



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN NİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



LAKTİK ASİT BAKTERİLERİ
KULLANILARAK ÜRETİLEN YUMURTA
AKI TOZLARININ FONKSİYONEL
ÖZELLİKLERİN BELİRLENMESİ

Merve YAŞKIR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Eylül-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Merve YAŞKIR tarafından hazırlanan “LAKTİK ASİT BAKTERİLERİ KULLANILARAK ÜRETİLEN YUMURTA AKI TOZLARININ FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİN BELİRLENMESİ” adlı tez çalışması 18/09/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Durmuş SERT

.....

Üye

Doç. Dr. M. Kürşat DEMİR

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. S. Savaş DURDURAN
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Merve YAŞKIR
Tarih:18.09.2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

LAKTİK ASİT BAKTERİLERİ KULLANILARAK ÜRETİLEN YUMURTA AKI TOZLARININ FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİN BELİRLENMESİ

Merve YAŞKIR

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Durmuş SERT

2019, 65 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Durmuş SERT

Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN

Doç. Dr. M. Kürşat DEMİR

Yumurta akı yani albümin , pastane ürünleri, kremalı pastalar,et ürünleri gibi protein yönünden zengin ve bir çok gıda için temel oluşturucu bir maddedir. Desugarizasyon işlemi yani yumurta akından glikozun giderilmesi bakteri kültürü,glikoz oksidaz enzimi ve maya yöntemleri kullanılabilir. Desugarizasyon işleminde *Lb. brevis*, *Lb.fermenti*, *Lb.casei*, *Lb.plantarum* ve *Lb. helveticus* gibi laktik asit kültürleri kullanılarak yumurta akı tozları üretilmiştir. Üretilen tozların kekleşme, partikül boyut dağılımı, kohezyon ve PFSD analizleri yapılmıştır. *Lb. helveticus* numunenin çoğunluğunun aynı partikül boyutların dağılımında olduğu, span ,hacim ve yüzey ağırlıklı ortalama değerlerine bakıldığında diğer bakterilere göre en yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Span değerleri göz önüne alındığında *Lb. helveticus* ile üretilen toz partiküllerin akış özelliği bakımında diğerlerine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Kekleşmeye karşı hassasiyeti yüksek olan *Lb. plantarum* ve *Lb. brevis* ile üretilen tozlar olup en dayanıklı toz numuneler ise *Lb. fermenti* ve *Lb. casei* ile üretilen tozlardır. Kohezyon katsayısı negatif yönde en yüksek artış *Lb. fermenti* bakterisinden üretilen yumurta akı tozudur. Bakteriyel fermantasyonun kullanılması, işçilik ve malzeme bakımından nominal maliyette, iyi bir lezzette yumurta akı tozu ürününe neden olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: yumurta akı tozu, albümin, partikül boyut dağılımı, kekleşme, desugarizasyon ve sprey kurutucu.

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINATION OF FUNCTIONAL PROPERTIES OF EGG WHITE POWDER PRODUCED USING THE LACTIC ACID BACTERIA

Merve YAŞKIR

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE / FOOD
ENGINEERING

Advisor: Asst.Prof.Dr. Durmuş Sert

2019,65 Pages

Jury

Asst. Prof. Dr. Durmuş SERT

Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN

Doç. Dr. M. Kürşat DEMİR

Egg white (ie albumin) is rich in protein and is essential ingredients for many foods, such as bakery products, cream pies, meat products. Desugarization process, ie, removal of glucose from egg white, bacterial culture, glucose oxidase enzyme and yeast methods can be used. Lactic acid cultures such as *Lb brevis*, *Lb fermenti*, *Lb casei*, *Lb plantarum* and *Lb helveticus* were used to produce egg white powders in Desugarization process. Caking, particle size distribution, cohesion and PFSD analyzes of the produced powders were performed. The majority of the *Lb helveticus* sample was found to have the same particle size distribution, and span, volume and surface weighted average values were found to be highest compared to other bacteria. When the span values were taken into consideration, it was found that the powder particles produced with *Lb helveticus* were lower in flow properties than the others. They are produced with *Lb plantarum* and *Lb brevis* which have high sensitivity to cake. And the most durable powder samples are those produced with *Lb fermenti* and *Lb casei*. The highest cohesion coefficient negative increase is the egg white powder produced from the *Lb fermenti* bacteria. The use of bacterial fermentation results in a good flavor egg white powder product at nominal cost in terms of labor and material.

Keywords: egg white powder, albumin, particle size distribution, caking, desugarization and spray dryer.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında laktik asit bakterileri kullanılarak üretilen yumurta akı tozlarının fonksiyonel özelliklerin belirlenmesi üzerinde durulmak istenmiştir. Yumurta akı proteini çok çeşitli gıda ürünlerinde beslenmeyle ilgili ve gıda ürünlerinde işlevsel özelliğe sahip önemli bir bileşen kaynağıdır. Proteinin işlevsel özelliği, onun süreç içindeki ve gıda depolanmasındaki işlevsel yani çözünürlük, köpürebilirlik ve jelleşme özellikleri anlamına gelmektedir. Genel olarak laktik asit bakterisi ile üretilen yumurta akı tozlarının işlevsel ve fonksiyonel özellikleri üzerinde çalışılmıştır.

Öncelikle tez konumun seçiminde isteklerimi göz önünde bulundurup bana bu süreçte yardımlarını esirgemeyen danışmanım olan Dr Öğr. Üyesi Durmuş SERT'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tüm eğitim hayatım boyunca benden maddi manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan sevgili aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Merve YAŞKIR
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
1. GİRİŞ	1
1.1.Yumurta Oluşumu ve Yapısı	4
1.1.1. Yumurtanın fiziksel ve kimyasal yapısı.....	5
1.1.1.1. Yumurta kabuğu ve kabuk altı zarları.....	8
1.1.1.2. Yumurta sarısı.....	8
1.1.1.3. Yumurta akı ve proteinleri.....	9
1.1.2. Yumurta ve yumurta ürünlerinin besin içeriği.....	11
1.2. Yumurta Akının Fonksiyonel Özellikleri.....	12
1.2.1. Koagülasyon	13
1.2.2. Köpürme/köpük oluşturma.....	14
1.3. Sıvı Yumurta Akında Mikrobiyolojik Gelişmeler.....	15
1.4. Sıvı Yumurta Akında Muhafaza Yöntemleri.....	18
1.4.1. Isıl işlem uygulaması (Pastörizasyon ve ohmik ısıtma).....	18
1.4.2. Yumurta akında desugarizasyon (desugarization) ve kurutma uygulaması.....	19
1.4.2.1. Desugarizasyon (Desugarization) veya fermentasyon.....	20
1.4.2.1.1. Desugarizasyon (Desugarization) veya fermentasyon methodları.....	21
1.4.2.2. Yumurta akı dehidrasyon/kurutma uygulamaları.....	25
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	32
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	39
3.1. Materyal.....	39
3.1.1. Yumurta akı tozunun üretiminde kullanılacak olan yumurtalar.....	39
3.1.2. Kullanılan <i>Lactobacillus</i> spp.....	39
3.1.3. Ambalaj materyali.....	40
3.2. Yöntem.....	40
3.2.1. Yumurta akı tozu ürünlerinin üretimi.....	40
3.2.2. Yumurta akı tozlarına uygulanan analizler.....	42
3.2.2.1. Partikül boyutu ölçüm analizi.....	42
3.2.2.2. Toz akış analizi.....	42
3.2.2.3. Kekleşme analizi.....	42
3.2.2.4. Kohezyon analizi.....	43
3.2.2.5. PFSD analizi.....	44
3.2.2.6. Dört hızda kohezyon analizi.....	44
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	45
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	59

5.1 Sonuçlar	59
5.2 neriler	60
KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ	65



1. GİRİŞ

Yumurta, insanların için gerekli olan besin maddelerini içermesinden dolayı biyolojik değeri yüksek olan bir gıdadır. Ortalama 58 gram ağırlığındaki bir yumurtanın yaklaşık %11'i kabuk, % 58'i yumurta akı, % 35'i sarısıdır (Anonim,2011).Biyolojik değeri yüksek olan yumurta protein, yağ, vitamin ve mineraller açısından oldukça zengin bir gıda maddesi olup temel ihtiyacımız olan A, B, D ve E gibi temel vitaminler ile toplamda 13 adet vitamin ve mineral içermektedir. Özellikle çinko ve demir mineralleri bol miktarda bulunmaktadır (Dinler, 2003).

Yumurta akı, içeriği bakımından proteinler arasında biyolojik değeri en yüksek protein olarak bilinmektedir. Yani yumurta proteini olan albümin, birbiriyle orantılı ve dengeli temel amino asit içeriği sayesinde vücut tarafından neredeyse tamamıyla kullanılabilir. Yukarıda da bahsedildiği gibi yumurta proteininin biyolojik değeri % 93.7 iken, bu değerin sütte % 84.5, balıkta % 76 ve sığır etinde de % 74.3 oranında olduğu görülmektedir (Dinler, 2003).

Yumurta akının kimyasal bileşimine bakılacak olursa % 88 oranında su, % 12 oranında kuru maddeden oluşmaktadır ve kuru maddesinin neredeyse tamamı yaklaşık %10-11 proteinden oluşur. Yumurta akı ovalbümin, konalbümin, ovoglobülin ve glukoproteidlerden (ovomukoid ve ovomusin) yani basit ve temel proteinlerden oluşmuştur (Anonim,2011 ve Tayyar,2005).

Yumurta akının sahip olduğu bu proteinler sadece gıda olarak değil farmasötik olarak da kullanılabilir. Metal taşıyıcı olan ovotransferrin, antimikrobiyal veya antikanser ajanı iken lizozim temel olarak bir gıda koruyucu olarak kullanılır. Ovalbümin yaygın olarak bir besin takviyesi ve ovomucin bir tümör baskılama ajanı olarak kullanılır (Abeyrathne ve ark.,2013).

Yumurta akı, pastane ürünleri, kremalı pastalar ve et ürünleri gibi bir çok gıda için temel bir oluşturucu maddedir. Bu özellikler, esas olarak kuru maddenin %80'inden fazlasını temsil eden beyaz proteinlerin köpürme,koagülasyon,jelleşme özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Yumurta akı en eski bilinen köpürme ve koagülasyon aracıdır (Lechevalier ve ark.,2007). Bilimsel araştırmalar gösteriyor ki yumurta akı proteinlerinin yaklaşık % 54 oluşturan ovalbümin ve ovomucoid jel oluşturma kısmın da görev yapmaktadır (Yuceer,2015;Susyal,2011 ve Koç,2009).

Koagülasyon olarak tanımladığımız özelliği açıklamak gerekirse geri döndürülemez denatüre protein kümeleşmesi ,jelleşme kısmında ise belirtilen durumun tersi de olabilmektedir. Köpürme ise yumurta akının çırpılması yani mekanik

etki sayesinde proteinlerin hava kabarcıklarını tutması olarak tanımlanabilir (Yüceer,2013). Yumurta albümini yani ovalbumin mükemmel köpük yapısı oluşturmakla birlikte ovomucin proteini de bunu desteklemektedir (Cotterill ve Staldeman,1995).

Yumurta akı, kontaminasyon riskine karşı mikroorganizmaların büyümelerini, gelişmelerini ve üremelerini engelleyen doğal koruyucu yapıları mevcuttur. Bunlar; pH (8,3-9,3), konalbumin, lizozim ve avidindir. Yumurta akı, kabuk ayrımında sonra yani likit haline dönüşümden sonra çevreye karşı duyarlı hale gelmektedir. (Anonim, 2011 ve Algan,2007).Belirtildiği gibi mikroorganizmaların gelişimi için besinsel olarak uygun ortam sağlar yani, proteince ve su olarak zengindir.

Yumurta akı görsel/fiziksel bozulmasının değerlendirilmesi zordur. Çünkü mikrobiyal gelişim sonucunda bütün veya sarının kokuşma yapması haricinde yumurta akında kokuşma meydana gelmez. *Salmonella* ve suşları en önemli patojen olarak görülmektedir (Yaşkır,2017).Yapılan çalışmalarda yumurta akında izole edilen serotipler *Braenderup* (% 20.8), *Kentucky* (% 20.8) ve *Heidelberg* (% 14.6)'tir (Anonymous,2013).Diğer önemli bakteri türleri ise *Serratia spp.* (kırmızı çürüme), *Enterobacteriaceae*, Koliform türleri, *E.coli* *Listeria monocytogenes* ve *Campylobacter jejuni* gibi türlerdir Küf bozulmasında ise yumurta akında jelleşme görülebilir. Bu bozulmaya *Penicillium*, *Cladosporium*, *Thamnidium*, *Alternaria*'dır. (Yaşkır,2017).

Sıvı yumurta akının muhafazasında mikrobiyal aktivitenin kontrol edilebilmesi amacıyla birçok yöntem kullanılabilir. Bu yöntemlerden birisi de kurutma ve pastörizasyon olarak gösterilebilir. Dehidrasyona uğramış yani kurutulmuş yumurta akı ürünleri birçok avantajlar sunmaktadır; daha uzun raf ömrü, daha düşük depolama ve taşıma maliyetleri ve spesifik işlevsel özellikler sayılabilir. Bununla beraber, yumurta akı üretimi sırasında, proteinler, yumurta akına zarar verebilen termal, fiziksel, ara yüzsel ve kimyasal muamelelerle artan birtakım işlem adımlarına tabi tutulmaktadır (Lechevalier ve ark.,2007).

Tabi bu kurutma işleminden önce istenilen özelliğe sahip ürünler elde edilebilmesi için ön işlemlerden geçmesi gerekmekte olup bu işlemlerden en önemlisi de desugarizasyon yani fermentasyon işlemine tabi tutulur. Bu işlemde glikoz-protein etkileşiminden kaynaklı oluşabilecek Maillard reaksiyonun önlenmesi için gerekli bir adımdır.Bu aşama da glikozun tüketilmesi için maya, bakteriyel, enzim gibi fermentasyon süreci yaşanır. Özellikle en eski yöntemlerden olan maya femrantasyonunda *Saccharomyces cerevisiae* uygun sıcaklıklarda 2 saat ile 4 saat

içerisinde şekeri tükettiği bildirilmektedir. Fermente edilmiş şekerli sıvının santrifüj edilmesi ile son üründe meydana gelen maya koku ve tadının azalması etkili olmaktadır. Ancak bu proses sürecini uzatmakta, ekstra işlemler gerektirdiğinden süreci yavaşlatmaktadır. Ayrıca makine ilavesi olduğundan maliyetler ve enerji kullanım kısmını arttırmaktadır. Özellikle son yıllarda enerji kaynaklarının azaldığı dünyamızda sürdürülebilirlik amaçları da dikkate alınarak hareket edilmelidir (Cotterill ve Staldeman,1995).

Bu yöntem haricinde kontrollü bakteriyel fermentasyon ve enzim fermentasyonu gibi yöntemler de vardır. Bakteriyel yöntem de genel olarak *Enterobacter aerogenes* kullanılmaktadır. Enzimatik de ise glikoz oksidaz enzimi sayesinde glikozu parçalayarak ortamdan uzaklaştırılmaktadır (Cotterill ve Staldeman,1995). Bu kısımların detayları desugarizasyon methodları başlığı altında verilmiştir.

Daha sonra fermente edilmiş ürün pastörizasyon işlemine tabi tutularak mikrobiyal gelişimi önlenir ve kurutma işlemine geçilir (Koç,2009).

Kurutma gıdaların içinde bulunan suyun uzaklaştırılması işlemi olarak kısaca tanımlayabiliriz. Su, protein molekülünün tamamlayıcı bir parçası olduğu için, onun uzaklaştırılması yumurta beyazının özelliklerinde değişiklikler meydana gelmesine neden olur (Cotterill ve Staldeman,1995). Dehidrasyon/kurutma yöntemleri 2'ye ayrılmaktadır. Bunlar, püskürterek ya da dondurarak kurutma yöntemleridir. Kurutma işlemi, enzimatik bozunmayı engeller ve mikrobiyolojik büyümeyi sınırlar. Yani kurutma, yiyecekleri daha uzun süre kullanım için işleme ve korumanın en eski yöntemlerinden birisidir (Liu ve ark.,2015).

Yumurta akı tozunun nihai kurutma-ısıtma işlemi genel olarak ekseriya bakterileri ortadan kaldırmak ve yumurta akı tozunun jelleşme ve yüzey özelliklerini (tekstür,tat,koku vb.) iyileştirmek amacıyla uygulanmaktadır. Kurutma-ısıtma işleminin, kısmi protein yayılması, yüzey hidrofobikliğinin artması ve ısıtma zamanı ve sıcaklığın bir fonksiyonu olarak jel dayanıklılığını, köpük kapasitesini ve stabilitesini artırmada bir hayli etkili olduğu ispatlanmıştır (Kato ve ark., 1990 ve Hammershøj ve ark,2005).

Kurutulmuş yumurta akı ürünlerinin performansları köpürme (havalandırma gücü), koagülasyon/pıhtılaşma (bağlama ve kalınlaşma gücü), lezzet, besin içeriğidir. Köpürme ve koagülasyon kurutulmuş yumurta akı ürünlerinde, pandispanya, sünger kek, kremler,şekerlemeler, kekler, koyu kremler, omletler ve pudingler gibi gıdaları için en önemli 2 işlevsel özellikleridir (Cotterill ve Staldeman,1995).

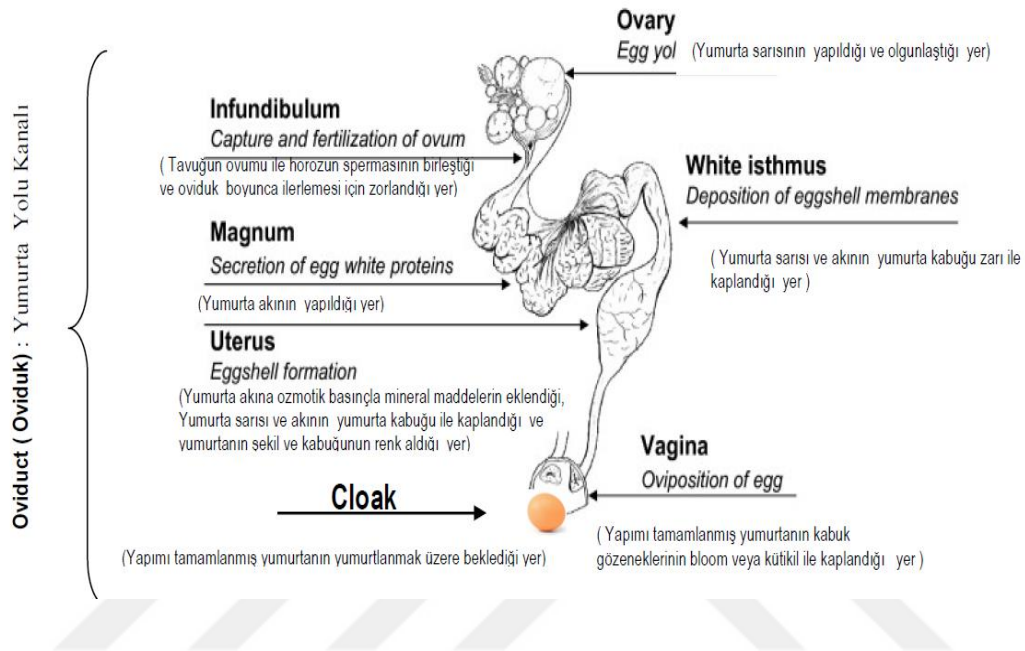
Bu araştırmamızın amacı , yaptığımız çalışmayla ilgili dünya çapında fazla çalışma bulunmamakla birlikte son yıllarda değişen, gelişen teknoloji ve endüstri insanoğlunun ihtiyaç beklentileri göz önüne alınmıştır ve bu süreçte besinsel ve fonksiyonel özellikleri bakımından bu kadar değerli olan bir besin maddesinin dünyanın her ucuna kaliteli ve sağlıklı formda ulaştırılması gerekmektedir. Bu nedenle de bu çalışmamızda, 1940'lı yılların ortalarında başlamış olan maya desugarizasyon işleminin dezavantajlarının ortadan kaldırılması ile yeni endüstriyel boyutta maliyeti düşük, tekstür, koku, lezzet, görünüş ve fonksiyonel özelliklerinde daha stabil ve kaliteli yumurta akı tozu ürünler üretilmesi hedeflenmiştir.

1.1. Yumurta Oluşumu ve Yapısı

Yumurta denildiğinde genellikle tavuk yumurtası olduğu anlaşılmaktadır. Evcil tavuklar (*Gallus gallus domesticus*) genellikle 20 haftalık bir gelişme evresinden sonra yumurtlamaya başlamakta olup 12-14 aya kadar en verimli dönemleri, 15 yaşına kadar da yumurtlamaya devam ederler. Yumurta oluşumu beş aşamalı bir süreçten geçer. Tayyar (2005) yaptığı çalışmada 24-25 saat verilmesine karşın Serpen (2014)'in çalışmasında bu süreç 23-26 saat olarak alınmıştır. Yumurtanın oluşumu, yumurta sarısının sol ovaryumda ki foliküller içinde gelişmesiyle başlar ve yumurta sarısını oluşturan ovumun ağırlığı günde 2 g artarak 8-10 gün civarında 15-20 g'a ulaşabilmektedir. Oluşan yumurta sarısı buradan kıvrıntılı yumurta kanalına (ovidukt) geçer ve döllenme olayı da işte burada gerçekleşir. Döllenme 15-20 dakika kadar sürdükten sonra yumurta akının olduğu bölüm olan 25 cm uzunluğundaki magnum kısmına gelir ve burada yumurta sarısının etrafını saran ak kısım, sertleşerek yumurta sarısını dağılmaktan korur. Magnumda uzun eksen etrafında dönerek ilerleyen yumurta sarısı, yumurta kanalının üst bölümündeki bezlerin salgıladığı yumurta akıyla sarılır ve burada yumurta sarısını sabit tutan şalaza veya kalaza adı verilen bağlar oluşmaktadır.

Magnumun ardından yaklaşık 10 cm uzunluğundaki "istmus" denilen kısma gelir ve yumurtanın kabuk zarı oluşur. Bu kısımda yumurtanın iç ve dış zarları oluşur. İstmusta yaklaşık bir saat kaldıktan sonra zarla çevrili yumurta yaklaşık 10 cm uzunluğundaki uterusu gelir. Burada yumurtanın geri kalan kısmı 5 saat içinde oluşur. Geriye kalan 15-16 saat içinde de uterusu yumurtanın kabuk kısmı oluşur ve 6 cm uzunluğundaki vajina kısmına geçip yumurta cilası adı verilen kütikula ile örtülür. Son gelişimini de tamamlamış olan yumurta kloakdan dışarı gönderilir (Tayyar,2005 ve Serpen,2014).

Temiz kuru ortamda sağlıklı bir tavuktan elde edilen yumurtanın bakteriyel kontaminasyona karşı fiziksel ve kimyasal olarak doğal bir şekilde korunduğu için genelde yumurtanın içi steril olarak kabul edilir. Fakat yumurta yumurtladığı andan itibaren dış ortamda ki farklı tip ve yoğunlukta ki bakterilerle karşı karşıya gelir, bunlarda yumurta kabuğunda bulunan boşluklardan faydalanarak yumurtanın içine giriş yapabilirler (Serpén,2014).



Şekil 1.1 Yumurta oluşum süreci (Serpén, 2014).

Tablo 1.1 Yumurta oluşum evreleri (Tayyar,2005).

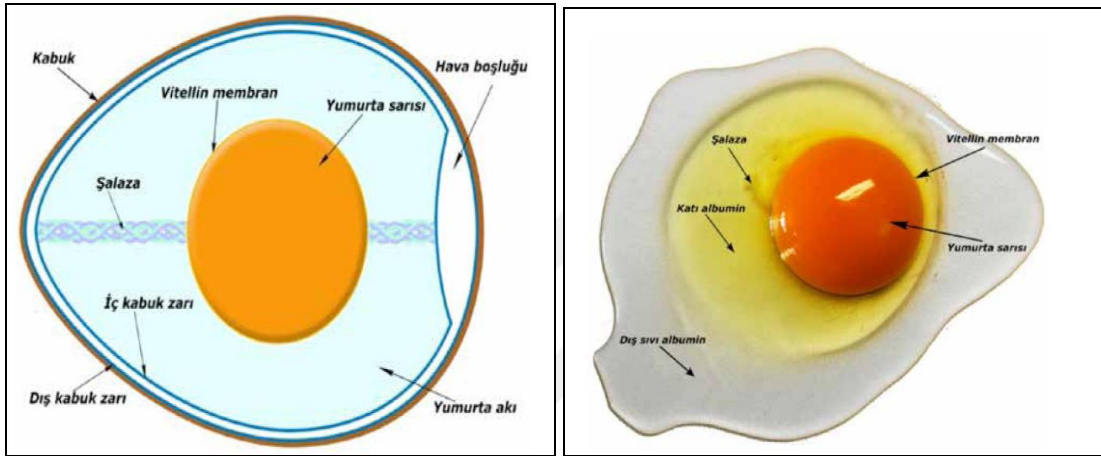
Ovidukt Kısımları	Kalınan Zaman	Fonksiyon
Infundibulum	15 Dakika	Yumurta sarısı düşer, döllenir.
Magnum	3 Saat	Yumurta akı ile çevrilir.
Isthmus	1.25 Saat	Membranlar oluşur, yumurta şekillenir. (iç ve dış zar)
Uterus (kabuk bezi)	20 Saat	Yumurtanın kabuk (kalsiyum karbonat) kısmı oluşur.
Vagina / Cloaca	1 dakikadan az	Kütikula oluşur/Yumurtlama/yumurta çıkışı

1.1.1. Yumurtanın fiziksel ve kimyasal yapısı

Yumurta yapısal olarak; dış kabuk, zar, yumurta akı ve sarısından oluşmaktadır. Yumurtanın kabuğu, %94 kalsiyum karbonat, %1 magnezyum karbonat,%1 kalsiyum

fosfat ve % 4 organik maddelerden oluşmaktadır. Yumurta akı, 4 tabakadan oluşmakta olup içten dışa doğru; (i) vitellin ,membran ve şalaza (ii) iç sıvı albümin, (iii) katı albümin, (iv) dış sıvı albümin şeklinde sıralanır. (Okur ve Şamlı,2016).

Yumurtanın % 65.6'sı su, % 12.1'i protein, % 10.5'i yağ , % 0.9'u karbonhidrat ve % 10.9'u mineral maddeden oluşmaktadır. Ayrıca vitamin ve renk maddeleri de içermektedir (Tayyar, 2005).



