**ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

# GIDA KALİTESİ ÖLÇÜMÜNDE YENİLİKÇİ BİR YÖNTEM: AKILLI TELEFON İLE RENK ÖLÇÜMÜ UYGULAMALARININ KULLANIMI

**Betül ARSLAN**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇANKIRI**
**2023**

**Her hakkı saklıdır**

**TEZ ONAYI**

Betül ARSLAN tarafından hazırlanan **"Gıda Kalitesi Ölçümünde Yenilikçi Bir Yöntem: Akıllı Telefon İle Renk Ölçümü Uygulamalarının Kullanımı"** adlı tez çalışması 10/04/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** **:** Doç. Dr. Deniz BAŞ

**Jüri Üyeleri** **:**

**Başkan** **:** Doç. Dr. Onur KETENOĞLU
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

**Üye** **:** Doç. Dr. Deniz BAŞ
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

**Üye** **:** Dr. Öğr. Üyesi Seda ÖZGEN
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Prof. Dr. Hamit ALYAR**

**Enstitü Müdürü**

## ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum "**Gıda Kalitesi Ölçümünde Yenilikçi Bir Yöntem: Akıllı Telefon İle Renk Ölçümü Uygulamalarının Kullanımı**" konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı"yla tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (10/04/2023).

**Betül ARSLAN**

# ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GIDA KALİTESİ ÖLÇÜMÜNDE YENİLİKÇİ BİR YÖNTEM: AKILLI TELEFON İLE RENK ÖLÇÜMÜ UYGULAMALARININ KULLANIMI

Betül ARSLAN

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Deniz BAŞ

Gıdaların renk ölçümleri, duyusal ve enstrümental olarak birçok teknik ile yapılabilmektedir. Gelişen teknolojiyle birlikte hızlı ve düşük maliyetli yenilikçi teknikler daha çok ilgi odağı olmaktadır. Bu çalışmada, akıllı telefon uygulaması ile yapılan renk analizleri ile kolorimetrik yöntem karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda piyasada satılmakta olan çeşitli kakao kuru maddesi oranlarına sahip çikolatalar gruplandırılmıştır. Akıllı telefonların ulaşılabilir olması ve kullanım kolaylığı özelliklerinden faydalanarak aydınlık bir ortamda örnek yüzeyinden görüntüler alınmıştır. Color Grab (Loomatix) uygulaması ile telefon galerisinden alınan fotoğraflarda renk değerleri ölçülmüştür. CIE Lab uzay sisteminde elde edilen $L^*a^*b^*$ renk değerlerinin korelasyonları hesaplanmıştır. Bu değerler aynı zamanda Toplam Renk Değişimi ($\Delta E$) ve Beyazlık İndeksinin (WI) hesaplanmasında kullanılmıştır. Sonuç olarak çalışmada gıda örneği olarak ele alınan çikolata renginin daha pratik ve maliyet gerektirmeyen bir yöntem olan akıllı telefon uygulaması ile ölçülebileceği gözlemlenmiştir. Akıllı telefon uygulamalarının güncellenebilirliği, ölçüm bilgilerinin akıllı telefonlarda depolanabilir ve paylaşılabilir olması nedeni ile gıda kalitesi ölçümünde oldukça pratik bir araç olarak kullanılabileceği öngörülmektedir.

**2023, 64 Sayfa**

**ANAHTAR KELİMELER:** Gıda kalitesi, Akıllı telefon uygulamaları, Çikolata, Renk analizi, Müşteri

## ABSTRACT

Master of Science Thesis

AN INNOVATIVE METHOD FOR MEASURING FOOD QUALITY: USING A COLOR MEASUREMENT SMARTPHONE APPLICATION

Betül ARSLAN

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Deniz BAŞ

Color measurements of foods can be made with many techniques, both sensory and instrumental. With the developing technology, fast and low-cost innovative techniques are getting more attention. In this study, color analysis made through smart phone application compared with the coloriometric method. In this context, the color differences of chocolates with various cocoa solids ratios were calculated. Taking advantage of the accessibility and user friendliness of smartphones, images were taken from the sample surface in a regular illuminated home/office environment. Photos taken from the phone gallery were measured with the Color Grab (Loomatix) application. Correlations of $L^*a^*b^*$ color values obtained in CIE Lab space system were calculated. These values were also used to calculate the Total Color Change (ΔE) and Whiteness Index (WI). As a result, it has been observed that the color of chocolate, which is considered as a food sample in the study, can be measured with a smart phone application, which is a faster and less costly method. It is predicted that smart phone application can be used as a very practical tool in the measurement of food quality due to its updateability, ability to storage and shareability of measurement information on smartphones.



**2023, 64 pages**

**Keywords:** Food quality, Smartphone application, Chocolate, Color analysis, Consumer

# ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

"Gıda Kalitesi Ölçümünde Yenilikçi Bir Yöntem: Akıllı Telefon İle Renk Ölçümü Uygulamalarının Kullanımı" adlı bu çalışma 2021-2023 yılları arasında hazırlanarak Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne "Yüksek Lisans Tezi" olarak sunulmuştur. Bu tez çalışması, günümüz teknolojik gelişmeleri arasında vazgeçilmez bir parça olarak yerini alan akıllı telefonların potansiyelinden ilham almıştır. Akıllı telefonlarla renk ölçüm uygulamalarının kullanımının sunacağı; maliyet, iş gücü, süre gibi avantajlarına vurgu yapılarak, gıda kalitesi değerlendirmesindeki etkinliği incelenmiştir. Bu süreçte tez danışmanım kıymetli hocam Doç. Dr. Deniz BAŞ'a tez içeriğinin hazırlanmasındaki katkıları nedeniyle teşekkürlerimi sunarım. Tez hazırlama sürecinde hayatımın her anında olduğu gibi desteğini bir an bile esirgemeden yanımda olan ve tezimi okuyup gerekli düzeltmelerde katkısı bulunan değerli eşim Hasan ARSLAN'a teşekkür ederim. Ayrıca bitmeyen enerjileriyle moral ve motivasyon kaynağım çocuklarım Burak ARSLAN ve Namık Akif ARSLAN'a teşekkür ederim.

**Betül ARSLAN**
**Çankırı, Nisan 2023**

# İÇİNDEKİLER

**ÖZET** ..... **i**
**ABSTRACT** ..... **ii**
**ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR** ..... **iii**
**İÇİNDEKİLER** ..... **iv**
**SİMGELER DİZİNİ** ..... **vi**
**KISALTMALAR DİZİNİ** ..... **vii**
**ŞEKİLLER DİZİNİ** ..... **viii**
**ÇİZELGELER DİZİNİ** ..... **ix**
**1. GİRİŞ** ..... **1**
**2. KURAMSAL TEMELLER VE LİTERATÜR TARAMASI** ..... **4**
**2.1 Gıda Güvenliği ve Gıda Kalitesi** ..... **4**
**2.1.1 Kalitenin tarihçesi** ..... **5**
**2.2 Gıda Kalite Unsurları** ..... **8**
**2.2.1 Kimyasal özellikler** ..... **9**
**2.2.2 Fiziksel özellikler** ..... **11**
**2.2.3 Duyusal özellikler** ..... **12**
**2.3 Gıdalarda Renk** ..... **13**
**2.3.1 Spektrofotometre** ..... **15**
**2.3.2 Kolorimetre** ..... **16**
**2.4 Renk Sistemleri** ..... **18**
**2.4.1 Renk sıralama sistemleri** ..... **18**
**2.4.2 Renk uzayları** ..... **22**
**2.5 Gıdalar Üzerine Akıllı Telefon Kullanımı ile İlgili Yapılan Çalışmalar** ..... **28**
**3. MATERYAL VE METOT** ..... **36**
**3.1 Materyal** ..... **36**
**3.2 Metod** ..... **38**
**3.2.1 Renk ölçüm cihazı** ..... **38**
**3.2.2 Akıllı telefon uygulaması ile renk ölçümü** ..... **39**
**3.3 Renk Değerlerinin Hesaplanması** ..... **41**
**3.3.1 Toplam renk değişimi (ΔE)** ..... **41**

**3.3.2 Beyazlık indeksi (WI) ..... 42**
**4. BULGULAR VE TARTIŞMA ..... 43**
**4.1 Ölçülen Renk Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 43**
**4.1.1 Toplam renk değişimi ..... 50**
**4.1.2 Beyazlık indeksi değerleri (WI) ..... 52**
**5. SONUÇ VE ÖNERİLER ..... 55**
**KAYNAKLAR ..... 56**
**ÖZGEÇMİŞ ..... 64**

## SİMGELER DİZİNİ

| | |
|---|---|
| Δ | Delta |
| g | Gram |
| * | Renk Değerlerinin Gösterim Biçimi |
| s | Saniye |
| °Brix | Suda Çözünen Kuru Madde Miktarı |
| % | Yüzde |

## KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|---|---|
| AB | Avrupa Birliği |
| ABD | Amerika Birleşik Devletleri |
| ANOVA | Analysis of Variance |
| BM | Birleşmiş Milletler |
| CAC | Codex Alimentarius Komisyonu |
| CIE | Uluslararası Aydınlatma Komisyonu |
| CMY | Cyan (C) Macenta (M) Yellow (Y) Renk Uzayı |
| CMYK | Cyan (C) Macenta (M) Yellow (Y) Black (K) Renk Uzayı |
| $CO_2$ | Karbondioksit |
| CVS | Bilgisayarlı Görme Sistemi |
| DSÖ | Dünya Sağlık Örgütü |
| Delta E | Toplam Renk Değişimi |
| DIN | Alman Standart Kuruluşu |
| FAO | Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü |
| HACCP | Kritik Kontrol Noktalarında Tehlike Analizleri |
| HLS | Renk Uzayları (Hue-Lightness-Saturation) |
| HSV | Hue Saturation Value |
| HWB | Hue Whiteness Blackness – Ton Beyazlık ve Siyahlık |
| $H_2O_2$ | Hidrojen Peroksit |
| ISO | Uluslararası Standartlar Örgütü |
| ISO 9000 | Kalite Yönetim Sistemi |
| KKM | Kakao Kuru Maddesi |
| NCS | Doğal Renk Sistemi |
| NIR | Mikro-Yakın Kızılötesi Spektrometre |
| OASIS | Organik Gübre Uygulama Destek Bilgi Sistemi |
| RGB | Kırmızı-Yeşil-Mavi Renk Uzayı (Red-Green-Blue) |
| TSE | Türk Standartları Enstitüsü |
| TSS | Toplam Çözünür Katı Madde |
| WI | Beyazlık İndeksi (Whiteness Index) |

# ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Spektrofotometre ..... 15
Şekil 2.2 Spektrofotometrenin parçaları: ışık kaynağı (a), prizma (b), diyafram (c), küvet (d), dedektör (f), fotometre (g) (Anonim 2011)..... 16
Şekil 2.3 Kolorimetre..... 17
Şekil 2.4 Kolorimetreyi oluşturan parçalar (Anonim 2012) ..... 17
Şekil 2.5 Munsell renk sistemini oluşturan parametreler (Kalisz 2023)..... 20
Şekil 2.6 a) NCS düzenli renk tonu üçgeni b) NCS renk-çemberi (Coudhury 2010)..... 20
Şekil 2.7 a) Ostwald çift koni renk sisteminde dikey çapraz kesit, b) Ostwald renk çemberi (Choudhury 2010)..... 21
Şekil 2.8 a) Üç boyutlu CIE Lab uzayı b) iki boyutlu CIE Lab uzayı (Delazio *et al*. 2017)..... 23
Şekil 2.9 CMYK ve RGB uzaylarını oluşturan renkler ..... 25
Şekil 2.10 Sırasıyla RGB (red-green-blue), HLS (hue-lightness-saturation), HSV (hue-saturation-value) renk uzayları (Günasekaran 2010)..... 27
Şekil 2.11 Akıllı telefon tabanlı analizlerde kullanılan analitler ve oranları (Nelis *et al.* 2020)..... 33
Şekil 3.1 Örneklerin ölçümü yapılan kolorimetre cihazı ..... 38
Şekil 3.2 Akıllı telefon kamerası ile elde edilen farklı konumlarda bulunan çikolata örneklerine ait görüntü..... 40
Şekil 3.3 Color grab uygulaması ile elde edilen; (a) bitter çikolata, (b) sütlü çikolata ve (c) beyaz çikolata örneklerinin renk koordinatlarına ait ekran görüntüsü..... 41
Şekil 4.1 Örneklere ait kolorimetre ve akıllı telefon uygulaması ile ölçülen $L^*$ değerlerinin karşılaştırılması ..... 49
Şekil 4.2 Örneklere ait kolorimetre ve akıllı telefon uygulaması ile ölçülen $a^*$ değerlerinin karşılaştırılması ..... 49
Şekil 4.3 Örneklere ait kolorimetre ve akıllı telefon uygulaması ile ölçülen $b^*$ değerlerinin karşılaştırılması ..... 50
Şekil 4.4 Tüm gruplarda bulunan örneklerin kakao kuru madde oranlarına göre toplam renk değişim değerlerinin karşılaştırılması..... 52
Şekil 4.5 Kolorimetre ve akıllı telefon ile ölçülen beyazlık indeksi değerlerinin karşılaştırılması..... 54

# ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Çalışmada kullanılan çikolata numunelerinin bilgileri ..... 36
Çizelge 3.2 Çalışmada kullanılan çikolata numunelerinin kakao kuru maddesi oranları ..... 37
Çizelge 3.3 Akıllı telefona ait kamera özellikleri ..... 39
Çizelge 4.1 Kolorimetre ile ölçülen çikolata numunelerine ait ortalama $L^*$, $a^*$, $b^*$ değerleri ..... 44
Çizelge 4.2 Akıllı telefon uygulaması ile elde edilen çikolata numunelerine ait ortalama $L^*$, $a^*$, $b^*$ değerleri ..... 46
Çizelge 4.3 Kolorimetre ve akıllı telefon uygulaması ile ölçülen üzerinde örneklerin bulunduğu A4 beyaz kağıtlarına ait $L^*$, $a^*$, $b^*$ değerleri ..... 47
Çizelge 4.4 Akıllı telefon uygulaması ile ölçülen $L^*$, $a^*$, $b^*$ değerlerinin düzeltmeleri ..... 48
Çizelge 4.5 Çikolata örneklerine ait toplam renk değişim değerleri ..... 51
Çizelge 4.6 Beyazlık indeksi değerleri ..... 53

# 1. GİRİŞ

Gıdalar canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için gereksinim duydukları temel yapı taşlarıdır. Gıdalar; insanlar tarafından doğal yöntemlerle veya çeşitli şekillerde işlendikten sonra yenilebilen ve içilebilen maddelerdir (Başoğlu 2016).

Yılda yaklaşık 600 milyon insanın gıdaya bağlı hastalıklardan etkilendiği ve bu rakamın 56 milyonunun ölümle sonuçlandığı göz önünde bulundurulduğunda gıda güvenliği hem insan yaşamını hem de küresel ekonomiyi yakından ilgilendirmektedir (Anonymus 2021a, Lee and Yoon 2021). Küresel boyutta, kıtalar arası ekonomik eşitsizlik, küresel ısınma, salgın hastalıklar ve genetiği değiştirilmiş gıdalar gibi nedenler gıda güvenliğini literatürde her geçen gün daha çok ön plana çıkarmaktadır.

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nun 2017 yılındaki raporunda ilk defa gıda güvensizliği verilerine yer verilmiştir. Bu raporda 2014, 2015 ve 2016 yıllarında yaklaşık 150 ülkeden toplanan veriler, dünya üzerinde yaşayan her on kişiden birinin gıda güvenliği bağlamında sorunlar yaşadığını göstermektedir. Bu oran 689 milyon kişiye karşılık gelmektedir. Bu ülkeler arasında Afrika, nüfusunun yüzde 27.4'üne ulaşan şiddetli gıda güvensizliği ile en üst düzeye sahiptir (Anonim 2017).

UNESCO ve Birleşmiş Milletler (BM) üyeleri, Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin evrenselliği ve bölünmezliğinin, gıda güvenliği ve beslenme kaynakları bağlamında önemli etkilere sahip olduğunu kabul etmişlerdir. (Anonim 2017). Sürdürülebilir üretim uygulamaları ile kirliliğin kaynağında önlenmesi ve ürün kalitesinin korunmasına yönelik programlar birbirlerini tamamlar niteliktedir (Peşkircioğlu 2016).

Sürdürülebilirlik kavramı, literatürde ilk kez 1987 yılında ayrıntılı bir şekilde tanımlanarak, Ortak Geleceğimiz (Brundtland) Raporu içerisinde Birleşmiş Milletler Genel Kurulu'na sunulmuştur (Bozlağan 2010).

Sürdürülebilir gıda sistemleri, gıda kayıp ve israfını azaltmayı, aynı zamanda toplum üzerindeki, mevcut ve gelecekte oluşabilecek olumsuz etkileri en aza indirmeyi hedeflemektedir (Anonim 2021).

Ulusal boyutta da benzer bir biçimde tüketicilerin gıda güvenliğine yönelik ilgisi artış göstermektedir. Kırmacı ve Özçelik (2021) düzenledikleri anket çalışmasında; Ankara ilinde yaşayan tüketicilerin ihtiyaçları doğrultusunda satın aldıkları gıda maddeleri ile gıda güvenliği hakkındaki bilgi düzeyleri ve davranışlarını incelemişlerdir. Sonuç olarak bireylerin eğitim seviyesi ile gıda güvenliği farkındalığı arasında doğru orantılı bir korelasyon saptanmıştır. Bireylerin eğitim seviyesi arttıkça, tercih ettikleri gıda ürünlerinde gıda güvenliğine yönelik hassasiyetler etkili olmaktadır. Bu noktada gıda güvenliği sadece sağlık boyutunda değil; gıda kalitesi çerçevesinde de tercihleri etkilemektedir.

Yirmi birinci yüzyılın ikinci çeyreğine yaklaşırken, gıdaların kalitesini belirlemek üzere daha hızlı, maliyet etkin ve düşük iş gücü gerektiren tahribatsız yöntemlerin kullanımı zorunlu hale gelmektedir. Bilim dünyası hızla gelişen teknoloji ile pek çok yeni analiz yöntemini uygulamaya sunmaktadır. Bu doğrultuda gündelik hayatın önemli bir parçası haline gelen akıllı telefon ve uygulamaları pek çok bilimsel araştırmaya konu olmaktadır.

Geleneksel yöntemlerde gıda ürünlerinin sınıflandırılması, kusurlu ürün tespiti, yabancı madde tespiti gibi proses işlemleri insan gözü ile yapılmaktadır. Ancak teknoloji dünyasında kaydedilen son gelişmeler araştırmacıları bu alanlarda daha yenilikçi keşifler için teşvik etmektedir. Tablet, bilgisayar, akıllı telefon gibi kolay ulaşılabilir teknoloji sistemler, düşük maliyetli ve daha pratik alternatifler sunmaktadır. Özellikle gıda sektöründe akıllı telefon uygulamaları sayesinde ürün kalitesinin ve gelişiminin gözlenmesi ile ürünlerin sınıflandırılması gibi çalışmalar oldukça popülerlik kazanmıştır (Hayıt vd. 2018).

Çevrimiçi pazarlama ve iletişim ajansı “We are Social” tarafından açıklanan Digital 2022 raporunda, dünya nüfusunun %67,1'ini kapsayan yaklaşık 5,31 milyar cep telefonu kullanıcısı olduğu belirtilmiştir. Bu oran son bir yıllık süreçte % 1,8 artış göstermiştir. Bu veriler, akıllı telefonların yaygınlığına ve analitik bir araç olarak kullanımının önemli ölçüde arttığına işaret etmektedir (Anonymous 2022).

Yapılan son çalışmalar akıllı telefonlar aracılığıyla elde edilen gıda fotoğraflarından, bitkisel yağ ürünlerinde taklit ve tağşişe yönelik tespitlerde; et ürünlerinde yağ içeriğinin belirlemek üzere; süt ürünlerinde yağlı, yağsız ve yarım yağlı ayrımı yapılması gibi söz konusu gıdaların doğrulama ve kalite değerlendirmesi yapılabileceğini göstermektedir. Üstelik bu işlem tüketici tarafından, laboratuvar ortamı gerekmeyecek şekilde, kayıtlı fotoğrafın sunuculara yüklenmesi ve uygulama tarafından analiz edilmek üzere çevrimiçi sonuç alınmasını mümkün kılmaktadır (Song *et al*. 2020).

Akıllı telefonlar sahip oldukları yüksek kalitede fotoğraf çekme, hızlı veri aktarımı özellikleri yanında her geçen gün keşfedilen farklı uygulamalar ile güncellenebilme potansiyeline sahiptir. Akıllı telefonların spektrofotometre gibi kullanılabilmesi, biyosensör olarak kullanımı ve daha pek çok işlevinin her geçen gün çalışmalara konu olmasıyla birlikte, akıllı telefonların yüksek maliyetli laboratuvar cihazlarına alternatif olmaktan da öte onların yerini alabileceği öngörülebilecektir.

Bu çalışmanın hipotezi akıllı telefon uygulamaları ile gerçekleştirilecek gıda renk analizinin konvansiyonel yöntemlere alternatif olabileceğidir. Çalışma çerçevesinde gıda maddeleri için bir kalite ve/veya güvenlik kriteri olan rengin, akıllı telefon ile ölçülebilirliğinin incelenmesi, elde edilen sonuçların laboratuvar ortamında renk ölçüm cihazı ile ölçülen sonuçlarla karşılaştırılması ve ölçüm performansının değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda enstrümantal ölçüm tekniği ile akıllı telefon uygulaması üzerinden gerçekleştirilen ölçümlerdeki karşılaştırma üzerinden değişkenler arasındaki ilişki değerlendirilmiştir.

# 2. KURAMSAL TEMELLER VE LİTERATÜR TARAMASI

## 2.1 Gıda Güvenliği ve Gıda Kalitesi

Gündelik uygulamada "Gıda Güvenliği" ve "Gıda Kalitesi" kavramları genellikle birlikte kullanılmaktadır. Ancak yakından ilgili olmasına rağmen, gıda işleme ortamında bu iki kavram gereksinimleri arasında farklılıklar bulunmaktadır. Gıda güvenliği tüketicileri güvende tutmayı amaçlarken; gıda kalitesi tüketicilerin memnuniyetine odaklanmaktadır (Anonymous 2018).

