

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YUMURTA BİLEŞENLERİNİN KEK HAMURU REOLOJİSİNE VE KEK
TEKSTÜRÜNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Batuhan İNANLAR

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

MAYIS 2022

**YUMURTA BİLEŞENLERİNİN KEK HAMURU REOLOJİSİNE VE KEK
TEKSTÜRÜNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Batuhan İNANLAR
506191504**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Filiz ALTAY

MAYIS 2022

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 506191504 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Batuhan İNANLAR, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “YUMURTA BİLEŞENLERİNİN KEK HAMURU REOLOJİSİNE VE KEK TEKSTÜRÜNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Filiz ALTAY**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Filiz ALTAY**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Neşe YEŞİLÇUBUK
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Nevzat KONAR
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Teslim Tarihi : 22.04.2022
Savunma Tarihi : 18.05.2022





Aileme...



ÖNSÖZ

Tez yazımında desteklerini esirgemeyen danışmanım Prof.Dr. Filiz ALTAY’a teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2022

Batuhan İNANLAR

Gıda Mühendisi





İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. KEK.....	3
2.1. Kekin Tanımı, Çeşitleri ve Tarihçesi	3
2.2. Kekte Kullanılan Hammaddeler.....	5
2.2.1. Şeker	5
2.2.2. Un.....	7
2.2.3. Yumurta	7
2.2.4. Yağ.....	8
2.2.5. Nişasta.....	8
2.2.6. Tuz	8
2.2.7. Kabartıcılar	9
2.3. Kek Karıştırma Metodları	9
2.4. Kek Yapısının Oluşumu	10
3. YUMURTA.....	13
3.1. Yumurtanın Yapısı	13
3.2. Yumurta Çeşitleri	19
3.2.1. Bildircin yumurtası	20
3.2.2. Kaz yumurtası	20
3.2.3. Ördek yumurtası.....	21
3.2.4. Hindi yumurtası	21
3.2.5. Deve kuşu yumurtası.....	21
3.3. Endüstriyel Yumurta Çeşitleri.....	22
3.3.1. Taze yumurta	22
3.3.2. Sıvı yumurta.....	22
3.3.3. Dondurulmuş yumurta	23
3.3.4. Yumurta tozları	23
3.4. Tavuktan Yumurta Eldesi.....	24
3.5. Yumurta Standartları ve Kodlanması	24
3.6. Yumurta Üretimi	26
3.6.1. Dünyada yumurta üretimi	26
3.6.2. Türkiye’de yumurta üretimi	28
4. REOLOJİ.....	31
4.1. Reolojik Davranışlar	32
4.1.1. Newtonyen davranış.....	33
4.1.2. Newtonyen-dışı davranış	33
4.1.2.1. Zamandan bağımsız Newtonyen-dışı davranış	34
4.1.2.2. Zamana bağımlı Newtonyen-dışı davranış	35
4.2. Reolojik Ölçümler	36
4.2.1. Frekans Tarama Testleri	36

4.2.2.	Sıcaklık Tarama Testleri	37
4.2.3.	Gerinim Tarama Testleri	37
5.	TEKSTÜR	39
6.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	41
7.	MATERYAL VE METOT	49
7.1.	Materyal	49
7.2.	Metot	49
7.2.1.	Yumurtanın Bileşenlerinin Belirlenmesi	49
7.2.2.	Kek formülasyonunun oluşturulması	51
7.2.3.	Kek hamuru yoğunluğunun ölçülmesi	53
7.2.4.	Kek hamurunun reolojik özelliklerinin belirlenmesi	53
7.2.5.	Kek neminin tayin edilmesi	54
7.2.6.	Kekin su aktivitesinin ölçülmesi	54
7.2.7.	Kekin renk değerlerinin ölçülmesi	54
7.2.8.	Kek tekstürünün analiz edilmesi	54
7.3.	İstatiksel Analiz	55
8.	BULGULAR VE TARTIŞMA	57
8.1.	Yumurta Bileşenlerinin Ölçülmesi	57
8.2.	Kek Hamuru Yoğunluğunun Ölçülmesi	58
8.3.	Kek Hamuru Reolojisinin Ölçülmesi	58
8.3.1.	Akma davranışının belirlenmesi	59
8.3.2.	Düşük genlikli salınım ölçümleri	62
8.3.2.1.	Frekans tarama testi	63
8.3.2.2.	Sıcaklık tarama testi	66
8.4.	Kekin Fiziksel Ölçümleri	68
8.4.1.	Kekin Su Aktivitesinin Ölçülmesi	69
8.4.2.	Kekin Nem Değerlerinin Ölçülmesi	69
8.4.3.	Kekin Renk Değerlerinin Ölçülmesi	70
8.4.4.	Kek Tekstürünün Ölçülmesi	71
9.	SONUÇ VE ÖNERİLER	75
	KAYNAKLAR	77
	ÖZGEÇMİŞ	87

KISALTMALAR

ANOVA	: Varyans Analizi
AOAC	: Association of Analytical Chemists
DE	: Dekstroz Eşdeğerliliği
HDL	: Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein
LDL	: Düşük Yoğunluklu Lipoprotein
rpm	: Dakika Başına Dönme
SAOS	: Düşük Genlikli Salınım Testi
TPA	: Tekstür Profil Analizi
TS	: Türk Standartları
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
YUM-BİR	: Yumurta Üreticileri Merkez Birliği





SEMBOLLER

T	: Sıcaklık
t	: Zaman
$\dot{\gamma}$	: Kayma Hızı
τ	: Kayma Gerilimi
τ_0	: Yıkılma Stresi
K	: Kıvam Katsayısı
η	: Görünen Viskozite
G'	: Elastik Modülü
G''	: Viskoz Modülü
G*	: Kompleks Modülü
n	: Akış Davranış İndeksi
ρ	: Yoğunluk
δ	: Faz Açısı
a_w	: Su Aktivitesi
f	: Frekans



ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1 : Yumurtanın 100 g için besin değerleri	15
Çizelge 3.2 : Farklı tavuk cinslerinden elde edilen yumurtaların yapı ve bileşen oranları	16
Çizelge 3.3 : Farklı cinslerden elde edilen yumurtaların yapı ve bileşen oranları	22
Çizelge 3.4 : Yumurta beyanları ve ağırlık aralığı ilişkisi	25
Çizelge 3.5 : Dünya’da yumurta üretimi	27
Çizelge 6.1 : Kek hamuru üzerine yapılan bazı reolojik çalışmalar	42
Çizelge 6.2 : Kek tekstürü üzerine yapılan bazı çalışmalar	46
Çizelge 7.1 : Kek formülasyonu	52
Çizelge 8.1 : Yumurta örneklerinin yüzde bileşenleri	57
Çizelge 8.2 : Kek hamuru örneklerinin yoğunluk değerleri	58
Çizelge 8.3 : Üslü yasaya uygun olarak elde edilen kıvam katsayısı akış davranış indeksi ve R^2 değerleri.....	55 60
Çizelge 8.4 : Kek hamuru örneklerinin elastik ve viskoz modüllerinin eşit olduğu değerler ve frekans değerleri	58 64
Çizelge 8.5 : Keklerin su aktivitesi değerleri	69
Çizelge 8.6 : Keklerin nem değerleri	70
Çizelge 8.7 : Keklerin renk değerleri	70
Çizelge 8.8 : Keklerin tekstür değerleri	71
Çizelge 8.9 : Yumurta bileşenleri, kek nemi ve kek parametreleri arasındaki korelasyon katsayıları	73



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 :	Kek çeşitlerinin sınıflandırılması 4
Şekil 3.1 :	Yumurtanın yapısı 14
Şekil 3.2 :	2006-2018 yılları arasında Türkiye’de yumurta ihracatının üretimdeki yüzdelik payı 28
Şekil 4.1 :	Reolojik davranış çeşitlerinin sınıflandırılması 32
Şekil 4.2 :	Kayma hızı – kayma gerilimi diyagramı..... 33
Şekil 4.3 :	Zamana bağımlı reolojik davranışlar için viskozite eğrileri 35
Şekil 5.1 :	Tekstür profili analizinin şematik gösterimi 40
Şekil 8.1 :	Üç farklı yumurtadan yapılan kek hamuru örneğinin kayma hızı – kayma gerilimi grafiği..... 59
Şekil 8.2 :	DI markalı yumurtadan yapılan kek hamuru örneğinin kayma hızı - anlık viskozite eğrisi 61
Şekil 8.3 :	EG markalı yumurtadan yapılan kek hamuru örneğinin kayma hızı - anlık viskozite eğrisi..... 61
Şekil 8.4 :	IP markalı yumurtadan yapılan kek hamuru örneğinin kayma hızı - anlık viskozite eğrisi..... 62
Şekil 8.5 :	DI markalı yumurtadan yapılan kek hamuru örneğinin frekans taraması 63
Şekil 8.6 :	EG markalı yumurtadan yapılan kek hamuru örneğinin frekans taraması 63
Şekil 8.7 :	IP markalı yumurtadan yapılan kek hamuru örneğinin frekans taraması 64
Şekil 8.8 :	DI markalı yumurtadan yapılan kek hamuru örneğinin sıcaklık taraması 66
Şekil 8.9 :	EG markalı yumurtadan yapılan kek hamuru örneğinin sıcaklık taraması 66
Şekil 8.10 :	IP markalı yumurtadan yapılan kek hamuru örneğinin sıcaklık taraması 67
Şekil 8.11 :	Kek hamuru örneklerinin faz açısı değerleri 67



YUMURTA BİLEŞENLERİNİN KEK HAMURU REOLOJİSİNE VE KEK TEKSTÜRÜNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Endüstriyel kek üretiminde, tüm proses parametreleri aynı kalmasına rağmen kullanılan yumurtanın değişimi sonucunda ürünün kalitesinde farklılıklar gözlemlenmektedir. Kalitedeki farklılıklar, standart bir ürün elde etmeyi zorlaştırmaktadır. Bu kapsamda, farklı tedarikçilerden alınan yumurtaların bileşenlerinin kek hamuru reolojisine ve kek tekstürüne etkisi incelenerek farklılığın temelindeki sebeplerin bulunması amaçlanmıştır.

Endüstride yer alan üç firmadan temin edilen yumurta örneklerinin üzerinde önce bileşen analizleri gerçekleştirilmiştir. Su, protein, yağ, karbonhidrat ve kül analizlerinin belirlenmesinin ardından üretici firmanın standart kek reçetesi, bu yumurtalar kullanılarak yapılmıştır. Yapılan kek hamurlarının öncelikle yoğunluk ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yoğunluğun az olması, kek hamurunun daha hacimli ve daha fazla havalandığını gösterirken; yoğunluğun fazla olması hava tutmanın az olduğunu ve viskoz bir hamur yapısında olduğunu göstermektedir. EG örneğine ait kek hamuru, en yüksek yoğunluğa (0,778) sahipken, DI yumurtasından yapılan kek hamuru, en düşük yoğunlukta (0,759), en fazla hava tutan örnektir. Kek hamurlarının reolojik ölçümleri ise, Haake Rheostress reometre ile 25°C’de, artan kayma hızı aralıklarında kayma gerilimlerinin ölçülmesiyle belirlenmiştir. Ölçümler, 0 s⁻¹’den 300 s⁻¹’e 120 saniyede ulaşırken; 120 saniyede de 300 s⁻¹’den 0 s⁻¹’e geri dönmüştür. Ölçümlerin ardından Haake Rheowin 3.30 versiyonlu yazılım programı kullanılarak Üslü Yasa üzerinden modelleme gerçekleştirilerek kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi bulunmuştur ve kek hamurlarının psödoplastik olduğu görülmüştür. Kayma hızına bağlı kayma gerilimi grafiğinin eğiminden Newtonyen dışı davranış gösteren akışkanlarda sabit bir viskozite olmamasından dolayı ortaya çıkan görünen viskozite elde edilmiştir. Kayma hızına karşılık gelen görünen viskozite grafiğinde ise en yüksek viskoziteye DI sahipken; en düşük viskoziteye IP’in sahip olduğu görülmektedir. Akış davranışının belirlenmesinin ardından düşük genlikli salınım testleri gerçekleştirilmiştir. Frekans tarama testi, 24°C’de % 0,1 sabit gerinimde 0-100 Hz aralığında, 0-300 s⁻¹ kayma hızı aralığında elastik modül (G’) ve viskoz modül (G’’) değerlerinin bulunmasıyla gerçekleştirilip olup, düşük frekanslarda G’in G’’’den, yüksek frekanslarda ise tam tersinin olduğu gözlemlenmektedir. Yumurta bileşiminindeki su oranının fazla olması, viskoz modül değerlerini azaltmaktayken protein miktarının yüksek olması ise, elastik modülün yüksek, köpük oluşumunun iyi olduğunu göstermektedir. Buna göre, EG örneği en fazla su oranına (%79,90) sahip olup, daha az viskoz hamur özelliği gösterirken; en az su oranına sahip DI örneği (%77,09) tam tersi özellik göstermektedir. Ayrıca, en yüksek protein oranına sahip DI örneğinin (%11,21), daha düşük yoğunlukta, daha yüksek elastik modülde olduğu görülmektedir. Ardından 1 Hz sabit frekansta, % 0,1 sabit gerinimde gerçekleştirilen sıcaklık tarama testinde, tüm örnekler 25°C’den 85°C’ye kadar yükseltilmiş olup, elastik ve viskoz modül, sıcaklık arttıkça azalmaktadır.

Kek hamuru ölçümlerinin ardından, son ürün pişirilip su aktivitesi, nem, renk ve tekstür ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Su aktivitesi değerleri, üç örnek için de 0,85'in altında çıkmış olup orta nemli gıda kategorisinde yer almaktadır. Nem oranları için ise, keklerin kalite standartları için %10-20 arasında olması beklenirken, üç yumurta örneğinden yapılan kekler de bu aralıktadır. Yumurtanın su içeriği ile keklerin nem değerleri arasındaki ilişki sonucunda, en fazla su oranına sahip EG yumurtasından (%79,90) yapılan kek de örnekler arasında en fazla neme sahiptir (%13,26). Sırasıyla IP'nin su içeriği %78,97 olup, yumurtasından yapılan kek örneğinin %12,60, %77,09 su oranına sahip DI'dan yapılan kek örneğinin nemi %12,54 bulunmuştur. Renk ölçümleri ise CIELAB renk ölçüm skalasından yararlanılarak gerçekleştirilmiştir. L, a ve b değerleri ölçülmüş olup, L değeri en fazla EG örneğindeyken; IP ve DI daha az ve birbirine yakın parlaklık değerlerine sahiptir. Parlaklığı, protein oranıyla doğru orantılıdır. Ve son ürün için en kritik öneme sahip tekstür ölçümlerinde, sertlik, çiğnenebilirlik, iç yapışkanlık, dış yapışkanlık ve esneklik değerleri ölçülmüştür. Tüm değerler, sertlik ile ilişkiliyken, ürün nem kaybettikçe, sertlik değeri artmaktadır. Bu bağlamda, en fazla neme sahip olan EG'nin en yumuşak kek tekstüre sahip olması beklenmektedir. Ayrıca, protein oranı ile sertlik arasında doğrusal, yağ oranı ile sertlik arasında ters bir ilişki bulunmaktadır. Buna göre, en yüksek protein, en düşük yağ değerine sahip DI örneği (%11,21 protein, %6,84 yağ) en sert, %10,59 protein, %6,96 yağ oranına sahip IP örneği onu takip etmekte olup daha yumuşak, en düşük protein, en yüksek yağ oranına sahip EG örneği (%8,19 protein, %7,16 yağ) en yumuşak kek örneği konumundadır. Çiğnenebilirlik değerleri ise, kekin yutabilme kuvvetinin bir ölçüsü olup, sertlikteki değerlendirmeler ile aynı konumda incelenmekteyken; DI örneği, en sert, en yüksek çiğnenebilirlikte, en yumuşak örnek olan EG, en düşük çiğnenebilirliğe sahiptir. İç yapışkanlıkta ise düşük köpürme kapasitesine sahip kek hamurlarının son ürünlerinin yüksek iç yapışkanlığa sahip olduğunu söylenmekte olup yoğunluğu fazla olan EG örneğinin iç yapışkanlığı en fazla iken; yoğunluğu düşük olan DI örneğinde iç yapışkanlık en düşük bulunmuştur. Dış yapışkanlık ise, kekin dişlere yapışma derecesini göstermekte olup, iç yapışkanlık ile orantı içerisindedir. Elastikiyet veya esneklik değerleri, düşük yoğunlukta, düşük protein oranında artmakta olup, en yüksek esneklik değerine sahip olan EG örneğin düşük yoğunlukta ve düşük protein olmasından dolayı ilişkilendirilmiştir.

Ölçüm sonuçlarına göre, yumurta bileşenlerinden suyun, kek hamurunda sabit sıcaklıkta, viskoz modülü özelliğine, son üründe nem, sertlik, çiğnenebilirlik, iç ve dış yapışkanlık ve esnekliğe etki ettiği, proteinin, kek hamurunda sabit sıcaklıkta elastik modülü özelliğine, sıcaklık artışında protein denatürasyonu sonucu elastik modüle, son üründe ise, nem, havayı tutabilmesi, parlaklık, sertlik, çiğnenebilirlik, iç ve dış yapışkanlık, elastikiyete etki ettiği gözlemlenmiştir. Yağ ise sertlik üzerinde rol oynamaktayken; karbonhidrat oranının düşük olması önemli bir etki bırakmamaktadır. Tüketicie sunulmak istenen standart ürünlerde, yumurtaların nem, protein, yağ oranları değerlendirilmelidir.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF EGG COMPONENTS ON CAKE BATTER RHEOLOGY AND CAKE TEXTURE

SUMMARY

In industrial cake production, although all process parameters remain the same, there are differences in the quality of the product as a result of the change in the egg used. Differences in quality make it difficult to obtain a standard product. Also, literature studies show that different animal eggs have an effect on cake texture. However, no study has been found on the rheology of cake batter and cake texture of chicken eggs, whose composition is affected by many factors. In this thesis, it is aimed to find the reasons behind the difference by examining the effects of the components of the eggs purchased from different suppliers on cake batter rheology and cake texture.

Foods obtained from *Gallus gallus* var. domesticus breed chickens and offered for direct human consumption or the use of the food industry or suitable for the preparation of egg products are called eggs. Many bird species, especially chickens, the majority of fish and creatures with a cold-blooded circulatory system produce eggs. Egg consists of egg yolk in the center, egg white and egg shell surrounding it. Although the percentage of these by weight varies depending on many factors, on average 30% consists of yolk, 60% egg white and 10% egg shell for chicken eggs. It is assumed that an egg contains an average of 12% protein, 9.7% fat, 2.2% carbohydrates and 75% water. While it is assumed that egg white contains 9.3% protein, 89% water, 0.07% fat, 1.3% carbohydrates; it is supposed that the yolk contains 15.3% protein, 23% fat, 3.6% carbohydrates and 56% water. It keeps the yolk in the center of the egg with a thread-like structure called chalaza inside the egg. Apart from that, egg white creates an antimicrobial barrier and provides water, protein and other components during the development of the embryo. Egg yolk is located in the center, it is prevented from mixing with albumin by a membrane called vitelline and its color remains stable. It is the part that provides the most necessary nutritional sources during the development of the embryo. Then, egg shell consists of 94% calcium carbonate (CaCO_3) and is porous. An average chicken egg has approximately 17,000 pores. It has a semi-permeable membrane, can pass water and air in a limited way, it is divided into outer shell, inner shell and air cells. While the outer shell helps keep bacteria and dust out; The inner shell effectively protects the internal structure of the egg during shell formation. The composition of the egg can change depending on factors such as the breed of the chicken, rearing conditions, age, diet and quail, ostrich, goose, turkey and duck eggs are also consumed and have different contents.

Moreover, chicken eggs are used in different ways in the food industry. Fresh, liquid, frozen and powdered eggs are the most common product types. Fresh eggs are the final products that are packaged and delivered to the consumer without any pasteurization or other processes after the hen's laying eggs. Liquid egg is a widely used product in the industry. After the washing process, the fresh eggs, which are kept in cooling, are broken by automatic machines and the shell, albumin and yellow parts are separated or mixed. Then, pasteurization is applied at a temperature and time that will not affect the quality characteristics in order to reduce the microbial load, especially *Salmonella*.

Eggs are used in bakery products for many purposes such as foam formation, stabilization, emulsifier, color, flavor, nutritional content enrichment, coagulation and gelling agent. Thanks to the proteins in the egg albumin, foam formation is provided in the cakes with batter, while the proteins in the egg yolk provide gelation and stabilization. Also, lysozyme and globulins in egg white cause foaming and accordingly a porous end product. Egg white also contains ovomucin. The ovomucin component which is a protein helps maintain the porous structure of the cake by supporting the foam stability. Moreover, egg yolk has phospholipid components such as lecithin and cephalin. These act as emulsifiers in the cake. It improves the sensory properties of the cake by contributing to the development of taste, smell and aroma in the final product.

In applying step, component analyzes were performed on egg samples obtained from three companies in the industry. After the water, protein, fat, carbohydrate and ash analyzes were determined, the manufacturer's standard cake recipe was made using these eggs. Density measurements of the cake batter were first carried out. While the low density indicates that the cake dough is more voluminous and more aerated; the high density indicates that air retention is low and it has a viscous dough structure. While the cake dough of EG sample has the highest density (0.778), the cake dough made from DI egg has the lowest density (0.759) and holds the most air. Rheological measurements of cake batters were determined by measuring shear stress at increasing shear rate ranges at 25°C with a Haake Rheostress rheometer. While the measurements reached from 0 s⁻¹ to 300 s⁻¹ in 120 seconds; it went back to 0 s⁻¹ from 300 s⁻¹ in 120 seconds. After the measurements, the consistency coefficient and flow behavior index were found by modeling on the Power Law using the Haake Rheowin 3.30 software program and it was seen that the cake batters were pseudoplastic. The apparent viscosity, which is due to the absence of a constant viscosity in non-Newtonian fluids, was obtained from the slope of the shear stress graph depending on the shear rate. In pseudoplastic behavior, as the shear rate increases, the apparent viscosity, that is, the resistance of the fluid to flow, decreases independently of time. The deterioration of the forces applied to the liquid in foods occurs as a result of the mixing process and pseudoplastic behavior occurs. In the apparent viscosity graph corresponding to the shear rate, while DI has the highest viscosity; It is seen that Ipay has the lowest viscosity. After determining the flow behavior, small amplitude oscillation tests were performed. Frequency sweep test is performed by finding the elastic modulus (G') and viscous modulus (G'') values in the range of 0-100 Hz at a constant strain of 0.1% at 24°C, and in the shear rate range of 0-300 s⁻¹. The high water content in the egg composition decreases the viscous modulus values, while the high protein content indicates a high elastic modulus and a good foam formation. Accordingly, EG sample has the highest water content (79.90%) and shows less viscous dough characteristics; DI sample with the lowest water content (77,09%) shows the opposite feature. In addition, it is seen that the DI sample with the highest protein content (11.21%) has a lower

density and a higher elastic modulus. Then, in the temperature sweep test performed at a constant frequency of 1 Hz and a constant strain of 0.1%, all samples were elevated from 25°C to 85°C, and the elastic and viscous modulus decreased as the temperature increased.

After the cake dough measurements, the final product was baked and water activity, moisture, color and texture measurements were carried out. The water activity values were below 0.85 for all three samples, it means that they are safe and they are in the medium moisture food category. For moisture ratios, it is expected that the cakes will be between 10-20% for quality standards, while cakes made from three egg samples are also in this range. As a result of the relationship between the water content of the egg and the moisture values of the cakes, the cake made from EG egg with the highest water content (79.90%) also has the highest moisture content among the samples (13.26%). The water content of Ipay was 78.97%, respectively, and the moisture content of the cake sample made from its egg was 12.60%, and the moisture content of the cake sample made from DI, which had a water content of 77.09%, was 12.54%. Color measurements were made using the CIELAB color measurement scale. L, a and b values were measured. Ipay and DI have less and close brightness values. Its brightness is directly proportional to its protein content. Moreover, in the texture measurements, which are the most critical for the final product, the hardness, chewiness, cohesiveness, adhesiveness and springiness values were measured. While all values are related to hardness, the hardness value increases as the product loses moisture. In this study, EG, which has the most moisture, is expected to have the softest cake texture. In addition, there is a linear relationship between protein ratio and hardness, and an inverse relationship between fat ratio and hardness. Accordingly, DI sample with the highest protein and lowest fat value (11.21% protein, 6.84% fat) is followed by the Ipay sample with the hardest, 10.59% protein and 6.96% fat. EG sample which has 8.19% protein and 7.16% fat ratios has the lowest protein and the highest fat content is the softest cake sample. The chewiness values, on the other hand, are a measure of the swallowing strength of the cake and are examined in the same position as the evaluations in hardness; DI sample has the hardest, highest chewability, EG, the softest sample, has the lowest chewability. In terms of cohesiveness, it is said that the end products of cake batter with low foaming capacity have high adhesiveness, while the cohesiveness of the EG sample with high density is the highest; The adhesiveness was found to be the lowest in the DI sample with a low density. Adhesiveness, on the other hand, indicates the degree of adhesion of the cake to the teeth and is in proportion to the cohesiveness. Springiness values increase at low density, low protein ratio, and EG, which has the highest elasticity value, is associated with the low density and low protein content of the sample.

According to the measurement results, water, one of the egg components, affects the viscous modulus properties of the cake batter at constant temperature, the moisture, hardness, chewiness, cohesiveness, adhesiveness and springiness of the final product, the elastic modulus of the protein in the cake batter at constant temperature, the elastic modulus of the protein as a result of the protein denaturation at temperature increase from 25°C to 85°C. In the final product, it has been observed that protein affects moisture, air retention, brightness, hardness, chewability, cohesiveness, adhesiveness, and springiness. While oil plays a role on hardness; the low carbohydrate content does not have a significant effect. Moisture, protein and fat ratios of eggs should be evaluated in standard products intended to be offered to the consumer.



1. GİRİŞ

Kek, un, şeker, yumurta ve başka hammaddelerin karıştırılıp, şekil verildikten sonra pişirilmesiyle elde edilen, tüketim oranı yüksek bir unlu mamül çeşididir. Proseslerin uygulanma şekli, hammaddelerin birbirlerine oranı kekin cinsini belirlemektedir. Ayrıca içerisinde dolgu, çeşni maddeleri eklenmekte, üzerine kaplama yapılabilmekte, dolgulu, çeşnili ve kaplamalı olarak da sınıflandırılabilir. Kekin depolanması ise nem kaybı gerçekleşmesiyle ortaya çıkmakta tekstürel ve duysal olarak kalite kayıplarına neden olmaktadır (TSE, 2008 ; Wilderjans ve diğ., 2013).

Yumurta, protein, yağ, vitamin ve mineraller açısından zengin içeriğe sahip olup, mükemmel aminoasit kompozisyonu ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle çeşitli gıdalarda hammadde olarak kullanılmaktadır. Yapısal olarak yumurta kabuğu, albumini ve sarısının oranları, bileşen bakımından yağ, protein, karbonhidrat ve minör bileşen oranları, her yumurtanın içeriği, hayvanın cinsi gibi kalıtsal faktörler, beslendiği yemin içeriği gibi çevresel faktörlere göre değişmektedir (Şamlı ve Okur, 2016).

Bütün yumurta, yumurta akı ve yumurta sarısı yüzyılı aşkın süredir birçok kek çeşidinde farklı oranlarda yer almaktadır. Yumurta proteinlerinin kendine özgün köpürme, emülsifiye edici ve koagülasyon özellikleri nedeniyle kekin hacmi ve tekstürüne etki etmektedir. Bunların yanısıra yumurtadaki lipidler, kekin besin değerini arttırmakta, renk, tat ve kokusunu geliştirmekte, tekstürünün yumuşamasını sağlamaktadır. Yumurta sarısı yağ, yumurta akı ise protein açısından zengindir (Hedeyati ve Tehrani, 2017).

Yapılan literatür araştırmaları, farklı hayvan yumurtalarının kek tekstürüne etkisi olduğunu göstermektedir. Fakat, birçok genetik, çevresel ve fiziksel faktör ile bileşimi etkilenen tavuk yumurtasının kek hamuru reolojisi ve kek tekstürüne herhangi bir etkisiyle ilgili çalışmaya rastlanılmamıştır. Aynı zamanda endüstriyel keklerin yapımında kullanılan yumurtaların incelenmesi konusunda bir proje ile de karşılaşılmamıştır. Bu yüzden çalışmanın amacı, endüstriyel kek üretimi esnasındaki tekstürel farklılıkların yumurta ile

ilişkisini ortaya çıkartmak olup, yumurta bileşenlerinin farklı olmasının, kek hamuru reolojisi ve kekin tekstürüne herhangi bir etkisi olup olmadığını incelemektir ve çalışmanın hipotezi, yumurta bileşenlerinin kek hamuru reolojisi ve kek tekstürüne etki ettiği yönündedir.



2. KEK

Kek, tanımı, çeşitleri, içerisindeki hammaddenin çokluğu ve proseslerde kullanılan yöntemlerin çeşitliliği nedeniyle oldukça geniş bir kapsamda incelenmektedir.

2.1.Kekin Tanımı, Çeşitleri ve Tarihçesi

Türk Standardları Enstitüsü 13375 no'lu Hazır Kekler Standardı'na göre hazır kek, un veya un miksleri, beyaz şeker, yenilebilir bitkisel yağ, yumurta, tuz, kabartıcılar, çeşni, dolgu ve katkı maddeleri bulunduran, su ilavesiyle karıştırılıp uygun teknikte işlenmesi, şekillendirilmesi ve pişirilmesiyle elde edilen ambalajlı unlu mamül olarak tanımlanmaktadır. Aynı standarda göre kekler; kaplamalı, kaplamasız, sade, çeşnili, dolgulu olarak ayrılmaktadır. Kaplamalı, kaplamasız kek tipiyken; sade, çeşnili ve dolgulu kekler çeşit olarak değerlendirilmektedir.

Kaplamasız kekler, kaplama malzemesiyle kaplanmamışken, kaplamalı keklerin bazı yüzeyleri veya tamamı kaplanmış olmalıdır. Kek çeşidi olarak değerlendirildiğinde sade kek, herhangi bir çeşni maddesi içermemelidir. Çeşnili kek, çeşni maddelerinin en az birini bulundurmak zorundadır. Bunlar kekten ayrılabilmeli ve parça halinde olmalıdır. Bu çeşni maddelerinden üzüm, kütlice en az %10, kuru meyve parçaları veya meyve şekerlemeleri kütlice en az %12, fındık, ceviz gibi kuruyemiş çeşitleri ise kütlice en az %8 oranında bulunmak zorundadır. Dolgulu kek ise en az bir dolgu maddesi bulunduran ve dolgunun kendine özgü duyuşal özelliklerini taşıyan kek çeşididir (TSE, 2008).