Şekil 1.2 Yumurtanın yapısı (Okur ve Şamlı,2016).

Kabuğundan ayrılan taze bir yumurtada, katı albümin tabakası bulutlu bir görünüm göstermektedir. Bunun sebebinin yapısında bulunan karbonik asit olduğu belirtilmekte olup karbonik asit; katı albüminin sıvı albümine dönüşümünü engelleyen en önemli faktörlerden biri olup, yumurtlamadan 12 saat sonra büyük oranda kabuktan buharlaşarak çıkıp, kaybolur. Ayrıca, katı albümin tabakasında bakterileri öldüren; yani bakterisit etkili bir enzim olan lizozim bulunmakta ve bakterilerin yumurta içine girişini engellemektedir (Okur ve Şamlı,2016).

Çok bayatlamış yumurtalarda, depolama ve sıcaklık gibi etmenler nedeniyle katı albüminin incelerek tamamen sıvı albümine dönüşmektedir. Bunların yanı sıra , yumurta sarısını saran vitellin membran patlayıp, yumurta sarısı ile akının birbirine karışmasına sebep olabilmektedir (Okur ve Şamlı,2016).

Tablo 1.2 Yumurtanın kimyasal bileşimi (Tayyar, 2005).

Yumurtanın kimyasal bileşimi (%)				
Uruslar	Tüm yumurta	Kabuk	Ak	Sarı
Ağırlık (g)	58. 0	6	33	19
Su	65. 6	1. 6	87. 9	48. 7
Kuru madde	34. 4	98. 4	12. 1	51. 3
Protein	12. 1	3. 3	10. 6	16. 6
Yağ	10. 5	Eseri	Eseri	32. 6
Karbonhidrat	0. 9	-	0. 9	1. 0
Mineraller	10. 9	95. 1	0. 6	1. 1

Tablo 1.3 Yumurtada bulunan yapılar ve özellikleri (Stadelman ve Cotterill, 1995; Heperkan ve Gökler, 2006; Susyal, 2011).

	Bileşimi ve Özellikleri	Koruyucu Özelliği
Kütikül (Yumurtanın dış katmanı)	20-30 µm kalınlığında, %90 protein, % 4 karbonhidrat, % 3 yağ, % 3 kül'den oluşur. Globular mukoproteinlerden yapılmıştır.	Kabuktaki gözenekleri kapatarak geçirgenliği azaltmakta, bakterilerin yumurta içine nüfuz etmesini önlemektedir. Kütikül tabakası yıkama veya başka bir yöntemle uzaklaştırılırsa koruyucu özelliğini kaybetmektedir.
Yumurta kabuğu	Ca ve Mg tuzlarından oluşmuştur. Üzerinde yaklaşık 7500 adet gözenek vardır.	Kabukta bulunan gözenekler embriyonun gelişmesi için gerekli olan gazların geçişine izin vermektedir. Kabuk yumurtayı dış etkenlerden korur. Kabuğun çatlaması, kırılması veya gözeneklerden mikroorganizma geçişiyle bulaşmalar gerçekleşir.
Kabuk içindeki dış zar	İç zardan daha kalın ve gözeneklidir.	İç zar gibi koruyucu değildir.
Kabuk içindeki iç zar	Protein ve lizozom içermektedir.	Protein lifleri sayesinde gözenekleri kapatır ve içerdiği lizozom bakteriyel enfeksiyonları önler.
Yumurta akı (Albumin)	Protein, su, serbest glukoz ve antimikrobiyaller içermektedir. (ovotransferrin)	Ovotransferrin demiri bağlayarak bakteriyel gelişimi önlemekte ve zamanla albümindeki pH artarak bakteriyel gelişimi daha da sınırlandırmaktadır.
Yumurta sarısı	Proteinler (vitellin, vitellenin) ve lipidlerden (fosfolipitler ve trigliseridlerden) oluşur.	Besin içeriği yüksektir. Ancak antimikrobiyal maddeler içermediği için bakteriyel gelişime açıktır. <i>Salmonella Entritidis</i> gelişimi için en önemli faktör sıcaklıktır.

1.1.1.1. Yumurta kabuğu ve kabuk altı zarları

Yumurtanın kabuğu, % 94 kalsiyum karbonat, %1 magnezyum karbonat,%1 kalsiyum fosfat ve % 4 organik maddelerden oluşmaktadır (Okur ve Şamlı,2016) Yumurta kabuğu iç ve dış kabuk olmak üzere iki kısımdan oluşur. En dışta, kabuğun dış yüzeyini kaplayan kütikula adı verilen bir zar bulunmaktadır. Bu kısım elle yoklandığında kayganlık hissi verir ve zamanla bu tabaka donuklaşarak kayganlık hissi kaybolur. Kütikula aynı zamanda yumurtanın yüzeyinde bulunan porların üzerini de örttüğü için yumurtanın korunmasında etkin rol oynar.

Kütikula tabakasından sonra diğer alt tabaka olan süngerimsi tabaka ortaya çıkmakta olup bu tabaka kalın yüzeye paralel dizilmiş kalsiyum taneciklerinden oluşur ve kabuğun iç yüzeyi iki tabakadan oluşan bir zarla donatılır. Dışta olan dış kabuk zarı, diğeri ise iç kabuk zarıdır. Bu iki zar yumurtanın geniş olan kutbunda birbirinden ayrılarak hava boşluğunu oluşturur. Dış zar; iç zara göre 3 kat daha kalın olup bu zarlar glikoprotein yapısında olup gaz geçişini engellemekle beraber, bakteri geçirmediğinden yumurtanın iç kısmı steril olarak kabul edilmektedir.Yumurtanın depolama süresinin artmasıyla birlikte porlardan hava girer ve bu hava boşluğu büyür (Anonim,2011 ve Yaşkı,2017).

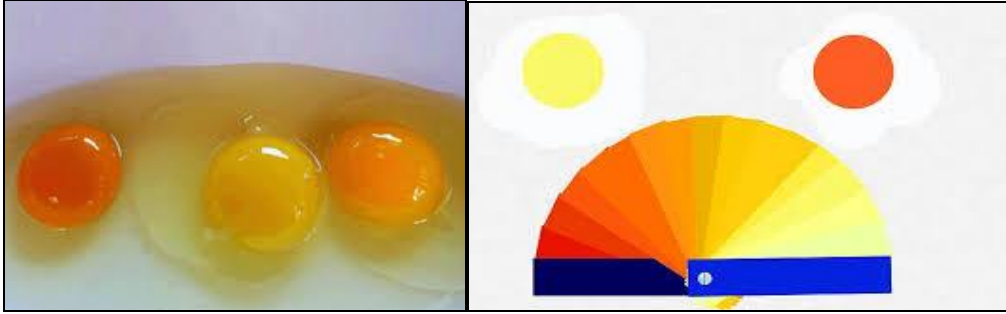
Yumurta kabuğunun rengi ait olduğu hayvana göre değişiklik gösterir. Kabuk rengi, hayvanın genotipi ile ilgili bir özelliktir. Yumurtayı dış etkenlerden koruyan yumurta kabuğu, 0.2-0.4 mm kalınlığında olup sayısı 7.000-17.000 arasında değişen bir porlu yapı gösterir. Bu porlar, yumurtanın uç kısımlarında, yani hava boşluğunun bulunduğu tarafta yan tarafta ki yüzeylere göre daha fazla sayıda bulunmaktadır (Anonim, 2011).

1.1.1.2. Yumurta sarısı

Yumurtanın en besleyici ve kuru maddesi yüksek olan kısım olup ortalama olarak 1/3'ünü oluşturur. Kuru maddesinde; % 16 azot, % 23 lesitin, % 1.5 kolestrin ve % 2 mineral madde bulunmaktadır. Yumurta sarısı miktar ve kimyasal bileşimi açısından yumurta akından çok farklı olup % 48.7'si su, % 32.6'sı yağ, % 16.6'sı protein, % 1'i karbonhidrat ve % 1.1'i mineral maddedir (Anonim,2011 ve Yaşkı,2017).

Yumurta sarısı A, B ve D vitaminlerince zengin olup bir fosfolipid olan lesitin içermesi nedeniyle kan yapıcı özelliğe sahiptir. Yumurta sarısında; sarı maddesi, germinal disk, latebra ve vitellin zarı bulunur. Yumurta sarısının üzeri vitellin zar ile kaplıdır. Dışta, yumurta sarısını yuvarlak bir şekilde ortada tutan şeffaf, ince bir zar

vardır. Yumurtanın rengi sarı veya sarı-kırmızı tonları arasında değişmektedir. Bu renk yemde ki lisin düzeyi, yaş, genotip, yetiştirme sistemi, yağlar ve antioksidanlar, vitamin A ve kalsiyum tüketimi, antibiyotikler ve veteriner ilaçları gibi bazı faktörlerden etkilenir ve değişiklik gösterir (Yaşkı,2017).



Şekil 1.3 Yumurta sarısı ve renk skalası

1.1.1.3. Yumurta akı ve proteinleri

Yumurta akı, yumurtanın ağırlık bakımından % 58'ini oluşturur; yumurta kabuğu ve yumurta sarısı arasında bulunan saydam bir madde olmakla birlikte % 88 oranında su, % 12 oranında kuru maddeden oluşmaktadır. Kuru maddesinde protein, karbonhidrat, mineral madde (kükürt, sodyum, klor, fosfor ve magnezyum gibi) ve az miktarda yağ bulunmakla birlikte ayrıca laktoflavin bulunur ve bu, yumurta akına yeşilimsi sarı rengini verir (Yaşkı,2017).

Yumurta akı kabuk altı zarlarından itibaren; dış sulu ak, koyu ak, iç sulu ak ve kordon (şalaz) veya iç koyu ak bölümleri gibi tabakalara ayrılmış ve rengi bazen yeşil veya sarımsı olabilmekte bu da vitamin B konsantrasyonun fazla olmasından kaynaklanır. Yumurta akı oldukça fazla oranda su içerir ve kuru maddesinin neredeyse tamamı proteinden oluşur. Yumurta akı ovalbümin, konalbümin, ovoglobulin ve glukoproteidlerden (ovomukoid ve ovomusin) basit proteinlerden oluşmuştur (Anonim,2011 ve Yaşkı,2017).

Yumurta akı, hava boşluğundan içeriye giriş yapan mikroorganizmaların büyümelerini, gelişmelerini ve üremelerini engelleyen doğal antimikrobiyel bileşiklere sahip olup bunlar; konalbumin, lizozim ve avidindir.Yumurta akının yüksek pH (8.3-9.3) değerine sahip olması da mikroorganizma üremesini engellemektedir (Anonim, 2011 ve Algan,2007).

Lizozim enziminin işlevi kısaca; Gram-pozitif bakterilerin hücre duvarını yok ederek; konalbuminin demir ve bakırla, avidin ise biyotin ile birleşerek mikroorganizma

demir, bakır ve biyotini kullanamayacakları bileşikler haline dönüştürerek; ovomukoid tripsin ve proteaz üzerinde inhibitör görevi görerek mikroorganizma gelişimini ve üremesini durdurur (Algan,2007 ve Yüceer,2015).

Yumurta akı proteinleri, ısısal işlemlerde denatüre olabilmektedir ve denatürasyon sonucunda yumurtanın beyaz kısmı katı bir hale dönüşür (Algan,2007).

Yumurta akı (Albümin) yapısal olarak 4 katmandan meydana gelir. Bunlar, çok yoğun iç (Chalaziferous),az yoğun dış albümin,çok yoğun dış albümin, az yoğun dış albüminden oluşur. Yukarda da bahsedildiği gibi yumurta akının yaklaşık %12 kuru madde olup bunun %10,6~11 civarı protein yani glikoproteinlerden oluşur. Sırasıyla bu proteinler; Aminoasit deposu olan köpük oluşturma özelliği bulunan ovalbümin (% 54), demir bağlama yani şelat özelliği ile bakteri gelişimini önleyen ovotransferrin (% 12-13),proteaz ve tripsin enzimini inhibe eden ovomucoid (%11), yumurta akının viskozitesi ve köpük stabilitesinden sorumlu olan ovomucin (%1,5) Köpük oluşumuna katkı sağlayan Globulin (%8), bakteri gelişimini engelleyen ve biotin inhibitörü olan avidin (%0,05),mikroorganizmaların hücre duvarlarını yok eden lizozim enzimi (%3-3,4) ve ovoinhibitor (%1,5) , ovoflavoprotein (%0,8), ovomicroglobulin (%0,5) bulunur (Yüceer,2015).

Yumurta akında bulunan protein haricinde ki bileşikler ise su (~%88), eseri miktarda yağ, karbonhidrat ve mineraldir. Karbonhidrat olarak;başlıca glikoz olup yumurta tozunda ve haşlanmış yumurtalarda maillard reaksiyonuna yani renk değişimine neden olmaktadır. Son olarak da yumurta akının yapısında iz miktarda yağ bulunur (Yüceer,2015).

Yukarda da bahsedildiği gibi yumurta akında bulunan proteinlerin birçok işlevselliğe sahiptir ve majör miktarda bulunan ovalbüminin moleküler ağırlığı, 386 amino asit ile 45 kDa'dır. Ovalbümin diğer proteinlerle karşılaştırıldığında amino asit bileşimi eşsizdir (Abeyrathne ve ark.,2013).

Yumurta akının sahip olduğu bu proteinler sadece gıda olarak değil farmasötik olarak da kullanılabilir. Metal taşıyıcı olan ovotransferrin, antimikrobiyal veya antikanser ajanı iken lizozim temel olarak bir gıda koruyucu olarak kullanılır. Ovalbümin yaygın olarak bir besin takviyesi ve ovomucin bir tümör baskılama ajanı olarak kullanılır. Ovomukoid başlıca alerjendir ancak tümörlerin büyümesini engelleyebilir ve antikanser ajanı olarak kullanılabilir (Abeyrathne ve ark.,2013).

1.1.2. Yumurta ve yumurta ürünlerinin besin içeriği

Yumurta besleyici değeri bakımından yukarda belirtildiği gibi insanların temel ihtiyacı olan 13 adet vitamin ve minerale sahiptir. Besin içeriği bakımından et ve süt gibi gıdalarla karşılaştırıldığında bir yumurtanın (55g) 40 g yağlı sığır etine veya 100 g yağlı süte eşit olduğu söylenebilir (Tayyar, 2005). Yumurtanın protein ve vitamin A bakımından zenginliği büyük ölçüde tavuğun yem rasyonuna ve miktarına bağlıdır. Yumurta sarısı lesitin, kolesterol ve sefalini fazla miktarda içermekte olup kalsiyum, fosfor ve demir bakımından da insan beslenmesinde önemli yer tutmaktadır.

Yumurtanın içerdiği proteinin; diğer gıdalara göre biyolojik değeri yüksektir yani proteinlerin kaliteli olması nedeniyle kimyasal skorunun %100, vücutta sindirilebilme oranının %97 ve sindirim sonrası vücut dokularına dönüşüm oranının ise % 94 olarak belirtilmektedir. Yüksek besin içeriğine sahip olan yumurtanın kalori bakımından diğer gıdalara oranla düşük (75 kcal) kalorilidir (Okur ve Şamlı,2016).

Genellikle bitkisel yağlar doymamış olup balık yağı harici hayvansal yağlar ise doymuş yağ asitlerinden oluştuğu görülmüştür. Ancak yumurta yağının 2/3'ü (2,59 g) doymamış yağ asitlerinden, 1/3'ü (1,55 g) ise doymuş yağ asitlerinden oluşmaktadır. Doymamış yağ asitlerinin %26'sında çoklu doymamış yağ asitleridir. Yani çift bağ sayısı arttıkça doymamışlık artar bu da erime noktasını düşürür. Yumurta sarısı yüksek kolesterol içermesine rağmen, içerdiği yağların doymamış olması nedeniyle, kolesterol yükseltme etkisinin doymuş yağlara göre düşük olduğu görülmüştür (Okur ve Şamlı,2016).

Yumurta albümi (yumurta akı), % 84 (ağırlıkça yüzde) ile ağırlıkça % 94 arasında değişen bir oranda su içerir. Bir kuru maddenin büyük kısmı, ağırlık olarak yaklaşık % 11'lik proteinlerdir. Geri kalanı ağırlık olarak % 0,003 lipidlerden ve ağırlık olarak % 1 karbonhidratlardan oluşur. Ana serbest şeker,% 98 oranında glikozdur, ancak bazı karbonhidratlar proteinlere konjüge edilmiştir. Ayrıca glikozun ana fraksiyonunun yanı sıra diğer serbest monosakaritler de vardır ve bunlar mannoz, galaktoz, arabinoz, ksiloz, riboz ve deoksiriboz şekerlerdir (Svensson,2012).

Yumurta doğal olarak D vitamini (kemik sağlığı ve bağışıklık fonksiyonu) içeren tek besinlerden biridir. Kolin, tüm hücrelerin normal çalışması için gereklidir, ancak fetüsün sağlıklı beyin gelişimini desteklemek için hamilelik sırasında özellikle önemlidir. Lutein ve zeaksantin, katarakt gelişim riskini azalttığına ve yaşla birlikte gelişen bir hastalık olan makula dejenerasyonunun ilerlemesini yavaşlattığına inanılan antioksidanlar içerdiği düşünülmektedir (Anonymous,2017).

Yukarda da bahsedildiği gibi yumurtalarda beyin sağlığı ve biliş için iki önemli besin maddesi bulunmaktadır. Bunlar ; Kolin ve lutein. Kolin, hamilelik ve bebeklik döneminde erken beyin gelişiminde, özellikle hafıza ve öğrenme için kullanılan beyin bölgelerinde rol oynar. Lutein göz sağlığında ki etkileri haricinde bilişsel gelişim için de rol oynamaktadır (Houchins, 2019 ve Houchins,2018).

Tablo 1.4 Yumurtanın kimyasal bileşimi (Tayyar, 2005).

BESİN ELEMENTİ	BÜTÜN	BEYAZ	SARI
Enerji (kcal)	75	17	59
Protein (g)	6.25	3.52	2.78
Toplam yağ (g)	5.01	0	5.12
Toplam karbonhidrat (g)	0.6	0.3	0.3
Yağ asitleri (g)	4.33	0	4.33
Doymuş yağlar (g)	1.55	0	1.55
Tekli doymamış yağlar (g)	1.91	0	1.91
Çoklu doymamış yağlar (g)	0.68	0	0.68
Kolesterol (mg)	213	0	213
Tiamin (mg)	0.031	0.002	0.028
Riboflavin (mg)	0.254	0.151	0.103
Niasin (mg)	0.036	0.031	0.005
B ₆ vitamini (mg)	0.070	0.001	0.0069
Folat (mcg)	23.5	1.0	22.5
Vitamin B12 (mcg)	0.50	0.07	0.43
Vitamin A (IU)	317.5	0	317
Vitamin E (mg)	0.70	0	0.70
Vitamin D (IU)	24.5	0	24.5
Kolin (mg)	215.1	0.42	214.6
Biotin (mcg)	9.98	2.34	7.58
Kalsiyum, Ca (mg)	25	2	23
Demir, Fe (mg)	0.72	0.01	0.59
Magnezyum, Mg (mg)	5	4	1
Bakır, Cu (mg)	0.007	0.002	0.004
İyot, I (mg)	0.024	0.001	0.0022
Çinko, Zn (mg)	0.55	0	0.52
Sodyum, Na (mg)	63	55	7
Manganez, Mn (mg)	0.012	0.001	0.0012

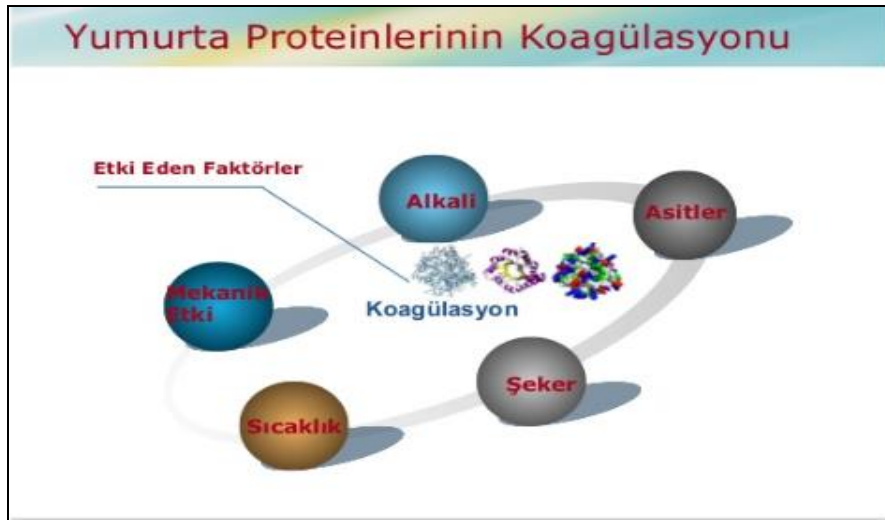
1.2. Yumurta Akının Fonksiyonel Özellikleri

Fonksiyonel özellikler, yumurta akının doğal özelliği olup çikolatalarda, şekerlemelerde, pandispanya, kek, krema, beze, angel kek, sünger kek ve suffle gibi ürünlere özgü yapıların oluşturulmasında önem taşır. (Koç,2009 ve Yavuz,2016). Yumurta akının fonksiyonel özellikleri bakımından temel işlevleri; koagülasyon, köpürme ve besin destekleyici olarak görev almaktadır. Bu işlevsel görevlerini yumurta akı proteinleri yerine getirmekte olup işlevsel ürünlerin oluşturulmasında önemli bir bileşen kaynağıdır (Yüceer,2013). Yani yumurta akı proteini, çok çeşitli gıda ürünlerinde beslenmeyle ilgili ve işlevsel ürünlerin oluşturulmasında önemli bir

bileşen kaynağıdır. Yumurta akının işlenmesi, depolanması ve soğutulması sırasında ki işlemler yumurta akının fonksiyonel özelliklerinde (köpürme, koagülasyon vb.) değişiklik meydana getirmektedir (Eleya ve Gunaserakan,2002).

1.2.1. Koagülasyon

Akışkan haldeki sıvının katı veya jel formuna dönüşmesi olarak adlandırılmaktadır. Yumurta akı proteinleri sıcaklık, mekanik etki, asit, alkali ve şeker gibi faktörlerden etkilenecek koagüle olmaktadır. Bilimsel araştırmalara gösteriyor ki yumurta akı proteinlerinin yaklaşık % 54 oluşturan ovalbumin ve ovomucoid jel oluşturma kısmın da görev yapmaktadır (Yuceer,2015; Susyal,2011 ve Koç,2009). Koagülasyon, denatüre proteinlerin rastgele kümeleşmesidir. Pıhtı genellikle bulanık olup ve pıhtı oluşumu sıcaklıkla dönüşümsüzdür. Jelleşme olarak adlandırılan yapı ise protein kümeleşmesidir olarak tanımlanır ve bu proteinler denatüre olabilir ya da olmayabilir, sonuç üç boyutlu ağ oluşumudur. Polimer- polimer ve polimer- solvent interaksiyonları çekici ve itici güçlerin yanı sıra bir dengedir. Jel bulanık ya da yarısaydam olabilir, sonraki durumlarda, jel ısı yardımıyla geri dönüşebilir (Anonim,2019). Hermansson (1979) tanımlamasına göre koagülasyon, denatüre olmuş proteinlerin rastgele toplanması iken, jelleşme ise denatüre olmuş veya olmamış proteinlerin düzenli bir şekilde bir araya toplanması olarak belirtmiştir. Fırıncılık ve sütü tatlıların kullanımında bu özellikten yararlanılır (Koç,2009).



Şekil 1.4 Yumurta proteinlerinin koagülasyonuna etki eden faktörler (Yuceer,2015).

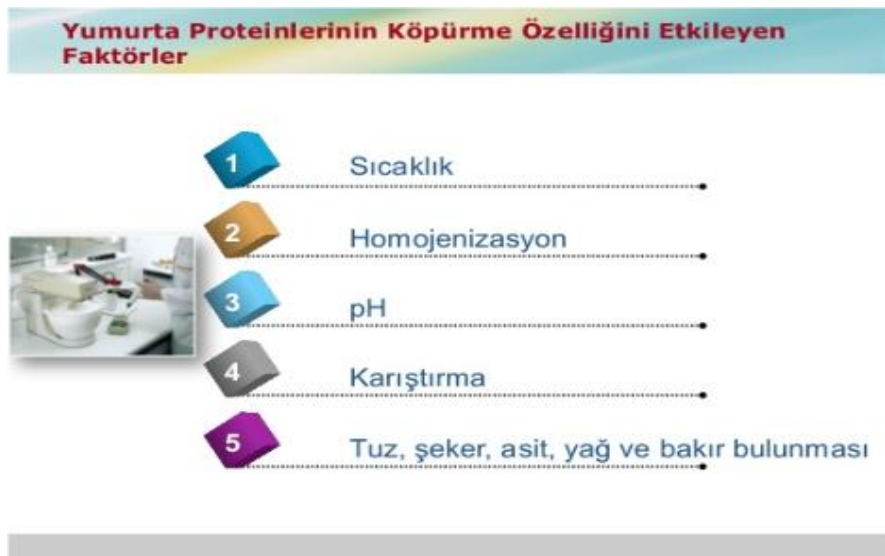
1.2.2. Köpürme/köpük oluşturma

Yumurta akı uygun şartlarda büyük hacimli köpük oluşturmaktadır ve bu hacim kendi hacminden 8 kat yüksekliğinde olabilmektedir (Yavuz,2016). Yumurta akının çırpılması yani mekanik etki sayesinde yumurta akı proteinlerin hava kabarcıklarını tutması ve yapı içine dağılımı ile hidrofobik ve lipofilik proteinleri denaturasyona uğrar. Proteinler, hava kabarcıkları ile su molekülleri arasında hidrofilik özellikleriyle bulunur ve çapraz bağ oluşumuna giderek köpük stabilitesinin oluşumuna neden olurlar (Yüceer,2013).

Yapı içerisine katılan hava arttıkça da yoğunluk ve akışkan özelliği düşmekte olup ve bu çırpma işlemi devam edilirse köpük formu kırılgan bir yapıya dönüşür. Yumurta akı proteinleri yüzey aktif film oluşturucu özelliğinde olup bu köpürme özelliği de spesifik proteinler haricinde yukarda bahsedilen yüzey aktif filminden gelmektedir. Çırpmanın çok fazla olması ovomucin çözünürlüğünü azaltarak köpük baloncukların elaskiyetini düşürür. Ovomucin proteini de köpük oluşturma da önemli bir yere sahiptir. Yumurta albümini yani ovalbumin mükemmel köpük yapısı oluşturmaktadır (Yavuz,2016 ve Cotterill ve Stadelman,1995).

