



Konferans Bildirisi

# Görüntü İşleme Teknikleri ile Kırık Bademlerin Tespiti

Hakan Aktaş<sup>1\*</sup>, Ömer Karagöz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi ,Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-0188-7075>, haktas@ohu.edu.tr,

<sup>2</sup> Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi , Mühendislik Fakültesi ,Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-7157-611X>, karagozo240@gmail.com,

\* Sorumlu Yazar: haktas@ohu.edu.tr; +09 553 444 26 54

(First received September 16, 2023 and in final form December 22, 2023)

3rd International Conference on Design, Research and Development

(RDCONF 2023)

December 13 - 15, 2023

**Reference:** Aktaş, H., Karagöz, Ö. Görüntü İşleme Teknikleri ile Kırık Bademlerin Tespiti. Orclever Proceedings of Research and Development,3(1), 568-577.

## Özet

*Badem besin değeri ve ekonomik değeri yüksek bir ürün olup; bademler paketlenmeden önce bazı kalite kontrol işlemleri uygulanmaktadır. Kalite kontrol süreçlerinde ürünün sınıflandırılması, hatalı ürün tespiti, ürün dışı madde tespiti gibi uygulamalar yaygın olarak kullanılmaktadır. Görüntü işleme ve kamera kontrol sistemlerinin gelişmesiyle birlikte bu işlemler bilgisayarlı görü sistemleriyle düşük maliyetlerde, yüksek hız ve doğrulukta yapılabilmektedir. Bu çalışmada kırık bademlerin tespiti için; eşikleme, HSV dönüşümü ve blob tespiti gibi görüntü işleme teknikleri aktif bir şekilde kullanılmıştır. Bademlerin tespit edilmesi için ikili görüntü ve devamında blob tespit algoritması kullanılmıştır. Tespit edilen bademlerde kırık bölge tespiti yapmak için öncelikle HSV dönüşümü yapılmıştır. H ve S bantlarına uygun eşik değerleri uygulanarak kırık bölgelerin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Önerilen yöntem test edildiğinde kırık bölgeler görünür olduğu sürece %100 oranında çalışan bir algoritma geliştirilmiştir.*

**Anahtar:** Görüntü İşleme, Nesne Tespiti ,Ayıklama, Badem , Bilgisayarlı Görü



Conference Article

## Detection of Broken Almonds with Image Processing Techniques

### Abstract

*Almond is a product with high nutritional and economic value; some quality control procedures are applied before the almonds are packaged. Applications such as product classification, faulty product detection, and non-product substance detection are widely used in quality control processes. With the development of image processing and camera control systems, these operations can be performed with computer vision systems at low costs, high speed and accuracy. In this study, to detect broken almonds; image processing techniques such as thresholding, HSV transformation and blob detection were actively used. Binary image followed by blob detection algorithm was used to detect almonds. HSV transformation was performed on the detected almonds to detect the broken area. It is aimed to detect broken areas by applying appropriate threshold values to H and S bands. When the proposed method was tested, an algorithm was developed that worked 100% as long as the broken areas were visible.*

**Keywords:** Image Processing, Object Detection, Sorting, Computer Vision



## 1. Giriş

Dünya badem(*Prunus dulcis*) üretiminde Amerika Birleşik Devletleri başı çekmektedir. Fas, İran, Suriye Türkiye, İtalya, Tunus ve Cezayir diğer önemli badem üreticisi ülkeler olup, ülkemiz badem üretimi bakımından Dünya'da altıncı sıradadır. Ülkemizin Doğu Karadeniz kıyı bölgeleri ile yüksek yaylaları dışında kalan hemen hemen her yöresinde badem yetiştirilebilmektedir.[1] Badem ekonomik ve besin değeri yüksek bir ürün olup; bademler toplamadan satışa hazır hale gelene kadar birçok aşamadan geçmektedirler. Bu aşamalardan bir tanesi de bademlerin ayıklanması aşamasıdır. Bademlerin ayıklanması aşamasında kabuk ayıklama, çürük ayıklama ve kırık ayıklama gibi aşamalar bulunmaktadır. Ayıklama işlemleri konveyör bant üzerinde işçiler tarafından yapılmakta ya da makine görmesi sistemleri ile yapılmaktadır.

