



**T.C.**

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI**

**MISIR TANESİNDE BULUNAN YAĞ VE KAROTENOİD  
MİKTARLARININ GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİYLE TAHMİNİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ebru DÜZEN**

**Tez Danışmanı**

**Prof. Dr. Cem Ömer EGESEL**

**ÇANAKKALE – 2022**





T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

**MISIR TANESİNDE BULUNAN YAĞ VE KAROTENOİD MİKTARLARININ  
GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİYLE TAHMİNİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ebru DÜZEN

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Cem Ömer EGESEL

Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri  
Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: FYL-2020-3450

ÇANAKKALE – 2022



## ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Ebru DÜZEN

26/08/2022

## TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Prof. Dr. Cem Ömer EGESSEL, tecrübelerini benden esirgemeyen Doç. Dr Fatih KAHRIMAN, Dr. Öğr. Üyesi Emin Özgür AVŐAR, Prof. Dr. Necati BarıŐ TUNCEL ve Dr. Öğr. Üyesi Soner YİĞİT hocalarıma, çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğsleyen ve yardımlarını benden esirgemeyen Ferdi AKDOĞAN, Nail TOSUN, Esra ALTINOLUK, Esra KARAATLI, Özge KARAATLI, Esin ARDICI, Aybiken Hilal GÜVEN, Betül ERDÖKMECİ, kamera konusunda bana maddi ve manevi sonsuz destek sağlayan Őeyh Müslüm İNCEDAL'a, hayat arkadaŐım Hakan YAZGAN'a, hayatımın her evresinde sabırla ve sevgiyle bana destek olan annem Lütfiye DÜZEN, babam Ramazan DÜZEN, kardeŐlerim Hakan DÜZEN ve Emirhan DÜZEN'E sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Ebru DÜZEN  
anakkale, Aęustos 2022

## ÖZET

# MISIR TANESİNDE BULUNAN YAĞ VE KAROTENOİD MİKTARLARININ GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİYLE TAHMİNİ

Ebru DÜZEN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Cem Ömer EGESEL

26/08/2022, 48

Mısır tanesinde bulunan yağ ve karotenoidler tarımda oldukça talep gören önemli kalite bileşenleridir. Bu gibi talep gören bileşenlerin ıslah çalışmalarında geliştirilmesi için binlerce farklı genotipten gelen tohum örneklerinin laboratuvar analizlerinin yapılması, büyük miktarlarda maliyet, zaman ihtiyacı ve iş gücü doğurmaktadır. Yapılan çalışma da bu dezavantajlara alternatif bir yöntem sunmak için mısır tanesindeki karotenoid ve yağ içeriğinin görüntü işleme teknikleri kullanılarak belirlenmesini hedeflemiştir. Çalışmada 15 farklı mısır çeşidine ait 2141 adet tohum materyal olarak kullanılmıştır. Tohumların RGB, kızılötesi ve multispektral olmak üzere 3 farklı kamera ile görüntüsü alınmış ve ardından bu örneklerin yağ ve karotenoid miktarları referans yöntemler ile tayin edilmiştir. Tohumdan alınan görüntüler kullanılarak bir görüntü işleme algoritması tasarlanmıştır. Oluşturulan algoritma, modeller ve regresyon denklemleri yardımı ile mısır tohumundaki renk değeri ve embriyo alanı hesaplanmış ve karotenoid-renk değeri, yağ-embriyo alanı arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre karotenoid ve renk değerleri arasında pozitif yönde ve doğrusal bir korelasyon bulunmuş, embriyo alanı ile yağ oranı arasında ise anlamlı bir ilişki kurulamamıştır. Sonuçlar, tanedeki karotenoid miktarının renk değerine göre ortalama %88 doğruluk oranı ile tahmin edilebileceğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Karotenoid, MATLAB, Görüntü İşleme, Mısır, Embriyo Alanı, Renk Değeri

## ABSTRACT

### ESTIMATION OF OIL AND CAROTENOID CONTENTS IN MAIZE KERNEL BY MEANS OF IMAGE PROCESSING TECHNIQUE

Ebru DÜZEN

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Agricultural Biotechnology

Supervisor: Prof. Dr. Cem Ömer EGESSEL

26/08/2022, 48

Oil and carotenoids found in the corn grain are important quality components that are highly demanded in agriculture. In order to develop such demanding components in breeding studies, laboratory analysis of seed samples from thousands of different genotypes creates a large amount of cost, time, and labor. The study aims to determine the carotenoid and oil content in the corn kernel by using image processing techniques to offer an alternative method to these disadvantages. In the study, 2141 seeds belonging to 15 different corn varieties were used as material. The images of the seeds were taken with 3 different cameras as RGB, infrared and multispectral, and then the oil and carotenoid amounts of these samples were determined by reference methods. An image processing algorithm was designed using the images taken from the seed. With the help of the created algorithm and equations, the color value and embryo area in the corn seed were calculated and the relationship between carotenoid-color value and oil-embryo area was tried to be determined. According to the results obtained, a positive and linear correlation was found between carotenoid and color values, but a significant relationship could not be established between embryo area and oil ratio. The results showed that the amount of carotenoids in the grain could be estimated with an average accuracy of 88% based on the color value.

**Keywords:** Carotenoid, MATLAB, Image Processing, Maize, Embryo Area, Color Value



# İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	viii
TABLolar DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
<b>BİRİNCİ BÖLÜM</b>	
<b>GİRİŞ</b>	
	1
1.1. Görüntü İşleme Yönteminin Tarımda Kullanılması ve Önemi .....	2
1.2. Mısır Bitkisinin Yağ ve Karotenoid Açısından Önemi .....	3
1.3. Çalışmanın Amacı.....	4
<b>İKİNCİ BÖLÜM</b>	
<b>ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b>	
	5
<b>ÜÇÜNCÜ BÖLÜM</b>	
<b>MATERYAL YÖNTEM</b>	
	8
3.1. Bitkisel Materyal .....	8
3.2. Mısır Tohumlarının Görüntüsünün Elde Edilmesi .....	9
3.3. Renk Değeri Analizi .....	12
3.4. Embriyo Analizi .....	14
3.5. Yağ Ekstraksiyonu .....	17
3.6. Karotenoid Analizi .....	18
3.7. İstatistiksel Analizler .....	18

<b>DÖRDÜNCÜ BÖLÜM</b>	
<b>ARAŞTIRMA BULGULARI</b>	
	19
4.1. Karotenoid ve Renk Değeri Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi .....	19
4.2. Yağ Miktarı ve Embriyo Alanı Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi .....	25
<b>BEŞİNCİ BÖLÜM</b>	
<b>SONUÇ ve ÖNERİLER</b>	
	30
KAYNAKÇA .....	31



## SİMGELER VE KISALTMALAR

RGB	Red-Green-Blue
UV	Ultraviyole
NIR	Near infrared
HSV	Hue, Saturation, Value
LAB	CHIELAB
HSI	Hue, Saturation, Instensity
mg	Miligram
nm	Nanometre
W	Watt
%	Yüzde oranı
mL	Mililitre
$\mu$ g	Mikrogram
$\mu$ L	Mikrolitre
g	Gram
MAE	Mean Absolute Error
cm	Santimetre

## TABLULAR DİZİNİ

<b>Tablo No</b>	<b>Tablo Adı</b>	<b>Sayfa No</b>
<b>Tablo 1</b>	Kullanılan tohum miktarları ve her tohumun ön ve arka kısımlarından RGB kamera ile çekilen örnek görüntüler	8
<b>Tablo 2</b>	Kameralar için belirlenen ışık ve yükseklik değerleri	10
<b>Tablo 3</b>	Karotenoid analizinden elde edilen ortalama, standart hata, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri	20
<b>Tablo 4</b>	Hue kanalından elde edilen ortalama, standart hata, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri	20
<b>Tablo 5</b>	Tüm genotipler için ve ayrı ayrı ve genotipin etkisinin de katılarak hesaplanan modeller ve katsayılar	22
<b>Tablo 6</b>	Yağ analizinden elde edilen verilerin ortalama, standart hata, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri	26
<b>Tablo 7</b>	Embriyo alanından elde edilen verilerin ortalama, standart hata, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri	27

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Kamera çekimleri için tasarlanan kutu	11
Şekil 2	Kızılötesi kamera ile elde edilen görüntü	11
Şekil 3	Multispektral kamera ile elde edilen görüntü	12
Şekil 4	Görüntüsü alınan mısır tohumunun renk değerinin belirlenmesine kadar gerçekleşen işlemlerin blok diyagramı	13
Şekil 5	Algoritma sonucu arka planın yok edilip renk değeri olan piksellerin belirlenmesi	13
Şekil 6	Renk değeri analizi için kullanılan algoritmanın Pseudocode ile özetlenmesi	14
Şekil 7	Algoritma girdisi örnek (solda) ve algoritma çıktısı (sağda)	16
Şekil 8	Embriyo alanı analizi için kullanılan algoritmanın Pseudocode ile gösterimi	16
Şekil 9	Yağ ekstraksiyonu için kullanılan Soxhlet cihazı	17
Şekil 10	Renk değeri ve karotenoid arasındaki ilişkiyi gösteren grafik ve doğrusal eğri	21
Şekil 11	Renk değeri yüksek olan ED-4 genotipi	21
Şekil 12	Renk değeri düşük olan ED-6 genotipi	22
Şekil 13	Renk değerinden karotenoid miktarı tahminine ait Ortalama Mutlak Hata miktarları	25
Şekil 14	Embriyo alanı ve yağ miktarı arasındaki ilişkiyi gösteren grafik ve doğrusal eğri	28
Şekil 15	Embriyosu renkli mısır tohumu örneği	29
Şekil 16	Endosperm üzerinde renk farklılıkları bulunan mısır tohumu örneği	29

## BİRİNCİ BÖLÜM

### GİRİŞ

Günümüzde etkilerinin daha güçlü görüldüğü nüfus artışı ve beraberindeki iklim değişikliği tüm canlılar için olumsuz etkilerini göstermeye devam etmektedir. Son dönemlerde tüm ülkelerde gıda kıtlığı ile ilgili yapılan uyarılar ve sürdürülebilir kaynakların azalması bu olumsuz etkilerin bir göstergesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tarım, insan yaşamı başta olmak üzere tüm canlılar için ekolojik dengede önemli rol oynamaktadır. Bu yüzden gelişen teknoloji ve kaynaklar sayesinde sürekli değişim ve yeniliklere entegre bir tarım sistemi oluşturmak oldukça önemlidir. Her geçen gün değişiklik gösteren çevresel etkiler, yeni hastalık ve zararlıların ortaya çıkması, kullanılan kaynakların azalması ve insan beslenmesinde yeni taleplerin oluşması, tarımda sürekli değişimi ve yeni çeşitler geliştirmeyi zorunlu kılmaktadır. Bitki ıslahı ile yeni çeşitlerin geliştirilmesi bu gibi sorunların başlıca çözümlerinden birisi olarak ortaya çıkmaktadır.