Gıda Güvenliği; hazırlama, işleme ve depolama sırasında gıda kaynaklı hastalıkları ve kontaminasyonu önlemek için gıda kalitesini koruyan uygulama ve koşulları ifade eder. Doğru Gıda Güvenliği uygulamaları, gıdanın kullanım amacına bağlı olarak hazırlık ve muhafaza şartları kapsamında ortaya konacak standartlarla, tüketiciye zarar vermeyeceğini garanti altına almaktadır. Personel temizliği, sunum ve hazırlık, haşere kontrolü, atık yönetimi, temizlik ve sanitasyon, sıcaklık kontrolü ve ölçümü, gıda güvenliği tehlike tanımlaması bir gıda işletmesi ortamında bulunması ve uygulanması gereken gıda güvenliği prosedürlerinin sadece birkaç örneğidir (Anonymous 2018).

FAO, gıda güvenliğini kısaca, insanların sağlıklı bir yaşam için ihtiyaç duydukları beslenme ihtiyaçlarının güvenli ve sürdürülebilir kaynaklardan karşılanması olarak tanımlamaktadır (Anonymous 2001).

Gıda güvenliği konusunda tüketicilerin bir takım hakları bulunmaktadır. Bu kapsamda yeterli gıdaya erişim, güvenli gıda tüketimi, gıda ürünlerine ilişkin bilgilendirilme ve süreçte karşılaşılabilecek muhtemel sorunları duyurma hakkı olarak vurgulanmalıdır (Koç vd. 2008).

Gıda kalitesi ise bir gıda ürününün tüketici beklentilerini karşılayan özelliklerini ifade eder. Gıda kalitesinde boyut, renk, şekil, kıvam gibi görünüm özellikleri, koku ve tat gibi lezzet özellikleri, uygun şekilde paketleme etiketleme ve muhafaza gibi kriterler sorgulanmaktadır. Sonuç olarak diğer bir tanımla güvenlik, kalitenin en önemli faktörü veya bileşenidir (Anonymous 2018).

Kaczorovska ve arkadaşları (2021) Belçika ve Polonya'nın kentsel bölgelerinde yaşayan tüketicilerin gıda kalitesi algılarını ölçmek ve etiket bilgilerinin bu algıya etkisini ölçmek üzere 701 katılımcı ile yüz yüze gerçekleştirilen bir anket çalışması hazırlamışlardır. Seçim yapılan ülkelerden Polonya 2004 yılında Avrupa Birliği (AB)'ye üye olurken, Belçika AB'nin kurucu devletlerinden biri olması ile ülkeler arası ekonomik farklılık değişken niteliktedir. Bu anket çalışmasında tüketicilerin gıda seçim sürecinde kalitenin önemli bir faktör olduğu ancak tüketicilerin gıda kalitesini hiçbir zaman tek başına hesaba katmadıkları anlaşılmıştır. Artan yaşla birlikte daha fazla katılımcının alışveriş yaparken gıda ürünlerinin kalitesini dikkate aldıkları; özellikle Belçikalı tüketicilerin artan kalite karşılığında yüksek ücret ödemeyi kabul ettikleri sonucu elde edilmiştir. Gıda seçim belirleyicisi olarak, Polonyalı erkek tüketicilerin gıda kalitesine daha az dikkat ettiği, Belçikalı kadın tüketicilerin ise gıda kalitesini daha önemli gördüğü anlaşılmıştır. Etiket bilgileri açısından değerlendirildiğinde genel olarak, kadın tüketicilerin erkek tüketicilere kıyasla farkındalık ve bilgi sahibi olduğu; Belçikalı tüketicilerin de Polonyalı tüketicilere göre daha fazla bilgiye ve etiketlere karşı daha hassas bir tutuma sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Kaczorovska *et al.* 2021).

### 2.1.1 Kalitenin tarihçesi

Kalite kavramının etimolojik kökeni, Latince "nasıl oluştuğu" anlamına gelen "qualis" kelimesinden gelmektedir. Türkçeye ise, Fransızca "qualité" kelimesinden geçmiş olup "nitelik" anlamı taşımaktadır (Anonim 2021b).

Kalite bir kavram olarak dünya literatüründe 19. yüzyılda kullanılmaya başlanmıştır. Modern sanayi sürecinin başlamasıyla Frederick Taylor, Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) 20. yüzyılın başlarında "uzmanlaşma sisteminin" genel çerçevesini ortaya koymuştur. 2. Dünya Savaşı'ndan sonra kalite teknolojisinin gelişmesi hız kazanmıştır. Bu süreçte kalitenin kurumsallaşması kapsamında 1946 yılında Amerikan Kalite Topluluğu ihdas edilmiştir (Halaç 2002).

ABD'deki gelişmeler kısa sürede birçok devletin kalite politikalarını etkilemiştir. Örneğin savaşın yıkıcı etkisi dolayısıyla üretim sektörü sekteye uğrayan Japonya, küresel ekonomik rekabette ABD'de beliren kalite yaklaşımlarını benimsemiştir. Kısa bir süre içerisinde "düşük kaliteli" imajını değiştiren Japonya üretim sektöründe ABD'nin önüne geçmiştir (Çabuk 2013).

Peri (2006) kaliteyi "kullanıma uygunluk"; gıda maddeleri için ise "tüketime uygunluk" olarak tanımlamaktadır. Bu tanım aynı zamanda Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) standartlarında uzmanların müşteri ya da tüketici tatmini olarak ifade ettiği kavramdır. Bu perspektiften gıda kalitesi, tüketicinin talep ve isteklerini karşılamak için var olan gereksinimlerdir (Peri 2006).

Dölekoğlu ve Yurdakul (2004) çalışmalarında, gıda kalitesi kapsamında tüketici algısına ve kalitenin ölçümünde tüketici ile yapılacak birebir görüşmelerin önemine vurgu yapmaktadırlar (Dölekoğlu ve Yurdakul 2004).

Beckford (2017) çalışmasında kalitenin, 60 yılı aşkın bir süredir yönetimde ve yönetim düşüncesinde baskın bir endişe olduğunu vurgulamıştır. Bahsedilen bu belirgin üstünlüğünün "neden" elde ettiği ile ilgili olarak da kalite arayış sürecinde ekonomik, sosyal ve çevresel olmak üzere üç argüman sunmaktadır. Bunların her birinin, kalitenin yönetimi ve başarısı konusunda sistematik bir bakış açısı bulunmaktadır (Beckford 2017).

Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO), 1946 yılında 25 ülkenin katılımıyla İngiltere'de kurulmuştur. Günümüzde merkezi İsviçre'nin Cenevre kentinde bulunan örgüt, uluslararası standartları belirlemektedir. ISO, eşit anlamına gelen Yunanca "isos" kelimesinden türetilmiştir. Güncel olarak, ISO toplantılarına katılarak oy kullanabilen ve standartları uygulayabilen tam üyeler; gözlemci olarak katılarak standartları uygulayabilen muhabir üyeler ve ISO'nun çalışmalarını güncel olarak takip edebilen abone üyeler olmak üzere toplam 165 üye ülkesi bulunmaktadır (Anonymous 2021a).

Türkiye'de ise 1954 tarihinde kurulan Türk Standartları Enstitüsü (TSE), 1955 tarihinde ISO'ya ve 1956 tarihinde Uluslararası Elektroteknik Komisyonu'na üye olarak kabul edilmiştir. Avrupa Kalite Kontrol Örgütü üyesi olan TSE, 1991 yılında TS ISO 9000 Kalite Yönetimi ve Kalite Güvencesi Standartı'nı kabul etmiştir. 2015 yılında revize edilen bu standart, TS EN ISO 9000:2015 Kalite Yönetim Sistemleri-Temel Esaslar, Terimler ve Tarifler başlığı altında yürürlükte bulunmaktadır. Bu standarta göre kalite; nesnelerin bir dizi yapısal karakteristiğinin gereklilikleri yerine getirme derecesi olarak tanımlanır (Anonim 2021c).

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) 2021 yılında toplanan BM Gıda Sistemleri ve Tokyo Beslenmesi için Büyüme Zirvesinde, Gıda Sistemleri ve Beslenmeye İlişkin Gönüllü Kılavuzlarının kabulü ile gıda sistemleri eylem paketinin uygulanmasını teşvik etmektedir. Bu eylemler birbirini tamamlayarak gıda tedarik zinciri boyunca gıdanın besin kalitesini iyileştirmeye ve daha sağlıklı gıda ortamları yaratmaya odaklanır (Anonymous 2021b).

Bilindiği üzere Codex Alimentarius Komisyonu (CAC), gıda kalitesi ve güvenlik standartları konusunda en yüksek uluslararası kuruluştur. Bu Komisyonun FAO ve DSÖ'ye bağlı olarak 1961 yılında onaylanmasıyla beraber 1962 yılında Codex Alimentarius oluşturulmuştur. Güncel olarak 165 üye ülkeye sahiptir. Yalnızca insanların sağlığını ve refahını korumak için değil, aynı zamanda yerel, bölgesel ve uluslararası pazarlara erişimi teşvik ederek ekonomik kalkınmayı sağlamak ve geçim kaynaklarını iyileştirmek amacıyla çalışmalar yapmaktadır (Anonymous 2001).

Gıda güvenliği ve kalite çerçevesinde pek çok ulusal ve uluslararası standart oluşturulmuştur. Bunlar arasında Kritik Kontrol Noktalarında Tehlike Analizleri (HACCP), ISO 9000-Kalite Yönetim Sistemleri, ISO 22000-Gıda Güvenliği Yönetim Sistemleri, BRC Food Standartları ve IFS FOOD (Uluslararası Finans Derneği Gıda Güvenliği Standartları) gibi standartlar üretici işletmeler tarafından uygulanması tercih edilen uluslararası standartlardır. Geçerli olan tüm uluslararası gıda standartlarında temel prensip olarak Codex Alimentarius Komisyonu'nun yayımlamış olduğu HACCP ilkeleri bulunmaktadır (Koç vd. 2008).

## 2.2 Gıda Kalite Unsurları

Gıda kalitesinin öznel ve nesnel olmak üzere iki boyutu bulunmaktadır. Nesnel boyut, gıda uzmanları tarafından inşa edilen ürünün fiziksel karakterini ifade etmektedir. Öznel boyut ise gıda kalitesine yönelik tüketici algısını oluşturur. Tüketici isteklerinin üretim aşamasında fiziksel ürün karakterine dahil edilmesi bu iki boyutun kesişim alanını oluşturur (Grunert 2005).

Gıda kalitesi sadece tat, tekstür, renk, boyut ve şekilden değil aynı zamanda ürün içerisinde gizli ya da görülemeyen mikrobiyolojik, kimyasal ve diğer fiziksel faktörlerden de etkilenmektedir (Attrey 2017). Bu faktörlerden bir kısmı dokunarak ya da göz aracılığıyla tespit edilebilirken; kimyasal özellikler gibi bazı faktörler teknolojik araçlar vasıtasıyla analiz edilebilmektedir. Gıda kalite ölçümünde kullanılan araçlar kimyasal analizler, fiziksel analizler, mikrobiyolojik analizler, mikro-nano teknolojiler ve duyusal analizler olarak beş kategoride sınıflandırılmıştır (Zhong and Wang 2019). Bu çalışmada gıda kalitesini belirleyen özellikler kimyasal, fiziksel ve duyusal özellikler olarak üç kategoride ele alınmıştır.

### 2.2.1 Kimyasal özellikler

Oliveira ve çalışma arkadaşları (2019) çalışmalarında gıda güvenliği kapsamında, gıda maddelerinin kimyasal özelliklerini ölçebilmek, hammadde ve son ürünlerin uygunluğunu tespit etmek üzere yedi kimyasal özelliği vurgulamaktadır. Bunlar su aktivitesi, yağ karakterizasyonu, antioksidan kapasitesi, pH ve titrasyon asitliği, tuzluluk, tatlılık ve enzimlerdir (Oliveira *et al.* (2019).

Su aktivitesi, gıda kalitesi ve güvenliğini sağlama konusunda en önemli özelliktir. Gıdaların işlenme ve depolanma prosesinde karşılaşılabilecek bozulma ve kalite kayıpları arasındaki ilişki genel olarak su aktivitesi ile açıklanabilir (Tayar ve Çıbık 2016). Gıda maddelerinde su aktivitesinin ölçümü ve kontrolü ile gıdalarda bozulma ve enfeksiyona sebep olan mikroorganizmaların tespiti, gıdaların kimyasal stabilitesinin sağlanması, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının ve oksidasyon reaksiyonlarının en aza indirilmesi, enzimlerin ve vitaminlerin aktivitesinin uzatılması, tekstür ve raf ömrü gibi fiziksel özelliklerini optimize etmek mümkün hale gelir (Fontana 2000).

Yağ karakterizasyonu, yağları karakterize eden analitik metodlar, minör bileşiklerin tanımlanması ve miktarlarının belirlenmesine dayanmaktadır. Belirlenen bu bileşikler sayesinde gıda maddesinin kalitesi ve orijinalliği hakkında bilgiye ulaşılır (Moreda and Perez-Camino 2000).

İnsan sağlığına olumlu etkileri olduğu kabul edilen antioksidan kapasitesi, patojenlere karşı koruyucu özellikleri bakımından araştırmalara konu olmaktadır (Tütem *et al.* 2014). İzli (2018) antioksidan kapasitesi değerlerini izlemek üzere armut meyvesi üzerinde gerçekleştirdiği çalışmasında, kurutmak üzere yapılan ısıl işleminin antioksidan özellik gösteren bileşenlere yönelik olumsuz etkilerini gözlemlemiştir. Kurutma işlemi sonrasında, serbest hale geçen ve/veya Maillard reaksiyonu ile oluşan fenolik bileşiklerin, armut meyvesi örneklerinde antioksidan kapasitesini düşürdüğü gözlenmiştir (İzli 2018).

Titrasyon asitliği ve pH, kalite ve güvenlik göstergesi olarak kabul edilen “asitlik” değerlerinin belirlenmesinde kullanılan parametrelerdir. Bu ölçümler gıdaların mevzuat ve standartlara uygunluğunun kontrolü için kullanılmaktadır. Gıdaların sahip olduğu kendine özgü pH değerlerinden farklı ölçüm sonuçlarının alınması ürün ve/veya proses hakkında sorun olduğu fikrini beraberinde getirmektedir (Aksoy 2021). pH; asitlik derecesi için kullanılırken, titrasyon asitliği gıdadaki asidin toplam miktarıdır. Gıdalarda pH'ı ölçmek üzere kullanılacak araç ve yöntemlerin tercih edilmesinde kesinlik ve hassasiyet değerleri oldukça önemlidir (Vijayakumar and Adedeji 2017).

Tuzluluk, bir ortamdaki tuz içeriğidir. Gıdalarda en yaygın kullanılan tuz, doğal haliyle bulunan Sodyum Klorür’dür (Oliveira *et al.* 2019). Tatlandırıcı olarak kullanımının yanı sıra, koruma ve işlenebilirlik olmak üzere iki önemli işlevde bulunmaktadır. Koruyucu işlevi olarak; mikrobiyal gelişimi önlemek üzere su aktivitesini düşürmek için tuz eklenmektedir. Ayrıca tuz ilavesi bazı proseslerde ortamda bulunması gereken mikroorganizmaların ve enzimlerin aktivitesini etkilemek için kullanılmaktadır. Bu kapsamda fırıncılık ürünlerinde hamur kalitesinin iyileştirilmesi, et ürünlerinde proteinlerin su bağlama kapasitesini artırılması ve peynir ürünlerinde olgunlaşma için tuz ilavesi yapılmaktadır (Dotsch *et al.* 2009).

Tatlılık bağlamında ise taze ve işlenmiş ürünlerde için kullanılan temel parametre toplam çözünür katı madde (Total Soluble Solids-TSS) miktarıdır. TSS, şeker içeriğinin yanı sıra vitamin, protein, pigment, asit, fenolikler ve mineralleri kapsar. TSS tatlılık ölçümü genellikle °Brix ölçeğinde değer veren hidrometre veya refraktometre ile yapılır. 1 °Brix, 100 g numunede 1 g sakaroza karşılık gelir (Oliveira *et al.* 2019).

Enzimler, canlıların yaşamını sürdürülebilmesi için vazgeçilmez olan biyokatalizörlerdir. Canlı organizmalarda biyokimyasal reaksiyonları başlatan veya hızlandıran, reaksiyon sonunda ortamda kalarak tükenmeyen ve bozunmayan, protein yapılı moleküllerdir (Sutay Kocabaş 2021). Gıda maddelerindeki enzimler eksojen veya endojen kaynaklardan olabilir. Dış kaynaklı enzimler, örneğin kimozinin peynir üretiminde kullanılması gibi gıdalarda arzu edilen değişikliklere sebep olurlar. İç kaynaklı enzimler ise gıda kalitesine etki eden reaksiyonlardan sorumludurlar (Oliveira *et al.* 2019).

### 2.2.2 Fiziksel özellikler

Gıdaların başlıca fiziksel özellikleri, yoğunluk, özgül ısı, ısıl iletkenlik katsayısı, donma noktası ve viskozitedir. Gıdaların tat, koku, renk ve görünüş özellikleri için yapılan analizlere ek olarak nem ve kurumadde oranı, suda çözünen kuru madde miktarı (°Brix), kırılma indisi, boyut ölçümü ve elek analizleri gibi fiziksel analizler de gerçekleştirilmektedir.

Gıdaların fiziksel özelliklerine dair bilgiler, gıdaların sınıflandırılması, işlenmesi, ambalajlanması ve depolanması gibi çeşitli proses basamaklarında yapılacak hesaplamalar için gereklilik arz etmektedir (Soyer 2017).

Tüketiciler tarafından değerlendirilen ilk kalite parametrelerinden biri olması sebebiyle gıdanın yüzeysel görünümü ve rengi, ürünün ön kabulü için oldukça önemlidir (León *et al.* 2006). Ayrıca tarımsal gıda ürünlerinde fiziksel özellikler, tüketiciler tarafından tazelik ve olgunlukla bağdaştırılmaktadır (Campbell *et al.* 2004).

Gıdaların elektromanyetik özelliklerinden olan renk özelliği gıdalar için tüketici beğenilirliğini oldukça etkileyen bir kriterdir. Renk insan gözüyle anlaşılabilen bir özellik olduğundan, fiziksel ölçüm yöntemleri ile doğrudan ölçümü kimyasal analizlerden daha hızlı ve basittir (Soyer 2017).

### 2.2.3 Duyusal özellikler

Gıdaya ait özelliklerin, gıda sensörlerinin operasyonel verileri ile insan değerlendirilmesi ile elde edilen duyusal veriler arasında kurulan bütünleştirici ilişki modelini kapsar. Objektiflik, tutarlılık ve verimlilik için artan talepler, bilgisayar tabanlı görüntü işleme gibi tekniklerin kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Gıda endüstrisi, bu alanda çeşitli gıda ürünlerinin objektif ve tahribatsız değerlendirilmesinde başarılı olduğunu kanıtlayan olan ilk on endüstri arasında yer almaktadır (Du and Sun 2004).

Bu sebeple gelişen teknoloji ile birlikte çeşitli eğitimli uzmanların gıdalar üzerindeki duyusal analiz ve muayeneleri kendini daha tarafsız, daha hızlı ve daha düşük maliyet gerektiren gıda sensörlerine bırakmaktadır (Rosa *et al.* 2017).

Elektronik burun (E-burun), Elektronik dil (E-dil) ve Bilgisayarlı Görme Sistemi (CVS); kalite değerlendirme yöntemleri olarak gıda ve ilaç endüstrilerinde kullanılan üç analitik sistemdir. E-burun ve E-dil, elektronik sinyal üretmek için tat molekülleri ile seçici olmayan bir şekilde etkileşime giren sensörler içerirler ve memelilerin koku-tat alma sistemlerini taklit etmek üzere tasarlanmıştır. CVS ise, insan görüşünü esas alarak kalite özellikleri gibi bazı belirli nitelikleri hesaplayan görüntü analizine dayanmaktadır (Kiani *et al*. 2016).

Duyusal bilimdeki tüm bu yeni gelişmeler, tüketicilerin daha kaliteli, çevre dostu ve sorumlu ürünlere yönelik artan taleplerini karşılamak için ürünler geliştirmek ve mevcut ürünlerin kalitesini korumak için pek çok işletme açısından beklenmektedir. Tüketicilerden gelen endişeler, biyometriye dayalı yeni dijital teknolojiler kullanılarak tespit edilip analiz edilebilen gıda ürünlerine yönelik fizyolojik ve duygusal tepkilerini etkileyebilir. Ayrıca günümüzde yaşanan pandeminin etkisiyle pek çok alanda yaşanan kısıtlamalar sürecinde, dijital teknolojilerin kullanımı duyusal analiz yapmaya devam etmenin etkin bir yolu olduğunu ispatlamıştır (Fuentes *et al.* 2021).

## 2.3 Gıdalarda Renk

Renk, gözlemciye ve rengin gözlendiği koşullara bağlı olan algısal bir olgudur. Bu olgu yoğunluk ve dalga boyu açısından ölçülebilen ışığın özelliğine bağlıdır. Işığın farklı dalga boylarında insan gözünün retinasına ulaşması ile renk kavramı ortaya çıkmaktadır. Rengin göz tarafından algılanması ışığın nesneler üzerine çarpması ve kısmen yansıması nedeniyle çeşitlilik gösterir. Bu durum ise renk tonu veya renk olarak tanımlanmaktadır. Maddenin rengi, yalnızca parlak bir nesneden veya kaynaktan gelen ışık, aydınlattığında veya yüzeye çarptığında görünür hale gelir (Şahin and Sumnu 2006).

Newton'un renk teorisine göre, prizmaya düşen bir ışık ışını gökkuşağı renklerine ayrışarak; kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi, lacivert ve mor renk tonlarını oluşturur. Üç ana renk olan kırmızı, mavi ve yeşil renkler başka renklerden elde edilemediği halde, bu üç rengin çeşitli kombinasyonları ile diğer renkler elde edilebilmektedir. Üç ana renkten ikisinin eşit oranlarda kombinasyonu ile ikincil renk; cam göbeği, macenta veya sarı renk üretilir. Renk teorisine göre kabul edilen eklemeli renk modeli rengin nasıl üretildiğini açıklamaktadır. Bir rengin fiziksel boyutta algılanmasında üç nitelik bulunur; temel renk (hue), doyma (satürasyon) ve parlaklık. Temel renk, algılanan renk; doyma, rengin saflık derecesi; parlaklık ise renklerin ışığı yansıtma boyutu olarak tanımlanmaktadır (Çağlayan 2018).