Makine görmesi teknikleri kullanılarak yapılan çalışmalarda, ilk olarak kameradan görüntüler alınmaktadır. Alınan görüntüler üzerinde, görüntü ön işleme adımları uygulanmakta ve ilgili nesnelere ait özellik çıkarımı gerçekleştirilmektedir. Ortamda bulunan nesnelere doğru bir şekilde tespit edilmesi, özellik çıkarımı aşaması için çok önemlidir. Nesnelere tespit edilmesi veya tanınması amacıyla yapılan çalışmalarda farklı yöntemler önerilmektedir. Makine görmesi uygulamalarında nesnelere ait basit özellikler kullanılarak hızlı ve etkili nesne tanıma[2] karmaşık arka plan çıkarımı ile tanıma [3], şekil tanıma, renk tanıma, kenar ve köşe tanıma, istatistiksel örüntü tanıma, şablon eşleme gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır.

Bu çalışmada kırık bademler makine görmesi yöntemleri ile tespit edilecek olup; literatürde badem üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Nakariyakul ve Casasent badem çekirdeklerinde çürük tespiti üzerinde çalışmışlardır. Bademlerin hiperspektral kamera ile görüntülerini alıp görüntü işleme teknikleri kullanarak bademdeki çürüğü tespit etmişler ve bu çalışmanın sonucunda %91.5 doğruluk elde etmişlerdir[4]. Başka bir çalışmada Nakariyakul, NIR kameranın yanında infrared aydınlatmasını kullanarak NIR görüntüler üzerinde çürük tespiti çalışmıştır. Yapılan uygulamada görüntü işleme teknikleri kullanılmış ve %93.3 başarı elde etmiştir[5]. MAHMOUD ve diğerleri bademleri sınıflandırmak için yapay sinir ağlarını kullanmışlardır[6]. Bademler yeşil arka planda görüntüleri alınmış ve alınan bademlerden öznelik çıkarımı yapılmıştır. Devamında 5 sınıflı bir yapay sinir ağı kullanarak sınıflandırma yapmışlardır. Sınıflandırılmanın sonucunda %94.3 oranında doğruluk elde etmişlerdir. Liang ve diğerleri badem çekirdeklerinin üzerindeki mantar hastalığını tespit etmek için kızılötesi yansıma spektroskopisini kullanmışlardır[7]. Nır görüntüler alınıp multispektral algılama ve görüntü işleme teknikleri ile sınıflandırma yapmışlardır. Michele ve diğerleri, kayısı çekirdeklerinin rengine göre ayıklanması üzerinde çalışmışlardır[8].



Çalışmada RGB görüntüler alınıp renklerine göre görüntü işleme aşamalarından sonra sınıflandırma yapmış ve %99 sonuç elde etmişlerdir. Francesca ve arkadaşları badem görüntülerinin üzerinde, boyut analizine göre çeşitlerini tespit edip, makine öğrenmesi algoritmaları ile sınıflandırılmaya çalışmışlardır [9]. Yapılan çalışmada 5 çeşit üzerinde en yakın komşu algoritmasını kullanarak %96 oranında bir başarı elde etmişlerdir. Hoonsoo ve diğerleri yapmış oldukları gerçek zamanlı badem ve kayısı çekirdeği ayıklama çalışmasında görüntü işleme teknikleri kullanmışlardır[10]. Öncelikle görüntüleri HSI(Hyperspectral camera and imaging systems) kamera kullanıp bademlere hipersektrel filtre uygulamış ve tırtıklı oluktan geçerken tespit etmişlerdir.. Ardından kayısı çekirdekleri için aynı işlemleri gerçekleştirip derin ağlarla eğitimini yaptıktan sonra %97 sonuç elde etmişlerdir. Sriram ve diğerleri bademleri derin öğrenme yöntemleri olan Resnet, VGGNet ve Inception-V3 modellerini kullanarak sınıflandırma işlemini gerçekleştirmişlerdir[11]. Çalışmada belirli sayıda bademlerin masaüstünde görüntülerini almışlardır. Sağlam bademlerin içerisine kırık bademler koymuşlar ve kırıkların yüzdesini belirlemişlerdir. Kırık bademlerin yüzdelere göre (%0,%5,%15,%25 ve %35)derin öğrenme ağına beş sınıf tanıtmışlardır. Eğitilmiş olan derin öğrenme modellerinin karşılaştırılması sonucunda en yüksek doğruluk ResNet50 modeli ile %99 olarak elde edilmiştir.