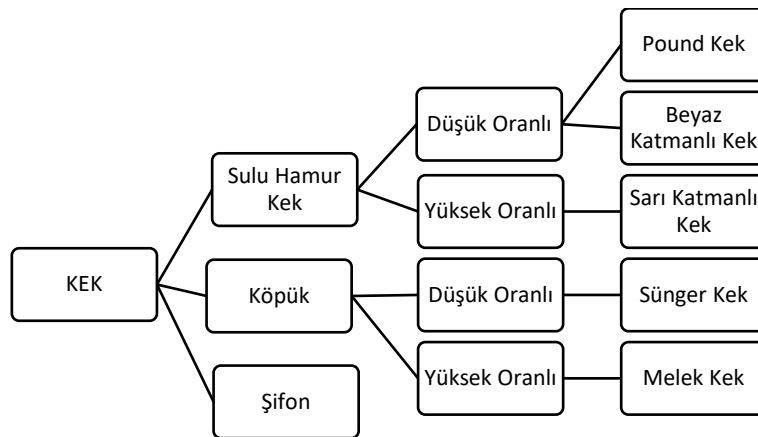
Standardın yanı sıra kekler, taşıdıkları özelliklere göre de kendi içerisinde çeşitlendirilmektedir. Bu çeşitlendirme öncesinde şeker/un oranlarına göre yüksek oranlı ve düşük oranlı olarak ayrılmaktadır. Yüksek oranlı keklerde şeker/un oranı biri geçmektedir. Yani şeker miktarı un miktarından fazla olmaktadır. Düşük oranlı keklerde ise şeker/un oranı bir veya birden düşüktür. Yani un miktarı şeker miktarından fazla veya eşittir. Yüksek oranlı keklere örnek olarak, katmanlı (layer) ve köpük (egg foam) kekler verilebilir. Katmanlı

keklerin yağ oranı oldukça fazla olmakta olup beyaz ve sarı katmanlı olarak ikiye ayrılmaktadır. Köpük kekler ise hiç yağ bulundurmaz veya bulundurdıkları yağlar çırpılmış yumurta içerisinde hapsolmaktadır. Köpük kekler ise melek (angel) ve sünger (sponge) kekler olarak sınıflandırılmaktadır. Düşük oranlı keklere ise pound kekler örnek verilebilir. Geleneksel pound kekler eşit oranda şeker, un ve yağ içermektedir (Wilderjans ve diğ., 2013). Bu sınıflandırmanın dışında kekler, içerdikleri hammaddeler ve üretim metodlarına göre sulu hamur tipi (batter), köpük tipi (foam) ve şifon (chiffon) olarak üç kategoride incelenmektedir.

Sulu hamurdan elde edilen ürünler bir veya iki kademe karıştırılırlar. İlk olarak yağ ve şeker krema haline getirilerek hava hapsedilir. Ardından yumurta, su ve en son un eklenir. Un, şeker, yumurta, yağ ve kabartıcılar ve emülgatör önemli hammaddeleridir. Pound kekler, sarı ve beyaz katmanlı kekler örnek olarak verilebilir.

Köpük tipi keklerde ise önce yumurta ve şeker köpük oluşturur ardından elenmiş un ilave edilir. Buradaki köpürme son ürünün kabarmasını önemli ölçüde etkilemektedir. Çünkü yağ oranları düşük olup hava, sıvı fazda hapsolmaktadır. Köpük keklerin majör bileşenleri, yumurta, un ve şekerdir. Melek ve sünger kekler buna örnektir. Bunların arasındaki en önemli fark, melek kekte sadece yumurta akı bulunurken, sünger kekte hem yumurta akı hem de yumurta sarısı bulunmaktadır. Pişirmesi, sulu hamur tipi keklerden daha hızlı gerçekleşir, kabarması daha fazla olur.

Şifon kekler ise her ikisinin kombinasyonu olup bazen emülsiyon bazlı bazen de köpük bazlı hamura sahip olabilmektedir. Un, yumurta, yağ, su, kabartıcıları önemli ölçüde içermektedir (Benion ve Bamford, 1997; Godefroidt ve diğ., 2019). Godefroidt ve diğ. (2019) tarafından Şekil 2.1’de bu sınıflandırmalar gösterilmiştir:



Şekil 2.1 : Kek çeşitlerinin sınıflandırılması.

Bu çeşitlilik uzun yıllar gelen birikim sonucunda ortaya çıkmıştır. Kekin tarihçesine bakıldığında, insanlığın ilk zamanlarından itibaren günümüz keklerinden farklı ancak kek adı verilen çeşitli ürünler yapılmaktadır. Ekmek mayası ile kabartılan, tatlandırmak için içerisine bal, kuru meyve ilavesi yapılan ve kültürden kültüre değişen ‘‘kek’’ çeşitleri bulunmaktadır.

Antik Mısır döneminde, sıcak odalarda, profesyonel şekilde fırıncılık yapıldığına dair bulgulara rastlanılmıştır. Kek teriminin ilk geçtiği yazılı kaynak ise 13.yy’dan kalma Oxford İngilizce Sözlüğü’dür. Bu kelime, İskandinav dilinde ‘‘kaka’’ olarak yazılmaktayken İngilizce’ye ‘‘cake’’ olarak geçmiş, meyveli veya zencefilli ekmek anlamında kullanılmıştır. Bu ekmekler uzun süreler muhafaza edilebilmekteydi.

Modern kekler ise şeker kamışının şekere işlenebilmesiyle 17.yy Avrupası’nda ortaya çıkmıştır. Daha gelişmiş pişirme şartları, hammadde zenginliği, metal ve tahtadan kalıplar yapılması gelişimini hızlandırmıştır. Yumurta akı, tatlandırıcılar ilave edilmiş, 19.yy’a gelindiğinde mayanın yerini kabartma tozlarının almasıyla günümüz kekleri şekillenmiştir. (Humble, 2010).

2.2.Kekte Kullanılan Hammaddeler

Kek, istenilen özellikleri elde etmek, raf ömrü süresince kalitesini korumak adına farklı oranlarda, farklı çeşitlerde hammaddeler kullanılarak üretilmektedir. En çok kullanılan hammaddeler şeker, un, yumurta, su, emülgatörler ve kabartıcılardır.

2.2.1. Şeker

Kek yapımının kullanılan en önemli hammaddelerden biri olan şekerin başlıca görevi tat vermektir. Bunun dışında görüntü, yapı ve renk üzerinde etkilidir.

Kekin karışması esnasında su ile bağ kurarak glutenin su almasını engeller ve gluten gelişimini geciktirir. Şeker miktarının artması, gluten bağlarının suyla etkileşimini tamamlaması için karışma süresinin uzaması anlamına gelmektedir. Ayrıca hamurun daha viskoz yapıda olmasına, yapışkan olmayan bir kek hamuruna da sebebiyet verir. Eğer sulu hamur tipi keklerde olduğu gibi karıştırmanın ilk aşamasında yağlar ile beraber veya köpük tipi keklerdeki gibi yumurta veya yumurta akı ile birlikte karıştırılırsa havalandırmaya

yardımcı olur. Köpüğün alabileceği maksimum havayı azaltsa da köpük stabilitesini sağlayarak havayı tutmayı sağlar, gaz hücrelerini büyütür.

Nişasta üzerine etkisi incelendiğinde ise, kekteki su- şeker etkileşimi sıvının absorbe olarak nişastanın jelatinizasyon sıcaklığını yükseltmekte, jelatinizasyonun derecesini azaltmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda gerçekleşen jelatinizasyon, hava kabarcıklarının gelişimine olanak verir ve sonuç olarak kek içerisinde poröz bir yapı oluşacaktır.

Tat ve tekstürel etkilerinin dışında renk üzerinde de önemli rol oynamaktadır. Sukrozun yüksek ısılarda glukoz ve fruktoza dönüşerek bir aminoasitle reaksiyona girdiği ve esmerleşmeye yol açtığı Maillard reaksiyonu, şekerin yüksek sıcaklıklarda karamelizasyonu, kek renginin kahverengileşmesinde, tadının değişmesinde etkilidir. Karamelizasyon ayrıca nem tutmasına neden olurken, Maillard reaksiyonu ise akrilamid gibi toksik bileşenleri oluşturabilmektedir.

Tüm bunların yanında sükrozun bir nem tutucu olması, nemdeki değişimleri azaltmakta, su aktivitesini düşürmektedir. Bu özellikler, mikroorganizma gelişimini yavaşlatmaktadır (Zhou ve Hui, 2014).

Ayrıca, yüksek fruktozlu mısır şurupları, kek üzerine içeriğindeki sükroz oranına göre etki etmektedir. Şurup içerisindeki sükroz oranı arttıkça, kek karıştırma esnasındaki yumurtanın köpürme oranı azalmakta, buna bağlı olarak son ürünün hacmi daha az olmaktadır. Esmerleşme oranı da artmaktadır. Ayrıca yüksek fruktozlu mısır şurubu oranı arttıkça, son ürünün daha sıkı olmakta, nişasta jelatinizasyon sıcaklığı düşmektedir (Zargaraan ve diğ., 2016). Fruktoz ayrıca glikoza göre Maillard reaksiyonunda daha hızlı esmerleşmektedir. Çünkü Maillard reaksiyonu aşamalarında glikoz, 3-deoksihegzona dönüşürken; fruktoz, doğrudan 3,4 dideoksi-4-sulfohegzon yan ürününün çıktığı aşamaya geçmektedir (Mundt ve Wedzicha, 2003).

Şeker yerine kullanılabilecek ikamesi ise şeker alkolleridir. Şeker alkollerini, düşük kaloriye sahip olup sükroz içermeyen ürünlerde kullanabilmektedirler ve düşük glisemik indekse sahiptirler (Rad ve diğ., 2019). Maillard reaksiyonuna girmediğinden, keklerde sükroz yerine kullanıldığında daha parlak renkli ürünler elde edilmektedir. Ayrıca şeker alkollerini son ürünün yumuşamasına da yol açabilmektedir. Sorbitol ve maltitol, kek tekstürü üzerinde sükroza en yakın özelliği gösteren şeker alkolleridir (Ghosh ve Sudha, 2012).

2.2.2. Un

Triticum aestivum buğdayının çekirdeğinin parçalanması sonucunda yumuşak ve sert unlar elde edilir. Sert unlar genellikle ekmek yapımında kullanılırken; yumuşak unlar kek yapımında kullanılmaktadır. Bunların arasındaki en önemli fark aralarındaki protein miktarıdır. Sert unlarda ortalama %11-14 arasında protein bulunurken; yumuşak unlarda %8 ile %11 arasında değişmektedir. Kek yapımında ise yumuşak ve partikül boyutu küçük unlar tercih edilmektedir.

Kekin karışması esnasında un, sıvı fazın viskozitesini arttırırken yağ partiküllerinin birbirleriyle veya hava hücrelerinin bir araya gelmesini az da olsa engeller. Kekin partikül boyutunun azalması ise su tutmayı sağlayan yüzey alanını genişletir. Un içerisinde bulunan gluten ise, şeker varlığı, kısa karıştırma süreleri gibi birçok faktör nedeniyle minimum ölçüde su tutar. Bu da bir nevi kek hamurunun ekmek hamuruna göre viskozitesinin neden daha az olduğunu açıklamaktadır.

Kekin pişirme sırasında ise gluten bağları ne kadar yukarıda sayılan faktörlerden dolayı kısıtlansa da kekin belirli bir seviyeye kadar kabarmasını sağlar. Bu da gluten miktarının artışının belirli bir seviyeye kadar kekin kabarmasını olumlu etkilediğini göstermektedir (Wilderjans ve diğ., 2013).

2.2.3. Yumurta

Yumurta, fırıncılık ürünlerinde köpük oluşumu, stabilizatör, emülsifiye edici, renk, aroma, besin içeriği zenginleştirici, koagülasyon ve jelleşme ajanı gibi bir çok amaç için kullanılmaktadır. Yumurta albuminindeki proteinler sayesinde sulu hamura sahip keklerde köpük oluşumu sağlanırken, yumurta sarısındaki proteinler jelleşme sağlayarak stabilizasyonu gerçekleştirmektedir (Diaz-Ramirez ve diğ., 2016).

Yumurta akı içerisinde bulunan lizozim ve globulinler köpük oluşturmaya ve buna bağlı olarak gözenekli son ürün elde edilmesine neden olurlar. Yumurtanın akı aynı zamanda ovamüsin içermektedir. Ovamüsin bileşeni köpük stabilitesini destekleyerek kekin gözenekli yapısının korunmasına yardımcı olmaktadır (Kannan ve diğ., 2012).

Yumurta sarısı ise lesitin ve sefalin gibi fosfolipid yapıdaki bileşenlere sahiptir. Bunlar kek içerisinde emülgatör görevindedirler. Son üründe tat, koku ve aroma gelişimine katkı sağlayarak kekin duyuşal özelliklerini geliştirir (Özer ve diğ., 2004).

2.2.4. Yağ

Kek gibi unlu mamüllerde tat ve aroma gelişimini sağlamak, ürünün raf ömrü boyunca kalitesini muhafaza etmesi, gözenekli yapının daha stabil hale gelmesi amacıyla şorteningler kullanılmaktadır.

Yağlar, kekta hacim genişlemesi, kabuk ve iç yapı oluşumu, iç yapının yumuşaklığı, nem dengesini sağlamak, raf ömrünü uzatmak amacıyla kullanılabilir. Tat ve aroma bileşenlerini taşıyarak kendine özgü tat ve koku elde edilmesine katkı sağlamaktadır.

Yağ kristalleri, kekta viskozite ve elastikiyet artışı sağlayarak kekin reolojik özelliklerini geliştirmesine yardımcı olur. Ayrıca trans yağ asidi miktarı arttıkça oluşan yağ kristalleri de artmaktadır. Trans yağ asitleri, cis yağ asitlerine oranla daha hızlı sertleşir, bu hızlı sertleşme ise kek hamurunun daha viskoz olmasına, son ürünün daha elastik olmasına yol açar (Mercan ve Boyacıoğlu, 1999).

2.2.5. Nişasta

Nişasta, kekin pişirilmesi esnasında jelatinizasyona uğrar ve yumurta proteinlerinin koagülasyonu nedeniyle gözenekli yapı oluşumuna katkı sağlar. Keklerde iç yapının ne çok sıkı ne de aşırı ufalanabilir olması istenmediğinden nişasta çeşidi de önem kazanmaktadır. Buğday nişastasının iç yapı sertleştirip ufalanabilirliği azalttığı bilinirken mısır nişastasının ufalanmaya zıt şekilde etki ettiği bilinmektedir. Ayrıca, bu iki tür de daha koyu bir kabuk rengi oluşturmaktadır. Nişastanın çirşlenebilirliği ise, kek unlarına göre spesifik hacmi daha yüksek kekler elde edilmesini sağlamaktadır (Hesso ve diğ., 2015; Rosa ve diğ., 2015).

2.2.6. Tuz

Tuz, tat ve aroma dengelemesinin yanı sıra antimikrobiyal etki göstererek kekin raf ömrünü uzatmasına katkıda bulunmaktadır. Unlu mamüllerde istenmeyen

mikroorganizmaların gelişiminin engellenmesi, tekstürün gelişimi için belirli oranlarda tuz katılmaktadır (Di Biase ve diğ., 2019).

2.2.7. Kabartıcılar

TS 9053 Kabartma Tozu- Hamur Standardı'na (2019) göre, çeşitli unlu mamüllerde proses ihtiyacı nedeniyle kullanılan yardımcı madde, ortamda sıcaklık ve nem olduğunda CO₂ gazı oluşturabilen, bikarbonatların bir veya daha fazlası ile birlikte asit etkisi yapan maddelerden bir veya daha fazlası ile yenilebilir nişasta ihtiva eden ürün olarak tanımlanmaktadır.

Kabartma tozları içeriğinde bulunan bileşenler hamurda kabarma sağlayarak hamura gözenekli yapı oluşumuna katkıda bulunmaktadır. Gözenekli yapı, pişirme esnasında stabil kalmaktadır ve son ürünün iç yapısının yumuşak ve parlaklık özelliklerinin oluşmasına yol açıp yenilebilirliğini artırır. Kabartma tozlarının içerisindeki bikarbonat ve türevleri, asitli bileşikler ile sulu ortamda tepkime göstererek CO₂ gazı açığa çıkartır. Açığa çıkan karbondioksit, hamur yapımı esnasında kabarcıklar oluşturur, pişirme esnasında genişler ve son ürünün gözenekli ve hacimce genişlemiş olması sağlanır (Dizlek ve Gül, 2009).

2.3.Kek Karıştırma Metodları

Hammaddelerin çeşitleri ve oranları kadar prosesin gerçekleştirilme şekli son ürünü etkilemektedir. Köpük bazlı keklerde farklı karıştırma şekilleri uygulanmaktadır. Yağın ön plana çıktığı keklerde kullanılan karıştırma şekilleri, krema, un bazlı, tek kademeli ve emülsiyon metotlarıdır.

Krema metodu, şortening yağların, rafine şeker ile 5-6 dakika boyunca karıştırılmasıyla başlar. Bu süre içerisinde yağ, havayı hapseder. Ardından yumurta ilave edilip yaklaşık 8 dk daha karıştırılır ve krema yapısı elde edilir. Son aşamada da un ve diğer hammaddeler katılıp bir süre daha karıştırılarak kek hamuru elde edilir. Fazla karıştırmak, havanın kaybına neden olurken; az karıştırmak ise hamurun homojen olmamasına, yeterince kabarmamasına neden olabilmektedir.

İkinci metod ise un bazlı karıştırma dır. Şortening ve un ilk aşamada karıştırılıp yumuşak bir yapı elde edilir. O esnada yumurta ve şeker de karıştırılarak köpük bazlı bir yapı oluşması sağlanır. Ardından ikisi de karıştırılır ve diğer malzemeler üzerine ilave edilir. Kabarması çok istenmeyen kekler için bu tarz karıştırma uygundur.

Tek kademeli karıştırma yöntemi, bütün malzemelerin aynı anda bir kapt a 8-10 dakika boyunca karıştırılmasıyla yapılır.

Emülsiyon metodu ise özellikle büyük hacme sahip mikserlerde yapılan keklerde uygulanır. Şortening ve şeker, 2-3 dk boyunca karıştırılır, süt ilave edilip yumuşak bir krema elde edilene kadar karıştırılır. Ardından yumurta ve diğer malzemelerle karıştırma işlemi tamamlanır.

Köpük bazlı kekler temel olarak yumurta ve şekerin karıştırılıp köpük oluşt urmasıyla elde edilirler. Diğer malzemelerin ilavesi ise köpüğün kırılmaması adına yavaş yavaş gerçekleştirilir. Ayrıca hacmin artması adına yumurta akı ve yumurta sarısı ayrı ayrı şeker ile karıştırılabilmektedir (Zhou ve Hui, 2014).

2.4.Kek Yapısının Oluşumu

Kek üretiminde son ürünün kendine has tat, koku ve aromaya ve tüketiciler tarafından arzu edilen tekstürel özelliklere sahip olması için hamurun formülasyonu, karıştırma metodu, pişirme süresi ve sıcaklığı gibi birçok parametreye dikkat edilmesi gerekmektedir (Godefroidt ve diğ., 2019).

Kek hamuru formülasyonunda un ve suyun karışması, gluten sayesinde ağısı bir yapı oluşturur. Kek hamuru bileşimindeki diğer hammaddeler bu ağısı yapıda tutunarak dokuyu oluşturur (Wilderjans ve diğ., 2013). İçerisinde bulunan yağ, yağda çözünen aroma ve renk maddelerinin hamura karışmasını sağlar. Yumurta ise emülgatör görevi üstlenerek su ve suda çözünen bileşikler ile yağ ve yağda çözünen bileşiklerin daha homojen bir görünüm kazanmasına yardımcı olmaktadır (Diaz-Ramirez ve diğ., 2016). Ayrıca kabartıcılar, ağısı yapı içerisinde CO₂ dolu gözenekler oluşturarak kekin hacim almasını sağlar. Kek için ideal pişme süresi ve sıcaklığında yapıdan ne kadar az karbondioksit çıkışı olursa kekin iç hacmindeki değişim o kadar az olmaktadır. Kek hamurunun kabarma esnasında oluşan yapısı korunur ve son üründe arzu edilen dokunun oluşumu kolaylaşır (Benion ve Bamford, 1997).

2.5. Kekin Kalite Özellikleri

İstenilen kalite özelliklerine sahip kek üretebilmek için bazı faktörlere dikkat edilmesi gerekmektedir. Bunlar yoğunluk, su aktivitesi, renk ve nemdir.

Yoğunluk, kek hamurun içerisindeki hava miktarını göstermektedir. Kekin çırpma özellikleri, tekstürü, büyüklüğü ve hacmi hakkında bilgi verir. Yoğunluğun fazla olması, kek hamuru içerisine nüfuz eden havanın daha az olduğuna işaret etmektedir. Bu da daha az hacimli kek anlamına gelmektedir ki sünger keklerde, ürünün kabarması istenmektedir. Ancak daha çok hava bulunması da ürünün raf ömrünü kısaltmaktadır (Kim ve diğ., 2012).

Su aktivitesi, gıdalarda mikroorganizmalar tarafından kullanılan serbest suyun bir ölçüsünü veya biyokimyasal reaksiyonların gerçekleşmesi için ihtiyacı bulunan su miktarını temsil etmektedir. Ürünün raf ömrü, organoleptik özellikleri ve yapısı üzerinde etkilidir. Su aktivitesi 0 ile 1 arasında değer almaktadır ve su aktivitesinin 0,85'ten büyük olması mikrobiyal gelişime açık olduğunu ve risk içerdiğini göstermektedir. Bu riski azaltmak, kalite özelliklerini raf ömrü süresince koruyabilmek amacıyla su aktivitesinin kekler için 0,85'in altında olması gerekmektedir. Bunun için de ürün nem almayacak yerde depolanmalı, içeriğindeki sıvı miktarı düşürülmelidir. Ancak mikrobiyal güvenilirliği tam anlamıyla sağlayabilmek için su aktivitesi 0,60'tan küçük olması gerekirken, 0,60 – 0,85 aralığında osmofilik maya ve küf riskleri devam eder, 0,30-0,70 aralığında esmerleşme reaksiyonları, 0,30'un altından 0,70'e kadar ise lipid oksidasyonu artmaktadır (Zhou ve Hui, 2014).

Nem, kekin içerisinde bulunan su olup, ürünün stabilitesini, tekstürünü ve yapısını doğrudan etkileyen, raf ömrü süresince kalitesine etki eden önemli bir parametredir. Pişirme esnasında, suyun bir kısmı uzaklaştırılmaktadır ancak fazla buharlaştırma ürünün kuru ve tüketici tarafından tercih edilmeyecek noktada olmasına yol açabilmektedir. Depolama esnasında nişastanın retrogradasyonu gibi kalite özelliklerini değiştiren reaksiyonlar nem miktarına bağlıdır ve koşullara bağlı olarak raf ömrü süresince nem artabilmektedir. Kek için optimum nem %10-20 arasında olmalıdır (Taip ve diğ., 2014).

Renk, tüketicinin tercihlerini ilk etkileyen kalite parametresidir. Ürünün pişirilme koşulları, hamurun su içeriği, pH, bağıl nem, kullanılan hammaddelere göre renk özellikleri değişmektedir. Kek renginin daha koyu olması ise pişirme esnasında şekerin karamelizasyonu

ve indirgen şeker ile aminoasit arasında gerçekleşen Maillard reaksiyonudur. Koyu renk genellikle tüketici tarafından negatif algıya yol açabileceğinden dolayı bu reaksiyonların kontrollü koşullarda gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Kim ve diğ., 2012).



3. YUMURTA

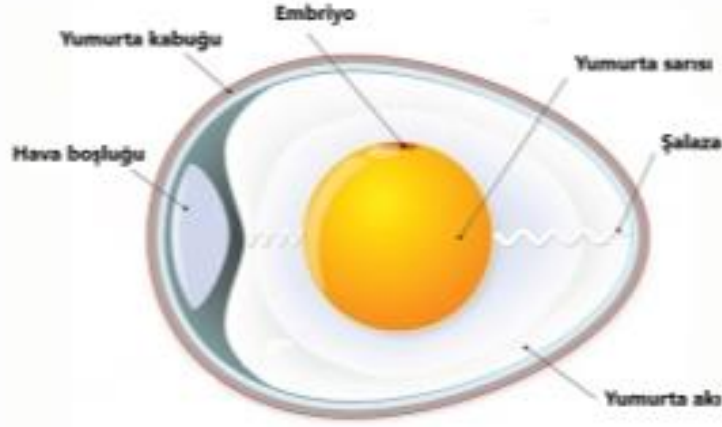
Gallus gallus var. domesticus cinsi tavuklardan elde edilen ve doğrudan insan tüketimine veya gıda sanayisinin kullanımına sunulan veya yumurta ürünlerinin hazırlanmasına uygun gıdalara yumurta denilmektedir (TSE 1068, 2015). Başta tavuk olmak üzere birçok kuş türü, balıkların büyük çoğunluğu ve soğukkanlı dolaşım sistemine sahip canlılar yumurta üretmektedir. Dünya’da en çok yumurtası kullanılan canlı olan tavuğun varlığı tam olarak bilinmese de 35.000 yıl önceye kadar dayandığı kanıtlanmıştır. Filogenetik araştırmalara göre, kırmızı orman kümes tavuklarının atalarının, yeşil orman tavuğu ‘‘Gallus’’tan geldiği bilinmektedir. Ancak tavuğun evcilleştirilmesi M.Ö 6000’lerde Çin’e, yumurta üretimi için kullanılması ise yaklaşık 2000 yıl öncesine, Antik Roma dönemine, dayanmaktadır (Chambers ve diğ., 2017).

Modern yumurta üretimleri, küreselleşmeyle beraber yaklaşık iki yüz yıldır özel kümeslerde gerçekleştirilmektedir. Burada amaç, tavuktan en iyi verimi elde edebilmektir. Doğal koşullarda yılda 180-200 arası yumurta veren bir tavuk, uygun şartlarda yılda 250-300 yumurta verebilmektedir. Yumurtanın kolayca toplanması, tavuğu yakalamaya ihtiyaç duyulmaması, avcılar, kötü iklim koşulları, pestisitler gibi olumsuzluklara karşı koruma sağlanması konularında etkili olmaktadır. Bu sistemde, tavuğun beslenme ihtiyacının en kaliteli biçimde sağlanması, temiz havanın havalandırmada yoluyla verilmesi, yapay ışıklandırma, optimum vücut ısısında ortam sıcaklığı ve düzenli dezenfeksiyon gibi kritik noktalar bulunmaktadır (Zaheer, 2015).

3.1.Yumurtanın Yapısı

Yumurta, yapı olarak merkezinde yumurta sarısı, onu çevreleyen yumurta akı ve yumurta kabuğundan oluşmaktadır. Bunların ağırlıkça yüzdesi birçok faktöre bağlı olarak

değişkenlik gösterse de ortalama %30'u sarı, %60'ı yumurta akı ve %10'u yumurta kabuğundan meydana gelmektedir. Ortalama %30'luk kısım tavuğun yumurtalıklarında oluşurken, %60'lık kısım yumurtlamayla beraber başlar. Yumurta kabuğu ise en son oluşumunu tamamlayan kısımdır (Bell, 2002). Şekil.3.1'de yumurtanın yapısı verilmiştir (Şamlı ve Okur, 2016):



Şekil 3.1 : Yumurtanın yapısı.

Yumurta kabuğu, % 94 oranında kalsiyum karbonattan (CaCO_3) meydana gelmektedir ve poröz yapıdadır. Ortalama bir tavuk yumurtası yaklaşık olarak 17.000 pora sahiptir. Yarı-geçirgen zara sahip olup, limitli bir şekilde su ve havayı geçirebilmektedir, dış kabuk, iç kabuk ve hava hücrelerine ayrılmaktadır. Dış kabuk, bakteri ve tozların dışarıda kalmasına yardımcı olurken; iç kabuk, kabuk oluşumu esnasında yumurtanın iç yapısını etkili bir şekilde korumaktadır. Dış ve iç kabuk, keratin proteinine sahiptir. Hava hücreleri ise bu iki kabuğun arasında bulunmakta ve yumurtlamanın ardından yumurta sıcaklığı düştüğü esnada meydana gelir. Bir yumurta yaşlandıkça, kabuklar arası hava boşluğu artar. Yumurta kabuğu ile ilgili çokça karıştırılan bir bilgi ise renginin kalite ve tada etkisidir. Yumurta kabukları genellikle beyaz veya kahverengi olup mavi veya yeşil renkte de olabilmektedir ve tadına etki etmez (Artık ve diğ., 2018).

Yumurta kabuğunun rengi, tavuğun genetik yapısına göre değişmekte olup tadına veya kalitesine etki etmemektedir (Bell, 2002).

Yumurta kabuğunun ardından yumurtanın büyük bir kısmını oluşturan yumurta akı veya albümini gelmektedir. Yumurta içerisinde şalaza adı verilen ipliksi yapı ile yumurta

sarısının merkezinde kalmasını sağlar. Bunun dışında yumurta akı, anti- mikrobiyal bariyer oluşturur ve embriyonun gelişimi esnasında su, protein ve diğer bileşenleri sağlar.

Yumurta sarısı ise, merkezde bulunmakta olup, vitellin adı verilen bir membran ile albümine karışması engellenir ve renginin stabil kalır. Embriyonun gelişimi esnasında gerekli besin kaynaklarını en çok sağlayan kısımdır. Ayrıca besin kaynağı sağlamada insanlar üzerinde de etkilidir. Yumurta, gereksinim duyulan bütün besin maddelerini uygun oranlarda içermekte olup Çizelge 3.1’de yumurta çeşitlerinin besin değerlerinin yüzdeleri verilmiştir (Artık ve diğ., 2018):

Çizelge 3.1 : Yumurtanın 100 g için besin değerleri.

Besin maddesi/İçerik (100 g için)	Bütün Yumurta	Yumurta Sarısı	Yumurta Akı	Bütün Yumurta (Kurutulmuş)	Yumurta Sarısı (Kurutulmuş)	Yumurta Akı (Kurutulmuş)
Protein (g)	12,0	15,3	9,3	48,4	33,7	84,6
Yağ (g)	9,7	23,0	0,07	39,2	52,9	0,4
Karbonhidrat (g)	2,2	3,6	1,3	5,4	7,3	4,8
Kül (g)	0,8	1,4	0,4	3,4	3,3	3,6
Nem (g)	75,2	56,8	89,0	3,7	2,7	6,5
Trans Yağ (g)	0,11	0,24	0,02	0,35	0,63	< 0,004
Kolesterol (mg)	400,0	991,0	3,3	160,0	2307,0	20,0
Kalori (cal)	144,0	282,0	43,0	568,0	640,0	361,0

Tavuğun cinsi, yetiştirilme koşulları, yaşı, beslenme şekli gibi faktörlere bağlı olarak yumurtanın kompozisyonu değişebilmektedir. Rizzi ve Marangon’un (2012) yaptığı çalışmada, farklı genotiplere sahip ikisi hibrit, ikisi İtalyan cinsine sahip olan tavuğun aynı koşullarda ürettiği yumurtalar değerlendirilmiş olup kabuk, albümin ve sarı dağılımı, bileşen oranları farklılık göstermiştir. Çizelge 3.2’de bu değişiklik ifade edilmektedir (Rizzi ve Marangon, 2012):

Çizelge 3.2 : Farklı tavuk cinslerinden elde edilen yumurtaların yapı ve bileşen oranları.

Tavuk Cinsi	Yumurta Yapısı (%)			Yumurta Bileşenleri (%)				
	Albumin	Sarı	Kabuk	Protein	Yağ	Kül	Kolesterol mg/g	Kuru Madde
Hibrit-1	64,7	24,6	10,8	20,0	28,1	1,67	2,655	49,9
Hibrit-2	63,5	26,2	10,4	20,5	28,0	1,72	2,662	50,2
İtalyan Cinsi-1	60,2	29,9	9,98	20,0	28,6	1,80	2,954	50,5
İtalyan Cinsi - 2	60,5	28,4	11,1	20,0	28,2	1,71	3,044	50,0

Genetik faktörlerin yanı sıra çevresel faktörlerin etkisi ile ilgili yapılan bir çalışmada, aynı kümeste yetiştirilen tavuklardan bir kısmının omega-3 bakımından zengin olan kanola yağı, soya yağı, ıspanak, keten tohumu gibi gıdalarla karıştırılan yemlerle beslenmesi sonucu, standard beslenen tavuklardan elde edilen yumurtalara göre altı kat daha fazla omega-3 içeriğine sahip olduğu gözlemlenmiştir (Chambers ve diğ., 2017). Başka bir çalışmada ise hayvansal yağlardan uzak yemlerle beslenen tavukların kolesterol değerlerinin çok az, doymuş yağ oranlarının ise standarda göre düşük olduğu görülmüştür (Singh ve diğ., 2012).