Bitki ıslahı, yeni çeşit geliştirmenin ve ekonomik kararlılığın en önemli parçasıdır. Islah çalışmaları; tarla denemeleri, laboratuvar analizleri ve istatistiksel analizler gibi birçok aşamadan geçen uzun soluklu programlardır. Ayrıca seleksiyon aşamasında yapılan fenotipik analizler iş gücü, zaman ve maddi destek gerektiren çalışmalardır. Gelişen teknoloji ve disiplinler arası çalışmalar ile ıslah programları iş gücü ve maddi olarak kolaylaştırılmaya çalışılmaktadır. Bu bağlamda, tarım sektöründe sıkça kullanılmaya başlayan tekniklerden bir tanesi görüntü işleme tekniğidir. Araziden alınan görüntülerden anlamlı veriler elde edilerek hastalık ve yabancı ot tespiti, tane bazında alınan görüntülerden kalite, sınıflandırma, çeşit analizi, bazı bileşenlerin içerik tahmini gibi birçok çalışma mevcuttur (Yang vd., 2000; Weinstock vd., 2006; Al-Hiary vd., 2011; Sabancı vd., 2012; Masoumi, 2013). Ayrıca ölçüm yapılan örneğe zarar veren fenotipik analizlerde kullanılan materyaller, çoğunlukla tekrar kullanılamamakta ve bu durum önemli ya da az sayıda bulunabilecek materyaller için sorun teşkil etmektedir. Görüntü işleme tekniği ile yapılan analizlerde, kullanılan materyalin zarar görmeden analiz edilmesi ve herhangi bir kimyasal veya laboratuvar analizlerine gerek duymadan sadece elde edilen görüntülerden tohumlardaki fenotipik özelliklerin diğer analizlere göre kısa sürede tespiti bu tekniğin en önemli avantajlarından biridir.

## 1.1. Görüntü İşleme Yönteminin Tarımda Kullanılması ve Önemi

Görüntü işleme tekniği, elde edilen görüntülerin çeşitli algoritmalar ile amaca yönelik değerlendirilmesiyle oluşan bir teknolojiyi temsil etmektedir. Alınan görüntüler iki boyutlu olmakla birlikte bir  $f(x, y)$  fonksiyonu olarak tanımlanabilir ve her noktasında renk bilgisine sahiptirler (Gonzales ve Woods, 2018). Görüntü işleme teknikleri birçok alanda işimizi kolaylaştıran ve yeni teknolojilerin gelişmesine imkân sağlayan önemli yöntemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Tarım, hızlı gelişen ve disiplinler arası çalışmalara oldukça uyum sağlayan sektörler arasındadır. Ayrıca dünyada farklı iklim ve çevresel koşullarda binlerce ürünün yetiştiriciliği ve işlenmesi düşünüldüğünde, teknolojiyi takip etmek ve amaca yönelik olarak çeşitlendirebilmek oldukça önemlidir. Görüntü işleme teknikleri bu bağlamda tarıma oldukça fayda sağlamaktadır. Bu yöntemler, hastalık ve zararlı tespiti, kalite özelliklerine göre sınıflandırma, yabancı ot mücadelesi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Örneğin Masoumi (2013)'nin yaptığı çalışmada ekmeklik buğday çeşidinde kırık tane ve yabancı maddelerin buğdayda tespit edilmesi sağlanmıştır. Yang ve arkadaşları (2000) ise mısır bitkisi ve arazideki yabancı otları ayırt edebilmek için görüntü işleme tekniğini kullanmışlardır. Görüntü işleme üzerine yapılan çalışmalarda HSV (Hue, Saturation, Value), LAB (CHIELAB), HSI (Hue, Saturation, Intensity) gibi farklı renk uzaylarında çalışılmaktadır. Bu uzaylardan HSV, kullanımı daha kolay ve görüntü işlemeye daha yatkın olması sebebiyle sıklıkla tercih edilmektedir (Shuhua ve Gaizhi, 2010). Bu yöntemler sayesinde tarımda üretilen materyaller üzerinde birçok farklı tipte verilerin hızlı ve kolay şekilde toplanması mümkün olabilmektedir. Bu teknikler, birçok bitki türünde olduğu gibi, en çok tüketilen bitkiler arasında olan mısırdaki da oldukça sık kullanılmaya başlanmıştır. Hastalık zararlı kontrolü, kalite özelliklerinin tespiti ve ayrımı ve içerik tahmini gibi birçok konuda çalışmalar yapılmış ve bu gibi çalışmalar hızla artarak devam etmektedir (Vibhute ve Bodhe, 2012).

## 1.2. Mısır Bitkisinin Yağ ve Karotenoidler Açısından Önemi

Dünyada en çok tercih edilen tahıl bitkileri arasında olması mısır bitkisini ıslah programlarında hedef bitki haline getirmiştir. İnsan ve hayvan beslenmesinde kullanılan mısır, yağ ve diğer biyokimyasal bileşenler bakımından da önem taşımaktadır. Mısır tanesinde bulunan yağın büyük bir kısmı embriyoda depolanmakta ve embriyosu büyük olan mısır tanelerinin yağ miktarı daha yüksek olmaktadır (Yang et al., 2012). Yağ oranı yüksek olan mısır çeşitleri bitkisel yağ tüketiminde giderek artan bir pazar payına sahiptir (Öz ve Kapar, 2007). Mısır bitkisinin insan ve hayvan beslenmesindeki önemini arttıran bileşenlerden birisi de karotenoidlerdir. Karotenoid içeren bitkisel veya hayvansal gıdalar insan sağlığı açısından oldukça önemlidir. Mısırdaki bulunan karotenoidler daha çok endospermde depolanan, antioksidan etkisi olan ve mısır tanesine sarı-turuncu rengi veren pigmentlerdir (Kandianis vd., 2013). Karotenoidlerin en çok bulunan alt fraksiyonları lutein ve zeaksantin olup bu bileşenleri arttırmaya yönelik ıslah çalışmaları yapılmıştır (Egesel, 2001). Karotenoidler renk pigmenti olup mısırdaki açık sarıdan turuncuya doğru giden bir renk skalasına sahiptir. Karotenoidlerin renk pigmenti olması farklı miktarlarda karotenoid içeren mısır tohumlarının renklerine göre gözle görülebilir bir ayırım yapılmasına imkân tanımaktadır. Mısırdaki yağ içeriği ve karotenoidler günümüzde de dikkat çeken ve ıslah üzerinde çalışılan konular arasındadır (Egesel vd., 2003; Chandler vd., 2012; Kandianis vd., 2013; Kahrıman vd., 2015). Mısırdaki görüntü işleme birçok farklı çalışmaya konu olsa da görüntü analizi ile mısır tohumlarında karotenoid miktarı tahminine yönelik literatürde bir çalışmaya rastlanmamıştır. Mısır bitkisinde görüntü analizi ile yağ miktarı hesaplanmış olsa da yine taranan literatürde görüntü analizi ile embriyo alanı hesaplanarak yağ miktarının tahmini üzerine bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu amaca yönelik çalışmaların geliştirilmesi ile tarımda yeni çeşitlerin geliştirilmesi, fenotipik ve genotipik özelliklerin belirlenmesi, kalite kriterlerine göre tarımsal materyallerin daha hızlı ve kolay bir şekilde ayırımının yapılması sağlanabilir.



### 1.3. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, farklı genotipteki mısır tohumlarının yağ ve karotenoid içeriğinin farklı kameralardan ( RGB , kızılötesi ve multispektral) alınan dijital görüntüler yardımıyla tespit edilmesi için tohumda renk değeri ve embriyo alanının belirleyebilen algoritmaların geliştirilmesi, bu algoritmalarından elde edilen veriler ve laboratuvar analizleri kullanılarak renk değeri-karotenoid ve yağ miktarı-embriyo alanı arasındaki ilişkinin belirlenmesi, elde edilen sonuçlar doğrultusunda ise karotenoid ve yağ miktarlarının tahmin edilmesidir.



## İKİNCİ BÖLÜM

### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Görüntü işleme tekniği savunma sanayisi, tıp, farmakoloji, çevre bilimleri, gıda mühendisliği gibi alanların yanı sıra tarım alanında da oldukça sık kullanılmaktadır (Fischer ve Kakoulli, 2006). Günümüzde arazilerin, bitkilerin, meyvelerin, sebzelerin veya tohumların elde edilen görüntülerine uygulanan görüntü işleme teknikleri amaca yönelik geliştirilerek yeni teknolojiler ortaya çıkarmaktadır. Bu gibi çalışmalarda RGB, Kızılötesi, Multispektral ve Hiperspektral kameralar kullanılarak yeni sınıflama yaklaşımları geliştirilmektedir. Bu gibi çalışmaların temel amacı, nesnelere spektral imzalarından ayırt edip tanımlamak, benzer özellik gösteren pikselleri konumsal olarak gruplandırmaktır (Fischer ve Kakoulli, 2006). Bu kameralar ile görüntüleme kızılötesi, görünür bölge ve ultraviyole bantlarından farklı veriler alınıp kullanılarak görüntü işleme gerçekleştirilir (Akcebe ve Özen, 2015).

Özellikle mısır bitkisi birçok tarım ürünü olduğu gibi günümüzde görüntü işleme teknikleri kullanılarak yapılan çalışmalar ile oldukça sık karşımıza çıkmakta ve biyokimyasal içerik tahmini, kalite kriterlerine göre ayırım, hastalık ve zararlı tespiti, verim tahmini gibi birçok alanda çalışmaya konu olmaktadır. Yapılan bir çalışmada Sendin ve arkadaşları (2018) beyaz mısır tanesindeki kusurlu bölgeleri ayırt etmek ve sınıflandırmak için görüntü işleme algoritmalarından faydalanmışlardır. Çalışmada; Ultraviyole (UV) ve Yakın Kızılötesi (NIR) bantlarını (375 ile 970 nm arasında değişen 19 dalga boyu) kullanmışlar ve çalışmanın sonucunda kusurlu bölge ve istenmeyen maddelerin ayırımında başarılı sonuçlar elde etmişlerdir.

Stasiewicz ve arkadaşları (2017) Kenya’da yetiştirilen mısır bitkisinin tanelerindeki aflatoxin ve fumonisin toksik maddelerini tespit edip sınıflandırmak için görüntüleme tekniğini kullanmıştır. Çalışmada kullanılan mısır tohumlarının dokuz ayrı dalga boyunda spektral yansımaları alınarak matematiksel modeller geliştirilmiştir. Yapılan bu çalışmada aflotoxin ve fumonisin bulunan mısır tohumlarının sınıflandırılması başarılı bir şekilde gerçekleşmiş ve geliştirildiği takdirde ürün kaybını azaltan, ucuz ve kullanışlı bir yöntem olarak kullanılabileceği yazarlar tarafından belirtilmiştir.