Yukarda da bahsedildiği gibi köpük oluşturma da etki eden faktörler ise sıcaklık, homojenizasyon, karıştırma, tuz,şeker,asit,bakır,yağ ve pH'dır.

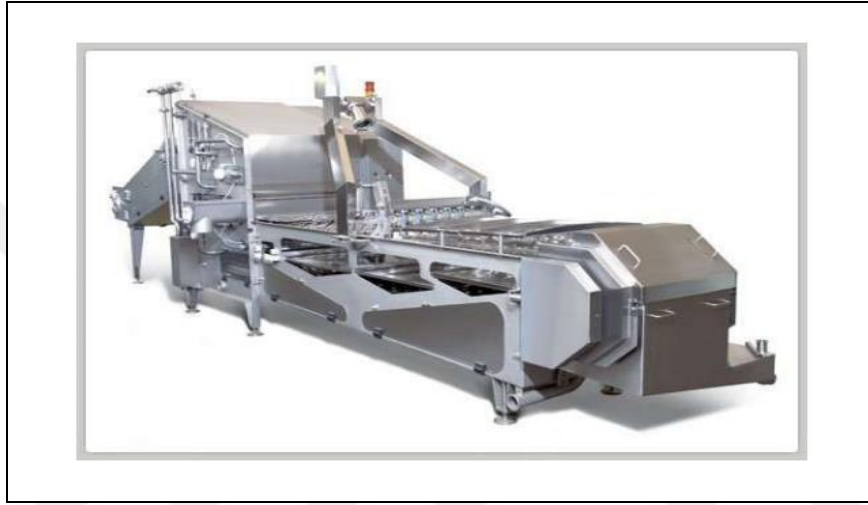
Yumurta köpük yapısını etkileyen en önemli faktörlerden birisi de karıştırma derecesi ve devridir. Kuvvetli yumurta akında stabil köpük oluşturmak için hidrokiloid etkide mikserler üretilerek daha stabil köpük yapıları oluşturulmaktadır (Yavuz,2016).



Şekil 1.5 Yumurta proteinlerinin köpürme özelliğini etkileyen faktörler (Yüceer,2015).

1.3. Sıvı Yumurta Akında Mikrobiyolojik Gelişmeler

Kalite parametrelerine uygun olan kabuklu yumurtalar kuru ve temiz ortamda depolandıktan sonra likit yumurtaya dönüşümü için breaker adlandırılan kırıcı makinelere yüklenir. Kırıcı makine loader dediğimiz besleme ünitesi ile ayırma kısmı olarak ikiye ayrılır ve kırılan yumurtalar kaşıklar olarak adlandırılan haznelere sarı ve beyaz ayrı olarak dökülerek sırasıyla filtrasyon (0,4-0,8 mm çapında ki elekler), ön soğutma (0-4 °C) ve dengeleme (homojenizasyon) aşamalarından geçilir (Yaşkır,2017).



Şekil 1.6 Kırım makinesi (Breaker).



Şekil 1.7 Kırım makinesi bıçak ve kaşıklar.

Gıda da bozulma, bozulma tipine ve mikroorganizma türüne göre değişkenlik göstermekle birlikte yaklaşık olarak 10^6 - 10^8 limitlerinde bozulmalar ortaya çıkabilir. Hidrojen sülfür (H_2S), bazı aminler ve hidrojen peroksit gibi bileşikler üretildiğinde daha düşük mikrobiyal yükte bozulma belirtileri hissedilmektedir. Buna rağmen laktik asit üretimi var ise mikrobiyal sayının daha yüksek olması gerekir. Genel olarak da gıdada yapışkanlık oluşumu için hücre sayısı 10^8 'i aşmalıdır (Anonim, 2017).

Kabuklu yumurtanın likit yumurtaya işlenmesi sırasında, yumurta kabuğunun yumurta kırma aşamasından sonra koruyucu tabakalar uzaklaşır ve mikroorganizmaların gelişmelerinde artış sağlanır. Bu aşamada birde eğer yumurta içeriği yumurta kabuğu ile temas ettirilirse yine mikrobiyal gelişme hızlanmış olur. Sıvı yumurtada bakteriyel bozulmalar küf bozulmalarına karşı daha sıklıkla gözlenir (Baron ve ark.,2013 ;Yaşkı,2017).

Kırmızı çürüme olarak adlandırılan bozulma *Serratia spp.*, özellikle *S. Marcescens*, yumurta akının tamamen kırmızıya dönüşmesine neden olur, küf bozulmasında ise yumurta akında jelleşme görülebilir. Bu bozulmaya *Penicillium*, *Cladosporium*, *Thamnidium*, *Alternaria* küfler neden olur (Ünlütürk,2003).

Kabuk yüzeyinde gram pozitif bakteriler etkin rol oynarken, likit (sıvı) yumurtanın bozulmasında etkin olarak gram negatif bakteriler rol almaktadır, gram pozitif bakteriler ise bozulmada nadir olarak görülür. Bunun nedeni ise yumurta akında bulunan ve özellikle gram pozitif bakterilere karşı etkili olan lizozim enzimidir. Lizozim enzimi yumurta akının yaklaşık % 3-3.5'ünü oluşturmaktadır. Bunun dışında yumurta akında biyotin ile birleşerek biyotinin mikroorganizmalarca kullanılmasının engelleyen avidin, demirle kompleks yaparak demirin mikroorganizmalarca kullanılmasını engelleyen konalbümin bulunur. Yumurta akında bulunan lizozim enzimi, avidin ve konalbümin yumurtanın bozulmasını engellemektedir. Ayrıca yumurta akının pH'sının da 8.3-9.3 aralığında olması mikroorganizma gelişimini bir nebze de olsa engelleyebilmektedir. Ancak yine de çevresel şartlar göz önüne alındığında mikroorganizmaların gelişimi ve üreyebilmesi açısından proteince zengindir (Baron ve ark.,2013 ;Yaşkı,2017).

Yumurta akının görsel/fiziksel bozulmasının değerlendirilmesi zordur. Çünkü mikrobiyal gelişim sonucunda bütün veya sarının kokuşma yapması haricinde yumurta akında kokuşma meydana gelmez. Yumurta akının katılaşma ise, mikrobiyal büyüme ile birlikte protein denatürasyonuna bağlı olarak meydana gelebilir. Öte yandan, sıvı yumurta bütünü ve yumurta sarısının bakteriyel bozulması sıklıkla kokuşma,

koagülasyon ve/veya renk değişikliği şeklinde görülür. Diğer bozulma özellikleri, yapı/viskozite ve lezzet ile ilgilidir (Yaşkır,2017).

Bozulmaya etken olan *Salmonella spp.* bu üründe en önemli patojen mikroorganizma olarak değerlendirilir. Yapılan çalışmalarda yumurta akında izole edilen serotipler *Braenderup* (% 20.8), *Kentucky* (% 20.8) ve *Heidelberg* (% 14.6)'tır (Anonymous, 2013).

Genel olarak *Salmonella* enfeksiyonun hastalığı 2-24 saat içinde, mide bulantısı, kusma ve yüksek ateş ile başlayıp ishal, su kaybı ile deri kurur, gözlerde çökme olur.

Diğer önemli bakteri türleri ise *Enterobacteriaceae*, Koliform türleri, *E.coli* *Listeria monocytogenes* ve *Campylobacter jejuni* gibi türlerdir (Yaşkır,2017).

Table B1. Summary for Quantified Egg White Samples by Microorganism

Microorganisms Indicator Organisms ⁽¹⁾	Sample Collected at	Number of Samples Tested	Number of Samples Quantifiable ⁽²⁾	Percent Positive	Levels of Positives				
					Mean (Data units)	Mean Std Error	Geometric Mean	Geo Mean 95% CI	Log 10 of the Geo Mean
Aerobic Plate Count (APC)	Pre- Pasteurization	573	568	99.13%	126,305	59,440	3,478	(2,843 – 4,255)	3.54
Enterobacteriaceae	Pre- Pasteurization	573	517	90.23%	2,506	486	151	(125 – 183)	2.18
Total Coliforms	Pre- Pasteurization	573	474	82.72%	1,145	551	52	(44 – 60)	1.71
Generic Escherichia coli	Pre- Pasteurization	573	296	51.66%	80	23	12	(10 – 14)	1.10
Pathogenic Organism									
<i>Salmonella</i> ⁽³⁾	Pre- Pasteurization	573	48 ⁽⁴⁾	8.38%	3.57	0.87	0.26	(0.12 – 0.58)	-0.57

(1) Units are CFU/ml

(2) Above Limit of Detection (LOD); LOD = 10 CFU/ml

(3) *Salmonella* measurements are in MPN/ml, LOD < 0.030 MPN/ml

(4) There are 13 positives under LOD in the MPN test; LOD < 0.030 MPN/ml.

Şekil 1.8 Yumurta akında sayısal mikroorganizma verileri (Anonymous, 2013).

Üründe kontaminasyon riskini azaltmak için en başında tavukların *Salmonella*'sız yemler ile beslenmesi, kümes ve follukların temiz ve kuru tutulması ile yumurtanın dışkı teması engellenmesi ile kullanılan alet-ekipman temizliği, kabuk ve sıvı kontaminasyon riskinin azaltılması için yapılan önlemler mikrobiyal bulaşmada başlıca tedbirlerdir.

1.4. Sıvı Yumurta Akında Muhafaza Yöntemleri

Sıvı yumurtanın korunmasında mikrobiyal aktivitenin kontrol edilebilmesi amacıyla birçok yöntem kullanılabilir. Yumurta kabuklu halinde ve koruyucu tabakaları veya bileşikleri olmasına rağmen belirli bir raf ömrü vardır. Günümüzde yumurta ve ürünleri ticaretine bakıldığında sağlıklı ve uzun raf ömrüne sahip ürünlerin tercihi artmaktadır. Mevsimsel değişim, ulaşım ve coğrafi iklim şartlarına uygun genel fiziksel veya fonksiyonel özelliklerinde değişim olmayan ürünlerin tüketilmesi ön planda olmaya başlamıştır, özellikle Afrika gibi açlık sınırında olan ülkelerin mevsim ve ulaşım şartları göz önüne alınmalıdır. Bu nedenle de yukarıda bahsedilen mikrobiyal bozulmalar veya tehditlere karşı yeni ürünler veya muhafaza yöntemleri geliştirilmeye başlanmıştır. Bu muhafaza yöntemleri sayesinde çeşitli yeni yumurta ürünleri geliştirilmiştir. Bu muhafaza yöntemleri ise, ısısal işlem, kurutma, dondurma işlemi, koruyucu katkı madde ve şeker, tuz gibi maddelerin ilave edilmesidir. Bu yöntemler arasında çalışmamız bakımından detaylı olarak ısısal işlem uygulaması ile kurutma işlemi üzerine durulacaktır.

1.4.1. Isıl işlem uygulaması (Pastörizasyon ve ohmik ısıtma)

Sıvı yumurta akının korunmasında uygulanan yöntemlerden bir tanesi ısısal işlem yöntemidir. Isısal işlemin maksimum sınırını (bütün ve yumurta akı için) yumurta akının koagülasyon olma özelliği belirler. Yumurta akı proteinlerinin koagülasyon özelliği nedeniyle genellikle 2 ila 5 dakika için yaklaşık 55 ila 57 °C civarında tutulması gerekmektedir (Baron ve ark., 2013). Genellikle pastörizasyon işlemi ısı değiştirici plakalar sayesinde yapılmaktadır. Ancak burada en önemli noktalarda birisi de kırım aşamasında iyi bir ayrışma (sarı ve akı) ve homojenizasyonun (stabilite) sağlanması gerekmektedir.

Yumurta akının 9 olan pH'sının 7 civarlarına çekilmesi hem yumurta akının stabilitesini hem de *Salmonella*'nın ısısal direncinin arttırır. Daha düşük pH'lara çekilmesi ile *Salmonella*'nın ısısal direnci azalır ancak beyazın fonksiyonel özellikleri zarar görür. Ancak yumurta akına alüminyum sülfat ilave edilmesiyle daha stabil hale gelir. Böylece pH 7'ye ayarlanmış ve Al³⁺ ilave edilmiş yumurta akı 60-62 °C'de 3.5-4 dakikada pastörize edilebilir. Konalbüminin stabilizasyonunda diğer bir yol ise sodyum polifosfat veya sodyum tripolifosfat (SAPP) ilavesidir. Çalışmalar yumurta akına % 0.5-0.75 oranında sodyum polifosfat ilave edildiğinde 52.5-55 °C 3.5 dakikada *Salmonella*'nın etkin bir şekilde öldürülebileceği gösterilmiştir (Ünlütürk, 2003 ve Yaşkı,2017).

Endüstriyel boyutta yumurta akında pastörizasyon işlemi, plakalı ısı değiştiricilerde 55.0 °C, shock kısmında 57.5 °C ve holder bölümünde ise 57.2 °C ısıtılarak 4.1 dakika da tamamlanır.

Pastörizasyon işleminde hedeflenen patojen mikroorganizma *Salmonella* ve suşları olup kimyasal kompozisyon/pH gibi özelliklerine bağlı olarak ısısal direncinde değişiklik gösterebilmektedir (Cotterill ve Stadelman,1995) Pastörizasyon sırasında hayatta kalan baskın mikroorganizmalar, Gram-pozitif bakteriler, örneğin *Streptococci*, *Enterococi* ve *Bacillus* sporlarıdır.Bununla birlikte,Gram negatif bakterilerin (*Pseudomonas* veya *Enterobacteriaceae*) pastörizasyon sonrası kontaminasyonlarından kaynaklı bozulmalarda görülebilir (Baron ve ark.,2013).

Tablo 1.5 ABD’de yumurta ürünlerine uygulanması zorunlu pastörizasyon normları (Jonhson ve Peterson, 1974).

Sıvı yumurta ürünü	Mininum sıcaklık (°C)	Minimum süre (dakika)
Yumurta beyazı/akı (Kimyasal katkı ilave edilmemiş)	56.7	3.5
	55.6	6,2

Ohmik ısıtma sıvı yumurta akının koagülasyonu gerçekleşmeden pastörizasyon işlemi için kullanılan bir yöntemdir. Karıştırma işlemine gerek duymadan gerçekleşebilmektedir (İçier,2005). Ayrıca düşük asitli gıdalar içinde uygun bir işlemidir. Sistem genel olarak ısıtma kolonları, bekletme tüpleri, soğutucular, tutma tankı, aseptik depolama tankı ve bağlantı borularından oluşmakta ve sistem iletkenlik özelliği olan ve düşük konsantrasyonlu ürünlerde uygulanması gerekmektedir.

1.4.2. Yumurta akında desugarizasyon (desugarization) ve kurutma uygulaması

Kurutma genel olarak gıdaları korumak amacıyla uygulanan en eski yöntemlerden birisi olup güneş ısısından faydalanılmış bir işlemdir. Son yıllarda da bu kurutma teknolojisinden faydalanarak süt ürünleri, yumurta ürünleri vb. gıdalar ortaya çıkmaktadır. Özellikle besin içeriği ve fonksiyonel özellikleri göz önüne alındığında hem raf ömrünü uzatmak hem de aynı işlevselliğini koruyan yumurta tozları üretilmesi gıda endüstrisi yanında sportif gelişimde de bu ürünler katkı sağlamaktadır. Ancak bu kurutma işleminden önce istenilen özelliğe sahip ürünler elde edilebilmesi için ön işlemlerden geçmesi gerekmektedir. Bu işlemlerden en önemlisi de desugarizasyon yani şekerin uzaklaştırılması veya fermantasyon işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Bu

işlemden sonra pastörizasyon işlemine tabi tutularak mikrobiyal gelişim önlenir en son aşama da kurutma işlemi devreye girmektedir (Susyal,2011 ve Koç,2009).

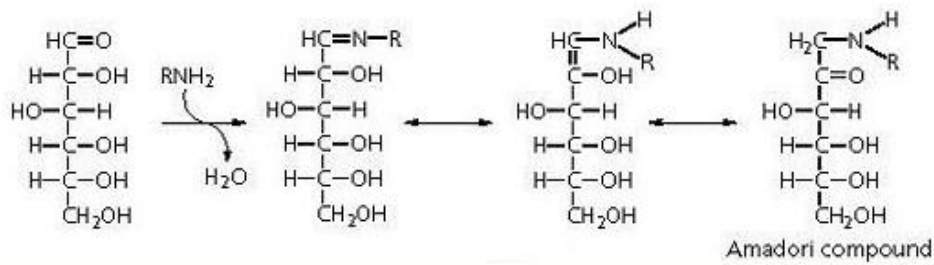
1.4.2.1. Desugarizasyon (Desugarization) veya fermantasyon

İlk olarak kurutulmuş yumurta endüstrisi 1930'ların başlarında Amerika Birleşik Devletlerinde başlamıştır. Sıvı yumurtadan hazırlanan (desugarizasyon işlemi görmemiş) kurutulmuş yumurta işlemi sonrasında veya depolama sırasında istenmeyen değişikliklere maruz kalmaktadır; bunlar çözünürlük kaybı, işlevsellik yani fonksiyonel özelliklerin azalması ve koyu renk ile sakıncalı lezzet oluşumu gibi sonuçlar ortaya çıkmaktadır (Cotterill ve Stadelman,1995).

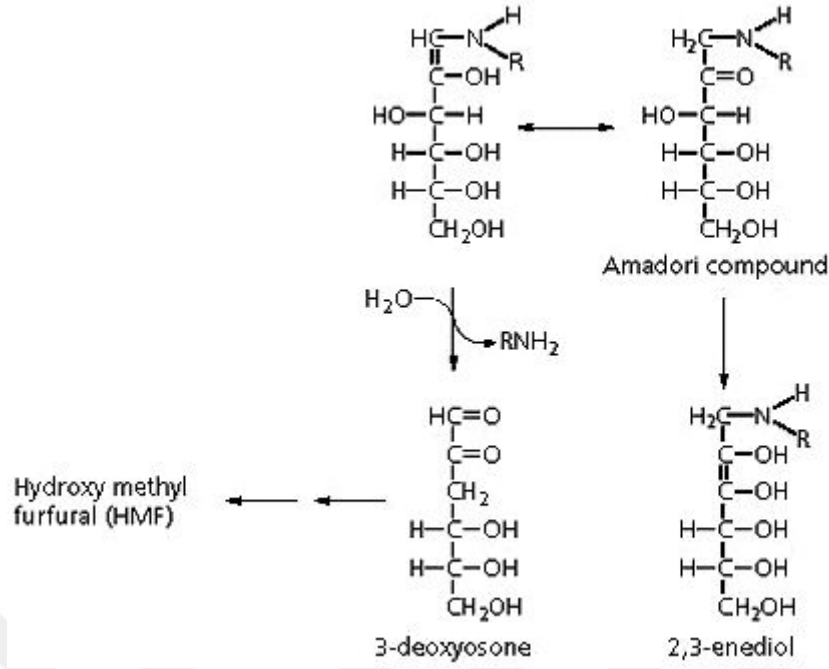
Bu değişiklikler ise yumurta akında bulunan karbonhidrat yani glikoz şekeri (% 0,9~1) ile diğer bileşikler arasında etkileşimden kaynaklanmakta olup bununla ilgili detaylı araştırmalar devam etmektedir. Kısacası kurutulmuş yumurta ürünlerinin kalitesinde bozulmaya neden olan iki ana reaksiyon tespit edilmiştir. Bunlar, glikoz-protein yani Maillard reaksiyonu, diğeri ise glikoz-sefalin reaksiyonudur (Cotterill ve Stadelman,1995).

Şekerlerin amino asitlerle etkileşimi ilk olarak Maillard tarafından incelenmiştir, bu yüzden reaksiyon ismini taşımaktadır. Şekerin glukosidik hidroksil grupları ile peptitlerin yani proteinlerin amin grupları arasındaki ilk bağlanma, kahverengimsi ürünlerin oluşumuna neden olmaktadır. Bu son ürünlerde meydana gelen değişim nedeniyle, genel işlem genellikle "esmerleşme" reaksiyonu olarak adlandırılır (Cotterill ve Stadelman,1995).

Maillard reaksiyonu, amino asitler ve indirgen şekerlerin arasında yani glikoz ile proteinler arasında genellikle yüksek sıcaklıklarda gerçekleşen reaksiyonlardır. Karamelizasyon gibi enzimatik olmayan esmerleşmenin bir çeşididir. Bu reaksiyon ile, yüzlerce farklı lezzet bileşiği maddeleri meydana gelir (Anonim,2017).

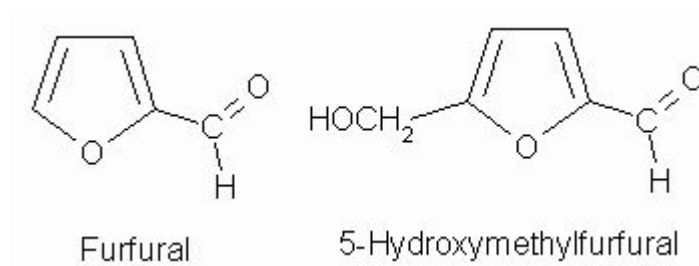


Şekil 1.9 Maillard reaksiyonunun ilk basamağı (Anonim,2017).



Şekil 1.10 Maillard reaksiyonunun ikinci basamağı (Anonim,2017).

İkinci basamakta ise amadori bileşiğinin izomerine bağlı olarak farklılık göstermekle birlikte her birinde amino asit yer değiştirerek önemli lezzet bileşikler olan furfural ve hidroksimetil furfurala (HMF) indirgenen reaktif bileşikler oluşmaktadır. Amadori yeniden düzenlenmesi temel esmerleşme reaksiyonlarının başlangıç noktası olarak kabul edilir. Furfural ve hidroksimetil furfural, maillard reaksiyonlarında oluşan karakteristik lezzet bileşikler olarak adlandırabiliriz. Furfural, riboz (pentoz) gibi şekerlerin reaksiyonlarının sonucunda oluşmakla birlikte HMF ise glikoz, früktoz gibi şekerlerin reaksiyonu sonucu oluşmaktadır (Anonim,2017).



Şekil 1.11 Furfural ve HMF'nin yapısı

Şeker alkollerini ya da sorbitol, ksilitol maillard reaksiyonlarına katılmazlar. Fırın ürünlerinde tatlandırıcı olarak kullanılan sorbitol maillard reaksiyonuna girmez ve renk değişimi gibi durumlar yaşanmaz (Anonim,2017).

Eğer yumurta akı tozları fermente edilmez ise, yüksek sıcaklıklarda önemli bir süre ısıtıldığında koyulaşmaya başlar ve üründe lezzet,renkte bozulmalar meydana gelir. Araştırmacılar, tripsin ilave edilerek yumurta akının "inceltilmesi" üzerine çalışmalar yürütülmekte olup araştırmacılar, enzimin albüminin sıvılaştırmasına rağmen, daha sonra kurutulmuş tozun depolama sırasında koyu renkler geliştirdiğini belirtmişlerdir (Cotterill ve Stadelman,1995). Bu renk değişiminin yukarda da bahsedildiği gibi kurutulmuş albümindeki değişikliklerden glikoz şekeri ile amino azotun kombinasyonundan yani Maillard reaksiyondan kaynaklandığı görülmüştür.

Bu durumun ortadan kaldırılması için yumurta akının fermantasyonu yani desugarizasyon işlemi, mevcut glikozu aside dönüştürülerek ürünün çözünürlük, fonksiyonel özelliklerinde ve renk stabilitesinin elde edilmesini sağlar. Diğer reaksiyon çeşidi olan glikoz-sefalin etkileşimi ise bütün ve sarı yumurta tozlarının kalite parametrelerinde etkilidir (Cotterill ve Stadelman,1995).

Bu sebeple yumurta akında bulunan glikoz şekerini fermantasyon yoluyla bitirmek için methodlar geliştirilmiştir. Bu methodlar, spontane gelişen mikrobiyal, kontrollü bakteriyel, maya fermantasyonu olarak 4 gruba ayrılır.

1.4.2.1.1. Desugarizasyon (Desugarization) veya fermantasyon methodları

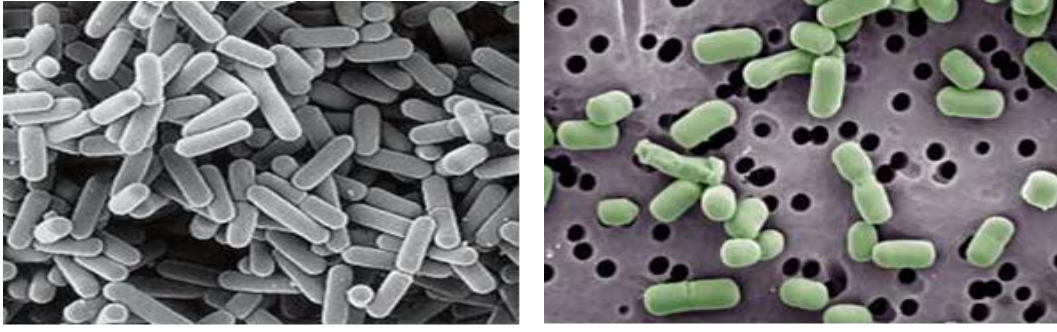
Kurutulmuş yumurtaların kalitesini ve depolanma dengesini etkileyen faktörler yoğun olarak incelenmiştir. Kurutulmuş yumurtaların stabilitesi ve kalitesel özellikleri için nem seviyesi, depolama sıcaklığı, partikül büyüklüğü, asitlik, karbonhidrat katkıları ve gaz paketleme gibi faktörler hem ayrı ayrı hem de kombinasyon halinde dikkate alınmıştır. Bu faktörlerin her biri bir miktar faydalı olmasına rağmen, hiçbirisi kurutulmadan önce sıvıdan glikozun çıkarılması kadar stabil bir yumurta ürünü üretmede başarılı olduğu kanıtlanamamıştır (Cotterill ve Stadelman,1995 ve Koç,2009).