Yumurtanın en önemli bileşeni, miktarca ikinci sırada bulunsa da proteinlerdir. Protein ve protein kalitesini belirleyen aminoasitler, yumurtanın hem insan sağlığı hem de gıda bileşenlerine katkısı nedeniyle önem taşımaktadır. İnsanların dışarıdan alması gereken sekiz aminoasit, lizin, valin, lösin, izolösin, treonin, triptofan, metiyonin, fenilalanin ve histidin, yumurtada yüksek miktarlarda bulunmaktadır. Esansiyel olmayan aminoasitler de yumurta bileşimindeyken, tüm aminoasitler metabolik faaliyetlerin düzenlenmesinde rol oynamaktadır. Bu aminoasitlerin kombinasyonlarıyla oluşan proteinler, yumurta akı için avidin, lizozim, ovalbumin, konalbumin, ovomucoid, ovomusin, ovoinhibitör, yumurta sarısı için livetin, fosvitin, düşük ve yüksek yoğunluklu lipoproteinler (HDL, LDL), sialik asit ve sialyloligosakkaritlerdir.

Avidin, yumurta akında bulunan ve toplam protein oranının % 0,05'ine denk gelen bir protein çeşididir. Yumurtada biotin vitamini ile bağ oluşturarak anti-mikrobiyal özellik göstermektedir ancak ısıtma işlemi sonucunda denatüre olmaktadır (Yüceer ve diğ., 2012).

Ovalbumin, yumurta akı proteinlerinin yarısından fazlasını oluşturmaktadır. Yumurtanın fonksiyonel özelliklerinin büyük bir kısmı bu protein tarafından sağlanmaktadır. Jel ve köpük oluşturma, emülsiyon özellikleri bunların en önemlileridir. Serpin grubunda olmasına rağmen proteaz enzimini inhibe edememektedir. Ayrıca 93°C'de denatüre olmakta ve bunun sonucunda yumurta akının bilinen şeffaf renkten beyaz jelimsi yapıda olmasına yol açmaktadır. Denatürasyon öncesinde yumurtanın karıştırılıp, ısısının bir miktar artması sonucunda gerçekleşen koagülasyonu ile sıvı halden yarı sıvı yarı katı forma geçerken de ovalbumin yapısı bozulmaya başlamakta, oluşan hava kabarcıklarını sarmaya yardımcı olmaktadır. Fonksiyonel etkilerinin dışında, yumurtanın alerjen özellik göstermesine temelde ovalbumin neden olmakta ve alerji testlerinde kullanılmaktadır (Sheng ve diğ., 2018 & Huntingon ve Stein, 2001).

Lizozim, yumurta akı proteinlerinin yaklaşık olarak %3,5'ini oluşturur. Temel işlevi, antimikrobiyal etki göstermek olup, başta Gram negatif bakteriler olmak üzere patojen mikroorganizmalara karşı etki göstermektedir. Bu etkisinden dolayı endüstride kristalizasyon gibi çeşitli yöntemlerle lizozim saflaştırılıp kullanılmaktadır (Radziejewska ve diğ., 2008).

Konalbumin veya ovotransferrin, yumurta akındaki proteinlerin % 12'sini oluşturan, demir bağlayıcı özelliği bulunan bir glikoproteindir. Demiri kendisine bağlayarak, koruyucu bir bariyer oluşturmakta, doğal bağışıklığın bir elementi görevini üstlenmekte, antibakteriyel ve antiviral özelliklere sahip olmaktadır. Yumurta antioksidanı olarak da adlandırılmaktadır (Rabbani ve diğ., 2011).

Ovomucoid, yumurta akındaki proteinlerin % 11'i olan bir glikoproteindir. Ovalbumin, ovotransferrin gibi yumurta alerjisinin nedenlerinden biridir. Sıcaklık ve enzimlere karşı dirençli olup, protein sindirimini zorlaştıran tripsinin inhibitörüdür (Abeyrathne ve diğ., 2014).

Ovamusin, yumurta akı proteinlerinin % 3,5'ini oluşturan bir glikoproteindir. Yumurta akının viskoz yapısını sağlarken patojen mikroorganizmaların yumurta sarısına girmesini önlemektedir. Anti bakteriyel, anti viral, anti tümör yeteneklerine sahiptir. Reolojik ve fonksiyonel özelliklerin tayin edilmesini sağlamaktadır (Brand ve diğ., 2015).

Ovoinhibitör, ovamusinin % 1'i oranında bulunan bir proteindir. Tripsin, kimotripsin gibi birçok enzimi, bakteriyel ve fungal enzimleri de inhibe etmektedir (Saxena ve Tayyab, 1997).

Yumurta sarısı proteinlerinin % 16,6'sını oluşturan livetin, alfa, beta ve gamma livetin olarak üçe ayrılmaktadır.

Alfa livetin, toplam proteinin % 0,6'sını oluşturan, kuş alerjisine ve yumurta alerjisine neden olan proteinlerden biridir. Beta livetin, %14,7'si nitrojen ve % 7'si, heksozdan oluşan bir glikoprotein olup hakkında yeterince bilgi bulunmamaktadır. Gamma livetin işlevi ise, kuşların, erken yaşam safhasında yavrularını enfeksiyondan korumaktır. Yumurtadan çıkanlar, tam bağışıklık kazanana kadar anne kanından bir immunoglobulin olan ve IgY olarak da adlandırılan gamma livetin aktarılır. IgY, insanlar için antikor deposu olarak görülebilmektedir ve bu yüzden saflaştırılmış hali değerlidir. Çöktürme, ultrafiltrasyon veya kromatografik metotlar ile ayrılmaktadır (Schade ve Chacana, 2007).

Fosvitin, yumurta sarısının toplam proteininin %11'ini oluşturan, % 10 fosfor oranı ile en zengin fosfor içeriğine sahip, yüksek demir bağlayıcı özellikteki bir proteindir. Fosvitin, yumurtadaki demirin % 95'ini bağlamasının yanı sıra, demir katalizörlüğünde fosfolipidlerin oksidasyonunu engellemektedir. Bu durum antioksidan özellik kazandırırken; ısıya da dayanıklı olması endüstride oksidasyonu engellemek için tercih edilen bir protein durumuna getirmektedir (Yüceer ve diğ., 2012).

Düşük yoğunluklu lipoproteinler (LDL), düşük yoğunluğu nedeniyle suda çözünen, %11-17 protein ve % 83-89 aralığında lipid içeren, yumurta sarısının üçte ikisini oluşturan bir protein türüdür. Yapısında % 26 oranında fosfolipid bulunmakta olup yumurta sarısının emülgatör özellik göstermesine yardımcı olmaktadır (Anton, 2007).

Yüksek yoğunluklu lipoproteinler (HDL), yumurta sarısındaki toplam proteinin %36'sını oluşturmaktadır. % 75-80 oranında protein, % 20-25 oranında lipid içermektedir ve yoğunluğu LDL'ye göre yüksektir. Yapısındaki % 65 oranında bulunan fosfolipid ile yumurta sarısının emülgatör özelliği göstermesinde etkili olmaktadır (Anton, 2007).

Sialik asit ve sialyloligosakkaritler ise oligosakkarit ile zenginleştirilmiş yumurtalarda, yumurta sarısının zarında bulunmakta olup viral enfeksiyonlar ve rotavirüslerin yapışmasını engellemektedir (Nolan ve diğ., 2005).

Yumurta yağ asitleri bakımından incelendiğinde ise, çoklu doymamış yağ asitleri, tekli doymamış yağ asitleri, alfa linolenik asit (omega-3), linoleik asit (omega-6), kolesterol bulunmaktadır. Ne kadar yumurtanın içeriği birçok faktöre göre değişse de standart olarak baz alınan bir tavuk yumurtasının yapısındaki omega-3 yaklaşık olarak 70-80 mg iken; kolesterol 200-400 mg arasındadır. Tekli doymamış yağ asidi oranı da tavuk yumurtası için yaklaşık % 39, çoklu doymamış yağ asidi ise yaklaşık olarak % 31,3'tür (Polat ve diğ., 2013). Yapısındaki omega-3 yağ asitleri, kalp, merkezi sinir ve psikolojik rahatsızlıklarının

azalmasına yardımcı olmaktadır. Kolesterol ise steroid hormonlarda, yağların safrada sindirilmesini desteklemesine rağmen geçmişte negatif algısından ötürü kolesterol ıslah çalışmaları yapılmıştır. Kolesterol miktarı, yemin cinsi değiştirilmesine rağmen karbonhidratlardan da sentezlendiği için çok az farklılık göstermektedir. Yemlerdeki bitkisel yağlar ve yağlı tohumlar ise doymamış yağ asidi oranlarını önemli derecelerde değiştirmekte, az yağlı yemler verilmesi halinde ise doymuş yağ asidi miktarı artmaktadır (Toluk ve diğ., 2014).

Yumurta sarısında, serbest glikoz oranı % 0,3'tür. Diğer karbonhidratlar ise glikoprotein veya glikolipid şeklinde bağlı olarak bulunmaktadır. Siyalooligosakkarit, livetin gibi glikoproteinler farklı noktalarda farklı işlevlere sahiptirler (Nys ve diğ., 2011).

Yumurtadaki minör bileşenler vitaminler ve minerallerdir. Yumurta içerisindeki vitaminlerin konsantrasyonu, beslendiği yemler tarafından belirlenmektedir. Tavuk yumurtlamadan on gün önce, beslenmesindeki yağlar emilip yumurta sarısında biriktirilmektedir ve yağda çözünen vitamin konsantrasyonu, doğal olarak da içeriği artmaktadır. Bu yüzden yumurta içerisindeki A,D,E,K vitaminlerini yükseltmeye yönelik zenginleştirme çalışmaları yapılmaktadır. Günlük alınması gereken miktarın önemli kısmı bu sayede karşılanmaktadır. Örneğin iki adet yumurta tüketimi, ortalama bir bireyin günlük D vitamini ihtiyacının %82'sini, A vitamininin %14'ünü, E vitamininin %20'sini sağlamaktadır. Suda çözünen B vitamini türevleri de yumurtada yer alırken C vitamini bulunmamaktadır. B vitamini çeşitleri içerisinde kobalaminin (B₁₂) %15'i, riboflavinin (B₂) % 24'ü, pantotenik asidin (B₅) % 22'si, folatın (B₉) % 25'i, iki yumurta tüketilmesi halinde, günlük alınması gereken miktarı karşılamaktadır. Minerallerde, demir, fosfor, iyot, selenyum, çinko, magnezyum kaynağı olarak görülmektedir ve insan sağlığı için eser miktarda alınması gereken bu minerallerin büyük kısmını gidermektedir (Schiavone ve Barreota, 2011).

Yumurtanın içeriğinde bulunan, yumurta sarısına rengini veren minör bileşen ise karetonoidlerdir. Karetonoidler, ksantofiller ve karotenlerden oluşmaktadır. Bunlar, fırıncılık ürünlerinde son üründe sarı renk vermesine katkı sağlamaktadır. Bunun dışında Maillard reaksiyonuna etki eden bileşenlerde olduğu gibi, yumurtanın da su içeriği ve pH'ı son ürünlerin rengini etkilemektedir (Yazıcı ve Özer, 2021).

3.2.Yumurta Çeşitleri

Dünya genelinde en çok tüketilen yumurta çeşidi tavuk yumurtası olup bıldırcın, deve kuşu, kaz, hindi ve ördek yumurtaları da tüketilmektedir.

3.2.1. Bıldırcın yumurtası

Yeni protein kaynağı arayışı sonucunda ortaya çıkan ticari bıldırcın yumurtası yetiştiriciliği, bıldırcınların kısa sürede büyümesi ve yumurta vermesi sonucunda yaygınlaşmaya başlamıştır. Yılda ortalama 250-300 yumurta vermesi ve dar alanda yetiştirilebilmesi de üretimine teşvik etmektedir. Ayrıca bir bıldırcın yumurtasının, bir tavuk yumurtasının ağırlıkça beşte biri kadar olmasına rağmen ortalama beş kat fazla fosfor, sekiz kat demir, altı kat tiamin, on beş kat riboflavin içermektedir. Japonya, Kuzey Amerika ve Avrupa’da bıldırcın yumurtası üretimi yaygınken, Türkiye’de bıldırcın avlanmakta olup, yumurtası sadece iç pazarda sınırlı ve kontrolsüz bir biçimde üretilmektedir (Sayılı ve diğ., 2014). Yapısal bileşenleri incelendiğinde % 59,3’ü yumurta albümini, % 32,7’si yumurta sarısı ve % 7,4’ü yumurta kabuğundan oluşmaktadır. Kompozisyon bakımından % 68,6 su, %11,4 protein, % 10,3 yağ, % 8,5 karbonhidrat ve %1,2 mineral bulundurmaktadır (Toluk ve diğ., 2014).

3.2.2. Kaz yumurtası

Kazlar yumurtlamaya yılın ilk aylarında başlar, yaza kadar devam eder. Yumurtlama süresi yaklaşık 130 gün sürmekte olup ortalama 8-60 arasında yumurta vermektedir. Bu sayı, diğer kanatlı hayvanlara göre çok daha azdır. Yumurta kabuğunun geç oluşması, yumurtlamayı gün aşırı gerçekleştirmesine neden olabilmektedir. Ayrıca çevresel koşullar, yaş, sağlık durumu, genetik faktörler de verim üzerinde etkilidir. Örneğin, yapay aydınlatılan ortamda yetiştirilen kazlar, 130 gün değil, yıl boyunca yumurtlayabilmektedir.

Yumurtanın özellikleri incelendiğindeyse 150-180 gr arasında ağırlığa sahip olmakta, tavuk yumurtasından daha büyük hacme ve pürüzsüz yüzeye sahiptir. Kompozisyonuna bakıldığında % 13,9 protein, % 13,3 yağ, % 1,4 karbonhidrat ve % 0,6 kül içermektedir. Yumurta bileşenleri ise Kars yöresinde yetiştirilen kazlar için % 31,8 yumurta sarısı, % 55,6 yumurta akı ve % 12,6 yumurta kabuğu ağırlıkça belirtilmiştir. Bu oranlar yukarıda belirtilen faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (Kırmızıbayrak ve diğ., 2016).

3.2.3. Ördek yumurtası

Ördek yetiştiriciliği genellikle et üretimi için yapılmakta olup, yumurtaları sürünün devamlılığı için kullanılmaktadır. Ördekler, yılda ortalama 150-200 adet arasında yumurta üretmekte olup yıl boyunca bunu gerçekleştirmektedir (Alaşahan ve diğ., 2019).

Ördek yumurtası da diğer yumurtalarda olduğu gibi birçok faktörden etkilenmekte olup yaklaşık olarak %54,7 yumurta akı, %33,9 yumurta sarısı ve %10,8 yumurta kabuğundan oluşmaktadır. Bileşen olarak ise yaklaşık olarak % 11,8 protein, %13,7 yağ, %1,5 karbonhidrat ve %1,5 mineraller ve tuzdan oluşmaktadır (Kaewmanee ve diğ., 2009).

3.2.4. Hindi yumurtası

Hindi yumurtası da ördek yumurtasında olduğu gibi çoğunlukla sürünün devamlılığı için kullanılmaktadır. Bir hindi, değişen şartlara bağlı olarak, ortalama 60-100 arasında yumurta üretebilmektedir (Alaşahan ve diğ., 2019).

Hindi yumurtası, küçük ve kabuğunda homojen dağılmış beneklere sahiptir. Yapısının %10,5'ini kabuğu, %29'unu yumurta sarısı, kalan %60,5 oranını ise yumurta akı oluşturmaktadır. Kompozisyon olarak ise, faktörlere bağlı olarak değişmekte olup, %13,7 protein, %12,2 yağ, %1,2 karbonhidrat ve %0,3 kül bulundurmaktadır (Reidy ve diğ., 1994).

3.2.5. Deve kuşu yumurtası

Kanatlı hayvanlar içerisinde en büyük yumurtayı üreten deve kuşları, şartlar değişken olabilir, yılda 40 ile 70 arasında yumurta üretebilmektedir. Standart bir deve kuşu yumurtasının eni 12 cm, boyu 15 cm ve ağırlığı 1.5 kg kadardır. Yapının yaklaşık olarak %20,75'ini yumurta kabuğu, %53,10'unu yumurta akı ve %26,15'ini yumurta sarısı oluşturmaktadır. Kabuğunun kalın olması adeta bir porselen gibi işlenebilmesini, saklama kabı olarak kullanılabilmesini sağlamaktadır (Serdaroğlu ve Turp, 2001 & Hwang ve diğ., 2018). Bileşenleri incelendiğinde ise %12,2 protein, %11,7 yağ, %0,7 karbonhidrat ve %1,4 mineral içermekte olup %75 nem içeriğine sahiptir. Çizelge 3.3'de cinslerin yapısal ve bileşen olarak yüzdeleri verilmiştir (Sales ve diğ., 1996).

Çizelge 3.3 : Farklı cinslerden elde edilen yumurtaların yapı ve bileşen oranları.

	Yumurta Yapısı (%)			Yumurta Bileşenleri (%)			
Cins	Albumin	Sarı	Kabuk	Protein	Yağ	Karbonhidrat	Kül
Tavuk	60	30	10	12	9,7	2,2	0,8
Bıldırcın	59,3	32,7	7,4	11,4	10,3	8,5	1,2
Kaz	55,6	31,8	12,6	13,9	13,3	1,4	0,6
Ördek	54,7	33,9	10,8	11,8	13,7	1,5	1,5
Hindi	60,5	29	10,5	13,7	12,2	1,2	0,3
Deve kuşu	53,1	26,2	20,8	12,2	11,7	0,7	1,4

3.3. Endüstriyel Yumurta Çeşitleri

Tavuk yumurtası, gıda endüstrisinde farklı şekillerde kullanılmaktadır. Taze, sıvı, dondurulmuş ve toz yumurta en yaygın ürün tipleridir.

3.3.1. Taze yumurta

Türk Gıda Kodeksi Gıda Etiketleme ve Tüketicileri Bilgilendirme Yönetmeliği'ne göre (2017), bir gıda etiketinde “taze” teriminin kullanılabilmesi için üretim veya hasattan sonra son tüketiciye verilmesi gerekirken işlenmemiş olması gerekmektedir. Taze yumurtada da benzer şekilde tavuğun yumurtlamasının ardından herhangi bir pastörizasyon veya başka işlem uygulanmadan ambalajlanıp tüketiciye ulaştırılan son ürünlerdir.

3.3.2. Sıvı yumurta

Sıvı yumurta endüstride oldukça yaygın kullanılan bir üründür. Soğutulmuş olarak bekletilen taze yumurtalar, yıkama işleminin ardından otomatik makineler ile kırılıp kabuk, albumin ve sarı kısımları ayrılır veya karışım haline getirilir. Ardından başta Salmonella olmak üzere mikrobiyal yükü azaltmak için kalite özelliklerini etkilemeyecek sıcaklık ve sürede pastörizasyon işlemi uygulanır. Yine mikrobiyal inaktivasyonu sağlamak amacıyla ultraviyole

ışını veya iyonize radyasyon gibi modern yöntemler veya hidrojen peroksit ilavesi de kullanılmaktadır (Bell, 2002).

3.3.3. Dondurulmuş yumurta

Dondurulmuş yumurta ürünleri toplam sıvı yumurta üretiminin yaklaşık %50'sini oluşturmaktadır. Birçok gıda ürününde çiğ dondurulmuş yumurta ürünleri kullanılmaktadır. Ancak -6°C ve altındaki depolamalarda çiğ yumurtada bazı değişimler gözlemlenir. Bunlar jelleşme oluşumu, viskozite artışı, akışkanlık kaybıdır ve ürünlerin miks haline getirilmesini zorlaştırır. Jelleşme yumurta sarısında görülürken, engellemek amacıyla sodyum klorit ve sükroz eklenir. Kıvam kazandırmak için ise trietil sitrat ilavesi yapılır (Cotterill ve Stadelman, 1995).

Dondurulmuş pastörize yumurtada ise yumurta akı ve yumurta sarısının ayrılmasının ardından pastörizasyon gerçekleştirilir ve -25°C'de depolanır. Pastörize edilmemiş dondurulmuş yumurtaya göre daha sulu bir kıvama sahiptir bu yüzden trietil sitrat eklemesi yapılabilir (Şamlı ve Okur, 2016).

3.3.4. Yumurta tozları

Yumurtanın yüksek besin içeriği ve fonksiyonel bir gıda olmasından dolayı raf ömrünü uzatmak ve fonksiyonelliğinin korunması açısından yumurta tozları üretimi ayrı bir öneme sahiptir. Yumurtanın taşıma, depolama maliyetleri ve kolaylığı göz önüne alındığında yumurta tozları yüksek avantaja sahiptir. Aynı zamanda kurutulmuş yumurta beyazı tozları, yumurta beyazı ile karıştırıldığında daha yüksek protein içeriği ve jel yapısından dolayı tercih edilmektedir (Alleoni, 2006).

Yumurtaya kurutma işlemi uygulanmadan önce istenilen özelliklere sahip yumurta üretebilmek için bazı ön işlemler uygulanmaktadır. Bu ön işlemlerden birisi, şeker uzaklaştırma işlemidir. Şeker uzaklaştırma işlemi, yumurtanın yapısındaki şekerin uzaklaştırılması veya fermentasyon işleminin uygulanması olarak tanımlanmaktadır. Bu işlemin uygulanma amacı glikoz ve protein arasında oluşan Maillard reaksiyonu sonucu istenmeyen renklerin oluşmasını önlemek, istenmeyen koku, tat ve görüntü varlığını engellemektir. Yumurta tozlarına fermentasyon işlemi uygulanmadığında, yüksek sıcaklıkta uzun süre ısıtıldığında renkte koyulaşmalar oluşmakta, renk ve görüntüde istenmeyen

özellikler meydana gelmektedir. Şeker uzaklaştırma işleminin tamamlanmasının ardından ürünlerdeki mikrobiyal gelişimi durdurmak için pastörizasyon ve kurutma işlemi uygulanmaktadır (Cotterill ve Stadelman, 1995). Yumurta tozları, pastörize yumurta kategorisinde de sayılabilmektedir.

3.4.Tavuktan Yumurta Eldesi

Tavukta yumurta oluşumu yumurta kanalında başlayıp kloakta son bulur. Yumurtalıkta olgunlaşmalarını tamamlayan yumurta hücreleri, lutein, kadınlarda ovulasyonu başlatan hormon, tarafından yumurta kanalının başlangıç kısmı olan infundibulum gelir ve orada depolanan spermiler ile döllenir ve yumurta sarısı oluşur. Yaklaşık 15 dakika sonra yumurta kanalının diğer bir kısmı olan magnuma geçer ve burada ortalama üç saat kalarak albumin oluşur. Buradan da yumurta kanalının ortasında bulunan istmusta yumurta zarı ile çevrelenir. Yaklaşık olarak 65 ile 95 dakika arasında istmusta kaldıktan sonra yumurta kanalının yüzde % 15’lik kısmını oluşturan uterus 20 saate yakın kalır. Bu süre zarfında albumine su ve elektrolitler girerken süre sonunda yumurta kabuğu oluşur. Kabuk oluşumunun tamamlanmasıyla da vajinaya geçer ve oksitoksin hormonu yardımıyla gerçekleşen kasılmalar sonucunda kloakadan yumurtlama işlemi gerçekleşir.

Tavuğun yumurtladığı andan itibaren yeni bir olgun yumurta hücresinin yumurta kanalına geçme süresi yaklaşık olarak beş saattir. Bir yumurtanın oluşum ve yumurtlanması toplam 24,5 saat sürmektedir (Şamlı ve Okur, 2016).

3.5.Yumurta Standartları ve Kodlanması

Özel bir tür belirtilmediği sürece besin olarak kullanılan yumurtalardaki bütün yasal düzenlemeler tavuk yumurtasını kapsamaktadır (Doğruer ve diğ., 2015). Türk Gıda Kodeksi Yumurta Tebliği’ne (2014) göre, evcil tavuk yani *Gallus gallus var. domesticus*’dan elde edilen yumurtaları kapsamakta olup diğer kanatlı hayvanlara ait yumurtaları, kuluçkalanmamış veya pişmiş yumurtaları içermemektedir. Bu kapsama göre yumurta çeşitleri A sınıfı ve B sınıfı olarak ikiye ayrılmaktadır:

A sınıfı yumurtalar, insanın doğrudan tüketimine uygun, gıda endüstrisinde de kullanılabilen, herhangi bir yıkama veya yağlama işlemine maruz kalmamış ve ağırlığa göre

sınıflandırılmış ürünlerdir. A sınıfı yumurtaların kalite özellikleri incelendiğinde, kabuğu pürüzsüz, sağlam ve kırık bulundurmazken, yumurta akı, saydam, jelimsi ve yabancı madde içermemelidir. Yumurta sarısı ise ışık testi uygulandığında merkezde olmalı ve herhangi bir harekette merkezden belirgin şekilde ayrılmamalıdır. Ayrıca herhangi bir embriyo veya yabancı madde bulundurmamalıdır. İnsan tüketimine uygun olan bu yumurta çeşidi, tüketiciye sunulurken ağırlıkça 73 gramdan büyük ise “çok büyük”, etikette “XL”, 63-73 gram aralığında ise “büyük”, etiket üzerinde “L”, 53 gramdan az, 53 gramdan fazla ise “orta” veya “M” ve 53 gramdan az ise “küçük” veya “S” olarak tebliğ edilir. Bu ağırlıklar arasında % 5 tolerans uygulanabilmektedir. Ağırlık, ürün adı ambalaj üzerinde belirtilebilirken minimum 2 mm yükseklik ve minimum 12 mm çap bulundurmak kaydıyla ağırlık tipi yumurta üzerine de damgalanabilmektedir. Çizelge 3.4’de beyan ve gramaj ağırlığı gösterilmiştir (TGK, 2014).

Çizelge 3.4 : Yumurta beyanları ve ağırlık aralığı ilişkisi.

Beyan	Ağırlık Aralığı (g)
XL	73 g’dan büyük
L	63-73 g aralığı
M	53-63 g aralığı
S	53 g’dan az

A sınıfı yumurtaların tüketiciye ulaşma süresi ise yumurtlama tarihinden itibaren maksimum 21 gün olup son tüketim tarihi de yumurtlama tarihinden itibaren 28 gündür. Yumurtlama tarihinden dokuzuncu güne kadar olan sürede A sınıfı yumurtalar, “Ekstra Taze” olarak ambalajda belirtilebilmektedir. Ancak bu sürenin dolduğu tarih ve son tüketim tarihi de yazılmalıdır.

B sınıfı yumurtalar ise A sınıfı yumurtanın kalite özelliklerini karşılayamayan ve gıda endüstrisinde kullanılabilen çeşittir. B sınıfı olduğu ambalaj üzerine damgalanabilirken minimum 5 mm yükseklik ve minimum 12 mm bir çember çapı bulundurmak kaydıyla yumurta üzerinde yazılabilmektedir. Ayrıca, ambalaj üzerinde “GIDA SANAYİİ İÇİNDİR.” ibaresi yazmak zorundadır.

Her iki yumurta çeşidi de saman, yaprak gibi hijyenik olmayan malzemeler içerisinde satışa sunulamaz. 18. güne kadar soğutulması zorunlu değilken 18. günden itibaren +5°C ile +8°C sıcaklıkları arasında muhafaza edilmelidir. Sadece sevkiyat esnasında, 24-72 saat aralığında olmak kaydıyla +5°C’nin altında tutulabilir.

24 Kasım 2017 yılında yayınlanan Türk Gıda Kodeksi Yumurta Tebliği'nde ise yumurta kabuklarının üzerinde yetiştirme metodu, işletme ve kümes numarasının damgalanması zorunlu hale getirilmiştir. Bu koda göre, yumurta kabuğunun üzerindeki damgada bulunan ilk rakam yetiştirme metodunu göstermektedir. Kod “0” ise organik tavuk, “1” ise gezen tavuk, “2” ise kümeste yaşayan tavuk, “3” ise kafeste yaşayan tavuk yumurtası olduğunu anlamına gelmektedir. Bu rakamı takiben bulunan iki harf ise yetiştirildiği ülkenin kodunu temsil etmektedir. Ardından gelen iki rakam ise yumurtanın yetiştirildiği çiftliğin il plaka kodunu göstermektedir. Örneğin İstanbul'daki bir çiftlikte üretilen yumurtanın kodu, İstanbul'un il plakası olan “34” olacaktır. İl plaka numarasını takiben tireye kadar olan kısım Tarım Bakanlığı'na bağlı işletme numarasıdır. Tirenin arkasından gelen numara ise üretildiği çiftlikte kaçınıcı kümesten alındığını göstermektedir. Yumurta kabuğunun üzerine basılan kodlar, herhangi bir sorun yaşanması durumunda adeta bir kimlik gibi tüm bilgilerin değerlendirilmesine yardımcı olacaktır.

3.6.Yumurta Üretimi

Dünyada ve Türkiye’de yumurta çokça tüketilen bir ürün olup tüketici ihtiyacını karşılayabilmek adına hayvancılık sektörü içerisinde çok büyük bir pazar haline gelmiştir.

3.6.1. Dünyada yumurta üretimi

YUM-BİR'in yayınladığı rapora göre, 2017 yılında en çok yumurta üreten ülke Çin iken onu ABD ve Hindistan takip etmektedir. Çin’de sadece 2017 yılında yaklaşık 31,3 milyon ton yumurta üretimi ilk yirmideki diğer ülkelerin üretimlerinin toplamından fazladır. Çizelge 3.5’te yumurta üretiminin 2017 yılındaki dağılımı verilmiştir (YUM-BİR, 2018):

Çizelge 3.5 : Dünya’da yumurta üretimi.

Ülke	Yıllık Üretim (ton)	Pazar Payı (%)
Çin	31.338.856	51,02
ABD	6.258.795	10,19
Hindistan	4.847.500	7,89
Japonya	2.601.173	4,23
Brezilya	2.547.171	4,15
Meksika	2.171.198	3,53
Endonezya	1.527.135	2,49
Türkiye	1.250.075	2,04
Fransa	955.000	1,55
Ukrayna	886.500	1,44
Malezya	857.584	1,40
Almanya	826.200	1,35
Arjantin	813.000	1,32
Kolombiya	799.000	1,30
İran	782.000	1,27
İngiltere	752.000	1,22
İtalya	740.320	1,21
Kanada	550.000	0,90
Bangladeş	491.000	0,80
Mısır	428.000	0,70
TOPLAM	61.422.507	100

Kıta bazlı incelendiğinde ise listede büyük bir paya sahip olan Çin ve Hindistan’ın varlığından ötürü Asya kıtası %62,04’lük bir paya sahipken 19,71’lik yüzdesi ile Amerika kıtası ikinci sırada, %13,01 dilim ile Avrupa kıtası üçüncü sırada yer almaktadır. Afrika’da %4,03 oranı bulunurken Okyanusya’da 2017 yılı boyunca sadece 331 ton üretim gerçekleştirildiği için %0 olarak görülmektedir. Bu veriler, nüfus ile yumurta üretimi arasındaki ilişkinin belirli bir düzende olmadığını göstermektedir.