De La Fuente ve arkadaşları (2017) mısır tanesinde görüntüleme tekniğini haploid ve diploid olan mısır tohumlarını ayırt etmek için kullanmışlardır. Çalışmada Videometer görüntüleme sistemi kullanılmış ve sınıflandırmak için mısır embriyosundaki spektral farklar baz alınarak görüntüler analiz edilmiştir. Doğruluğu test edilmek amacıyla aynı mısır tohumları moleküler analizlere tabi tutulmuştur ve çalışmanın sonucunda birkaç genotipin sınıflandırılmasında zorluklar yaşanmış olsa da genel olarak bu sınıflandırmanın haploid ve diploid mısır tohumlarının ayırımında kullanılabilmesi önerilmiştir (De La Fuente vd., 2017).

Williams ve arkadaşları (2009) yaptıkları bir çalışmada mısır tohumlarının yakın kızılötesi (NIR) hiperspektral görüntülemesini gerçekleştirerek tohum sertliğini tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışmada farklı çeşitteki mısır taneleri kullanılmış ve elde edilen görüntülerin analizi MatrixAcquire yazılımı, ISys 4.0 ve MATLAB programları kullanılarak yapılmıştır. Camsı (sert) ve unlu (yumuşak) yapıya sahip mısır tanelerinin bu yöntemle sınıflandırılabilmesi yazarlar tarafından bildirilmiştir.

McGoverin ve Manley (2012) mısır tanesindeki sertliği tespit edip sınıflandırmak için Williams ve arkadaşlarının (2009) yaptığı uygulamaya benzer bir uygulama yaparak bu yöntemin geliştirildiği takdirde çok kullanışlı olacağını belirtmişlerdir.

Bunun yanında Wang ve arkadaşları (2014) farklı renk uzayı kanallarındaki görüntüleri kullanarak mısır tanelerinin yüzeylerinde birikmiş olan aflatoxin B<sub>1</sub> maddesini %88 başarı oranı ile tespit etmeyi başarmışlardır.

Yapılan başka bir çalışmada yine yakın kızılötesi hiperspektral görüntüleme tekniği kullanılarak tek bir mısır tanesinden nem ve yağ içeriğini belirlemek için bir kalibrasyon geliştirilmeye çalışılmış fakat nem içeriğinde başarılı olursa da yağ tahmininde başarılı olunamamıştır (Cogdill vd., 2006). Çalışmalarda farklı teknikler veya programların kullanılması sonuçları farklı şekilde etkileyebilmektedir. Zira yapılan başka bir çalışmada yakın kızılötesi hiperspektral görüntüler kullanılarak mısır tanesindeki yağ ve oleik asit konsantrasyonları tahmin edilmeye çalışılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Weinstock vd., 2006). Bahsedilen bu iki çalışmada da aynı cihaz kullanılmış olsa da analiz yöntemleri ve kullanılan dalga boyları farklılığı çalışmanın sonuçlarını etkilemiştir. Diğer bir çalışmada ise mısır tohumlarının yakın kızılötesi hiperspektral görüntüleri analiz edilerek transgenik olan mısır tohumları ile transgenik olmayan mısır tohumlarının görsel olarak ayırımı

sağlanmış ve yapılan çalışmanın bu gibi sınıflandırmalarda kullanabileceği tespit edilmiştir (Feng vd., 2017).

Williams ve arkadaşlarının (2009) mısır taneleri üzerinde yaptığı çalışmada yakın kızılötesi hiperspektral görüntüler kullanılarak *Fusarium verticillioides* tarafından enfekte edilmiş ve sağlıklı olan mısır tohumlarını sınıflandırması amaçlanmıştır. Enfekte olmuş ve sağlıklı tohumların hiperspektral görüntüleri, 960-1662 nm spektral aralıkta bir MatrixNIR kamera kullanılarak elde edilmiştir. Başarı ile sonuçlanan bu çalışmada denenmiş olan yöntemin geliştirilip hızlı bir şekilde sınıflandırma yapmak için kullanılabileceği önerilmiştir.

Yapılan çalışmalarda da görüldüğü üzere görüntü işleme tekniği tane bazında hastalık tespiti, tohumda sertlik analizi, birçok özellik bakımından sınıflandırma ve tohumda bulunan bileşenlerin miktar tahmini gibi birçok konuda başarı ile kullanılmış durumdadır. Ancak tohumlarda biyokimyasal içerik tahminindeki literatür eksiğinin doldurulması ve bu çalışmalar doğrultusunda yeni tekniklerin geliştirilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Literatürde mevcut çalışmalarda, algoritmalar, programlar, yazılımlar, kalibrasyonlar veya cihazlar geliştirmenin amaçlandığı görülmektedir. Bu teknolojinin gelişmesi için, bu gibi çalışmalara temel bilgi sağlayabilecek araştırmaların artması oldukça önemlidir.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM











### MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Bitkisel Materyal





















Çalışmada kullanılan mısır tohumları Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümünden temin edilmiştir. Çalışmada 15 farklı mısır çeşidi kullanılmış ve 10 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan tohum miktarı ve örnek fotoğraflar Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1

Kullanılan tohum miktarları ve her tohumun ön ve arka kısımlarından RGB kamera ile çekilen örnek görüntüler

Örnek No	Kullanılan Tohum Miktarı	Tohumun Önden RGB Kamera ile Görüntüsü	Tohumun Arkadan RGB Kamera ile Görüntüsü
ED-1	142		
ED-2	129		
ED-3	140		
ED-4	120		
ED-5	122		

Tablo 1'in devamı

ED-6	182						
ED-7	160						
ED-8	191						
ED-9	130						
ED-10	120						
ED-11	129						
ED-12	142						
ED-13	120						
ED-14	142						
ED-15	172						

### 3.2. Mısır Tohumlarının Görüntüsünün Elde Edilmesi

Çalışmada 3 farklı kamera kullanılmış olup bunlar RGB (Canon EOS 2000D), Kızılötesi (Siberlojik® Spectral), Multispektral (Parrot Sequoia) kameralarıdır. Her kamera için ayrı ayrı deneme çekimleri yapılmış ve elde edilen görüntüler MATLAB ve Python programlarında işlenerek kameraların optimum yükseklik ve ışık parametreleri belirlenmiştir. Multispektral kamerada 20 cm, 25 cm ve 30 cm gibi birçok farklı yüksekliklerde deneme yapılmış ve bu yükseklikler içerisinde çözünürlük açısından en iyi sonuçlar 50 cm mesafeden alınmıştır. RGB kamerada ise yakın çekim ayarları yapılarak

multispektral kameradaki benzer yüksekliklerde deneme çekimleri yapılarak en iyi çözünürlüğün 30 cm yükseklikte elde edildiği görülmüştür. Kızılötesi kamerada net görüntüleri elde etmek için 5 cm, 7 cm ve 10 cm yüksekliklerinden denemeler yapılmıştır. Kızılötesi kamera yakın çekime daha uygun olduğu için RGB ve multispektral kameralara göre daha yakından görüntüler elde edilmiştir. Görüntüler üstten ışık kaynağı ve embriyonun daha net belli olması için Kızılötesi kamerada alttan ışık kaynağı ile 2 farklı şekilde elde edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2

Kameralar için belirlenen ışık ve yükseklik değerleri

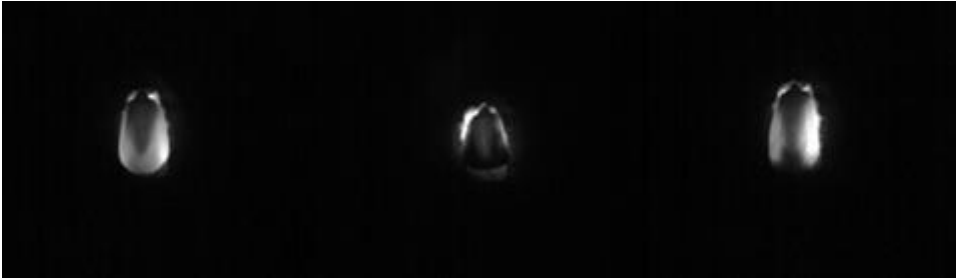
	Yükseklik	Işık	Ters ışık	Üst ışık
RGB kamera	30 cm	Led Gün ışığı		X
Multispektral kamera	50 cm	Led Gün ışığı		X
Kızılötesi kamera	11,5 cm	Kızılötesi ışık	X	X

Çalışmada farklı saatlerde çekim yapılmasından dolayı ortamda değişen ışığın görüntüleri etkilememesi için bir kutu tasarlanmış (Şekil 1), RGB ve Kızılötesi kamera ile çekimler bu kutu içerisinde gerçekleştirilmiştir. Multispektral kameranın kendine ait ışık sensörünün olması sebebiyle çekimlerde bu kutu kullanılmamıştır. Kutu içerisine 4 adet Samsung 1.06 W Led koyularak kutu kapalı iken 682 Lux ışık şiddetinde çekimler yapılmıştır.



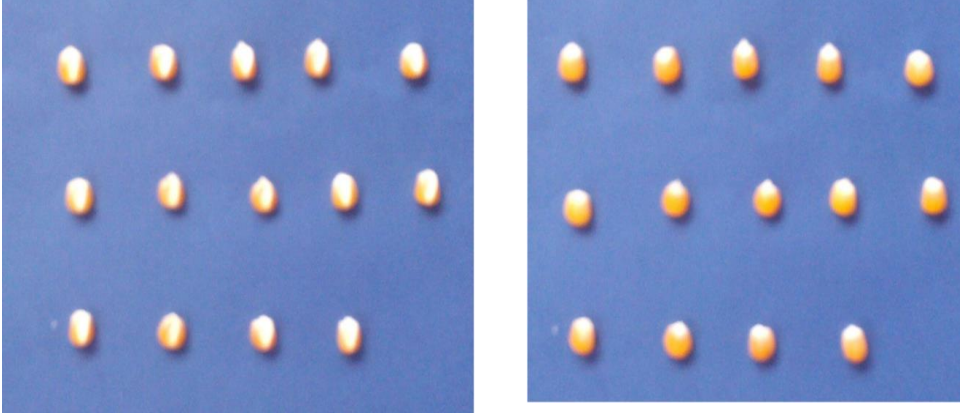
Şekil 1. Kamera çekimleri için tasarlanan kutu

Çalışmada RGB, Multispektral ve Kızılötesi kameralar kullanılarak veri setleri oluşturulmuştur fakat Multispektral ve Kızılötesi kameralar ile elde edilen görüntülerde RGB kameradaki çözünürlük yakalanamamıştır (Şekil 2 ve Şekil 3). Bu nedenle araştırmada yalnızca RGB kameradan elde edilen dijital görüntüler kullanılmıştır.



