptidler LDL yüzeyini tam kaplamazlar. Bir tanecikte en az 2 ya da 6 tane polipeptid zinciri bulunmaktadır ve LDL taneciklerinin çapı 15 ile 50 nm arasında

değişmektedir, yüzey gerilimini azaltan polimerik maddelerle stabilize olan çok küçük emülsiyon damlalarıdır. Jelleşme, bitişik LDL taneciklerinin peptid ve fosfolipid polar baş gruplarının çapraz bağlanması sonucunda non-spesifik kümelenmesi ile oluşmaktadır. Donma sırasında, ara taneciklerin teması oluşmakta ve çözücü suyun buza dönüşümü ile taneciklerin konsantrasyonu arttığından sıkılaşmaktadır (Kamat ve ark., 1976).

### **Dondurulmuş Yumurtada Jelleşmenin Önlenmesi**

Yumurta karışımına eklenen NaCl ve şeker gibi katkıları, donma sırasında LDL konsantrasyonunun belirgin artışını engeller ve LDL taneciklerinin ara bölgelerinin çözünmesini sağlayarak jelleşmenin oluşumunu önler (Kamat ve ark., 1976).

Bu amaçla sakkaroz, glikoz, arabinoz, galaktoz, gliserol, sorbitol, mısır şurupları, propilen glikol, fosfatlar ve NaCl, dondurulmuş sıvı yumurtada jelleşmeyi önleyici katkıları olarak kullanılmaktadır (Meyer ve Woodburn, 1965). NaCl ve şeker, jel oluşumunu önlemede yaygın olarak kullanılan katkılarıdır ve genellikle %5 ile %10 arasında değişen oranlarda kullanılmaktadır. NaCl pH'yı düşürmektedir, sadece globulinlerin ve düşük yoğunluklu lipoproteinlerin bulunduğu yumurta sarısı plazmasına NaCl eklendiği zaman, jel oluşumu önlenmektedir. Belirli bir donma sıcaklığında ve depolama süresinde yumurta sarısında oluşan granüllerin boyutları ve sayısı, aynı şartlar altında dondurulan ve depolanan plazmadaki granüllerin boyutları ve sayısından daha büyüktür. Yumurta sarısında bulunan granüller, donma sırasında donmamış fazda bulunan yüksek miktardaki NaCl konsantrasyonu tarafından parçalanarak, jelleşmeye neden olmaktadır. Bununla birlikte NaCl'nin yumurta sarısını jelleşmeye karşı koruyucu etkisi de bulunmaktadır, fakat bu etki konsantrasyona ve dondurularak depolama sıcaklığına bağlıdır. NaCl, donma sırasında LDL partiküllerini stabilize ederek absorblanmış tabakaların çözünmesine neden olur ve bu etkisi nedeniyle jel oluşumunu engeller. NaCl, LDL jelleşmesini önleyici olarak görev yaptığında örnekteki donmamış suyu arttırmakta, jelleşmeyi hızlandırıcı bir görev yapıyorsa, suyun LDL-su-NaCl kompleksinden uzaklaşmasını hızlandırmaktadır (Wakamatu ve ark., 1983).

LDL, sodyum klorür varlığında bile yumurta sarısının jelleşmesinden sorumlu ana bileşendir. Kritik nem ile donmayan suyun farkına eşit olan serbest ya da kapiler yoğunlaşmış su, LDL toplanmasının önlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Sodyum klorür varlığında ise, NaCl konsantrasyonunun kendisi yumurta sarısına zarar vermemektedir ve suyun kademe kademe uzaklaşması jelleşmede en önemli faktördür (Wakamatu ve ark., 1983).

Dondurma işlemi, suyun yapısındaki değişikliğe bağlı olarak LDL'nin kümelenmesini arttırmaktadır. Doğal yumurta sarısından elde edilen LDL, kağıt elektroforezinde kağıt üzerinde taşınırken, -23°C'da 24 saat dondurulup çözündürülen LDL'nin merkezde kaldığı saptanmıştır. Yumurta sarısının dondurularak depolanması ve çözünmesi sırasında lipoprotein etkileşimi, LDL elektroforetik hareketindeki kayıp sonucu

oluşmaktadır. Jelleşmiş yumurta sarısında fosvitin veya kalsiyum, kümelenmiş proteinler arasında bağlayıcı bileşenler olarak hareket eder. Yumurta sarısından elde edilen LDL-içeren plazma, -20°C ile -25°C civarında 24 saat dondurulduğunda çözündürülen plazmanın çok az bir kıvama sahip olduğu görülmüştür. Yumurta sarısının jelleşmesini önleyen bileşikler plazma jelleşmesini de önlemektedir. Çözünmüş plazma, % 15'lik NaCl içine konduğunda, toplam LDL'nin sadece %15'i çözülmektedir. Dondurulmuş plazmadaki çözülen LDL'nin fiziksel ve kimyasal özellikleri doğal LDL ile benzerdir (Chang ve ark., 1977).

Yumurta sarısının jelleşmesinde etkili olan LDL misellesi plazmayı oluşturmaktadır. Yumurta sarısının jelleşmesini önleyen NaCl bu nedenle plazmaya uygulanabilmektedir. NaCl doğal plazmaya %2.5 ve 10 oranında eklendiğinde viskozite, NaCl konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak artmıştır. %2.5 ve 10 NaCl içeren plazma örnekleri -14°C'da 72 saat dondurulduğunda viskozitede değişiklik olmamıştır. NaCl'siz plazma örneği -14°C'da 72 saat dondurulduğunda viskozite artmıştır. Dondurulup çözündürülen plazmada NaCl'nin kryoprotektif etkisi, %2.5 ve 10 düzeylerinde aynıdır (Chang ve ark., 1977).