Güneş ışığı bir prizma içerisinden geçirildiğinde spektrum olarak tanımlanan gökkuşağına benzer bir renk dağılımı oluşur. Işığın spektrumdan ayrılması spektral yayılma olarak tanımlanır. İnsan gözü tarafından algılanabilen renkler 380-750 nm dalga boyu aralığındadır ve bu aralığa görünür bölge adı verilmektedir. Görünür bölge dışında, 750 nm üzerindeki dalga boylarının oluşturduğu bölgeye kızıl ötesi (infrared) bölge, 380 nm altındaki dalga boylarının oluşturduğu bölgeye de UV bölge (mor ötesi) adı verilmektedir. Bu bölgelerdeki ışık insan gözü tarafından algılanamaz (Soyer 2017).

Buradan yola çıkılarak; bir madde elektromanyetik dalga spektrumunda 380-750 nm uzunluğundaki görünür ışınların tamamını yansıtabiliyorsa beyaz, tümünü soğuruyorsa siyah olarak algılanır. Görünür spektrumda mavi rengi soğuran madde sarı renkli, sarı rengi soğuran madde ise mavi renkli görünür. Benzer şekilde yeşil rengi soğuran madde kırmızı renkli, kırmızı rengi soğuran madde ise yeşil renkli görünür (Anonim 2011).

Rengin belirlenmesi, insan gözü ile muayene edilerek veya bir renk ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilebilir. Aydınlatmadaki farklılıklara rağmen insan denetimi oldukça başarılıdır ancak bu durumda rengin belirlenmesi gözlemciden gözlemciye değişken olacağı için özneldir. Daha objektif bir renk analizi yapabilmek için referans materyal olarak renk standartları kullanılır. Bu şekilde kullanımları ise yavaş gerçekleşmekte ve gözlemcilerin özel bir eğitim almasını gerektirmektedir. Bu nedenle, renk ölçüm cihazlarının kullanımı yaygınlaşmıştır (León *et al.* 2006).

İlk renk ölçümü 1900'lü yıllarda yapılmaya başlanmıştır. Nesnelerin renginin ölçülmesi ilk zamanlarda, rengi belirlenecek nesnenin yanına standart renk değerlerine sahip renkli kağıtların konularak nesnenin renginin hangi renk olduğunun belirlenmesi şeklinde insan gözü ile yapılmıştır. 1905 yılında ressam Albert Henry Munsell (1858-1918) tarafından geliştirilen Munsell Renk Sistemi bu esasla kullanılmıştır. Günümüzde yapılan bilimsel çalışmalarda renk değerlerinin belirlenmesi elektronik ölçüm cihazlarının kullanılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Böylece daha doğru, etkin ve tekrarlanabilir analizler mümkün hale gelmiştir (Keskin vd. 2017).

Gıdaların renk özelliği ışığın spektral dağılımına bağlı olmakla birlikte gıdanın halihazır durumu ile değerlendirilen değişken bir olgudur. Bu olgunun tüketici tarafından kabulünde görme duyuları ile algılanan, gıdaların kendine has renk pigmentleri; meyve ve sebze gibi gıdalar için olgunluk; renk kayıpları veya kalite kusurları; tüketici açısından beğenilirlik gibi faktörler rol almaktadır.

Gıdalarda renk ölçüm cihazlarının kullanıldığı alanlar tarım ve gıda sanayi başta olmak üzere sağlık, tekstil, plastik, boya, eczacılık, kozmetik, vb. olarak sayılabilir.

Gıdalarda renk ölçümü, spektrofotometre ve kolorimetre olmak üzere iki şekilde kategorize edilir (Şahin and Sumnu 2006).

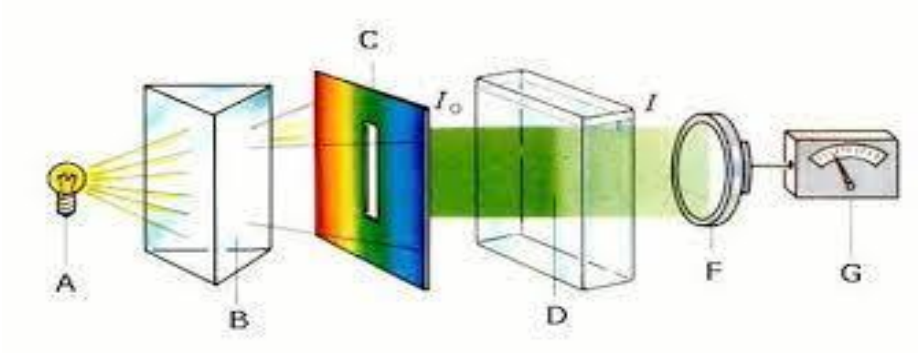
### 2.3.1 Spektrofotometre

Spektrofotometreler, madde renk yoğunluğunun ölçüm esasına dayanan ve madde miktarının veya konsantrasyonunun tespitini sağlayan cihazlardır (Şekil 2.1). İçinde bulundurdukları ışık kaynağı ile numuneye bir ışık göndererek, yansıyan ışığa ait rengin yansıma enerji grafiğini ölçerler. Spektrofotometrelerde konsantrasyonu bilinen bir standart çözelti ile konsantrasyonu bilinmeyen çözelti kıyaslanır. Çözeltinin içinden geçebilen (çözelti tarafından absorblanmayan) ışığın yoğunluğu tespit edilerek çözelti içeriğindeki aranan maddenin miktarı hakkında kantitatif bilgi verir. Şekil 2.2'de spektrofotometreye ait parçalar gösterilmiştir (Anonim 2011).



**Şekil 2.1** Spektrofotometre

Spektrofotometreler emilim veya geçirgenlik özelliğinden yararlanarak bir çözelti içindeki maddenin tayininde kullanılırlar. Renk analizinde ise ışığın yansıma özelliğinden faydalanılarak kullanılırlar (Keskin vd. 2017).




**Şekil 2.2** Spektrofotometrenin parçaları: ışık kaynağı (a), prizma (b), diyafram (c), küvet (d), dedektör (f), fotometre (g) (Anonim 2011)

Spektrofotometrede bir nesneye standart bir ışık kaynağı tarafından ışık yansıtılır. Farklı dalga boylarındaki cihaza ulaşan ışık, prizmanın giriş ve çıkış noktalarında farklı oranlarda kırılır. Diyafram, mercekler ve ışın toplayıcı optik parçalardan belirli miktarlardaki ışının geçmesini sağlayarak küvete doğru bir ışın demeti gönderilmesini sağlar. Küvetin içine ölçüm yapılacak örnek yerleştirilir. Dedektör ise küvetten gelen ışın miktarını belirleyerek elektrik enerjisine dönüştürdükten sonra fotometreye aktarır (Anonim 2011).

Bir nesnenin sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavi ışıklardan oluşan rengini ölçebilmek için X, Y ve Z değerleri ile özel bir matematiksel işlev seti oluşturulur. X, Y ve Z ışıkları için renk eşleştirme işlevlerinin tümü pozitiftir sayılar olacak şekilde x, y, z olarak etiketlenir. Spektral renkler için kırmızı, yeşil ve mavi verileri alınarak X, Y ve Z koordinatlarına dönüştürülür. Spektrofotometreler, her dalga boyu için yansımayı ölçerek tristimulus değerlerinin hesaplanmasını sağlar. Farklı aydınlatmalarda ve farklı açılarda renk otomatik olarak algılanır. Yüksek kaliteli spektrofotometrelerin maaliyeti yüksektir ve ölçümler daha uzun sürer (Şahin and Sumnu 2006).

### 2.3.2 Kolorimetre

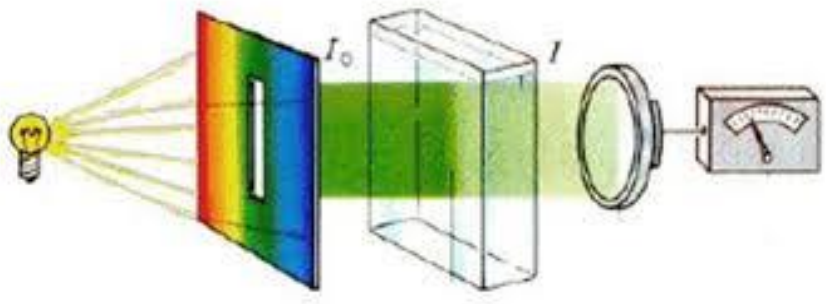
Bir çözeltinin renginden faydalanılarak içindeki madde miktarını ölçme işlemi kolorimetri, bu çeşit ölçüm yönteminde kullanılan cihazlar ise kolorimetre olarak adlandırılır (Şekil 2.3).



**Şekil 2.3** Kolorimetre

Spektrofotometre entegrasyonu pahalı olduğu için tristimulus kolorimetreleri geliştirilmiştir (Şahin and Sumnu 2006).

Kolorimetreler başlıca üç parçadan oluşur: Işık kaynağı, filtre ve fotoelektrik dedektör. Işık kaynağını temsil eden aydınlatıcıdan gelen ışık dalga boylarını izole eden bir absorpsiyon filtresinden geçer. Filtre açığa çıkan renk tonuna göre spesifik dalga boyunda bir ışık üretir. Filtreden geçen ışık daha sonra içine numune konulan küvete gelir. Bu küvetten numunenin konsantrasyonuna bağlı oranda azalarak fotosele geçer. Fotosel ise topladığı ışığı elektrik enerjisine çevirir ve gerekli ölçüm elde edilmiş olur. Şekil 2.4'de kolorimetreye ait parçalar gösterilmiştir (Anonim 2012).




**Şekil 2.4** Kolorimetreyi oluşturan parçalar (Anonim 2012)

Her rengin spektrumda bir parmak izi yansıtma deseni vardır. Kolorimetre, spektral hassasiyet eğrilerine karşılık gelen üç geniş bant filtre aracılığıyla rengi ölçer. Bir tristimulus kolorimetrede yapılan ölçümler karşılaştırmalıdır. Bu noktada en isabetli ölçümleri yapabilmek için ölçülecek maddelere benzer renklerde kalibre edilmiş standartlar kullanmak gerekir. Her rengin, onu diğer renklerden ayıran kendi tristimulus değerleri bulunmaktadır. Bu değerler, bir renk eşleşmesinin doğru olup olmadığını belirlemek için ölçülebilir (Şahin and Sumnu 2006). Bir tristimulus değeri X, Y ve Z renk koordinat bilgisi veya L, a ve b gibi değerleri içerebilir. Tristimulus değerleri için altın standart, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından geliştirilen CIE Renk Sistemidir.

## 2.4 Renk Sistemleri

### 2.4.1 Renk sıralama sistemleri

Renk sıralama sistemi malzeme örnekleri aracılığıyla olası tüm renkleri veya alt kümeleri düzenlemenin sistematik ve rasyonel bir yöntemidir. Renklerin sistematik olarak sıralanmasının ardından bazı tanımlayıcı terimlere göre isimlendirildiği veya numaralandığı bu süreç aynı zamanda kolorimetre aracılığıyla yapılan ölçümler için standartları belirler (Choudhury 2010). Renk sıralama sistemleri genel olarak üç farklı yöntemden oluşmaktadır:

1. Renklendirici-karışım sistemi (colorant-mixture system): Prensip olarak çıkarıcı ya da eksiltici renk karışımına dayalıdır. En bilinen modeli camgöbeği, eflatun ve sarı renklerinden oluşan CMY Renk Sistemidir.

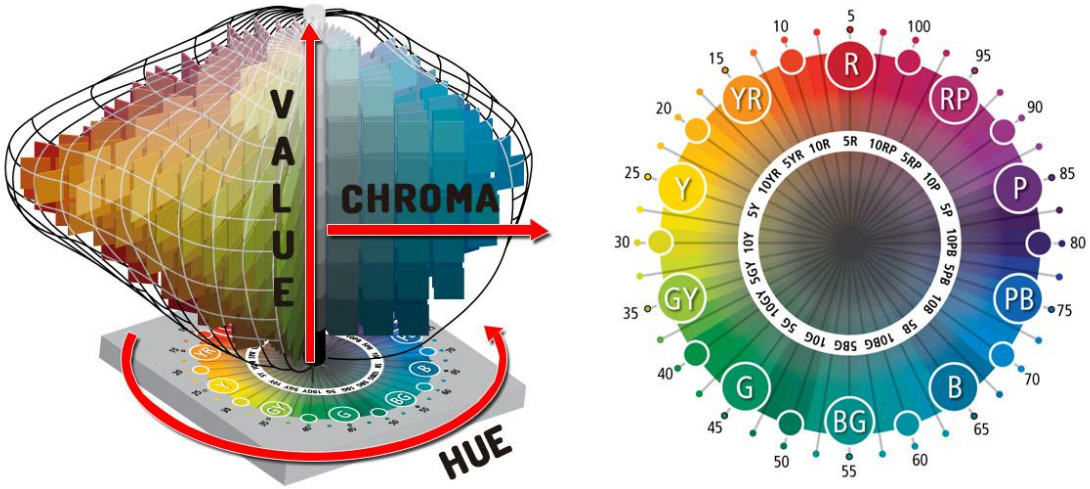
2. Renk-karışım sistemi (color-mixture system): Prensip olarak, üç temel renkten kırmızı, yeşil ve mavi renklerinin karıştırılması esasına dayalıdır. Işığın olmadığı durumlarda ortaya çıkan renk siyah, hepsinin eşit miktarda ışık gördüğü durumlarda ise sonuç beyaz renk olur. En tanınmış modeli Ostwald Renk Sistemidir.

3. Renk görünüm sistemi (color appearance system): Bu sistem renk algısı ya da renk görünümüne dayalıdır. İnsan renk vizyonunun algısal boyutunu tanımlamayı amaçlar. En tanınmış modeli Munsell Renk Sistemidir (Yılmaz 2002).

En çok kullanılan Renk Sıralama Sistemleri ve ilgili renk özellikleri:

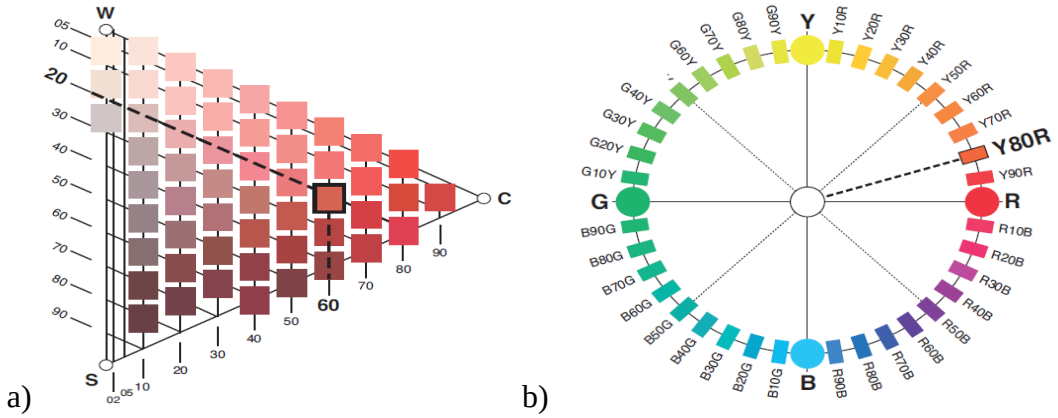
1. Munsell Renk Sistemi: Renk Tonu, Değeri ve Kroma,
2. Doğal Renk Sistemi: Renk Tonu, Siyahlık ve Kromatiklik,
3. Ostwald Renk Sistemi: Renk Tonu, Parlaklık ve Doygunluk,
4. DIN Sistemi: Renk Tonu, Doygunluk Derecesi ve Karanlık Derecesi,
5. OSA-UCS: Parlaklık, Sarılık ve Yeşillik Derecesi,
6. Koloroid Sistem: Renk Tonu, Parlaklık ve Doygunluk (Choudhury 2010).

Munsell Renk Sistemi, Albert H. Munsell (1859-1918) tarafından geliştirilmiştir. Renk ölçümü, birbirinden bağımsız değer (value), ton (hue) ve doygunluk (chroma) parametrelerine göre belirlenir (Şekil 2.5). Değer, rengin içerisindeki beyaz ya da siyah oranını ifade eder. 10 parçaya bölünen değer çubuğu en altta siyah (0) en üstte beyaz (10) olacak şekilde ve yine her aralığın eşit olarak birbiriyle karıştığı tonlamalardan oluşmuştur. 5N olarak ifade edilen ve tam ortada bulunan gri renk, siyah ve beyaza eşit uzaklıktadır. Ton; sırasıyla kırmızı (5R), sarı (5Y), yeşil (5G), mavi (5B) ve mor (5P) olarak 5 ana gruba ayrılmıştır. Doygunluk ise rengin ışığı yeterince yansıtması ve parlaklığıyla ilgilidir. Rengin doygunluk oranı arttıkça görünümü daha kuvvetli ve canlı algılanır. Doygunluk oranı düştüğünde ise rengk kaybı ortaya çıkar. Doygunluk sonlandığında, renk siyah olur (Fairchild 2005). CIE Lab, Cam16 ve My Own Oklab gibi modern renk uzayları ve modelleri yapıları bakımından çok benzerdir (Ottosson 2021).




**Şekil 2.5** Munsell renk sistemini oluşturan parametreler (Kalisz 2023)

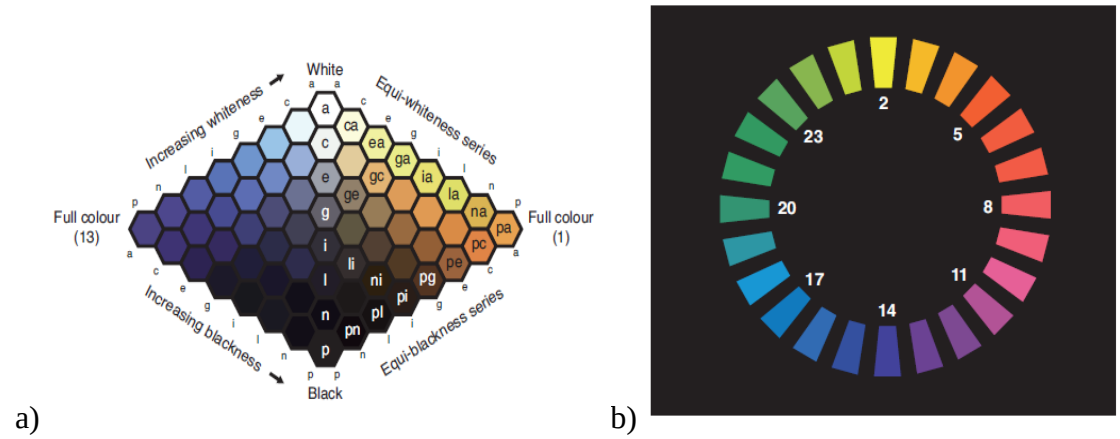
Doğal Renk Sistemi (The Swedish Natural Color System-NCS) farklı bir yaklaşım benimser ve algısal nitelikleri eşleştirmek yerine renkleri tanımlamayı kolaylaştırmak için tasarlanmıştır. Bunu, renkleri beyaz, siyah, sarı, kırmızı, yeşil ve mavi olmak üzere altı ana renge benzerlikleriyle tanımlayarak yapar (Şekil 2.6). Tonu belirlemek için sarı, kırmızı, yeşil ve mavi renkler kullanılır. Nihai renk, köşeleri beyaz, siyah ve verilen tonun en doygun rengi olan bir renk üçgeni ile tanımlanır. Üçgendeki bir konum beyazlık (W), siyahlık (S), kromatiklik (C) parametreleriyle tanımlanır. Bu parametrelerden herhangi ikisi, toplamı bir olduğu için yeterlidir (Ottosson 2021). Doğal Renk Sistemi tonlarının sırası, CIE Lab düzenlemesine benzer, Munsell Renk Sisteminin ise tam tersidir.




a) b)

**Şekil 2.6** a) NCS düzenli renk tonu üçgeni b) NCS renk-çemberi (Coudhury 2010)

Ostwald Renk Sistemi, Alman Kimyacı Wilhelm Ostwald (1853-1932) tarafından tanımlanmıştır. Ostwald Renk Sistemi NCS gibi renkleri tam renkli, siyah ve beyazın bir karışımı olarak tanımlar. Sabit renk tonu; tam renkli içerik, beyaz içerik ve siyah içerikten oluşan üç doğrusal uzayda temsil edilir (Şekil 2.7).




a) b)

**Şekil 2.7** a) Ostwald çift koni renk sisteminde dikey çapraz kesit, b) Ostwald renk çemberi (Choudhury 2010)

Ostwald Renk Sistemi ile Doğal Renk Sistemi arasındaki en belirgin ayrım Doğal Renk Sisteminde bu tür düzlemlerin algısal renk sıkalasına göre tanımlanması, Ostwald sisteminde ise düzlemlerin üçgenlerin köşelerinde bulunan üç maksimumun toplamsal renk karışımları ile tanımlanmasıdır. Ostwald Renk Sistemi, bir renk görünüm sistemi ve bir renk karışım sisteminin bir kombinasyonunu temsil eder (Fairchild 2005).

DIN Sistemi, Alman Standart Kuruluşu'nda (Deusches Institut für Normund) (DIN) Dr. Manfred Richter tarafından daha önceki Ostwald Sistemini geliştirmek suretiyle değiştirilmiştir. Sistem renkleri karanlık derece (darkness) (D), DIN tonu (T) ve doygunluk derecesi (saturation) (S) olmak üzere üç parametrede tanımlar (Choudhury 2010).

OSA-UCS Sistemi, renk görünüm sistemi olmasına rağmen Munsell ve NCS sistemlerinden oldukça farklıdır. Munsell veya NCS sistemlerinde olduğu gibi üç özelliğin ayrı ayrı ölçeklendirilmesine dayalı değildir. Her bir renk algısal olarak eşit uzaklıkta 12 komşu renge bağlanarak bir polihedron oluştururlar ve bu yapı küp-oktahedron olarak bilinir. Her yönde eşit uzaklıktaki renk farklılıklarının olması çok farklı bir renk düzeni sisteminin oluşması ile sonuçlanır (Choudhury 2010).