Şekil 2. Kızılötesi kamera ile elde edilen görüntü

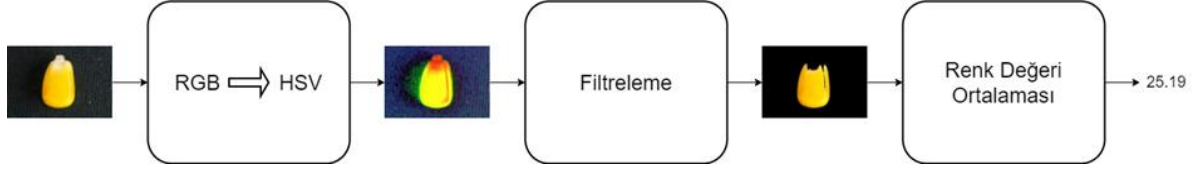




Şekil 3. Multispektral kamera ile elde edilen görüntü

### 3.3. Renk Değeri Analizi

Çalışmada, farklı renk değerlerine sahip birçok mısır tohumundan alınan görüntüler birleştirilerek bir veri seti oluşturulmuştur. Bu veri seti üzerinde çalışmak için bir görüntü işleme algoritması tasarlanmıştır. Bu algoritmanın amacı, bir tohumdan alınan görüntüden arka planı ve gürültü sinyallerini çıkararak tohuma ait olan renk değerinin elde edilmesidir. Algoritma basitçe tohuma ait olmayan arka plan eleme, tohumun embriyo bölgesinin görüntü elenmesi ve geriye kalan piksellerden bir renk değeri bulunması olarak özetlenebilir. Bu işlemler aşağıdaki blok diyagramda özetle gösterilmiştir (Şekil 4). Analiz yapılırken farklı algoritmalar denenmiştir. Canny edge detection, Kovalevsky gibi metotlar bazı genotiplerde başarılı sonuçlar verirken, tohumların çoğunluğunda başarılı veren yaklaşım “Masking and Thresholding” yöntemi olmuştur. Bu yöntemde bir renk aralığı maske olarak belirlenerek bu aralığın dışındaki pikseller maskelenmiş yani sıfırla değiştirilmiştir. Maske aralıkları genotipler üzerinde deneyler yapılarak belirlenmiş ve maskeleme işlemi sonucunda geriye istenen pikseller kalmıştır.



Şekil 4. Görüntüsü alınan mısır tohumunun renk değerinin belirlenmesine kadar gerçekleşen işlemlerin blok diyagramı

Algoritmada, HSV renk uzayında çalışılmıştır. İlk aşamada, girdi görüntüsünün algoritma tarafından RGB renk uzayında okunması sağlanmış, daha sonra elde edilen piksel değerleri HSV değerlerine dönüştürülmüştür. Bu değerler, öncesinde belirlenen bir filtreye sokularak, bu filtrede, HSV renk uzayında belirlenen sarı tonlarına ait alt ve üst limitler belirlenmiştir. Daha sonra girdi görüntüsünde, pikseller tek tek kontrol edilerek bu limitlerin dışında kalan değerler sıfırlanmış ve geriye sadece tohuma ait olan renk değerlerinin bulunduğu pikseller tespit edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Algoritma sonucu arka planın yok edilip renk değeri olan piksellerin belirlenmesi

Elde edilen görüntüde sıfır olmayan piksellerin hue değeri tek tek toplanarak toplam piksel sayısına bölünmüş ve ortalama hue değeri elde edilmiştir. Bu hue değeri, mısır tohumundaki H kanalına ait renk değerine karşılık gelmektedir. Algoritmanın genel çalışma prensibi aşağıdaki “pseudocode” üzerinde gösterilmiştir (Şekil 6).

---

**Algorithm 1** Renk Değeri Analizi

---

```

1: function FINDCOLORVALUE(I)
2:   I - Girdi mısır tohumu görüntüsü
3:   [M, N] = shape(I)
4:
5:   RGB → HSV dönüşümü
6:
7:    $y_0$  ve  $y_1$  sarı rengine ait alt ve üst sınırlar
8:   for bütün pikseller do
9:     if HSV <  $y_0$  or HSV >  $y_1$  then
10:      HSV = 0
11:     end if
12:   end for
13:
14:   for sıfır olmayan piksel ( $p[H, S, V]$ ) do
15:     toplam =  $p[H]$ 
16:   end for
17:   Ortalama renk değeri  $f$  olmak üzere toplam sıfır olmayan piksel sayısı  $c$  için
18:    $f = \text{toplam} / c$ 
19:   Normalize between 0 and 1
20:    $f = f / 255$ 
21: end function

```

---

Şekil 6. Renk değeri analizi için kullanılan algoritmanın Pseudocode ile özetlenmesi

### 3.4. Embriyo Alanı Analizi

Embriyo alanının tespiti için kullanılan algorithmada tohuma ait resimler üzerinde, embriyo ile endosperm arasındaki renk ve gradient değişimleri kullanılarak aradaki sınır belirlenmiştir. Belirlenen sınırların içerisindeki değerlerden yakın olanları birleştirilerek embriyoyu çevreleyen kısım oluşturmuştur. Sonrasında, bölgenin içerisinde kalan piksellerin sayısı alan olarak hesaplanmıştır. Görüntülerin alınmasında sabit şartlar uygulanmış olsa da hata payını düşürmek için kamera yüksekliği ve görüntülerin çözünürlüğü gibi önemli parametrelerin hesaplanan alan bilgisini etkileyeceğinden dolayı her görüntüye normalleştirme işlemleri uygulanmış, *erosion* ve *dilation* gibi klasik görüntü işleme metotları endosperm olarak belirlenen bölgenin sınırlarının netleştirilmesinde kullanılmıştır. *Erosion* işleminde filtre sonucunda kalan noktasal gürültü sinyallerinin giderilmesi hedeflenmiştir. Bu işlem komşu piksellerden çok farklı olan piksellerin komşu piksellere benzetilmesiyle gerçekleşmektedir. *Dilation*, *erosion* işleminin tam tersi olmakla birlikte, *erosion* kaynaklı araştırılan bölgedeki kayıpların giderilmesi için kullanılmıştır (Tambe vd., 2013).

Bu algoritmada ilk olarak alınan görüntü üzerinde piksel piksel gezilerek komşu pikseller ile kıyaslama yapılmış ve komşu pikseller arasındaki farkı belirten bir büyüklük bulunmuştur. Bu büyüklüğün hesaplanması aşağıdaki denklemde verilmiştir.

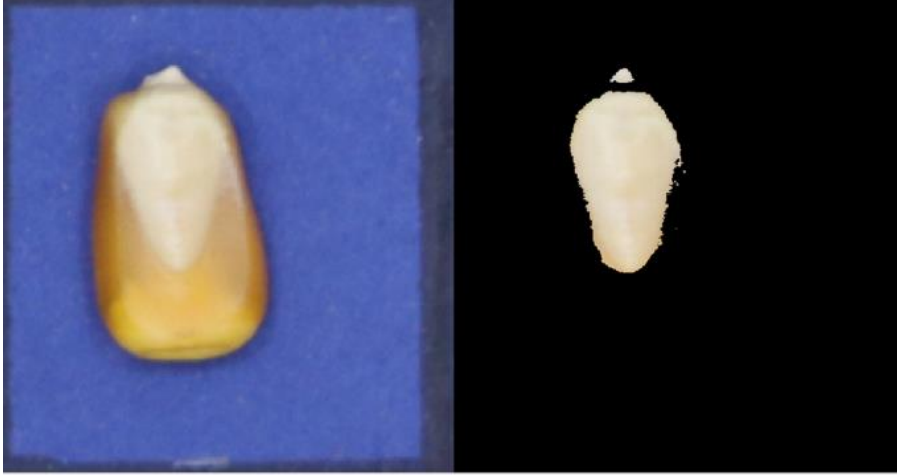
$$G_x = |p_{(x+1,y)} - p_{(x-1,y)}|$$

$$G_y = |p_{(x,y+1)} - p_{(x,y-1)}|$$

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

(3.1)

Bu denklemlerde x değeri pikselin yatay eksenindeki pozisyonunu, y değeri ise resimdeki dikey eksenindeki pozisyonunu belirtmektedir. Daha sonra, her bir piksele ait hesaplanan büyüklük bir eşik ile kıyaslanmış ve bu eşik değerinin üzerinde kalan pikseller sınır olarak değerlendirilmiştir. Eşik değeri belirlenmesinde öncelikle 0 ile 255 arasında ortalama bir değer alınarak sonuçlar gözlemlenmiştir. Sonrasında bu değer istenen bölgenin kaldığı duruma ulaşıncaya dek azaltarak ve artırılarak denenmiştir. Embriyo alanını tohumun geri kalanından ayırt edecek bir eşiğe ulaşıldığında bu eşik değeri kaydedilerek testlere devam edilmiştir. Bu eşik değeri genotipe ve benzeri çevresel faktörlere bağımlı olduğu için eşik değeri hesaplanması formülasyonu sağlanamamıştır. Bu yüzden eşik değeri el ile ayarlanarak genotipe uyumluluğu test edilmiştir. Ardından sınır pikselleri birleştirilerek bir bölge elde edilmiş ve elde edilen bölge içerisinde kalan piksel sayısı o bölgenin büyüklüğü olarak kabul edilmiştir (Şekil 7 ve Şekil 8). Embriyo ile tohumun geri kalanının ayrımı yapılırken Canny Edge Detection gibi sınır kestirimi algoritmalar denenmiştir. Fakat, bu algoritmalar kontrasttan çok fazla etkilenmektedir ve embriyo ile endosperm arasındaki gibi hassas ayrımlarda başarılı olamamıştır. Bunların haricinde, görüntü bölütlemesi gibi derin öğrenme algoritmaları da öngörülmüştür, ancak bu algoritmaların benzer örneklerle eğitilip uygulanması için elimizdeki veriden çok daha fazla sayıda resim içeren bir veri seti ihtiyacı doğurmaktadır. Başka örneklerle eğitilen görüntü bölütlemesi algoritmaları da tohum arka plan ayrımında başarılı olabilse dahi tohum ve embriyo ayrımında başarısız olacağı öngörülmüştür. Bu nedenle, buradaki sınır kestirimi el ile hassas ayarlar yapılarak çalışmaya uygun bir model elde edilmiştir.