İhracat verileri incelendiğinde ise dünyada yumurta ihracatından en çok kazancı, üretimde ilk yirmi sırada bulunmayan Hollanda elde etmektedir. Burada, Avrupa bölgesindeki çoğu ülkenin ithalatta ilk yirmi sırada bulunmasının payı bulunmaktadır. İkinci sırada Amerika Birleşik Devletleri yer alırken Türkiye üçüncü sırada bulunmaktadır. İhracatta

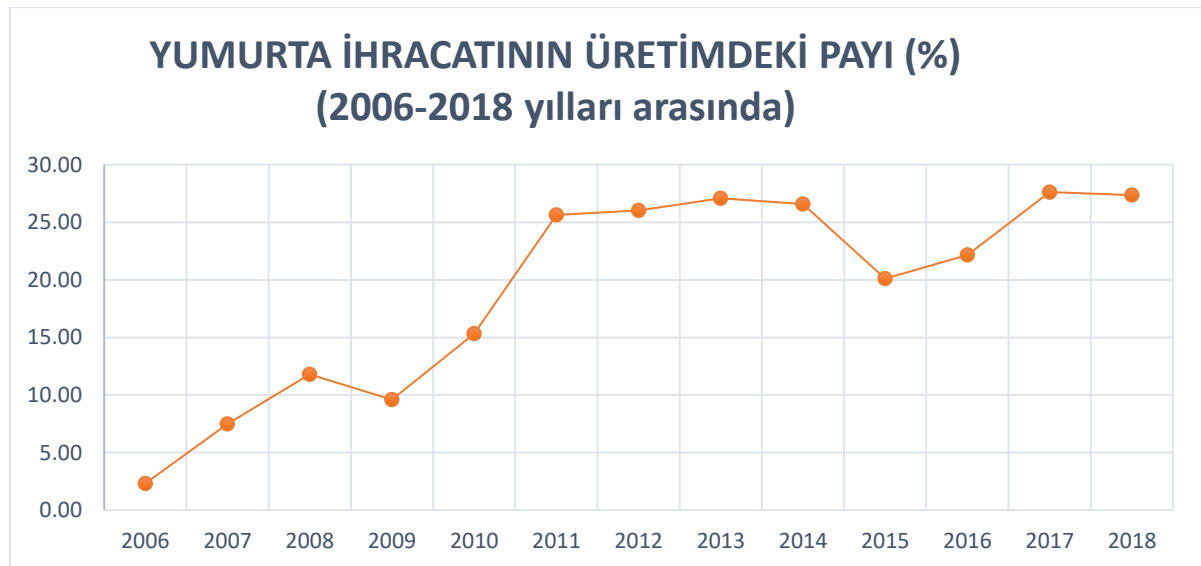
en çok yer kazanç elde eden diğer ülkeler sırasıyla Polonya, Almanya, Fransa ve Belçika'dır. Bu ülkeler yumurta ithalatında da önemli derecede harcama yapmaktadır. Dünya'da en çok üretim yapan Çin ise, yumurta ihracatından en çok gelir eden sekizinci ülke konumundadır (YUM-BİR, 2018).

3.6.2. Türkiye'de yumurta üretimi

Türkiye'de tavuk yumurtası üretimi 2017 yılında 1.250.075 ton iken 2018 yılında üretim miktarı %1,9 oranında yükselmiştir. Tavuk yumurtasından ihracat miktarı ise 430.725.307 \$ dolar olarak Türkiye'yi ihracattan elde edilen gelir sıralamasında ikinciliğe yükseltmiş ve rekor kırmıştır.

En çok ihracat yapılan ülke ise ihracat miktarının % 80,4'ine sahip olan Irak'tır. Ardından % 4,8 ile İran, % 4,5 ile Suudi Arabistan gelmektedir. Ancak 2019 yılında Irak'ta yumurta ithalatının yasaklanması, ihracatın Suriye, Kuveyt, Birleşik Arap Emirlikleri gibi ülkelere dağılmasına yol açmıştır.

Yumurta ihracatının üretimdeki payı ise 2006 yılında %2,32 iken 2008 yılında bu oran %11,79'a, 2018 yılında ise %27,36'ya yükselmiştir. Şekil 3.2'de 2006-2018 yılları arasında ihracattaki üretim payı çizgi grafiğinde gösterilmiştir (YUM-BİR, 2019).



Şekil 3.2 : 2006-2018 yılları arasında Türkiye'de yumurta ihracatının üretimdeki yüzdelik payı.

Tavuk yumurtasının bölge ve illere göre dağılımına bakıldığında, 2018 yılı için en çok paya %35,7'lik oran ile Ege Bölgesi ve %16,2 ile Batı Anadolu Bölgesi sahip olmuştur. Doğu Marmara ve Orta Anadolu'da da sırasıyla %11,6 ve %7,6'lık üretim payları bulunmaktadır. İl bazında incelendiğinde 2018 yılında en fazla üretim Afyonkarahisar'da (%15,4) gerçekleşmiş gerçekteştir. Konya %10,6, Manisa %10,2, İzmir %6,1 ve Manisa %5,5 oranlarla takip etmektedir (Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü , 2020).





4. REOLOJİ

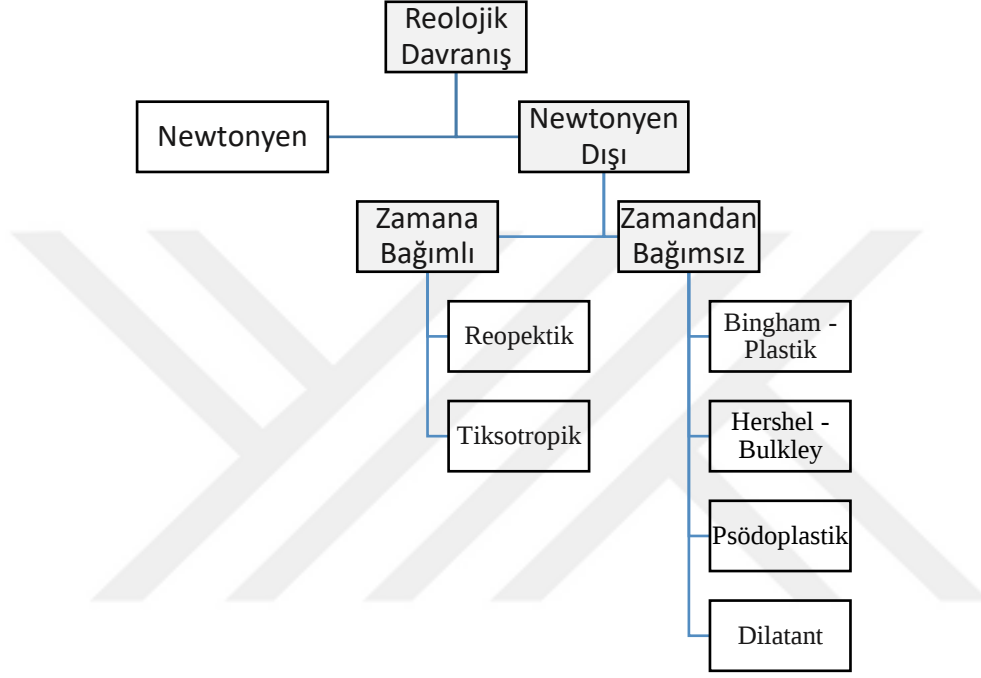
Reoloji, maddelerde gerçekleşen her türlü akışı ve deformasyonu inceleyen bilim dalıdır (Ibarz ve Canovas, 2003). Reoloji ismi, akış bilimi anlamına gelmekte olup ilk kez 1928 yılında Bingham tarafından, Yunan filozof Heraklitus'un, 'her şey akar' anlamına gelen 'panta rhei' kelimesinden türetilmiştir (Zhong ve Daubert, 2013).

Gıda alanında, temelde prosesi tasarlamak ve yüksek verimli ürünler üretmek amacıyla, gıdanın fiziksel özelliklerinin bilinmesi, ekipman seçimi, kalite kontrol, raf ömrü testleri, araştırma ve geliştirme çalışmaları gibi konularda reoloji biliminden yararlanılmaktadır. Örneğin bir ısıtma işlem gerçekleştiren ekipmanda, sıcaklık farklılıklarından etkilenen akışkan, sıcaklık düşüşü sonucunda daha az akışkan hale gelip ekipman içerisinde yetersiz işleme maruz kalabilmektedir (McKenna ve Lyng, 2003). Ayrıca, çikolatanın viskozitesi, son ürünün kalitesini, tüketicinin tercihlerinde önemli rol oynamakta olup reolojik özelliklerden yararlanılan bir üründür (Afoakwa ve diğ., 2007).

Reolojik özellikler, sıcaklık, basınç, pH, konsantrasyon, su aktivitesi, kayma hızı ve kayma hızının uygulanma süresi gibi faktörlerden etkilenmektedir. Ancak reolojik özelliklerin sınıflandırılması kayma hızına ve zamana göre yapılmaktadır (Kulicke ve Kniewske, 1984). Kayma hızı, bir akışkanın, kendisine komşu paralel bir katman üzerinden akışı esnasında hızında gerçekleşen değişim oranı olarak tanımlanmaktadır. Kayma hızının, kayma gerilimi ile grafiğinin çizilmesi ise reolojik davranışları belirlemekte ve matematiksel olarak modellenmesine yardımcı olmaktadır. Kayma gerilimi, bir cismin yüzeyine paralel şekilde belirli bir alanda, kuvvetlerin etki etmesi olarak tanımlanmaktadır. Katılar, bu kuvvetlere karşı direnç gösterirken; akışkanlar direnememekte ve hareket etmektedir (Uysal, 2003).

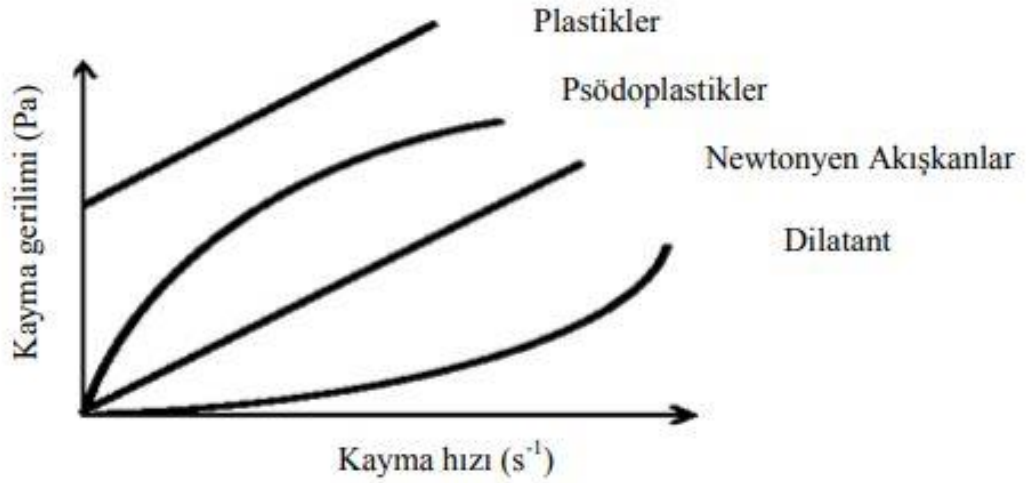
4.1. Reolojik Davranışlar

Reolojik davranışlar, kayma hızına göre Newtonyen ve Newtonyen dışı olarak ikiye ayrılmaktadır. Newtonyen dışı davranışlar da zamana bağımlı ve zamana bağımsız kategorilerine bölünmektedir. Şekil 4.1’de akışkanların gösterdiği reolojik davranışlar sınıflandırılmıştır (Steffe, 1996).



Şekil 4.1 : Reolojik davranış çeşitlerinin sınıflandırılması.

Tüm akış davranışları, kayma gerilimi-kayma hızı grafiğine bağlı olup eğriler matematiksel olarak modellenmektedir. Şekil 4.2’de akış davranışlarının kayma gerilimi-kayma hızı grafiği verilmiştir (Steffe, 1996).



Şekil 4.2 : Kayma hızı – kayma gerilimi diyagramı.

4.1.1. Newtonyen davranış

Newtonyen tipi davranış, kayma hızı - kayma gerilmesi grafiğinin doğrusal olduğu, eğiminin sabit bir viskoziteyi verdiği reolojik davranış türüdür. Viskozite, kayma hızıyla değişmezken; sıcaklık artışıyla azalmakta, akışkanın kompozisyonuna bağlı olarak değişmektedir. Bu yüzden yapılan çalışmalarda tek bir kayma hızında ölçüm gerçekleştirmek yeterli olacaktır. Su, bal, bitkisel yağlar gibi akışkanlar Newtonyen davranış göstermektedir (Steffe, 1996).

4.1.2. Newtonyen-dışı davranış

Newtonyen dışı davranışlar ise Newtonyen tipi davranışın aksine, akış özelliklerinin, kayma hızına ve zamana bağlı olarak değiştiği türdür. Emülsiyonlar, süspansiyonlar, karmaşık sistemlerin akışkanları bu davranışı göstermektedir. Newtonyen dışı davranışta kayma hızı-kayma gerilmesi grafiği doğrusal olarak gerçekleşmemektedir hatta bazen orijinden dahi geçmemektedir. Bu yüzden sabit bir viskozite yoktur ve belirli bir kayma hızında, kayma geriliminin, kayma hızına oranıyla elde edilen görünen viskoziteden bahsedilir. Görünen viskozite, deformasyon gerçekleşirken hesaplanan anlık viskozite değeridir (Ak, 1997).

4.1.2.1. Zamandan bağımsız Newtonyen-dışı davranış

Zamandan bağımsız, kayma hızına bağlı olarak viskozitenin değiştiği akışkanlar, psödoplastik ve dilatant davranış gösterenlerdir. Kayma hızı ile viskozitenin ters orantılı olduğu davranış psödoplastik olarak adlandırılırken; doğru orantılı davranış gösterenler dilatant olarak adlandırılmaktadır. Bu akışkanların davranışları Üslü Yasa ile açıklanmaktadır:

$$\tau = K \dot{\gamma}^n \quad (4.1)$$

Üslü yasa denkleminde, K, kıvam katsayısını, n ise akış davranış indeksini temsil etmektedir. Akış davranış indeksinin 1 olması akışkanın Newtonyen, 0 ile 1 arasında olması psödoplastik, 1'den büyük olması dilatant olduğunu göstermektedir (Ak, 1997; Steffe, 1996).

Psödoplastik davranışlarda, kayma hızı arttıkça görünen viskozite yani akışkanın akmaya karşı direnci, zamandan bağımsız olarak azalmaktadır. Gıdalarda sıvıya uygulanan kuvvetlerin bozulması, karıştırma işlemi sonucunda gerçekleşir ve psödoplastik davranış ortaya çıkmaktadır. Yoğurt, domates salçası, puding ve birçok gıda psödoplastik davranışa örnek gösterilebilir (Rao, 1999).

Dilatant davranışlarda ise, kayma hızı arttıkça görünen viskozite artmaktadır. Durgun veya düşük kayma hızındaki akışkanlar, sıvı fazlar arasında katı partiküllü tabaka oluşturmaktadır. Kayma hızı arttıkça bu tabaka bozulmaya başlar ve viskozite artar, akış düşer. Bu da proses esnasında, yüksek kayma hızına sahip olması durumunda katı gibi davranması probleminde yol açacaktır. Bu yüzden dilatant akışkanlar nadir görülmektedir. %40'luk nişasta çözeltisi, fıstık ezmesi, bazı bal türleri örnek olarak verilebilir (Ak, 1997).

Bingham plastik davranış gösteren akışkanlarda ise kayma hızı arttıkça zamandan bağımsız olarak viskozite azalmaktadır. Ancak psödoplastikten ayrılan nokta, akışı başlatacak azami strese yani yıkılma stresine sahip olmasıdır. Bir materyalin stresi, yıkılma stresinden az ise katı gibi davranmakta, stresi geçer ise Newtonyen gibi akmaktadır ve aşağıdaki denklem ile modellenmektedir:

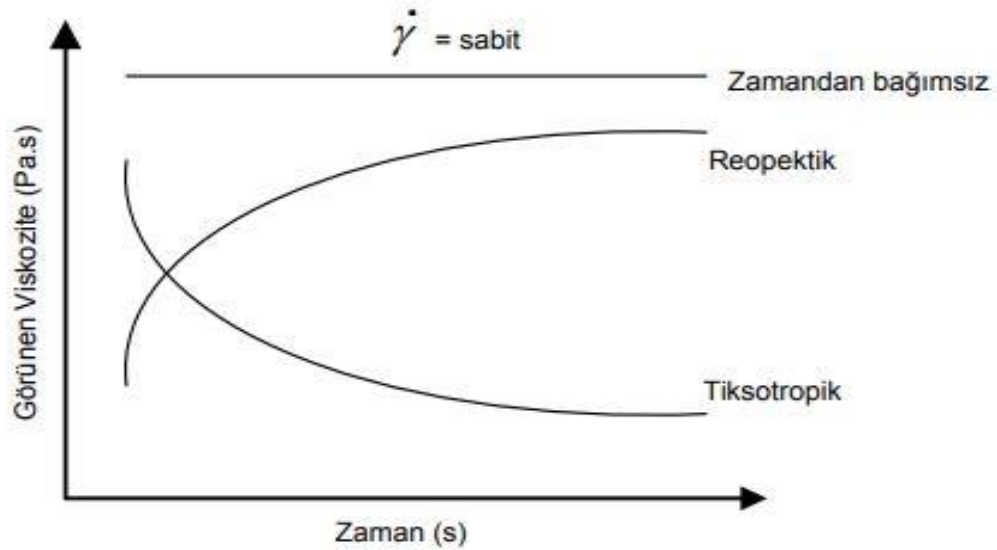
$$\tau = \tau_0 + K \dot{\gamma}^n \quad (4.2)$$

Bingham plastik davranış gösteren gıdalara yoğurt, çikolatalı soslar ve ketçap örnekleri verilebilir (Lokumcu, 2000).

Yıkılma stresini aştığında psödoplastik davranış gösteren akışkanlar ise Herschel-Bulkley olarak adlandırılmaktadır. Kayma hızı arttıkça, görünen viskozite azalmakta, akış davranış indeksi de 1'den küçük olmaktadır. Modellemesi ise Bingham plastik ile aynı denklemde sağlanmaktadır. Herschel-Bulkley davranış gösteren akışkanlara, balık ezmesi, mayonez örnek olarak verilmektedir (Lokumcu, 2000).

4.1.2.2. Zamana bağımlı Newtonyen-dışı davranış

Sabit kayma hızında, zamana bağlı olarak akışkanların viskozitesi değişmektedir. Tiksotropik ve reopektik olarak ikiye ayrılmaktadır ve reolojik davranışlar için viskozite eğrileri Şekil 4.3'te verilmiştir (Şahin ve Sumlu, 2006).



Şekil 4.3 : Zamana bağımlı reolojik davranışlar için viskozite eğrileri.

Tiksotropik davranış gösteren akışkanlarda, zaman arttıkça, viskozite de sabit kayma hızı altında azalmaktadır. Tiksotropik akışkanlarda, karıştırma işlemi uygulandığı esnada atıl durumda ve birbirlerine zayıf bağlarla etkileşimde olan moleküller arasındaki bağlar kırılmakta ve viskozite düşmektedir. Ancak uygulanan kuvvetler kaldırıldığında, akışkan, ilk

viskozite değerine geri dönmektedir. Geri dönüşümlü olan bu davranış tipine mayonez ve yumurta örnekleri gösterilebilir (Rao, 1999).

Reopektik davranışta ise, antitiksotropik diye de adlandırılır, zaman geçtikçe viskozite sabit kayma hızı altında artmaktadır. Tiksotropik davranışın zıttı bir davranış gösterse de benzer şekilde ilk viskozite değerine geri dönmektedir. Oldukça nadir görülen bir davranış çeşidi olup yüksek kayma hızında domates suyu reopektik davranış göstermektedir (Şahin ve Sumnu, 2006).

4.2. Reolojik Ölçümler

Reolojik ölçümler, örneklerin üç boyutlu yapısının incelenmesi ve fiziksel özelliklerin belirlenmesi için yapılmaktadır. Frekans, sıcaklık ve genlik tarama testleri bu ölçümler için kullanılmaktadır.

4.2.1. Frekans Tarama Testleri

Moleküler yapı ve hem viskoz hem de elastik özellik taşıyan viskoelastik davranış arasında doğru bir ilişki kurmak istenildiğinde gerilim ve gerinimden bağımsız olarak ölçülecek bir bölgede yapılmaktadır. Bu bölgeye lineer viskoelastik bölge denilmektedir (Gunasekaran ve Ak, 2000).

Frekans tarama testleri, sabit gerinim altında, lineer viskoelastik bölge içerisinde, belirli frekans aralığında gerçekleştirilir. Bu test, akışkanın jel, konsantre veya seyreltik çözeltilerden biri olup olmadığını belirlemeye yardımcı olmaktadır. Ve bu tespit esnasında önemli reolojik parametrelerin durumu verileri yorumlamayı sağlamaktadır. Bu parametreler, elastik modül (G'), viskoz modül (G''), kompleks modül (G^*) ve faz açısıdır.

Elastik veya depolama modülü, bir maddeye kuvvet uygulandığında enerjiyi elastik olarak saklayabilmesini temsil ederken; viskoz veya kayıp modülü, enerjiyi kaybetme özelliğini göstermektedir. Kompleks modül ise, malzemenin deformasyona karşı toplam dayanıklılığını sunmaktadır. Faz açısı ise uygulanan stres ile ölçülen gerginlik arasındaki farktır, viskoz modülün, elastik modüle oranıdır (Günasekaran ve Ak, 2000 & Zhong ve Daubert, 2013).

Jeller için, elastik modül daima viskoz modülden büyüktür. Konsantre çözeltilerde, düşük frekansta elastik modül, viskoz modülden küçük iken; yüksek frekanslarda tam tersi

gerçekleşmektedir. Seyreltik çözeltilerde ise her zaman viskoz modül, elastik modülden büyük olmaktadır.

Ayrıca farklı faz açıları, farklı tip maddeler hakkında bilgi vermeye yardımcı olmaktadır. Örneğin Newtonyen materyallerin faz açıları daima 90° 'dir ve tamamen viskoz bir yapıda, elastik modülü sıfırdır. Elastik bir katıda ise faz açısı 0° 'dir ve kayıp modül daima sıfırdır. Jeller için, viskoz modülün depolama modülüne oranı sabit olup faz açısı $0-45^\circ$ arasındadır. Konstantre çözeltilerde, düşük frekans için faz açısı 45° 'den büyük, yüksek frekansta 45° 'den küçüktür. Seyreltik çözeltilerde, viskoz modül, elastik modülden daha önemli durumda olup net bir faz açısı bulunmamaktadır (Zhong ve Daubert, 2013).

4.2.2. Sıcaklık Tarama Testleri

Sıcaklık tarama testlerinde, frekans tarama testlerinde olduğu gibi sabit gerinim altında, lineer viskoelastik bölgede, belirli frekanstaki sıcaklık değişimi sonucunda bazı reolojik parametreler ölçülmektedir.

Herhangi bir ısıtıl işlem gerçekleştirilecek ürünlerin, içerisinde bulunan bileşenlerin etkisiyle yapısında değişimler gerçekleşebilmektedir. Sıcaklık arttıkça, buğday unu kullanılan bir hamurda glüten bağlarının oluşumu, nişasta bulunduranlarda nişastanın jelatinizasyonu ve proteinlerin denatürasyonu ile karşılaşılabilir. Bu değişimler, hidrasyon ve enerji girişi sonucu gerçekleşmektedir. Proseste hamurun gelişimini kontrol etmek için önem arz etmektedir (Campos ve Steffe, 1997).

4.2.3. Gerinim Tarama Testleri

Gerinim, bir cisme yük uygulanması durumundaki form değişiminin, yük uygulanmadan önceki durumuyla kıyaslamak için kullanılan bir kavramdır. Kesme gerinimi ise, belirli gerinim oranlarında, sabit frekansta, lineer viskoelastik bölgede gerçekleştirilen testlerdir. Genellikle jel ürünler ve süspansiyonlarda kullanılır. Doğrusal olmayan etkilerin gözlemlendiği noktalarda yıkılma stresini belirlemeye yardımcı olmaktadır. Ayrıca aynı reometrede genlik tarama testleri tekrarlanırsa örnekte büyük bir gerinimin olup olmadığını bulmak mümkün olur (Janmey ve diğ., 2007).



5. TEKSTÜR

Tekstür, kekin yapısını, karakteristik ve duysal özelliklerini gösteren, tüketici beğenisini önemli ölçüde etkileyen bir kalite faktörüdür. Tekstürel özellikler, ürünün içerisindeki hammaddeler, miktarları, proseslerin uygulanma şekli, saklama koşulları ve süresi gibi birçok parametreden etkilenmektedir. Tekstürel özellikler, duysal ve enstrümantal analizler ile ölçülebilmektedir. Gıdalar, çeşitlerine göre sıkıştırma, kırma, delme, penetrasyon ve tekstür profili analizi metodlarıyla tekstürel olarak ölçümleri gerçekleştirilmektedir.

Sıkıştırma testi, belirli bir standartta gıdanın sıkıştırıldığı mesafeyi ölçerler. Ekmeğin tazeliğini ölçmek gibi yumuşaklık ve sıklığın önemli olduğu ürünlerde bu test uygulanır. Ayrıca yüksek oranlı keklerde, mikrodalgada pişirme sonucunda ortaya çıkabilecek sıklık problemleri için de bu metod kullanılabilir (Şahin ve Sumnu, 2006).

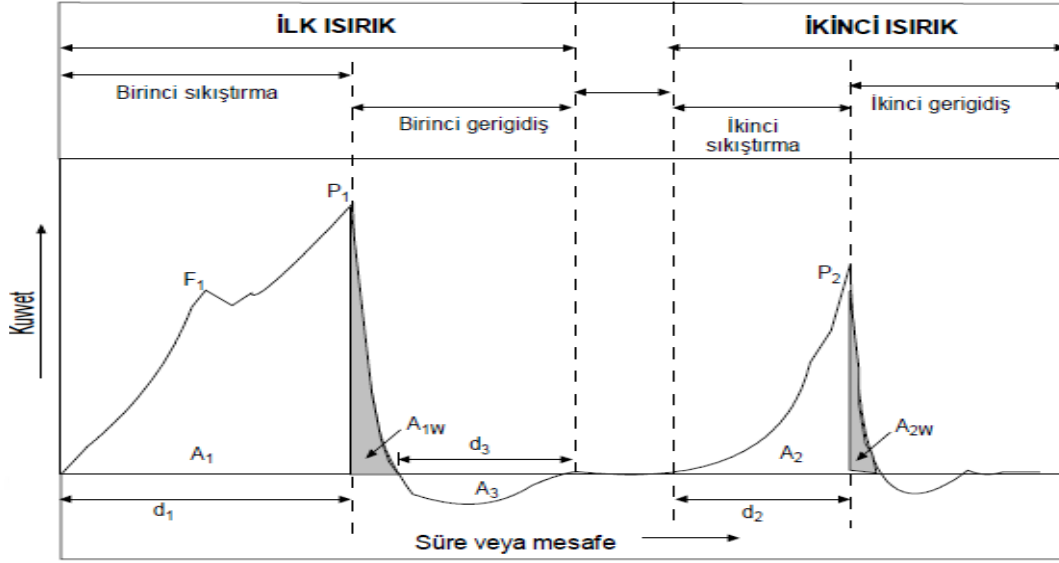
Kırma metodu ise, bisküvi, kraker gibi sert ürünlerde uygulanır. Numune yatay bir şekilde, iki dikey ray üzerine yerleştirilir, yukarıya yerleştirilmiş bir çubuk, numune kırılana kadar indirilir ve kuvvet uygulanır, ölçüm gerçekleştirilir (van Vliet, 1999).

Birçok meyve, sebze, et, peynir gibi üründe uygulanan delme metodu ise ürünlerin sertliğini ve sıklığını ölçmeye yardımcı olmaktadır. İnce silindir prob, ürünü delmekte ve ölçüm gerçekleştirilmektedir (Chen ve Opara, 2013).

Penetrasyon, mayonez, tereyağı gibi ürünlerin sürülebilirliğini ölçmekte kullanılmaktadır. Penetrometre, koni biçiminde olup uç kısmı, ürünü büyük oranda deforme eder ve ürün akmaktadır (Şahin ve Sumnu, 2006).

Tekstür profili analizi (TPA), ürünün bir ısırıklık kısmını sıkıştırarak iki kez dişler tarafından çiğnendiğini simüle eden yöntemdir. Sıkıştırma işlemi genellikle numunenin %80'ini sıkıştırarak biçimde yapılmaktadır (Şahin ve Sumnu, 2006). Kekte de büyük ölçüde TPA metodu kullanılmaktadır. Sertlik, dış yapışkanlık, iç yapışkanlık, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerleri metodun uygulanması sonucunda belirlenmektedir. Şekil 5.1'de ilk

ısırik yaklaşımı üzerine kurulu tekstür profil analizinin şematik gösterimi bulunmaktadır (Bourne, 2002).



Şekil 5.1 : Tekstür profil analizinin şematik gösterimi.

P_1 noktası, şematik gösterimde sertliği, F_1 ise ilk sıkıştırma esnasında kuvvet-zaman eğrisindeki ilk düşüşü gösteren kırılmalık kuvvetini temsil etmektedir (Şahin ve Sumnu, 2006).

Sertlik, ürünü ön dişler ile sıkıştırmak için gerekli olan kuvvetin simülasyonu olarak, yani ürünü fiziksel olarak deforme etmek için gerekli olan güçtür, şematik gösterimde P_1 noktasına denk gelmektedir (Gerçekaslan ve diğ., 2007; Şahin ve Sumnu, 2006).

Dış yapışkanlık, üründen bir parça koparmak için gerekli olan güç veya sıkıştırma plakasına yapışmış örneklerin ayrılması için gerekli olan iş olarak tanımlanmaktadır. Şematik gösterimde, A_3 alanına denk gelmekte olup birimi Joule'dür. İç yapışkanlık ise ikinci ısırmanın, ilk ısırma oranı olup A_2/A_1 olarak şematik gösterimde temsil edilmektedir (Zhou ve Hui., 2014; Şahin ve Sumnu, 2006).

Elastikiyet veya esneklik, ilk sıkıştırma ile ikinci sıkıştırma arasındaki döngü sonucunda ürünün ilk haline geri dönme oranıdır ve şematik gösterimde d_2 'ye denk gelmektedir (Lu ve diğ., 2010; Şahin ve Sumnu, 2006).

Çiğnenebilirlik ise, katı bir gıdayı yutmaya hazır hale getirmek için gerekli olan enerjidir. Sertlik, iç yapışkanlık ve esnekliğin çarpımıdır. Bayatlama sonucunda gıdayı yutma derecesine getirmek zorlaşır, çiğnenebilirlik enerjisi artar (Gerçekaslan ve diğ., 2007).

Tüm bu faktörlerin bilinmesi, kekte tüketiciye sunulacak optimum ürünü oluşturmaya yardımcı olacaktır.

6. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Kek hamurunun reolojisinin incelenmesi, son ürünün hacim, tekstür gibi kalite özellikleri hakkında bir bağlantı sağlamaktadır. Yumurtanın baz alınarak çalışıldığı kek hamurunun reolojisi üzerine yapılan araştırmalar ve dikkat çeken diğer çalışmaları Çizelge 6.1’de özetlenmiştir:

Çizelge 6.1 : Kek hamuru üzerine yapılan bazı reolojik çalışmalar.