Fruktoz yumurta sarısındaki demirle şelat oluşturmakta ve proteinin çapraz bağlanmasına neden olarak jelleşmeyi engellemektedir. Tuzlu yumurta sarıları, mayonez ve salata soslarında, şekerli yumurta sarıları ise keklerde, tatlı çöreklerde ve dondurmada kullanılmaktadır (Telis ve Kiesbusch, 1998).

Yumurta sarısı papain, tripsin, rhozyme, bromelin, krotoksin, fisin gibi proteolitik enzimlerle muamele edildiğinde, dondurma nedeniyle oluşan jel oluşumu önlenmektedir (Meyer ve Woodburn, 1965). Yumurta sarısında jel oluşumu sırasında lesitin ve lesito-protein kompleksi değişmektedir. Bu enzimler jelleşmeye neden olan LDL'deki protein kısımlarını hidrolizlemekte ve jel oluşumunu engellemektedirler. Krotoksin (Lesitinaz A) lipoprotein komplekslerine lipidi proteinden ayırmadan bağlanmaktadır. Donmadan önce veya sonra Krotoksin (Lesitinaz A) ile inkübasyonla jelleşme azalmaktadır. LDL miselinin yüzeyindeki proteinlerin proteolizi jelleşmeyi önlemektedir. Yumurta sarısının plazması, bromelin ile muamele edildiğinde plazma jelleşmesi önlenmektedir. Bu enzimlerden sadece papainin duyuşal özellikler üzerine olumsuz etkileri bulunmamaktadır. En etkili proteolitik muamele, 25°C'da 15-20 dakikalık inkübasyon süresiyle %0.05 oranında papain kullanımındır.

Homojenizasyon, kolloid mil gibi mekaniksel işlemler de donmuş yumurta sarısının viskozitesini azaltarak jelleşmenin azalmasına neden olmaktadır (Cunningham, 1973).

### **Sonuç**

Yumurta birçok ülkede pastörizasyon, kurutma ve dondurma teknikleri ile işlenerek işlenmiş gıda olarak pazarlanmaktadır. Bu ürünler tüketiciye depolama ve işleme aşamalarında kolaylık sağlamakta, raf ömrü ise taze yumurtaya göre oldukça uzun olmaktadır. Ayrıca pastörize ürün olduklarından, tüketiciye daha güvenli bir ürün olarak



sunulmaktadır.

İşletmelere zaman ve yer kazancı sağlamakta, standart dışı yumurtaların da değerlendirilmesi sağlanmaktadır.

### **Kaynaklar**

- Chang, C.H., Powrie, W.D. and Fennema, O. 1977. Studies on the Gelation of Egg Yolk and Plasma Upon Freezing and Thawing. *J. Food Sci.* 42 (6): 1658-1665.
- Cook, F. and Briggs, G.M. 1973. Nutritive Value of Eggs. In *Egg Science and Technology*, W.J. Stadelman, O.J. Cotterill (Ed.), s.91. The Avi Publishing Company, Inc., US.
- Cunningham, F.E. 1973. In *Egg Science and Technology*, W.J. Stadelman, O.J. Cotterill (Ed.), s. 153. The Avi Publishing Company, Inc., US.
- Hunton, P. 1993. Why Consumers are Really Healthy People. *Poultry International*. July, 48-50.
- Kamat, V., Graham, G., Barratt, M. and Stubbs, M. 1976. Freeze-Thaw Gelation of Hen's Egg Yolk Low Density Lipoprotein. *J. Sci. Food Agric.* 27: 913-927.
- Martin, S. and Schoch, T.J. 1977. Precooked Frozen Foods. In *Fundamentals of Food Freezing*, N.W. Desrosier, D.K. Tressler (Ed.), s. 396. Avi Publishing Company, Inc., Connecticut.
- Meyer, D.D. and Woodburn, M. 1965. Gelation of Frozen-Defrosted Egg Yolk as Affected by Selected Additives: Viscosity and Electrophoretic Findings. *J. Food Sci.* 44: 437-445.
- Mountney, G.J. 1976. Eggs- Physical, Chemical, Nutritional and Functional Characteristics. In *Poultry Products Technology*, s. 320-325. Avi Publishing Company, Inc., Connecticut.
- Stadelman, W.J., Olson, V.M., Shemwell, G.A., Posch, S. 1988. *Egg and Poultry Meat Processing*. Ellis Harword Ltd. Chiester, England.
- Telis, V.R.N. and Kieckbusch, T.G. 1997. Viscoelasticity of Frozen/ Thawed Egg Yolk. *J. Food Sci.* 62(3): 548-550.
- Telis, V.R.N. and Kieckbusch, T.G. 1998. Viscoelasticity of Frozen/ Thawed Egg Yolk as Affected by Salts, Sucrose and Glycerol. *J. Food Sci.* 63(1): 20-24.
- Wakamatu, T., Sato, Y. 1980. Studies on Release of Components from Frozen- Thawed Low Density Lipoprotein (LDL) of Egg Yolk. *J. Food Sci.* 45: 1768-1772.
- Wakamatu, T., Sato, Y. and Saito, Y. 1983. On Sodium Chloride Action in the Gelation Process of Low Density Lipoprotein (LDL) from Hen Egg Yolk. *J. Food Sci.* 48: 507-512.