Şekil 7. Algoritma girdisi örnek (solda) ve algoritma çıktısı (sağda)

---

**Algorithm 2** Embriyo Büyüklüğü Analizi

---

```

function FINDAREA(I)
2:   I - Girdi mısır tohumu görüntüsü                                ▷ Ön İşleme
   RGB → Grayscale dönüşümü
4:    $h_x = [-1, 0, 1]$                                              ▷ Gradient Hesaplama
    $h_y = [-1, 0, 1]^T$ 
6:    $g_x = I * h_x$  (Filtreleme)
    $g_y = I * h_y$  (Filtreleme)
8:    $G[i, j] = \sqrt{g_x(i, j)^2 + g_y(i, j)^2}$                        ▷ Sınırları Belirleme
10:  Eşik değeri T ve sınır pikselleri P için
   for her bir piksel p do
12:   if  $G > T$  then
        $P = p_{x,y}$ 
14:   end if
   end for
16:  for sınırlayıcı pikseller P do                                ▷ Sınırlanan Bölgenin Bulunması
       en yakın P değerlerini birleştir
18:  end for
20:  Sınırlanan bölge A için
   for bütün pikseller p do
       if  $p \in A$  then count++
22:   end if
   end for
24: end function

```

---

Şekil 8. Embriyo alanı analizi için kullanılan algoritmanın Pseudocode ile gösterimi

### 3.5. Yağ Ekstraksiyonu

Her genotip ve tekerrürde 5 gr mısır tohumu kullanılmıştır. Mısır tohumları, görüntü analizlerinden sonra öğütülerek selüloz kartuşlara koyulmuştur. Kartuşlar 30 mL hacimli ekstraktörlere aktarılarak üzerlerine 120 mL hekzan koyulmuş ve ardından Soxhlet cihazında (Şekil 9) 6 saat boyunca ekstraksiyonu sağlanmıştır.



Şekil 9. Yağ ekstraksiyonu için kullanılan Soxhlet cihazı

Soxhlet cihazından alınan yağ ve hekzan karışımı evaporatör cihazına aktarılarak hekzanın uçurulması sağlanmıştır. Sonuçların güvenilirliği için elde edilen yağ tekrar azot gazı ile muamele edilerek hekzanın tamamen uçtuğundan emin olunmuştur. Elde edilen yağ tartılarak her bir genotip ve tekerrür için yağ miktarı belirlenmiştir.

### 3.6. Karotenoid Analizi

Karotenoid analizinde yağ ekstraksiyonundan elde edilen örnekler kullanılmıştır. Her yağ örneğinden 50 µL alınmış 10 mL hekzan eklenerek, 20 saniye süreyle vortex cihazı kullanılarak yağın hekzan içinde çözünmesi sağlanmıştır. Elde edilen homojen karışımdan 3 mL alınarak kuvarz küvetlere aktarılmış ve UV-Spektrofotometre cihazında 450 nm dalga boyunda ölçümü yapılmıştır (Ordu, 2018). Rodriguez-Amaya ve Kimura (2004) tarafından önerilen aşağıdaki formül ile absorbans değerleri kullanılarak genotiplerin karotenoid miktarları belirlenmiştir.

$$\text{Toplam Karotenoid} = \frac{\text{Absorbans Değeri} \times 25 \times 10^4}{2500 \times \text{Örnek ağırlığı}} \quad (3.2)$$

### 3.7. İstatistiksel Analizler

Laboratuvar ve görüntü işleme sonucu elde edilen verilere MATLAB'ta Mean Absolute Error (Ortalama Mutlak Hata-MAE), analizi uygulanmıştır. Ayrıca elde edilen veriler Minitab istatistik paket programı aracılığıyla tanıtıcı istatistikleri alınarak, regresyon analizi ve uç değer testlerine tabi tutulmuştur. Her bir genotip için ayrı ayrı model oluşturulma işleminde MATLAB'da Curve Fitting eklentisi, Data Fit 9.0 ve Minitab uygulamaları kullanılmıştır. Doğrusal ve doğrusal olmayan tüm modeller MATLAB ve Minitab programlarında mevcut kataloglar yardımı ile tek tek denenmiş, Data Fit 9.0 programı ile ise 298 adet model otomatik olarak veriler üzerinden taratılarak uygun olanlar seçilmiştir. MATLAB programında aşağıdaki denklem yardımı ile MAE, ilk önce her bir genotip için ayrı ayrı sonrasında tüm genotipler için tespit edilmiştir. Denklemden belirtilen  $e$  hatayı,  $N$  toplam örnek sayısını  $y_i$  gerçek karotenoid değerini,  $f_i$  ise elde edilen fonksiyonla hesaplanan karotenoid değerini ifade etmektedir.

$$e = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|y_i - f_i|}{y_i} \quad (3.3)$$

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### ARAŞTIRMA BULGULARI

#### 4.1. Karotenoid ve Renk Değeri Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi

Seçilen 15 farklı genotipteki mısır tohumunun endosperminden alınan görüntüler işlenerek elde edilen sarı-turuncu renk değerleri, laboratuvarında karotenoid analizine tabi tutulmuş ve karotenoid değerleri ile kıyaslanmıştır. Karotenoid ve renk analizinden elde edilen verilerin tanıtıcı istatistikleri Tablo 3 ve Tablo 4'te verilmiştir. Tablo 3'de görüldüğü gibi karotenoid ortalaması en düşük çıkan genotipler ED-6 (0,027) ve ED-8 (0,019), en yüksek çıkan genotipler ise ED-3 (0,148) ve ED-4 (0,131)'tür. Standart hatası yüksek olan genotipler ED-3 (0,009) ve ED-15 (0,009)'tir. Standart sapması en düşük olan genotip ED-8 (0,004), en yüksek olan genotip ise ED-3 (0,031) olarak belirlenmiştir.

Tablo 4'te renk değeri için verilen tanıtıcı istatistiklerinde en yüksek renk değerine sahip genotipler, ED-6 (0,187340) ve ED-8 (0,189610) olarak belirlenmiştir. Renk değeri için hesaplanan standart hata en yüksek ED-6 (0,001520) ve ED-11 (0,001540)'de gözlemlenmiştir. Standart sapması en düşük olan genotip ED-3 (0,001250), en yüksek olan genotip ise ED-11 (0,004870) olarak tespit edilmiştir.

Karotenoid verileri incelendiğinde, ED-15 numaralı genotipin 7. tekerrüründe (0,158 µg/g) uç değer tespit edilmiş olmasına rağmen veri setini istatistiksel olarak önemli derecede etkilememiştir ( $p>0,005$ ). Yapılan regresyon analizinde bu iki değişken arasında doğrusal bir ilişki gözlemlenmiştir ( $p<0,005$ ). Hue değerinin artmasıyla karotenoid miktarı düşerken Hue değerinin azalmasıyla karotenoid miktarı artmaktadır (Şekil 10).



Tablo 3

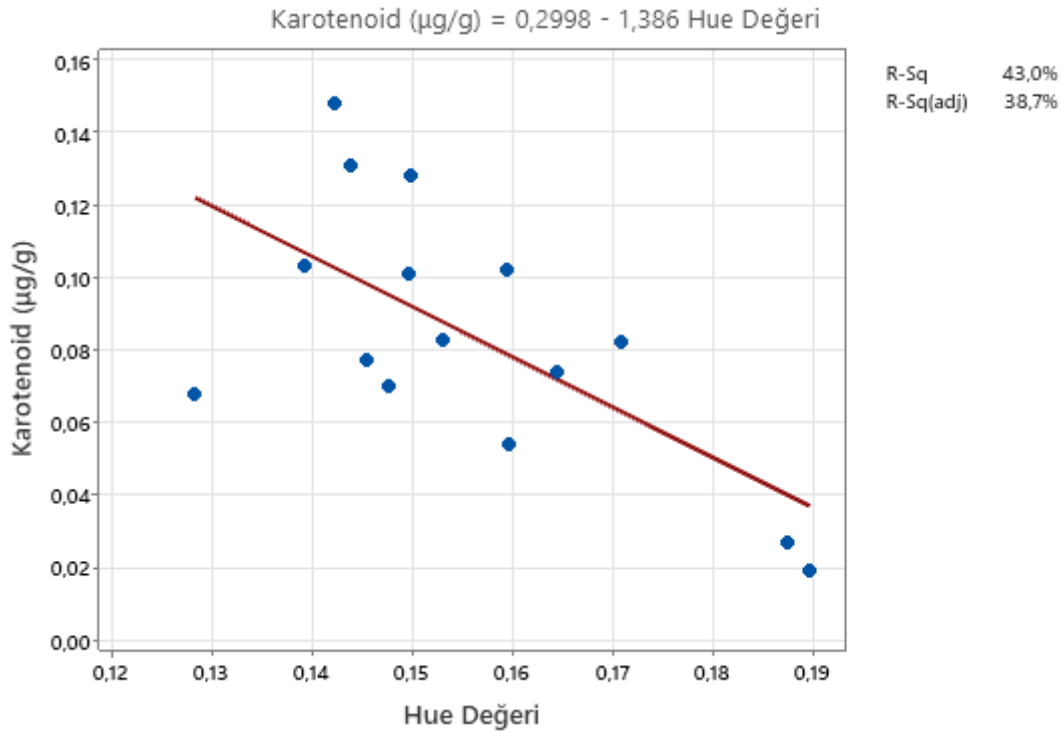
Karotenoid analizinden elde edilen ortalama, standart hata, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri

Örnek No	Ortalama ( $\mu\text{g/g}$ )	Standart Hata	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
ED-1	0,101	0,006	0,021	0,080	0,136
ED-2	0,128	0,006	0,021	0,090	0,154
ED-3	0,148	0,009	0,031	0,102	0,194
ED-4	0,131	0,007	0,024	0,098	0,166
ED-5	0,077	0,006	0,019	0,052	0,108
ED-6	0,027	0,004	0,013	0,012	0,048
ED-7	0,054	0,002	0,009	0,040	0,072
ED-8	0,019	0,001	0,004	0,014	0,028
ED-9	0,103	0,005	0,016	0,074	0,130
ED-10	0,083	0,005	0,017	0,054	0,110
ED-11	0,102	0,005	0,016	0,082	0,132
ED-12	0,074	0,004	0,015	0,054	0,106
ED-13	0,068	0,004	0,015	0,050	0,098
ED-14	0,070	0,004	0,013	0,054	0,092
ED-15	0,082	0,009	0,030	0,054	0,158

Tablo 4

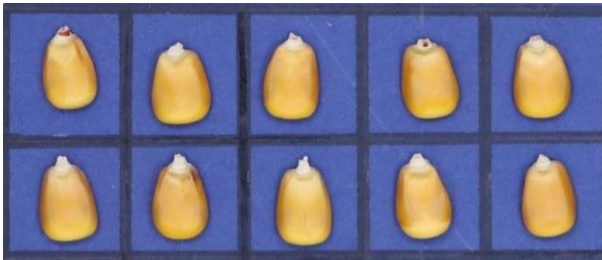
Hue kanalından elde edilen ortalama, standart hata, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri

Örnek No	Ortalama (Hue)	Standart Hata	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
ED-1	0,149610	0,000665	0,002100	0,144410	0,151710
ED-2	0,149830	0,001000	0,003160	0,146440	0,155970
ED-3	0,142190	0,000396	0,001250	0,140240	0,144630
ED-4	0,143850	0,000728	0,002300	0,139420	0,146690
ED-5	0,145510	0,001210	0,003810	0,139720	0,152670
ED-6	0,187340	0,001520	0,004810	0,179480	0,19470
ED-7	0,159720	0,001340	0,004250	0,152330	0,165220
ED-8	0,189610	0,001490	0,004700	0,180880	0,197470
ED-9	0,139210	0,000577	0,001830	0,136060	0,142730
ED-10	0,152990	0,001070	0,003370	0,146530	0,158640
ED-11	0,159390	0,001540	0,004870	0,154260	0,167950
ED-12	0,164340	0,001000	0,003170	0,159150	0,169030
ED-13	0,128330	0,000995	0,003150	0,122370	0,132280
ED-14	0,147700	0,000640	0,002020	0,144520	0,151420
ED-15	0,170890	0,001400	0,004420	0,161460	0,175750