Bu çalışmada, görüntüde bulunan bademlerin tespit edilmesi, tespit edilen bademlerin sınıflandırmasına yönelik üç aşamalı bir sistem önerilmektedir. Önerilen sistemin ilk aşamasında kameradan alınan görüntü üzerinde, görüntü ön işleme adımı olarak tüm bademlerin koordinatları bulunmaktadır. İkinci aşamada, görüntüde tespit edilen bloklar koordinatlarından kesilip klasöre kaydedilmektedir. Son aşamada ise blob görüntüleri hsv görüntü formatına çevrilmektedir, ardından oluşan görüntüye beyaz bölgeyi elde etmek için uygun eşik değeri uygulanmaktadır. Beyaz renkteki kırık bölge elde edildikten sonra tekrar blob tespit algoritması uygulanarak bademin kırık olup olmadığına karar verilmektedir.

## 2. Metaryel Method

### 2.1. Deney Düzenegi

Bu uygulamada kırık bademlerin görüntü işleme teknikleri ile tespit edilmesi için ilk aşamada görüntüler oluşturulmuştur. Bademlerin kolay tespit edilebilmesi için arka plan siyah olarak tercih edilmiştir. Bademler arka planı siyah olan bir yüzeyin üzerine geliş güzel bir şekilde konulmuş ve görüntüleri elde edilmiştir. Görüntüleri elde ederken



Basler marka, ace acA-1440-220uc model CMOS, usb arayüze sahip, 1440 × 1080 pixel çözünürlükte ve RGB renk özelliğinde bir kamera kullanılmıştır. Kullanılan masa üstü bilgisayar özellikleri: Intel i5 (10.nesil), 2.9 GHz, 32 GB DDR3 1600 MHz RAM ve Windows 10 olup; görüntüleri işlemek için python(3.8) yazılım dili ile OpenCV(4.7.0) kütüphanesi kullanılmıştır. Geliştirilen deney düzeneği Şekil 1'deki gibidir.



Şekil 1: Deney Düzeneği

## 2.2. Görüntü İşleme Teknikleri

Endüstriyel otomasyon alanında ve birçok alanda görüntü işleme teknikleri aktif bir şekilde kullanılmaktadır. Görüntü işleme, bir bilgisayarda, görüntülerden anlamlı ve faydalı verilerin işlenmesi ve çıkarılmasıyla ilgilenen bir alandır. Görüntü işleme ile alakalı geliştirilmiş birçok kütüphane olup bunlardan en yaygın olanı OpenCV kütüphanesidir. OpenCV, görüntü işleme, nesne algılama, yüz algılama, görüntü bölümlendirme, yüz tanıma ve daha pek çok bilgisayarla görme görevleri için en ünlü ve yaygın olarak kullanılan açık kaynak kitaplıklarından biridir. OpenCV, kütüphanedeki fonksiyonların hızlı çalışması için C/C++ dilinde yazılmış ve modüler bir yapıya sahiptir. Devam eden süreçte geliştiriciler Python ve Java bağlamaları sağlamıştır [12].

### 2.2.1. RGB görüntüyü gri görüntüye çevirme

Gri seviyeli görüntülerde; görüntü farklı gri seviye değerlerinden oluşur. 8 bitlik bir gri görüntüde, gri değer aralıkları:  $G=\{0,1,2,\dots,255\}$  şeklinde ifade edilir. 8 bitlik bir gri seviyeli görüntüde 256 tane farklı gri ton değeri bulunabilir. "0" değeri siyah renge, "255" değeri ise beyaz renge karşılık gelir. Bu değerler arasında ise gri seviyeler oluşur. RGB görüntüden gri formattaki görüntüye dönüşümün formülü denklem 1'deki gibidir.

$$\text{Grayscale} = (0.3 * R) + (0.59 * G) + (0.11 * B) \quad (1)$$



### 2.2.2. Eşikleme ile ikili görüntü oluşturma

Eşikleme işlemi görüntü üzerindeki piksellerin belirlenen eşik değerinden düşük olması durumunda pikseli siyah, aksi durumunda beyaz olacak şekilde dönüştürme işlemidir. Bu işlem fonksiyona verilen parametre ile tam tersi duruma da çevrilebilir. Bu işlemden sonra oluşan ikili görüntü üzerinde istenmeyen gürültü (beyaz bölgelerde oluşan siyah noktacıklar) morfolojik işlemler yardımı ile giderilebilmektedir.