Spontane gelişen mikrobiyal fermantasyon , yumurta kurutma endüstrileri tarafından 1940'ların ortalarına kadar kullanılmıştır. Albüminin doğal fermantasyonu sırasında 23.9 ila 29.4 °C'deki (75 ° - 84 ° F), birkaç gün bekletilmeye bırakılır ve bu süre zarfında beyaz kısmında bir miktar kalınlaşma ve jöle benzeri yapı oluşur. Yapılan çalışmalarda, asit fermantasyonunda günler ilerledikçe oluşan yapıda hafif karakteristik bir koku içerir ve kalın beyaz yüzey toplanmaya başlar. Bu kalın beyaz yapı asidin etkisi ile meydana gelen müsün lifleridir. Genellikle altı ila yedi gün sonra bu lifler pratik olarak ince beyazdan arındırılmış ve fermente edilen albüminin yüzeyinde çok telli ve bulutlu bir malzeme tabakası halinde toplanmaktadır. Fermente edilmiş olan yumurta akı numuneleri üzerinde yapılan erken bakteriyolojik testler, *Enterobacter* ve

Citrobacter cinsleri ve birkaç zararlı mikroorganizma ile karşılaşmıştır. Bu organizmaların herhangi biri tarafından mayalanan yumurta akı, tavada kurutulduğunda parlak, kristalimsi, granül bir ürün vermiştir. *Proteus*, *Serratia* veya *Pseudomonas* gibi proteolitik bakterilerle yapılan fermentasyon sonucunda düşük kaliteli bir ürünler ortaya çıkmıştır (Cotterill ve Stadelman,1995). Kontrol dışı yapılan böyle uygulamalar sağlık açısından risk teşkil etmektedir.

Kontrollü bakteriyal fermentasyon, 1931 yıllarında çalışılmaya başlanmış olup koliform ve *Streptococcus* kültürü ile aşılama yapılmış ve elde edilen yumurta akında stabilizasyonu sağlandı ileri sürülmüştür. Yumurta akının fermentasyonunda *Streptococcus lactis* olarak bilinen *Klebsiella pneumoniae* , çok sayıda organizma kullanılmadığı ya da inokülasyon öncesinde bir büyüme promotörü olarak hücrelere maya özü eklenmediği sürece, glikozu başarılı bir şekilde yok etmediği ortaya çıkmıştır. *Enterobacter aerogenes* ile mayalamada ise yumurta akında çoğalarak glikoz şekerini aside dönüştürmüştür. Ruangtrakool (1987) çalışmasında, *Klebsiellas pneumonias*, *Klebsiella oxytoca*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Leuconostoc mesenteroides* ve *Streptococcus diacetylactis* ile doğal ve lizozim indirgenmiş yumurta akından glikoz gideriminde desugarizasyon öncesi demir ilavesi mikroorganizmaların büyümesinde en etkili olduğu iletilmiştir. Laktik asit bakterileri lizozim indirgenmiş yumurta akında daha iyi büyümüştür. Bu bakteri grubu gram pozitif, spor oluşturmayan, katalaz negatif, asidi tolere edebilen, şeker fermentasyonu sırasında başlıca son ürün olarak laktik asit üreten kok veya çubuk yapıları olan bakteriler olarak tanımlanabilir (Anonim,2012). Bakır bu çalışmada yer almamasına rağmen, muhtemelen demir-konalbümin reaksiyonunun neden olduğu olumsuz pembe-kırmızı renk olmadan demirden daha iyi sonuçlar verebileceği tahmin edilmektedir. (Cotterill ve Stadelman,1995). Streptokoklar tarafından fermente edilip tavada kurutulmuş albüminden hazırlanan angel kekleri, iyi kalitede olduğu iletilmiştir.

Lactobacillus brevis, laktik asit bakterilerinin bir cinsi olup şekeri yani glikozu fermente edebilen gram-pozitif spor oluşturan mikroorganizmalardır. En önemli özelliklerinden gıda sektöründe koruma görevinde yer almasıdır. Optimum gelişme sıcaklığı 33-35°C pH 5,5-5,7 aralığında olduğu görülmüştür. Şarap, bira gibi alkollü içeceklerin üretiminde yer almaktadır (Yiğit, Aktaş ve Şahan,2013). *Lactobacillus brevis*, fermentasyon sırasında etil alkol, CO₂ ve laktik asit yaratan, çubuk şeklinde ve grupta yaklaşık 16 farklı türü vardır. Ayrıca zayıf proteolitik türler olarak düşünülebilir



Şekil 1.12 *Lactobacillus brevis* elektron mikroskopik görüntüsü (Anonymous,2019).

Lactobacillus fermenti, zararlı bakterileri öldürmede ve sağlıklı, dengeli bir mikroflora yaratmada yardımcı olduğu söylenmektedir. Bu da bu bakteride bakteriyosinogen görülme sıklığı % 15,5 olduğu iletilmektedir. Glikozu fermente edebilen özelliğe sahiptir. Optimum gelişme sıcaklığı 37 °C civarlarındadır. Zayıf proteolitik aktivitesine sahiptir.

Lactobacillus helveticus, homofermentatif olup % 2.7 oranında laktik asit oluşturabilir ve 40-42°C'de optimum gelişme gösterir, ancak 15°C'nin altında gelişme gösteremez. Glikozu fermente edebilme ve proteolitik aktivitesi vardır. Çiğ sütte ve şirdenden yapılan peynir mayalarında doğal şekilde bulunmaktadır (Pınarkaya,2008).

Lactobacillus casei,homofermentatif bir bakteridir.İnsan idrar yollarında ve ağızda bulunan bir *Lactobacillus* cinsi türüdür. Bu özel *Lactobacillus* türünün geniş bir pH ve sıcaklık aralığına sahip olduğu belgelenmiştir ve bir amilaz (karbonhidrat sindirici enzim) üreticisi olan *L. acidophilus*'un büyümesini tamamlattırır. Glikozu fermente edebilme özelliğine sahiptir.Optimum gelişme sıcaklığı 28-32 °C'dir. 15 °C'de ve onun altındaki sıcaklıklarda yaşamını sürdürebilir.Kaynağı süt olan her gıdada *Lactobacillus casei*'yi tespit etmek mümkündür (Pınarkaya,2008).

Lactobacillus plantarum hücreleri yuvarlak uçlu, düz, genellikle 0,9–1,2 genişliğinde ve 3–8 m uzunluğunda, tek başlarına çiftler halinde veya kısa zincirlerde meydana gelen çubuklardır. Bununla birlikte, bu bakteri en çok, zorunluluk, zeytin ve çeşitli sebze fermentasyonları gibi çeşitli endüstriyel ve yerel gıda ve yem fermentasyonlarını içeren bitki kaynaklı hammaddelerin fermentasyonunda bulunur. Optimum gelişme sıcaklığı 30-35 °C'dir.Glikozu fermente edebilme ve proteolitik özelliğe sahiptir (Landete ve Muñoz,2010, Pınarkaya,2008).

Maya fermentasyonu, *Saccharomyces cerevisiae* tarafından maya fermentasyonunun gelişimi, Armour and Company, Chicago, şirketi tarafından bu konu

üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bütün yumurtanın ağırlıkça % 0.2 ila % 0.4 nemli ekmek mayası ile 22 ° C ila 23 ° C (71.6 ° ila 73.4 ° F) fermantasyonu, şekeri 2 ila 4 saat içerisinde tüketmiştir.

Nihai ürünün tadı ve kokusundan mayayı çıkarmak için fermente edilmiş şekersiz sıvının santrifüj edilmesiyle geliştirilmiye çalışılmıştır ancak ekstra işlemlerden dolayı zaman kaybı ve proses süreci zorlaşmaktadır.

Araştırmalar, tüketicilerin, maya ile fermente edilmiş, tavada kurutulmuş albümin ile hazırlanan melek pastaları/angel cake üzerine dondurulmuş yumurta beyazlarıyla yapılan melek pastaları için güçlü bir tercihi olduğu iletilmektedir.

Bazı avantajları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Asitlikte çok az değişikliğe neden olur ve bu nedenle nötralizasyon ihtiyacını ortadan kaldırabilir.

2. Nemli maya, kolay halde bulunabilir olması (Cotterill ve Stadelman,1995).

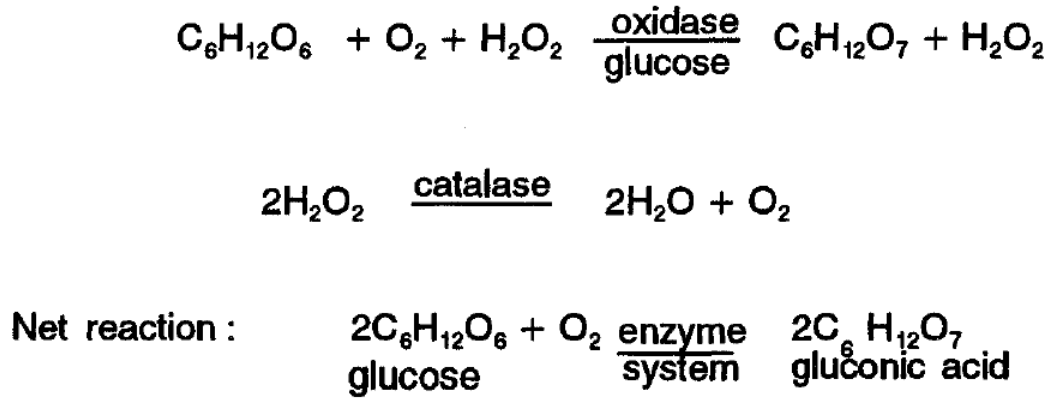
Enzim fermantasyonu, glikoz oksidaz, 1928'de Muller tarafından *Aspergillus niger* ve *Penicillium glaucum* kültürlerinde bulunmuştur. Moleküler oksijen varlığında, enzimin glikozun glikonik aside oksidasyonunu katalize ettiğini göstermiştir.

1937'de Franke ve Lorenz ayrıca hidrojen peroksitin aynı zamanda enzim aktivitesinin bir ürünü olduğunu tespit ederek reaksiyonu karakterize etmiştir.

Radyoizotoplar kullanılarak Bentley ve Neuberger (1949), reaksiyon tarafından üretilen hidrojen peroksitin oksijen atomlarının moleküler oksijenden türetildiğini ve enzimin hidrojenin glikozdan oksijene transferini katalize ettiğini göstermiştir.

Dolayısıyla, glikoz oksidaz, gerçekte bir oksidoredüktazdır. Glikoz oksidaz, hidrojen peroksitin, su ve oksijene ayrışmasını katalize eden bir enzim olan katalazdan oluşan bir enzim sistemi olup yiyeceklerin ve içeceklerin deoksijenasyonunda kullanılmak üzere geliştirilmiştir.

Yapılan araştırmalar sonrasında enzimle muamele edilmiş yumurta akı tozunun koku ve tat içermediğini ve kabul edilebilir melek/angel cake pastaları üretildiği iletilmiştir (Cotterill ve Stadelman,1995).



Şekil 1.13 Glikoz oksidaz-katalaz enzim sistemi (Cotterill ve Stadelman,1995).

Yumurta akından glikozun giderilmesi nerdeyse bütün olarak kontrollü bakteriyel fermantasyon işlemiyle yapılmaktadır. Hem glikoz oksidaz enzimi hem de maya yöntemleri kullanılabilirken, bakteri kültürü yönteminin hem işlevsel hem de finansal üstünlükleri vardır. Bakteriyel fermantasyonun kullanılması, işçilik ve malzeme bakımından nominal maliyette, iyi bir lezzet ve çözünürlüğe sahip, çırpılma yeteneği yüksek olan yumurta beyazı tozu ürününe neden olur. Bununla beraber, sarıyı içeren yumurtanın bakteriyel fermantasyonunun, lezzetsiz ve renksiz ürünler verdiği için, tatmin edici olmayan bir yöntem olduğu düşünülmektedir. Bazı şirketlerde, bakteri kültürü spesifiktir, diğerlerinde ise, sadece glikozu dönüştürme yeteneğiyle karakterize edilmekte olup, spesifik bir cinse veya türe ait değildir. Bakteriyel fermantasyonu kullanan şirketlerin, kültürün büyümesini küçük bir albümin yığının içinde başlatması yaygın bir uygulamadır. Sık sık büyük ticari işlemlerde, mayalanan yumurta akı yığınının bir kısmı, tam glikoz tükenmesi öncesi ikinci bir tanka aktarılır ve ikinci yığın için bir aşı maddesi (inoculum) olarak görev yapar. Bu teknikle, makul bir süre için tek bir sağlıklı kültür taşınabilir (Cotterill ve Stadelman,1995).

Yumurta akı ürünleri, normal olarak bakteriyel fermantasyondan önce pastörize edilmedikleri için, ham yumurta beyazının mikrobik profili, kaliteli bir son ürünün üretiminde son derece önemlidir. Mayalanmamış ham yumurtalarda büyük sayıdaki istenmeyen bakteriler, glikozdan faydalanma yeteneğinde olup, fermantasyon sırasında, kültür bakterileriyle yarışacak ve bitmiş üründe istenmeyen niteliklerin çok olmasına neden olacaktır (Cotterill ve Stadelman,1995).

Sonuçlar şunu gösteriyor ki glikozun bakteriyel fermantasyonu ile uzaklaştırılmasının köpük oluşturma, koku ve çözünürlük açısından daha iyi sonuç

verdiği iletilmektedir. Glikozun 10 °C enzimatik yol ile uzaklaştırılması işleminde mikroorganizma uzaklaştırılmasına göre daha düşük ürün elde edilmektedir. Bilindiği gibi yumurta akında % 0,9-1.0 karbonhidrat içerir ve bunun büyük bir kısmı glikozdur (Yaşkı,2017).

Fermantasyon işlemi yumurta akında kurutma işleminden önce yapılması gerekmektedir. Sıvı yumurta akı yüksek sayıda mikroorganizma ve *Salmonella* içerebilir. Bu nedenle de fermantasyondan sonra kurutulacak ürüne göre belirlenmiş normlarda pastörizasyon işlemi uygulanabilir. Daha sonra pastörize edilmiş sıvı yumurta kurutma tesisine iletilir (Yaşkı,2017).

1.4.2.2. Yumurta akı dehidrasyon/kurutma uygulamaları

Gıdalardan yeterince düşük bir seviyeye kadar suyun giderilmesi, mikroorganizmaların büyümesini durdurmakta ve kimyasal reaksiyon hızları yavaşlamaktadır. Böylece dehidrasyon gıdanın korunması için kullanılabilir. Bu, doğanın, tahıllar gibi belli ürünleri korumasının bir yolu olup, insanlar, meyveleri, etleri, ve diğer ürünleri kurutmanın değerini yüzyıllar önce öğrenmişlerdir.

Dehidrasyon, yumurtaları muhafaza etmenin başarılı bir yolu olup, yumurta kurutma endüstrisi son birkaç yıl boyunca gelişmiştir. Araştırmalar, kurutulmuş yumurta ürünlerinin kimyasal, işlevsel ve mikrobik özelliklerini içeren problemleri çözmeye çok önemli bir rol oynamıştır. Kurutulmuş yumurtaların üretiminde önemli iyileştirmeler yapılmış olup pastacılık gıdalarında, pastacılık karışımlarında, mayonez ve salata hazırlamada, şekerlemelerde, dondurma, pasta ve birçok uygun gıdalarda dikkatli bir şekilde kullanılmaktadır.

Kurutulmuş yumurta ürünlerinin aşağıdaki gibi avantajları vardır:

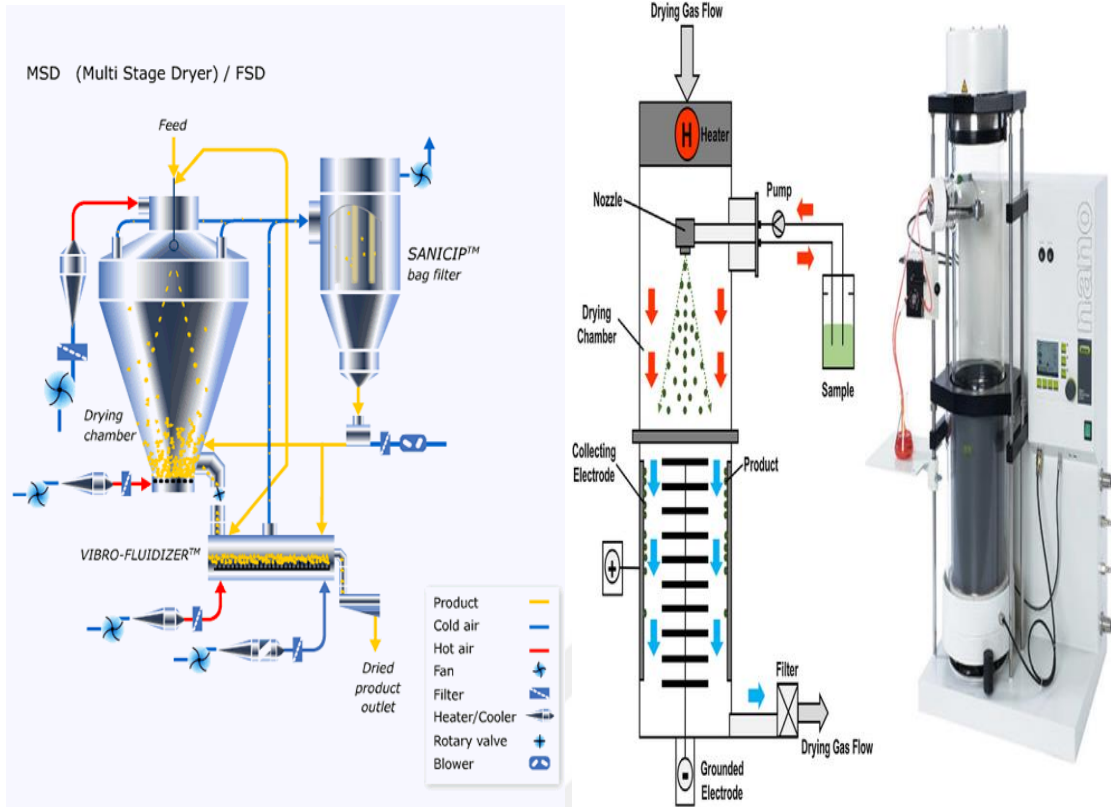
- 1.Kuru depolama veya soğutma koşulları altında düşük maliyetle depolanabilirler ve kabuklu veya sıvı yumurtalardan daha az yer gerektirirler.
- 2.Taşımacılık maliyetleri, dondurulmuş veya sıvı yumurtalardan daha azdır.
- 3.Sıhhi bir şekilde taşınmaları kolaydır.
- 4.Depoda tutuldukları zaman, bakteri büyümesine duyarlı değildirler.
- 5.Bir formülasyon içinde tutulan suyun miktarı üzerinde kesin bir kontrole izin verirler.
- 6.İyi üniformluğa sahiptirler.

Birçok yeni uygun gıdaların geliştirilmesini mümkün hale getirmiştir (Cotterill ve Stadelman,1995).

Formülasyonlarda kullanılan sıvı yumurta akının hacmi sürekli olarak artmaktadır. 2011’de, ABD’de üretilen tüm yumurtaların %40’ı, gıda hizmeti, imalat, perakende satış ve ihracat için daha fazla işlenmiştir. Dondurulmuş yumurtaların üretimi çok artmasına rağmen, kurutulmuş yumurta üretimindeki bir ilerlemeye dikkat çekilmiştir. Yumurta akı tozunun fizikokimyasal ve işlevsel özellikleri, işleme koşullarından ve imalat yönteminden güçlü bir şekilde etkilenmektedir. Kurutma, gıda çözeltilerini kuru-katı biçime dönüştürmeye yardım eden önemli bir işlemlerden olup yaygın olarak kullanılan malzemelerin kuru katı biçimlerinin daha uzun raf ömrü ve daha küçük hacim gerekliliği vardır. Bu da nispi kolaylıkla taşınabilir ve işlenebilir. Kurutma işlemi, enzimatik bozunmayı engeller ve mikrobiyolojik büyümeyi sınırlar. Kurutma, yiyecekleri daha uzun süre kullanım için işleme ve korumanın en eski yöntemlerinden birisidir. Bu, gıda kalitesinin değişmesine neden olabilen ısı ve kütle transferi gerektiren karmaşık bir işlemdir (Liu ve ark.,2015).

Dehidrasyon/kurutma işlemi iki şekilde uygulanır. Bunlar, püskürterek ya da dondurarak kurutma yöntemidir. Dondurarak kurutma yöntemi, özellikle sıcaklığa karşı hassas olan gıda ürünlerinde kullanılmaktadır. Püskürtmeli kurutma yöntemine göre bazı avantajları vardır özellikle tat, lezzet ve aroma kaybı minimuma indirmektedir. Genel olarak yöntem, gıdanın bileşğinde bulunan suyun vakum ortamında süblimasyon yöntemi ile buhar olarak ortamdan uzaklaştırılır. Ancak işletme maliyetinin yüksek olması nedeniyle günümüzde fazla tercih edilmemektedir (Susyal,2011 ve Koç,2009).

Diğer yöntem ise püskürtme ile kurutma işlemidir. Bu yöntemde sıvı yumurta akı ya da besleme kısmı, sıcak havada ince zerrecikler haline dönüştürülmek üzere püskürtülür ve buhar haline dönüşen su içeriği emilerek uzaklaştırılır. Başlangıçta 180 °C’ye kadar ulaşan sıcak hava anında soğutulur ve buda yumurta üzerinde etkili olan ısı 70 °C’ye kadar düşürülmüş olur. Bu düşük ısı derecesi sayesinde yumurta akı tozu yumurtanın tüm özelliklerini kaybetmez (Yaşkı,2017).



Şekil 1.14 Klasik ve nano püskürtmeli kurutucu.

Püskürtmeli kurutma yönteminde en önemli kısım, püskürtme işlemi ile bir sıvıdan büyük yüzey alanına sahip damlacıkların meydana getirilmesi olayıdır. Oluşan ürüne ,sıvı ürünün yani besleme kısmının fiziksel ve kimyasal özellikleri, kurutucu cihazın çalışma prensibi, sıcaklık ve süre gibi faktörler etkilemektedir (Koç,2009 ve Yaşkır,2017).

Püskürtme ile küçük damlacıklar şeklinde sıvı sıcak ortama püskürtüldüğünde ısı ve kütle aktarımı için geniş yüzey alanları elde edilmekte olup kuruma işlemi kısa sürede tamamlanır. Püskürtmeli kurutucularda elde edilen tozlar minimum kayıp ile uygun yoğunluk, renge, hızlı çözünabilirlik ve fonksiyonel (koagülasyon,jelleşme) özellikleri elde edilebilmektedir (Susyal,2011 ve Koç,2009).

Püskürtmeli kurutma işlemi (Şekil 1.13) 4 basamaktan oluşur. Atomizasyon yani püskürtme işlemidir. Atomizasyondan sonra damlacıkların sıcak hava ile etkileşimi, damlacıkların kuruması, dehidre edilmiş ürünün havadan ayrılması ve son olarak toplama haznesinde birikmesidir (Susyal,2011;Koç,2009 ve Yaşkır,2017).

Püskürtme yönteminde optimize edilmesi gereken bölümler; besleme sıcaklığı, havanın giriş ve çıkış sıcaklıkları olup bunlar özellikle besleme giriş sıcaklığı emülsiyonun viskozitesini, akışkanlığını ve kapasitesini etkilemektedir. Besleme

sıcaklığında eğer artış yapılırsa püskürtülecek sıvının viskozite düşürülerek tanecik boyutu küçültülmelidir. Bununla beraber, sprey kurutmada gerek duyulan ısıtma ve atomizasyon, yumurta akı proteinlerinde bir derece denatürasyona neden olmaktadır. Sprey kurutma koşullarının (hava giriş sıcaklığı ve nozul basıncı) yumurta akı tozunun işlevsel özellikleri üzerindeki etkisini incelemiş ve köpürme gücünün ve protein çözünürlüğünün hava giriş sıcaklığı arttıkça azaldığı bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda, orta düzeydeki sprey kurutma koşullarının (giriş sıcaklığı, 110, 120, 125°C ve debi, 0,2 ve 0,3 l/sa) kurutulmuş yumurta akı ve bütün yumurta üzerindeki işlevselliğini incelemiş olup yüksek sıcaklık (125°C) ve düşük sıvı debisinin (0.2 l/sa.) jel sıklığını iyileştirdiğini, jel esnekliğini azalttığını, köpürme kapasitesini artırdığını, emülsiyon kapasitesi ve stabiliteyi iyileştirdiğini rapor edilmiştir. (Katekhong ve Charoenrein,2017 ve Koç,2009,).

Kurutulmuş yumurta akı ürünlerinin performansları aşağıdaki işlevsel özelliklerle bağlantılıdır: köpürme (havalandırma gücü), koagülasyon/pıhtılaşma (bağlama ve kalınlaşma gücü), lezzet, besin içeriğidir. Köpürme, kurutulmuş yumurta akı ürünlerinin çırpma özellikleri, pandispanya, sünger kek, kremler ve şekerlemeler için önemlidir. Yumurta akının bir çırpma teli veya başka bir mekanik cihazla dövüldükleri zaman, hava katma ve oldukça kararlı bir köpük oluşturma yeteneği vardır. (Cotterill ve Stadelman,1995).

Ayrıca yumurta akı tozunun 10-15 gün süreyle 75-80°C ısıtılması, sprey kurutma işleminden kaynaklanan özellik kayıplarını dengelemek amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır: Böyle bir ısıtma işleminden sonra, hem jelleşme hem de köpük özellikleri iyileşmektedir (Lechevalier ve ark.,2007).

Yumurta akı içindeki proteinler, köpürme işlemi sırasında oluşturulan çok büyük yüzeyler tarafından üretilen köpük yapısını korurlar. Proteinin gelişmesi ve yayılması, köpük içindeki yüzeylerde, yani sıvı/hava yüzeyinde olur. Gelişmiş protein yüzeyi oldukça kararlı olan bir yapı oluşturmak için denatüre olur (Cotterill ve Stadelman,1995).

Ön işlem olmadan kurutulduğu zaman, yumurta beyazında özellikle köpürme özelliği kaybı olur. Bu kayıp, görünüme bakılırsa, kurutma işleminin kendisiyle içindeki herhangi bir fiziksel işleminin birleştirilmesinden kaynaklanmaktadır. Eğer kurutma sırasında ürün içinde yeterince yüksek sıcaklığa ulaşırsa, ısının da bir etkisi olabilir. Isının etkisi ürünün su içeriğine bağlıdır. Kurutulduğu zaman glikozsuz yumurta beyazı, zarar görmeksizin oldukça yüksek sıcaklıklara dayanabilir.

Gerçekten de, kurutulmuş yumurta akı bakteri sayısını azaltma ve *Salmonella* bulaşma olasılığını düşürme yöntemi olarak kullanılmaktadır (Cotterill ve Stadelman,1995).