Macar renk düzeni olan Koloroid Sistem "estetik olarak tek tip renk uzayı" ifadesi ile tanımlanmaktadır. Sistem renkleri ton (hue) (A), doygunluk (saturation) (T) ve parlaklık (lightness) (V) olmak üzere üç parametrede tanımlar. Hem doygunluk hem de açıklık parametreleri 1-100 arasında bir ölçekte temsil edilir (Choudhury 2010).

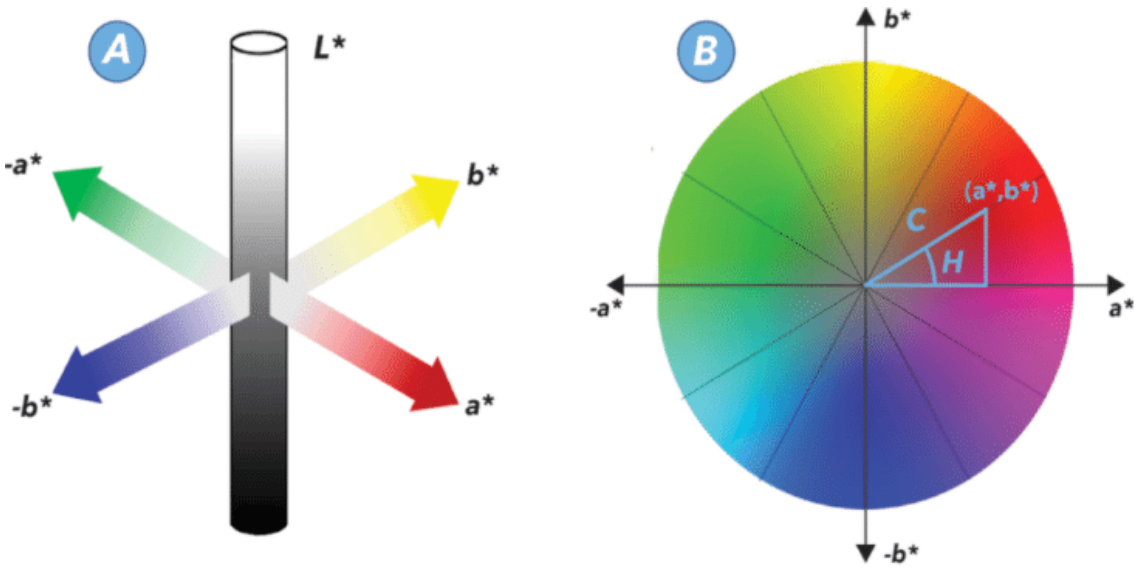
### 2.4.2 Renk uzayları

Renk uzayları, renkleri tanımlamak ve nicelendirmek amacıyla kullanılan üç boyutlu matematiksel modellerdir. Renk ölçümlerinde kullanılmakta olan bazı cihazların teknik özellik ve standartlarına göre farklı renk uzayları belirlenmektedir. Bu noktada renk uzayları cihaz bağımlı ve cihaz bağımsız olmak üzere iki grupta ele alınmaktadır. Cihaz bağımlı renk uzaylarında renkler cihazın özelliklerine bağımlıdır. Cihaz bağımsız renk uzaylarında ise renkler Uluslararası Aydınlatma Komisyonu tarafından çeşitli standart ve tanımlamalarla güncellenmektedir (Yılmaz vd. 2002).

CIE Lab veya CIE $L^*a^*b^*$, 1976 yılında CIE tarafından geliştirilen ve renk ölçümleri için kullanılan uluslararası bir standarttır. Tüm renk spesifikasyon sistemleri içinde oldukça önem taşıyan CIE sistemi ışık, nesne ve göz olarak renk algısının üç temel öğesini standartlaştırmaktadır (Sangwine and Horne 1998).

Lab standardı; monitör, yazıcı veya dijital kamera gibi bir aygıt tarafından renk üretmesi için belirli bir renklendiricinin ne kadarının gerekli olduğundan ziyade bir rengin nasıl göründüğünü tanımlar. Bir diğer ifadeyle cihazdan bağımsız bir renk modeli olarak kabul edilir. Renk yönetimi sistemleri, bir rengi bir renk uzayından başka bir renk uzayına tahmin edilebilir şekilde dönüştürmek için bir renk referansı olarak Lab'ı kullanır. Günümüzde en yaygın kullanılan renk skalası Hunter Lab ve CIE $L^*a^*b^*$ olarak verilmektedir. Organizasyon olarak benzerler ancak bazı sayısal farklılıkları bulunmaktadır (Jha 2010).

$L^*$ (0) ile (100) değerleri arasında değişen parlaklık bileşenidir. $a^*$ değeri yeşilden (-a) kırmızıya (+a) ve $b^*$ değeri maviden (-b) sarıya (+b) renk parametreleri olmak üzere (-120) ile (+120) arasında değişen iki kromatik bileşendir (Şekil 2.8) (Papadakis *et al.* 2000, Yam and Papadakis 2004). Ton ve kroma bağıntıları ile $L^*$, $a^*$, $b^*$ değerlerinin kutupsal koordinatlara dönüştürülmesiyle tanımlanan denklemler sayesinde renk farklılıkları hesaplanmaktadır (Sangwine and Horne 1998). CIE Lab daha çok gıda alanında renk ölçüm yöntemi olarak tercih edilmektedir (Papadakis *et al.* 2000).




**Şekil 2.8** a) Üç boyutlu CIE Lab uzayı b) iki boyutlu CIE Lab uzayı (Delazio *et al.* 2017)

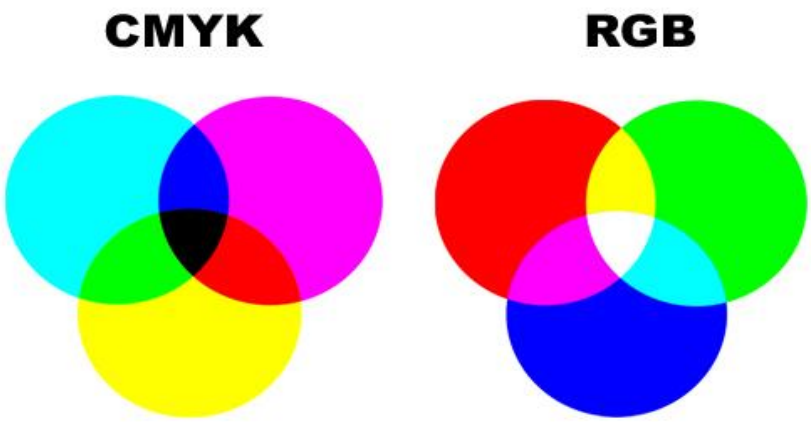
CIE Lab renk farkı, CIE 1976 renk uzayında bulunan iki renk lokasyonu arasındaki mesafe olarak tanımlanabilir (Şahin and Sumnu 2006). Bu mesafe Delta $E^*$ ($\Delta E$) şeklinde gösterilir. $\Delta L^*$ parlaklık farkı, $\Delta a^*$ kırmızılık/yeşillik farkı ve $\Delta b^*$ ise sarılık/mavilik farkıdır. Eşitlik 2.1'de belirtilmiştir (2.1) (Şahin and Sumnu 2006, Jha 2010, Zyzelewicz *et al.* 2013).

$$\Delta L^* = L_2^* - L_1^*, \Delta a^* = a_2^* - a_1^*, \Delta b^* = b_2^* - b_1^*$$
$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2} \qquad (2.1)$$

CIE XYZ renk uzayı, 1931 yılında CIE tarafından kabul edilerek her renk için negatif olmayan tristimulus değerleri verecek şekilde tasarlanmıştır. CIE Lab gibi algısal olarak tek biçimli bir renk uzayını belirleme sürecinde kullanılan bir ara uzaydır (Sangwine and Horne 1998). Herhangi bir renk oluşumunda kırmızı, yeşil ve mavi renklerinden sırasıyla x, y ve z değerleriyle verilen "tristimulus" değerleri kullanılır (2.2) (Jha 2010).

$$x = \frac{x}{x+y+z} y = \frac{y}{x+y+z} z = \frac{z}{x+y+z} \qquad (2.2)$$

RGB, dijital ortamlar için bir renk alanı ve görüntüleme özelliklerini tanımlayan bir standarttır. Sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavi anlamına gelen renklerinin çeşitli koordinatları ile oluşturulan birim küp şeklinde bir modeldir. Kırmızı, yeşil ve mavi eşit olarak birleştirilirse ortaya beyaz renk çıkar (Şekil 2.9). Bu sebeple toplamalı bir modeldir. Genellikle rengin bilgisayar monitörleri, video cihazları, tarayıcı ve yazıcı gibi dijital renk sistemlerinde üretildiği sistemlerde kullanılır (Parkin 2018). Görüntülenen cihaza göre renk aralığı değiştiği için cihaz bağımlı bir modeldir (Yam and Papadakis 2004).



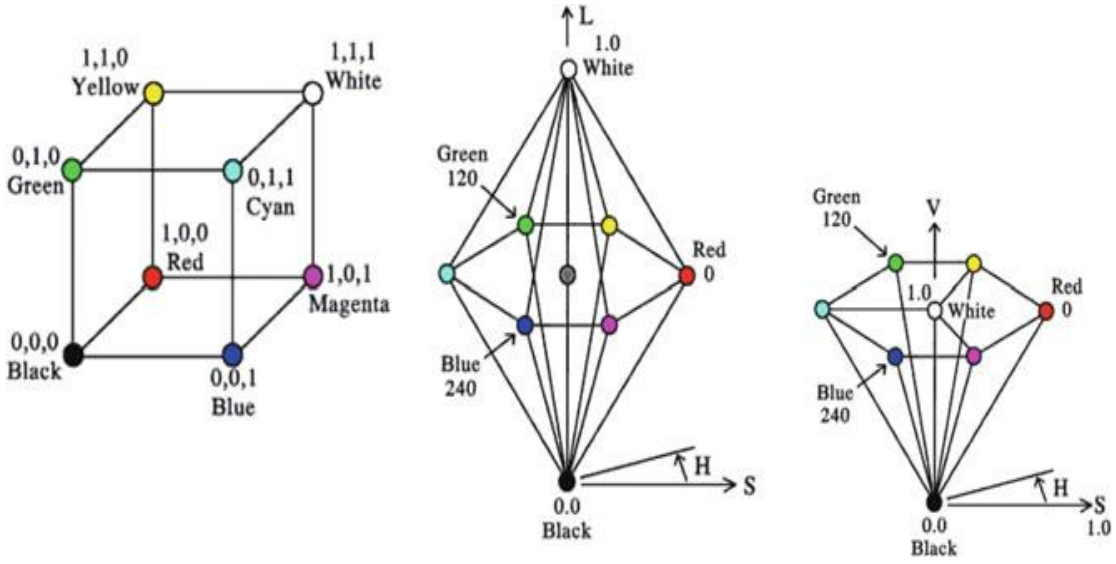

**Şekil 2.9** CMYK ve RGB uzaylarını oluşturan renkler

Cubero ve arkadaşlarının (2018) android işletim sisteminde çalışan bir akıllı telefon uygulaması yardımıyla portakal renk ölçümü yaptıkları çalışmalarında, narenciye renk indeksini hesaplamak üzere görüntüleri kullanarak RGB (kırmızı, yeşil ve mavi renk koordinatları) ortalama değeri hesaplanmış daha sonra da Hunter Lab renk uzayına dönüştürülmüştür. Çünkü RGB renk uzayı cihaz bağımlıdır ve algısal bir renk modeli değildir. Buna karşılık, CIE Lab veya Hunter Lab gibi diğer renk modellerinde renk uzayındaki renkler arasındaki mesafeler, renklerin konumundan bağımsız olarak insan algısındaki farklılıklarla ilgili olacak şekilde tanımlanır. Bu nedenle meyvelerin rengini ölçmek veya karşılaştırma yapabilmek için daha uygun oldukları vurgulanmıştır (Cubero *et al.* 2018).

CMY renk modeli camgöbeği (C), macenta (M) ve sarı (Y) renklerinden oluşur. RGB renk modelinin tam tersi olarak beyaz renkten kırmızı, yeşil ve mavi renklerinin çıkarılmasıyla oluşan bir modeldir. Tüm renkler eşit oranda karıştırıldığında ise ortaya çıkan renk siyah olur.

CMYK Renk modeli, camgöbeği (C), macenta (M), sarı (Y) ve siyah (K) renklerinden oluşan ve CMY renk modeline dayalı çıkarmalı bir modeldir (Şekil 2.6). CMYK, kağıda basılan mürekkebin ışığı soğurma düzeyini temel alan bir renk modelidir Beyaz ışık yarı saydam mürekkeplere çarptığında, bazı görünür dalga boyları emilirken diğerleri gözlere yansıtılır. Diğer renkleri oluşturmak için üç ana mürekkep rengi (camgöbeği, macenta ve sarı) kullanılır. Teoride, bu üç ana renk, tüm ışığı emmek ve siyah üretmek için bir araya gelmelidir. Bununla birlikte, tüm baskı mürekkepleri bazı safsızlıklar içerdiğinden, bunun yerine çamurlu bir kahverengi oluşur. Bu nedenle, gerçek bir siyah üretmek için dördüncü birincil mürekkep rengine (siyah) ihtiyaç vardır. CMYK modeli cihaza bağlıdır ve dört renkli proses baskıda kullanılır (Yam and Papadakis 2004).

HSV, renkleri ton (hue), doygunluk (saturation) ve değer (value) olmak üzere üç parametreyle tanımlanır. Yapısı Doğal Renk sistemine oldukça benzeyen ton (hue), beyazlık (whiteness) ve siyahlık (blackness) parametreleriyle tanımlanan ve HWB adlandırılan renk uzayına dönüştürmek mümkündür. HSL ise, renkleri ton (hue), doygunluk (saturation) ve açıklık/parlaklık (lightness) olmak üzere üç parametreyle tanımlar. HSL ve HSV kendi başlarına tam olarak renk uzayları değil, RGB renk uzayından gelen dönüşümlerdir. Her RGB birincil ve aktarım işlevi kümesi için HSL ve HSV'ye dönüştürme benzersiz renk uzayları üretir (Ottosson 2021). HSV aynı zamanda renkleri ton (hue), doygunluk (saturation) ve parlaklık (brightness) olan üç parametreyle tanımlanan HSB renk uzayı olarak da bilinir. Bu iki uzay tek ve çift koniler olarak düşünülebilir (Şekil 2.10) (Günasekaran 2010).




**Şekil 2.10** Sırasıyla RGB (red-green-blue), HLS (hue-lightness-saturation), HSV (hue-saturation-value) renk uzayları (Günasekaran 2010)

Dominguez ve Centurión (2015) çalışmalarında bal numunelerinin kalite kontrolüne yardımcı olmak için daha az zaman ve insan katılımı ile renk ölçümleri yapılan basit bir yöntem önermişlerdir. Bal numunelerinden dijital görüntüleri analiz etmek için RGB, HSB ve gri tonlamalı üç renk modeli kullanılmışlardır. Referans birimi olarak 0 ile 140 mm arasında değişen, yani çok açık renkli baldan başlayıp en koyu bala kadar artan "Pfund" ölçeğinde değerlendirilmiş ve optimum sonuçların HSB renk modeli kullanılarak elde edildiği görülmüştür (Dominguez and Centurión 2015).

Pedreschi ve arkadaşları (2006) kızarmış patateslerin rengini ölçmek üzere hazırladıkları çalışmalarında çoğunlukla kullanılan dört alternatif renk sistemi olan: $L^*a^*b^*$, RGB, XYZ ve CMYK renk sistemlerinden $L^*a^*b^*$ birimlerinde ölçüm almışlardır. Hunt (1991)'tan aktarımlarına göre RGB ve XYZ gibi diğer renk modellerinin aksine, $L^*a^*b^*$ uzay renk algısı tekdüzedir. Bunu iki renk arasındaki öklid mesafesini yaklaşık olarak insan gözünün algılayabildiği renk farklılığına eşit olacak şekilde açıklamışlardır (Pedreschi *et al.* 2006).

Gıda ürünlerinin doğasında-pigmentasyonunda bulunan geniş renk çeşitliliği renk ölçümünü kısıtlayabilmektedir. Bu nedenle renk ölçümü sadece belirli gıdalara uygulanabilir. Diğer taraftan ışık koşulları ve kameraların optik kısıtlamaları renk için geçerlidir. Bu sebeple spesifik standartların ötesinde belirli aralıklarda sınırlamaların getirilmesi gerekmektedir. Böylece özellikle akıllı telefon gibi taşınabilir cihazlar aracılığıyla yapılacak ölçümler güvenilir gıda kalitesi indikatorü olarak kullanılabilir (Macdougall 2010).

## 2.5 Gıdalar Üzerine Akıllı Telefon Kullanımı ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Sağır ve Eraslan (2019), akıllı telefonların üniversite çağındaki gençlerin gündelik hayatlarındaki etkisini ele aldıkları çalışmalarında, Türkiye'de mobil telefon kullanımının %98, akıllı telefon kullanımının ise %77 olduğunu paylaşmışlardır. Türkiye'de bulunan üniversite öğrencileriyle yaptıkları anket çalışmasında, akıllı telefon kullanan 1012 katılımcının %18,9'unun fotoğraf-video vb. uygulamalarını indirdikleri gözlemlenmiştir (Sağır ve Eraslan 2019).

Akıllı telefonlar, yüksek hızlı işlemci, dijital kamera, batarya, yüksek çözünürlük içeren ekran ve kullanıcı arayüzü gibi çeşitli ölçümler için kullanılabilecek çok sayıda teknik donanıma sahiptir. Ayrıca, sonuçların kullanıcı tarafından anında görüntülenmesine, veritabanları ile paylaşılabilmesine olanak tanıyan kablosuz veri aktarım modelleri (örneğin; Wi-Fi, Bluetooth, hücresel veri hizmeti, vb.) içermektedir. Yapılan son çalışmalar akıllı telefonların gıda analizleri için çeşitli aksesuarlarla güçlendirilerek portatif bir laboratuvar aracı olarak işlev görebileceğini göstermektedir (Rateni *et al.* 2017).

Zyzelewicz ve arkadaşları (2013) Polonya'da yaptıkları çalışmalarında sabit ve değişken koşullar altında kavrulan kakao çekirdeklerinin rengini belirlemek üzere çeşitli yöntemler uygulamışlardır. Pigment ekstraksiyonu ile elde ettikleri ölçümleri spektrofotomerik yöntemlerle karşılaştırmışlardır. Test edilen koşullar altında kavrulmuş kakao çekirdekleri için CIE $L^*a^*b^*$ sisteminde $L^*$, $a^*$, $b^*$ ve delta E ($\Delta E$) (insan gözü için bariz olan veya olmayan toplam renk farkı) gibi renk parametrelerinin ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışmalarında yapılan parlaklık analizinde, kavrulmuş kakao çekirdeklerinin çoğunun, referans olarak kullanılan ham kakao çekirdeklerinden daha koyu olduğunu gözlemlemişlerdir. Renk parametreleri tahlillerinin sonuçlarında, çok veya en az kavrulmuş kakao çekirdeklerini ayırt etme açısından birçok durumda tutarlı olduğunu ve kavrulmuş kakao çekirdekleri için CIE $L^*a^*b^*$ yöntemi ile renklerinin belirlenmesinin uygun olduğunu gözlemlemişlerdir (Zyzelewicz *et al.* 2013).

Elmalı (2015) tez çalışmasında, karekod tabanlı gıda bileşenleri tespitine yönelik android uygulaması kullanımını incelemiştir. Hazırladığı çalışmasında öncelikle akıllı telefon kamerası ile sorgulamak istediği ürüne ait ürün ambalajının üzerindeki barkot fotoğrafını elde etmiştir. Sonrasında elde ettiği barkod fotoğraflarının, karekod tabanlı yazılım programında sorgulatıldığında programda karekod bilgileri kayıtlı olan bilgiler ile karıştırması yapılmıştır. Çalışma sonuçların akıllı telefon kullanıcısına hızlı bir şekilde içerik, alerjen ve inanç uyarı bilgisinin gösterilmesine ve kullanıcının internet bağlantısına ihtiyaç kalmadan pratik bir şekilde bilgiye ulaşmalarına dayanmaktadır (Elmalı 2015).

Chen ve arkadaşları (2017) tarafından, gıdaların tazeliğini izlemek için ürün üzerine yerleştirilen barkod (sensör), ambalaj ortamındaki gıdadan çıkan gazları algılayarak optik bir sensör olarak hizmet etmek üzere optik boyalar kullanılarak yeniden tasarlanmıştır. Çalışma gıda tazeliğinin sürekli izlenerek daha sonra nicel olarak renk değişimini ölçecek görüntüleri incelemek üzere akıllı telefon kullanılarak gerçekleştirilmiştir. pH ve uçucu organik bileşiklere duyarlı barkod şeklindeki sensörler tavuk numunelerinin üzerine yerleştirilerek beş gün boyunca farklı sıcaklılarda gözlenmiştir. Akıllı telefon yardımıyla alınan tavuk etleri üzerindeki barkod görüntülerinin renk değişimi incelendiğinde tazelik ve tüketim kalitesinin beklenen sonuçları elde ettiği görülmüştür (Chen *et al.* 2017).

Cruz-Fernández ve arkadaşlarının (2017) kürlenmiş et ürünlerindeki yağı belirlemek üzere yaptıkları çalışmalarında salchichón, salam ve tütsülenmiş jambon gibi farklı et ürünlerinden iki milimetrelik kesitler elde edilmiştir. Örnek dilimlerinin her iki tarafından akıllı telefon kamerası ile resim çekilerek yağ tayinleri yapılmıştır. Diğer taraftan yağ ekstraksiyonunda referans yöntem olarak Soxhlet yöntemi kullanılmıştır. Her iki yöntem sonucu karşılaştırıldığında, akıllı telefonun kamerasını kullanarak salchichón, salam ve kurutulmuş jambondaki yağ içeriğini belirleme yönteminin, düşük maliyetli, çevre dostu, hızlı ve taşınabilir bir araç sağladığı sonucuna varılmıştır (Cruz-Fernández *et al.* 2017).