### 2.2.3. Blob tespit algoritması

Bir görüntüdeki nesnelere tespit etmek için kullanılan algoritmalarından bir tanesi de Blob tespit algoritmasıdır. Blob tespit algoritmasını uygulamak için öncelikle görüntünün ikili görüntü formatına çevrilmesi gerekmektedir. Blob tespit algoritması nesnelere ait bir çok bilgi vermekte olup; blobları(nesneleri) görüntüden kesmek için  $X_{min}$ ,  $X_{max}$ ,  $Y_{min}$ ,  $Y_{max}$  ve merkez noktası parametreleri yeterlidir[13].

### 2.2.4. HSV renk uzayı

HSV renk uzayı, renkleri sırasıyla renk özü, doygunluk ve parlaklık olarak tanımlar. HSV renk uzayının kullanılma amacı RGB uzayına göre insan gözü düzeneğine daha yakın bir yapıda olmasıdır. Renkli nesnelere ayrılması işlemi için genellikle HSV renk uzayı modeli kullanılmaktadır. RGB renk uzayında parlaklığa bütün bileşenlerin etkisi bulunmakla beraber HSV uzayında ise RGB uzayından farklı olarak parlaklığa sadece V değerinin etkisi vardır.[14] RGB görüntülerin HSV görüntülerine dönüştürülmesine ait denklemler 2, 3, 4 ve 5'deki gibidir.

$$V = \max = \max(R, G, B), \quad \min = \min(R, G, B) \quad (2)$$

$$S = (\max - \min) / \max \quad (\text{ya da } S = 0, \text{ Eğer } V = 0) \quad (3)$$

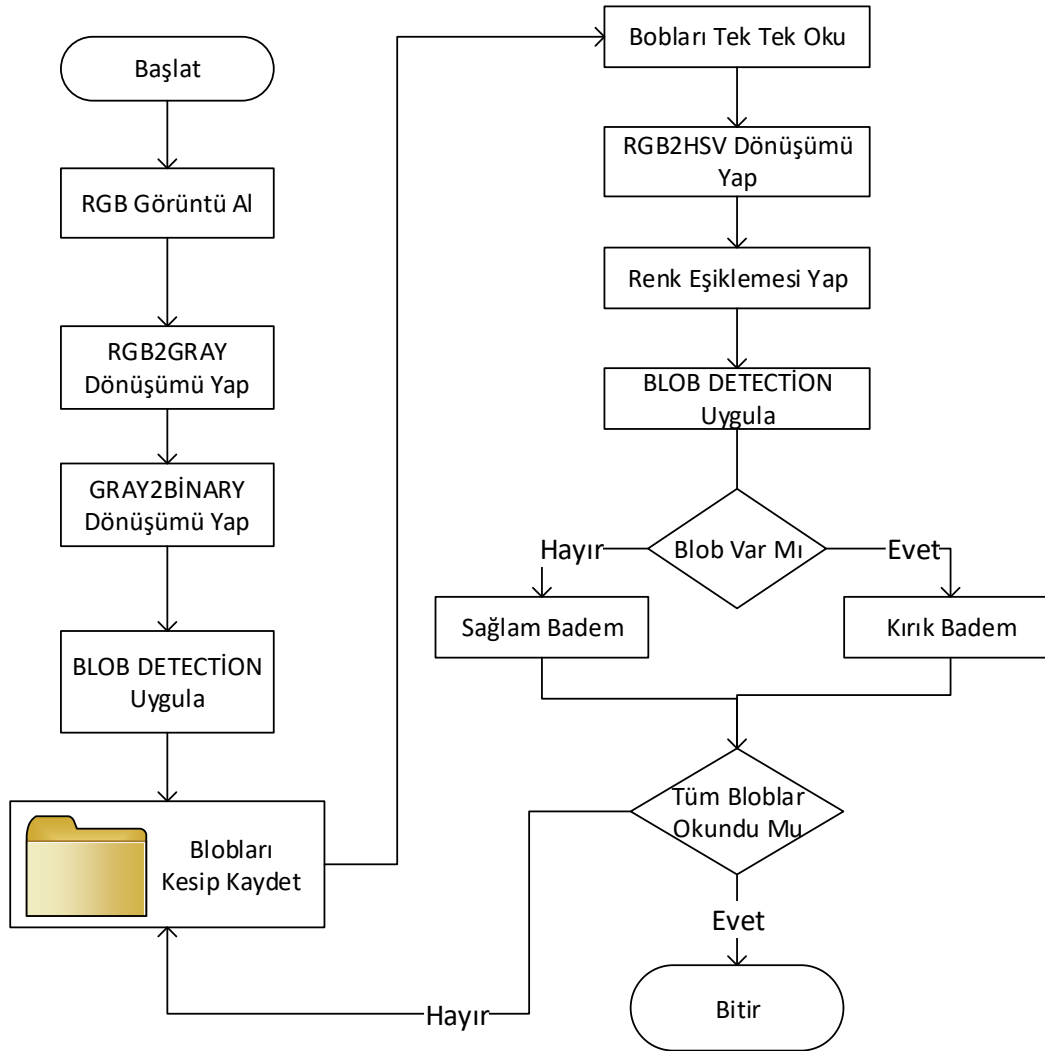
$$H = 60 * \begin{cases} 0 + (G - B) / (\max - \min), & \text{Eğer } \max = R \\ 2 + (B - R) / (\max - \min), & \text{Eğer } \max = G \\ 4 + (R - G) / (\max - \min), & \text{Eğer } \max = B \end{cases} \quad (4)$$