Isının, yumurta akının köpürme özellikleri üzerinde de olumsuz etkileri olabilir.Yumurta akının 57°C'ın yukarısına ısıtılması köpürme özelliklerinin kaybolmasına neden olabilir.Yumurta akı 1 saat süreyle 49°C'a hatta 6 saat süreyle 43°C'a kadar bile ısıtıldığı zaman, köpürme özelliğinde kayıp gözlenmiştir. 57°C'ta 4 dakika süreyle pastörize edilen yumurta akı kötü pandispanyalar üretir. Pandispanya üzerinde yapılan bir çalışmada, yumurta akı 57°C'ın altında doğal pH'ında (9,0) pastörize edilip sprey kurutma ile kurutulduktan sonra yumurta akının köpürme ve işlevsel özellikleri üzerinde çok az etkisi olduğu tespit edilmiştir. Pastörizasyon sırasında yumurta akının köpürme özelliklerine verilen zarar, ovomusin –lizozim kompleksinin ısı denatürasyonundan kaynaklanmakta olduğu ileri sürülmektedir. Ovomusin yumurta akı köpüğünün stabilize edilmesine yardım etmektedir ve yumurta akı pastörize edildiği zaman (ısıtma zamanında ki artış ile doğru orantılı) ovomusine verilen zarardan dolayı köpük kararlılığında kayıplar olmaktadır (Cotterill ve Stadelman,1995).

Kurutma ile birlikte üründe koagülasyon özelliğinde ise ürünlerin , pıhtılaşma ve gıda parçalarını bir arada bağlama veya kekler, koyu kremler, omletler ve pudingler gibi gıdaları kalınlaştırma yeteneği, en önemli işlevsel özelliklerden birisidir. Yumurta akı proteinleri geniş bir sıcaklık aralığında denatüre olur ve pıhtılaşır. Uygun kurutma ve depolama koşulları altında, kurutulmuş yumurta ürünleri, ısıyla pıhtılaşma özelliklerini pek kaybetmezler. Bununla beraber, eğer kurutma koşulları uygunsuz ise ürünler ısıyla pıhtılaşma özelliklerinin yanında çözünürlüklerini de kaybedebilirler (Cotterill ve Stadelman,1995).

Yumurta beyazının ısının neden olduğu jelleri oluşturma yeteneği onların en önemli işlevsel özelliklerinden birisi olup yumurta akı proteinlerinin termal jelleşmesi, gömülü hidrofobik grupların sergilenmesi, birincil jel ağının toplanması, oluşumu ve bu ağın soğutma üzerine takviye edilmesi ile, ilk olarak protein yapısındaki uyumlu değişikliklerle karakterize edilen, genellikle 4 adımlı bir işlem olarak düşünülmektedir. Yumurta beyazı jelleşmesinin, ısıtma koşulları, protein kökeni ve konsantrasyon, pH ve iyon gücü tarafından güçlü bir şekilde etkilendiğini göstermektedir (Eleya ve Gunasekaran,2002).

Bir diğer çalışmada ise kurutma yöntemi akışkan yataklı olarak denenmiş ve ürünlerin fonksiyonel özellikleri üzerinde durulmuştur. Bu çalışma sonucunda akışkan yatak uygulanan yumurta akı tozunda jel rengi koyu, yeşil ve daha az sarı hale gelmiş olup köpük ve yüzey aktivitesi özelliklerin etkilenmediği ancak köpük stabilitesi yüzey basıncıyla ilişkili sıvı drenajına karşı pozitif korelasyon göstermiştir (Hammershøj ve ark.,2005).

Kurutulmuş yumurta akı ürünlerinin depolama şartları önemli olup özellikle kuru ve serin ortamda ,düşük nem seviyesi (%2'nin ürünün altında) altında olması depolama sırasında meydana gelebilecek kahverengileşme reaksiyonu önler veya geciktirir. Belirtilen depolama şartlarına uyulmalıdır. Bazı çalışmaları, kurutulmuş yumurta beyazının depolanması sırasındaki işlevsel özelliklerinde değişiklikler göstermiştir. Kato ve ark.(1990) bir örneğin kuru ısıtılmış bir durumda (numunenin kontrollü sıcaklık ve nem koşulları altında depolanması), ısıtma zamanındaki bir artışın, sprey kurutulmuş yumurta beyazının köpürme gücünü, köpürme stabilitesini, emülsiyonlaşma özelliklerini ve jel dayanımını artırdığını bulmuşlardır (Katekhong ve Charoenrein,2017).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Yumurta akı tozlarının üretilmesi, desugarizasyon işlemi (fermantasyon) ve fonksiyonel özellikleri hakkında dünya çapında birçok araştırma yapılmıştır. Bunların detayları da giriş bölümünde de alt başlıkların altında detaylı olarak verilmiştir.

Glikozu desugarizasyon işlemi ile kurutma aşamasından önce uzaklaştırılması gerekmektedir. Bunun nedeni ise istenmeyen renklerin üretilmesine neden olan glikoz ile protein arasındaki maillard reaksiyonu ve glikoz-sefalin reaksiyonu yani lezzet dışı gelişimden sorumlu olan bir sefalin amino grubu ile aldehitler glikoz arasındaki bir reaksiyon meydana gelmesi ile istenmeyen fiziksel görüntü, koku ve tad oluşmaktadır (Wu,2014).

Yumurta beyazı, pastane ürünleri, kremalı pastalar ve et ürünleri gibi bir çok gıda için temel bir oluşturucu maddedir. Bu özellikler, esas olarak kuru maddenin %80'inden fazlasını temsil eden beyaz proteinlerden kaynaklanmaktadır (Lechevalier ve ark.,2007).

Yumurta akı (Albümin) yapısal olarak 4 katmandan meydana gelir. Bunlar, çok yoğun iç albümin (Chalaziferous),az yoğun dış albümin,çok yoğun dış albümin, az yoğun dış albüminden oluşur. Aminoasit deposu olan köpük oluşturma özelliği bulunan ovalbümin (% 54), demir bağlama yani şelat özelliği ile bakteri gelişimini önleyen

ovotransferrin (% 12-13), proteaz ve tripsin enzimini inhibe eden ovomucoid (%11), yumurta akının viskozitesi ve köpük stabilitesinden sorumlu olan ovomucin (%1,5) Köpük oluşumuna katkı sağlayan Globülin (%8), bakteri gelişimini engelleyen ve biotin inhibitörü olan avidin (%0,05), mikroorganizmaların hücre duvarlarını yok eden lizozim enzimi (%3-3,4) ve ovoinhibitor (%1,5) , ovoflavoprotein (%0,8), ovomicroglobulin (%0,5) bulunur (Yüceer,2015).

Yumurta akının sahip olduğu bu proteinler sadece gıda olarak değil farmasötik olarak da kullanılabilir. Metal taşıyıcı olan ovotransferrin, antimikrobiyal veya antikanser ajanı iken lizozim temel olarak bir gıda koruyucu olarak kullanılır. Ovalbümin yaygın olarak bir besin takviyesi ve ovomucin bir tümör baskılama ajanı olarak kullanılır. Ovomukoid başlıca alerjendir ancak tümörlerin büyümesini engelleyebilir ve antikanser ajanı olarak kullanılabilir (Abeyrathne ve ark.,2013).

Yumurta akı proteinleri, ısısal işlemlerde denatüre olabilmektedir ve denatürasyon sonucunda yumurtanın beyaz kısmı katı bir hale dönüşür (Algan,2007).

Kurutma yöntemi gıdalardan yeterince düşük bir seviyeye kadar suyun giderilmesi, mikroorganizmaların büyümesini durdurmakta ve kimyasal reaksiyon hızları yavaşlamaktadır. Özellikle yumurta akının görsel/fiziksel bozulmasının değerlendirilmesi zordur. Çünkü mikrobiyal gelişim sonucunda bütün veya sarının kokuşma yapması haricinde yumurta akında kokuşma meydana gelmez. Yumurta akının katılaşma ise, mikrobiyal büyüme ile birlikte protein denatürasyonuna bağlı olarak meydana gelebilir. (Baron ve ark.,2013;Yaşkı,2017).

Bozulmaya etken olan *Salmonella spp.* bu üründe en önemli patojen mikroorganizma olarak değerlendirilir. Yapılan çalışmalarda yumurta akında izole edilen serotipler *Braenderup* (% 20.8), *Kentucky* (% 20.8) ve *Heidelberg* (% 14.6)'tir (Anonymous, 2013).

Böylece dehidrasyon gıdanın korunması için kullanılabilir. Bu, doğanın, tahıllar gibi belli ürünleri korumasının bir yolu olup, insanlar, meyveleri, etleri ve diğer ürünleri kurutmanın değerini yüzyıllar önce öğrenmişlerdir (Cotterill ve Stadelman,1995). Kurutma işlemi, enzimatik bozunmayı engeller ve mikrobiyolojik büyümeyi sınırlar. Kurutma, yiyecekleri daha uzun süre kullanım için işleme ve korumanın en eski yöntemlerinden birisidir. Bu, gıda kalitesinin değişmesine neden olabilen ısı ve kütle transferi gerektiren karmaşık bir işlemdir (Liu ve ark.,2015).

Ancak kurutma fonksiyonel, fiziksel ve kimyasal özelliklerinde kayba neden olmaması için ön işlemlerden geçmesi gerekmektedir. Bu işlemlerde en önemlisi

desugarizasyon işlemidir. Bu işlem yıllarca *Saccharomyces cerevisiae* olarak bilinen ekmek mayası tarafından yapılmıştır. Bu fermantasyon yapılmasının nedeni ise yumurta akının içerisinde bulunan %0,9-1 arasında değişen glikoz şekerinin ısıtma vb. gibi işlemler sonucunda protein ile etkileşime girerek Maillard reaksiyonu adı verilen esmerleşme denilen reaksiyonu ortaya çıkarmasıdır (Cotterill ve Stadelman,1995).

Armour and Company, şirketinin maya ile yapmış olduğu çalışmalarda nihai ürünün tadı ve kokusundan mayayı çıkarmak için fermente edilmiş şekerli sıvının santrifüj edilmesiyle geliştirilmeye çalışılmıştır ancak ekstra işlemlerden dolayı zaman kaybı ve proses süreci zorlaşmaktadır. Bütün yumurtanın ağırlıkça % 0.2 ila % 0.4 nemli ekmek mayası ile 22 ° C ila 23 ° C (71.6 ° ila 73.4 ° F) fermantasyonu, şekeri 2 ila 4 saat içerisinde tüketmiştir (Cotterill ve Stadelman,1995).

Yumurta akında glikozun giderilmesi maya, enzim ve kontrollü bakteriyel fermantasyon işlemiyle yapılmaktadır. 1930'lu yıllarda spontane mikrobiyal yardımıyla bu işlem gerçekleştirilmekteydi. Hem glikoz oksidaz enzimi hem de maya yöntemleri kullanılabilirken, bakteri kültürü yönteminin hem işlevsel hem de finansal üstünlükleri vardır. Bakteriyel fermantasyonun kullanılması, işçilik ve malzeme bakımından nominal maliyette, iyi bir lezzet ve çözünürlüğe sahip, köpürme yeteneği yüksek olan yumurta akı katıları ürününe neden olur. Bununla beraber, sarıyı içeren yumurtanın bakteriyel fermantasyonunun, lezzetsiz ve renksiz ürünler verdiği için, tatmin edici olmayan bir yöntem olduğu düşünülmektedir. Bazı şirketlerde, bakteri kültürü spesifiktir, diğerlerinde ise, sadece glikozu dönüştürme yeteneğiyle karakterize edilmekte olup, spesifik bir cinse veya türe ait değildir. Ancak genel olarak kontrollü bakteri *Klebsiella pneumoniae* ve *Enterobacter aerogenes* ile bu işlem yapılmaktadır. Ancak *K. pneumoniae* çok sayıda organizma kullanılmadığı ya da inokülasyon öncesinde bir büyüme promotörü olarak hücrelere maya özü eklenmediği sürece, glikozu başarılı bir şekilde yok etmediği ortaya çıkmıştır (Cotterill ve Stadelman,1995).

Ruangtrakool (1987) çalışmasında, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca*, *Lactobacillus planetarium*, *Lactobacillus casei*, *Leuconostoc mesenteroides* ve *Streptococcus diacetylactis* ile doğal ve lizozim indirgenmiş yumurta akından glikoz gideriminde desugarizasyon öncesi demir ilavesi mikroorganizmaların büyümesinde etkili olduğu iletilmiştir (Cotterill ve Stadelman,1995).

Bakteriyel fermantasyonu kullanan şirketlerin, kültürün büyümesini küçük bir albümin yığını içinde başlatması yaygın bir uygulamadır.

Enzim fermentasyonu, glikoz oksidaz, 1928'de Muller tarafından *Aspergillus niger* ve *Penicillium glaucum* kültürlerinde bulunmuştur. Moleküler oksijen varlığında, enzimin glikozun glikonik aside oksidasyonunu katalize ettiğini göstermiştir (Cotterill ve Stadelman,1995).

Radyoizotoplar kullanılarak Bentley ve Neuberger (1949), reaksiyon tarafından üretilen hidrojen peroksitin oksijen atomlarının moleküler oksijenden türetildiğini ve enzimin hidrojenin glikozdan oksijene transferini katalize ettiğini gösterdi. Dolayısıyla, glikoz oksidaz, gerçekte bir oksidoredüktazdır (Cotterill ve Stadelman,1995).

Sonuçlar şunu gösteriyor ki glikozun bakteriyel fermentasyonu ile uzaklaştırılmasının köpük oluşturma, koku ve çözünübilirlik açısından daha iyi sonuç verdiği iletilmektedir. Glikozun 10°C enzimatik yol ile uzaklaştırılması işleminde mikroorganizma uzaklaştırılmasına göre daha düşük ürün elde edilmektedir (Yaşkı,2017).

Ayrıca yumurta akı tozunun kurutma işleminden önce 10-15 gün süreyle 75-80°C ısıtılması, sprey kurutma işleminden kaynaklanan özellik kayıplarını dengelemek amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ön işlem olmadan kurutulduğu zaman, yumurta beyazında özellikle köpürme özelliği kaybı olur. Bu kayıp, görünüşe bakılırsa, kurutma işleminin kendisiyle içindeki herhangi bir fiziksel işleminin birleştirilmesinden kaynaklanmaktadır. Eğer kurutma sırasında ürün içinde yeterince yüksek sıcaklığa ulaşırsa, ısının da bir etkisi olabilir. Isının etkisi ürünün su içeriğine bağlıdır. Kurutulduğu zaman glikozsuz yumurta akı, zarar görmeksizin oldukça yüksek sıcaklıklara dayanabilir. Gerçekten de, kurutulmuş yumurta akı bakteri sayısını azaltma ve *Salmonella* bulaşma olasılığını düşürme yöntemi olarak kullanılmaktadır Böyle bir ısıtma işleminden sonra, hem jelleşme hem de köpük özellikleri iyileşmektedir (Cotterill ve Stadelman,1995 ve Lechevalier ve ark.,2007).

Araştırmalar, kurutulmuş yumurta ürünlerinin kimyasal, işlevsel ve mikrobik özelliklerini içeren problemleri çözmede çok önemli bir rol oynadığını göstermiştir. Kurutulmuş yumurtaların üretiminde önemli iyileştirmeler yapılmış olup pastacılık gıdalarında, pastacılık karışımlarında, mayonez ve salata hazırlamada, şekerlemelerde, dondurma, pasta ve birçok uygun gıdalarda dikkatli bir şekilde kullanılmaktadır.

Kurutulmuş yumurta ürünlerinin aşağıdaki avantajları vardır:

1.Kuru depolama veya soğutma koşulları altında düşük maliyetle depolanabilirler ve kabuklu veya sıvı yumurtalardan daha az yer gerektirirler.

2.Taşımacılık maliyetleri, dondurulmuş veya sıvı yumurtalardan daha azdır.

- 3.Sıhhi bir şekilde taşınmaları kolaydır.
- 4.Depoda tutuldukları zaman, bakteri büyümesine duyarlı değildirler.
- 5.Bir formülasyon içinde tutulan suyun miktarı üzerinde kesin bir kontrole izin verirler.
- 6.İyi üniformluğa sahiptirler.
- 7.Birçok yeni uygun gıdaların geliştirilmesini mümkün hale getirmiştir (Cotterill ve Stadelman,1995).

Dehidrasyon/kurutma işlemi iki şekilde uygulanır. Bunlar, püskürterek ya da dondurarak kurutma yöntemidir. Dondurarak kurutma yöntemi, özellikle sıcaklığa karşı hassas olan gıda ürünlerinde kullanılmaktadır ancak işleme maliyeti yüksektir. Püskürtmeli kurutma yöntemine göre bazı avantajları vardır özellikle tat, lezzet ve aroma kaybı minimuma indirmektedir. Genel olarak yöntem, gıdanın bileşiminde bulunan suyun vakum ortamında süblimasyon yöntemi ile buhar olarak ortamdaki uzaklaştırılır (Susyal,2011 ve Koç,2009).

Diğer yöntem olan püskürtmeli kurutma işlemi 4 basamaktan oluşur. Birinci kısmı atomizasyon yani püskürtme işlemidir. Atomizasyondan sonra damlacıkların sıcak hava ile etkileşimi, damlacıkların kuruması, dehidre edilmiş ürünün havadan ayrılması ve son olarak toplama haznesinde birikmesidir (Susyal,2011;Koç,2009 ve Yaşkı,2017).

Spreyle kurutulmuş yumurta akı, köpürme ve jelleşme özellikleri için gıda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Bununla beraber, bu özellikler, spreyle kurutma işleminin yumurta akının işlevselliği üzerindeki zararlı etkilerini dengelemek için gerekli olan yumurta akı tozunun yukarıda da bahsedildiği gibi kuru ısıtılması sayesinde elde edilmektedir (Lechevalier ve ark.,2007).

Kurutma işlemleri de yumurta akı proteininin üzerinde bir takım etkilere neden olmaktadır ve bu etkiler proteinin kendi kimyasal ve fonksiyonel özelliklerinde değişikliğe neden olur. Yapılan çalışmalarda, orta düzeydeki sprey kurutma koşullarının (giriş sıcaklığı, 110, 120, 125°C ve debi, 0,2 ve 0,3 l/sa) kurutulmuş yumurta akı ve bütün yumurta üzerindeki işlevselliğini incelemiş olup yüksek sıcaklık (125°C) ve düşük sıvı debisinin (0.2 l/sa.) jel sıklığını iyileştirdiğini, jel esnekliğini azalttığını, köpürme kapasitesini artırdığını, emülsiyon kapasitesi ve stabiliteyi iyileştirdiğini rapor edilmiştir. (Katekhong ve Charoenrein,2017).

Yumurta akı proteinlerinin ısının neden olduğu jellerin yanında hava girmesiyle stabil (kararlı) köpükler oluşturma yeteneğinin, çok çeşitli gıdalara uygulanabilir hale

getiren iki önemli işlevsel özelliktir. Özellikle, kurutulmuş yumurta akı tozunun, depolama yeri, taşımacılık maliyetleri, işleme, bakteriyel büyümeye duyarlılık ve kabuk yumurtalar veya sıvı yumurtalara kıyasla üniformluk bakımından bazı açık avantajları vardır. Endüstrideki yumurta akı tozunun üretimi, proteinleri ve bu proteinlerin sonraki işlevselliğini değiştirebilen birkaç işleme adımı içermektedir (Hammershoj ve ark., 2005).

Yumurta akı tozunun nihai kurutma-ısıtma işlemi, ekseriya bakterileri ortadan kaldırmak ve yumurta akı tozunun jelleşme ve yüzey özelliklerini iyileştirmek amacıyla uygulanmaktadır (Kato ve ark., 1990).

Kurutma –ısıtma işleminin, kısmi protein yayılması, yüzey hidrofobikliğin artması ve ısıtma zamanı ve sıcaklığın bir fonksiyonu olarak disülfür oluşumu suretiyle, jel dayanıklılığını, köpük kapasitesini ve stabilitesini ve emülsiyonlaştırma aktivitesini artırmada bir hayli etkili olduğu ispatlanmıştır (Kato ve ark., 1990).

Kurutma-ısıtmayla ilgili uygulamalı koşullar, örneğin, 67°C’da 15 gün, 75°C’da 15 gün, 80°C’da 10 gün (Kato ve ark., 1990) veya 90°C’da 21 saattir (Hammershoj ve ark., 2005). Zaman-sıcaklık etkileşimine ek olarak, ısının yumurta akı tozuna transfer edildiği mod, örneğin, kondüksiyon, konveksiyon, radyasyon, kuru ısıtmanın işlevsel özelliklerde bir değişiklik sağlaması için çok önemlidir (Hammershoj ve ark., 2005).

Yumurta akı proteinlerinin termal jelleşmesi, gömülü hidrofobik grupların sergilenmesi, birincil jel ağının toplanması, oluşumu ve bu ağın soğutma üzerine takviye edilmesi ile, ilk olarak protein yapısındaki uyumlu değişikliklerle karakterize edilen, genellikle 4 adımlı bir işlem olarak düşünülmektedir. Bu işlem, hidrojen bağlama, elektrostatik ve hidrofobik etkileşimler, Van der Wals kuvvetleri ve kovalent bağlar (disülfür çapraz bağlar) gibi moleküller arası farklı etkileşim tipleriyle düzenlenmektedir. Bu çalışmalar, yumurta akı jelleşmesinin, ısıtma koşulları, protein kökeni ve konsantrasyon, pH ve iyon gücü tarafından güçlü bir şekilde etkilendiğini göstermektedir (Eleya ve Gunasekaran, 2002).

Yapılan ön işlemlerden birisi de homojenizasyondur. Homojenleştirmenin yumurta akının köpürme özellikleri üzerinde olumsuz bir etkisi olabilir. Değişimin derecesi homojenleştirme basıncıyla bağlantılıdır. Verilen zarar, proteinlerin fiziksel yapısını mekanik olarak bozan kesme kuvvetlerine dayandırılmaktadır. Öte yandan 5.000 psi altındaki basınç, yumurta beyazının viskozitesinde ve işlevsel özelliğinde

hiçbir değişikliğe neden olmaz; 5.000 psi üzerindeki basınç, yumurta akının pıhtılaşmasına neden olabilir (Cotterill ve Stadelman,1995).

Atomizasyon sırasındaki yüzey oluşumu, yüzey denatürasyonuna neden olacak olup, yumurta beyazının işlevsel özelliklerinde bazı değişikliklere yol açabilir .Büyük yeni yüzeyler oluşturulur ve yumurta beyazı proteini bu yüzeylerin üzerinde tek moleküllü bir tabaka olarak yayılır ve geri döndürülemez bir şekilde denatüre hale gelir. Alanın miktarı partikül büyüklüğüne bağlı olduğu yapılan çalışmalarda görülmüştür. Genel olarak bu ortalama 15 µm'lik bir partikül büyüklüğüne eşdeğerdir (Cotterill ve Stadelman,1995).

Ön işlemlerde ısıtma, homjenizasyon haricinde asitlikte fonksiyonel özellikleri üzerinde önemlidir. Yumurta aklarının sprey ile kurutulması üzerindeki çalışmalar, en yüksek pandispanya performansının pH 8,5'ta olduğunu göstermiştir. Bu pH'da, daha az protein zararının ve çok daha büyük ısı koagülabilitesinin gösterildiği ortaya çıkmıştır (Cotterill ve Stadelman,1995).

Kurutulmuş yumurta akı ürünlerin performansları aşağıdaki işlevsel özelliklerle bağlantılıdır: köpürme (havalandırma gücü), koagülasyon/pıhtılaşma (bağlama ve kalınlaşma gücü), emülsiyonlaştırma, lezzet, beslenme ve renktir (Cotterill ve Stadelman,1995).

Köpürme, kurutulmuş yumurta akı ürünlerinin çırpma özellikleri, pandispanya, sünger kek, kremler ve şekerlemeler için önemlidir. Yumurta akı içindeki proteinler, çırpma işlemi sırasında oluşturulan çok büyük yüzeyler tarafından üretilen köpük yapısını korurlar. Proteinin gelişmesi ve yayılması, köpük içindeki yüzeylerde, yani sıvı/hava yüzeyinde olur. Gelişmiş protein yüzeyi oldukça kararlı olan bir yapı oluşturmak için denatüre olur (Cotterill ve Stadelman,1995).

Kurutulmuş yumurta akı ürünlerinin depolama şartları önemli olup özellikle kuru ve serin ortamda ,düşük nem seviyesi (%2'nin ürünün altında) altında olması depolama sırasında meydana gelebilecek kahverengileşme reaksiyonu önler veya geciktirmektedir. Kato ve ark.(1990) bir örneğin kuru ısıtılmış bir durumda (numunenin kontrollü sıcaklık ve nem koşulları altında depolanması), ısıtma zamanındaki bir artışın, sprey kurutulmuş yumurta beyazının köpürme gücünü, köpürme stabilitesini, emülsiyonlaşma özelliklerini ve jel dayanımını artırdığını bulmuşlardır (Kato ve ark.,1990; Katekhong ve Charoenrein,2017).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

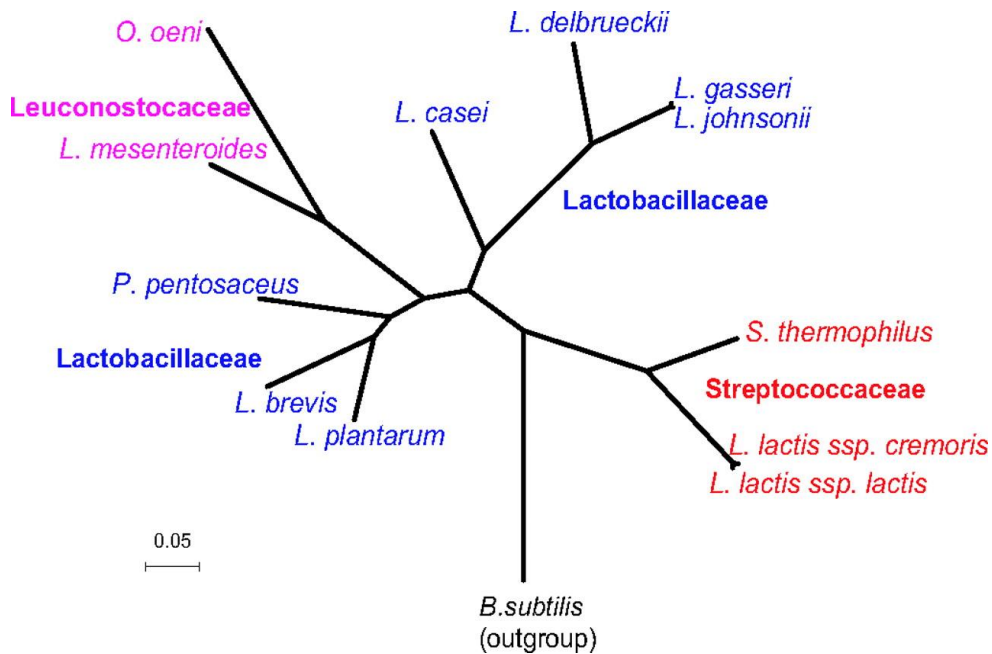
3.1. Materyal

3.1.1. Yumurta akı tozunun üretiminde kullanılacak olan yumurtalar

Yumurta akı tozunun üretiminde, yumurta tebliğine uygun A sınıfı kabuklu yumurtalar kullanılmıştır. Yumurtanın sarı ve beyazı manuel yöntemlerle ayrılmıştır.

