

Araştırma Makalesi

Fındık Türlerinin Kabuklu Yapısı Üzerinden Sınıflandırılması İçin Yeni Bir Makine Tasarım ve İmalatı

 **Rabia Kaymak^{a,*}**,  **Ferzan Katırcıoğlu^b**

^aDüzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Düzce/Türkiye.

^bDüzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Düzce/Türkiye.

* Sorumlu Yazar: rabiakaymak22@gmail.com

Makale Bilgileri:

Geliş: 24/04/2024, Revizyon: 27/05/2024, Kabul: 03/06/2024.

ÖZET

Fındık dünya genelinde üretimi ve tüketimi oldukça fazla olan besin maddelerindedir. Fındık meyvesinin endüstrideki kullanım alanı oldukça geniştir. Fındığın büyük bir oranı çikolata, bisküvi, tatlı, dondurma ve şekerleme imalatında kullanılmaktadır. Fındık aynı zamanda fındık ezmesi şeklinde de satışa sunulmaktadır. İhracatta kullanılmayacak durumda olan fındıklar ise yağlık olarak kullanılmaktadır. Ayrıca başka ürünler içerisinde yan ürün olmadan çerez olarak da tüketilmektedir. Fındık türleri, iç oranı, protein, ham selüloz, oleik asit gibi değer parametreleri yönünden ve K, P, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu ve Zn mineralleri açısından, türler arasında değişkenlik göstermektedir. Besin değerlerine göre endüstriyel alanlara uygun fındık cinslerinin tercih edilmesi, üretilen ürünün kalitesinin artırılabilceği düşünülmektedir. Ayrıca endüstriyel ortamlarda fındıkların cinsine göre sınıflandırılma yapılmadığı, yalnızca kırık, dolu, boş, çürük, delik gibi özelliklerine bakıldığı görülmüştür. Bu çalışmada fındıklar sahip oldukları yağ, protein, mineral gibi değerlerine göre, uygun kullanım alanlarında kullanılmak üzere cinsine göre kabuktan sınıflandırma işlemi yapılması amaçlanmaktadır. Fındık türlerini kabuktan sınıflandırmak için görüntü işleme tabanlı sınıflandırma makinası tasarımı ve imalatı önerilmektedir. Benzerlerinden farklı olarak, konveyör üzerinde her bir fındık görüntüsü alınıp, konveyör sonunda vakumlu ayırma işlemi yapılmaktadır. Vakumlu sınıflandırma işlemi de vakum yollarının açma-kapama mantığı ile özgünlük sağlamaktadır. Cihaz ile bütünleşik bir bilgisayarda Matlab GUI yazılımı ile kontrol ve sınıflandırma karar sistemi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Fındık Türleri, Makine Tasarımı, Vakumlu Ayırıcı.*

Design and Manufacturing of A New Machine for Classification of Hazelnut Species Based on Their Shell Structure

ABSTRACT

Hazelnuts are one of the foods that are produced and consumed in high amounts throughout the world. Hazelnut fruit has a wide range of uses in industry. A large proportion of hazelnuts are used in the production of chocolate, biscuits, desserts, ice cream and confectionery. Hazelnuts are also sold in the form of hazelnut paste. Hazelnuts that cannot be used for export are used as oil. It is also consumed as a snack in other products without any by-products. Hazelnut species vary among species in terms of value parameters such as kernel ratio, protein, crude cellulose, oleic acid and minerals such as K, P, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu and Zn. It is thought that choosing hazelnut types suitable for industrial areas according to their

nutritional values can increase the quality of the produced product. In addition, it has been observed that in industrial environments, hazelnuts are not classified according to their type, only their characteristics such as broken, full, empty, rotten and holes are examined. In this study, it is aimed to classify hazelnuts according to their values such as oil, protein and minerals, according to their type and shell to be used in appropriate areas of use. The design and manufacturing of an image processing-based classification machine is recommended to classify hazelnut species from the shell. Unlike its counterparts, each hazelnut is imaged on the conveyor and vacuum separation is performed at the end of the conveyor. The vacuum classification process also provides originality with the on-off logic of the vacuum paths. The control and classification decision system was implemented with Matlab GUI software on a computer integrated with the device.

Keywords: *Hazelnut Types, Machine Design, Vacuum Separator.*

I. Giriş

Fındık dünya genelinde üretimi ve tüketimi oldukça fazla olan ve insan yaşamında oldukça önemli bir yeri olan besin maddelerindedir. 100 g fındıkta 634 kalorilik enerji bulunmaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Fındık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü; Savran, 2023). Organik asit olarak en çok oleik asit bulunmaktadır (Özdemir ve diğ., 1998). İç fındığın protein içeriği %10 ile %24 arasında değişiklik göstermektedir. 100 g iç fındıkta bulunan protein miktarı bir insanın günlük ihtiyacı olan protein miktarının %22'sini karşılamaktadır. Selülozik bileşiklerin oranı ise %1-3 civarındadır. İçeriğinde bulunan Fe, Mg, Cu, Mn, K, P, Zn ve Ca mineralleri açısından da zengindir. Fındık yağı içerisinde bulunan E vitamini açısından diğer bitkisel yağlardan sonra en iyi ikinci kaynaktır. 100 g fındık, günlük E vitamini ihtiyacının %24'ünü karşılayabilmektedir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Fındık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü; Savran, 2023) Fındık çeşitlerine ait değer parametreleri Tablo 1'de belirtilmiştir.