$$H = H + 360, \text{ Eğer } H < 0 \quad (5)$$

## 3. Önerilen Yöntem

Bu çalışmada kırık bademlerin görüntü işleme teknikleri ile tespit edilebilmesi için yenilikçi bir yaklaşım önerilmiştir. Önerilen yöntemde blob tespit algoritması aktif bir şekilde kullanılmıştır. İlk önce blob analizi ile bademler tespit edilmiş ve ana görüntüden

kesilip farklı bir klasörde kaydedilmiştir. İkinci aşamada HSV dönüşümü ile H ve S bandına eşik değeri uygulanmış bu sayede kırık beyaz bölgelerin tespit edilmesi sağlanmıştır. Son aşamada kırık bölgeler blob analizi ile tekrardan tespit edilerek kırık bölgelerin tespiti yapılmıştır. Önerilen yöntem Şekil 2’deki gibidir.



Şekil 2: Önerilen Yöntem

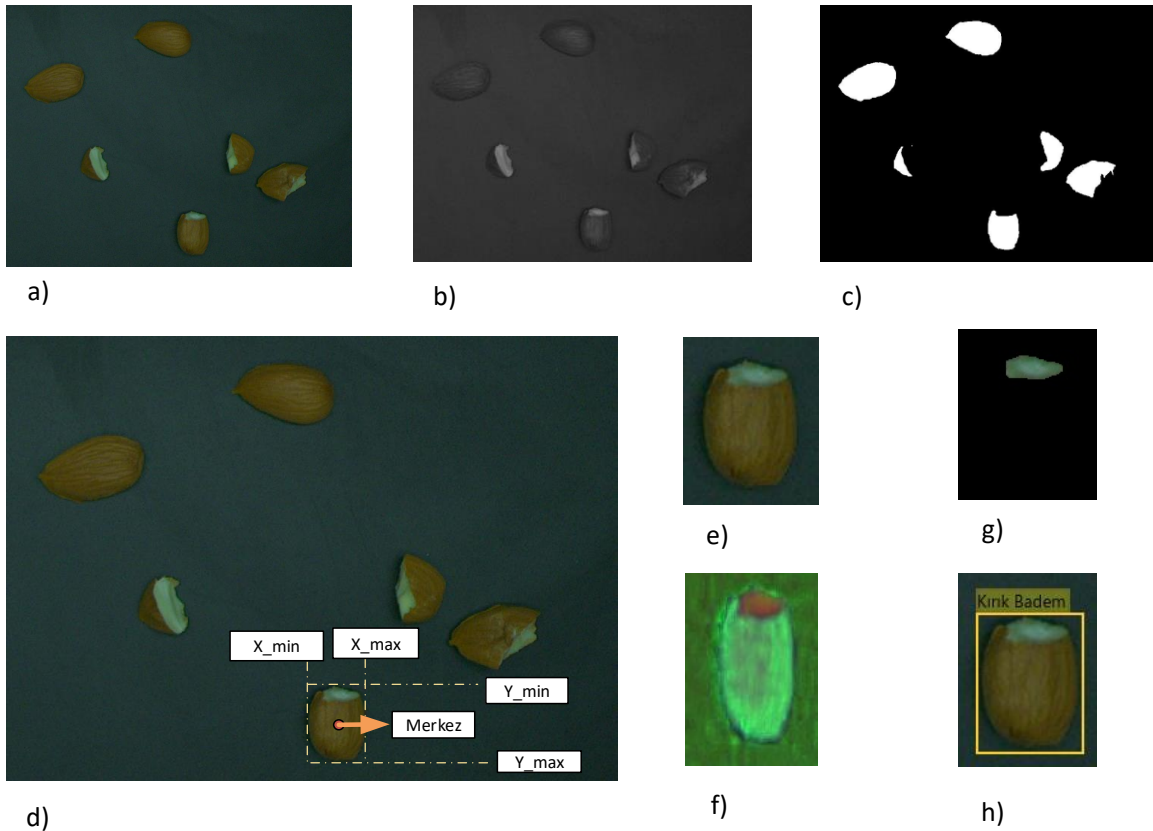
#### 4. Sonuçlar ve Gelecek Çalışmalar

Bu çalışmada kırık bademlerin tespiti için Şekil Y’deki gibi bir algoritma önerilmiştir. Önerilen algoritma kayıtlı görüntüler üzerinde denenmiştir. Algoritmanın ilk aşamasında daha önce kaydedilen RGB görüntü (Şekil 3a) gri formatta görüntüye dönüştürülmesidir (Şekil 3 b). Bir sonraki aşamada blob analizini kullanabilmek için gri formattaki görüntü uygun eşik değeri ile ikili formatta görüntüye dönüştürülmüştür