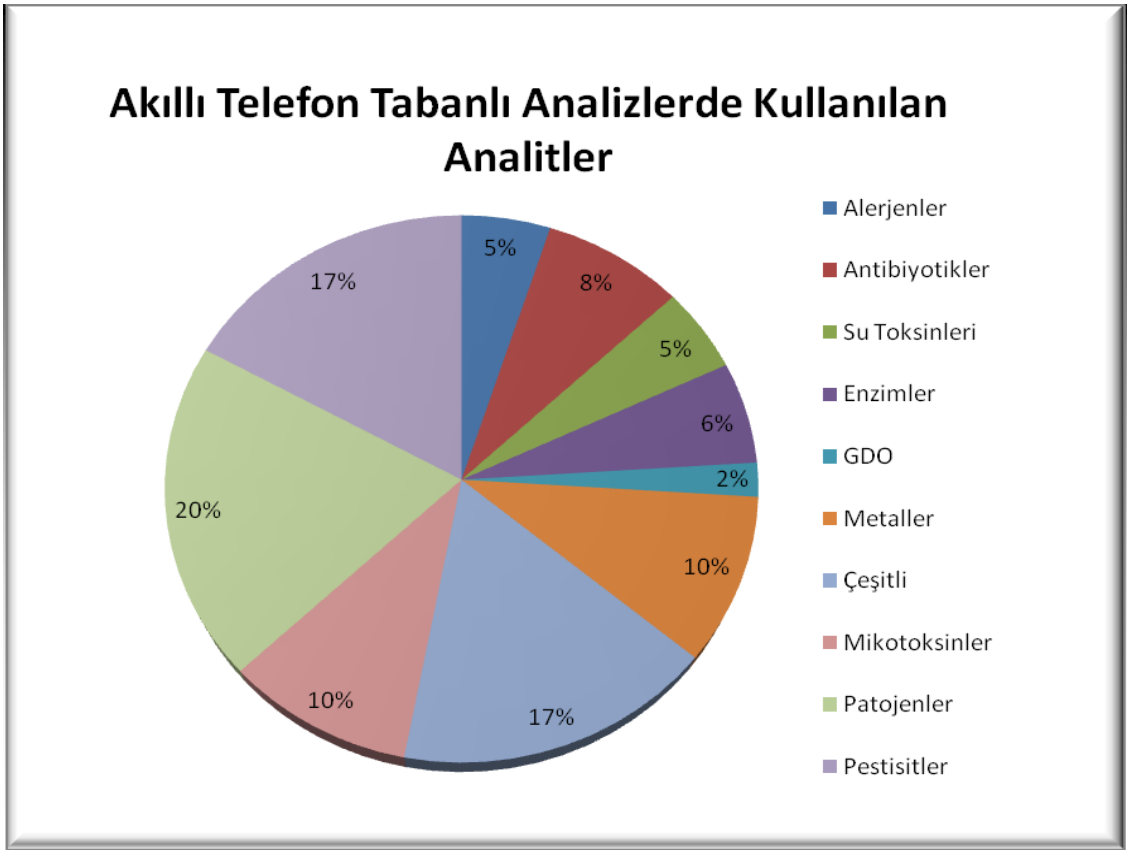
Liu ve arkadaşları (2017) Android sistemine dayalı tahıl sayma mobil uygulama programı geliştirmişlerdir. Pirinç ve buğday örneklerinin mahsül verimi üzerinde hazırladıkları çalışmalarında yaygın sayma yöntemlerinden manuel saymanın zaman alıcı ve zahmetli olması, elektronik sayma cihazlarının ise pahalı olması sebebiyle mobil uygulama yöntemlerini konu almışlardır. Görüntü analizine dayalı tane sayımı görüntülerin bölümlere ayrılarak tanelerin görüntülerinin arka planından ayrılması ve sonra her bölgedeki tane sayısının hesaplanması olarak iki adımda gerçekleştirilmiştir. Geliştirdikleri uygulama programı tahılları yüksek doğrulukla (hata oranı %2'nin altında) hızlı ve rahat bir şekilde sayabilmektedir (Liu *et al.* 2017).

Kılıç ve arkadaşları (2018) yerleşik kameraya sahip bir akıllı telefon kullanarak hazırladıkları çalışmalarında çeşitli konsantrasyon seviyelerine sahip dört farklı suyun kalitesini test etmişlerdir. Kolorimetrik analizleri ölçmek için özel bir mobil uygulama (ChemTrainer) kullanmışlardır. İki farklı yöntemin kullanılması ile ortaya çıkan sonuçları karşılaştırdıklarında %100 doğruluk sağladığını görmüşlerdir. Kullandıkları renk korelasyonu yönteminde, test görüntüsü ile referans görüntüler arasındaki değeri 0 ile 1 aralığında bulunan korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. İkinci yöntemde ise, elde edilen delta E ($\Delta E^*$) mesafe metriği kullanılarak iki görüntü arasındaki renk farklarının ölçülmesine dayalıdır. Hesaplamalar sonucu korelasyon katsayıları yönteminin saptama doğruluğunu krom, fosfat, nitrit ve fenol için sırasıyla %23,3, %33,2, %63 ve %26,2 olarak elde ederken; $\Delta E^*$ yöntemi için ise sırasıyla %100, %98,7, 100 ve %76 olarak elde etmişlerdir. Dolayısıyla $\Delta E^*$ yönteminin, korelasyon katsayıları yöntemine göre üstün performans vermesi sebebiyle; Android uygulamasında çalıştırmak için geçerli yöntem tercih edilebileceğini ve akıllı telefon kullanımı ile kolay, hızlı ve güvenilir ölçümler yapılarak doğru sonuçlar alınabileceğini vurgulamışlardır (Kılıç vd. 2018).

Akıllı telefonlar gıda kalitesi değerlendirmesinde potansiyel olarak uygulama bulabilecek başka sensörlerle de donatılmıştır. Lima ve arkadaşları (2019) çalışmalarında bal arılarının termal konforunu izlemek için akıllı telefon ile yerleşik mikrofon kullanmışlardır. Böcekler tarafından üretilen sesin yoğunluğu kaydederek bal üretimini incelemişlerdir. Çalışmalarında kullandıkları akıllı telefon tabanlı ses seviyesi ölçme uygulamasının, kovan içi sıcaklığındaki hafif artışlarla ilişkili olarak artan ses salınımlarını tespit etmişlerdir. Sonuç olarak akıllı telefon kullanımının bal arılarının termal ortamını izlemek için umut verici bir araç olarak kabul edilebildiği, özellikle küçük arıcılara ve gezici arıcılık yapanlara uygulanabileceğini belirtmişlerdir (Lima *et al.* 2019).

Costa ve arkadaşları (2020) akıllı telefon görüntü analizi ile süte eklenen katkı maddelerinin tespiti için oldukça hızlı ve düşük maliyetli kolorimetrik bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntemde akıllı telefon kamerası kullanılarak, 7 faklı marka sütte hidrojen peroksit, sodyum hipoklorit ve nişasta ilavesini kontrol etmek için renk farklılıkları görüntülenmiştir. Uygulamalar tarafından elde edilen RGB görüntülerine dayalı görüntü histogramları oluşturulmuştur. Sonuçlar akıllı telefon uygulaması olan PhotoMetrix® ve RedGIM® kullanılarak hesaplanmış, $H_2O_2$, NaClO ve nişasta için sırasıyla; 0.9997, 0.9929 ve 0.9974; 0.9785, 0.9653 ve 0.9777 ortalama korelasyon katsayılarını elde etmişlerdir. Elde edilen bu sonuçlardan akıllı telefon uygulaması olan PhotoMetrix® ve RedGIM® uygulamalarının tağşiş yapan maddelerin tanımlanmasında ve miktarının belirlenmesinde kullanılabileceği sonucuna varmışlardır (Costa *et al.* 2020).

Akıllı telefon tabanlı cihazların ana avantajı, bu teknolojiyi evde analiz için tüketiciye aktarma potansiyelidir. Nelis ve arkadaşlarının (2020) Scopusta yaptıkları akıllı telefon tabanlı cihazlar ile ilgili yapılan araştırmalar sorgusunda 127 çalışmanın %44'ünün gıda analizi uygulamaları arasında olduğu belirlemişlerdir. Analit tipine göre sınıflandırıldığında Şekil 2.11' deki verilerin elde edildiği görülmektedir (Nelis *et al.* 2020).




**Şekil 2.11** Akıllı telefon tabanlı analizlerde kullanılan analitler ve oranları (Nelis *et al.* 2020)

Perez de Vargas-Sansalvador ve arkadaşları (2020) et endüstrisinde uygulanacak akıllı telefon yardımıyla gıda kalite güvencesini ölçmek üzere hazırladıkları çalışmalarında tazelik sensörü geliştirmişlerdir. Domuz eti paketine yerleştirilen bir sensör etin bozulmasına bağlı olarak, artan bakteri miktarı ile birlikte $CO_2$ salınımını ölçerek gıda kalitesine yönelik tespitlerde bulunmuşlardır. Çalışmada tazelik sensörünün işlevselliğini doğrulamak için paketlenen et ürünlerinden hem bakteriyolojik analiz hem de $CO_2$ konsantrasyonu tespiti yapılmıştır. İlerleyen günlerde tazelik sensörlerinin akıllı telefon kamerası ile alınan RGB renk koordinatları ölçümleri alınmış ve sonuç olarak gri renk sıkalasında artan bakteri miktarının, artan $CO_2$ miktarı ile doğru orantılı olduğu sonucuna varmışlardır (Perez de Vargas-Sansalvador *et al.* 2020).

Akıllı telefonların gıda kalitesi değerlendirme ve izlemede belki de en sezgisel uygulaması, onları mobil spektrometreler olarak kullanmaktır. Günümüzde kullanılmakta olan neredeyse tüm cihazlar, entegre bir görüntü işlemcisi ve dedektör görevi görebilecek metal oksit-yarı iletken kamera ile donatılmıştır. Birçok akıllı telefon kamera sensörünün özellikleri, tarama testleri ve saha kullanımı için yeterlidir (Kalinowska *et al*. 2021).

Li ve arkadaşları (2021) Keemun siyah çayının kalite derecelerini sınıflandırmak için dijital ışık işlemeye dayalı mikro-yakın kızılötesi spektrometre (NIR) ile birleştirilmiş akıllı telefon görüntülemeyi kullanarak yeni ve düşük maliyetli bir değerlendirme yöntemi önermişlerdir. Bu sayede çay numuneleri geleneksel yöntemlerde ayrıntılı numune hazırlama adımları gerektirmeden ve herhangi bir ön işlem yapılmadan tahribatsız olarak analiz edilmiş, çay çeşitlerinin yerinde değerlendirilmesi düşük maliyetli analiz teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çay numunelerini ölçmek için akıllı telefona bağlı bir mikro-NIR spektrometresi aksesuarı kullanmışlardır. Yapılan renk ölçümleri sonucunda akıllı telefon kamerasının renk bilgilerinin doğru sınıflandırma oranını %88,57 olarak elde etmişler ve oldukça başarılı bir sınıflandırma performansı olarak kabul etmişlerdir. Böylece akıllı telefon kamerasının çay kalite değerlendirilmesinde için etkili bir kullanım sağlayabileceğini gözlemlemişlerdir (Li *et al.* 2021).

Khoshmaram ve arkadaşları (2021) çalışmalarında, çeşitli su ve toprak örneklerinde çözünmüş organik madde içeriğinin analizinde kullanılan floresan spektroskopisi yerine kullanımı daha pratik ve ulaşımı kolay, maliyet oranı uygun bir estrüman olarak akıllı telefon tabanlı taşınabilir florimetreyi tasarlamışlardır. Numune olarak bir enerji içeceğindeki riboflavin (Vitamin B2) miktarı incelenerek sonuçlar değerlendirilmiştir. Floresan ölçümleri, Color Grab uygulamasının kurulu olduğu basit bir cep telefonu kullanılarak yapılmış, Açık LED'lerden yayılan ışık numuneden geçirilmiş, cep telefonunun arka kamerasını kullanarak dijital bir görüntü kaydedilmiştir. Görüntüler Color Grab uygulamasıyla analiz edilerek kontrol ölçümleri bir spektroflorometre ile karşılaştırıldığında doğruluğu yüksek sonuçlar elde etmişlerdir (Khoshmaram *et al.* 2021).

Hyun ve arkadaşlarının (2021) çalışmalarında, organik yönetim uygulamaları altında mahsul büyümesinin tahmin simülasyonunu gerçekleştirmek için akıllı telefondan yararlanmışlardır. Çalışmalarında Android işletim sistemi ile uyumlu Organik Gübre Uygulama Destek Bilgi Sistemi'nin performansı, 16 farklı akıllı telefon modeli kullanılarak karşılaştırılmışlardır. Normalde kullanılan cihazlarda hava durumu verilerinin indirilmesi yaklaşık bir dakika sürmesine rağmen, eski model bir akıllı telefonun bile oldukça kısa bir sürede (5 s) veri aldığını gözlemlemişlerdir. Organik pirinç yetiştiriciliğinde kullanılmak üzere kimyasal gübre ve üç çeşit organik gübre olmak üzere dört çeşit örnek incelemesinde çalışmaya dahil olan geçmiş yıllara ait hava durumu raporlarının elde edilmesi sayesinde akıllı telefon uygulamalarının pirinç verimindeki etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak mobil bilgi işlem platformuna dayalı bir karar destek sisteminin geliştirilmesini kolaylaştırmak için bir yazılım geliştirme çerçevesi önerilmiştir (Hyun *et al.* 2021).

Mevcut akıllı telefonlar hafif ve taşınabilir olması, güçlü hareket kabiliyetine sahip olması ve gerçek zamanlı izleme gereksinimlerini karşılayabilmesi ile birlikte karmaşık işlevlerin gerçekleştirilmesine yardımcı olabilecek mikro bilgisayar özelliğindedirler. Akıllı telefonlar yüksek bir penetrasyon oranına ve geniş bir kullanıcı yelpazesine sahiptir. İstatistiklere göre, 2020 yılında küresel bazda akıllı telefon sevkiyatı 1.332 trilyon adet sayıya ulaşmıştır (Ma *et al*. 2017).

Baş ve Özgen'in (2022) çalışmalarında $L^*a^*b^*$ renk uzayında akıllı telefon uygulamalarının doğruluğunu kullanılmakta olan spektrofotometrik gıda analiz yöntemleri ile karşılaştırmışlardır. Bu doğrultuda gerçekleştirdikleri toplam lipid, nitrosomyoglobin, hidroksiprolin, myoglobin ve tiyobarbütirik asit (TBA) analizlerini spektrofotometre ile absorbans değerlerini ölçerek kalibrasyon grafikleri elde etmişlerdir. Bunlara ilave olarak, absorbans ölçümü yapılan küvetlerin akıllı telefon ile Color Grab uygulaması üzerinden renk ölçümü yapılmıştır. Elde edilen kalibrasyon grafiklerinin doğrusallığı ve $R^2$ değerlerinin 0,98'in üzerinde görülmesi sonucunda; akıllı telefonla renk ölçümünün spektrofotometrik ölçümlere kıyasla maliyeti düşük ve daha pratik bir alternatif olabileceğini vurgulamışlardır (Baş ve Özgen 2022).

# 3. MATERYAL VE METOT

## 3.1 Materyal

Tez çalışmasında materyal olarak, çeşitli kakao kuru maddesi (KKM) oranlarına sahip, 10 farklı marka adı altında üretilen 36 adet bitter, sütlü ve beyaz çikolata örnekleri 10 grupta toplanmıştır (Çizelge 3.1). Ağırlıkları 60-80 gram arasında değişen ve çikolata örnekleri Ankara'da yerel bir marketten satın alınmış, oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir. Çizelge 3.2'de numunelere ait kakao kuru maddesi (KKM) oranları verilmiştir.

**Çizelge 3.1** Çalışmada kullanılan çikolata numunelerinin bilgileri

| GRUP | | NUMUNE SAYISI | ÇİKOLATA TÜRÜ |
|---|---|---|---|
| 1 | U | 7 | Beyaz-Sütlü-Bitter |
| 2 | N | 5 | Beyaz-Sütlü-Bitter |
| 3 | E | 4 | Sütlü-Bitter |
| 4 | M | 2 | Beyaz-Sütlü |
| 5 | B | 6 | Beyaz-Sütlü-Bitter |
| 6 | O | 3 | Beyaz-Sütlü-Bitter |
| 7 | V | 2 | Sütlü-Bitter |
| 8 | T | 2 | Sütlü-Bitter |
| 9 | P | 2 | Bitter |
| 10 | G | 3 | Bitter |
| Toplam | 10 | 36 | 3 |

Her bir çikolata numunesi için renk ölçümleri ayrı ayrı değerlendirilmiş olsa da; numune içeriklerinin aynı hammadde kaynağı olması ve ürün bileşenlerinden kaynaklanabilecek renk ölçüm farklılıkları oluşmasını önlemek amacıyla aynı markadan numune örneklerinin arka (düz) yüzeylerinden renk ölçümleri yapılmıştır.

**Çizelge 3.2** Çalışmada kullanılan çikolata numunelerinin kakao kuru maddesi oranları

| GRUP | ÖRNEKLER | KAKAO KURU MADDESİ |
|---|---|---|
| U | U1 | Beyaz Çikolata |
| | U2 | 29% |
| | U3 | 30% |
| | U4 | 52% |
| | U5 | 53% |
| | U6 | 60% |
| | U7 | 80% |
| N | N1 | Beyaz Çikolata |
| | N2 | 29% |
| | N3 | 55% |
| | N4 | 60% |
| | N5 | 82% |
| E | E1 | 32% |
| | E2 | 45% |
| | E3 | 54% |
| | E4 | 70% |
| M | M1 | Beyaz Çikolata |
| | M2 | 33% |
| B | B1 | Beyaz Çikolata |
| | B2 | 30% |
| | B3 | 31% |
| | B4 | 36% |
| | B5 | 60% |
| | B6 | 85% |
| O | O1 | Beyaz Çikolata |
| | O2 | 34% |
| | O3 | 61% |
| V | V1 | 30% |
| | V2 | 57% |
| T | T1 | 30% |
| | T2 | 60% |
| P | P1 | 37% |
| | P2 | 57% |
| G | G1 | 52% |
| | G2 | 72% |
| | G3 | 90% |

## 3.2 Metod

Yapılan tez çalışmasında renk analizleri yapılmak üzere materyal olarak kullanılan çikolata örneklerinden enstümental cihaz ve akıllı telefon kamerası yardımıyla ölçüm yapılarak, CIE Lab renk uzayında elde edilen değerler karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada CIE Lab uzayının tercih edilmesinin sebebi; CIE Lab uzayının cihaz bağımsız bir renk uzayı olmasının yanında insan gözü algısına en yakın uzay sistemi olması ve insan gözünün algıladığı tüm renkleri tanımlamasıdır (Pedreschi *et al*. 2006). Ayrıca RGB renk uzayında ortam aydınlatmasından kaynaklanan sapmalar, analiz performansını olumsuz etkileyebilmektedir (Baş 2017).

### 3.2.1 Renk ölçüm cihazı

Çikolata örneklerinin renk analizleri renk ölçümü cihazı-kolorimetre (Model CR400, Konica Minolta, Japonya) ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1). Renk analizi her bir örnek için 5 farklı noktadan 2 paralel olacak şekilde yapılmıştır. Oda sıcaklığında muhafaza edilen örneklerin renk parametreleri CIE Lab renk sistemine göre; $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ değerleri kolorimetrik yöntem ile belirlenmiştir.




**Şekil 3.1** Örneklerin ölçümü yapılan kolorimetre cihazı

### 3.2.2 Akıllı telefon uygulaması ile renk ölçümü

Renk ölçümü android işletim sistemi üzerinde çalışabilen ve uygulama marketinden erişimi sağlanan Color Grab (Loomatix (C) 2021 Version 3.9.2) uygulaması kullanılarak yapılmıştır.

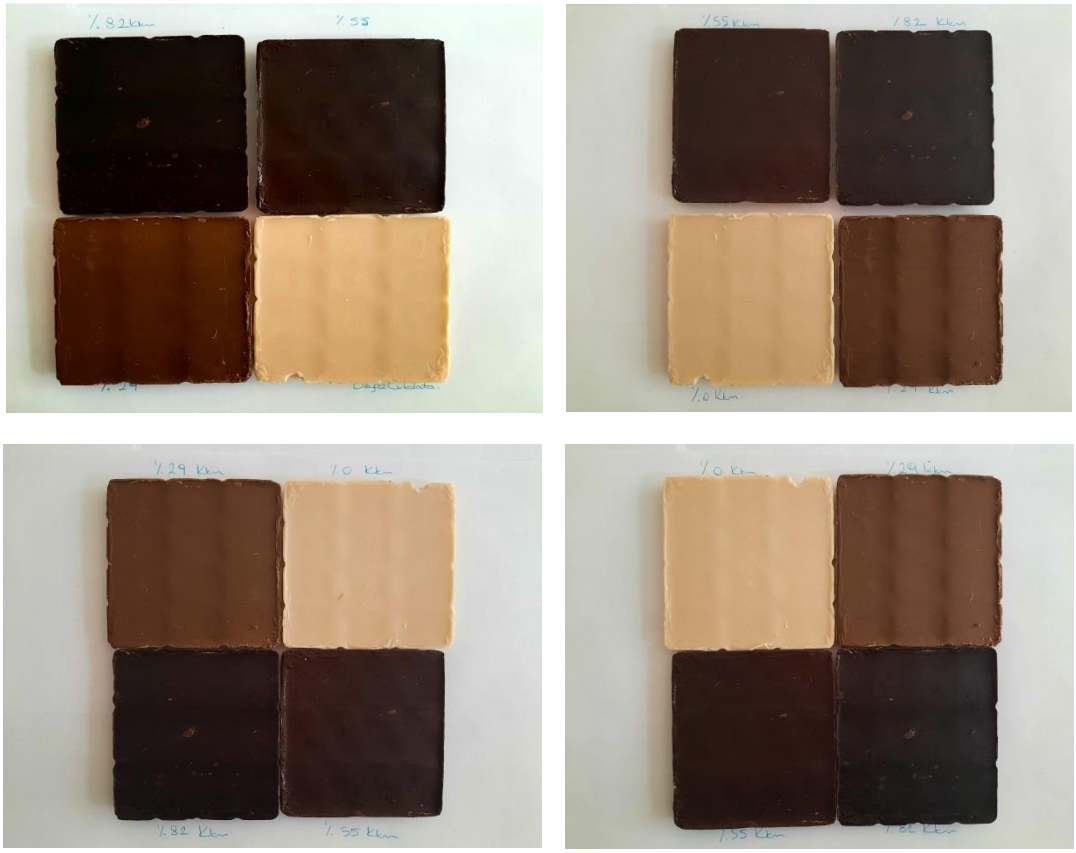
Dijital görüntüleri almak için Samsung SM-A51 5F model akıllı telefon kullanılmıştır. Alınan numune görüntüleri Çizelge 3.3 değişkenlerine göre stabilize kamera özellikleri altında çekilmiştir.