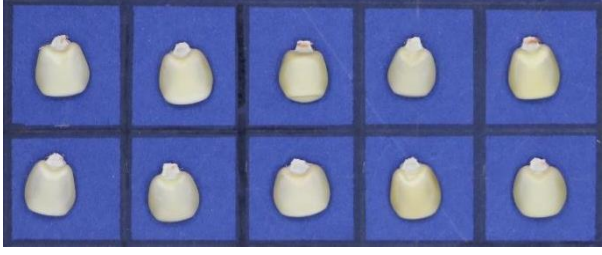


Şekil 10. Renk değeri ve karotenoid arasındaki ilişkiyi gösteren grafik ve doğrusal eğri

Hue değerinde düşük değerler kırmızıya yakın olan turuncu renkleri gösterirken yüksek değerler daha açık sarı renkleri ifade etmektedir. Çalışma esnasında kullanılan genotipler Şekil 11 ve Şekil 12’de görüldüğü gibi geniş bir renk skalasında olduğu görülmektedir. Örneğin ED-4 numaralı genotipin hue değeri ortalaması 0,14, karotenoid ortalaması 0,13  $\mu\text{g/g}$  iken ED-6 numaralı genotipin hue değeri ortalaması 0,18, karotenoid ortalaması 0,02  $\mu\text{g/g}$ ’dir. Birbirine yakın renk değerlerine sahip genotiplerde hue değeri ve karotenoid miktarı arasındaki fark azalmaktadır.



Şekil 11. Renk değeri yüksek olan ED-4 genotipi



Şekil 12. Renk değeri düşük olan ED-6 genotipi

Elde edilen bulgular ile renk değerinden karotenoid tahmini yapılmıştır. Her bir genotip için ayrı ve tüm genotiplerin hesaba katıldığı regresyon analizleri yapılarak çeşitli modeller oluşturulmuştur (Tablo 5).

Tablo 5

Tüm genotipler için ve ayrı ayrı ve genotipin etkisinin de katılarak hesaplanan modeller ve katsayılar

Örnek No	Model	Katsayılar	R <sup>2</sup> (Düzeltilmiş)	p Değeri
ED-1	$a*(\sin(x-\pi))+b*((x-10)^2)+c*(1)$	a = 9.802e+06 (3.034e+06, 1.657e+07) b = -4.901e+05 (- 8.285e+05, -1.517e+05) c = 4.901e+07 (1.517e+07, 8.285e+07)	0,96	p<0,005
ED-2	$a*(\sin(x-\pi))+b*((x-10)^2)+c*(1)$	a = 9.823e+05 (4.907e+05, 1.474e+06) b = -4.912e+04 (- 7.371e+04, -2.454e+04) c = 4.912e+06 (2.454e+06, 7.371e+06)	0,95	p<0,005
ED-3	$a*(\sin(x-\pi))+b*((x-10)^2)+c*(1)$	a = 7.873e+04 (3.074e+04, 1.267e+05) b = -3940 (-6340, -1539) c = 3.94e+05 (1.539e+05, 6.34e+05)	0,98	p<0,005
ED-4	$a*(\sin(x-\pi))+b*((x-10)^2)+c*(1)$	a = 2.57e+06 (2.219e+05, 4.918e+06) b = -1.285e+05 (- 2.459e+05, -1.11e+04) c = 1.285e+07 (1.11e+06, 2.459e+07)	0,95	p<0,005

Tablo 5'in devamı

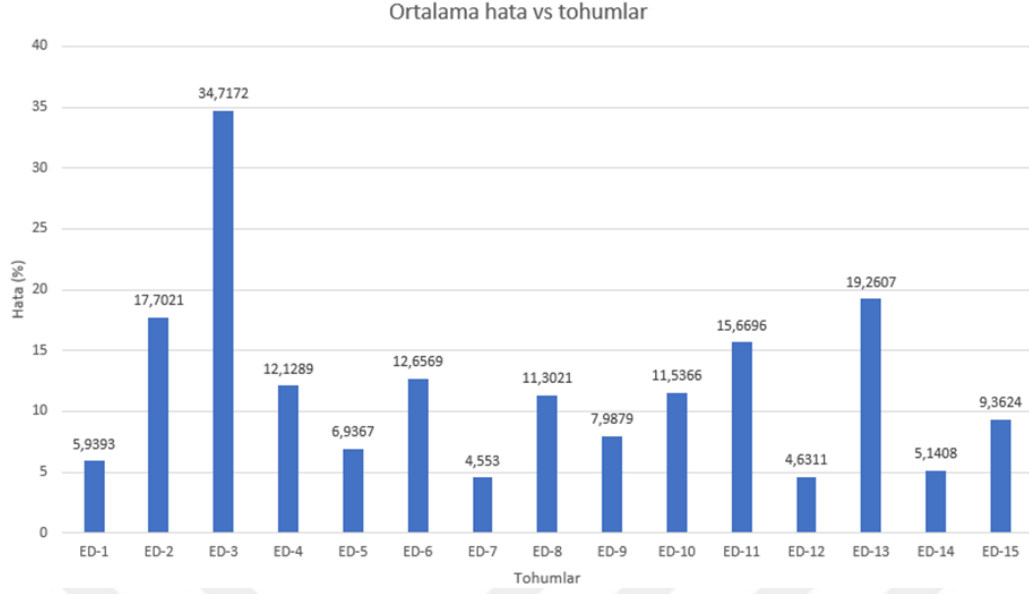
<b>ED-5</b>	$a*(\sin(x-\pi))+b*((x-10)^2)+c*(1)$	a = 7.915e+05 (-1.767e+07, 1.925e+07) b = -3.959e+04 (-9.625e+05, 8.833e+05) c = 3.959e+06 (-8.833e+07, 9.625e+07)	0,51	p<0,005
<b>ED-6</b>	$a*(\sin(x-\pi))+b*((x-10)^2)+c*(1)$	a = 7.201e+05 (-5.268e+05, 1.967e+06) b = -3.601e+04 (-9.837e+04, 2.634e+04) c = 3.601e+06 (-2.634e+06, 9.837e+06)	0,81	p<0,005
<b>ED-7</b>	$a*(\sin(x-\pi))+b*((x-10)^2)+c*(1)$	a = -3.089e+07 (-7.823e+07, 1.645e+07) b = 1.545e+06 (-8.224e+05, 3.912e+06) c = -1.545e+08 (-3.912e+08, 8.224e+07)	0,67	p<0,005
<b>ED-8</b>	$a*(\sin(x-\pi))+b*((x-10)^2)+c*(1)$	a = 2.737e+05 (-1.554e+06, 2.101e+06) b = -1.369e+04 (-1.051e+05, 7.77e+04) c = 1.369e+06 (-7.77e+06, 1.051e+07)	0,61	p<0,005
<b>ED-9</b>	$a*(\sin(x-\pi))+b*((x-10)^2)+c*(1)$	a = 4.03e+06 (-1.96e+06, 1.002e+07) b = -2.015e+05 (-5.01e+05, 9.798e+04) c = 2.015e+07 (-9.798e+06, 5.01e+07)	0,87	p<0,005
<b>ED-10</b>	$a*(\sin(x-\pi))+b*((x-10)^2)+c*(1)$	a = 1.988e+06 (-1.107e+06, 5.083e+06) b = -9.942e+04 (-2.542e+05, 5.532e+04) c = 9.942e+06 (-5.532e+06, 2.542e+07)	0,7011	p<0,005
<b>ED-11</b>	$a*(\sin(x-\pi))+b*((x-10)^2)+c*(1)$	a = -5.848e+05 (-2.523e+06, 1.354e+06) b = 2.924e+04 (-6.769e+04, 1.262e+05) c = -2.924e+06 (-1.262e+07, 6.769e+06)	0,74	p<0,005
<b>ED-12</b>	$a*(\sin(x-\pi))+b*((x-10)^2)+c*(1)$	a = 8.299e+06 (-2.723e+06, 1.932e+07) b = -4.149e+05 (-9.66e+05, 1.361e+05) c = 4.149e+07 (-1.361e+07, 9.66e+07)	0,75	p<0,005

Tablo 5'in devamı

<b>ED-13</b>	$a*(\sin(x-\pi))+b*((x-10)^2)+c*(1)$	$a = -2.823e+06 (-5.519e+06, -1.273e+05)$ $b = 1.412e+05 (6368, 2.759e+05)$ $c = -1.412e+07 (-2.759e+07, -6.368e+05)$	0,85	$p<0,005$
<b>ED-14</b>	$a*(\sin(x-\pi))+b*((x-10)^2)+c*(1)$	$a = 2.553e+07 (-4.905e+07, 1.001e+08)$ $b = -1.277e+06 (-5.006e+06, 2.452e+06)$ $c = 1.277e+08 (-2.452e+08, 5.006e+08)$	0,17	$p<0,005$
<b>ED-15</b>	$a*(\sin(x-\pi))+b*((x-10)^2)+c*(1)$	$a = 2.758e+05 (-1.018e+06, 1.57e+06)$ $b = -1.379e+04 (-7.85e+04, 5.092e+04)$ $c = 1.379e+06 (-5.092e+06, 7.85e+06)$	0,81	$p<0,005$
<b>Genotipin Etkisi Hesaba Katıldığınd a</b>	$a*(\sin(x-\pi))+b*((x-10)^2)+c*(1)$	$a = 7.608e+04 (-2.652e+04, 1.787e+05)$ $b = -3808 (-8940, 1323)$ $c = 3.808e+05 (-1.323e+05, 8.94e+05)$	0,48	$p<0,005$

Yapılan değerlendirmeler sonucunda tüm modeller istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Her bir genotip için ayrı olarak 300 adet model denenmiştir. Bu modellerden katsayısı değişmek kaydıyla geneli ifade edebilen en uygun model ve katsayılar  $R^2$  değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

Elde edilen regresyon eğrisi kullanılarak hesaplanan ortalama mutlak hata %12 olarak tespit edilmiştir (Şekil 13). Ortalama mutlak hata değeri tahmin edilen ve gerçek veriler arasında farkın %12 olduğu anlamına gelmektedir.