Yapılan Çalışma	Ölçüm koşulları, prob ve sensör bilgisi, uygulanan ölçüm metodu	Çalışmada ölçülen reolojik değerler	Kullanılan materyaller	Elde edilen sonuçlar	Kaynak
Emülgatör tipleri ve farklı yağ oranlarının kek hamuru reolojisine etkisi	Reometre Sensör: Paralel Plaka (Çap: Plakalar arası boşluk: 1 mm) Kayma Hızı Aralığı : 0-200 s ⁻¹ Sıcaklık : 25°C Süre : 5 dakika	Kayma gerilimi ve viskozite Üslü yasaya göre (K), akış davranış indeksi (n) hesaplanmıştır.	%0, 12,5, 25, 37,5, 50 oranlarında şortening yağlar ve iki farklı markanın soya lesitini	Emülgatör miktarı arttıkça akış davranış indeksi önemli ölçüde azalmaktadır. (n değeri 0,68- 0,78, K ise 8,49-26,36 aralığındadır.) Yağ oranı arttıkça kek hamurunun görünen viskozitesi azalmaktadır.	(Şakıyan ve diğ., 2004.)
Isıl işlemin bütün sıvı yumurtaların kek hamuru reoloji kullanımında etkisi	Reometre Sensör: Paralel plaka (Çap: 20 mm, plakalar arası boşluk: 1mm) Kayma hızı aralığı: 0.1- 100 s ⁻¹ Sıcaklık: 25°C Süre: 2 dakika	Kayma gerilimi ve viskozite Üslü yasaya göre (K), akış davranış indeksi (n) hesaplanmıştır.	Farklı sıcaklık (60-64-68 °C) ve süreyle (2-5 dakika) ısıl işlem uygulanan bütün sıvı yumurtalar.	Üslü yasaya göre kek hamurunun psödoplastik özellik gösterdiği tespit edilmiş olup farklı sıcaklık ve sürelerde bütün sıvı yumurtalara uygulanan ısıl işlem kıvam katsayısını artırırken (K = 37,66 - 56,94 aralığında), akış davranış indeksinde (n = 0,51 - 0,59 aralığında) kayda değer bir farklılığa neden olmamaktadır.	(Uysal ve diğ., 2018)
Yumurta ikameleri ve un karışımlarının kek hamuru profiline etkisi	Reometre Düşük genlikli salınım testi (SAOS) Frekans Aralığı: 0.1- 100 Hz Sensör: Paralel plaka (Çap: 50 mm Plakalar arası boşluk: 1mm) Sıcaklık: 25°C Süre: 5 dakika	G' (elastik) ve G''(viskoz) modüller	Rafine ve karışım unların, yumurta,muz, çiya tohumu ve soya sütü tozu ile kombinasyonları	Bütün örneklerde G'>G'' olduğu için elastikiyet baskın durumdadır. Her iki modül değerinin de düşük olduğu yumurtalı kek hamurları daha az elastik ve viskoz olup muz ve karışım unun olduğu kek hamuru daha viskoz ve elastiktir.	(Agrahar-Murugkar ve diğ., 2016.)

Çizelge 6.1 (devam) : Kek hamuru üzerine yapılan bazı reolojik çalışmalar.

Yumurta akı proteini ve peynir altı suyu proteini izolatı içeren melek keklerde ısıya bağlı değişiklikler	Reometre Dinamik reolojik ölçüm. Doğrusal viskoelastik bölgede 0,5 Hz frekans ve 1,0 Pa kayma gerilimi (0,1-10 Hz frekans ve 0,5-1,0 Pa arası gerinim salınımlı mod arasından belirlenmiştir.) Sensör: Eş merkezli silindirik ve vana birleşimi (vana çapı 25 mm, silindir çapı 30 mm, 30° açı) Sıcaklık: 25 °C Süre: 3 dakika	G' (elastik), G''(viskoz) modüller ve faz açısı	%2,5 ve %5 oranlarında yumurta akı proteini ve %5, %8 oranlarında peynir altı suyu proteini izolatı içeren melek kek hamurları	Farklı oranlardaki yumurta akı proteini ve peynir altı suyu protein izolatlarından elde edilen kek hamurlarının elastik ve viskoz modülleri benzerlik göstermekte olup faz açısı farklıdır. Bu farklılık, ısıyla sertleşen protein köpük ağındaki farklılıkları göstermekte ve protein türünden kaynaklanmaktadır. Her iki modül 85°C'de yaklaşık 200 Pa değerinde, 0,5 Hz sabit frekansta kesişmektedir.	(Pernell ve diğ., 2002)
Bütün yumurta yerine kolesterol ikamesi olarak kullanılan yumurta sarısı granüllerinin glütensiz muffine etkisi	Reometre Dinamik reolojik ölçüm. Doğrusal viskoelastik bölgede 1 Hz frekans ve 10 Pa kayma gerilimi (0,01 – 10 Hz frekans ve 0,1-100 Pa gerilim aralığında test edilmiştir.) Sensör: Tek plaka (Plaka ile zemin arası boşluk: 1mm) Sıcaklık: 25°C	G' (elastik), G''(viskoz) modüller ve faz açısı	Glütensiz muffin hamuru içerisinde, lipolize uğraşmış, %60 ve %100 granül haline getirilmiş yumurta sarısı ve bütün yumurta.	Glütensiz muffin üzerinde granüllü yumurta sarıları, bütün yumurta ile benzer özellikler göstermektedir ancak pişme sırasında bu granüllerde lipidlerin azalması viskoelastik davranışta değişiklik yaratmaktadır. Her iki modülün kesiştiği nokta yoktur. Ölçüm boyunca G', G''dan büyük olup elastik özellik görülmektedir.	(Marcet ve diğ., 2015)
Farklı liflerin kek hamuru reolojisine etkisi	Reometre Dinamik reolojik ölçüm. Doğrusal-viskoelastik bölgede %0,1 gerinim oranında 0,1-10 Hz frekans aralığı ve 0.01-100 s ⁻¹ aralığında kayma gerinimi Sensör: Paralel plaka (Çap: 20mm, plakalar arası boşluk : 1mm) Sıcaklık : 25°C	G' (elastik) ve G''(viskoz) modüller	%5 ve %10 değerlerinde limon,çavdar, elma ve bezelye lifleri	Lif oranlarının artırılması,kekin G' ve G'' modüllerini arttırmaktadır. En yüksek partikül boyutuna sahip limon lifinde görülmektedir. G'nin G''den büyük olmasından, elastik davranış baskındır.	(Aydoğdu ve diğ., 2017)

Çizelge 6.1 (devam) : Kek hamuru üzerine yapılan bazı reolojik çalışmalar.

Isıl işlem görmüş ve görmemiş buğday unuyla farklı şekillerde karıştırılan kek hamurlarının reolojik karakteri.	Reometre Dinamik reolojik ölçüm. Doğrusal viskoelastik bölgede 1 Hz frekans ve 1,0 Pa kayma gerilimi (0,01-1 Hz frekans ve 0,1-5,0 Pa arası gerinim salınımlı mod arasından belirlenmiştir.) Sensör: Paralel plaka (Çap:25mm, plakalar arası boşluk:1mm) Süre:3 dk Sıcaklık:20°C	G' (elastik) ve G''(viskoz) modüller	Bulamaç, köpük ve havalı hale getirilmiş, hamurları, farklı karıştırma süreleri (105-520 rpm , 1-3 dk) ve ısıtıl işlem görmüş, görmemiş buğday unları.	Karıştırma süresi arttıkça, havanın hacmi arttıkça, elastik ve viskozite modüller azaltmaktadır. 0.1 Hz'de G' ve G'' 80 Pa değerinde kesişmektedir.	(Meza ve diğ., 2011)
Sünger kek yapımında çeşitli doğal ve modifiye nişasta kaynaklarının etkisi	Reometre Dinamik reolojik ölçüm. Gerinim: 0,1 Pa, Frekans: 1 rad/s Sensör: Paralel plaka Sıcaklık: 25°C Süre: 5 dakika	G' (elastik), G'' (viskoz) modüller ve faz açısı	Doğal ve modifiye buğday, pirinç, patates, fasulye, tatlı patates nişastaları	Modifiye nişastalar kekin viskoelastikliyini düşürmekte ve daha az hacimli son ürün elde edilmektedir. Doğal buğday nişastasası en yüksek faz açısını göstermekte olup en akışkan kek hamurudur. Modüller 0,1-100 rad/s açısal frekansta hiçbir noktada kesişmezken, daima G', G''dan fazla ve elastik yapıda hamur görülmektedir.	(Bajaj ve diğ., 2019)
Sünger kek üretiminde emülgatörlerin fonksiyonelliği	Reometre Dinamik reolojik ölçüm Doğrusal viskoelastik bölgede Frekans: 0,1-10 Hz arasından 1 Hz seçilmiştir. Gerinim: 0,02 Pa Sensör: Silindir ($\rho = 94,23 \text{ g/cm}^3$) Sıcaklık: 25°C	G' ve G'' modüller ve faz açısı	Hamur ağırlığının %0,25, %0,50, %0,75 ve %1,50 oranınca GMS ve poligliserol ester	Emülgatör miktarlarının artması akışkanlığı azaltmakta, hamurun viskoelastikliğini arttırmaktadır. Bu da GMS'nin G' ve G''modüllerinin artışıyla görülmektedir. Modüller kesişmemektedir ve suyun, un bileşenlerine bağlanamamasından dolayı denge sağlanamadığı şeklinde yorumlanmaktadır.	(Sahi ve Alava, 2003)

Kek hamuru reolojisi çeşitli hammadde ve parametrelerden etkilenirken kek tekstüründe de farklılıklar gözlemlenebilmektedir. Kek tekstürü üzerine yapılan bazı çalışmalar izelge 6.2.'de verilmiştir:



Çizelge 6.2 : Kek tekstürü üzerine yapılan bazı çalışmalar.

Yapılan Çalışma	Ölçüm koşulları, prob ve sensör bilgisi, uygulanan ölçüm metodu	Çalışmada değerlendirilen tekstürel değerler	Kullanılan materyaller	Elde edilen sonuçlar	Kaynak
Yumurta ve yumurta ikamelerinin sarı katmanlı kekin kalitesine etkisi	Tekstürel Analiz: TPA metodu, 4 mm prob, Test hızı = 1 mm/s, Oda sıcaklığında 1 ve 7. günler Duyusal Analiz: 9 puanlık hedonik skala	Sertlik (hardness), iç yapışkanlık (cohesiveness), Duyusal değerlendirme: İç Yapışkanlık	Bütün sıvı yumurta, bütün toz yumurta, %30 bütün toz yumurta + %70 soya unu-sodyum aljinat karışımı (R-1), % 25 bütün toz yumurta + %75 peynir altı suyu konsantresi (R-2) , %25 bütün toz yumurta + şeker kamışı lifi-guar gum karışımı (R-3)	1. gün sonunda yapılan ölçümlerde R-1 en sıkı olmaktadırken 7. günde tüm denemeler sertleşmiştir. Bütün yumurtalarla yapılan keklerin daha yapışkan olduğu gözlemlenmiştir. 7. günde bu yapışkanlıklar artmıştır. Duyusal değerlendirme sonucunda da yapışkanlıklar benzer sonuçlar gösterirken R-2 en nemli ve en yoğun olarak seçilmiştir.	(Ratnayake ve diğ., 2011)
Kekte yumurta ikamelerinin etkisi: Soya sütünün kalite ve tekstür açısından etkisi	Sıkıştırma metodu, 35 mm silindirik prob, 100 mm/dak test hızı Duyusal Analiz: 5 puanlık hedonik skala	Sertlik (hardness), yapışkanlık (cohesiveness), çiğnenebilirlik (chewiness), esneklik (springiness) Duyusal değerlendirme: Kegin yumuşaklığı, kabuk yumuşaklığı	%75 yumurta - %25 soya sütü (R-1), %50 yumurta - % 50 soya sütü (R-2), %25 yumurta – %75 soya sütü (R-3), %100 soya sütü (R-4) karışımları	%75 yumurta ikamesi ve fazlası kekin sertliğine ve çiğnenebilirliğine etki etmemektedir. Yapışkanlıklar arasında önemli fark olmasa da yumurta oranı ile doğrusal olarak artmaktadır. Tüm denemeler birbirine çok yakın yapışkanlığa sahiptir. Duyusal olarak değerlendirildiğinde yumurta miktarı arttıkça kekler ve kabukları 3.5 üstü (daha yumuşak) puan almıştır.	(Hedeyati ve Tehrani, 2017)

Çizelge 6.2 (devam) : Kek tekstürü üzerine yapılan bazı çalışmalar.

Yumurta akı proteinleri ve yumurta alternatiflerinin melek keklerde karşılaştırılması	TPA metodu, 20 mm silindirik prob, 1,7 mm/s test hızı, Duyusal analiz : 9 puanlık hedonik skala	Sıklık (firmness)	Yumurta akı, %95 peynir altı suyu izolatu	Peynir altı suyu izolatu, yumurtaya göre kabuk ve kırıntı olarak daha sıkıdır. Duyusal olarak da yumurtalı melek kekler tekstürel olarak daha yumuşak bulunmuş ve beğenilmiştir.	(Abu - Ghoush ve diğ., 2010)
Yumurta ikameleri ve un karışımlarının kek kalitesine etkisi	TPA metodu, 75 mm silindirik prob, 5 mm/s test hızı	Sertlik (hardness), sıklık (firmness), yapışkanlık (cohesiveness), çiğnenebilirlik (chewiness).	Rafine ve karışım unların, yumurta, muz, çiya tohumu ve soya sütü tozu ile kombinasyonları	Yumurta ikamelerinin kullanıldığı kek örnekleri daha az yapışkan olmaktadır. Diğer ölçümler ikameler arasında benzer sonuçlar vermekte ve muz ile yapılan örnek, yumurtaya tekstürel olarak en çok benzeyen olmaktadır.	(Agrahar - Murugkar ve diğ., 2016)
Isıl işlemin bütün sıvı yumurtaların kek kalitesine etkisi	Sıkıştırma metodu, 10 mm silindirik prob, 100 mm/dak test hızı	Sertlik (hardness), yapışkanlık (cohesiveness), çiğnenebilirlik (gumminess)	Farklı sıcaklık (60-64-68 °C) ve süreyle (2-5 dakika) ısıtım uygulanan bütün sıvı yumurtalar.	Isıl işlemin artması kek tekstürünü daha sert, daha sıkı ve daha çiğnenebilir hale getirmektedir. Isıl işlem, kek hamurunun daha az hava kabarcığına sahip olmasına yol açmakta ve pişirim sonucunda daha sert, daha az kabarmış keke sebep olmaktadır.	(Uysal ve diğ., 2018)
Kızılötesi ile kurutulmuş kültür mantarlarının sünger kekin kalite özelliklerine etkisi	TPA metodu, 36 mm silindirik prob, 1 mm/s test hızı	Sertlik (hardness), yapışkanlık (cohesiveness), esneklik (springiness), çiğnenebilirlik (chewiness)	Kek reçetesinin %0, %5, %10, %15 oranınca toz haline getirilmiş kültür mantarları	Kültür mantarı oranı arttıkça kekin sertliği ve çiğnenebilirliği azalmaktadır. Esneklik ve yapışkanlıkta önemli ölçüde değişiklik olmamıştır.	(Salehi ve diğ., 2016)

Çizelge 6.2 (devam) : Kek tekstürü üzerine yapılan bazı çalışmalar.

Yumurta ikamelerinin sarı katmanlı keke etkisi	Tekstürel Analiz: TPA metodu,, 2,54 cm prob, Test hızı = 1,7 mm/s, Duyusal Analiz: Tüketici testi	Sertlik (hardness), esneklik (springiness)	%18,2 bütün yumurta, %18,2 peynir altı suyu izolatu, %18,2 buğday nişastası, bunlara %1 guar gum ve %1 ksantan gum ilave edilmiş denemeleri	Peynir altı suyu izolatının kullanıldığı örnekler daha sert ve daha esnektir. Genel tüketici testi sonucunda yumurta ile yapılan kek ile karşılaştırıldığında toplam beğenide sadece ksantan gum – peynir altı suyu izolatu karışımı daha fazla beğenilmiştir.	(Kohrs ve diğ., 2010)
Yumurtasız keklerde ultrasonik işlem uygulanmış peynir altı proteini kullanımının kek yapısına etkisi	Tekstürel Analiz: TPA metodu,, 2,54 cm prob, Test hızı = 2,0 mm/s	Sertlik (hardness), yapışkanlık (cohesiveness), çiğnenebilirlik (chewiness), dayanıklılık (resilience)	%10, %15, %20 oranlarında peynir altı proteini ilavesi ve %20, %40, %60 şiddetinde ultrasonikasyon uygulanması	Yapışkanlık ve dayanıklılık konsantrasyon ile doğru orantılı artmaktadır. Sertlik ve çiğnenebilirlik yumurta akı için etkilenmekteyken peynir altı proteini etkilenmemektedir. Ultrasonikasyon şiddeti ve süresi kek tekstüründe farklılık yaratmamaktadır.	(Tan ve diğ., 2014)
Şeker partikül boyutu manipülasyonunun çikolatalı keklerin fiziksel ve duyusal özellikleri üzerine etkisi	Tekstürel Analiz: TPA metodu,, 75mm silindirik prob, Test hızı = 1.0 mm/s	Sertlik (hardness), esneklik (springiness), yapışkanlık (cohesiveness), çiğnenebilirlik (chewiness), dayanıklılık (resilience), yapışkanlık (adhesiveness)	Farklı ortalama partikül boyutlarına sahip (479 µm ,652 µm ,930 µm ,1276 µm ,1533 µm) şekerler	Şekerin partikül boyutu azaldıkça daha nemli ve daha yumuşak kekler elde edilmiştir. Diğer tekstür parametreleri üzerinde önemli bir farklılık bulunmamıştır. Ayrıca şekerin partikül boyutunun azalması tatlılığı arttırmakta, rengin koyulaşmasına yol açmaktadır.	(Richardson ve diğ., 2018)
Ayva tozunun sünger keke tekstürel ve duyusal etkilerinin incelenmesi	Tekstürel Analiz: TPA metodu, 36 mm prob, Test hızı = 1 mm/s,	Sertlik (hardness), yapışkanlık (cohesiveness), çiğnenebilirlik (chewiness), esneklik (springiness),	%0, %5, %10, %15 ve %20 ayva tozu	Ayva tozu miktarı arttıkça çiğnenebilirlik ve sertlik artarken yapışkanlık ve esneklik değişmemektedir.	(Salehi ve Kashaninejad, 2017)

7. MATERİYAL VE METOT

7.1. Materyal

Endüstriyel kek yapımında kullanılan hammaddeler kristal şeker (Kayseri Şeker), bitkisel yağ (Cargill), 58-62 DE glikoz şurubu (Cargill), fruktoz-glikoz şurubu (Beşan A.Ş.), gliserol (HCC), emülgatör ve sodyum stearol 2- laktilat (Danisco), buğday unu (Alfaway), potasyum sorbat (Vego Chemical), ksantan gum (METEKSAN), yemeklik tuz (Buket Tuz), doğal mısır nişastası (Cargill), sodyum asit pirofosfat (Brenntag Kimya), sodyum bikarbonat (EUROKİM Soda San.), sitrik asit anhidrat (Yılmaz Kimya) ve su, üreticinin tedarikçilerinden temin edilmiştir.

Kek formülasyonunda bulunan pastörize sıvı yumurtalar, Ege Pastörize Yumurta (Egepay), Dibako Steril Likit Yumurta, İzmir Pastörize Yumurta (İpay), firmalarından gıda güvenliğine uygun bir biçimde temin edilmiştir. Üç pastörize sıvı yumurta için sırasıyla EG,DI ve IP kısaltmaları kullanılmıştır.

7.2. Metot

7.2.1. Yumurtanın Bileşenlerinin Belirlenmesi

Yumurtanın kimyasal bileşenlerinin belirlenmesi amacıyla, protein, yağ, kül, nem ve karbonhidrat oranları aşağıdaki metodlar ve hesaplamalar kullanılarak hesaplanmıştır.

Protein tayini AOAC (1990)'a göre Kjeldahl metodu ile gerçekleştirilmiştir. Buna göre yumurta homojen hale getirildikten sonra 1'er gram iki paralel örnek alınarak yakma tüplerine eklenmiştir. Ardından iki adet Kjeldahl tableti (Na_2SO_4 , K_2SO_4 , TiO_2 , CuSO_4 karışımı) ve 20

mL %98'lik H₂SO₄ ilave edilmiştir. Aynı işlemler numune ilave edilmeden kör örneğe de uygulanmıştır. Tüplerin ağzı tıpa ile kapatıldıktan sonra tırnaklara kilitlenmiştir. Borunun ucuna temizleyici takıldıktan sonra 1,5 saat boyunca yakma cihazı (Buchi, K425) ile işlem gerçekleştirilmiştir. Yakma işleminin tamamlanmasının ardından mavi renkteki çözelti oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Kjeldahl cihazına (Buchi, Kjelflex360) yerleştirilen tüpler titre edilmiş ve kalan sarfiyat üzerinden önce yüzde azot miktarı denklem 7.1 kullanılarak, ardından yüzde protein miktarı denklem 7.2 ile hesaplanmıştır:

$$\% \text{ Azot miktarı} = [((V_{H_2SO_4} \times 14 \times 2 \times 0,1) / \text{örnek ağırlığı}) / 1000] \times 100 \quad (7.1)$$

$$\% \text{ Protein miktarı} = \% \text{ Azot miktarı} \times 6,25 \quad (7.2)$$

Yağ tayini AOAC 960.39'a (1995) göre, Soxhlet metodu kullanılarak uygulanmıştır. İlk adımda ekstraksiyon beherleri 105°C 'de iki saat bekletilerek sabit tartıma getirilmiş ve desikatörde soğutulup ağırlığı ölçülmüştür. Numuneden 2 g adi süzgeç kağıdına tartıldıktan sonra ekstraksiyon kartuşundaki (Buchi, E-812) beherlere yerleştirilmiştir. Numune bulunan her behere 90 mL petrol eteri ilave edilmiştir. Ardından beherler içerisindeki kartuş alındıktan sonra etüvde tartım gerçekleştirilmiştir. 105°C'de iki saat boyunca etüvden bekletilmesinin ardından desikatörde soğutulup tartılmıştır. Son tartımın, ilk ağırlıktan çıkartılıp, numune miktarına bölünüp 100 ile çarpılmasıyla yüzde yağ miktarı tayin edilir.

Kül tayini için ise AOAC 2005;900.02'e göre, iki adet kroze, kül fırınında (Nüve, MF120) 900°C'de 30 dakika bekletildikten sonra desikatörde soğutulup daraları alınmıştır. (Mo) Krozelere 2-5 g arası tartım yapılmıştır. (M₁) Üzerine 2-2,5 mL %96'lık etil alkol ilave edildikten sonra kül fırını içerisinde kademeli ön yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yakma işleminin ardından 900 °C'de üç saat kül fırınında bekletilmiştir. Desikatöre alındıktan sonra soğutulup tartılmıştır.(M₂) Ardından külün nemi ölçülmüştür. Denklem 7.3 kullanılmıştır.

$$\% \text{ Kül (m/m)} = [((M_2 - M_0)/M_1) \times 100] \times [100/(100 - N)] \quad (7.3)$$

Paraleller arası 0,05'ten büyük bir fark olduğu durumlarda analiz tekrarlanmıştır.

AOAC 2005;925.30'a göre, vakumlu etüv metodu uygulanarak nem tayini gerçekleştirilmiştir. Petrileri sabit tartıma getirmek amacıyla 105°C'de iki saat bekletilmesinin ardından desikatörde soğutulmuştur. 3 g numuneler alınarak iki paralelli çalışılmıştır.

Numuneler 105°C etüvde (Nüve, FN400) kurutulduktan sonra desikatörde soğutulmuş ve iki tartım arasındaki fark 0,001 g oluncaya dek kurutma işlemi sürdürülmüştür. Formül 7.4 ile yüzde kuru madde hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Kuru madde} = ((\text{Kurutma sonrası ağırlık} - \text{Petri kabının darası}) / \text{Kurutma öncesi ağırlık}) \times 100 \quad (7.4)$$

Kuru madde oranından 100 çıkartıldığında % nem elde edilmiştir.

Karbonhidrat miktarını belirlemek için farklılık metodu uygulanmıştır. Bu metoda göre, protein, yağ, nem ve kül miktarları toplamdan çıkarıldığında kalan miktar karbonhidrat oranını vermektedir. (Sumahree ve diğ., 2019). Formül 7.5'te gösterilmiştir.

$$\text{Toplam karbonhidrat miktarı} = 100 - (\text{Protein} + \text{Yağ} + \text{Kül} + \text{Nem}) \quad (7.5)$$

7.2.2. Kek formülasyonunun oluşturulması

Yumurta bileşenlerindeki farklılıkların, kek hamuruna ve kek yapısına etkisinin incelenmesi için aynı oranlarda, farklı yumurta kaynakları kullanılarak formülasyon oluşturulmuştur. Çizelge 7.1'de kek formülasyonu verilmiştir:

Çizelge 7.1 : Kek formülasyonu.

Malzeme	Bileşim (%)
Buğday Unu	23,43
Sıvı Pastörize Yumurta	22,53
Kristal Şeker	19,15
Bitkisel yağ karışımı (Palm, Pamuk, Ayçiçek, Tam Hidrojenize Palm yağı karışımı)	8,33
Gliserol	6,76
Glikoz Şurubu 58-62 DE	5,63
Fruktoz – glikoz şurubu 50 DE	4,05
Su	4,05
Doğal Mısır Nişastası	2,70
Yağ asitlerinin mono ve di gliseritleri ve yağ asitlerinin poligliserol esterleri karışımı (Emülgatör)	1,80
Yemeklik Tuz	0,56
Sodyum asit pirofosfat	0,34
Sodyum bikarbonat	0,27
Potasyum sorbat (Koruyucu)	0,19
Sodyum stearyl laktat (Emülgatör)	0,07
Ksantan gum (Kıvam arttırıcı)	0,06
Sitrik asit anhidrat	0,06
TOPLAM	100

Kristal şeker ve sıvı bütün yumurta 120 saniye boyunca stand mikserde (Homend, Profashion3003H) ile çırpıcı aparat karıştırılmıştır. Ardından su hariç sıvılar 30 saniye karıştırılmıştır. Ayrı kaplarda su içerisinde çözünmüş sodyum bikarbonat ve sodyum asit pirofosfat + sitrik asit anhidrat çözeltileri ilave edilerek 60 saniye daha çırpılmıştır. Son aşamada karıştırma aparatı kullanılmış olup kuru maddeler elenerek ilave edilip kek hamuru elde edilmiştir. Elde edilen kek hamuru, alüminize sacdan yapılan kek tavaına 45'er gram olacak şekilde sıkma poşeti yardımı ile dökülmüştür. Ardından önceden ısıtılmış konvansiyonel fırında (Unox, XBC65E), sırasıyla 160°C, 170°C ve 165°C'de altışar dakika pişirilmiştir. Pişen kek numuneleri 15 dakika oda sıcaklığında soğutulduktan sonra polietilen kilitli poşetlerde analiz için bir gün süreyle oda sıcaklığında tutulmuştur.

7.2.3. Kek hamuru yoğunluğunun ölçülmesi

Aynı hacimlere sahip kek hamuru ağırlığı ve distile su ağırlığının oranlanması sonucunda özel spesifik hacim kapları kullanılarak kek hamurunun yoğunluğu ölçülmüştür (Gularte ve diğ., 2012).

7.2.4. Kek hamurunun reolojik özelliklerinin belirlenmesi

Yapılan reolojik ölçümlerde Haake Rheostress (Almanya) marka bir reometre, (çap =3,5 cm, plakalar arası uzaklık = 1 mm) kullanılmıştır. Kek hamurun örneklerinin öncelikle akış davranış özellikleri 24°C'de belli kayma hızı aralıklarında kayma gerilimlerinin ölçülmesiyle belirlenmiştir. Ölçümler, 0 s⁻¹ den 300 s⁻¹'e 120 saniyede ulaşırken; 120 saniyede de 300 s⁻¹ den 0 s⁻¹'e geri dönmüştür. Ulaşma ve geri dönüş esnasında yüzer veri ölçümü gerçekleştirilmiştir. Üslü yasa denklemi üzerinden gerçekleştirilen modelleme sonucunda Haake Rheowin 3.30 versiyonlu yazılım programı ile kıvam katsayısı (K), akış davranış indeksi (n) değerleri denklem 7.6 üzerinden bulunmuştur:

$$\tau = K\dot{\gamma}^n \quad (7.6)$$

Bu denklemde τ kayma gerilimini (Pa), $\dot{\gamma}$ kayma hızını (1/s), K kıvam indeksini (Pa.sⁿ) ve n akış davranış indeksini (-) ifade etmektedir.

Üslü yasa denkleminde K ve n değerleri dikkate alınarak görünen viskozite (η) aşağıdaki denklem ile hesaplanmıştır:

$$\eta = K\dot{\gamma}^{n-1} \quad (7.7)$$

Düşük genlikli salınım ölçümlerinden frekans taramasında ise 24 °C sabit sıcaklıkta, 0 – 100 Hz frekans ve %0,1 sabit gerinimde (γ), elastik modül (G'), viskoz modül (G'') ve faz açısı ($\tan \delta$) değerleri elde edilmiştir.

Sıcaklık taraması ölçümü, 1 Hz sabit frekans ve % 0,1 sabit gerinimde, elastik, viskoz modülleri ve faz açısı değerlerini elde etmek amacıyla 25°C'den 85°C'ye kadar 5°C/dak ısıtma hızı ile ısıtılarak gerçekleştirilmiştir.

7.2.5. Kek neminin tayin edilmesi

AOAC 2005;925.30'a göre, yumurta için uygulanan basamaklar kek için de uygulanmıştır.

7.2.6. Kekin su aktivitesinin ölçülmesi

Su aktivitesi cihazı (Aqualab, Pre) içerisindeki kabın yarısı dolacak şekilde 25°C'de numune yerleştirilip ölçüm yapılmıştır.

7.2.7. Kekin renk değerlerinin ölçülmesi

Kek örnekleri Minolta CR-300 renk ölçüm cihazı ile CIELAB renk sistemi kullanarak analiz edilmiştir. Elde edilen 'L' değeri 0-100 arasında parlaklığı göstermekte olup değer arttıkça siyahtan beyaza yaklaşmaktadır. 'a' değerinin pozitif yöne artışı kırmızılığı, 'b' değerinin yüksek değerler alması ise maviliğini temsil etmiştir (Rosa ve diğ., 2015).

7.2.8. Kek tekstürünün analiz edilmesi

Keklerin tekstür profili, Brookfield, CT3 cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Kekler üretildikten bir gün sonra TPA test metoduna uygun olarak, 38 mm'lik prob kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. 2x2x2 cm'lik kek numuneleri, test hızı 1 mm/s, sıkıştırma (deformasyon) % 25 ve 0,098 N ilk algılama kuvveti ile analiz edilmiştir. Analiz boyunca sertlik (hardness), çiğnenebilirlik (gumminess), esneklik (springiness) ve dış yapışkanlık (adhesiveness), iç yapışkanlık (cohesiveness) üç paralel olarak ölçülmüştür (Topkaya, 2017).

7.3. İstatiksel Analiz

İstatistiksel analizler Minitab programı yardımıyla, $\alpha=0,05$ önem düzeyinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılarak yapılmıştır. Önemli düzeyde fark bulunduğunda karşılaştırma için Tukey testi uygulanmıştır.

Yumurta bileşenleri (su,protein,yağ,karbonhidrat ve kül) , kek nemi ile kek parametreleri (nem, renk ve tekstürel özellikler) arasındaki ilişki için Pearson korelasyon katsayısı hesaplanmıştır.





8. BULGULAR VE TARTIŞMA

8.1. Yumurta Bileşenlerinin Ölçülmesi

Üç farklı tedarikçiden alınan pastörize sıvı tavuk yumurtası örneklerinin, iki tekrarlı yapılan nem, protein, yağ, karbonhidrat ve kül analizleri sonucu elde edilen yüzde bileşenleri Çizelge 8.1’de elde edilmiştir:

Çizelge 8.1 : Yumurta örneklerinin yüzde bileşenleri.