**Çizelge 3.3** Akıllı telefona ait kamera özellikleri

| | |
|---|---|
| **Görüntü boyutu** | 3000 x 4000 |
| **Yakınlaştırma** | Yok |
| **Flaş Modu** | Kapalı |
| **Beyaz Dengesi** | Floresan |
| **Operasyon Modu** | Manuel |
| **Diyafram** | *f* /2,0 |
| **Enstantane** | 1/50 s |
| **Kayıt Türü** | JPEG |
| **Odak uzaklığı** | 4,60 mm |
| **Çözünürlük** | 72 dpi |

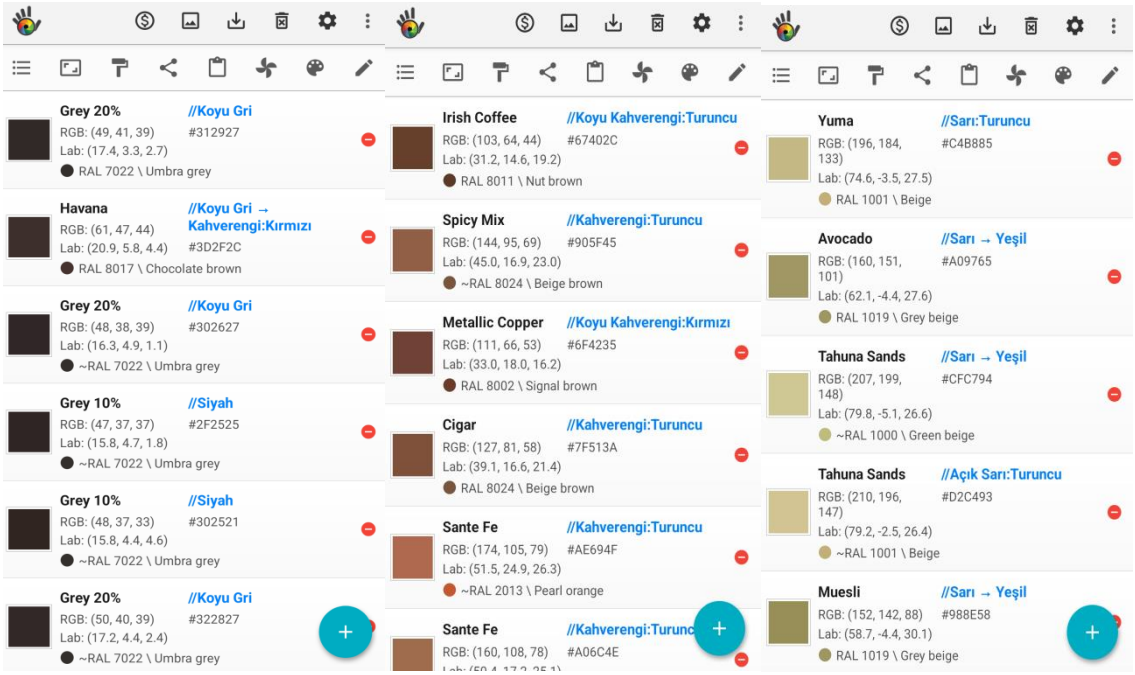
Fotoğraf çekme prosedürü basit, çok yönlü ve düşük maliyet şartlarını taşıması açısından değişken gün ışığı alan kapalı bir ortamda, 12.00 ile 15.00 saatleri arasında yapılmıştır. Numuneler arka plan renginin standart olması ve sürdürülebilir olması amacıyla belirli bir marka-model A4 kağıt üzerine yerleştirilmiştir. Işık açılarının numunelerde bırakacağı renk farklılığını engellemek için numuneler A4 kağıt üzerinde farklı konumlandırılmış, çeşitli konum ve sayıda ölçüm alınarak ortalama değer hesaplanmıştır.

Fotoğraf çekimi sabit masa üzerinden 30-50 cm yükseklikten; 4'er farklı konumda olacak şekilde, her numune için 4 farklı konumda fotoğraf görüntüsü elde edilerek gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2).



**Şekil 3.2** Akıllı telefon kamerası ile elde edilen farklı konumlarda bulunan çikolata örneklerine ait görüntü

Renk analizi yapılmak üzere Color Grab uygulaması üzerinden akıllı telefon galerisinden seçilen numunelere ait fotoğrafların 5 farklı noktasından ölçüm alınarak CIE Lab sisteminde $L^*$, $a^*$ ve $b^*$ değerleri elde edilmiştir (Şekil 3.3).




(a) (b) (c)

**Şekil 3.3** Color grab uygulaması ile elde edilen; (a) bitter çikolata, (b) sütlü çikolata ve (c) beyaz çikolata örneklerinin renk koordinatlarına ait ekran görüntüsü

## 3.3 Renk Değerlerinin Hesaplanması

### 3.3.1 Toplam renk değişimi (ΔE)

Toplam renk değişimini hesaplamak için, $L^*_0$, $a^*_0$, $b^*_0$ değerleri Eşitlik 3.1'de yerleştirilerek hesaplanmıştır (Eşitlik 3.1). Bu eşitlikte $L^*_0$, $a^*_0$, $b^*_0$ değerleri yerine her numune için elde edilen, A4 standart beyaz kağıt sayfaya ait $L^*$, $a^*$, $b^*$ ortalama değerleri kullanılarak düzeltme faktörü uygulanmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \qquad (3.1)$$

$$\Delta L = L^*_1 - L_0^*$$

$$\Delta a = a^*_1 - a_0^*$$

$$\Delta b = b^*_1 - b_0^*$$

### 3.3.2 Beyazlık indeksi (WI)

Beyazlık İndeksi (Whiteness Index - WI), bir cismin renginin ışık kaynağına göre farklı görünmesi durumudur. Maddeler aynı ışık kaynağı altında bakıldığında aynı renkte görünseler de farklı ışık kaynakları altında birbirlerinden daha faklı renklerde görünebilirler. Kolorimetre tarafından sağlanan CIE $L^*a^*b^*$ sisteminin yanısıra, renk kalitesinin karakterini (çikolata yüzey rengi) tanımlamak için kullanılabilir. Çikolatanın soğutma aşamasından sonra sıcaklık koşullarının değişimine veya uygun olmayan saklama koşullarına bağlı olarak değişen çikolatanın renk ölçümü için önemli bir kalite ölçüm parametresidir. Eşitlik 3.2 kullanılarak hesaplanır (Briones *et al*. 2006, Dinçel 2015).

$$WI = 100 - \sqrt{((100-L)^2 + a^2 + b^2)} \qquad (3.2)$$

# 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

## 4.1 Ölçülen Renk Değerlerinin Karşılaştırılması

Renk ölçüm cihazı ile ölçülen $L^*$, $a^*$, $b^*$ verileri çizelge 4.1'de verilmiştir. Aynı grup çikolata örnekleri arasında en düşük $L^*$ değerleri U6, N5, E4, T2, V2, M2, B5, O3, P2 ve G1 kodlu çikolata örneklerinde; en yüksek $L^*$ değerleri ise U1, N1, M1, B1 ve O1 kodlu beyaz çikolata örneklerinde gözlenmiştir. $L^*$ parlaklık-aydınlık bileşenidir ve değerleri 0-100 arasında değişmektedir. "0" koyuluk ve "100" açıklık ile ilgili bilgi vermektedir. Elde edilen veriler kapsamında "bitter çikolata" olarak belirtilen ve kakao kuru madde oranı % 35'den yüksek çikolata örneklerine ait $L^*$ değerlerinin daha düşük değerlerde (0'a yakın) olduğu görülmüştür. Etiket bilgilerinde "beyaz çikolata" olarak belirtilen ve kakao kuru madde oranı ihtiva etmeyen çikolata örneklerinin $L^*$ değerlerinin ise daha yüksek değerlerde (100'e yakın) olduğu görülmüştür. Ölçümü yapılan tüm örneklerin ortalama renk aralıkları $L^*$ değerleri için 23,35 - 83,72 arasında ölçülmüştür.

CIE Lab sisteminde $a^*$ değeri yeşilden (-a) kırmızıya (+a) renk değişimini gösteren değerleri (-120) ile (+120) arasında değişen bileşendir. Elde edilen veriler doğrultusunda örneklere ait $a^*$ değerleri arasında paralel bir benzerlik gözlemlenmemiştir. Ölçümü yapılan tüm örneklerin $a^*$ değerlerinin ortalama renk değerlerinin (-5,09) - 10,30 arasında olduğu görülmüştür.

CIE Lab sisteminde $b^*$ değeri maviden (-b) sarıya (+b) renk değişimini gösteren, (-120) ile (+120) arasında değişen bileşendir. Elde edilen veriler doğrultusunda $b^*$ değerleri karşılaştırıldığında, tümünün pozitif değerlerden oluştuğu, $L^*$ değerlerine paralel bir benzerlik gösterdiği ve KKM değerleri ile beklendiği gibi ters orantılı olduğu görülmüştür. Ölçümü yapılan tüm örneklerin $b^*$ değerlerinin ortalama renk değerleri 1,91 - 27,82 arasında ölçülmüştür.

**Çizelge 4.1** Kolorimetre ile ölçülen çikolata numunelerine ait ortalama $L^*$, $a^*$, $b^*$ değerleri

| ÖRNEKLER | KOLORİMETRE ÖLÇÜMLERİ | | |
|---|---|---|---|
| | **$L^*$** | **$a^*$** | **$b^*$** |
| U1 | 83,00(± 0,0) | -3,8(± 0,0) | 27,11(± 0,2) |
| U2 | 36,04(± 0,0) | 9,72(± 0,0) | 11,19(± 0,0) |
| U3 | 35,26(± 0,4) | 10,01(± 0,0) | 11,38(± 0,0) |
| U4 | 27,85(± 0,1) | 5,19(± 0,1) | 4,19(± 0,0) |
| U5 | 41,22(± 1,5) | 4,12(± 0,2) | 7,14(± 0,2) |
| U6 | 25,28(± 0,0) | 3,76(± 0,0) | 2,89(± 0,0) |
| U7 | 26,60(± 0,0) | 3,33(± 0,0) | 2,75(± 0,0) |
| N1 | 77,50(± 0,7) | -1,00(± 0,0) | 27,80(± 0,4) |
| N2 | 33,89(± 0,2) | 8,90(± 0,0) | 9,49(± 0,1) |
| N3 | 27,00(± 0,0) | 4,98(± 0,0) | 3,93(± 0,1) |
| N4 | 26,57(± 0,1) | 4,15(± 0,1) | 3,21(± 0,0) |
| N5 | 24,97(± 0,2) | 2,90(± 0,2) | 1,91(± 0,1) |
| E1 | 35,06(± 0,1) | 8,77(± 0,0) | 9,88(± 0,0) |
| E2 | 28,40(± 0,0) | 5,94(± 0,1) | 4,92(± 0,1) |
| E3 | 26,46(± 0,1) | 4,09(± 0,1) | 3,03(± 0,0) |
| E4 | 25,78(± 0,1) | 3,94(± 0,0) | 3,00(± 0,0) |
| M1 | 83,72(± 0,4) | -5,09(± 0,1) | 27,82(± 0,0) |
| M2 | 39,01(± 0,0) | 10,30(± 0,0) | 13,00(± 0,0) |
| B1 | 80,50(± 0,7) | -2,00(± 0,0) | 24,00(± 0,0) |
| B2 | 36,43(± 0,0) | 9,36(± 0,0) | 12,10(± 0,0) |
| B3 | 36,60(± 0,0) | 9,56(± 0,0) | 12,76(± 0,0) |
| B4 | 32,02(± 0,0) | 8,88(± 0,0) | 9,69(± 0,0) |
| B5 | 23,35(± 0,0) | 3,11(± 0,0) | 2,90(± 0,0) |
| B6 | 25,95(± 0,1) | 4,51(± 0,0) | 3,53(± 0,0) |
| O1 | 81,49(± 0,0) | -2,54(± 0,0) | 23,84(± 0,0) |
| O2 | 36,39(± 0,1) | 8,52(± 0,6) | 11,46(± 0,0) |
| O3 | 27,12(± 0,0) | 3,33(± 0,1) | 3,13(± 0,0) |
| V1 | 35,35(± 0,9) | 9,55(± 0,0) | 11,45(± 0,0) |
| V2 | 25,79(± 0,0) | 4,39(± 0,0) | 3,86(± 0,0) |
| T1 | 37,10(± 0,1) | 9,49(± 0,1) | 11,89(± 0,0) |
| T2 | 26,25(± 0,1) | 2,12(± 0,0) | 1,95(± 0,0) |
| P1 | 34,41(± 0,0) | 9,27(± 0,0) | 10,66(± 0,0) |
| P2 | 28,00(± 0,3) | 5,74(± 0,2) | 5,03(± 0,1) |
| G1 | 28,47(± 0,5) | 6,79(± 0,1) | 5,46(± 0,0) |
| G2 | 29,13(± 0,2) | 4,83(± 0,0) | 3,85(± 0,0) |
| G3 | 35,45(± 2,1) | 4,42(± 0,0) | 5,69(± 0,6) |

Bu sonuçlar, $L^*$ değerlerinin daha geniş bir dağılımda bulunduğunu ve çikolata örnek renklerinin genel olarak kırmızımsı - sarı renk tonlarında bulunduğunu göstermektedir. Beyaz çikolata örnek numunelerinde (U1, N1, M1, B1 ve O1) $a^*$ değerlerinin negatif, $b^*$ değerlerinin ise pozitif olması ayrıca $b^*$ değerlerinin diğer örnek değerlerine göre daha yüksek olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar beyaz çikolata örneklerinin, yeşilimsi - sarı renk tonlarına sahip olduğunu teyit etmektedir ($a^*$ renk parametresinin negatiften pozitife doğru değişmesi, rengin yeşilden kırmızıya değiştiğini göstermektedir).

Akıllı telefon uygulaması ile ölçülen $L^*$, $a^*$, $b^*$ verileri çizelge 4.2'de verilmiştir. Genel olarak benzer şekilde en düşük $L^*$ değerleri U7, N4, E3, T2, V2, M2, B5, O3, P2 ve G1 kodlu çikolata örneklerinde; en yüksek $L^*$ değerleri ise U1, N1, M1, B1 ve O1 kodlu beyaz çikolata örneklerinde gözlenmiştir. Ölçümü yapılan tüm örneklerin ortalama renk aralıkları $L^*$ değerleri için 11,7 - 77,8 arasında olduğu görülmüştür.

Örneklere ait $a^*$ değerleri karşılaştırıldığında, değerler arasında paralel bir benzerlik gözlemlenmemiş olup, örneklerin $a^*$ değerlerinin ortalama renk değerleri (-5,0) - 16,0 arasında ölçüldüğü görülmüştür.

Çikolata örnekleri arasında $b^*$ değerleri karşılaştırıldığında, $L^*$ değerleri ile paralel şekilde KKM değerleri ile ters orantılı olduğu görülmektedir. Ölçümü yapılan tüm örneklere ait $b^*$ değerlerinin ortalama değerleri (-1,07) - 30,2 arasında ölçülmüştür.

**Çizelge 4.2** Akıllı telefon uygulaması ile elde edilen çikolata numunelerine ait ortalama $L^*$, $a^*$, $b^*$ değerleri

| ÖRNEKLER | AKILLI TELEFON UYGULAMASI ÖLÇÜMLERİ | | |
|---|---|---|---|
| | **$L^*$** | **$a^*$** | **$b^*$** |
| U1 | 77,8 (± 5,1) | -4,8 (± 2,0) | 30,2 (± 4,9) |
| U2 | 37,5 (± 6,4) | 14,7 (± 3,2) | 19,2 (± 3,9) |
| U3 | 40,0 (± 8,0) | 14,8 (± 3,1) | 18,9 (± 3,4) |
| U4 | 29,9 (± 3,9) | 7,7 (± 3,1) | 6,9 (± 4,6) |
| U5 | 28,7 (± 4,1) | 6,9 (± 2,8) | 6,5 (± 3,5) |
| U6 | 25,8 (± 6,8) | 0,9 (± 1,6) | 3,9 (± 4,0) |
| U7 | 22,7 (± 6,1) | 0,5 (± 1,9) | 5,3 (± 3,0) |
| N1 | 67,7 (± 8,1) | -0,2 (± 1,3) | 24,4 (± 2,4) |
| N2 | 26,8 (± 7,7) | 9,6 (± 3,5) | 11,8 (± 3,1) |
| N3 | 16,8 (± 3,4) | 4,4 (± 2,6) | 5,8 (± 1,3) |
| N4 | 11,8 (± 4,5) | 3,2 (± 2,9) | 3,8 (± 2,0) |
| N5 | 13,0 (± 4,5) | 0,1 (± 1,6) | 1,6 (± 2,5) |
| E1 | 28,9 (± 5,9) | 13,6 (± 2,8) | 14,9 (± 2,6) |
| E2 | 16,6 (± 6,2) | 8,6 (± 2,7) | 7,0 (± 1,9) |
| E3 | 14,8 (± 4,4) | 3,7 (± 1,9) | 3,4 (± 2,1) |
| E4 | 15,5 (± 3,7) | 2,6 (± 2,5) | 2,7 (± 2,0) |
| M1 | 74,5 (± 3,3) | 1,6 (± 1,0) | 22,7 (± 2,7) |
| M2 | 31,2 (± 2,9) | 13,8 (± 1,7) | 13,5 (± 1,9) |
| B1 | 75,0 (± 3,0) | -5,0 (± 0,7) | 23,2 (± 1,9) |
| B2 | 28,6 (± 2,8) | 12,3 (± 1,3) | 18,0 (± 1,8) |
| B3 | 28,1 (± 2,6) | 9,4 (± 2,3) | 17,0 (± 2,3) |
| B4 | 22,9 (± 3,0) | 9,4 (± 2,1) | 11,3 (± 2,1) |
| B5 | 14,4 (± 2,4) | 0,0 (± 1,2) | -1,7 (± 1,7) |
| B6 | 14,5 ( ±3,3) | 0,8 (± 1,6) | 1,3 (± 1,7) |
| O1 | 73,0 (± 2,3) | -1,7 (± 1,2) | 24,7 (± 2,9) |
| O2 | 27,8 (± 1,7) | 14,5 (± 0,6) | 15,8 (± 1,6) |
| O3 | 12,8 (± 2,7) | 1,7 (± 2,0) | 0,5 ( ± 0,9) |
| V1 | 28,2 (± 3,6) | 13,0 (±1,9) | 11,7 (± 1,3) |
| V2 | 19,2 (± 3,5) | 4,8 (± 1,0) | 2,5 (± 1,3) |
| T1 | 25,9 (± 2,7) | 13,4 (± 2,2) | 11,8 (± 3,9) |
| T2 | 16,3 (± 3,0) | 1,2 (± 1,4) | -0,4 (± 1,8) |
| P1 | 16,3 (± 1,5) | 16,0 (± 0,7) | 15,7 (± 1,2) |
| P2 | 11,7 (± 1,0) | 8,3 (± 1,2) | 5,2 (± 0,8) |
| G1 | 15,7 (± 1,3) | 7,9 (± 2,2) | 4,1 (± 2,0) |
| G2 | 19,2 (± 2,3) | 2,4 (± 1,4) | 1,1 (± 1,1) |
| G3 | 25,1 (± 2,8) | 2,4 (± 1,3) | 2,7 (± 0,9) |

Akıllı telefonun dahili kamerasının özellikleri görüntü kalitesinde bazı farklılıklara yol açabilmektedir. Akıllı telefonlar oldukça geniş bir ışık yoğunluğu aralığında çalışabilir, ancak aydınlatma koşullarındaki değişikliklerin, akıllı telefon fotoğraf çekimlerinin üzerinde çeşitli etkileri olabilir. Bu sebeple çalışmada, ışık yoğunluğunun uygun olduğu gündüz saatlerinde (12.00-15.00) örneklerin fotoğrafları alınmıştır. Ayrıca akıllı telefon ve kolorimetre ölçümlerinde renkleri kalibre etmek için standart bir A4 beyaz kağıt kullanılarak renk farklılıkları hesaplanmıştır.

Çalışmada kullanılan örneklerin üzerine konulduğu A4 beyaz kağıtlara ait kolorimetre ile ölçülen renk değerleri $L^*$= 94,0 $a^*$= -1 $b^*$= 0,4 olarak bulunmuştur. Akıllı telefon uygulaması ile elde edilen A4 beyaz kağıda ait renk değerleri ölçümleri çizelge 4.3'de verilmiştir.