3.1.2. Kullanılan *Lactobacillus* spp.

Sprey kurutma işlemi öncesinde uygulanan desugarizasyon/fermantasyon işleminde kullanılan *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus fermenti*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus casei* ve *Lactobacillus plantarum* süt ve süt ürünlerinden saflaştıran kültürleri Necmettin Erbakan Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümünden temin edilmiştir. Suşlar % 20 gliserol içerisinde -80°C dondurulmuş kültürlerdir. Dondurulmuş kültürler oda sıcaklığına (21-22°C) eritilir. Çözöldükten sonra, kültürler sırasıyla (1 ml) *Lb. brevis* 33-35°C, *Lb. casei* 28-32 °C, *Lb. helveticus* 40-42°C, *Lb. plantarum* 35-37 °C ve *Lb. fermenti* 37°C 24 saat boyunca 50 ml MRS broth'unda büyütülmüştür. Büyütülen kültürler, santrifüj edilmiştir. Kültürlerin optik yoğunlukları 600 nm dalga boyunda ölçülmüş ve plaka sayısı sonuçları optik yoğunluk ile korele edilerek arzu edilen aşılama seviyesi 10⁶ cfu / ml (koloni oluşturan birimler / ml) olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3.1. *Lactobacillales*'in filogenetik ağacı, ribozomal proteinlerin birleştirilmiş hizalamaları temelinde inşa edilmiştir. Tüm dallar >% 75 ön yükleme değerlerinde desteklenmiştir. Türler mevcut taksonomiye göre renklendirilir: *Lactobacillaceae*, mavi; *Leuconostocaceae*, macenta; *Streptococcaceae*, kırmızı. (Makarova ve ark.,2006).

3.1.3. Ambalaj materyali

Gıda endüstrisinde toz ürünlerin paketlenmesinde yaygın olarak kullanılan ambalaj malzemesi kullanılmıştır. Malzeme olarak dışı 3 katlı kraft olan içi polietilen yapıda olan torbalar kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Yumurta akı tozu ürünlerinin üretimi

Hazırladığımız çiğ yumurta ak örneklerinin stabil bir yapı oluşturabilmek için IKA homojenleştirici Model T25-D kullanılarak 5 dakika boyunca 4000 rpm hızında homojenleştirildi. Bu işlem de yumurta akının köpürmemesine ve koyu jelimsi yapının ortadan kalkması önem arz etmektedir.

Yumurta akının pH değeri (8,3-9,3) yüksek olduğundan desugarizasyon yani fermentasyon işlemi öncesinde bakteriler için pH şartların hazırlanması gerekir. Bunun içinde yumurta akları 1.0 M sitrik asit ile pH değeri yaklaşık 6,5 ve 7 ayarlanacak şekilde muamele edilir (White,2000 ve Quan ve Benjakul,2018).

Desugarizasyon/fermantasyon işlemi öncesinde yumurta akı örneklerini 35-38 °C 'ye ısıtılır (Anonymous,2019). Bu işleme ön ısıtma olarak tanımlama yapabiliriz. Banerjee ve ark. (2011) göre yumurta akında doğal olarak bulunan lizozim enzimi optimum 22 °C ve pH 6,5 en yüksek aktivitesine sahip olmaktadır. Kısacası hem pH aktivitesi hem sıcaklık lizozim enzimini etkilemektedir.

Lizozim enziminin tam etkili olduğu mikroorganizmalar *Bacillus caogulans*, *Bacillus stearothermophilus*, *Clostridium thermosaccorolyticum*, *Clostridium tyrobutyricum*, *Micrococcus spp.* *Sarcinia spp.*'dir. Enzim *Lactobacillus spp.* kısmen etkilidir (Anonim,2019).

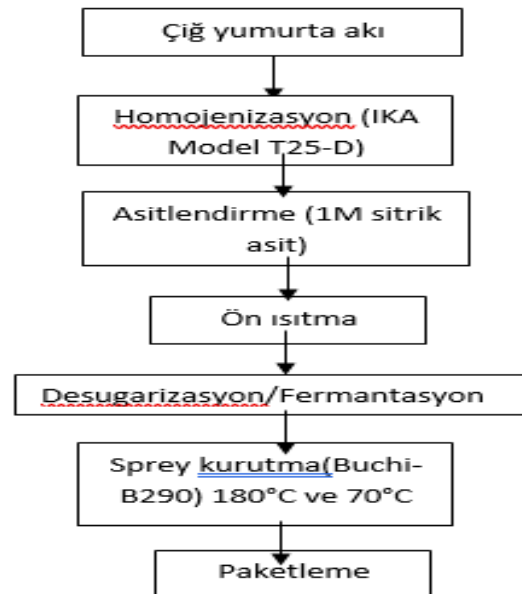
Desugarizasyon işlemi için genel kontrollü bakteri fermentasyonlarında *L.mesenteroides* ,*K. pneumoniae* ve *L. lactis* kullanıldığı yapılan çalışmalarda görülmüştür (White,2000). Desugarizasyon işlemi öncesi tüm bu aşamalar laktik asit bakterileri için uygun ortam şartları hazırlanması için önemlidir.

Desugarizasyon işleminin amacı yumurta akında bulunan (% 0,9~1) karbonhidrat yani glikoz şekerini uzaklaştırmaktadır. Bu aşamada tamamen glikozun giderilmesi gerekmektedir. Bunun nedeni ise istenmeyen renklerin üretilmesine neden olan glikoz ile protein arasındaki maillard reaksiyonu ve glukoz-sefalin reaksiyonu yani lezzet dışı gelişimden sorumlu olan bir sefalin amino grubu ile aldehitler glukoz arasındaki bir reaksiyon meydana gelmesi ile istenmeyen fiziksel görüntü, koku ve tad oluşmaktadır. Bu işlem önceleri 23,9 ve 29,4 °C sıcaklıklar spontane fermentasyon ile

gerçekleştirilmiştir. Fermantasyon viskozite, pH ve glikoz artışı ve toplam plaka sayılarına bakılarak 30 dakika, 24, 48 ve 72 saatte ön deneme ve çalışmalarla belirlenmiştir.

Laboratuvar şartlarında her bir laktik asit bakterisinden 10^6 cfu/ml (yaklaşık 3-5 ml, 10^6 cfu/ml), 1000 ml'lik erlenmeyer şişelerinde bulunan 300 ml'lik yumurta akına inoküle edilir ve 25 rpm'de, çalışan inkübatörde makinesine optimum sıcaklıklarına bağlı olarak inkübe edilir. Her fermantasyonda nihai inokulum seviyesi 10^6 cfu/ml kullanılmıştır. Fermantasyon optimum sıcaklıkları *Lb. brevis* 33-35°C, *Lb. casei* 28-32 °C, *Lb. helveticus* 40-42°C, *Lb. plantarum* 35-37 °C ve *Lb. fermenti* 37°C'dir. Fermantasyon süreleri, yapılan çalışmalar ve denemelere bağlı olarak, glikoz kalıntısı kalmayana kadar fermente edilir. Kullanılan bakterilere göre yaklaşık 24-48 saat arasında değişmektedir. Başlangıçta glikoz kullanımını izlemek için bir Keto-Diastix Urinalysis test şeridi (Bayer Diastix) kullanılmıştır. Glikoz tamamen tüketildikten sonra fermantasyon işlemi durdurulur.

Fermente işlemini takiben kurutma işlemine geçilmiş olup kurutma işleminde laboratuvar şartlarında pilot ölçekli sprey kurutucu (Buchi B-290) kullanılmıştır. Püskürterek kurutulmasında numunelerin giriş sıcaklığı 180°C ve çıkış sıcaklığı 70°C olarak uygulanmıştır. Üretilen yumurta akı tozları içi polietilenli kraft torbalara doldurularak paketleme yapılmıştır. Serin güneşe maruz bırakılmayacak şekilde dolapta muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.2 Buchi B-290 sprey kurutucu ve yumurta akı tozu üretim akış şeması.

3.2.2 Yumurta akı tozlarına uygulanan analizler

Her bir yumurta akı tozu numunesine kekleşme, kohezyon, dört farklı hızda kohezyon ve powder speed flow dependence (PFSD) analizleri yapılmıştır.

3.2.2.1. Partikül boyutu ölçüm analizi

Yumurta akı tozların partikül boyut ölçümleri, Scirocco 2000 kuru toz besleme ünitesi bağlanmış lazer kırınımı partikül boyutu analiz cihazı ile kuru metoda göre belirlenmiş olup sonuçlar cihazın yazılım işlevi (Malvern Application, Ver. 5.60) kullanılarak hesaplanmıştır.

$D[4,3]$ = Hacim ağırlıklı ortalama,

$D[3,2]$ = Yüzey ağırlıklı ortalama,

$d(0.1)$ = Numunenin % 10'unun bu çapın altında olduğunu göstermektedir.

$d(0.5)$ = Numunenin % 50'sinin bu çapın altında olduğunu göstermektedir.

$d(0.9)$ = Numunenin % 90'ının bu çapın altında olduğunu göstermektedir.

Span = Dağılımın genişliğini medyan değere göre normalleştirmektedir.

Üniformite = Partikül boyutu dağılımının büyüklüğünü ve partikül boyutu dağılım eğrisinin gradyanını yansıtmaktadır.

Spesifik yüzey alanı = Partiküllerin toplam alanının, toplam ağırlığa bölünmesiyle hesaplanır.

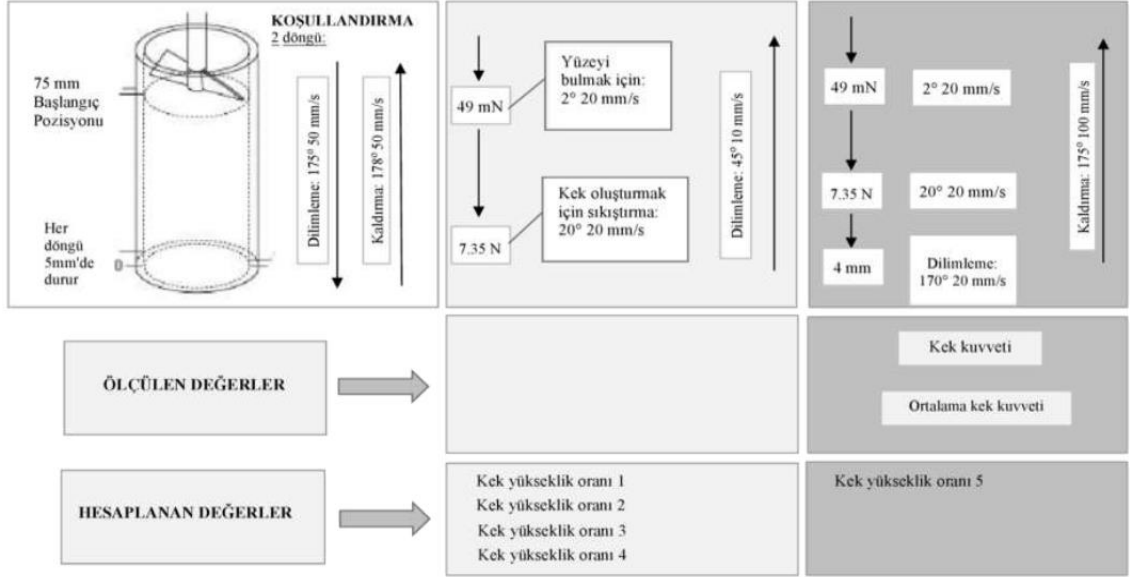
3.2.2.2. Toz akış analizi

Yumurta akı tozlarının toz akış özelliklerinin belirlenmesinde toz akış analiz sistemiyle donatılmış TA.XT Plus tekstür analiz cihazı kullanılmış olup analiz öncesinde, tekstür analiz cihazına kuvvet ve mesafe kalibrasyonu yapılmıştır. Toz akış analiz sistemi, 220 ml toplam hacme sahip olan cam silindir (yüksekliği 120 mm ve iç çapı 50 mm) ile çapı 48 mm ve yüksekliği 10 mm olan döner bıçak kullanılmıştır. Sistemin çalışma prensibi akış özellikleri hareketine bağlıdır, bıçak ve tozun yer değiştirmesiyle tozun cam silindirin altına uyguladığı kuvvetten tespit edilmektedir.

3.2.2.3. Kekleşme analizi

Bu analiz toz sütununu normalleştirmek için iki koşullandırma döngüsüyle başlamıştır ve her döngü için kek yükseklik oranı, mevcut döngünün toz kek yüksekliğinin başta ki kolon yüksekliğine bölünmesiyle ortaya çıkmaktadır. 20 mm/s hız ve 2° açıyla 49 mN kuvvete kadar toz kolonu sıkıştırılır ve kolon yüksekliği ölçülür. Daha sonra döner bıçak 20 mm/s hız ve 20° açıyla toz kolonundan aşağıya doğru hareket ederek 7.35 N kuvvete ulaşma ve kekleştirme yapana kadar yumurta akı tozunu sıkıştırır. Bıçak hedef kuvvete vardığında oluşan kek yüksekliğini ölçülür ve 10

mm/s hız ve 45° açıyla tozu yukarı doğru dilimler. Döner bıçak, toz sütununun üstünü düzelterek sütunun yüksekliğini ölçer. Bu işlem her numune için 2 kez tekrarlanmıştır. Kekleşme analizinin sonuçları, Exponent yazılımındaki ilgili makro kullanılarak elde edilmiştir. Çıkan verilerde kek yüksekliği oranının çok yüksek olması, kekleşme eğiliminin yüksek olduğunu işaret etmektedir.



Şekil 3.3 Kekleşme analizinin örnek şematik gösterimi (Mercan,2018).

3.2.2.4. Kohezyon analizi

Yumurta akı tozlarının kohezyon analizinde öncelikle iki koşullandırma döngüsü yapılmış olup toz numunelerinin içinde ki bıçak önce 50 mm/s hızla dilimleme hareketiyle aşağıya doğru inmiş ve sonrasında tekrardan 50 mm/s hızla dilimleme hareketiyle yukarıya çıkmıştır. Toz numunenin sıkıştırmasını azaltmak için 50 mm/s hız ile kesme hareketi yapılmıştır. Kohezyon verileri döner bıçak yukarı 50 mm/s hız ile çıkarken kaydedilmiş olup uzaklık/mesafe grafiğindeki negatif alan kullanılarak kohezyon katsayısı (g.mm) hesaplanmıştır. Kohezyon katsayısı, tozu kaldırmak için gereken kuvvet olarak tanımlama yapabiliriz. Kohezyon indeksi ise kohezyon katsayısının örnek ağırlığına bölünmesiyle elde edilmektedir.

Tablo 3.1 Kohezyon indeksine göre tozların akış davranışlarının sınıflandırılması

Kohezyon İndeksi (Kİ)	Akış Davranışı
>19	Aşırı derecede kohezif
19 – 16	Çok kohezif
16 – 14	Kohezif
14 – 11	Kolay akabilir
<11	Serbest akabilir
Dilimleme: 175°50 mm/s	

3.2.2.5. PFSD analizi

Yumurta akı toz numuneleri PFSD analizinde ilk olarak iki koşullandırma döngüsü yapılır ve her biri ikişer döngüden oluşan sırasıyla 10, 20, 50, 100 ve 10 mm/s'lik sıkıştırma ve 50 mm/s'lik kaldırma hızı uygulanır. Döngülerin aşağı yönlüler tozu sıkıştırma ve yukarı yön ise kaldırma hareketi olarak kullanılmıştır. Analiz sonunda, elde edilen sıkıştırma grafiklerindeki pozitif alanın her hızdaki iki döngü için ortalaması alınmıştır. Bu alan kullanılarak her hızdaki (10, 20, 50, 100 mm/s) sıkıştırma katsayısı (g.mm) belirlenmiştir. Sıkıştırma katsayısı, bıçağın sıkıştırma hareketi kullanarak tozun sütunundan aşağıya doğru çekilmesi için gereken kuvveti ifade eder. İlk 10 mm/s'lik sıkıştırma hızı için iki döngünün grafiğin negatif alanındaki ortalaması alınmış ve 50 mm/s hızda kohezyon katsayısı olarak verilmiştir. Akış stabilitesi, son 10 mm/s'lik döngülerin sıkıştırma katsayısının, ilk 10 mm/s'lik döngülerin sıkıştırma katsayısına bölünmesiyle hesaplanmıştır (Mercan,2018).

3.2.2.6. Dört hızda kohezyon analizi

Dört hızda kohezyon analizi, standart PFSD ve kohezyon analizinin modifiye edilmiş halidir. Bu analiz toz örneklerinin akış hızına bağlı olarak akış özelliklerindeki değişimi belirlemek için kullanılmıştır. Analizin başlangıcında, bir koşullandırma döngüsü uygulanmıştır. Ardından her iki yönde de 10 mm/s hızla bir döngü, 20 mm/s'de 1 döngü, 50 mm/s'de 1 döngü, 100 mm/s'de 1 döngü ve son olarak 10 mm/s'lik hızla 1 döngü yapılarak analiz tamamlanmıştır. Kuvvet/mesafe grafiğinin altındaki negatif alan kullanılarak elde edilen kohezyon katsayıları örnek ağırlığına bölünerek her hız (10, 20, 50 ve 100 mm/s) için kohezyon indeksleri hesaplanmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Yurt dışında endüstriyel boyutta yumurta akı tozunun üretilmesi *S.cerevisiae* yani ekmek mayası ile glikozu fermente ederek başlamıştır. Ancak üretilen tozlarda maya kokusu ve katıldığı gıdalarda ağızda kekremsi tad bıraktığı iletilmektedir. Buna müteakiben *Laktobacillus* suşları ile üretilen yumurta akı toz numunelerine laboratuvar şartlarında ilk önce duyusal değerlendirme yapılmıştır. Özellikle tekstür, tat ve kıvam denemesinde her numune aynı markada ve miktarda domates çorbasına katılarak pişirilir. Kıvam, tad ve kokusunda fermantasyondan kaynaklı rahatsız edecek bir durum gözlenmemiştir.

Yumurta akı tozlarının partikül boyutu ölçüm sonuçları span, üniformite, spesifik yüzey alanı, $D[3,2]$, $D[4,3]$, $d(0.1)$, $d(0.5)$ ve $d(0.9)$ değerleri olmak üzere 8 farklı şekilde değerlendirilmektedir. Grafik 4.1’de gösterilen yumurta akı toz numunelerine yapılan partikül boyut değerleri $100\mu\text{m}$ - $400\mu\text{m}$ arasında değiştiği gözlemlenmiştir. *Lb.brevis*’li toz numunelerinin üniformite değeri *Lb.casei* toz numuneleri ile aynı değerde olduğu görülmüştür. *Lb. helveticus* ile fermente edilerek üretilen partiküllerin boyut analiz değerleri gözlemlendiğinde hacim ağırlıklı ve yüzey ağırlıklı ortalama olarak diğerlerine en yüksek çıktığı görülmektedir. Bunu ardından takip eden *Lb. casei* kullanılarak üretilen tozlardır. Spesifik yüzey alanının en yüksek çıktığı *Lb. brevis* kullanılarak üretilen numuneler olduğu gözlemlenmiştir.

$d(0,9)$, numunenin %90’nın, $d(0,5)$ %50’nin ve $d(0,1)$ %10’nun bu çapın altında olduğunu belirtmektedir (Mercan,2018). *Lb. helveticus* kullanılarak üretilen tozların $d(0,9)$ değerinin diğer $d(0,5)$ ve $d(0,1)$ değerlerine göre en yüksek çıkmıştır yani bu numunelerin % 90’ının 194.839 ± 4.824 çapın altında olduğunu göstermektedir. Spesifik yüzey alanı (0.141 ± 0.001) değeri en düşük çıkmıştır.

Diğer örneklere göre *Lb. helveticus* numunenin çoğunluğunun aynı partikül boyutların dağılımında olduğu tespit edilmiştir. Bunu takiben de sırayla *Lb. casei*, *Lb. fermenti*, *Lb. brevis* ve *Lb. plantarum* olarak gelmektedir. Bu analiz verilerinden de görüldüğü gibi *Lb. helveticus* ile üretilen numuneler diğer numunelere göre üniformite değeri en yüksektir. Üniformite değerindeki artış olması tozlarda medyan değerden yani $d(0,5)$ ’ten uzaklaşmayı ifade ettiği belirtilmiştir (Mercan,2018).

$D[4,3]$ değeri hacim ağırlıklı ortalama olarak belirtilmektedir ve ölçülen verilere göre örneklerin değerleri 35 ila 90 μm arasındadır.

$D[3,2]$ değeri ise yüzey ağırlıklı ortalama olarak ifade edilir ve tozların değerleri 9 ila 42 μm arasında değişme göstermektedir.

Span değeri ise $d(0,9)$ 'dan $d(0,1)$ çıkartılarak elde edilen sayının $d(0,5)$ bölünmesi yani dağılımın genişliğini medyan değere göre normalleştirmektir. Üretilen toz partiküllerin span değerleri 2,759-1,620 arasında değiştiği ve en yüksek değere *Lb. helveticus* ile üretilen toz partikülleri olduğu belirlenmiştir.

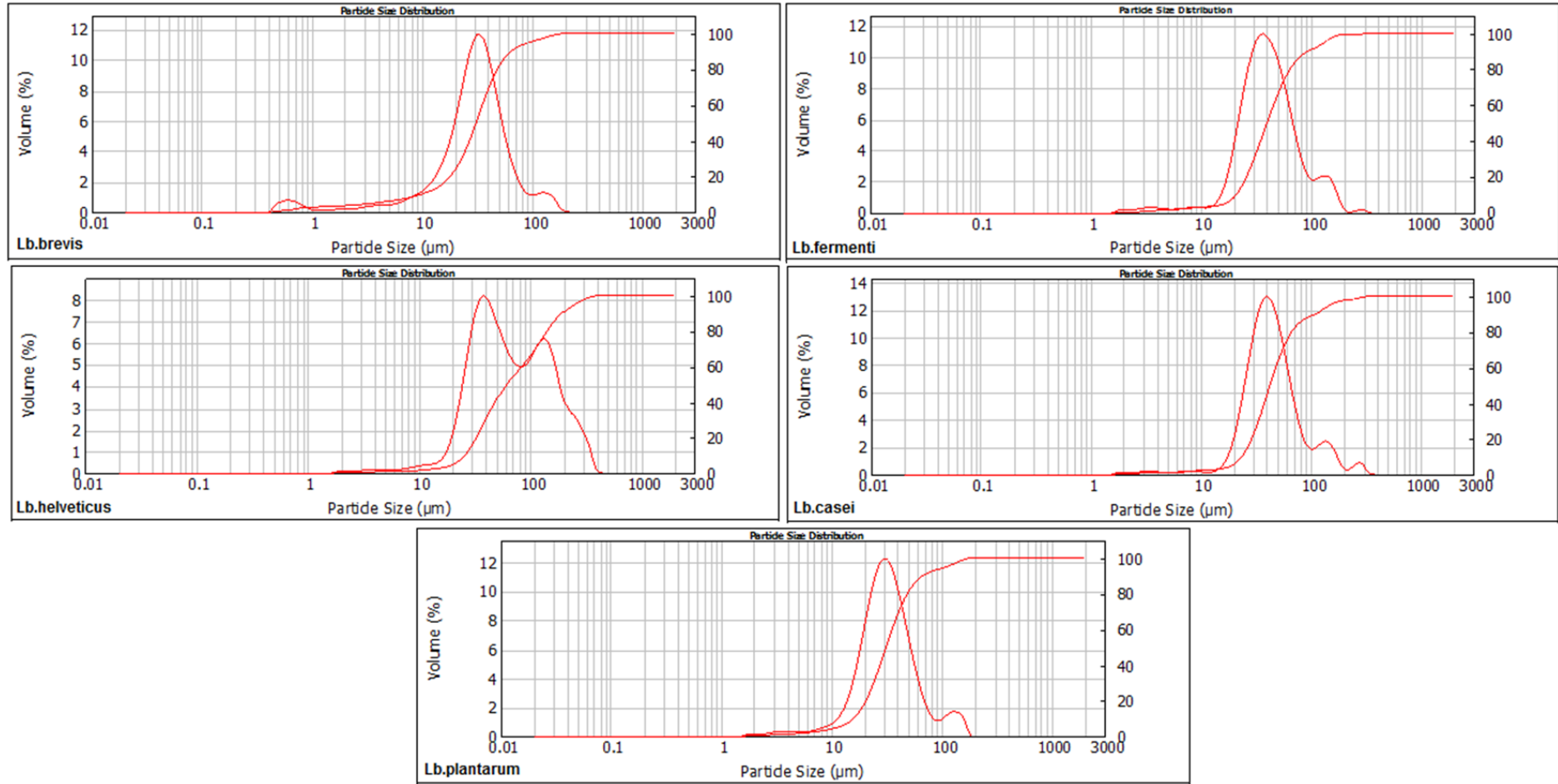
Span değerinin düşük olması toz numunesinin daha dar bir partikül dağılımı gösterdiğini ve dar bir dağılım gösteren tozların daha iyi bir akış özelliği gösterdiği bildirilmektedir (Sharma ve ark., 2012).

Kısacası boyut dağılımı ve parçacıklar arası ilişkiler akış özelliğini doğrudan etkilemektedir. Her numune 100 μm ikinci pikler yapmıştır. Bu ikinci piklerin boyutu 100-1000 μm aralığında bulunmuş olup bu da bazı partiküllerin birleşerek büyük boyutlu partiküller meydana getirdiğini gösterebiliriz.

Tablo 4.1 Yumurta akı tozlarının partikül boyut ölçüm verileri.