Örnek / Bileşen (%)	Su	Protein	Yağ	Karbonhidrat	Kül
IP	78,97 ± 0,09 ^a	10,59 ± 0,27 ^a	6,96 ± 0,10 ^a	1,44 ± 0,05 ^c	0,81 ± 0,00 ^b
DI	77,09 ± 0,08 ^b	11,21 ± 0,09 ^a	6,84 ± 0,07 ^a	3,26 ± 0,15 ^b	0,55 ± 0,00 ^c
EG	79,90 ± 0,07 ^a	8,19 ± 0,08 ^b	7,16 ± 0,06 ^a	3,85 ± 0,09 ^a	0,90 ± 0,01 ^a

- Aynı sütundaki farklı harfi (a,b,c) olan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Yukarıdaki sonuçlar istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde, su, protein, karbonhidrat ve kül değerlerinde önemli farklılıklar bulunmaktadır. (p < 0,05) Yağ değerleri arasında önemli farklılık yoktur. (p > 0,05) Çizelge 3.1’de verilen örnek tavuk yumurtası bileşenlerine göre, üç örnek de daha fazla su içerirken, protein oranı da daha azdır. Bunun sebebi ise her bir yumurtanın, tavuğun yetiştirilme koşulları, beslenmesi, ırkı gibi kalıtsal ve çevresel faktörlerden etkilenmesidir. Aynı kümesteki tavuklarda dahi farklılıklar gözlemlenebiliyorken farklı tedarikçilerden gelen sıvı bütün yumurta örneklerinde bileşenlerin aynı değerlere sahip olmaması normal karşılanmaktadır.

Protein oranındaki farklılıklar kek hamurunun havayı tutmasında ve emülgatör özelliğinde etkili iken; şeker oranındaki farklılıklar ile biraraya getirildiğinde son ürün renginde Maillard reaksiyonuna bağlı olarak çeşitlilikler yaratmaktadır.

8.2. Kek Hamuru Yoğunluğunun Ölçülmesi

Hammaddelerin eşit sürelerde karıştırılmasının ardından elde edilen kek hamurlarının pişirim öncesi ölçülen yoğunluk değerleri Çizelge 8.2 'de verilmiştir:

Çizelge 8.2 : Kek hamuru örneklerinin yoğunluk değerleri.

ÖRNEK	YOĞUNLUK DEĞERİ (g/mL)
IP	0,76 ± 0,00 ^b
DI	0,76 ± 0,00 ^b
EG	0,78 ± 0,00 ^a

- Aynı sütundaki farklı harfi (a,b) olan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

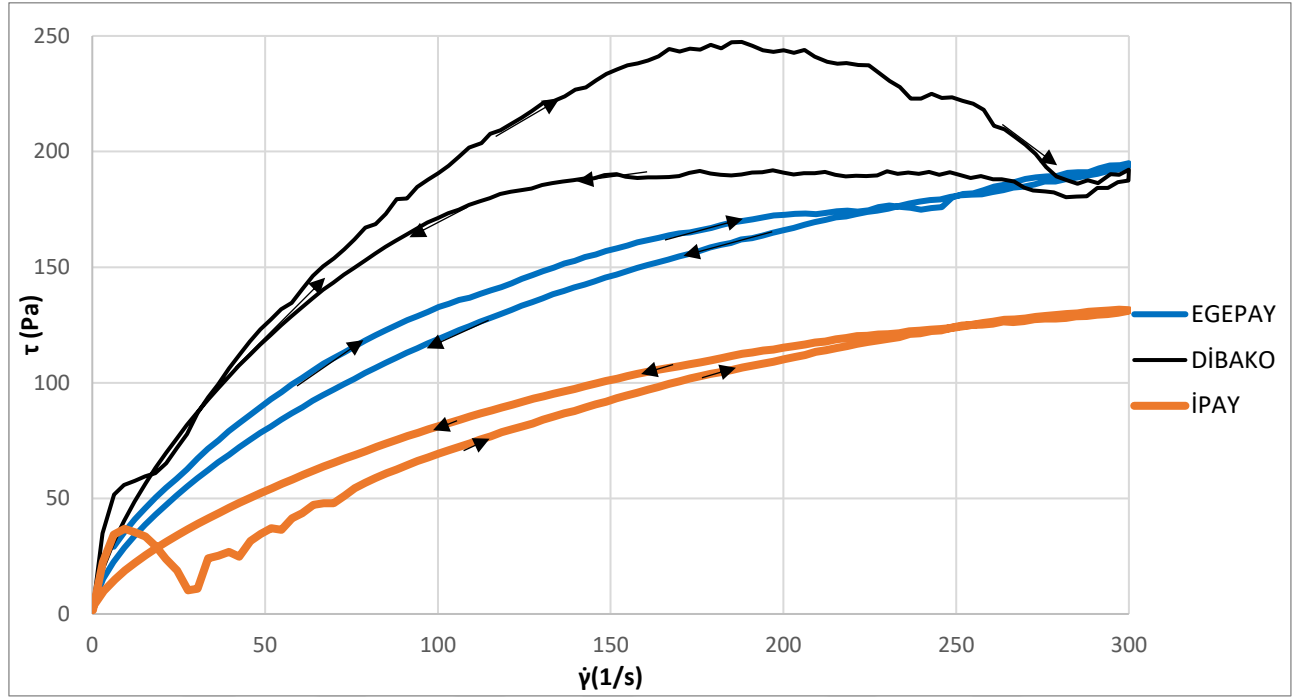
Çizelge 8.2’de verilen yoğunluk değerleri arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. ($p < 0,05$) Yoğunluk değerinin düşük olması, içerisindeki hava miktarının fazla olduğunu ve son üründe daha hacimli bir kek elde edileceğini göstermektedir (Kim ve diğ., 2012). EG örneği en yoğun kek hamuru, IP ve DI ise yaklaşık olarak aynı ve daha düşük yoğunluklara sahiptirler. Buna göre, EG daha az hava içermekte olup son ürünün de daha az hacimli olması; IP ve DI örneklerinde daha çok hava içeriğine sahip olup, daha hacimli kekler elde edilmesi beklenmektedir.

8.3. Kek Hamuru Reolojisinin Ölçülmesi

Kek hamurunun akma davranışı ve düşük genlikli salınım ölçümleri değerlendirilmiştir.

8.3.1. Akma davranışının belirlenmesi

Üç farklı yumurtadan yapılan kek hamurlarının reolojik özelliklerinin belirlenmesi adına kayma hızı ($\dot{\gamma}$) – kayma gerilimi (τ) grafiği, Şekil 8.1’de verilmiştir:



Şekil 8.1 : Üç farklı yumurtadan yapılan kek hamuru örneğinin kayma hızı – kayma gerilimi akış eğrisi.

Şekil 8.1’de üç örneğe ait kayma hızına karşılık gelen kayma gerilimi grafiğinde gidiş ve dönüşler ok yönünde gösterilmiştir. Örneklerdeki histeresisler, zamana bağlı reolojik davranış olduğunu belirtirken, DI ve EG örneklerinde tixotropik, IP örneğinde reopektik özellik olduğu anlamında gelmektedir. Elde edilen grafik sonucunda Üslü yasa kullanılarak kıvam katsayısı (K), akış davranış indeksi (n) ve R^2 bulunmuştur ve Çizelge 8.3’te belirtilmiştir:

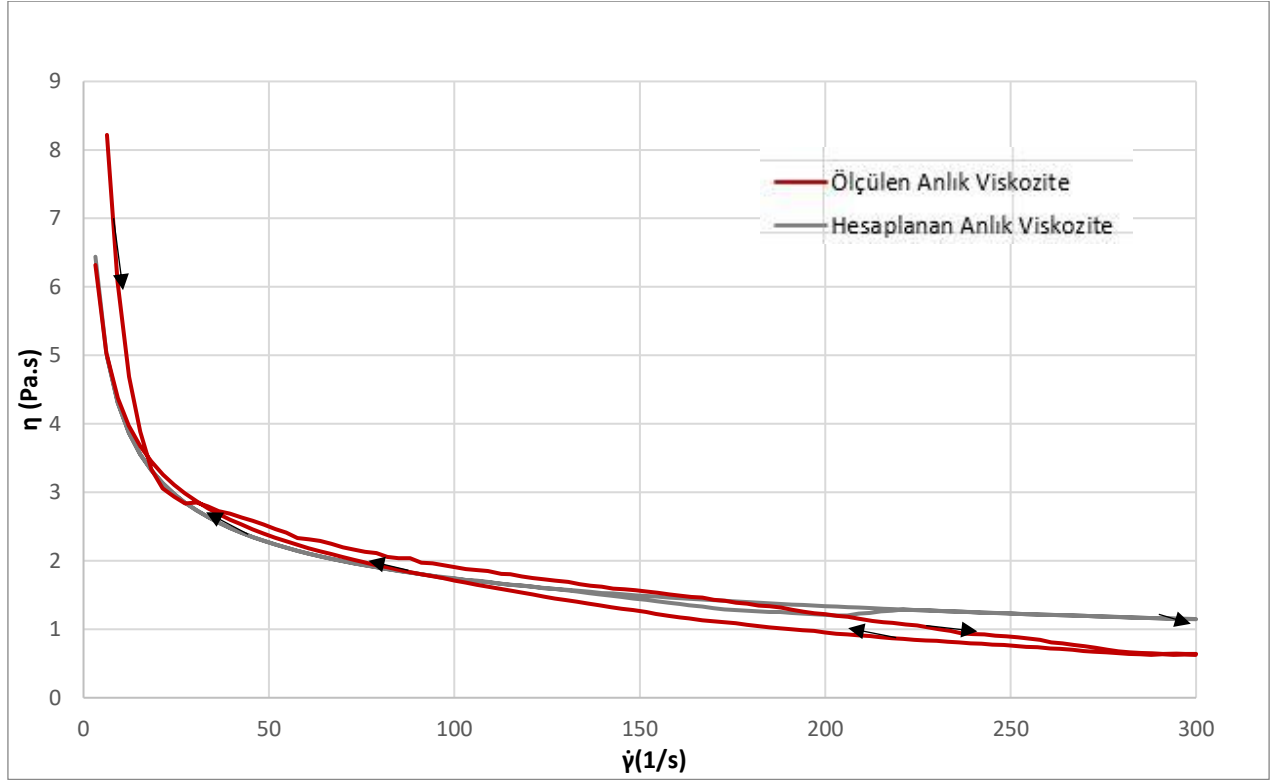
Çizelge 8.3 : Üslü yasaya uygun olarak elde edilen kıvam katsayısı (K), akış davranış indeksi (n) ve R².

ÖRNEK	K	n	R ²
IP	5,41 ± 0,21 ^c	0,58 ± 0,09 ^a	0,933
DI	10,02 ± 0,39 ^a	0,62 ± 0,08 ^a	0,942
EG	8,01 ± 0,11 ^b	0,60 ± 0,10 ^a	0,966

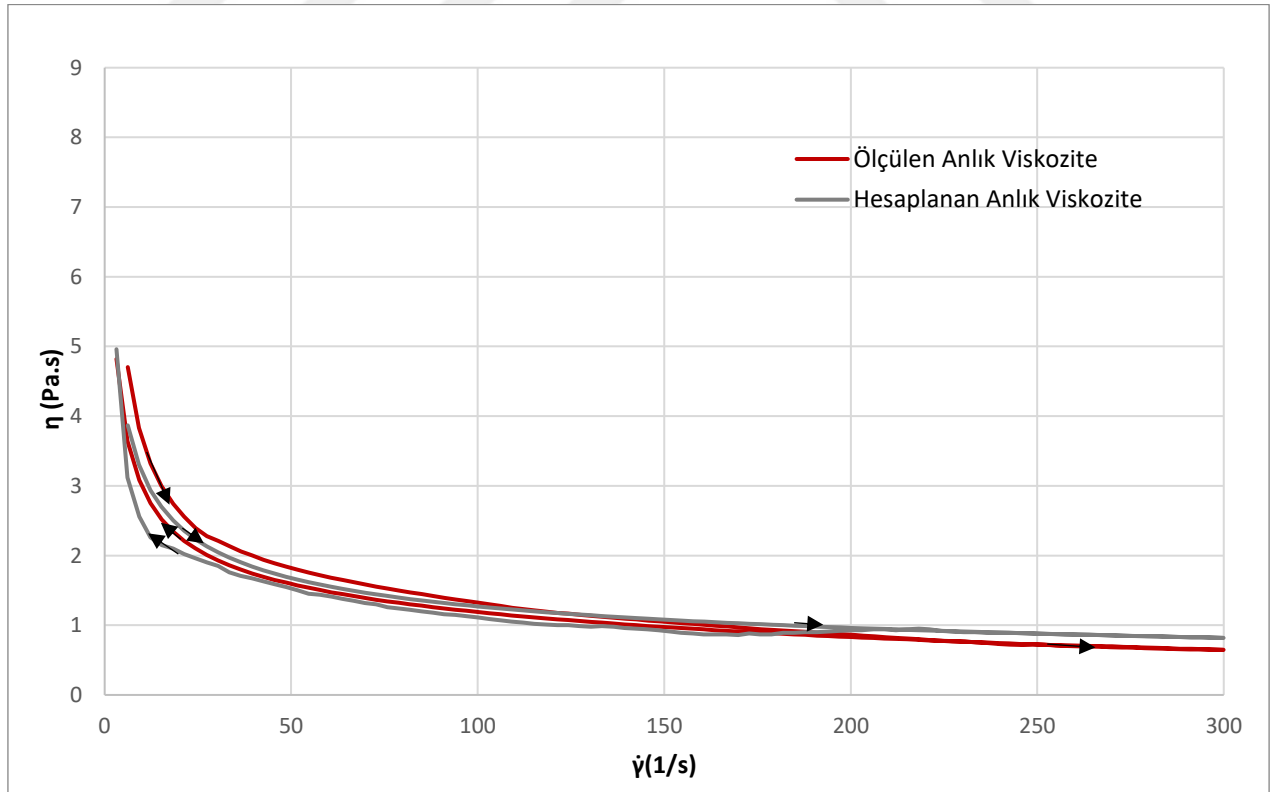
- Aynı sütundaki farklı harfi (a,b,c) olan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Elde edilen veriler sonucunda üç kek hamurunun da akış davranış indeksinin birden küçük olduğu (n<1) görülmüştür. Bu da kek hamurlarının psödoplastik davranışta olduğunu göstermektedir (Uysal ve diğ., 2018). Kek hamurlarının akış davranış indekslerinde önemli farklılık bulunmazken (p >0,05) kıvam katsayıları arasında önemli bir farklılık bulunmaktadır (p< 0,05). R² değerleri ise 0,933-0,966 arasında değişmektedir ve Üslü yasanın kayma hızı arttıkça, kek hamurunun reolojik özelliklerini tanımlamak için uygun olduğunu göstermektedir. Emülgatör tipleri ve farklı yağ oranlarının kek hamuru reolojisine etkisiyle ilgili yapılan çalışmada, n değerlerinin 0,68-0,78 aralığında, K değerlerinin ise 8,49-26,36 aralığında değiştiği görülmektedir (Şakıyan ve diğ., 2004). Isıl işlemin bütün sıvı yumurtaların kek hamuru reoloji kullanımında etkisiyle ilgili yapılan bir çalışmada ise, n değerleri 0,51-0,59 aralığında, K değerleri 37,66-56,94 aralığında değişmektedir (Uysal ve diğ., 2014).

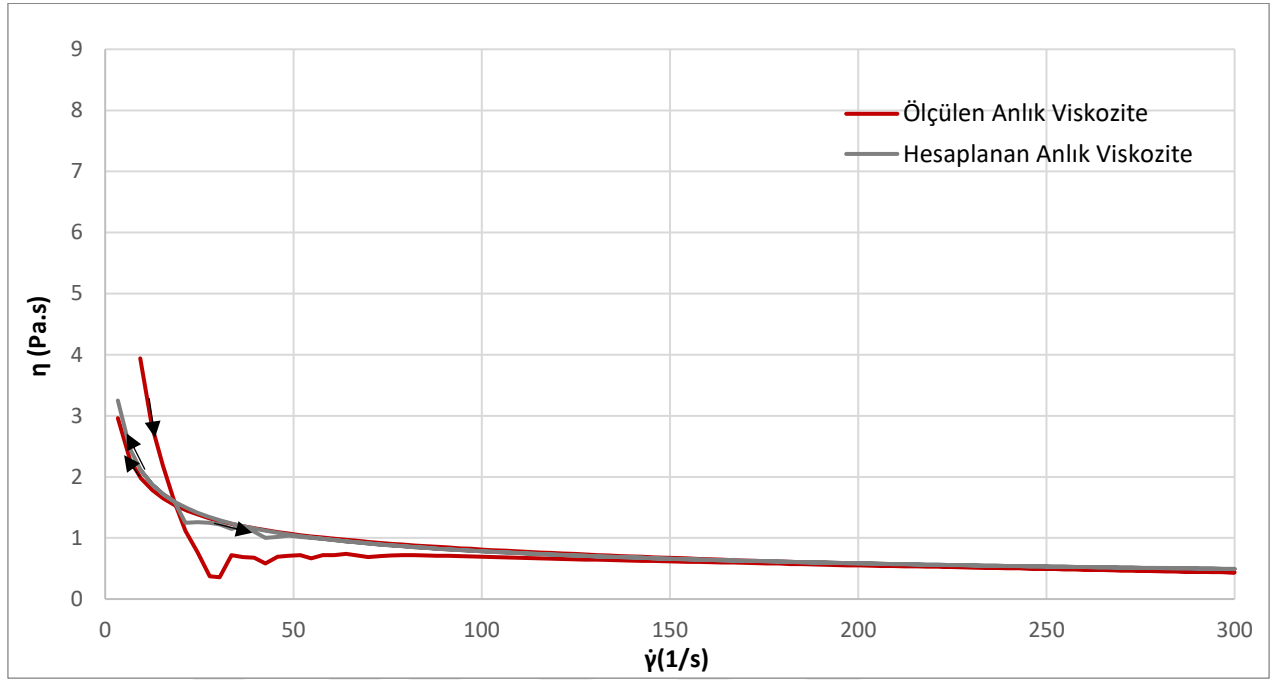
Kayma hızı – kayma gerilimi grafiğinin ölçümler sonucu elde edilmesinin ardından bu değerler kullanılarak ölçülen anlık viskozitenin (η), kayma hızı (γ̇) ile K ve n değerlerinden yararlanılarak, denklem 7.7 kullanılarak, kayma hızına karşılık gelen hesaplanan anlık viskozitenin üç örnek için grafikleri Şekil 8.2, Şekil 8.3 ve Şekil 8.4’te gösterilmiştir:



Şekil 8.2 : DI markalı yumurtadan yapılan kek hamuru örneğinin kayma hızı - anlık viskozite eğrisi.



Şekil 8.3 : EG markalı yumurtadan yapılan kek hamuru örneğinin kayma hızı - anlık viskozite eğrisi.



Şekil 8.4 : IP markalı yumurtadan yapılan kek hamuru örneğinin kayma hızı - anlık viskozite eğrisi.

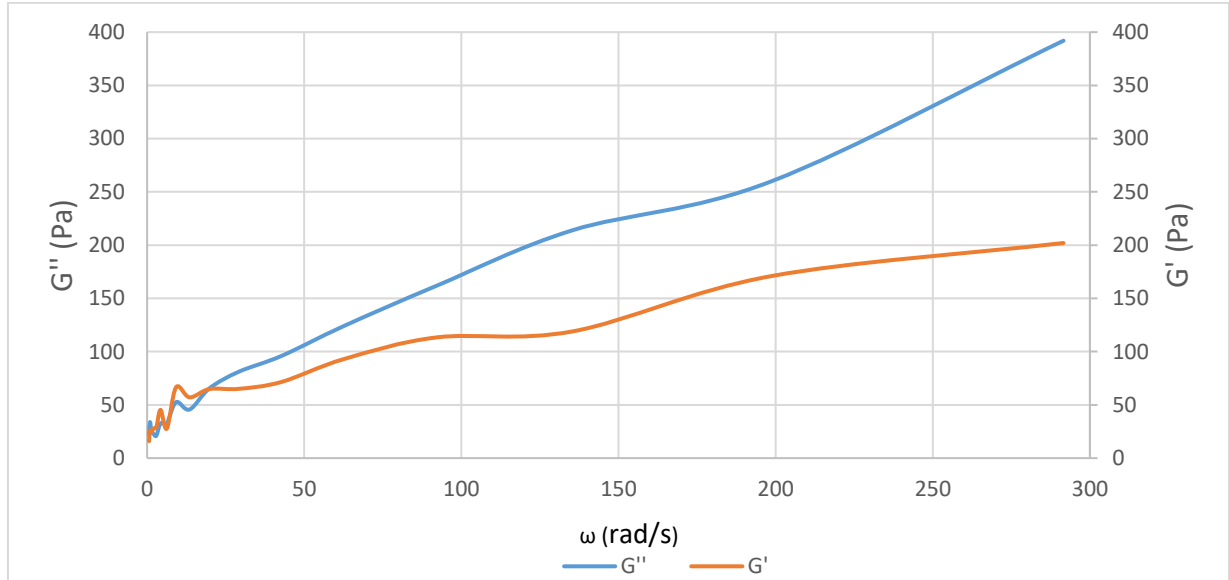
Kayma hızına karşılık anlık viskozite grafiğinde, Çizelge 8.3'te verildiği gibi $n < 1$ olduğu için psödoplastik özellik gösteren maddelerin kayma hızı arttıkça anlık viskoziteleri azalmaktadır. DI markalı yumurtadan yapılan kek hamuru örneği, üç örnek arasında en yüksek viskozite değerlerine tüm kayma hızı aralıklarında sahipken, EG ve IP sırasıyla takip etmektedir. Viskozite değerinin fazlalığı karıştırma esnasında giren havanın ne kadar engellendiğini göstermektedir. Yüksek viskozite ayrıca son ürünün pişirim esnasında yüksek stabiliteye sahip olacağını işaret etmektedir (Bozdoğan ve diğ., 2018). Ayrıca ölçülen ve hesaplanan anlık viskoziteler yaklaşık değerlerde olması, modellemenin doğru yapıldığını göstermektedir.

8.3.2. Düşük genlikli salınım ölçümleri

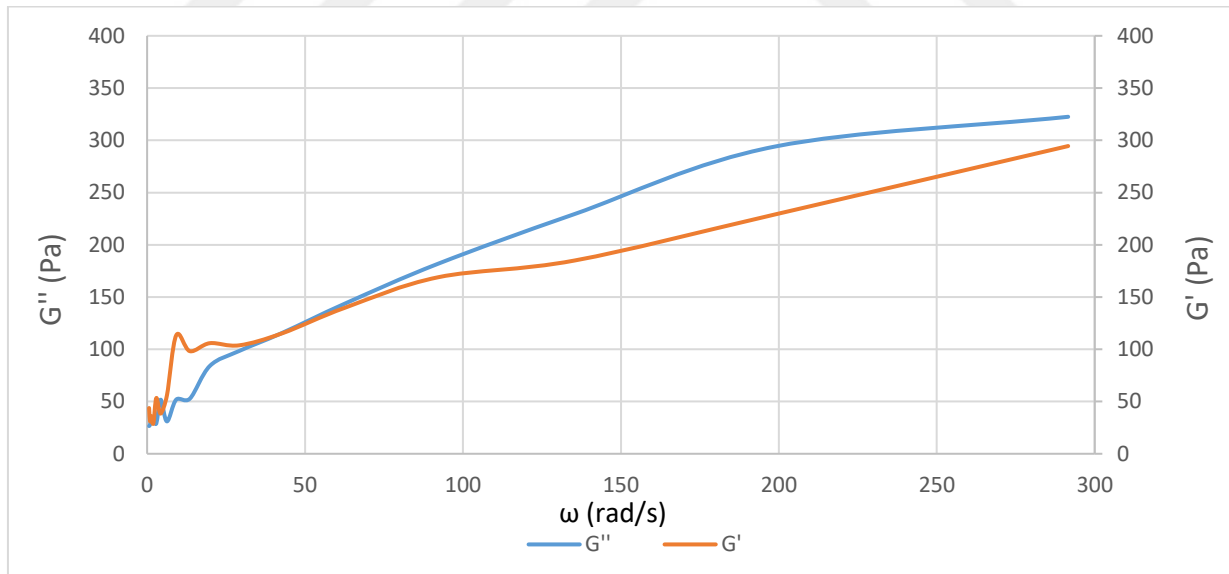
Düşük genlikli salınım ölçümlerinden (SAOS) frekans ve sıcaklık tarama testlerinin sonucunda viskoz ve elastik modüller elde edilmiştir.

8.3.2.1. Frekans tarama testi

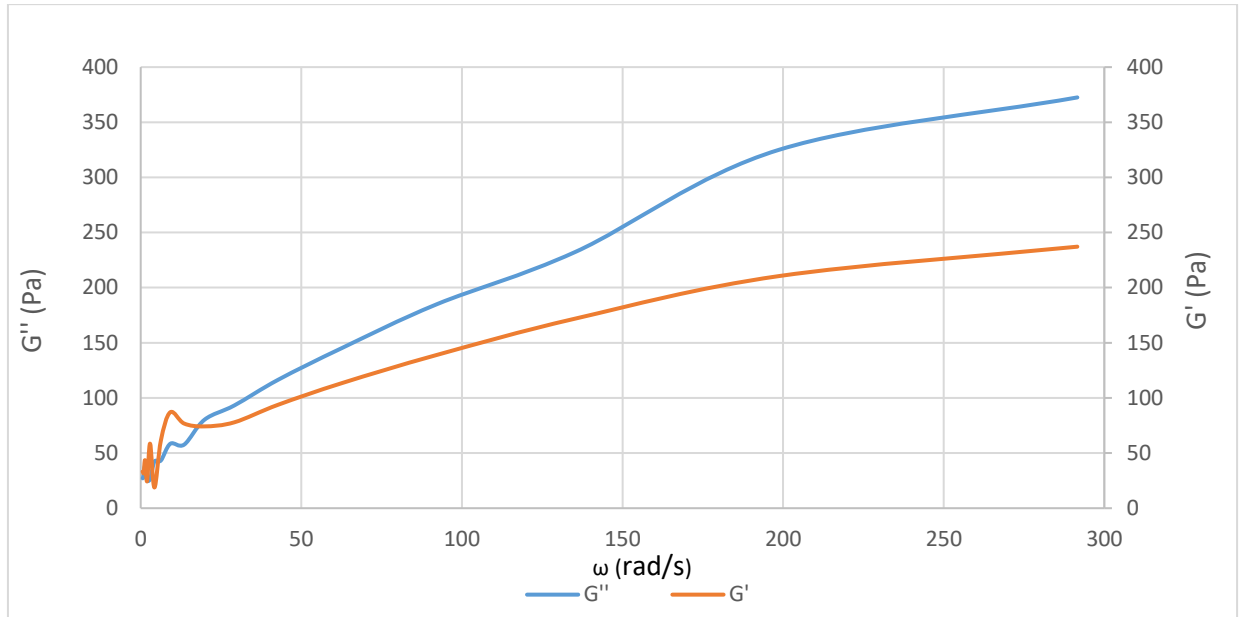
DI, EG ve IP örneklerinden elde edilen kek hamurlarının, sabit gerinim değerinde, G' ve G'' değerleri Şekil 8.5, Şekil 8.6 ve Şekil 8.7’de gösterilmiştir:



Şekil 8.5 : DI markalı yumurtadan yapılan kek hamuru örneğinin frekans taraması.



Şekil 8.6 : EG markalı yumurtadan yapılan kek hamuru örneğinin frekans taraması.



Şekil 8.7 : IP markalı yumurtadan yapılan kek hamuru örneğinin frekans taraması.

Kek hamurlarının ölçülen elastik ve viskoz modül değerlerinin eşit olduğu değerler ve frekans değerleri Çizelge 8.4’te verilmiştir:

Çizelge 8.4 : Kek hamuru örneklerinin elastik ve viskoz modüllerin eşit olduğu değerler ve frekans değerleri.

ÖRNEK	$G'=G''$ olduğu noktanın değeri (Pa)	$G'=G''$ olduğu frekans değeri (Hz)
DI	93,50	3,16
EG	115,55	6,80
IP	92,50	4,62

Aynı açısal frekans aralığında ölçülen örneklerin tamamında elastikiyet ve viskozitenin arttığı gözlemlenmiştir. Tüm örneklerde, düşük frekanslarda elastik modül, viskoz modülden yüksekken; 50 rad/s’den sonraki yüksek açısal frekanslarda viskoz modülü değerlerinin elastik modül değerlerine göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu davranış biçimi, düşük frekanslarda elastik modülün, viskoz modülden yüksekken; yüksek frekanslarda tam tersiyle karşılaşılması, konsantre ürünlerde görülmektedir (Giuseppe ve diğ., 2012). G'' değerleri karşılaştırıldığında, IP ve DI markalı yumurtadan yapılan kek hamuru örneklerinin birbirine yakın değerlerde, daha viskoz özellik gösterdiği ve EG markasından kullanılan

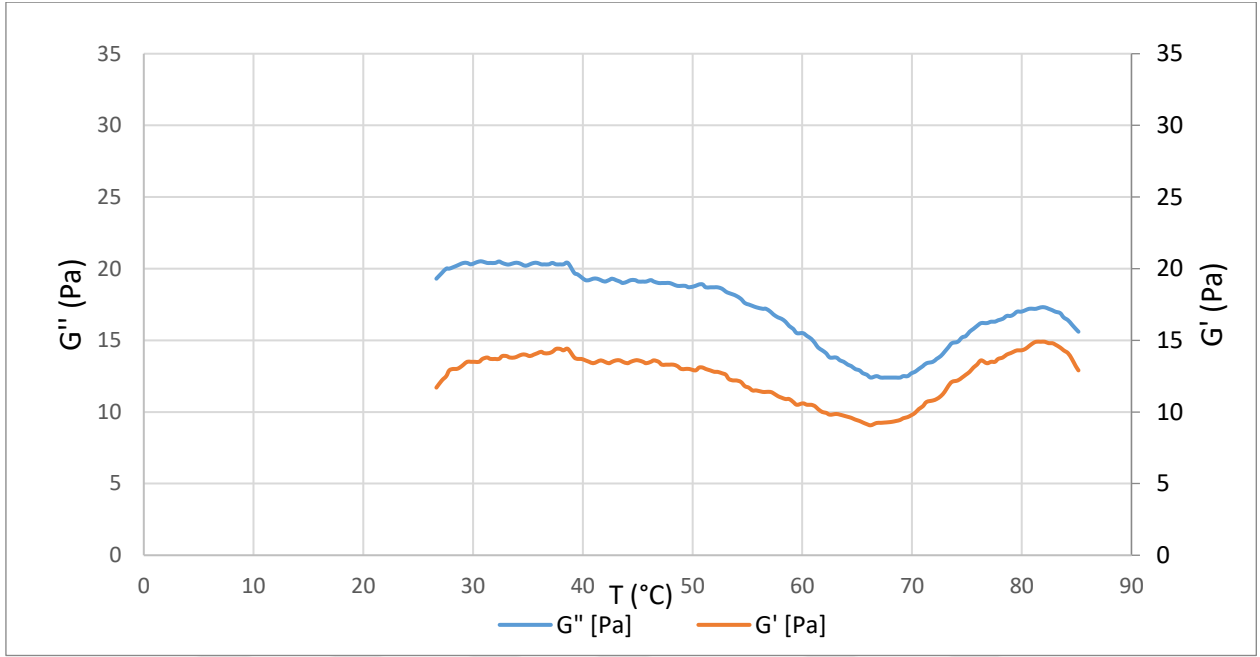
yumurtadan elde edilen kek hamurunun daha az viskoz olduğu gör÷lmektedir. Kek hamurunun su oranı azaldıkça, mod÷l değerleri artmaktadır (Peressini ve Sensodini, 2009). Bu da örneklerin, literatür verileriyle uyumlu olduğunu göstermektedir.