Şekil 13. Renk değerinden karotenoid miktarı tahminine ait Ortalama Mutlak Hata miktarları

Ancak yüksek hata payına sahip olan genotiplerde tek bir algoritma üzerinden çalışmak yerine ayrı ayrı modellerin oluşturulmasının bu gibi çalışmalarda başarı oranını arttırdığı tespit edilmiştir. Bunun yanında aynı genotip içinde farklı renk ve boyutlarda tohumların olması yine çalışma sonuçlarını etkileyen faktörler arasındadır. Renk değeri yüksek olmasına rağmen karotenoid miktarı tahmin edilenden daha düşük çıkan tohumlarda, kabuğunun daha koyu renkli veya kalın olması ihtimali de göz önünde bulundurulmalıdır. Mısır tohumlarının bünyelerinde barındırdığı bazı renk pigmentleri de tohumda perikarpta depolanmaktadır (Chatham L., 2019). Bu pigmentler görüntü işleme tekniklerinde renk değeri-karotenoid miktarı arasındaki ilişkiyi etkileyebilecek faktörler arasındadır. Bu yüzden ileride yapılacak çalışmalarda bu faktörler de göz önünde bulundurulmalıdır.

#### 4.2. Yağ Miktarı ve Embriyo Alanı Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi

Mısır tohumunun görüntülerinden elde edilen embriyo alanı ile laboratuvar analizlerinden elde edilen yağ miktarı kıyaslanmıştır. Bu analizlerden elde edilen verilerin tanıtıcı istatistikleri Tablo 6 ve Tablo 7’de verilmiştir. Tablo 6’da görüldüğü gibi yağ miktarı ortalaması en düşük çıkan genotipler ED-12 (0,124) ve ED-15 (0,128), en yüksek çıkan

genotipler ise ED-3 (0,246) ve ED-8 (0,249)'dir. Standart hatası yüksek olan genotip ED-6 (0,025)'dir. Standart sapması en düşük olan genotip ED-1 (0,007), en yüksek olan genotip ise ED-6 (0,080) olarak belirlenmiştir.

Tablo 7'de embriyo alanı için verilen tanıtıcı istatistiklerinde en yüksek alan ortalamasına sahip genotipler, ED-8 (16496) ve ED-14 (16409) olarak belirlenmiştir. Embriyo alanı için hesaplanan standart hata en yüksek ED-4 (369) ve ED-9 (352)'de gözlemlenmiştir. Standart sapması en düşük olan genotip ED-2 (295), en yüksek olan genotip ise ED-4 (1167) olarak tespit edilmiştir.

Yapılan regresyon analizinde bu iki değişken arasında doğrusal bir ilişki gözlemlenmemiştir ( $p>0,005$ ). Şekil 14 incelendiğinde verilerin dağılımının son derece düzensiz olduğu gözlenmektedir.

Tablo 6

Yağ analizinden elde edilen verilerin ortalama, standart hata, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri

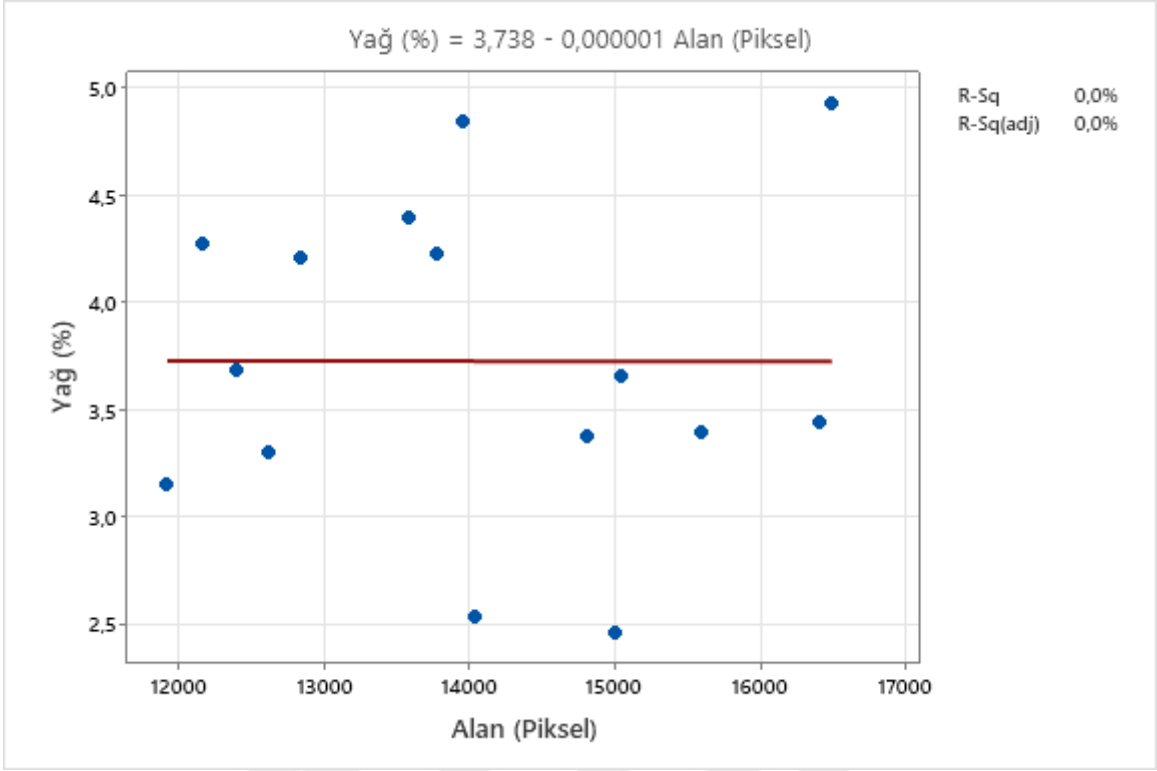
Örnek No	Ortalama (%)	Standart Hata	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
ED-1	3,150	0,002	0,007	0,146	0,169
ED-2	3,657	0,004	0,014	0,150	0,199
ED-3	4,844	0,005	0,017	0,214	0,266
ED-4	3,379	0,004	0,013	0,155	0,196
ED-5	4,204	0,009	0,031	0,140	0,247
ED-6	4,391	0,025	0,080	0,102	0,363
ED-7	3,397	0,017	0,056	0,087	0,266
ED-8	4,924	0,015	0,050	0,167	0,324
ED-9	4,273	0,013	0,042	0,167	0,288
ED-10	4,228	0,006	0,020	0,175	0,244
ED-11	3,683	0,005	0,018	0,157	0,227
ED-12	2,463	0,006	0,019	0,090	0,158
ED-13	3,305	0,003	0,011	0,148	0,189
ED-14	3,439	0,010	0,032	0,122	0,216
ED-15	2,538	0,004	0,013	0,107	0,147

Tablo 7

Embriyo alanından elde edilen verilerin ortalama, standart hata, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri

Örnek No	Ortalama (piksel)	Standart Hata	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
ED-1	11916	136	430	11016	12471
ED-2	15043	93,3	295	14740	15528
ED-3	13957	172	545	12867	14553
ED-4	14810	369	1167	12891	17003
ED-5	12835	318	1007	10831	14770
ED-6	13582	266	840	12284	14505
ED-7	15589	167	527	14682	16190
ED-8	16496	210	665	15411	17852
ED-9	12160	352	1112	10510	14392
ED-10	13779	138	435	12991	14273
ED-11	12392	125	394	11708	13092
ED-12	15007	107	339	14509	15411
ED-13	12612	252	797	11379	13699
ED-14	16409	158	498	15514	16941
ED-15	14029	216	682	12959	14916





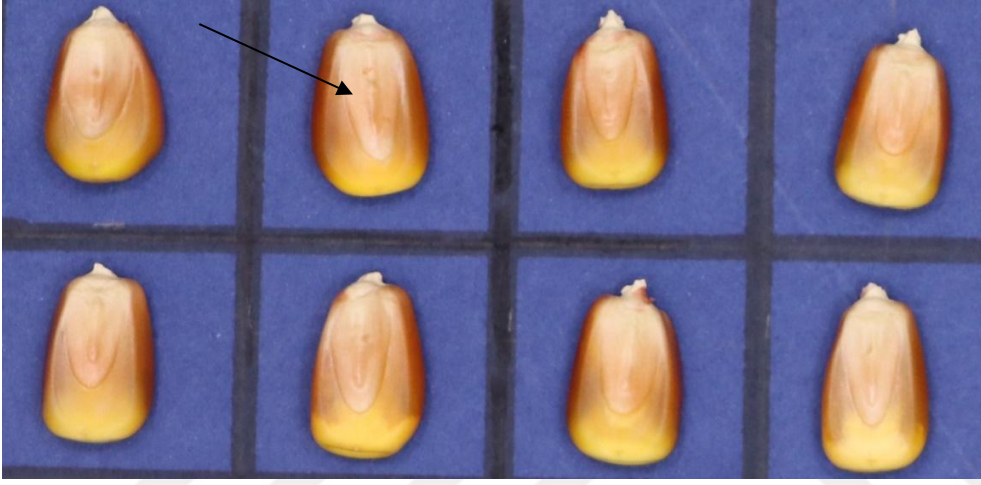
Şekil 14. Embriyo alanı ve yağ miktarı arasındaki ilişkiyi gösteren grafik ve doğrusal eğri

Farklı genotiplerdeki tohumun yapısı ve embriyonun bulunduğu alanın değişkenlik göstermesi, çalışma için tasarlanan algoritmada istenilen sonuçları vermemiştir. Cogdill ve arkadaşlarının (2006) yaptıkları çalışmada, mısır tohumlarında yağ miktarını tahmin etmek için görüntü işleme tekniğini kullanılarak bir model oluşturulmuş fakat olumlu sonuç alınamamıştır. Farklı genotiplerde değişiklik gösteren şekilsel çeşitlilikler tek bir model üzerinde başarılı olmayabilir. Bunun yerine doğrusal olmayan birden çok model oluşturularak yeni çalışmalarda olumlu sonuçlar alınabilir.