Sample	Span	D [4, 3] - Volume weighted mean	Uniformity	Specific surface area	D [3, 2] - Surface weighted mean	d (0.1)	d (0.5)	d (0.9)
<i>Lb. brevis</i>	1.738±0.007	35.803±0.241	0.575±0.002	0.618±0.009	9.716±0.146	9.512±0.151	30.585±0.116	62.666±0.577
<i>Lb. fermenti</i>	1.777±0.005	48.860±0.383	0.566±0.006	0.207±0.002	29.052±0.225	20.538±0.095	39.326±0.073	90.397±0.047
<i>Lb. helveticus</i>	2.759±0.068	90.183±1.179	0.882±0.015	0.141±0.001	42.635±0.217	25.589±0.014	61.341±0.229	194.839±4.824
<i>Lb. casei</i>	1.831±0.139	53.879±1.481	0.575±0.037	0.190±0.000	31.574±0.074	23.328±0.086	42.162±0.021	100.527±5.728
<i>Lb. plantarum</i>	1.620±0.047	38.545±0.567	0.562±0.014	0.306±0.069	20.133±4.585	15.481±0.161	31.231±0.335	66.080±1.860

*± standart sapma değerleri

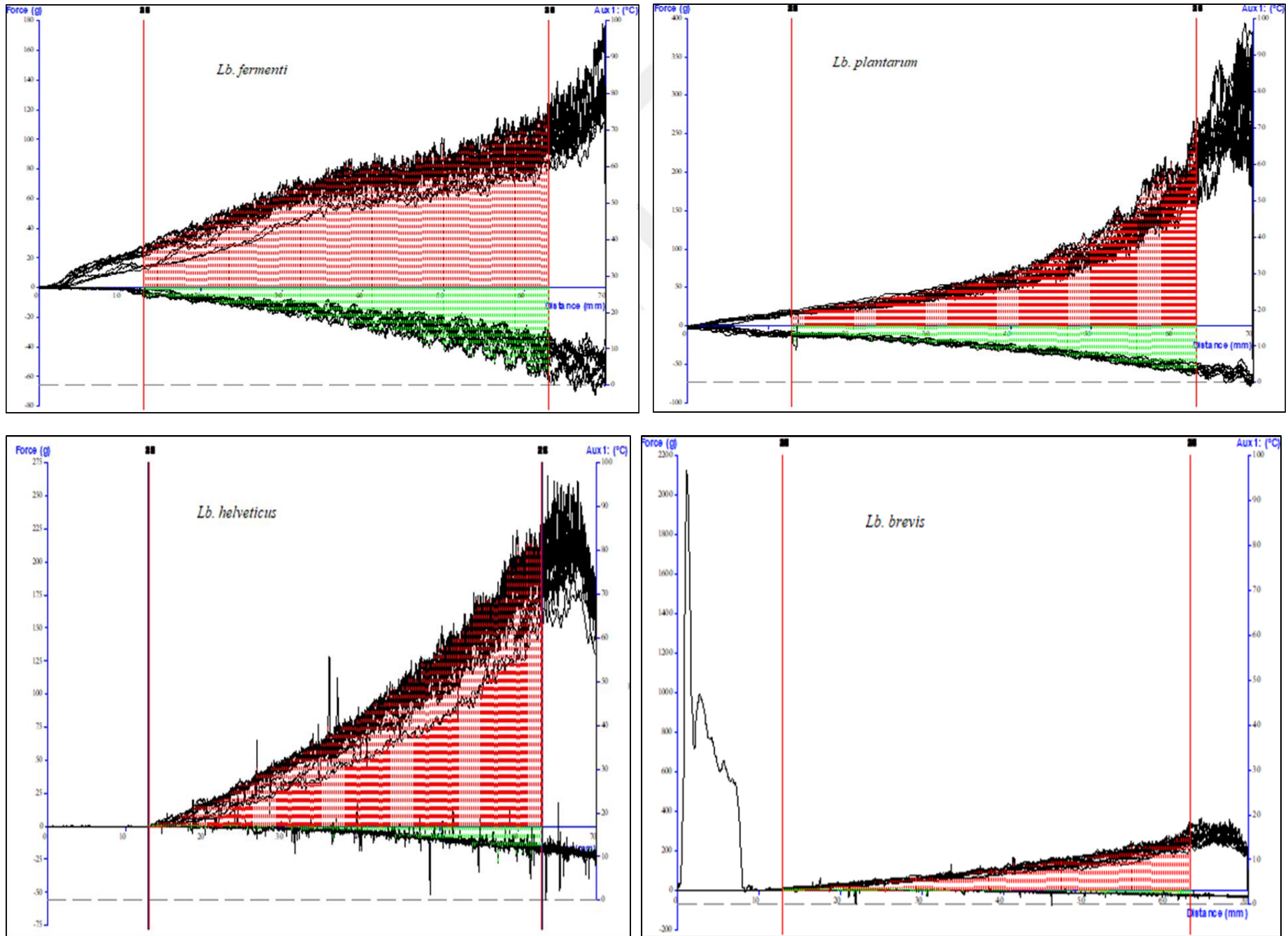


Şekil 4.1 Kullanılan *Lactobacillus* suşlarının partikül boyut dağılım grafikleri.

PFSD analizi kısaca farklı hızlardaki kontrollü akışta toz numunesinin direncini ölçmek için uygulanmaktadır. Bu analizde, yumurta akı tozlarının 10, 20, 50 ve 100 mm/s artan hızlarda toz akış özelliklerini belirlemek için akış hızı uygulanmıştır. Belirtilen hızlar, tozların taşınması ve işlenmesi sırasında oluşabilecek çeşitli durumları tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Numunelerin hıza bağlı toz akış özelliklerinde meydana gelen değişim Tablo 4.2’de verilmiştir. Kullanılan *Laktobacillus* suşlarının 10,20,50 ve 100 mm/s hızlarda ki sıkıştırma katsayısı değerlerine bakıldığında en düşük *Lb. casei* olduğu görülmektedir. Her bir bakteriye ait PFSD değerleri grafiklerle de gösterilmiştir. Genel olarak *Lb. plantarum* ile üretilen toz numunesi hariç diğer numunelerde akış hızının artmasıyla sıkıştırma katsayısında azalma meydana gelmektedir bu da tozun artan akış hızlarıyla daha serbest akma eğilimi gösterdiğini belirtmektedir. *Lb. plantarum* numune örneğinde ise 20 mm/s hızda sıkıştırma katsayısında bir artış olduğu daha sonra ki artan hızlarda ise tekrardan düşüşe geçtiği gözlenmiştir. Akış stabilitesi değerlerine bakıldığında ise 0,95-1,04 arasında değişmektedir.

Tablo 4.2 Farklı yumurta akı tozlarının PFSD değerleri

PFSD Örnek	Sıkıştırma katsayısı 10mm/s (g.mm)	Sıkıştırma katsayısı 20mm/s (g.mm)	Sıkıştırma katsayısı 50mm/s (g.mm)	Sıkıştırma katsayısı 100mm/s (g.mm)	Akış stabilitesi	Kohezyon katsayısı 50mm/s (g.mm)
<i>Lb. brevis</i>	5816,85	5292,99	4786,00	4187,46	0,95	-552,09
<i>Lb. fermenti</i>	3325,05	3177,53	2775,26	2496,92	1,04	-885,42
<i>Lb. helveticus</i>	4083,53	3703,49	3358,86	2707,17	1,00	-301,91
<i>Lb. casei</i>	2793,46	2565,36	2342,90	1867,84	0,96	-480,90
<i>Lb. plantarum</i>	3377,80	4012,28	3907,44	3754,83	0,95	-1499,63

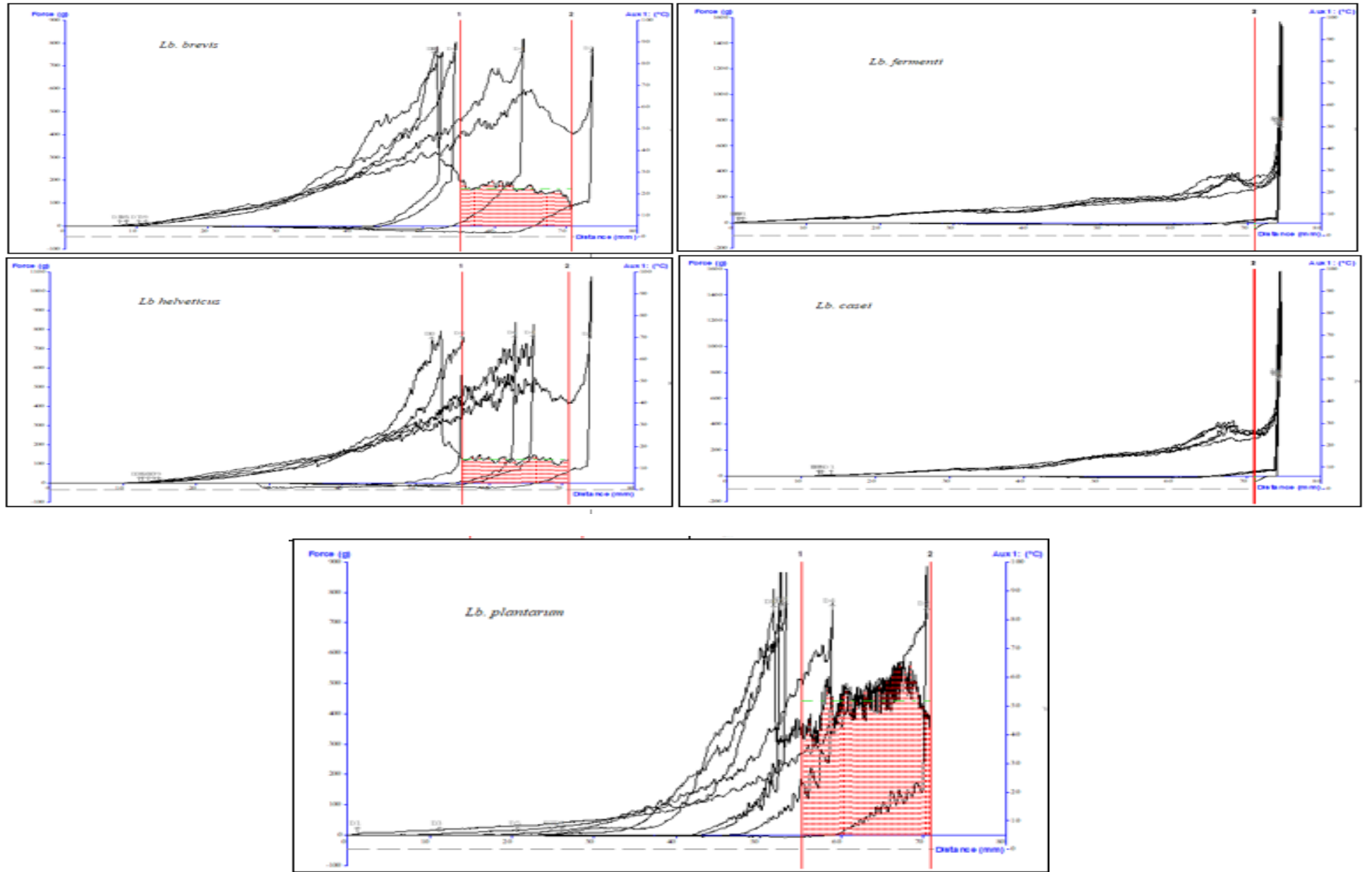


Şekil 4.2 Kullanılan *Lactobacillus* suşlarının PFSD grafikleri.

Düşük su aktiviteli toz ürünlerin kekleşmesi olayı tozların önce topak haline daha sonra katılaşıp istenmeyen yapışkan bir maddeye dönüşme olayıdır. Bu dönüşüm tozun kalitesini ve fonksiyonel işlevini azaltan durumdur. Yumurta akı tozlarının kekleşmeye eğilimi akış özellikleri ile ilgili önemli bilgiler vermektedir. Farklı laktik asit bakterileri kullanılarak üretilen yumurta akı tozlarının kek yükseklik oranları Tablo 4.3'te verilmiştir. Genel olarak yüksekli oranları kek yükseklik oranı 1: 0.005-0.061, kek yükseklik oranı 2: 0.006-0.217, kek yükseklik oranı 3: 0.007-0.309, kek yükseklik oranı 4: 0.008-0.344 ve kek yükseklik oranı 5:0,010-0,351 arasında değişkenlik göstermektedir. Yukarıda da belirttiğimiz üzere kek yükseklik oranı ne kadar fazla ise kekleşmeye eğilimi o kadar fazla olduğunu göstermektedir. Özellikle kek yükseklik oranlarında ki hızlı yükselişler toz numunesinin kek oluşumuna karşı yüksek duyarlılığa sahip olduğu gözlenmektedir. Kekleşmeye karşı hassasiyeti yüksek olan *Lb. plantarum* ve *Lb. brevis* cinsi bakteriler kullanılarak üretilen tozlardır. Bunları *Lb. helveticus* takip etmektedir. Kekleşmeye karşı en dayanıklı toz numuneler ise *Lb. fermenti* ve *Lb. casei* görülmektedir.

Tablo 4.3 Farklı yumurta akı tozlarının kekleşme verileri

Kekleşme Örnek	Kek Yükseklik Oranı 1	Kek Yükseklik Oranı 2	Kek Yükseklik Oranı 3	Kek Yükseklik Oranı 4	Kek Yükseklik Oranı 5	Kek Kuvveti (g.mm)	Ortalama kek kuvveti (g)
<i>Lb. brevis</i>	0,019	0,167	0,309	0,344	0,351	2574,456	164,377
<i>Lb. fermenti</i>	0,005	0,006	0,007	0,008	0,010	-1,792	-51,445
<i>Lb. helveticus</i>	0,019	0,146	0,185	0,304	0,369	1791,653	122,603
<i>Lb. casei</i>	0,008	0,010	0,009	0,012	0,013	-3,118	-45,275
<i>Lb. plantarum</i>	0,061	0,217	0,302	0,294	0,315	6939,278	443,233



Şekil 4.3 Kullanılan *Lactobacillus* suşlarının kekleşme grafikleri.

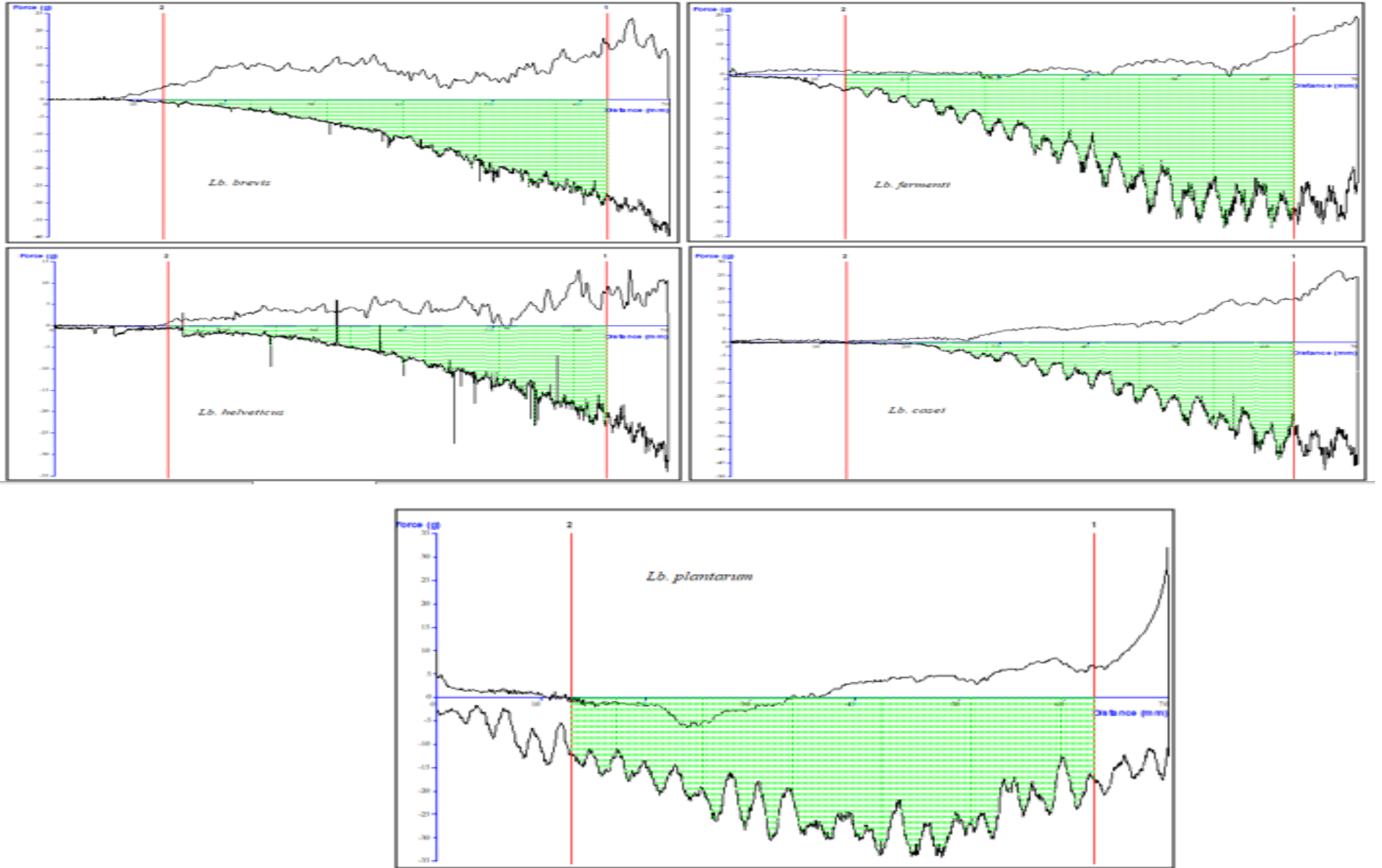
Kohezyonu toz partiküllerinin birbirine yapışması ile kümeleşme durumu oluşması olarak tanımlayabiliriz. Kohezyon, yumurta akı tozlarının toz akışkanlık özelliğini direkt etkilemektedir. Toz ürünlerinde toz akış davranışı yumurta akı tozlarının en önemli özelliklerinden birisidir. Koheziflik ile yumurta tozunun taşıma ve nakliye sırasında problem ortaya çıkabilmektedir. Kohezif indeksi değeri <11 serbest akış, >19 ise aşırı kohezif olduğunu bizlere göstermektedir. Farklı laktik asit bakterileri kullanılarak üretilen yumurta akı tozlarının kohezyon verileri Tablo 4.4'te verilmiştir

Kohezyon katsayısı kuvvet/mesafe grafiğinin altındaki negatif alandan hesaplanmakta olup negatif yönde kohezyon katsayısındaki artış yumurta tozlarında kohezifliğin arttığını bizlere göstermektedir. Kohezyon katsayısı -1313 ile -400 g.mm arasında değişme göstermektedir. Kohezyon indeks değerleri ise 9-38 arasında değişkenlik göstermektedir. Kohezyon katsayısı negatif yönde en yüksek artış *Lb. fermenti* bakterisinden üretilen yumurta akı tozudur. Bu örneğin kohezyon indeksi üzerinden referans tabloya bakıldığında aşırı derecede kohezif olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca *Lb. helveticus* hem kohezyon katsayısı hem kohezyon indeks değerlerine göre serbest akabilir yapıda olduğunu görmekteyiz. Bunu takiben *Lb. brevis*'te kolay akabilir davranış göstermektedir. *Lb. casei* ve *Lb. plantarum*'da yine aşırı derecede kohezif davranış gösterdiği değerlerde görülmektedir.

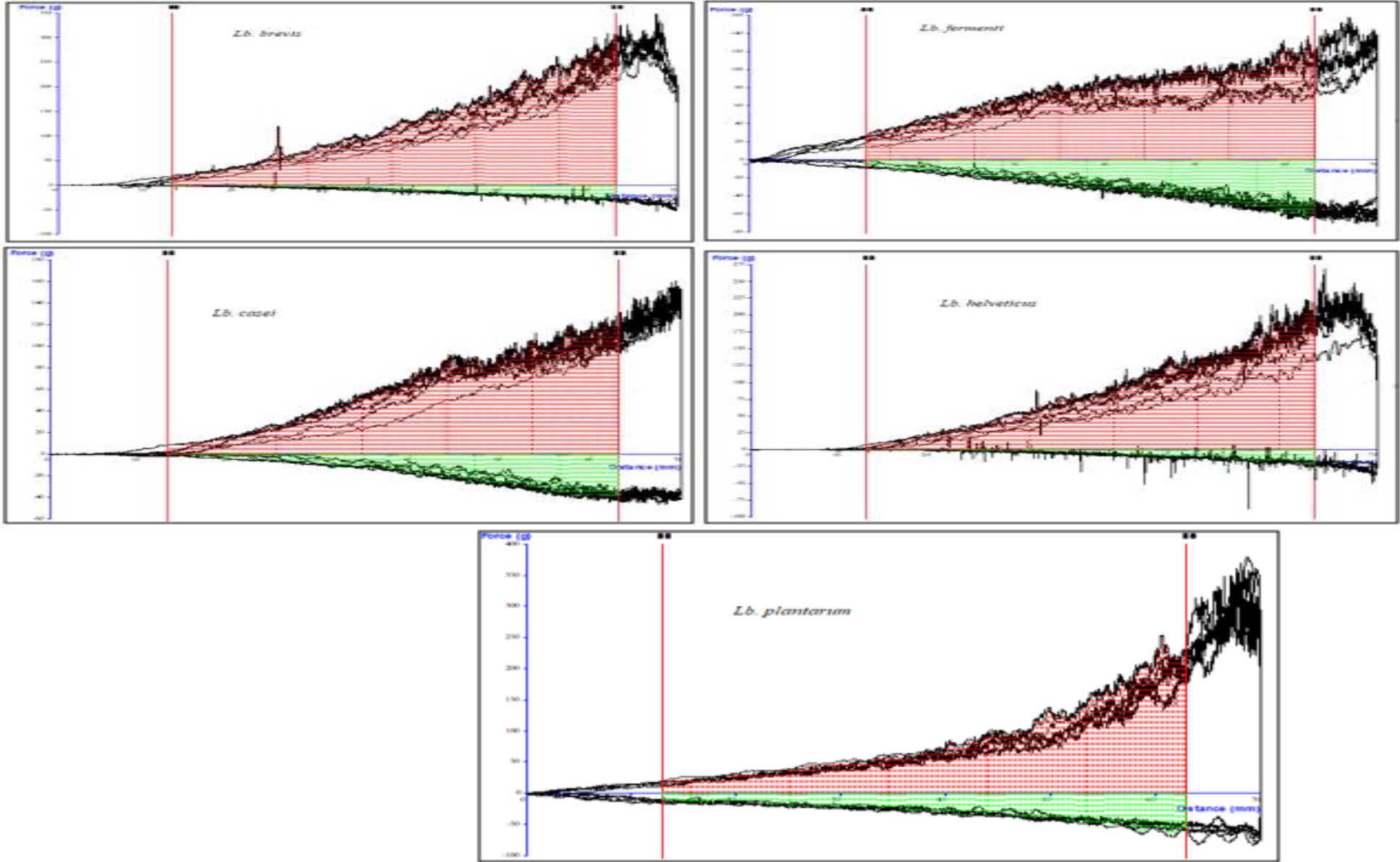
Dört hızda kohezyon analizi ise tozların 10,20,50 ve 100 mm/s de ki akış hızlarına bağlı olarak akış özelliklerini belirlemek için kullanılır yani yukarda verilen kontrollü akış hızlarına karşı partiküllerin direnci ölçülür. Numunelerin kohezyon indeks değerleri 10 mm/s hızda 10,24-51, 20 mm/s hızda 9,39-55,9,50 mm/s hızda 8.066-51,03 ve 100 mm/s hızda ise 7.85-54,72 aralıklarında değişmektedir.