Elastik mod÷l değerleri incelendiğinde ise DI ve IP'ın elastikiyet değerlerinin birbirine yakın ve EG örneğinden daha yüksek olduğu gör÷lmektedir. Kek hamurunda elastik mod÷lün yüksek olması, protein konsantrasyonun yüksek olduğunu, daha iyi köpük oluşumunu göstermektedir (Mleko ve diğ., 2010). Buna göre, EG örneği en az protein konsantrasyonuna sahip, IP ve DI'nun daha yüksek konsantrasyonlara sahip olduğunu çıkarımı, yumurtadaki protein oranıyla uyuşmaktadır. Yumurta bileşimi analizi de bununla uyuşmaktadır. Ayrıca, kek hamurunun yoğunluğu ile elastik mod÷l değeri arasında ters bir ilişki bulunmaktadır (Sahi ve Alava, 2003). EG örneğinden yapılan kek hamurunun yoğunluğu en yüksek iken; DI ve IP örnekleri birbirlerine çok yakın değerlerde olup daha düşüktür. Kek hamuru yoğunluğu, kek içerisine nüfuz eden havayı göstermektedir ve bu hava proteinler tarafından stabil halde kalmaktadır (Kim ve diğ., 2012).

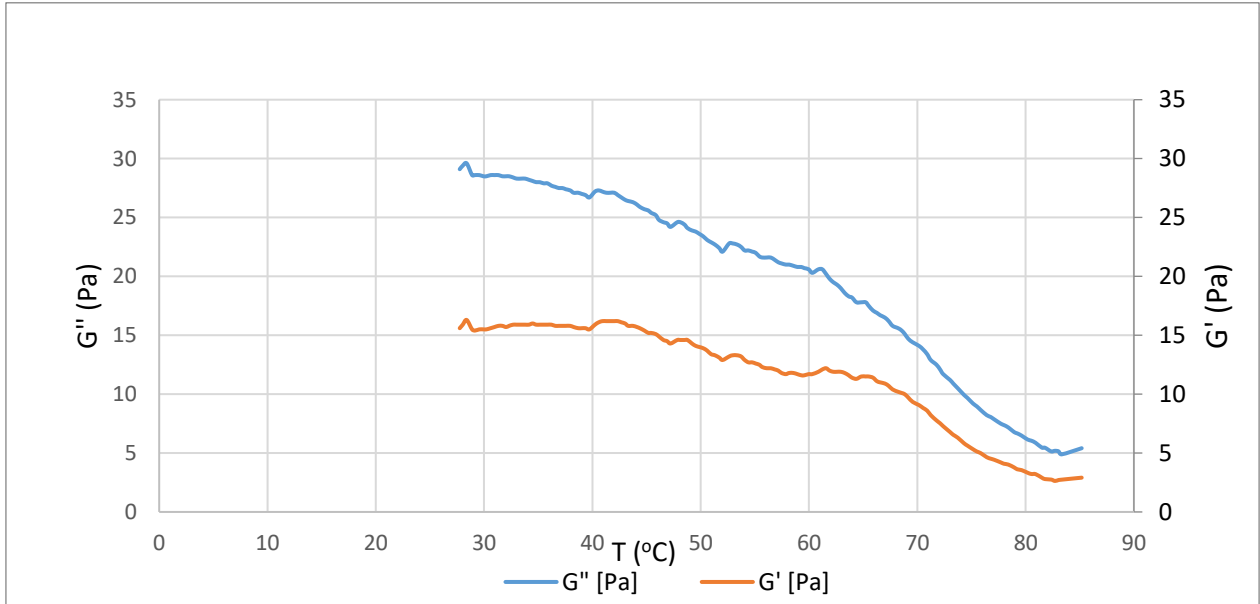
Çizelge 8.4 incelendiğinde ise G' 'ın G'' a eşit olması, ürünün elastik davranışında bir miktar kayıp, viskoz davranışında bir miktar kazanç olduğunu belirtmektedir (Schenker, 2017). G' 'ın G'' dan büyük olması elastik bir katı gibi davranışa; küçük olması ise viskoz sıvı gibi davranmaya meyilli olduğu göstermektedir (Matos ve diğ., 2014). Konsantre ürünlerde, düşük frekanslar için G'' , G' den küçük, yüksek frekanslarda G'' , G' dan büyüktür (Zhong ve Daubert, 2013). Üç örnekte de başlangıçta G'' G' den küçükte seyretmekteyken belirli frekans değerlerinden itibaren G'' değeri G' ı geçmiştir. Bu da kek hamurunun giderek viskoz yapıya eriştiiğini göstermektedir. Ayrıca yapılan çalışmalara incelendiğinde, glutensiz muffin üretiminde kullanılan yumurta sarısı, yumurta sarısı tozu ve dondurarak kurutulmuş yumurtalarda 0,01-10 Hz aralığında daima G' değeri G'' dan büyüktür (Marcet ve diğ., 2015). Glutensiz kek hamurlarında farklı liflerin kullanıldığı çalışmada ise örneklerin tamamında, tüm frekans aralığında G' değeri G'' dan büyük olmaktadır (Gularte ve diğ., 2012). Kinoa unu kullanılarak yapılan keklerde ise % 0 kinoaya sahip kek hamurunda G' değeri, G'' değeri, yaklaşık 110 Pa' da, 6 Hz'de eşit olurken, öncesinde G'' değeri büyüktür (Bozdoğan ve diğ., 2018). DI örneği ile kinoa unu kullanılarak yapılan kek örnekleri frekans ve mod÷llerin keşişme noktaları benzerlik göstermektedir.

8.3.2.2. Sıcaklık tarama testi

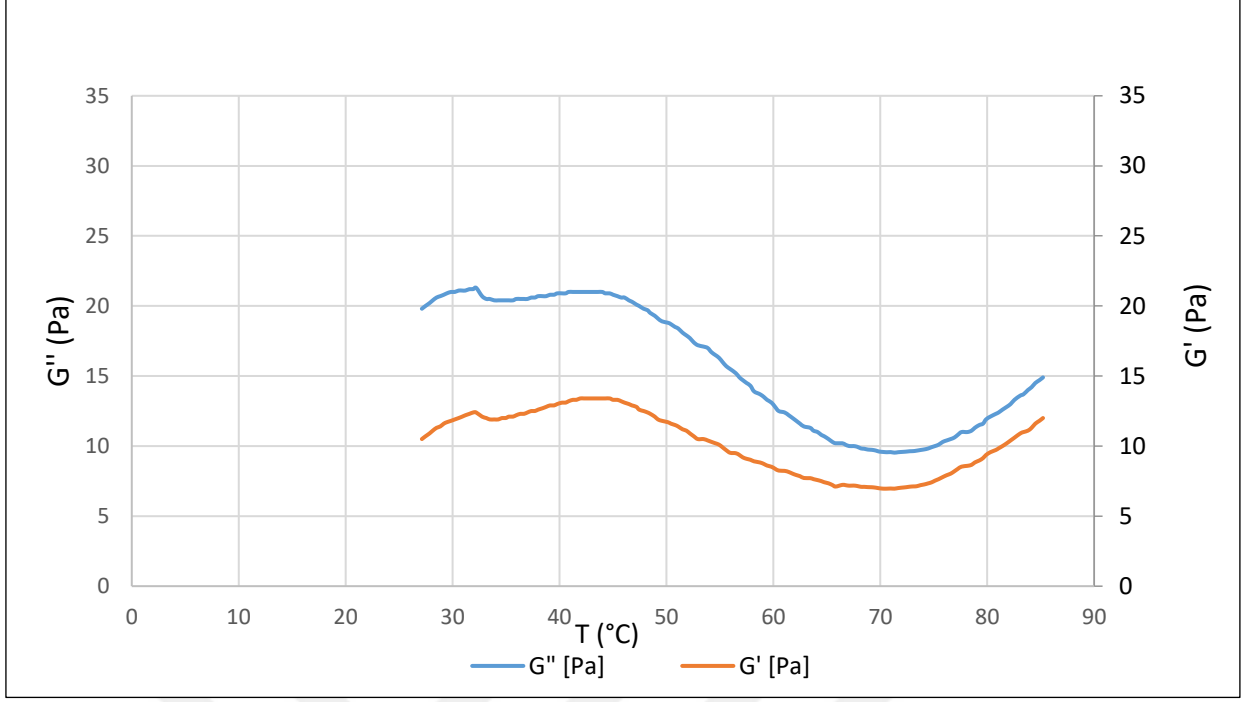
IP, DI ve EG örneklerinden elde edilen kek hamurlarının, 25°C'den 85°C'ye kadar ısıtılması esnasındaki, G' ve G'' değerleri Şekil 8.8, Şekil 8.9 ve Şekil 8.10'da gösterilmiştir:



Şekil 8.8 : DI markalı yumurtadan yapılan kek hamuru örneğinin sıcaklık taraması.

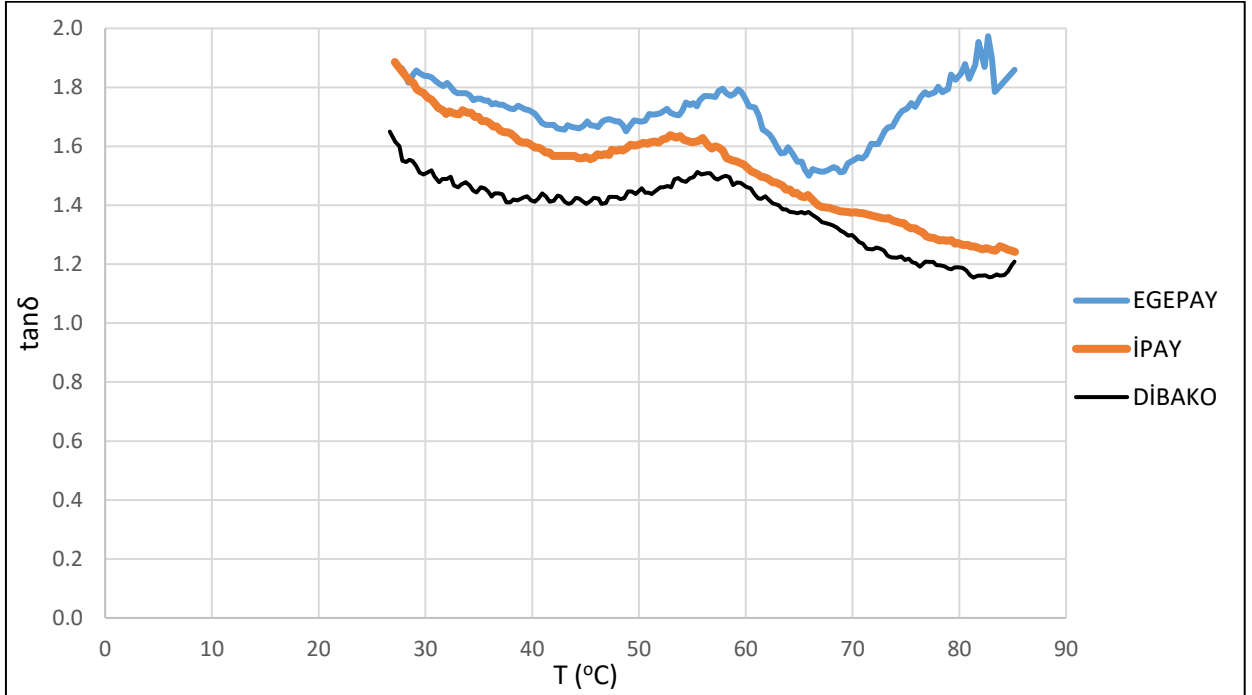


Şekil 8.9 : EG markalı yumurtadan yapılan kek hamuru örneğinin sıcaklık taraması.



Şekil 8.10 : IP markalı yumurtadan yapılan kek hamuru örneğinin sıcaklık taraması.

Sıcaklık taraması testinde faz açısı G'' ve G' in bölünmesiyle $\tan\delta$ elde edilmesi sonucu elde edilmiş olup sıcaklığa karşılık gelen $\tan\delta$ grafiği Şekil 8.11 'de verilmiştir:



Şekil 8.11 : Kek hamuru örneklerinin faz açısı değerleri.

Sıcaklık tarama testi ile elastik (G') ve viskoz (G'') özellikleri ölçülen örnekler incelendiğinde üç kek hamurunda da G'' değerleri G' değerlerinden yüksek olup kesişmemektedir. Bu da viskoz özelliğinin daha baskın olduğu göstermektedir. Bu değerler sıcaklık artışıyla beraber azalsa da belirli sıcaklık noktalarından itibaren tekrar artmaya başlamıştır. Değerlerdeki azalma, proteinlerin oluşturduğu bağlar ile gerçekleşirken; viskoz ve elastik değerlerindeki artışlar 65-85°C aralığında gerçekleşen nişastanın jelatinizasyonu ile ilişkilendirilmektedir (Pernell ve diğ., 2002). Nişastanın jelatinizasyonunun geç gerçekleşmesi, hava kabarcıklarının daha uzun sürede genişlemesine ve kek hacminin daha fazla olmasına yol açmaktadır (Christaki ve diğ., 2017). EG yumurta ile yapılan kek hamuru örneği yaklaşık 81°C, DI ile yapılan örnek yaklaşık 68°C ve IP ile yapılan örnek yaklaşık 70°C'de jelleşmeye başladığı değerlerin yeniden artmasıyla görülmektedir. Ayrıca kek hamurunun içerisindeki köpük ısıtıldığı zaman genişlemekte ve bir süre sonra proteinler tarafından stabil halde kalması sağlanmaktadır. Proteinler tarafından tutulan hava viskoz değerini düşürmektedir (Mleko ve diğ., 2010). En yüksek protein oranına sahip DI örneği oda sıcaklığında en düşük G'' değerine sahiptir. Ona yakın değere sahip IP örneği, oda sıcaklığında DI ile benzer bir değere sahipken; en az protein oranına sahip EG örneğinden yapılan kek hamuru 25°C'de daha viskozdur. Yüksek sıcaklıklara ulaşıldığında ise, kek hamurlarında, proteinlerin denatürasyonu ve nişastanın jelleşmesi ile birlikte elastik özellik artmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda DI ve IP örneklerinden yapılan kek hamurları benzerlik gösterirken, EG örneği, jelatinizasyonun geç başlamasının etkisi ile de düşük G' değerine sahiptir.

Faz açısının, sıcaklık artışıyla incelendiği noktada, tüm örnekler için $\tan\delta$ değerinin 1'den büyük yani faz açısının 45°'den büyük olduğu görülmektedir. Sıcaklık arttıkça, protein denatürasyonu ve nişasta jelatinizasyonu gerçekleşmekteyken $\tan\delta$ değerleri düşmekte ve viskoz yapı baskınlığını sürdürmektedir. Ayrıca proteinler tarafından tutulan hava, viskoz değerini düşürdüğünden , en düşük protein oranına sahip EG örneği en yüksek faz açısı değerine sahip özellik göstermektedir. Protein oranları birbirine yakın DI ve IP örneklerinde sıcaklık arttıkça, faz açıları da birbirine yaklaşmaktadır (Mleko ve diğ., 2010).

8.4. Kekin Fiziksel Ölçümleri

Kek hamurlarının pişirilmesi, soğutulması ve paketlenmesinin 24 saat sonrasında nem, su aktivitesi, tekstür ve renk değerleri ölçülmüştür.

8.4.1. Kekin Su Aktivitesinin Ölçülmesi

Son ürünlerin 25°C’de ölçülen su aktivitesi değerleri Çizelge 8.5’te verilmiştir:

Çizelge 8.5 : Keklerin su aktivitesi değerleri.

ÖRNEK	SU AKTİVİTESİ
IP	0,78 ± 0,00 ^a
DI	0,75 ± 0,00 ^c
EG	0,77 ± 0,00 ^b

- Aynı sütundaki farklı harfi (a,b,c) olan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Çizelge 8.5’te verilen üç örnek arasında önemli bir fark bulunmaktadır (p <0,05). Su aktivitesi değerinin 0,85’in üstünde olması mikrobiyal riske açık olduğu, 0,60’ın altı datamamen mikrobiyal riskten uzaklaşmak anlamına gelmektedir. Üç örnek de orta nemli gıdalar yani 0,60 - 0,85 aralığındaki kategoride yer almaktadır. Küf ve osmofilik maya gelişimi raf ömrü süresince karşılaşma ihtimali bulunan risklerdir (Zhou ve Hui, 2014). Potasyum sorbat kullanımı ise mikrobiyal oluşumu geciktirmekte veya engellemektedir. Enzimatik reaksiyonlar ise su aktivitesiyle beraber artmaktadır. Buna göre, IP örneğinde daha fazla, DI da ise daha az enzimatik reaksiyon görülmesi beklenmektedir. Esmerleşme reaksiyonları ise daha düşük su aktivitelerinde daha hızlı gerçekleşmekte ve DI’da daha fazla Maillard reaksiyonu beklenmektedir.

8.4.2. Kekin Nem Değerlerinin Ölçülmesi

Son ürünlerin 25°C’de ölçülen nem değerleri Çizelge 8.6’da verilmiştir:

Çizelge 8.6 : Keklerin nem değerleri.

ÖRNEK	NEM DEĞERİ (%)
IP	12,6 ± 0,02 ^b
DI	12,5 ± 0,05 ^b
EG	13,3 ± 0,02 ^a

- Aynı sütundaki farklı harfi (a,b) olan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Çizelge 8.6’da verilen nem değerleri arasında önemli fark bulunmaktadır (p<0,05). Nem değerleri kek için optimum %10 – 20 arasında olmalıyken tüm örnekler bu aralıktadır (Taip ve diğ., 2014). Yumurtanın su içeriği ile keklerin nem değerleri arasında doğrusal bir ilişki vardır. En yüksek nem içeriğine sahip EG yumurtasından yapılan kek de örnekler arasında en fazla neme sahip olduğu söylenebilir. En düşük neme sahip DI yumurtasının örneğinin de nem oranı en azdır.

8.4.3. Keki Renk Değerlerinin Ölçülmesi

Üç farklı yumurta örneğinden yapılan keklerin CIELAB skalasına göre, L (parlaklık), a (+ kırmızı, - yeşil), b (+ sarı, - mavi) renk değerleri ölçülmüş olup Çizelge 8.7’de gösterilmiştir:

Çizelge 8.7 : Keklerin renk değerleri.

ÖRNEK	L	a	b
IP	57,56 ± 0,02 ^b	12,66 ± 0,01 ^c	45,22 ± 0,00 ^a
DI	59,58 ± 0,01 ^a	16,35 ± 0,00 ^a	42,07 ± 0,01 ^b
EG	55,76 ± 0,03 ^c	14,94 ± 0,03 ^b	39,89 ± 0,01 ^c

- Aynı sütundaki farklı harfi (a,b,c) olan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Çizelge 8.7’de verilen L, a, b değerlerinde önemli farklılık bulunmaktadır (p < 0,05). Dış renk ölçümleri sonucunda L değeri en az EG örneğindeyken; IP ve DI daha fazla ve birbirine yakın parlaklık değerlerine sahiptir. a değerinde ise DI en yüksek kırmızılık değerindeyken; IP örneği, diğer örneklerle göre daha az kırmızılıktadır. b değeri

incelendiğindeyse, IP örneğinde sarı rengi daha yüksekken; EG örneğinde sarı değeri en azdır. Protein oranı ile parlaklık arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır (Rahmati, 2014). Buna göre en fazla protein oranına sahip DI örneğinin, en fazla L değerine yani en parlak özellik gösterdiği teyit edilmektedir. Ardından gelen EG ve IP örneklerinin protein oranları sırasıyla 8,19 ve 10,59 olup , parlaklık değerleri de proteinleriyle doğru orantılıdır. a değerinin fazla olması ile Maillard reaksiyonunun aynı proses koşullarında daha hızlı gerçekleştiğini çıkarımı yapılabilmektedir. (Bajaj ve diğ., 2019). Buna göre, Maillard reaksiyonunun en fazla DI örneğiyle yapılan kek, en az ise IP örneğiyle yapılan kek gerçekleştiği söylenebilir. Kırmızılık değerleri 12,66 – 16,35 aralığında değişmektedir. DI örneği en yüksek a değerine sahipken; EG daha az kırmızılığa, IP örneği ise en az a değerine sahip olan örnektir. b değerine bakıldığında kek örneklerinin sarılığı gözlemlenmektedir. Buna göre, IP örneği en sarı kabuk rengine sahipken; DI örneği ondan daha az sarı, EG ise en az sarı kabuk rengine sahip kek örneğidir.

8.4.4. Kek Tekstürünün Ölçülmesi

Kek örneklerinin sertlik, çiğnenebilirlik, iç ve dış yapışkanlık, esneklik değerleri ölçülmüş olup ölçüm sonuçları Çizelge 8.8’de verilmiştir:

Çizelge 8.8 : Keklerin tekstür değerleri.

ÖRNEK	SERTLİK (g)	ÇİĞNEBİLİRLİK (g)	İÇ YAPIŞKANLIK	DIŞ YAPIŞKANLIK	ESNEKLİK (mm)
IP	82,00 ± 1,40 ^b	64,36 ± 0,19 ^b	0,77 ± 0,00 ^b	0,05 ± 0,01 ^b	3,83 ± 0,02 ^b
DI	102,25 ± 1,09 ^a	70,02 ± 0,38 ^a	0,74 ± 0,01 ^b	0,04 ± 0,02 ^b	3,79 ± 0,02 ^c
EG	75,00 ± 0,85 ^b	59,62 ± 0,20 ^c	0,85 ± 0,04 ^a	0,07 ± 0,01 ^a	3,95 ± 0,00 ^a

- Aynı sütundaki farklı harfi (a,b,c) olan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Çizelge 8.8’deki tekstür değerleri incelendiğinde, sertlik, çiğnenebilirlik, iç ve dış yapışkanlık, esneklik değerlerinde önemli farklılık bulunmaktadır (p < 0,05). Keklerin sertlik

değerleri incelendiğinde, EG örneği en düşük sertlik değerine sahiptir. IP örneği ise EG örneği ile aralarında önemli farklılık bulunmasa da daha sert, DI ise en sert örnek durumundadır. Ürün nem kaybettikçe, sertlik değeri artmaktadır (Chueamchaitrakun ve diğ., 2011). Bu bağlamda, en fazla neme sahip olan EG'nin en yumuşak kek tekstürüne sahiptir. Ayrıca, protein oranı ile sertlik arasında doğrusal, yağ oranı ile sertlik arasında ters bir ilişki bulunmaktadır.(Marcet ve diğ., 2015). Buna göre, en yüksek protein, en düşük yağ değerine sahip DI örneği, en sert; en düşük protein, en yüksek yağ oranına sahip EG örneği, en yumuşak kek örneğidir.

Çiğnenebilirlik , sertlik, iç yapışkanlık ve esnekliğin birleşimiyle elde edilen enerji olarak tanımlanmaktadır (Agrahar-Murugkar ve diğ., 2016). Buna göre en yüksek sertliğe sahip DI örneği, en yüksek çiğnenebilirliğe sahipken; en yumuşak örnek olan EG, en düşük çiğnenebilirliğe sahiptir.

İç yapışkanlık da sertlik ve çiğnenebilirlik ile bağlantılı olup, iç yapışkanlık değerinin artması, denatüre olmamış ve havanın kek içerisinde kalmasını sağlayan protein bağları sayesinde gerçekleşmektedir. Bu da düşük köpürme kapasitesine sahip kek hamurlarının son ürünlerinin yüksek iç yapışkanlığa sahip olduğunu söylemektedir (Uysal ve diğ., 2018). Buna göre, en yüksek yoğunluğa sahip EG örneğinin iç yapışkanlığı örnekler içerisinde en fazla iken; en az yoğunluğa sahip DI örneği, en düşük iç yapışkanlığa sahiptir.

Dış yapışkanlık ise, kekin dişlere yapışma derecesini göstermekte olup, iç yapışkanlık ile doğru orantılıdır (Conforti ve Archilla, 2001). Buna göre, iç yapışkanlığı en az olan DI örneğinin, en fazla havalanan olması ve dış yapışkanlığının da en az olması uyusmaktadır. Tam tersi olarak, dış yapışkanlığı en yüksek olan EG örneği, en yüksek iç yapışkanlığa sahiptir.

Son olarak esneklik, kek örneklerinin tazelik ve kalite bakımından bir göstergesi olup, iyi havalandırılmış kekler, daha esnek durumundadır (Grasso ve diğ., 2020). İyi havalandırılmış kekler, düşük yoğunlukta, yüksek protein oranında olup, çalışmadaki kek örnekleri içerisinde en yüksek yoğunluğa sahip olan EG örneği, en elastik örnek durumundadır. En düşük yoğunluğa, protein oranına sahip olan DI örneği ise en az esnek örnek durumundadır.

Yumurta ikamelerinin sarı katmanlı keke etkisi ile ilgili yapılan bir çalışmada, bütün tavuk yumurtası ve toz haline getirilmiş yumurtaların farklı oranlarıyla denemeler yapıldıktan hemen sonra gerçekleştirilen ölçümlerde keklerin sertliğinin 235,82-295,22 g aralığında, iç yapışkanlığın 0,82-0,86 aralığında değiştiği görülmüştür (Ratnayake ve diğ., 2011). Yumurta akı proteinleri ve yumurta alternatiflerinin melek keklerde karşılaştırılmasıyla ilgili bir yapılan

bir çalışmada ise, yumurtanın kullanıldığı melek keklerde esneklik değerleri 0,84-0,91 mm, iç yapışkanlık değerleri 0,79-0,84 aralıklarında değişmektedir (Agrahar - Murugkar ve diğ., 2016). Isıl işlemin bütün sıvı yumurtaların kek kalitesine etkisi ile ilgili yapılan başka bir çalışmada ise, iç yapışkanlık değerlerinin 0,007-0,11 aralığında, sertlik değerlerinin 1,11-1,41 N ve çiğnenebilirlik değerlerinin de 0,008 – 0,011 N aralıklarında değiştiği görülmekte olup ısıtıl işlemin artmasının kek tekstürünü daha sert, daha çiğnenebilir hale getirdiği sonucunda varılmıştır (Uysal ve diğ., 2018). Salehi ve Kasheninijad'ın (2017) ayva tozunun sünger keke tekstürel etkileriyle ilgili yaptığı bir çalışmada, esneklik değeri farklı ayva tozu oranlarında 0,87-0,90 mm, çiğnenebilirlik değerleri 371,50 – 638,33 g, iç yapışkanlık ise 0,42-0,58 aralıklarında ölçülmüştür. Kızılötesi ile kurutulmuş kültür mantarlarının sünger kekin tekstürel özelliklerine etkisi ile ilgili yapılan bir çalışmada ise farklı mantar oranlarında, sertlik değerleri 416,98-861,11 g, çiğnenebilirlik değerleri 251,63 - 450,46 g, iç yapışkanlık değerleri de 0,58 – 0,65 aralıklarında değişmektedir (Salehi ve diğ., 2016):

Kek hamuru reolojisi ve tekstür arasındaki ilişkiye bakıldığında ise, sıcaklık taraması testi sonucu elde edilen anlık viskozite, elastik ve viskoz modüller ve faz açısı, sertlik hakkında yeterli bilgi verememektedir. İç yapışkanlık ise, elde edilen anlık viskozite ve faz açısı ile negatif bir korelasyon içerisindedir (Christaki ve diğ., 2017).

8.4.5. Yumurta Bileşenleri ve Kek Parametreleri Arasındaki Korelasyon İlişkisi

Yumurta bileşenleri (nem, protein, yağ, karbonhidrat, kül) ve kek nemi ile son ürün parametreleri (nem, renk, tekstür) arasındaki Pearson korelasyon katsayıları Çizelge 8.9'da gösterilmiştir:

Çizelge 8.9 : Yumurta bileşenleri, kek nemi ve kek parametreleri arasındaki korelasyon katsayıları

Yumurta Bileşeni / Parametre	Nem	L	a	b	Sertlik	Çiğnenebilirlik	İç yapışkanlık	Dış yapışkanlık	Esneklik
Su	0,80	-0,99	-0,55	-0,22	-0,99	-0,99	0,90	0,93	0,89
Protein	-0,99	0,95	0,06	0,68	0,82	0,93	-0,99	-0,98	-0,99
Yağ	0,96	-0,98	-0,24	-0,53	-0,91	-0,98	0,99	0,99	0,99
Karbonhidrat	0,04	-0,20	0,81	-0,98	0,03	-0,19	0,47	0,41	0,49
Kül	0,99	-0,97	-0,61	-0,15	-0,99	-0,98	0,86	0,89	0,85
Kek Nemi	-	-	-	-	-0,72	-0,86	0,97	0,96	0,98

Korelasyon katsayıları incelendiğinde, yumurtanın su içeriği ile son ürün arasında doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Renk değerleri için ise L değeri üzerinde negatif yönde yüksek oranda ilişkiye sahipken; a değerinde daha az, b değerinde en az negatif yönlü ilişkiye sahiptir. Yumurtanın su içeriğinin artmasıyla sertlik ve çiğnenebilirliğin yüksek oranlarda azaldığı, iç yapışkanlık, dış yapışkanlık ve esneklik değerlerinin önemli ölçüde arttığı gözlemlenmiştir.

Yumurtanın protein değerlerine bakıldığında, protein miktarı arttıkça nemin azalacağı görülmektedir. Son ürünün parlaklık değerini önemli oranlarda arttıracığı görülürken, a değerinde 0,06 korelasyon katsayısı ile yüksek etki göstermediği ile karşılaşılmaktadır. Yumurta içerisinde proteinin yüksek olması ise korelasyon katsayıları incelendiğinde daha sert, daha çiğnenebilir ancak iç yapışkanlığı, dış yapışkanlığı ve esnekliği düşük ürünler oluşacağını teyit etmektedir.

Yağ değerleri arasında önemli farklılıklar bulunmasa dahi yumurtanın nem, iç yapışkanlık, dış yapışkanlık ve esnekliğe doğrusal, parlaklık, sertlik ve çiğnenebilirliğe ters yönde etki yaptığı söylenebilmektedir.

Karbonhidrat değeri ise a değeri ile pozitif b değeri ile negatif korelasyon ilişkisi içerisindeyken diğer parametreler ile korelasyon katsayıları düşüktür.

Kek nemi ile yumurtadaki su oranına benzer şekilde, sertlik ve çiğnenebilirlik ile pozitif, diğer tekstürel değerler ile negatif korelasyon ilişkisi bulunmaktadır.

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Endüstrideki bir problemi çözmeyi amaçlayan bu tez çalışmasında, üç farklı yumurta örneğindeki bileşenlerin, kek hamurunun reolojisine ve son ürünün başta tekstür olmak üzere renk, nem, su aktivitesi gibi kalite parametrelerine etki edip etmediği incelenmiştir. Yumurta bileşenlerinde istatistiksel farklılık görülürken, kek hamuru için yoğunluk ve kıvam katsayısı için farklılık görülüp, akış davranış indeksinde farklılık gözlemlenmemiştir. Son üründe ise, su aktivitesi, nem değerleri, renkteki L, a, b değerleri, tekstürde de sertlik, çiğnenebilirlik, iç yapışkanlık, dış yapışkanlık ve esneklik değerlerinde istatistiksel farklılık görülmüştür. Yapılan ölçümlerin sonuçları ile literatür verileri uyumludur.