**Çizelge 4.3** Kolorimetre ve akıllı telefon uygulaması ile ölçülen üzerinde örneklerin bulunduğu A4 beyaz kağıtlarına ait $L^*$, $a^*$, $b^*$ değerleri

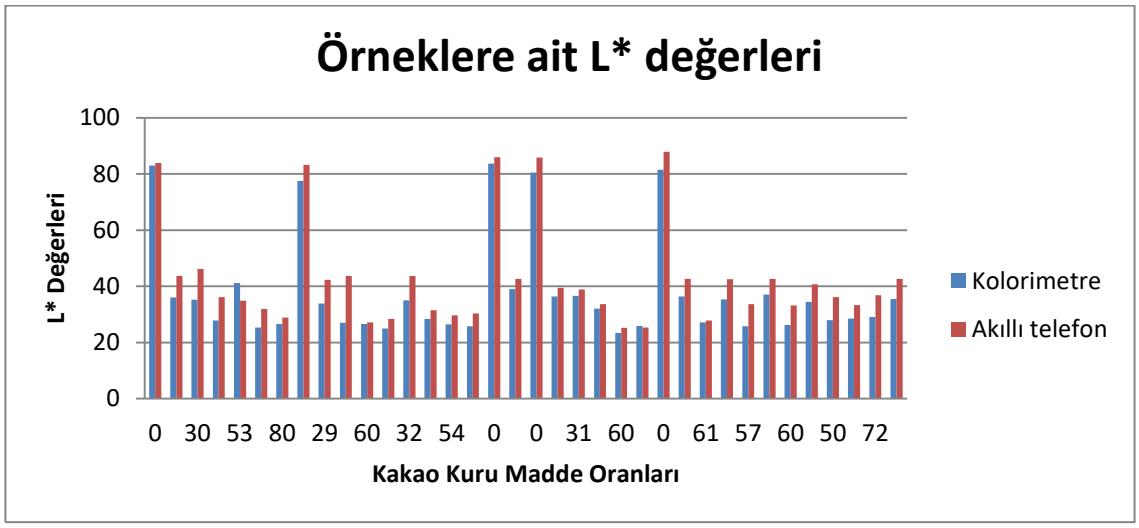
| A4 KAĞIT | KOLORİMETRE | | | AKILLI TELEFON UYGULAMASI | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **$L^*$** | **$a^*$** | **$b^*$** | **$L^*$** | **$a^*$** | **$b^*$** |
| A4 kağıt-U | 94,0 (± 0,0) | -1,0 (± 0,0) | 0,4 (± 0,0) | 87,8 (± 3,9) | -2,5 (± 1,8) | -1,2 (± 5,8) |
| A4 kağıt-N | | | | 78,6 (± 8,3) | -5,6 (± 1,9) | 2,0 (± 5,0) |
| A4 kağıt-E | | | | 79,2 (± 9,0) | -5,5 (± 1,7) | 3,9 (± 4,5) |
| A4 kağıt-M | | | | 82,6 (± 4,3) | -1,1 (± 1,8) | -1,9 (± 5,3) |
| A4 kağıt-B | | | | 83,2 (± 3,4) | -3,6 (± 2,9) | -8,4 (± 4,9) |
| A4 kağıt-O | | | | 79,0 (± 3,1) | -3,7 (± 1,3) | -5,7 (± 2,9) |
| A4 kağıt-V | | | | 79,7 (± 3,3) | -1,4 (± 1,3) | 0,7 (± 2,1) |
| A4 kağıt-T | | | | 77,2 (± 4,4) | -1,2 (± 1,9) | 5,0 (± 4,7) |
| A4 kağıt-P | | | | 69,6 (± 3,0) | -0,7 (± 0,6) | 1,1 (± 1,2) |
| A4 kağıt-G | | | | 76,5 (± 3,9) | -1,0 (± 0,6) | -0,6 (± 1,0) |

Akıllı telefon uygulaması kullanılarak elde edilen renk değerleri A4 beyaz kağıt renk değerleri farklılıkları hesaplanarak $L^*$, $a^*$ ve $b^*$ değerlerine düzeltme uygulanmıştır (Çizelge 4.4).

**Çizelge 4.4** Akıllı telefon uygulaması ile ölçülen $L^*$, $a^*$, $b^*$ değerlerinin düzeltmeleri

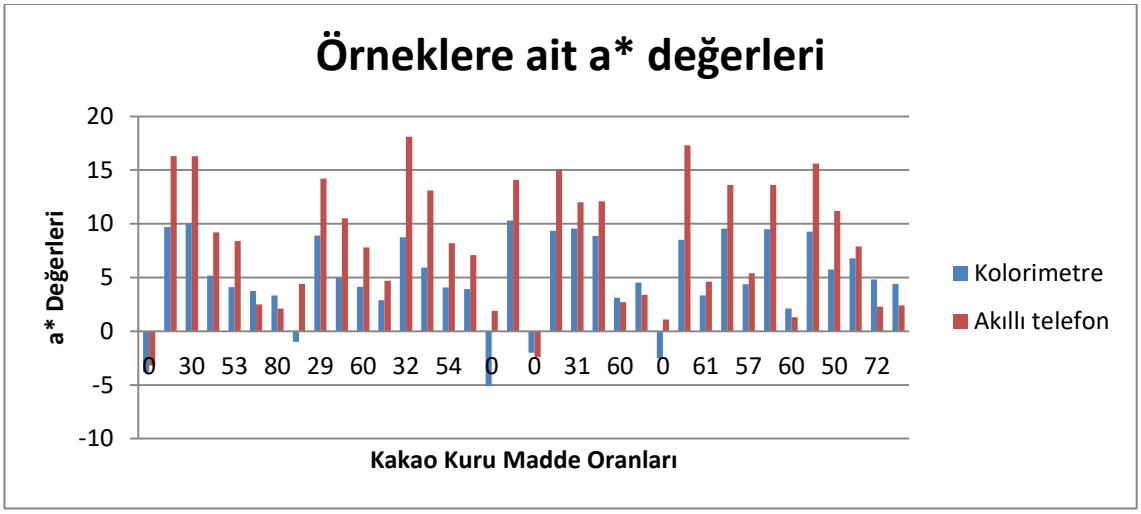
| ÖRNEKLER | AKILLI TELEFON UYGULAMASI ÖLÇÜM DEĞERLERİNİN DÜZELTMELERİ | | |
|---|---|---|---|
| | **$L^*$** | **$a^*$** | **$b^*$** |
| U1 | 84,0(± 5,1) | -3,3(± 2,0) | 31,8(± 4,9) |
| U2 | 43,7(± 6,4) | 16,3(± 3,2) | 20,8(± 3,9) |
| U3 | 46,2(± 8,0) | 16,3(± 3,1) | 20,5(± 3,4) |
| U4 | 36,1(± 3,9) | 9,2(± 3,1) | 8,5(± 4,6) |
| U5 | 34,9(± 4,1) | 8,4(± 2,8) | 8,1(± 3,5) |
| U6 | 32,0(± 6,8) | 2,4(± 1,6) | 5,5(± 4,0) |
| U7 | 28,9(± 6,1) | 2,0(± 1,9) | 6,9(± 3,0) |
| N1 | 83,2(± 8,1) | 4,4(± 1,3) | 22,8(± 2,4) |
| N2 | 42,3(± 7,7) | 14,2(± 3,5) | 10,2(± 3,1) |
| N3 | 32,3(± 3,4) | 9,0(± 2,6) | 4,2(± 1,3) |
| N4 | 27,3(± 4,5) | 7,8(± 2,9) | 2,2(± 2,0) |
| N5 | 28,5(± 4,5) | 4,7(± 1,6) | 0,0(± 2,5) |
| E1 | 43,7(± 5,9) | 18,1(± 2,8) | 11,4(± 2,6) |
| E2 | 31,5(± 2,0) | 13,1(± 2,0) | 3,5(± 1,9) |
| E3 | 29,7(± 2,0) | 8,2(± 2,0) | -0,1(± 2,1) |
| E4 | 30,3(± 2,0) | 7,1(± 2,0) | -0,8(± 2,1) |
| M1 | 85,9(± 3,3) | 1,9(± 1,0) | 25,1(± 2,7) |
| M2 | 42,6(± 2,9) | 14,1(± 1,7) | 15,9(± 1,9) |
| B1 | 85,8(± 3,0) | -2,4(± 0,7) | 32,2(± 1,9) |
| B2 | 39,5(± 2,8) | 15,0(± 1,3) | 27,0(± 1,8) |
| B3 | 38,9(± 2,6) | 12,0(± 2,3) | 26,0(± 2,3) |
| B4 | 33,7(± 3,0) | 12,1(± 2,1) | 20,3(± 2,1) |
| B5 | 25,2(± 2,4) | 2,7(± 1,2) | 7,2(± 1,7) |
| B6 | 25,3(± 3,3) | 3,4(± 1,6) | 10,2(± 1,7) |
| O1 | 88,0(± 2,3) | 1,1(± 1,2) | 31,0(± 2,6) |
| O2 | 42,8(± 1,7) | 17,3(± 0,6) | 22,1(± 1,6) |
| O3 | 27,8(± 2,7) | 4,5(± 2,0) | 6,7(± 0,9) |
| V1 | 42,4(± 3,6) | 13,6(± 1,9) | 11,4(± 1,3) |
| V2 | 33,4(± 3,5) | 5,4(± 1,0) | 2,2(± 1,3) |
| T1 | 42,8(± 2,7) | 13,6(± 2,2) | 7,3(± 3,9) |
| T2 | 33,2(± 3,0) | 1,3(± 1,4) | -5,0(± 1,8) |
| P1 | 40,7(± 1,5) | 15,6(± 0,7) | 15,0(± 1,2) |
| P2 | 36,1(± 1,0) | 8,0(± 1,2) | 4,5(± 0,8) |
| G1 | 33,3(± 1,3) | 7,9(± 2,2) | 5,0(± 2,0) |
| G2 | 36,8(± 2,3) | 2,3(± 1,4) | 2,0(± 1,1) |
| G3 | 42,6(± 2,8) | 2,4(± 1,3) | 3,6(± 0,9) |

Renk ölçüm cihazı ve akıllı telefon uygulaması kullanılarak elde edilen değerler incelendiğinde aynı grup örneklerin $L^*$ değerleri arasında önemli benzerlik olduğu görülmüştür. Şekil 4.1'de $L^*$ değerleri karşılaştırılmıştır.



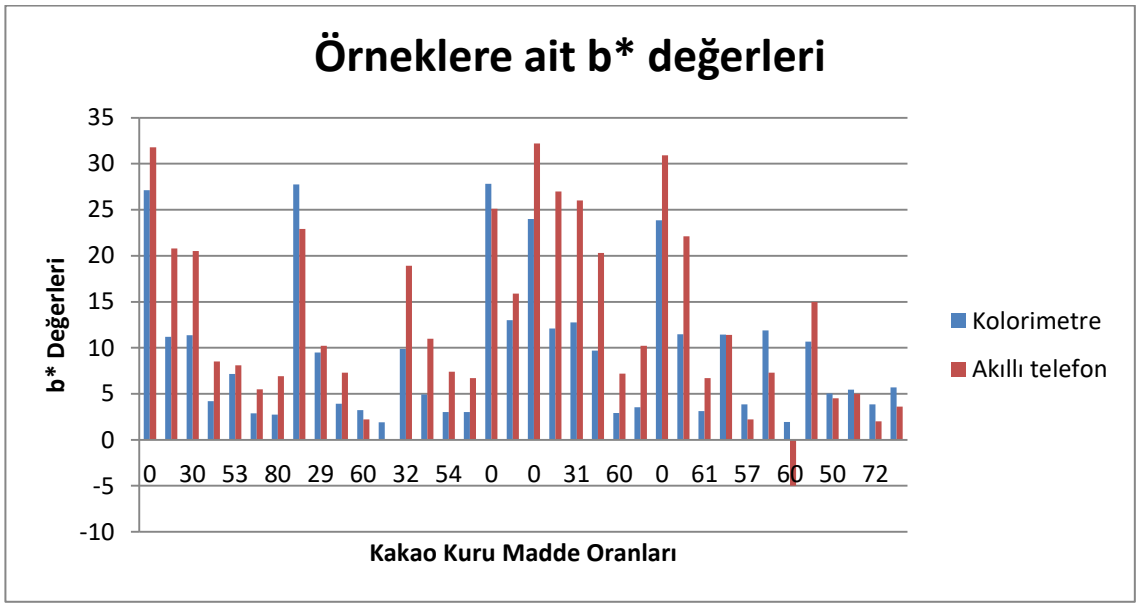

**Şekil 4.1** Örneklere ait kolorimetre ve akıllı telefon uygulaması ile ölçülen $L^*$ değerlerinin karşılaştırılması

Renk ölçüm cihazı ve akıllı telefon uygulaması kullanılarak elde edilen değerler incelendiğinde aynı grup örneklerin $a^*$ değerleri arasında kısmen bir benzerlik olduğu görülmüştür. Şekil 4.2'de $a^*$ değerleri karşılaştırılmıştır.




**Şekil 4.2** Örneklere ait kolorimetre ve akıllı telefon uygulaması ile ölçülen $a^*$ değerlerinin karşılaştırılması

Renk ölçüm cihazı ve akıllı telefon uygulaması kullanılarak elde edilen değerler incelendiğinde aynı grup örneklerin $b^*$ değerleri arasında paralel bir benzerlik olduğu görülmüştür. Şekil 4.3'de $b^*$ değerleri karşılaştırılmıştır.




**Şekil 4.3** Örneklere ait kolorimetre ve akıllı telefon uygulaması ile ölçülen $b^*$ değerlerinin karşılaştırılması

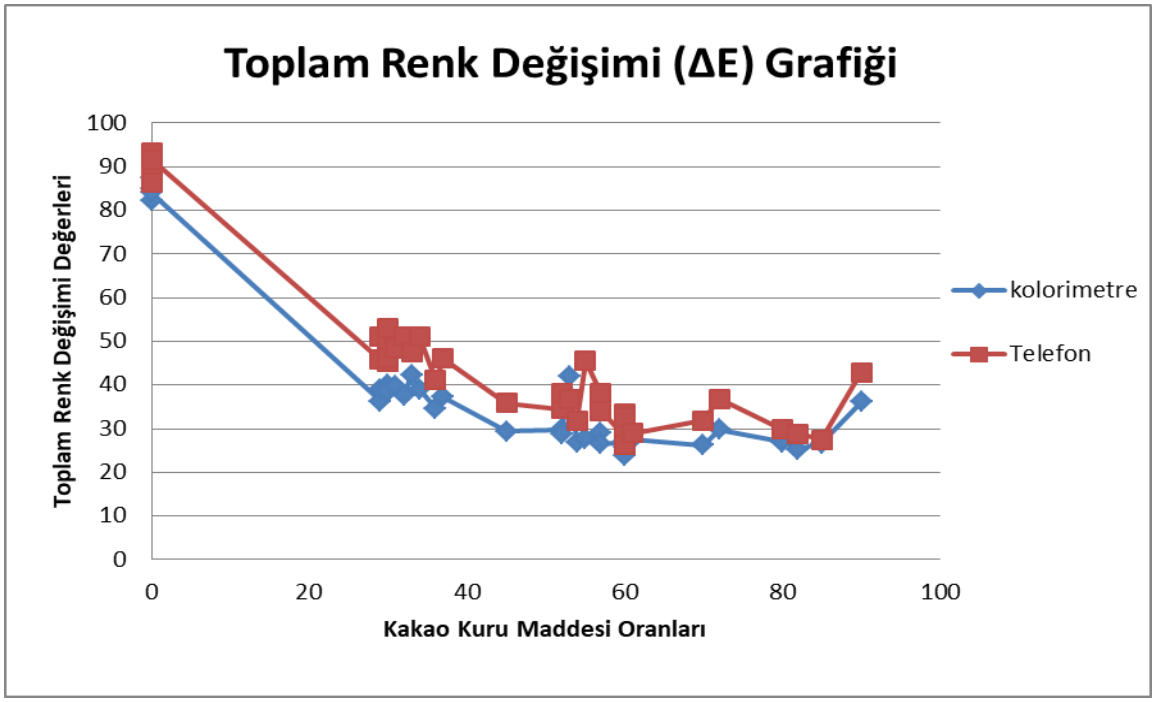
### 4.1.1 Toplam renk değişimi

Her çikolata numunesi için toplam renk değişimini hesaplamak üzere kolorimetre ve akıllı telefon uygulaması ile ölçüm yapılan A4 standart beyaz kağıt sayfanın $L^*$, $a^*$, $b^*$değerleri, eşitlik 3.1'de $L^*_0$, $a^*_0$, $b^*_0$ olarak hesaplandığında çizelge 4.5'de verilen değerler elde edilmiştir.

**Çizelge 4.5** Çikolata örneklerine ait toplam renk değişim değerleri

| ÖRNEKLER | KOLORİMETRE | AKILLI TELEFON UYGULAMASI |
|---|---|---|
| | TOPLAM RENK DEĞİŞİMİ (ΔE) | |
| U1 | 87,4(± 0,0) | 90,0(± 5,1) |
| U2 | 39,0(± 0,0) | 51,3(± 6,9) |
| U3 | 38,4(± 0,3) | 53,4(± 7,7) |
| U4 | 28,6(± 0,1) | 38,6(± 3,7) |
| U5 | 42,0(± 1,5) | 37,1(± 4,3) |
| U6 | 25,7(± 0,0) | 32,9(± 6,3) |
| U7 | 26,9(± 0,0) | 30,0(± 6,0) |
| N1 | 82,3(± 0,5) | 86,5(± 8,2) |
| N2 | 36,3(± 0,2) | 46,0(± 7,7) |
| N3 | 27,7(± 0,0) | 33,9(± 3,1) |
| N4 | 27,1(± 0,1) | 28,7(± 4,1) |
| N5 | 25,2(± 0,2) | 29,0(± 4,3) |
| E1 | 37,5(± 0,1) | 48,7(± 6,5) |
| E2 | 29,4(± 0,0) | 34,5(± 5,6) |
| E3 | 26,9(± 0,1) | 30,9(± 4,2) |
| E4 | 26,3(± 0,1) | 31,3(± 3,6) |
| M1 | 88,4(± 0,4) | 89,5(± 2,8) |
| M2 | 42,4(± 0,0) | 47,7(± 2,8) |
| B1 | 84,0(± 0,7) | 91,7(± 2,4) |
| B2 | 39,5(± 0,0) | 50,2(± 2,1) |
| B3 | 39,9(± 0,0) | 48,4(± 2,6) |
| B4 | 34,6(± 0,0) | 41,2(± 2,9) |
| B5 | 23,7(± 0,0) | 26,5(± 2,1) |
| B6 | 26,6(± 0,1) | 27,6(± 2,5) |
| O1 | 84,9(± 0,0) | 91,8(± 1,6) |
| O2 | 39,1(± 0,2) | 50,8(± 1,5) |
| O3 | 27,5(± 0,0) | 30,2(± 2,4) |
| V1 | 38,8(± 0,8) | 46,0(± 2,8) |
| V2 | 26,4(± 0,1) | 34,0(± 3,4) |
| T1 | 40,1(± 0,0) | 45,6(± 3,1) |
| T2 | 26,4(± 0,1) | 33,7(± 3,0) |
| P1 | 37,2(± 0,0) | 45,4(± 1,5) |
| P2 | 29,0(± 0,2) | 37,8(± 1,1) |
| G1 | 29,8(± 0,5) | 35,3(± 1,5) |
| G2 | 29,8(± 0,2) | 38,5(± 2,3) |
| G3 | 36,2(± 2,2) | 45,1(± 2,8) |

Elde edilen değerler incelendiğinde örneklerin Toplam Renk Değişimi değerleri arasında önemli benzerlik olduğu görülmüştür. Şekil 4.4'de verilmiştir.




**Şekil 4.4** Tüm gruplarda bulunan örneklerin kakao kuru madde oranlarına göre toplam renk değişim değerlerinin karşılaştırılması

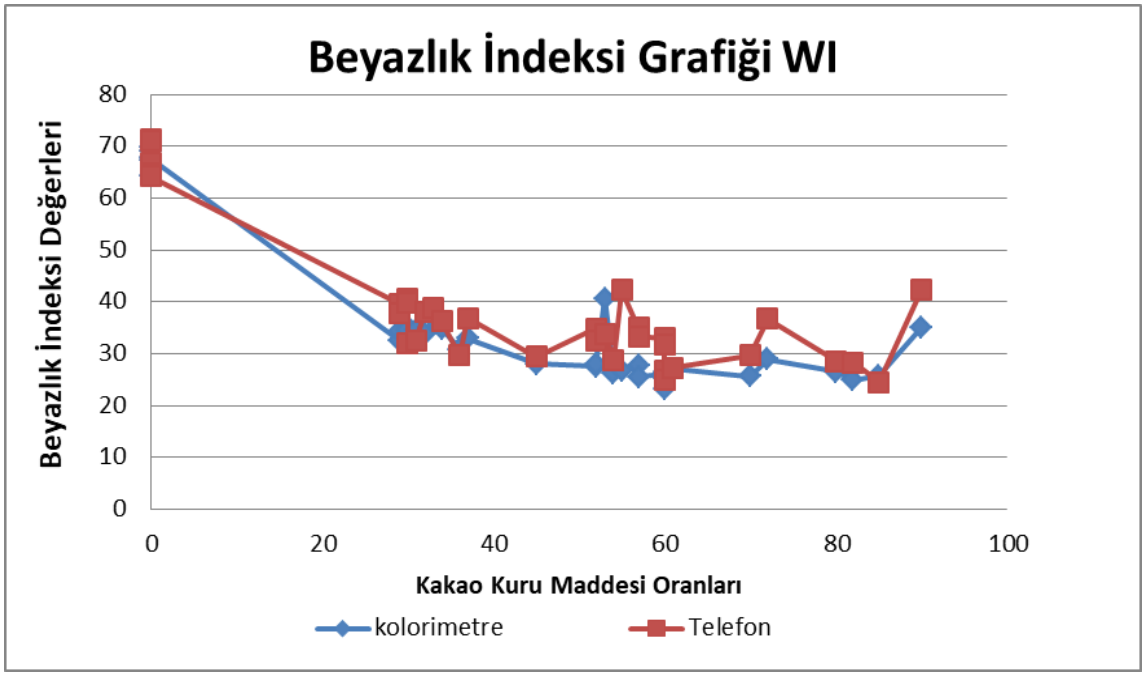
### 4.1.2 Beyazlık indeksi değerleri (WI)

Ölçülen $L^* a^* b^*$ verileri A4 beyaz kağıt ile düzeltme uygulandıktan sonra Eşitlik 3.2 ile hesaplanarak örneklere ait Beyazlık İndeksi değerleri elde edilmiştir (Çizelge 4.6).