Tablo 4.4 Farklı yumurta akı tozlarının kohezif verileri

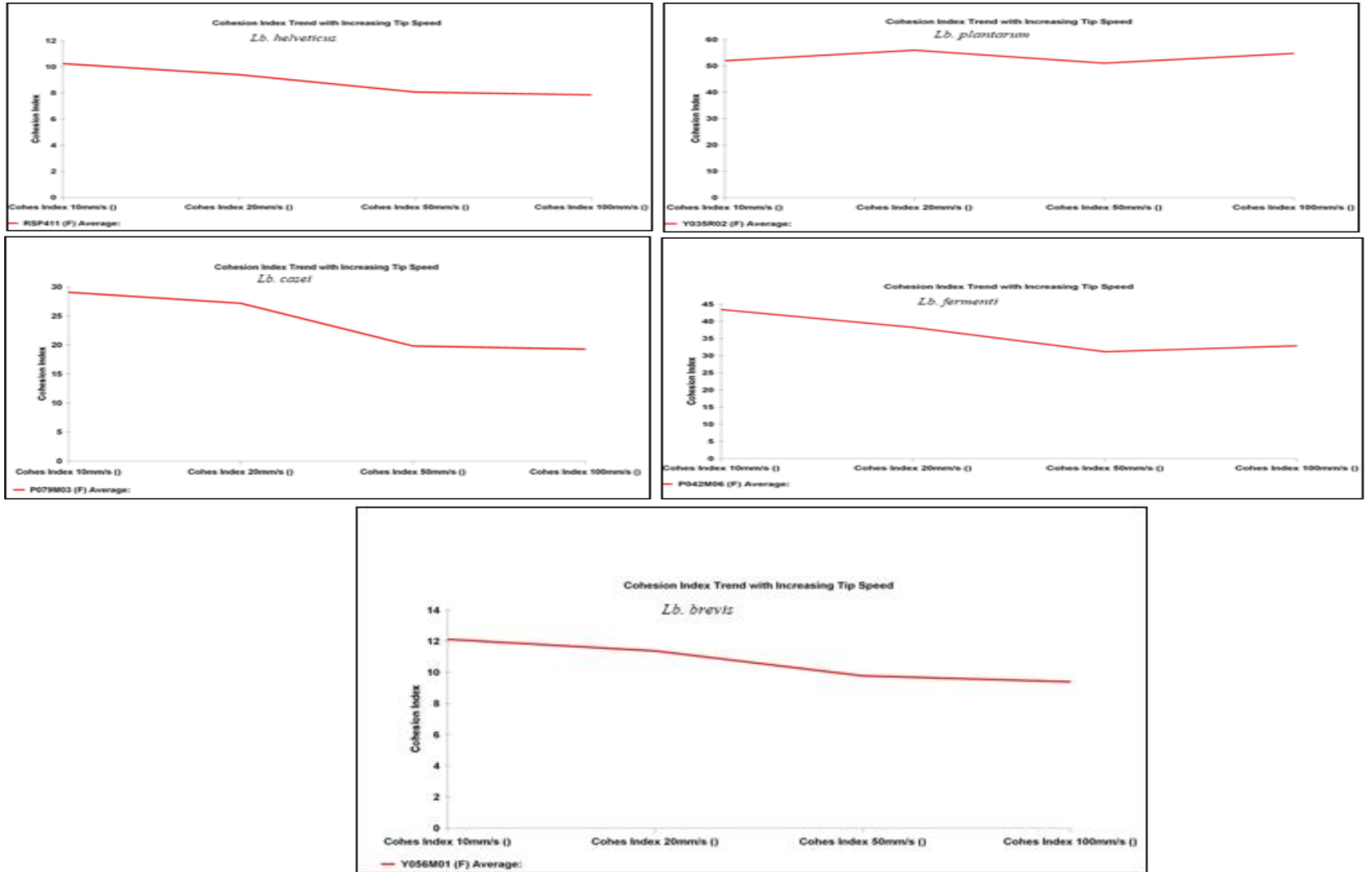
Kohezyon Örnek	Kohezyon katsayısı (g.mm)	Kohezyon İndeksi (CI)	Kohezyon İndeksi 10mm/s	Kohezyon İndeksi 20mm/s	Kohezyon İndeksi 50mm/s	Kohezyon İndeksi 100mm/s
Lb. brevis	-604,945	10,66	12,12	11,378	9,776	9,392
Lb. fermenti	-1313,453	35,21	43,42	38,231	31,124	32,860
Lb. helveticus	-400,629	9,29	10,24	9,399	8,066	7,855
Lb. casei	-694,640	22,34	29,06	27,156	19,798	19,266
Lb. plantarum	-1142,411	38,73	51,95	55,918	51,039	54,725



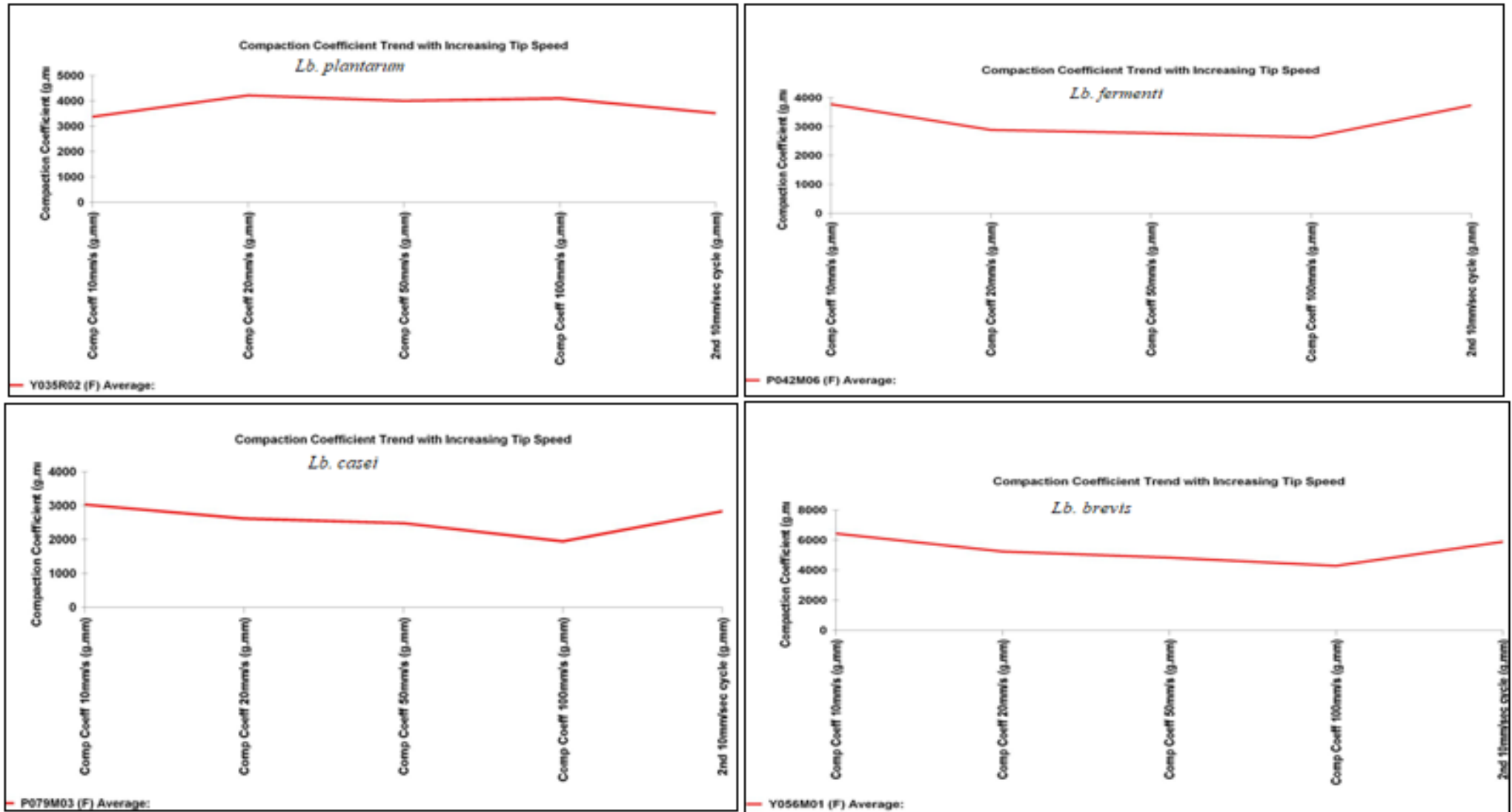
Şekil 4.4 Kullanılan *Lactobacillus* suşlarının kohezyon grafikleri.



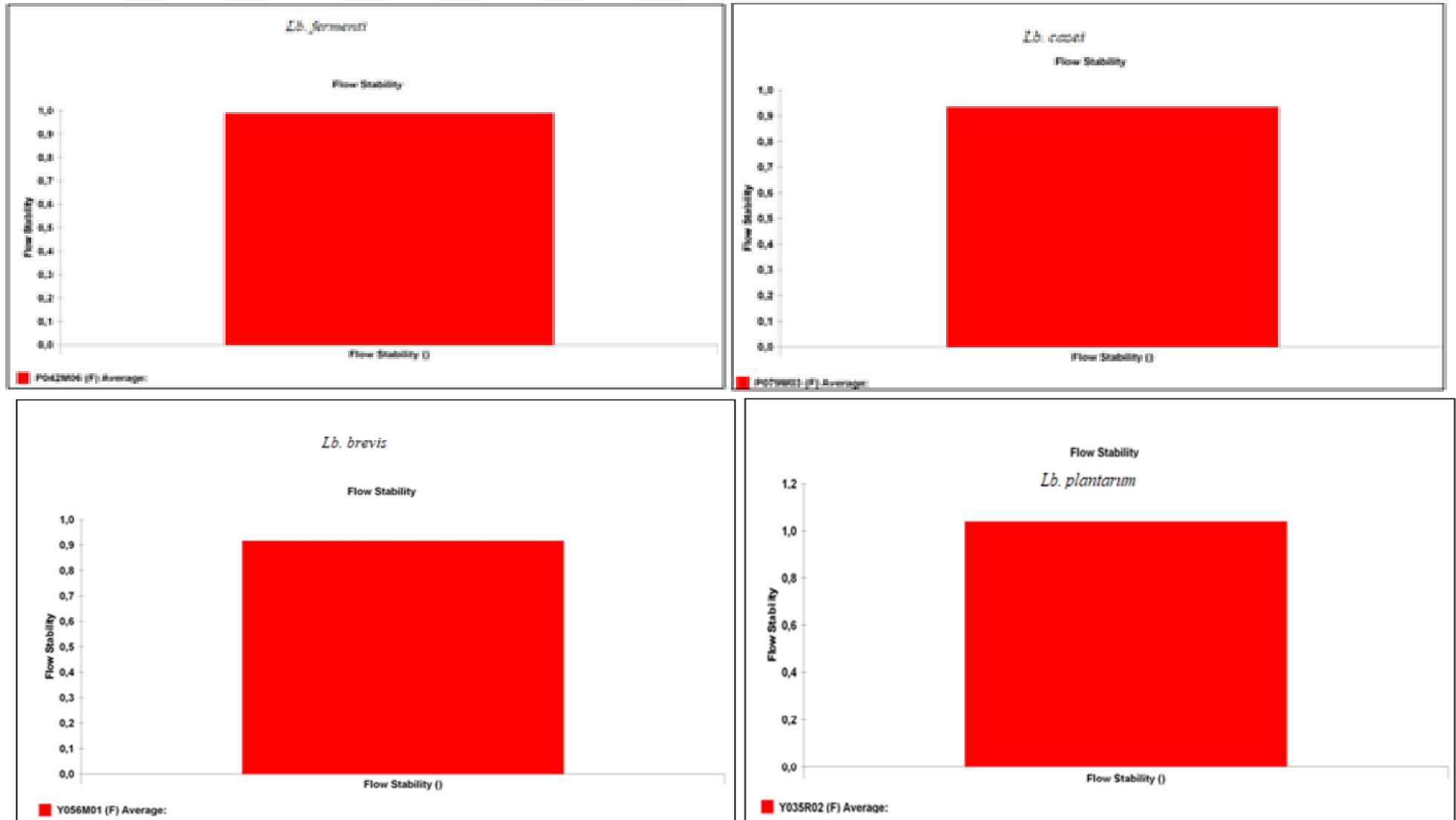
Şekil 4.5 Kullanılan *Lactobacillus* suşlarının 4 hızda kohezyon grafikleri.



Şekil 4.6 Kullanılan *Lactobacillus* suşlarının 4 hızda kohezyon index trendleri.



Şekil 4.7 Kullanılan *Laktobacillus* suşlarının PFSD trendleri.



Şekil 4.8 Kullanılan *Lactobacillus* suşlarının akış stabilitesi.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Yumurta beyazı, pastane ürünleri, kremalı pastalar ve et ürünleri gibi bir çok gıdalar için fonksiyonel özellikleri ve raf ömrü açısından önemli bir maddedir. %88 su, %11 protein ve geri kalan % 0,9-1 arasında glikoz içermektedir. Glikozu desugarizasyon işlemi ile kurutma aşamasından önce uzaklaştırılması gerekmektedir. Bunun nedeni ise istenmeyen renklerin üretilmesine neden olan glikoz ile protein arasındaki maillard reaksiyonu meydana gelmesi ile istenmeyen fiziksel görüntü, koku ve tad oluşmaktadır. Bu işlemde hem glikoz oksidaz enzimi hem de maya yöntemleri kullanılabilirken, bakteri kültürü yönteminin hem işlevsel hem de finansal üstünlükleri vardır. Bakteriyel fermantasyonun kullanılması, nakliye, taşıma, depolama, işçilik ve malzeme bakımından nominal maliyette, iyi bir lezzet ve çözünürlüğe sahip olduğu belirtilmektedir. Yumurta akı tozu üretimleri genel olarak bu zamana kadar desugarizasyon işlemi için *S. cerevisiae* yani ekmek mayası kullanılmıştır. Yapılan çalışmalarda görüldüğü kadarıyla *S.cerevisiae* pH 6,5-7 ve 24 saatte glikozu tamamen tükettiği belirtilmiştir (White,2000). Ancak oluşan toz ürünlerinde ekşi maya kokusu alındığı ve toz numunelerinde kekleşme özelliğinde fark görüldüğü iletilmektedir. Bu nedenle glikoz şekerini parçalayan enzimlere sahip olan *Lb. brevis*, *Lb.fermenti*, *Lb.casei*, *Lb.plantarum* ve *Lb. helveticus* kullanılmış olup desugarizasyon işleminde başarılı şekilde glikoz şekerini tüketmişlerdir. Yapılan kaynak araştırmalarına göre bu bakterileri kullanılarak üretilen yumurta akı tozu çalışmaları neredeyse hiç yoktur. Genel kontrollü bakteri fermantasyonlarında *L.mesenteroides* veya *K. pneumoniae*, *L. Lactis* kullanıldığı yapılan çalışmalarda görülmüştür (White,2000). Üretilen toz numunelerin partikül boyut değerleri 100µm-400µm arasında değiştiği, *Lb.brevis*'li toz numunelerinin üniformite değeri *Lb.casei* toz numuneleri ile aynı değerde olduğu görülmüştür. *Lb. helveticus* numunenin çoğunluğunun aynı partikül boyutların dağılımında olduğu tespit edilmiştir. Bunu takiben de sırayla *Lb. casei*, *Lb. fermenti*, *Lb. brevis* ve *Lb. plantarum* olduğu görülmüştür. *Lb. helveticus* ile üretilen toz partiküllerin span ,hacim ve yüzey ağırlıklı ortalama değerlerine bakıldığında diğer bakterilere göre en yüksek çıktığı gözlemlenmiştir. Üretilen toz partiküllerin span değerlerine bakıldığında daha geniş bir partikül dağılımı olan *Lb. helveticus* ile üretilen toz partiküllerin akış özelliği bakımında diğerlerine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak *Lb. plantarum* ile üretilen toz numunesi hariç diğer

numunelerde akış hızının artmasıyla sıkıştırma katsayısında azalma meydana gelmektedir bu da tozun artan akış hızlarıyla daha serbest akma eğilimi gösterdiğini belirtmektedir. Kekleşmeye karşı hassasiyeti yüksek olan *Lb. plantarum* ve *Lb. brevis* cinsi bakteriler kullanılarak üretilen tozlardır. Bunları *Lb. helveticus* takip etmektedir. Kekleşmeye karşı en dayanıklı toz numuneler ise *Lb. fermenti* ve *Lb. casei* görülmektedir. Kohezyon katsayısı negatif yönde en yüksek artış *Lb. fermenti* bakterisinden üretilen yumurta akı tozudur. Bu örneğin kohezyon indeksi üzerinden referans tabloya bakıldığında aşırı derecede kohezif olduğunu söyleyebiliriz. Ayıryeten *Lb. helveticus* hem kohezyon katsayısı hem kohezyon indeks değerlerine göre serbest akabilir yapıda olduğunu görmekteyiz. Bunu takiben *Lb. brevis*'te kolay akabilir davranış göstermektedir. *Lb. casei* ve *Lb. plantarum*'da yine aşırı derecede kohezif davranış gösterdiği değerlerde görülmektedir.

5.2 Öneriler

Yumurta akı tozu üretimi genel olarak şu an için dünyada çok yaygın kullanılan bir ürün olmadığı gibi yeterli kaynak veya çalışma yoktur. Yaptığımız çalışmada elde ettiğimiz toz numunelerinin kekleşme, partikül boyut dağılımı, kohezyon katsayıları, PFSD değerleri üzerinde durulmuştur. Kullandığımız laktik asit bakterilerinin sadece glikoz aktivite özelliğine bağlı olarak değerlendirme yapılmış olup bunu yanı sıra proteolitik aktiviteleri üzerinde de değerlendirme veya analizler yapılabilir.

Toz ürünlerin raf ömrü ortalama 2 yıl olarak iletilmektedir ancak yumurta akı tozu raf ömrü üzerine yapılan yeterli çalışma yoktur. Raf ömrü çalışmasının yanı sıra depolama şartlarına bağlı olarak kekleşme, kohezyon özellikleri değerlendirilebilir.

Ayıryeten bunun yanında yumurta akının gıda sektöründe birçok fonksiyonel özelliğe sahiptir (köpük kapasitesi, stabilitesi, jelleşme gibi) yapılan çalışmada kullanılan bakterilerin fonksiyonel özellikleri üzerinde etkileri ile ilgili çalışmalar yapılması önerilmektedir.

Genel olarak dünyada açlık sınır düzeyinin altında olan birçok ülke mevcuttur. Yapılan bu çalışmaların artmasıyla birlikte en esansiyel proteinlere sahip olan yumurta akının genel taşıma, depolama, raf ömrü göz önüne alınarak yumurta akı tozunun bu konuda en iyi alternatife sahip olduğu görülmektedir. Çok uzak ülkelere ucuz maliyetle ve yüksek besin içeriğine sahip ürünler kolayca ulaştırılabilir.

KAYNAKLAR

- Abeyrathne, E.D.N.S., Lee, H.Y., Ahn, D.U., 2013, Egg white proteins and their potential use in food processing or as nutraceutical and pharmaceutical agents, Korea-Seoul and United States of America-Arnes.
- Algan, Ö., 2007, Pastörize sıvı yumurtaların mikrobiyolojik özellikleri üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Anonim, 2011, Yumurta ve ürünleri, MEB, Ankara, 17-34.
- Anonim, 2011, Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği, Resmi gazete sayı:28157.
- Anonim, 2012, Fermente Gıdalar ve Laktik Asit Bakterileri [online], http://www.diatek.com.tr/Makale-Yontem/Genel/FermenteGidalar-ve-Laktik-Asit-Bakterileri_213.htm , [Ziyaret Tarihi:5 Mayıs 2019].
- Anonymous, 2013, Raw liquid eggs survey, United States Department of Agriculture, United States of America, 11-18.
- Anonim, 2017, Maillard reaksiyonları [online], <http://www.food-info.net/tr/colour/maillard.htm> , [Ziyaret Tarihi:5 Mayıs 2019].
- Anonymous, 2017, Eggs, vitamin D and diabetes [online], <https://www.eggnutritioncenter.org/science-education/nutrition/eggs-vitamin-d-diabetes/> [Ziyaret Tarihi:5 Mayıs 2019].
- Anonim, 2019, Koagülasyon [online], <https://www.foodelphi.com/koagulasyon/> [Ziyaret Tarihi:5 Mayıs 2019].
- Anonymous, 2019, *Lb.brevis* bacterium, <http://enfo.agt.bme.hu/drupal/en/node/2134/> , [https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Lactobacillus brevis](https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Lactobacillus_brevis) [Ziyaret Tarihi:24 Ağustos 2019].
- Anonim, 2019, Lizozim, [online], <https://referansgida.com.tr/urunlerimiz/lizozim/> [Ziyaret Tarihi:24 Ağustos 2019].
- Anonymous, 2019, Powder, http://www.hotcheers.com.tw/catalog/p2/EGG_WHITE_POWDER_PROCESSIN. [Ziyaret Tarihi:23 Ağustos 2019].
- Banerjee, P. , Keener , K.M. and Lukito V. D., 2011, Influence of carbon dioxide on the activity of chicken egg white lysozyme, *Department of Food Science, Purdue University, , Poultry Science* 90 :889–895.
- Baron, F., Jan, S., and Techer, C., 2013, Microbial spoilage of eggs and egg products, *Egg Meat Symposia 2013-World's Poultry Science Journal* , 63, Bergamo.

- Cotterill, O.J. and Staldelman, W.J., 1995, Egg science and techonology, *Hawort Food Products*, United States of America-New York, 81-104 and 322-369.
- Dinler, A., 2003, Yumurta sektör profil araştırması, *Etüt Araştırma Şubesi-Avrupa Birliği Servisi*, 2-6.
- Eleya, O.M.M. and Gunasekaran, S., 2002, Gelling properties of egg white produced using a conventional and a low-shear reverse osmosis process, United States of America-Wisconsin, Madison.
- Hammershøj, M., Rasmussen, H.C., Carstens, J.H. and Pedersen, H., 2005, Dry-pasteurization of egg albumen powder in a fluidized bed. II. effect on functional properties: gelation and foaming, Denmark.
- Heperkan, D., Gökler, O., 2006, Kabuklu yumurtada patojen riskleri ve muhafaza yöntemleri, *Dünya Gıda*, s: 11-17.
- Houchins, J., 2018, Choline, a critical need to increase awareness and consumption [online], <https://www.eggnutritioncenter.org/articles/choline-critical-need-increase-awareness-consumption/> [Ziyaret Tarihi: 5 Mayıs 2019].
- Houchins, J., 2019, Healthy dietary patterns and brain health in children, the emerging role of lutein [online], <https://www.eggnutritioncenter.org/articles/healthy-dietary-patterns-brain-health-children-emerging-role-lutein/>, [Ziyaret Tarihi: 5 Mayıs 2019].
- İçier, F., 2005, Gıda işlemede alternatif ısıtma yöntemi-ohmik ısıtma, *Türkiye Gıda Kongresi*, Bursa, 139-143.
- Koç, M., 2009, Pastörize sıvı yumurtanın püskürtmeli kurutma yöntemi ile optimum kurutma koşullarının belirlenmesi ve mikroenkapsülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir-Bornova.
- Katekhong, W. and Charoenrein S., 2017, Influence of Spray drying temperatures and storage conditions on physical and functional properties of dried egg white, Thailand -Bangkok.
- Kato, A., Ibrahim, H.R., Watanabe, H., Honma, K., Kobayashi, K. 1990. Structural and gelling properties of dry-heating egg white proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38: 32–37.
- Landete, J.M. and Muñoz, R., 2010, Degradation of phenolic compounds found in olive products by *Lactobacillus plantarum* strains, *Journal of Elsevier-ScienceDirect*, <https://www.sciencedirect.com/topics/immunologyandmicrobiology/lactobacillus-plantarum>
- Lechevalier, V., Jeantet, R., Arhaliass, A., Legrand J., Nau, F., 2007, Egg white drying: Influence of industrial processing steps on protein structure and functionalities, France.

- Liu,L.,Huan,W., Guangyue,R., Xu,D., Guangjun,Y.,2015,Effects of freeze-drying and spray drying processes on functional properties of phosphorylation of egg white protein,China-Luoyang.
- Makarova,K.,Slesarev, A.and vd.,2006,Comparative genomics of the lactic acid bacteria,*Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, 103 (42) 15611-15616.
- Mercan,E.,2018, Yüksek basınç uygulanmış yağlı ve yağsız süttten üretilen süt tozlarının farklı sıcaklıklarda depolanması süresince bazı fizikokimyasal özelliklerinin incelenmesi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Okur, A., Şamlı, H.E., 2016, Tüm yönleriyle yumurta, *İstanbul Ticaret Borsası*,208 (1),İstanbul,11-43.
- Pınarkaya,Y.,2008, Liyofilizasyon işlemi esnasında bazı laktik asit bakterilerinin canlılıkları üzerine kryojenik katkıların etkileri,Yüksek Lisans Tezi,*Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Quan,T.H. and Benjakul,S.,2018, Gelling properties of duck albumen powder as affected by desugarization and drying conditions,*Journal of Texture Studies*.
- Sharma, A., Jana A. H., Chavan R. S., 2012. Functionality of milk powders and milkbased powders for end use applications—a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11 (5), 518-528.
- Serpen, A., 2014, Yumurtanın bilinmeyen sırları ve gerçekleri [online], <http://goo.gl/z8FmQM> [Ziyaret Tarihi:6 Mayıs 2019].
- Susyal,G.,2011,Mikroenkapsüle edilmiş yumurta tozunun depolanması sırasında yağ asitleri kompozisyonunda meydana gelen değişimler,Yüksek Lisans Tezi,*Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Manisa*.
- Svensson,G.,2012,Discoloration of albumen powder, Division of Applied Microbiology,*Lund University Department of Chemistry Faculty of Engineering,Sweden-Lund*.
- Tayyar, M., 2005, Yumurta Hijyeni [online], Uludağ Üniversitesi, <http://mtayar.uludag.edu.tr/yumurtahijyeni.htm> [Ziyaret tarihi:6 Mayıs 2019].
- Ünlütürk, A. ve Turantaş, F., 2003, Gıda mikrobiyolojisi, Bornava-İzmir, 307-315.
- White, A. L. M.,2000, Microbial modification of egg albumen to improve its functional and physicochemical properties, Master of Science, *Department of Food Science University of Manitoba,Wirnipeg, Manitoba*.
- Wu,J.,2014, Eggs and egg products processing, *Department of Agricultural, Food and Nutritional Science, University of Alberta,Edmonton, Alberta, Canada*.

- Yaşkı, M., 2017 ,Likit yumurtada mikrobiyolojik sorunlar ve çözüm önerileri , Yüksek Lisans Semineri, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Yavuz, H.K., 2016, Pastörize sıvı yumurta akında kullanılan bazı kimyasal katkı maddelerinin *in vitro* çalışmalarda yumurta akı köpük performansı üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Yiğit, A., Aktaş, N., Şahan, T., 2013, Cevap yüzey yöntemi (cyy), *Lactobasillus brevis*, merkezi kompozit tasarım (mkt), optimizasyon, *Dergipark Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt 18, 25-32.
- Yüceer, M., 2013, Yumurta ve yumurta ürünleri, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, <https://www.slideshare.net/myuceer/yumurta-sunumu-muhammed-yuceer>, [Ziyaret tarihi: 5 Mayıs 2019].
- Yüceer, M., 2015, Yumurta bileşenleri ve fonksiyonel özellikleri, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, <https://www.slideshare.net/myuceer/yumurta-bilesenleri-fonksiyonel-ozellikleri-ve-fonksiyonel-urun-uretiminde-kullanm-potansiyeli>, [Ziyaret tarihi: 5 Mayıs 2019].

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Merve YAŞKIR
Uyruğu : Türk
Doğum Yeri ve Tarihi : 15.05.1992/Karatay-KONYA
Telefon : 05313892131
Faks : -
e-mail : merveyaskir@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Özel Enderun Fen Lisesi,Karatay,Konya	2010
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi Gıda Mühendisliği,Selçuklu,Konya	2014
Yüksek Lisans	: Necmettin Erbakan Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı	∞
Doktora	: -	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2013	CEBEL Süt ve Ürünleri A.Ş.	Üretim-Kalite
2014-∞	ANAKO Yumurta ve Ürünleri Gıda San. A.Ş.	Kalite Yönetim Sorumlusu

UZMANLIK ALANI

- Kalite Yönetim sistemleri (ISO 9001)
- Gıda Güvenliği Yönetim sistemi (ISO 22000)
- BRC 7.v. Yönetim sistemi
- Logo ve CRM yazılım kullanımı
- Microsoft Office (Word, Excel, Powerpoint)
- İç Tetkik sertifikası (tedarikçi, kuruluş içi denetimler).

YABANCI DİLLER

-İngilizce (orta seviye-intermediate)

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

Yürümek,kitap okumak özellikle bilim kurgu ve polisiye, yüzme,puzzle (1000 parçalık) ve masa tenisi oynamak hobilerimin arasındadır.

YAYINLAR

The egg sector and trends affecting the sector,2019.