Yapılan çalışmalarda, kek hamurlarının tamamının, kayma kuvvetiyle incelen yani psödoplastik davranış gösterdiği, elde edilen akış davranışının Üslü Yasa'ya uygun olduğu saptanmıştır. Kayma hızına karşılık gelen kayma gerilimi grafiğinde elde edilen anlık viskozitenin artan kayma hızına grafiği sonucunda, viskozitesi düşük olan IP örneğinin en yüksek stabiliteye, viskozitesi yüksek olan DI ise en düşük stabiliteye sahiptir. Örneklerin, viskoelastik değerlerinin ölçüldüğü frekans tarama testinde ise, örneklerin tamamında frekans arttıkça, elastik ve viskoz modüllerin de arttığı görülmektedir. Bu frekans aralığında, düşük frekanslarda G'ın G''dan, yüksek frekanslarda ise tam tersinin olduğu gözlemlenmektedir. Yumurta bileşiminindeki su oranının fazla olması ise viskoz modül değerlerini azaltmaktadır. EG örneği en fazla su miktarına sahip olup, daha az viskoz hamur özelliği gösterirken, son üründe daha fazla neme, daha yumuşak, daha az çiğnenebilir, iç yapışkanlığı, dış yapışkanlığı ve elastikiyeti daha yüksek ürünler oluşturmuştur. En az su miktarına sahip DI da ise, daha az nem, daha sert, daha çok çiğnenen, iç yapışkanlığı, dış yapışkanlığı ve esnekliği daha düşük ürünler elde edilmektedir. Protein miktarının yüksek olması ise, elastik modülün yüksek, köpük oluşumunun iyi olduğunu göstermektedir. Bu da en yüksek protein oranına sahip DI örneğinin, daha düşük yoğunlukta, daha yüksek elastik modülde, son ürününde ise daha

parlak, sertliği, çiğnenebilirliği yüksek, esnekliği düşük olduğu görülmektedir. 24°C'deki kek hamurunda elastik modül yüksek iken; pişirme sonucu elde edilen üründe elastikiyetin düşük olması ise sıcaklık taraması testi ile açıklanmaktadır. Sıcaklık artışıyla beraber, tüm kek hamurlarında, elastik ve viskoz modül azalmaktadır. Protein denatürasyonu, nişastanın jelatinizasyonu gibi değişimler bunu etkilemektedir.

Fiziksel ölçümlere bakıldığında ise, yumurta örneklerinin farklılığı, su aktivitesi değerlerini mikrobiyal açıdan riskli su aktivitesi ($a_w > 0,85$) değerlerine getirmemektedir. Nem değerı ise, yumurtanın nemiyle doğru orantılı olup daha düşük neme sahip olanın daha sert, daha az yapışkan ve daha az esnek olduğu görülmektedir. Yumurtadaki karoteneidin renge etkisinin yanısıra renk ölçümü sonuçları incelendiğinde, protein oranları ve Maillard reaksiyonuna bağlı olarak renk değerleri değerışkenlik göstermektedir. Doku profili analizi değerlerinde ise, tüm doku analizleri sertlikle ilişkilendirilmiş olup, kek hamurunun iyi havalanması, yoğunluğun düşük olmasına neden olur, tüm tekstürel özelliklerde etkilidir. İyi havalanma ise, protein, karışırma metodu, unun elenmesi gibi parametrelerden etkilenirken, sadece yumurta bileşenlerinin farklı olmasından dolayı protein ve yoğunlukla bağlantılıdır. Renk analizi değerlerinde ise, L değerı en yüksek olan DI rneği en parlak kek olup en yüksek protein oranına sahip olması ile ilişkilendirilmektedir.

Son üründe gerçekleşen fiziksel ölçümler sonucunda, tekstürel anlamda yumuşak olmayan, çiğnenebilir, i ve dış yapışkanlıkları az kek olan DI rneği, en tercih edilebilir örnektir. Renk analizi ölçümleri sonucunda, daha parlak, tüketicinin ilgisini çekecek ürün de DI rneğidir. DI örneğinin kek hamuru, IP ve EG rneklerinin kek hamuruyla karşılaştırıldığında ise artan ve azalan kayma hızı boyunca en yüksek anlık viskoziteye sahiptir. Frekans tarama testinde ise G' ve G'' 'nin eşit olduğu frekans aralığı en erken DI rneğinde görülmektedir. Frekans arttıkça, viskoz modülün, elastik modülden fazla olduğu görülmektedir. Sıcaklık tarama testinde ise, nişastanın en erken jelleştiği örnek olup daha az hava kabarması ve daha sert olması arasında ilişki kurulmaktadır. EG rneği ise en yüksek jelatinizasyon sıcaklığına sahip olup daha yumuşak kek durumundadır. DI örneğinin,  örnek içerisinde protein oranının en fazla, su oranının en az olması nedeniyle tüketicisi için en tercih edilebilir kek örneğidir.

Sonc olarak, yumurta bileşenlerinden protein ve su, kek hamurunun reolojisi ve son ürüne doğrudan etki etmektedir. Yumurtadaki yüksek protein oranında, sabit sıcaklıkta frekans arttıkça elastik modülü baskın ve yüksek iken, sıcaklık artışıyla bu özellik azalmaktadır ve son üründe esnekliği az ürün elde edilmektedir. Ayrıca, havayı tutabilme özelliğinden dolayı, daha düşük yoğunlukta, tekstürel anlamda daha sert, daha çok çiğnenen,

iç ve dış yapışkanlığı az, renk olarak daha parlak kalite özelliklerine sahiptir. Yumurtanın yüksek su oranı ise, sabit sıcaklıkta daha az viskoz kek hamuruna, sıcaklık artışı sonucunda nişastanın jelleşmesi esnasında modüllerin artmasına ve son üründe daha fazla neme, az sertliğe, kolay çiğnenebilirliğe, yapışkanlığı daha yüksek, yüksek elastikiyete yol açmaktadır. Yumurtanın yağ oranının artması ise, son ürünün sertliğini buna bağlı olarak çiğnenebilirliğini azaltmaktadır. Karbonhidrat oranında ise, karbonhidratın sadece % 0,3'ünün serbest halde olması, geri kalanının bağlı bileşik halinde bulunması ve yumurta içerisindeki oranının düşüklüğünden dolayı önemli bir etki bırakmamaktadır. Bu yüzden, tüketiciye sunulmak istenen ürünlerde, istenen kalite özelliklerine uygun, yumurtaların nem, protein öncelikli, ardından yağ oranları değerlendirilmelidir. Standart bir üretim oluşturmak için de, yumurta bileşenleri değerlendirilmeli, tavuğun beslenme, yetiştirilme koşulları, proses gibi birçok faktörden dolayı oluşan farklılıklar gözetilerek, tedariki, mümkün oldukça birbirine yakın özellikteki yumurtalardan yapılmalıdır. Tedarik edilen yumurta bileşenlerinin birbirinden farklı olması durumunda ise farklılık oluşturan bileşenler belirlenmeli, bileşenlerin yarattığı farklılıkları karşılayacak şekilde su veya yumurta ikameleri eklenmeli veya yumurtanın reçete içerisindeki ağırlığı değiştirilmelidir.



KAYNAKLAR

- Abeyrathne, E.D., Lee, H.Y., ve Ahn, D.U.** (2014). Separation of ovotransferrin and ovomucoid from chicken egg white. *Poultry Science*, 93(4), 1010–1017.
- Abu-Ghoush, M., Herald, T. J., ve Aramouni, F. M.** (2010). Comparative Study of Egg White Protein and Egg Alternatives Used in Food Angel Cake System. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34, 411–425.
- Afoakwa, E.O., Paterson, A., ve Fowler, M.** (2007). Factors influencing rheological and textural qualities in chocolate. *Trends in Food Science and Technology*, 18, 290-298.
- Agrahar-Murugkar, D., Zaidi, A., Kotwaliwale, N., ve Gupta, C.** (2016). Effect of Egg-Replacer and Composite Flour on Physical Properties, Color, Texture and Rheology, Nutritional and Sensory Profile of Cakes. *Journal of Food Quality*, 39(5), 425–435.
- Ak, M.** (1997). Reoloji bilim dalı ve gıda endüstrisi. *Gıda ve Teknoloji*, 2(4), 36-46.
- Alaşahan, S., Garip, M., Çağlayan, T., ve Ateş, C. T.** (2019). Halk Elinde Yetiştirilen Kaz, Ördek Ve Hindi Yumurtalarının Bazı Dış Kalite Özelliklerinin İncelenmesi. *Harran Üniv Vet Fak Derg*, 8 (1), 21-25.
- Alleoni, A.C.** (2006). Albumen Protein and Functional Properties of Gelation and Foaming, *Scientia Agricola*, 63(3), ss. 291-298.
- Anton, M.** (2007). Low-density Lipoproteins (LDL) or Lipovitellenin Fraction. *Bioactive Egg Compounds*, 7–12.
- Anton, M.** (2007). High-density Lipoproteins (HDL) or Lipovitellenin Fraction. *Bioactive Egg Compounds*, 13–16.
- AOAC.** (1990). Official Methods for the Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chem. Arlington, AOAC International, ABD.
- AOAC.** (1995). International Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th ed. Arlington, VA, AOAC International, ABD.
- AOAC.** (2005). Official methods of analysis (16th Edition). Association of Official Analytical Chemists, Washington, ABD.
- Artık, N., Şireli, T., ve Türkyılmaz, M.** (2018). Gıda güvenliği ve insan beslenmesi açısından yumurta. *Gıda Türk*, 27, 60-65.
- Aydoğdu, A., Sumnu, G., ve Şahin, S.** (2017). Effects of addition of different fibers on rheological characteristics of cake batter and quality of cakes. *Journal of Food Engineering*, 55(2), 667-677.
- Bajaj, R., Singh, N., ve Kaur, A.** (2019). Effect of native and gelatinized starches from various sources on sponge cake making characteristics of wheat flour. *Journal Food Science Technology* 56(2), 1046-1055.
- Bell, D.D.** (2002) Modern Breeds of Chickens. In: Bell, D.D., Weaver, W.D., Eds., Commercial Chicken Meat and Egg Production, Springer Publication, New York, 31-40. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4615-0811-3_3
- Bennion, E.B. & Bamford, G.S.T.** (1997). The Technology of Cake Making (6. Baskı, Böl. 22, ss. 260-290.) . Londra: Springer.

- Borneo, R., Aguirre, A., ve Leon, A.** (2010). Chia (*Salvia hispanica* L) Gel Can Be Used as Egg or Oil Replacer in Cake Formulations. *Journal of the AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION*, 110 (6), 946-949.
- Bourne, C.M.** (2002). Food Texture and Viscosity (2. baskı, Böl. 2, ss. 107-188). . New York : Academic Press.
- Bozdoğan, N., Kumcuoğlu, S., ve Tavman, S.** (2018). Investigation of the effects of using quinoa flour on gluten-free cake batters and cake properties. *Journal Food Science Technology*, 56, 683-694.
- Brand, J., Silberbauer, A., Kulozik, U.** (2015). Comparison of Different Mechanical Methods for the Modification of the Egg White Protein Ovomucin, Part A: Physical Effects. *Food Bioprocess Technol.* 9, 501-510.
- Campos, D.T., & Steffe, J.F.** (1997). Rheological behaviour of undeveloped and developed wheat dough. *Cereal Chemistry*, 74(4), 489– 494.
- Chambers, J.R., Zaheer, K., Akhtar, H., ve Aal, M.A.** (2017). *Egg Innovations and Strategies for Improvements.* (Böl. 1, ss. 1-9). www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128008799000019?via%3Dihub ‘den alınmıştır.
- Chen, L., & Opara, U.L.** (2013). Texture measurement approaches in fresh and processed foods, *Food Research International*, 51(2), 823–835.
- Christaki, M., Verboven, P., Dyck, T.V., Nicolai, B., Goos, P., ve Claes, J.** (2017). The predictive power of batter rheological properties on cake quality - the effect of pregelatinized flour, leavening acid type and mixing time. *Journal of Cereal Science*, 77, 219-227.
- Chueamchaitrakun, P., Chompreeda, P., Haruthaithanasan, V., Suwonsichon, T., Kasemsamran, S., ve Prinyawiwatkul, W.** (2011). Sensory descriptive and texture profile analyses of butter cakes made from composite rice flours. *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 2358–2365.
- Conforti, F. D., & Archilla, L.** (2001). Evaluation of a maltodextrin gel as a partial replacement for fat in a high-ratio white-layer cake. *International Journal of Consumer Studies*, 25(3), 238–245.
- Cotterill, O.J., & Staldelman, W.J.** (1995). Egg science and technology, Hawort Food Products, United States of America-New York. ss. 322-369.
- Di Biase, M., Bavaro, A.R., Lonigro, S.L., Pontonio, E., Conte, A., Padalino, L., ve Valerio, F.** (2019). Lactobacillus plantarum ITM21B fermentation product and chickpea flour enhance the nutritional profile of salt reduced bakery products. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 1–13. doi:10.1080/09637486.2019.1567699
- Diaz-Ramírez, M., Calderón-Domínguez, G., García-Garibay, M., Jiménez-Guzmán, J., Villanueva-Carvajal, A., Salgado-Cruz, M. de la P., ve Del Moral-Ramírez, E.** (2016). Effect of whey protein isolate addition on physical, structural and sensory properties of sponge cake. *Food Hydrocolloids*, 61, 633–639. doi:10.1016/j.foodhyd.2016.06.020
- Dizlek, H., & Gül, H.** (2009). Kabartma Tozları ve Unlu Mamüllerde Kullanımları. *Gıda* 34(6), 403-410.

- Doğruer, Y., Telli, N., Telli, A.E., Kahraman, A.H., ve Güner, A.** (2015). Pastörize sıvı yumurta ile kabuklu yumurtanın bazı kalite özellikleri bakımından kıyaslanması. *Eurasian J Vet Sci.* 31(3), 177-183.
- Gerçekaslan, K.E., Kotancılar, H.G., ve Karaoğlu, M.M.** (2007). Ekmek Bayatlaması Ve Bayatlama Derecesini Ölçmede Kullanılan Yöntemler. *Gıda*, 32(6), 305- 315.
- Ghosh, S., Sudha, M.L.** (2012). A review on polyols: new frontiers for health-based bakery products. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(3), 372-379.
- Giuseppe, E.D., Davaille, A., Mittelsteadt, E., ve Maurice, M.L.** (2012). Rheological and mechanical properties of silica colloids: from Newtonian liquid to brittle behaviour. *Rheologica Acta*, 51, 451-465.
- Godefroidt, T., Ooms, N., Pareyt, B., Brijs, K., ve Delcour, J.A.** (2019). Ingredient Functionality During Foam-Type Cake Making: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 18, 1550-1562. doi: 10.1111/1541-4337.12488.
- Grasso S., Liu S., ve Methven L.** (2020). Quality of Muffins Enriched With Upcycled Defatted Sunflower Seed Flour. *LWT-Food Science and Technology*, 119, 108893.
- Gularte, M.A., Gomez, M., Hera, E., ve Rosell, C.M.** (2012). Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties. *LWT- Food Science and Technology*, 48(2), 1-26.
- Gunasekaran, S., & Ak, M.** (2000). Rheological properties of mayonnaise by lubricated compression. *The Second International Symposium on Food Rheology and Structure*, Zürich, İsviçre: Mart 12-16.
- Hammershøj, M., Rasmussen, H. C., Carstens, J. H., ve Pedersen, H.** (2006). Dry-Pasteurization Of Egg Albumen Powder In A Fluidized Bed. II. Effect On Functional Properties: Gelation And Foaming. *International Journal Of Food Science And Technology*, 41, 263-274.
- Hedeyati, S., & Tehrani, M.M.** (2017). Effect of total replacement of egg by soymilk and lecithin on physical properties of batter and cake. *Food Sci Nutrition*. 1–8. Doi: 10.1002/fsn3.656.
- Hesso, N., Loisel, C., Chevallier, S., Marti, A., Le-Bail, P., Le-Bail, A., ve Seetharaman, K.** (2015). The role of ingredients on thermal and rheological properties of cake batters and the impact on microcake texture. *LWT - Food Science and Technology* 63(2), 1171–1178. doi:10.1016/j.lwt.2015.04.041
- Humble, N.** (2010). *Cake: A Global History*, London. ss. 13-30.
- Huntington, J.A., & Stein, P. E.** (2001). Structure and properties of ovalbumin. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*, 756(2), 189–198.
- Hwang, J.Y., Shyu, Y.S., Yeh, L.T., ve Sung, W.C.** (2018). Study on Sponge Cake Qualities Made from Hen, Duck and Ostrich Eggs. *Journal of Food and Nutrition Research* 6(2). 110-115.
- Ibarz, A., & Bárbosa-Canovas, G.V.** (2003). *Unit Operations in Food Engineering*, 89-91. Florida: CRC P USA.

- Janmey, P.A., Georges, P.C., ve Hvidt, S.** (2007). Basic rheology for biologists. *Methods in Cell Biology*. 83, 3-27.
- Kannan, A., Hettiarachchy, N., Aato, K., ve Marshall, M.** (2012). Food Proteins and Peptides Chemistry, Functionality, Interactions and Commercialization. New York: CRC Press Taylor and Francis Group. 74-77.
- Kırmızıbayrak, T., Kuru, B.B., ve Yazıcı, K.** (2016). Kazlarda Yumurta Verimi ve Kalite Özellikleri ile Kuluçka Özellikleri. *Türkiye Klinikleri J Repord Artif Insemin-Special Topics* :2(1), 42-47.
- Kim, J.H., Lee, H.J., Lee, H.S., Lim, E.J., Imm, J.Y., ve Suh, H.J.** (2012). Physical and sensory characteristics of fibre-enriched sponge cakes made with *Opuntia humifusa*. *Food Science and Technology*, 4, 478-484.
- Kohrs, D., Herald, T., Ghoush, M.A, Aramouni, F.M.** (2010). Evaluation of egg replacers in yellow cake system. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 17(1), 340-352.
- Kulicke, W.M., & Kniewske, R.** 1984. The shear viscosity dependence on concentration, molecular weight and shear rate of polystyrene solutions. *Rheol Acta*. 23, 75-83.
- Lokumcu, F.** 2000. *Tahinin Reolojik Karakterizasyonu* (Yüksek Lisans Tezi), <https://polen.itu.edu.tr/xmlui/handle/11527/2187> 'dan alınmıştır.
- Lu, T.M., Lee, C.C., Maud, J.L., ve Lin, S. D.** (2010). Quality and antioxidant property of green tea sponge cake. *Food Chemistry*, 119, 1090–1095.
- Marcet, I., Paredes, B., ve Díaz, M.** (2015). Egg yolk granules as low-cholesterol replacer of whole egg yolk in the preparation of gluten-free muffins. *Food Science and Technology*, 62(1), 613–619.
- Matos, M., Sanz, T., ve Rosell, C.M.** (2014). Establishing the function of proteins on rheological and quality properties of rice based gluten free muffins. *Food Hydrocolloids*, 35, 150-158.
- McKenna, B.M., & Lyng, J.G.** 2003. Introduction to food rheology and its measurement. In: *Texture Semi-solid Foods*. (Vol.1 , ss. 25-56). Cambridge: B.M, Woodhead Publishing Limited. 25-56.
- Mercan, N., & Boyacıoğlu, M.H.** (1999). Kek üretiminde yaygın olarak kullanılan bileşenler ve fonksiyonları. *Dünya Gıda* 47, 36-42.
- Meza, B. E., Chesterton, A. K. S., Verdini, R. A., Rubiolo, A. C., Sadd, P. A., Moggridge, G. D., ve Wilson, D. I.** 2011. Rheological characterisation of cake batters generated by planetary mixing: Comparison between untreated and heat-treated wheat flours. *Journal of Food Engineering*, 104(4), 592–602.
- Mleko, S., Kristonsson, H.G. Liang, Y., Davenport, M.P., Gustaw, M., ve Mleko, T.M.** (2010). Rheological properties of angel food cake made with pH unfolded and refolded egg albumen. *LWT-Food Science and Technology*, 43, 1461-1466.
- Mundt, S., Wedzicha, B.L.** (2003). A Kinetic Model for the Glucose–Fructose–Glycine Browning Reaction. *J. Agric. Food Chem*, 51, 3651-3655.
- Nolan, J.K., Phillips, M., ve Mine, Y.** (2005). Advances in the Value of Eggs and Egg Components for Human Health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(22), 8421–8431.

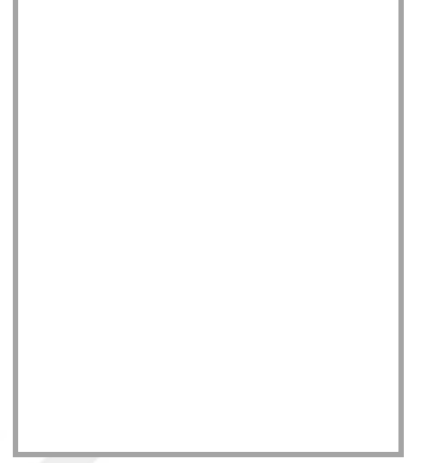
- Nys, Y., & Guyot, N. (2011). Egg formation and chemistry. *Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products*, 83–132, doi:10.1533/9780857093912.2.83.
- Özer, M.S., Dizlek, H., Kola, O., ve Altan, A. (2004). Değişik Gaz Salınım Hızlarına Sahip Kabartma Tozlarının Pandispanya Tipi Keklerin Nitelikleri Üzerindeki Etkileri. *Gıda* 29 (1). 43-50.
- Pernell, C. W., Luck, P. J., Allen-Foegeding, E., ve Daubert, C. R. (2002). Heat-induced Changes in Angel Food Cakes Containing Egg-white Protein or Whey Protein Isolate. *Journal of Food Science*, 67(8), 2945–2951.
- Peressini, D., & Sensidoni, A. (2009). Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs. *Journal of Cereal Science*, 49(2), 190–201.
- Polat, E.S., Çitil, O.B., ve Garip, M. (2013). Fatty acid composition of yolk of nine poultry species kept in their natural environment. *Animal Science Paper Report*, 31, 363-368.
- Rabbani, G., Ahmad, E., Zaidi, N., ve Khan, R. H. (2011). pH-Dependent Conformational Transitions in Conalbumin (Ovotransferrin), a Metalloproteinase from Hen Egg White. *Cell Biochemistry and Biophysics*, 61(3), 551–560. doi:10.1007/s12013-011-9237-x.
- Rad, A.H., Pirouzian, H.R., Konar, N., Toker, O.S., Polat, D.G. (2019). Effects of polyols on the quality characteristics of sucrose-free milk chocolate produced in a ball mill. *Royal Society of Chemistry*, 9, 29676-29688.
- Radziewska, R.C., Lesnierowski, G., ve Kijowski, J. (2008). Properties and Applications of Egg White Lysozyme and Its Modified Preparations. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 58(1), 5-10.
- Rahmati, N. F., & Mazaheri-Tehrani, M. (2014). Replacement of Egg in Cake: Effect of Soy Milk on Quality and Sensory Characteristics. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 574–582.
- Rao, M.A. (1999). *Rheology of Fluid and Semisolid Foods: Principles and Applications*. (pp. 6-10). Maryland, ABD : An Aspen Publications.
- Ratnayake, W.S., Geera, B., ve Rybak, D.A. (2011). Effects of Egg and Egg Replacers on Yellow Cake Product Quality.. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36(1), 21–29.
- Reidy, T.R., Atkinson, J.L., ve Leeson, S. (1994). Strain Comparison of Turkey Egg Components. *Poultry Science* 73, 388-395.
- Rosa, C.S., Tessele, K., Prestes, R.C., Silveira, M., ve Franco, F. (2015). Effect of substituting of cocoa powder for carob flour made with soy and banana flours. *International Food Research Journal* 22(5), 2111-2118.
- Richardson, A.M., Tyuftin, A.A., Kilcawley, K.N., Gallagher, E., O' Sullivan, M.G., Kerry, J.P., (2018). The impact of sugar particle size manipulation on the physical and sensory properties of chocolate brownies, *LWT - Food Science and Technology*, 95, 51-57
- Rizzi, C., & Marangon, A. (2012). Quality of organic eggs of hybrid and Italian breed hens. *Poultry Science* 91, 2330–2340.

- Sahi, S.S., & Alava, J. M.** (2003). Functionality of emulsifiers in sponge cake production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(14), 1419–1429.
- Salehi, F., Kashaninejad, M., Asadi, F., ve Najafi, A.** 2016. Improvement of quality attributes of sponge cake using infrared dried button mushroom. *Journal of Food Science and Technology*, 53(3), 1418–1423.
- Salehi, F., & Kashaninejad, M.** (2017). The Effect of Quince Powder on Rheological Properties of Batter and Physico-Chemical and Sensory Properties of Sponge Cake. *Journal of Food Biosciences and Technology* 7(1), 1-8.
- Sales, J., Poggenpoel, D. G., ve Cilliers, S.C.** (1996). Comparative physical and nutritive characteristics of ostrich eggs. *World's Poultry Science Journal*. 52(1), 45–52.
- Saxena, I., & Tayyab, S.** (1997). Protein proteinase inhibitors from avian egg whites. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 53(1), 13–23.
- Sayılı, M., Sezer, M., Koçak, A., ve Gözener, B.** (2014). Tokat İli Kentsel Alanda Bildirgin Ürünleri Tüketim Düzey Ve Alışkanlıklarının Belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2. 41-51.
- Schade, R., & Chacana, P.A.** (2007). Livetin Fractions (IgY). *Bioactive Egg Compounds*, 25-32.
- Schenker, M.** (2017). Yield stress (rheology) determination of viscoelastic materials using phase angle?. <https://www.researchgate.net/post/Yield-stress-rheology-determination-of-viscoelastic-materials-using-phase> ‘dan alınmıştır.
- Schiavone, A., & Barroeta, A. C.** (2011). Egg enrichment with vitamins and trace minerals. *Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products*, 289–320. doi:10.1533/9780857093929.3.289
- Schirmer, M., Jekle, M., Arendt, E., ve Becker, T.** 2012. Physicochemical interactions of polydextrose for sucrose replacement in pound cake. *Food Research International*, 48, 291- 298.
- Serdaroğlu, M., ve Turp, G.Y.** (2001). Yeni Bir Gıda Olarak Devekuşu Eti. *Hayvansal Üretim* 42 (2), 37-44.
- Sheng, L., Huang, M., Wang, J., Xu, Q., Hammad, H.H.M., ve Ma, M.** (2018). A study of storage impact on ovalbumin structure of chicken egg. *Journal of Food Engineering*, 219, 1–7.
- Singh, V.P., Pathak, V., ve Akhilesh, K.V.** (2012). Modified or enriched eggs: a smart approach in egg industry: A Review. *American Journal Food Technology*. 7, 266–277.
- Stadelman, W.J, & Cotterill, O.J.** (1986). *Egg Science and Technology*. Westport, Connecticut: AVI Publishing Comp.
- Steffe, J.F.** (1996). *Rheological methods in food process engineering (2nd ed.)*. ABD: Freeman Press.
- Sumahree, N., Hiregoudar, S., Nidoni, U., Ramappa, K.T., & Naik, N.** (2019). Study of Proximate Composition Quality Characteristics and Microbial Quality of Microwave Treated Liquid Whole Egg Samples. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, 8(9), 335-342.
- Şahin, S., & Şumnu, S.G.** (2006). *Physical Properties of Foods*, Springer, 257-259.

- Şakıyan, O., Sumnu, G., Sahin, S., ve Bayram, G.** (2004). Influence of fat content and emulsifier type on the rheological properties of cake batter. *European Food Research and Technology*, 219(6), 635–638.
- Şamlı, H.E., & Okur, A.A.** (2016). Tüm Yönleriyle Yumurta. (Böl. 3, ss. 28-31.) İstanbul: İstanbul Ticaret Borsası Yayınları.
- Tan, M. C., Chin, N. L., Yusof, Y. A., Taip, F. S., ve Abdullah, J.** (2014). Improvement of Eggless Cake Structure Using Ultrasonically Treated Whey Protein. *Food and Bioprocess Technology*, 8(3), 605–614.
- Taip, F.S., Aziz, A.A., ve Kamal, M.M.S.** (2014). Effects of Temperature and Air Flow on Volume Development during baking and its influence on quality. *Journal of Engineering Science and Technology*, 9(3), 303-313.
- Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü.** (2020). Tarım Ürünleri Piyasaları Raporları: Tavuk Yumurtası. Ankara: TEPGE Tarım Ürünleri Piyasaları Raporları.
- Tolik, D., Polawska, E., Charuta, A., Nowaczewski, S., ve Cooper, R.** (2014). Characteristics of Egg Parts, Chemical Composition and Nutritive Value of Japanese Quail Eggs. *Folia Biological*, 62(4), 287-292.
- Topkaya, C.** (2017). *Nar Kabuğu Tozu İlavesinin Keklerin Besinsel, Duyusal ve Mikrobiyolojik Özelliklerine Etkisi* (Yüksek Lisans Tezi), <http://acikerisim.pau.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11499/2016/Cansu%20Topkaya.pdf?sequence=1>'den alınmıştır.
- Türk Gıda Kodeksi Yumurta Tebliği.** (2014). T.C. Resmi Gazete, 29211, 20 Aralık 2014.
- Türk Gıda Kodeksi Gıda Etiketleme ve Tüketicileri Bilgilendirme Yönetmeliği.** (2017). T.C. Resmi Gazete, 29960, 26 Ocak 2017.
- Türk Standartları Enstitüsü.** (2008). *Hazır Kekler: Sade, Çeşnili ve Dolgulu* (TS 13375. 04-2008). intweb.tse.org.tr.
- Türk Standartları Enstitüsü.** (2015). *Tavuk Yumurtası: Kabuklu* (TS 1068. 10-2015). intweb.tse.org.tr.
- Türk Standartları Enstitüsü.** (2019). *Kabartma Tozu- Hamur* (TS 9053. 10-2019). intweb.tse.org.tr.
- Uysal, B.Z.** (2003). *Akışkanlar Mekaniği*. Ankara: Alp Yayınları.
- Uysal, R. S., Sumnu, G., ve Boyacı, İ. H.** (2018). Effects of heat-treated liquid whole egg on cake batter rheology and the quality of baked cake. *Journal of Food Process Engineering*, 42(2), 1-10.
- Wilderjans, E., Luyts, A., Brijs, K., ve Delcour, J.A.** (2013). Ingredient functionality in batter type cake making. *Trends in Food Science & Technology*, 30, 6-15. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.01.001>.
- Van Vliet, T.** (1999). Rheological classification of foods and instrumental techniques for their study. *Food Texture Measurement and Perception* (pp. 65–98). New York: ABD.
- Yazici, G.M, Özer, M.S.** (2021). A review of egg replacement in cake production: Effects on batter and cake properties. *Trends in Food Science & Technology*, 111, 346-359.

- YUM-BİR Yumurta Üreticileri Merkezi Birliği.** (2018). *Yumurta Tavukçuluğu Verileri Raporu* . Ankara : YUM-BİR Yumurta Üreticileri Merkezi Birliği.
- YUM-BİR Yumurta Üreticileri Merkezi Birliği.** (2019). *Yumurta Tavukçuluğu Verileri Raporu* . Ankara : YUM-BİR Yumurta Üreticileri Merkezi Birliği.
- Yüceer, M., Temizkan, R., ve Caner, C.** (2012). Fonksiyonel Gıda Olarak Yumurta: Bileşenleri ve Fonksiyonel Özellikleri. *Akademik Gıda*, 10(4), 70-76.
- Zaheer, K.** (2015). An Updated Review on Chicken Eggs: Production, Consumption, Management Aspects and Nutritional Benefits to Human Health. *Food and Nutrition Sciences*, 06. 1208-1220.
- Zargaraan, A., Kamaliroosta, L., Yaghouibi, A.S., ve Mirmoghtadie, L.** (2016). Effect of Substitution of Sugar by High Fructose Corn Syrup on the Physicochemical Properties of Bakery and Dairy Products. *Nutrition and Food Sciences Research*, 3(4), 3-11.
- Zhong, Q., & Daubert, C.R.** (2013). *Food Rheology. In Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering.* (2. basım, pp. 403-426). San Diego, ABD: Academic Press.
- Zhou, W., & Hui, Y.H.** (2014). *Bakery Products Science and Technology* (2. basım). Chichester : Wiley.

ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı: Batuhan İNANLAR



Eğitim :

Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği (2014-2019)
Anadolu Üniversitesi İşletme (2019 –)

Yüksek Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği (2019 -)

Mesleki Deneyim:

Elvan Çikolata ve Şekerleme A.Ş. (2020 - 2021)

Mutfak Ürünleri ve Margarin Sanayicileri Derneği (2022 -)