(Şekil 3c). Blob analizi ikili görüntüye uygulandıktan sonra görüntü üzerindeki nesnelere ait edilen  $X_{min}$ ,  $X_{max}$ ,  $Y_{min}$ ,  $Y_{max}$ , Alan ve Merkez Noktası parametreleri elde edilmiştir (Şekil 3d). Bu parametreler sayesinde görüntü üzerinde bulunan bademler tek tek kesilip (Şekil 3e) farklı bir klasörde kaydedilmiştir. Bu sayede tek bir görüntüde tek bir badem olacak şekilde görüntüler yeniden ayarlanmıştır.

Tek bir badem üzerinde kırık bölge var mı yok mu bunu bulmak için HSV renk dönüşümünden faydalanılmıştır (Şekil 3f). H ve S bandına yapılan uygun eşiklemeler sayesinde bademdeki kırık bölgelere "255" değeri diğer bölgelere ise "0" değeri atanmıştır(Şekil 3g). Son aşamada elde edilen ikili görüntüye blob analizi tekrardan uygulanarak kırık bölgeye ait  $X_{min}$ ,  $X_{max}$ ,  $Y_{min}$ ,  $Y_{max}$ , Alan ve Merkez Noktası parametreleri elde edilmiştir. Eğer blob var ise badem kırık(Şekil 3h) değil ise badem sağlam olarak etiketlenmiştir. Son aşamada kırık var mı yok mu tespiti görüntüde 255 pikseli var mı yok mu ile de yapılabilir. Ancak kırığın boyutları ve koordinatları hakkında bilgi almak adına blob analiz yönteminin kullanılması farklı uygulamaların da geliştirilmesi açısından kolaylıklar sağlayacaktır.