**Çizelge 4.6** Beyazlık indeksi değerleri

| ÖRNEKLER | KOLORİMETRE | AKILLI TELEFON UYGULAMASI |
|---|---|---|
| | BEYAZLIK İNDEKSİ DEĞERLERİ | |
| U1 | 67,8(± 0,1) | 64,0(± 4,9) |
| U2 | 34,3(± 0,0) | 37,5(± 5,0) |
| U3 | 33,5(± 0,4) | 39,9(± 6,8) |
| U4 | 27,5(± 0,1) | 34,7(± 4,1) |
| U5 | 40,6(± 1,5) | 33,8(± 4,0) |
| U6 | 25,1(± 0,0) | 31,6(± 6,9) |
| U7 | 26,5(± 0,0) | 28,4(± 5,9) |
| N1 | 64,3(± 0,7) | 70,5(± 4,6) |
| N2 | 32,6(± 0,1) | 39,5(± 7,1) |
| N3 | 26,7(± 0,0) | 31,5(± 3,5) |
| N4 | 26,4(± 0,2) | 26,8(± 4,6) |
| N5 | 24,9(± 0,2) | 28,3(± 4,6) |
| E1 | 33,7(± 0,1) | 39,5(± 4,7) |
| E2 | 28,0(± 0,0) | 30,0(± 6,1) |
| E3 | 26,3(± 0,1) | 29,1(± 4,4) |
| E4 | 25,6(± 0,1) | 29,8(± 3,8) |
| M1 | 67,4(± 0,2) | 71,1(± 3,5) |
| M2 | 36,8(± 0,0) | 38,8(± 2,9) |
| B1 | 69,0(± 0,4) | 64,6(± 2,7) |
| B2 | 34,6(± 0,0) | 32,0(± 2,8) |
| B3 | 34,6(± 0,0) | 32,4(± 2,6) |
| B4 | 30,8(± 0,0) | 29,5(± 2,9) |
| B5 | 23,2(± 0,0) | 24,8(± 2,4) |
| B6 | 25,7(± 0,1) | 24,5(± 3,4) |
| O1 | 70,0(± 0,0) | 64,6(± 3,1) |
| O2 | 34,8(± 0,0) | 36,4(± 1,7) |
| O3 | 27,0(± 0,0) | 28,7(± 2,8) |
| V1 | 34,1(± 0,8) | 39,7(± 3,9) |
| V2 | 25,6(± 0,1) | 33,2(± 3,5) |
| T1 | 35,3(± 0,1) | 40,5(± 2,5) |
| T2 | 26,2(± 0,1) | 33,0(± 3,0) |
| P1 | 32,9(± 0,0) | 36,8(± 1,4) |
| P2 | 27,6(± 0,3) | 36,1(± 1,0) |
| G1 | 27,9(± 0,5) | 31,6(± 1,4) |
| G2 | 28,9(± 0,2) | 37,9(± 2,3) |
| G3 | 35,0(± 2,1) | 44,6(± 2,8) |

Elde edilen değerler incelendiğinde aynı marka örneklerin beyazlık indeksi değerleri arasında önemli benzerlik olduğu görülmüştür. Şekil 4.5'de verilmiştir.




**Şekil 4.5** Kolorimetre ve akıllı telefon ile ölçülen beyazlık indeksi değerlerinin karşılaştırılması

# 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada akıllı telefon uygulamalarının gündelik hayatta kullanılabilirliğinin ölçümü için tüketimi oldukça yaygın bir gıda maddesi olan çikolata örnekleri analiz edilmiştir. Farklı oranlarda kakao kuru maddesi muhteva eden çeşitli çikolata örneklerinin renk ölçüm cihazından ve akıllı telefon uygulamalarından elde edilen ölçüm verileri karşılaştırılarak bu yeni yöntemin etkinliği sorgulanmıştır.

Kullanımı kolay, taşınabilir ve hızlı cihazlar olan akıllı telefonlar, pahalı ekipman veya yüksek düzeyde uzmanlık gerektirmemeleri sebebiyle, sahada artan bir hızla tercih edilmektedir. Bu amaçla akıllı telefonu işlemci ve dedektör işlevi ile kullanmak oldukça pratiktir. Akıllı telefonlar her yerde bulunur ve hesaplanmış olan sayısal değerler internet erişimi sayesinde uzak mesafeler arasında kolaylıkla paylaşılabilir. Maliyet gerektirmeyen ve günümüzde hemen hemen herkesin sahip olduğunu akıllı telefonlar, eğitimli personel tarafından laboratuvar enstrümantasyonu kullanılarak gerçekleştirilen rutin testleri hızlı ve yerinde yapabilme potansiyeline sahiptir.

Başta gıda güvenliği sektörü olmak üzere tıp, çevre ve endüstri bölümlerindeki uygulamaları gösteren çok sayıda gelişmiş akıllı telefon tabanlı cihaz tanımlanmıştır. Asıl soru, belki de bu akıllı telefonların çiftliklerde, restoranlarda ve marketlerde ne zaman yaygın görülmeye başlanacağı olmadır. Çünkü bu ne yediğimiz konusunda büyük bir farkındalık anlamına gelecektir.

Bu çalışma akıllı telefonların, gıdalarda renk analizi için etkin bir araç olarak kullanılabileceği ve gıdalarda bulunan renk farklılıkları bilgisini depolayabileceğini göstermiştir. Akıllı telefonların yaygınlık oranı düşünüldüğünde tüketicilerin zaman veya mekan farketmeden gıdaları dış görünüşü ile ilgili bilgilere hızlı bir şekilde erişebilmesi heyecan verici bir sonuçtur. Gelecekteki araştırmalar, akıllı telefonlar kullanılarak, gıdaların renk bilgilerine erişim imkanı sağlayacak uygulamaların erişilebilirliğine ve bu uygulamaların geliştirilmesine ayrılabilir.

## KAYNAKLAR


Aksoy, A. 2021. Gıdalarda pH ölçümünün önemi. Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 4 (2): 193-216.

Anonim. 2011. Spektrofotometre cihazları biyomedikal cihaz teknolojileri spektrofotometre cihazları. Milli Eğitim Bakanlığı, Web Sitesi. http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Spektrofotometre%20Cihazlar%C4%B1.pdf. Erişim Tarihi: 12.08.2022.

Anonim. 2012. Kolorimetreik analizler kimya teknolojisi. Milli Eğitim Bakanlığı. Web sitesi. http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kolorimetrik%20Analizler.pdf. Erişim Tarihi: 13.08.2022.

Anonim. 2017. Dünyada gıda güvenliği ve beslenme durumu barış ve güvenlik için dayanıklılık inşası 2017. FAO, pp 32, Roma. Erişim Tarihi: 14.10.2021.

Anonim. 2021a. Sürdürülebilir gıda sistemleri ülke raporu Türkiye 2021. Web sitesi. https://www.tarimorman.gov.tr/ABDGM/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=3. Erişim Tarihi: 12.08.2022.

Anonim. 2021b. Türk Dil Kurumu sözlük. Web sitesi. https://sozluk.gov.tr/. Erişim Tarihi: 19.10.2021.

Anonim. 2021c. Türk Standartları Enstitüsü. Web sitesi. https://www.tse.org.tr/Hakkimizda?ID=2&ParentID=1. Erişim Tarihi: 21.11.2021.

Anonymous. 2001. The state of food ınsecurity in the World 2001. FAO. Rome. Erişim Tarihi: 18.11.2021.

Anonymous. 2018. Web sitesi. https://ascconsultants.co.za/the-difference-between-food-safety-and-food-quality-explained. Erişim Tarihi:20.10.2021.

Anonymous. 2021a. International standarts of organization (ISO). Web sitesi. https://www.iso.org/about-us.html. Erişim Tarihi:12.11.2021.

Anonymous. 2021b. Food systems for health: information brief. Web sitesi. https://www.who.int/publications/i/item/9789240035263. Erişim Tarihi: 30.11.2021.

Anonymous. 2022. We are social. digital 2022: Another year of bumper growth. Web Sitesi. https://wearesocial.com/uk/blog/2022/01/digital-2022-another-year-of-bumper-growth-2/. Erişim Tarihi: 20.09.2022.

Attrey, D.P. 2017. Role of public health food safety laboratories in detection of adulterants, contaminants. Food Safety in the 21st Century. Cambridge: Academic Press, pp. 161-175.

Baş, D. 2017. Sensitive and reliable paper-based glucose sensing mechanisms with smartphone readout using the $L^*a^*b^*$ color space. Analytical Methods 9(47): 6698-6704.

Baş, D. ve Özgen, S. 2022. Gıda analizlerinde akıllı telefon ile renk ölçümü: Spektrofotometrik ölçüme kolay ve düşük maliyetli bir alternatif. Second International Congress of Engineering and Natural Sciences Studies, 112-122.

Başoğlu, F. 2016. Gıda kalite kontrolünün esasları ve gıda güvenliği yönetim sistemleri, Dora Yayıncılık, 262 sayfa, Bursa.

Beckford, J. 2017. Quality: a critical ıntroduction. Fourth Edition, Routledge, pp. 323, Brixham.

Bozlağan, R. 2010. Sürdürülebilir gelişme düşüncesinin tarihsel arka planı. Journal of Social Policy Conferences, (0)50: 1011-1028.

Briones, V., Aguilera, J.M. and Brown, C. 2006. Effect of surface topography on color and gloss of chocolate samples. Journal of Food Engineering, 77(4): 776-783.

Campbell, B.L., Nelson, R.G., Ebel, R.C., Dozier, W.A., Adrian, J.L. and Hockema, B.R. 2004. Fruit quality characteristics that affect consumer preferences for satsuma mandarins hortscience. HortScience, 39 (7): 1664-1669.

Chen, Y., Fu, G., Zilberman, Y., Ruan, W., Ameri, K.S., Zhang, Y.S., Miller, E. and Sonkusale, S.R. 2017. Low cost smart phone diagnostics for food using paper-based colorimetric sensor arrays. Food Control, 82: 227-232.

Choudhury, A.K.R. 2010. Scales for communicating colours, In: Colour measurement. Gulrajani, M. L. (eds). Woodhead Publishing Series in Textiles, pp 22-70, Oxford.

Costa, R.A., Morais, C.L.M., Rosa, T.R., Filgueriasa, P.R., Mendonça, M.S., Pereira, I.E.S., Vittorazzi, B.V., Lyra, M.B., Lima, K.M.G. and Romão, W. 2020. Quantification of milk adulterants (starch, H2O2, and NaClO) using colorimetric assays coupled to smartphone image analysis. Microchemical Journal, 156: 104968, pp 7.

Cruz-Fernández, M., Luque-Cobija, M.J, Cervera, M.L., Morales-Rubio, A. and Guardia, M. 2017. Smartphone determination of fat in cured meat products. Microchemical Journal, 132: 8-14.

Cubero, S., Albert, F., Prats-Moltalbán, J.M., Fernández-Pacheco, D.G., Blasco, J. and Alexios, N. 2018. Application for the estimation of the standard citrus colour index (CCI) using image processing in mobile devices. Biosystems Engineering, 167: 63-74.

Çabuk, S.N. 2013. Kalite yönetim sistemleri, Chapter 2-Kalite yönetim sistemlerinde temel kavramlar: Kalite kontrol, kalite güvence ve kalite iyileştirme. Anadolu Üniversitesi, 46-73 sayfa, Eskişehir.

Çağlayan, E. 2018. Temel sanat eğitiminde renk olgusu. İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi. 7 (1): 22-34.

Delazio, A., Israr, A. and Klatzky, R.L. 2017. Cross-modal correspondence between vibrations and colors. World Haptics Conference (WHC), pp. 7, Munich.

Dinçel, E. 2015. Kakao yağının enkapsülasyonunun çikolatada yağ kusmasına etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, 99 sayfa, İstanbul.

Dominguez, M.A. and Centurión M.A. 2015. Application of digital images to determine color in honey samples from Argentina. Microchemical Journal, 118: 110-114.

Dotsch, M., Busch, J., Batenburg, M., Liem, G., Tareilus, E., Mueller, R.and Meijer, G. 2009. Strategies to reduce sodium consumption: a food industry perspective. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 49: 841-851.

Dölekoğlu, C.Ö. ve Yurdakul, O. 2004. Adana ilinde hanehalkının beslenme düzeyleri. Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi 8: 62-86.

Du, C.J and Sun, D.W. 2004. Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. Trends in Food Science & Technology, 15 (5): 230-249.

Elmalı, Ş. 2015. Karekod tabanlı gıda içerik kontrolüne yönelik android uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 74 sayfa, Sakarya.

Fairchild, M. D. 2005. Color appearance models. Second Edition, 409 pp., USA.

Fontana, A.J. 2000. Understanding the importance of water activity in food. Cereal Foods World, 45 (1): 7-10.

Fuentes, S., Tongson, E. and Viejo C.G. 2021. Novel digital technologies implemented in sensory science and consumer perception. Current Opinion in Food Science, 1: 99-106.

Grunert, K.G. 2005. Food quality and safety: consumer perception and demand. European Review of Agricultural Economics, 32 (3): 369-391.

Günasekaran, A. 2010. Computer vision systems, In: Nondestructive evaluation of food quality. Pandey, M.M. (eds), Springer, pp. 41-72, London.

Halaç, E. 2002. Gıda kalitesi ve gıda mevzuatı ile ilgili temel kavramlar ışığında Türk ve AB gıda mevzuatının karşılaştırılması. Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi 4: 107-131.

Hayıt, T., Erbay, H. ve Hayıt, F. 2018. Examination of image processing studies and techniques in food sector: A Literature review. Elec Lett Sci Eng., 14 (1): 12-22.

Hyun, S., Yang, S. M., Kim, J., Kim, K.S., Shin, J.H., Lee, S.M., Lee, B.W., Beresford, R.M. and Fleisher, D.H. 2021. Development of a mobile computing framework to aid decision-making on organic fertilizer management using a crop growth model. Computers and Electronics in Agriculture, 181: 105936.

İzli, G. 2018. Farklı kurutma uygulamalarının armut meyvesinin bazı kalite özellikleri üzerine etkileri. Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6(4): 479-485.

Jha, S.N. 2010. Colour measurements and modelling, In: Nondestructive evaluation of food quality. Pandey, M.M. (eds), Springer, pp. 17-40, London.

Kaczorovska, J., Prandota, A., Rejman, K., Halicka, E. and Tul-Krzyszczuk, A. 2021. Certification labels in shaping perception of food quality-insights from Polish and Belgian urban consumers. Sustainability, 13 (2): 702.

Kalinowska, K., Wojnowski, W. and Tobiszewski, M. 2021. Smartphones as tools for equitable food quality assessment. Trends in Food Science & Technology, 111: 271-279.

Kalisz, K. 2023. Web sitesi. https://chromology.co.uk/the-sciart-system/. Erişim Tarihi: 04.04.2023.

Keskin, M., Setlek, P. ve Demir, S. 2017. Renk ölçüm sistemlerinin gıda bilimleri ve tarımda kullanım alanları. International Advanced Researches & Engineering Congress, 2350-2359.

Khoshmaram, L., Mohammadi, M. and Nazemi Babadi, A. 2021. A portable low-cost fluorimeter based on LEDs and a smart phone. Microchemical Journal, 171: 106773.

Kılıç, V., Alankuş, G., Horzum, N., Mutlu, A.Y., Bayram, A. and Solmaz, M.E. 2018. Single-Image-Referenced colorimetric water quality detection using a Smartphone. ACS Omega, 3(5): 5531-6.

Kırmacı, H.A. ve Özçelik, H. 2021. Tüketicilerin gıda güvenliği ile ilgili bilgi düzeyleri ve tutumları (Ankara ili örneği). Safran Kültür ve Turizm Araştırmaları Dergisi, 4(2): 258-27.

Kiani, S., Minaei, S. and Ghasemi-Varnamkhasti, M. 2016. Fusion of artificial senses as a robust approach to food quality assessment. Journal of Food Engineering, 2016 (171): 230-239.

Koç, A.A., Bölük, G. ve Aşçı, S. 2008. Gıda güvenliği ve kalite standartlarının gıda imalat sanayinde yoğunlaşmaya etkisi. Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi, 16: 83-115.

Lee, H. and Yoon, Y. 2021. Etiological agents implicated in foodborne illness world wide. Food Science of Animal Resources, 41 (1): 1-7.

León, K., Mery, D., Pedreschi, F. and Leon, J. 2006. Color measurement in $L^*a^*b^*$ units from RGB digital images. Food Research International, 39 (10): 1084-1091.

Li, L., Wang, Y., Jini S., Li, M., Chen, Q., Ning, J. and Zhang, Z. 2021. Evaluation of black tea by using smartphone imaging coupled with micro-near-infrared spectrometer. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 246, 118991.

Lima, M.V., De Queiroza, J.P.A.F., Pascoal, L.A.F., Saraiva, E.P. and Evangelista-Rodrigues, A. 2019. Smartphone-based sound level meter application for monitoring thermal comfort of honeybees Apis mellifera L. Biological Rhythm Research, 52 (7): 1-14.

Liu, T., Chen, W., Wang, Y., Wu, W., Sun, C., Ding, J. and Guo, W. 2017. Rice and wheat grain counting method and software development based on Android system. Computers and Electronics in Agriculture, 141: 302-309.

Ma, T., Wang, H., Wei, M., Lan, T., Wang, J., Bao, S., Ge, Q., Fang, Y. and Sun, X. 2017. Application of smart-phone use in rapid food detection, food traceability systems, and personalized diet guidance, making our diet more health. Food Research International, 152: 110918.

Macdougall, D.B. 2010. Colour measurement of food: principles and practice, In: Colour measurement. Gulrajani, M.L. (eds), Woodhead Publishing Series in Textiles, pp. 312-343, Oxford.

Moreda, W. and Perez-Camino, M.C. 2000. Chromatographic analysis of minor constituents in vegetable oils. Journal of Chromatography, 881, 9(1-2): 131-148.

Nelis, J.L.D., Tsagkaris, A.S., Dillon, M.J., Hajslova, J. and Elliott, C.T. 2020. Smartphone-based optical assays in the food safety field. Trac Trends in Analytical Chemistry, 129: 115934.

Oliveira, W.S., Neves, D.A. and Ballus, C.A. 2019. Mature chemical analysis methods for food chemical properties evaluation. Evaluation Technologies for Food Quality, pp. 63-90.

Ottosson, B. 2021. Web sitesi. https://bottosson.github.io/posts/colorpicker/. Erişim Tarihi: 04.04.2022.

Papadakis, S.E., Abdul-Malek, S., Kamdem, R.E. and Yam, K.L. 2000. A versatile and inexpensive technique for measuring color of foods. Food Technology, 54 (12): 48-51.

Parkin, A. 2018. Computing colour image processing. Springer, pp 147, London.

Pedreschi, F., León J., Mery D. and Moyano P. 2006. Development of a computer vision system to measure the color of potato chips. Food Research International, 39 (10): 1092-1098.

Perez de Vargas-Sansalvador, I.M., Erenas, M.M., Martínez-Olmos, A., Mirza-Montoro, F., Diamond, D., Capitan-Vallvey, L.F. 2020. Smartphone based meat freshness detection. Talanta, 216: 120985.

Peri, C. 2006. The universe of food quality. Food Quality and Preference, 17 (1-2): 3-8.

Peşkircioğlu, N. 2016. 2030 Sürdürülebilir kalkınma hedefleri: Küresel verimlilik hareketine doğru. Kalkınmada Anahtar Verimlilik, 335: 1-8.

Rateni, G., Dario, P. and Cavallo, F. 2017. Smartphone-Based food diagnostic technologies: A Review. Sensors, 17 (6): 1453, pp. 22.

Rosa, A.R., Leone, F., Cheli, F. and Chiofalo, V. 2017. Fusion of electronic nose, electronic tongue and computer vision for animal source food authentication and quality assessment-a review. Journal of Food Engineering, 210: 62-75.

Sağır, A. ve Eraslan, H. 2019. Akıllı telefonların gençlerin gündelik hayatlarına etkisi: Türkiye'de üniversite gençliği örneği. OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi. 10 (17): 48-78.

Sangwine, S. J. and Horne R. E. N. 1998. The colour image processing handbook. First edition, pp. 472, UK.

Song, W., Jiang, N., Wang, H and Vincent, J. 2020. Use of smartphone videos and pattern recognition for food authentication. Sensors and Actuators B: Chemical 304, 127247.

Soyer, A. 2017. Gıdaların fiziksel özellikleri. Ankara Üniversitesi Akademik Arşiv Sistemi. Web Sitesi. https://slideplayer.biz.tr/slide/11856282/. Erişim Tarihi: 13.08.2022.

Sutay Kocabaş, D. 2021. Gıda endüstrisinde enzimlerin rolü ve ilgili yasal düzenlemeler. Gıda Biyoteknolojisi. Ankara: Türkiye Klinikleri, 29-38.

Şahin, S. and Sumnu, S.G. 2006. Physical properties of foods. Middle East Technical University, pp. 267, Ankara.

Tayar, M. ve Çıbık, R. 2016. Gıda Kimyası. Dora Yayıncılık, 296 sayfa, Bursa.

Tütem, E., Apak, R. and Sözgen Başkan, K. 2014. Total antioxidant capacity measurement of beverages. Processing and Impact on Antioxidants in Beverages, pp. 265-276.

Vijayakumar, P. and Adedeji, A. 2017. Measuring the pH of food products. Web Sitesi. https://www.researchgate.net/publication/330601448. Erişim Tarihi: 27.01.2022.

Yam, K.L. and Papadakis, S.E. 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. Journal of Food Engineering, 61 (1): 137-142.

Yılmaz, İ. 2002. Renk sistemleri, renk uzayları ve dönüşümler. Selçuk Üniversitesi Jeodeji ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde Sunulmuş Bildiri, 340-350 s., Konya.

Yılmaz, İ., Güllü M., Baybura T. ve Erdoğan A.O. 2002. Renk uzayları ve renk dönüşüm programı (RDP). Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2 (2): 19-35.

Zhong, J. and Wang, X. 2019. Evaluation technologies for food quality. Woodhead Publishing, pp. 350, Cambridge.

Zyzelewicz, D., Krysiak, W., Nebesny, E. and Budryn, G. 2013. Application of various methods for determination of the color of cocoa beans roasted under variable process parameters. European Food Research and Technology, 238: 549-5.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı : Betül ARSLAN

### Eğitim

| | | |
|---|---|---|
| Yüksek Lisans | Çankırı Karatekin Üniversitesi<br>Fen Bilimleri Enstitüsü<br>Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı | 2020 - Halen |
| Lisans | Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi<br>Mühendislik Fakültesi<br>Gıda Mühendisliği Bölümü | 2005 - 2009 |

### İş Deneyimi

| **Yıl** | **Kurum** | **Görev** |
|---|---|---|
| 2011 - 2013 | : İstanbul Beşiktaş İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü | Gıda Kont. Görevlisi |
| 2016 - Halen | : Ankara Çankaya İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü | Gıda Kont. Görevlisi |

### Akademik Aktiviteler