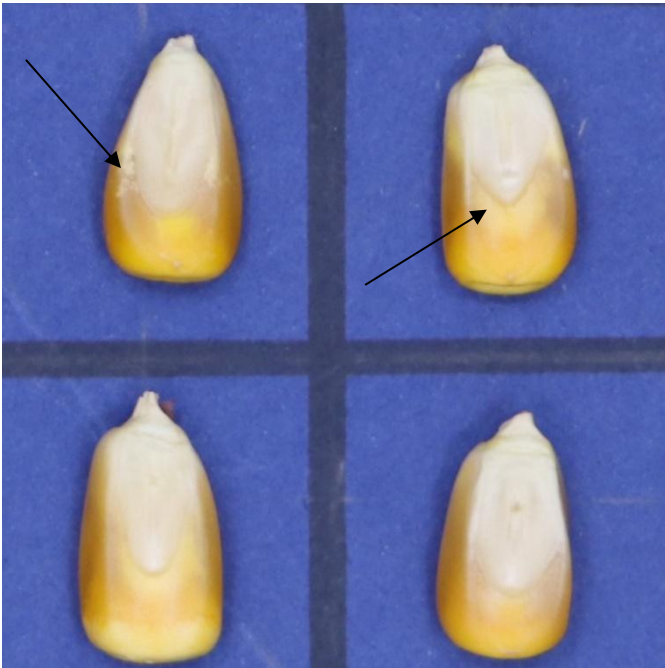
Çalışmada embriyo hacmi de hesaplanmaya çalışılmış fakat mısır tohumlarının boyutsal anlamda küçük, embriyo ve endospermin iç içe bulunması sebebiyle yükseklik ve en ölçümlerinde zorluklar yaşandığından başarıya ulaşılamamıştır. Mansouri ve arkadaşlarının (2017) yaptığı bir çalışmada kavun çekirdeklerinin görüntü işleme tekniği kullanılarak boyutları ve hacimleri hesaplanmaya çalışılmıştır. Çekirdeklerin görüntüsünün alınması için kabukları tek tek çıkarılmış ve daha sonra görüntü işleme yöntemi ile analizler yapılmıştır. Mısır tohumunun sert bir yapıda olması, embriyo ve endospermin ayrılması için

yapılacak olan işlemler fiziksel ve kimyasal muameleler sonucunda tohumun bütünlüğünü bozacağından bu çalışma için kullanışlı bir yöntem olmamıştır.

Çalışmada kullanılan bazı genotiplere ait tohum örneklerinde embriyon bölgesinin diğer genotiplere göre net bir şekilde ayırt edilememesi (Şekil 15) ve tohumların üzerinde renk farklılıklarının bulunması (Şekil 16), görüntü analizlerinde sonuçları etkileyen ve hata payını yükselten bir diğer olumsuz etmen olarak karşımıza çıkmıştır.



Şekil 15. Embriyosu renkli mısır tohumu örneği



Şekil 16. Endosperm üzerinde renk farklılıkları bulunan mısır tohumu örneği

## BEŞİNCİ BÖLÜM

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada laboratuvar analizleri sonucu elde edilen karotenoid ve yağ değerleri görüntü işleme analizleri sonucu elde edilen renk ve embriyo bölgesinin alan değerleriyle hesaplanmaya çalışılmıştır. Karotenoid ile renk değeri arasında uygulanan regresyon analizinde doğrusal bir ilişki gözlemlenirken ( $p < 0,005$ ), yağ miktarı ve embriyo alanı arasında bir ilişki gözlemlenememiştir ( $p > 0,005$ ). Karotenoid ve renk analizinde sonuçların olumlu yönde çıkması ile sadece renk değeri kullanılarak %88 başarı ile karotenoid miktarı tahmin edilmiştir. Yağ ve embriyo alanı arasında bir ilişki gözlemlenemediği için embriyo alanından yağ miktarı tahmini gerçekleşmemiştir. Karotenoid miktarının tahmininde elde edilen başarı oranı, ıslahta karotenoid açısından öne çıkan genotipleri belirlemede önemli bir oran olsa da hassas çalışmalarda daha yüksek başarı oranlarına ihtiyaç duyulabilir. Bu yüzden ileriki çalışmalarda hata payını düşürmek için farklı yöntemler ve teknikler geliştirilerek birçok çalışma için ortak kullanılacak bir metot geliştirebilmek amaçlanmalıdır.

Teknolojinin hızla geliştiği fakat gıda ihtiyacının da yine aynı oranda artış gösterdiği bu dönemde tarımda bu gibi çalışmalara oldukça ihtiyaç vardır. Bu yüzden üretimde, araştırma ve geliştirmede hız kazanmak oldukça önemlidir. Yapılan bu çalışmanın da amacı daha hızlı bir şekilde sonuca ulaşarak maliyet ve işgücünü daha düşük oranlara indirmektir.

Elde edilen sonuçlar ile laboratuvar analizlerine gerek kalmadan, sadece görüntü alarak karotenoid miktarının tespit edilebileceği görülmektedir. İleriki araştırmalarda farklı modellerin ve tekniklerin geliştirilmesi ile literatüre önemli katkılar sunulacağı öngörülmektedir. Bunun yanında yapay zekâ gibi teknikler kullanılarak var olan cihazların geliştirilmesi veya yenilerinin tasarlanarak tarım teknolojilerine kazandırılması oldukça olasıdır.

## KAYNAKÇA

- Akcebe, N., Özen R. (2015). “Multispektral, Hiperspektral ve Kızılötesi Reflektografi ile Görüntüleme Metotları”. Türkiye Yazma Eserler Kurumu Başkanlığı. Kitap Şifahanesi ve Arşiv Dairesi Başkanlığı.
- Al-Hiary, H., Bani-Ahmad, S., Reyalat, M., Braik, M. and Alrahamneh, Z. (2011).” Fast and accurate detection and classification of plant diseases”. *International Journal of Computer Applications*. 17(1), 31-38.
- Chandler, K., Lipka, A. E., Owens, B. F., Li, H., Buckler, E. S., Rocheford, T. and Gore, M. A. (2012). “Genetic analysis of visually scored orange kernel color in maize”. *Crop Science*. 53(1), 189-200.
- Chatham, L. A. (2019). “Phytochemical diversity and genetics of purple corn”. Doctoral dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Cogdill, R. P., Hurburgh, C. R., Rippke, G. R., Bajic, S. J., Jones, R. W., McClelland, J. F. and Liu, J. (2006). “Single-kernel maize analysis by near-infrared hyperspectral imaging”. *Transactions of the ASAE*, 47(1), 311.
- De La Fuente, G. N., Carstensen, J. M., Edberg, M. A. and Lübberstedt, T. (2017). “Discrimination of haploid and diploid maize kernels via multispectral imaging”. *Plant Breeding*, 136(1), 50-60.
- Egesel, C. O., Wong, J. C., Lambert, R. J. and Rocheford, T. R. (2003). “Combining ability of maize inbreds for carotenoids and tocopherols”. *Crop Science*, 43(3), 818-823.
- Egesel C.O., 2001. Genetic Variation Among Maize Genotypes for Carotenoid and Tocopherol Compounds. Ph.D (Doktora Tezi). Thesis. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Feng, X., Zhao, Y., Zhang, C., Cheng, P. and He, Y. (2017). “Discrimination of transgenic maize kernel using NIR hyperspectral imaging and multivariate data analysis”. *Sensors*, 17(8), 1894.

- Fischer, C. and Kakoulli, I. (2006). "Multispectral and hyperspectral imaging technologies in conservation: current research and potential applications". *Studies in Conservation*, 51(sup1), 3-16.
- Gonzalez R. C. and Woods R. E., (2018). *Sayısal Görüntü İşleme*. Ziya TELATAR (çev.) Palme Yayınları. ISBN: 978-605-355-212-3
- Kahrıman, F., Egesel, C. Ö., Dönmez, N. İ. and Bay, S. (2015). "Mısırdaki Karotenoid İçeriğinin NIRs (Yakın Kıızıl Ötesi Spektroskopisi) ile Tespiti", *11. Tarla Bitkileri Kongresi*, Çanakkale, Türkiye, 7-10.
- Kandianis, C. B., Stevens, R., Liu, W., Palacios, N., Montgomery, K., Pixley, K. and Rocheford, T. (2013). "Genetic architecture controlling variation in grain carotenoid composition and concentrations in two maize populations". *Theoretical and Applied Genetics*, 126(11), 2879-2895.
- Mansouri, A., Mirzabe, A. H., & Raufi, A. (2017). "Physical properties and mathematical modeling of melon (*Cucumis melo* L.) seeds and kernels". *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(3), 218-226.
- Masoumi, A. (2013). Görüntü İşleme Tekniği ile Ekmeklik Buğday Çeşidinde Kaliteye Esas Bazı Özelliklerin Belirlenmesi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- McGoverin, C. M. And Manley, M. (2012). "Classification of maize kernel hardness using near infrared hyperspectral imaging". *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 20(5), 529-535.
- Ordu, O. (2018). Farklı Ekstraksiyon Yöntemleri Kullanılarak Mısırdaki Karotenoid ve Tokoferol Bileşenlerinin Analizi. Yüksel Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Öz, A., Kapar, H., (2007). "Mısırın yağ içeriği ve yağ sanayi açısından önemi", *1. Ulusal Yağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu*, 28-31.
- Rodriguez-Amaya, D. B. and Kimura, M. (2004). *HarvestPlus handbook for carotenoid analysis*. Washington: International Food Policy Research Institute (IFPRI).

- Sabancı, K., Aydın, C. and Ünlerşen, M. F. (2012). “Görüntü işleme ve yapay sinir ağları yardımıyla patates sınıflandırma parametrelerinin belirlenmesi”. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 2(2 Sp: A), 59-62.
- Sendin, K., Manley, M. and Williams, P. J. (2018). “Classification of white maize defects with multispectral imaging”. *Food chemistry*, 243, 311-318.
- Shuhua, L., Gaizhi, G. (2010). “The application of improved HSV color space model in image processing”. *2nd International Conference on Future Computer and Communication* (Vol. 2, pp. V2-10). IEEE.
- Stasiewicz, M. J., Falade, T. D., Mutuma, M., Mutiga, S. K., Harvey, J. J., Fox, G. and Nelson, R. J. (2017). “Multi-spectral kernel sorting to reduce aflatoxins and fumonisins in Kenyan maize”. *Food Control*, 78, 203-214.
- Tambe, S. B., Kulhare, D., Nirmal, M. D., Prajapati, G. (2013). “Image processing (IP) through erosion and dilation methods” *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, ISSN 2250-2459, Volume 3, Issue 7, July 2013.
- Vibhute, A., Bodhe, S. K. (2012). “Applications of image processing in agriculture: a survey”. *International Journal of Computer Applications*, 52(2).
- Wang, W., Heitschmidt, G. W., Ni, X., Windham, W. R., Hawkins, S. and Chu, X. (2014). “Identification of aflatoxin B1 on maize kernel surfaces using hyperspectral imaging”. *Food Control*, 42, 78-86.
- Weinstock, B. A., Janni, J., Hagen, L., and Wright, S. (2006). “Prediction of oil and oleic acid concentrations in individual corn (*Zea mays* L.) kernels using near-infrared reflectance hyperspectral imaging and multivariate analysis”. *Applied spectroscopy*, 60(1), 9-16.
- Williams, P., Geladi, P., Fox, G. and Manley, M. (2009). “Maize kernel hardness classification by near infrared (NIR) hyperspectral imaging and multivariate data analysis”. *Analytica Chimica Acta*, 653(2), 121-130.

Yang, C. C., Prasher, S. O., Landry, J. A. and DiTommaso, A. (2000). “Application of artificial neural networks in image recognition and classification of crop and weeds”. *Canadian agricultural engineering*, 42(3), 147-152.

Yang, X., Ma, H., Zhang, P., Yan, J., Guo, Y., Song, T. and Li, J. (2012). “Characterization of QTL for oil content in maize Kernel”. *Theoretical and applied genetics*, 125(6), 1169-1179