Şekil 3: a) RGB görüntü b) Gri formatta görüntü c) Binary görüntü d) Blob analizi e) Kesilmiş badem görüntüsü f) HSV dönüşüm sonucu g) HSV eşik değeri sonucu h) Kırık badem tespiti





Önerilen yöntem kayıtlı görüntüler üzerinde denendikten sonra bademin kırık bölgesi görünür olduğu sürece %100 doğrulukta çalışan bir algoritma geliştirilmiştir. Bu çalışmada masaüstünde çekilen badem görüntüleri ile çalışmalar yapılmıştır. Gelecek çalışmalarda kırık badem tespitinin konveyör bant üzerinde yapılması hedeflenmektedir. Yine önerilen algoritmanın endüstriye uygulanabilmesi için sistemin gerçek zamanlı testlerinin yapılması ve hızlandırılması hedeflenmektedir. Yine gelecekte kırık badem tespitinin derin öğrenme teknikleri ile yapılması hedeflenmektedir. Badem ayıklamada sağlan badem, kırık badem, kabuk ve rengi bozuk badem olmak üzere 4 farklı sınıf oluşabilmektedir. Tüm bu sınıfların görüntü işleme ve derin öğrenme teknikleri ile yapılması ve sonuçların birbiri ile karşılaştırılması hedeflenmektedir.

### Referanslar

- [1] F. A. ŞENEL, "Makine Öğrenmesi Algoritmaları Kullanılarak Kayısı İç Çekirdeklerinin Sınıflandırılması." *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(2), 807-815, 2020.
- [2] P. Viola and M. Jones, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features," In *Proceedings of the 2001 IEEE computer society conference on computer vision and pattern recognition*, 1,1-1 2001.
- [3] R. Hussin, M. R. Juhari, N. W. Kang, R. C. Ismail and A. Kamarudin, "Digital image processing techniques for object detection from complex background image," in *Procedia Engineering*, 340–344,2012.
- [4] S. Nakariyakul and D. P. Casasent, "Classification of internally damaged almond nuts using hyperspectral imagery," *Journal of Food Engineering*, 103(1), 62–67, 2011.
- [5] S. Nakariyakul, "Internal damage inspection of almond nuts using optimal near-infrared waveband selection technique," *Journal of Food Engineering*, 126, 173–177, 2014.
- [6] N. Teimouri, M. Omid, K. Mollazade and A. Rajabipour, "An Artificial Neural Network-Based Method to Identify Five Classes of Almond According to Visual Features," *Journal of Food Engineering*, 39(6), 625–635, 2016.
- [7] P. S. Liang, D. C. Slaughter, A. Ortega-Beltran and T. J. Michailides, "Detection of fungal infection in almond kernels using near-infrared reflectance spectroscopy," *Biosystems Engineering*, 137, 64–72, 2015.
- [8] R. Zivoli, L. Gambacorta, L. Piemontes and M. Solfrizzo, "Reduction of aflatoxins in apricot kernels by electronic and manual color sorting," *Toxins*, 8(1), 2016.



- [9] F. Antonucci, C. Costa, F. Pallottino, G. Paglia, V. Rimatori and D. De Giorgio *et al*, “Quantitative Method for Shape Description of Almond Cultivars (*Prunus amygdalus Batsch*),” *Food and bioprocess technology*,5(2), 768–785,2012.
- [10] M. A. Faqeerzada, M. Perez, S. Lohumi, H. Lee, G. Kim and C. Wakholi *et al.*, “Online application of a hyperspectral imaging system for the sorting of adulterated almonds,” *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(18), 2020.
- [11] S. K. Vidyarthi, S. K. Singh, H. W. Xiao and R. Tiwari, “Deep learnt grading of almond kernels,” *Journal of Food Engineering*, 44(4),2021.
- [12] A. Gupta, “Top Python Libraries For Image Processing In 2021,” *Analyticsvidhya*, [Çevrimiçi]. Mevcut: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/04/top-python-libraries-for-image-processing-in-2021/>. [Erişim tarihi: 01.10.2023].
- [13] H. Aktaş, “Antep fıstığının derin öğrenme ile dış kabuk rengine göre sınıflandırılması Classification of pistachios based on outer shell color using deep learning,” *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(3), 461–466, 2022.
- [14] T. Güray, “*Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Meyve Tasnifi*,”1. baskı, Isparta, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.