Tablo 1. Bazı fındık çeşitlerine ait değer parametreleri bulunmaktadır (Özdemir ve diğ., 1998)

Çeşitler	İç Oranı (%)	Protein (%)	Ham Selüloz (%)	Yağ (%)	Oleik Asit (%)18:1	K (mg/kg)	P (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Tombul	54,6	16,13	3,59	62,8	74,5881	6651	3453	1926	1712	51,6	30,9	33	24,7
İkiz	51,9	18,48	2,96	61,9	70,8527	6626	3346	183	1680	67,2	30,7	34,4	24,7
Sivri	53,8	17,67	3,39	62,7	72,2891	5875	3307	1830	1637	52,8	32,3	29,1	25,5
Palaz	53,7	16,98	3,06	63,3	73,0672	6219	3034	1751	1728	54,3	37,7	28,8	25
Geç	54,8	16,62	3,68	61,7	70,4201	6387	3072	1566	1727	94,6	40,2	22,5	29,5
G. Karası	54,3	13,45	2,67	66,5	72,5928	5559	2973	1634	1708	38,6	33,6	23,8	23,8
Yağlı	54,8	15,36	2,33	66,2	65,7887	6138	3472	2323	1728	46,3	35,5	30,5	27,5

İçeriğinde bulunan kimyasal bileşenlerden ötürü sağlıklı beslenme açısından bu meyvenin önemi büyüktür. Fındık kalp ve damar sistemini olumlu yönde etkilemekle birlikte kolesterol yükselmesini engelleyerek kalp ve damar hastalıklarına karşı koruyucu etki oluşturmaktadır. (Acıbadem Hastanesi 2022). Fındık, bademden sonra dünyada yetiştiriciliği en yaygın yapılan sert kabuklu meyve konumundadır. Dünya'da özellikle 36-41 kuzey enlemlerinde uygun iklim koşullarında yetiştirilebilen fındığın üretiminde önemli yeri olan başlıca ülkeler Türkiye, İtalya, İspanya ve ABD'dir (Aktaş ve diğ., 2016). Dünya fındık üretimi, 1960'lı yıllarda yaklaşık 250 bin ton iken son yıllarda 1 milyon tonu geçmiştir. Dünya fındık üretiminin yaklaşık %62'sini gerçekleştiren Türkiye'yi sırasıyla İtalya, Gürcistan ve Azerbaycan takip etmektedir. Dünyada son 5 yılda gerçekleştirilen fındık ve mamulleri ihracatına konu olan ürünlerin kabuklu fındık olarak karşılığı ortalama 742 bin ton olup bunun %72'si ülkemiz tarafından gerçekleştirilmektedir (Toprak mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü, 2021). Fındık meyvesinin endüstrideki kullanım alanı oldukça geniştir. Fındığın %80'i çikolata sanayiinde bisküvi, tatlı pasta, dondurma ve şekerleme imalatında kullanılmaktadır. Çikolatalı ürünlerin temel unsuru fındık unudur. Fındık aynı zamanda fındık ezmesi şeklinde de satışa sunulmaktadır. İç piyasada ya da ihracatta kullanılmayacak durumda olan fındıklar yağlık olarak kullanılmaktadır. Rafine edilerek yemeklik yağlarda, temizleyici/

nemlendirici ürünlerde, gres yağı üretiminde, ilaç ve kozmetik endüstrisinde, el ve lastik eldivenlerin dezenfeksiyonunda, sanayide yüzey aktif maddesi/ yağlama/ metal kesme yağları/ metal temizleme işlemlerinde, sağlık sektöründe yaraların pansumanı ya da bazı hastalıklarda antiseptik olarak fındık ham yağı kullanılmaktadır. Yağı çıkarıldıktan sonra elde kalan küspe hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak başka ürünler içerisinde yan ürün olmadan çerez olarak da tüketilmektedir. Fındık içi alındıktan sonra fındık kabuğu bazı yörelerde yakacak olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda boya sanayiinde de kullanılabilir. En son elde kalan fındık yaprakları da tabii gübre olarak fındık bahçelerine ya da tarım alanlarına geri gönderilir (Giresun Ziraat Odası, 2022). Türkiye’de fındık hasadının yapılmasının ardından fındıkları ayırtırmak için kullanılan en yaygın yöntemlerden birisi patoza vermedir. Kabuklu fındıklar içerisinde boş ve hasarlı olanlar el ile ayırtıldıktan sonra fındık içinin doluluk oranına göre randımanı belirlenerek endüstriyel ortamda işleme alınmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Fındık Meyvesi Hasat Süreci



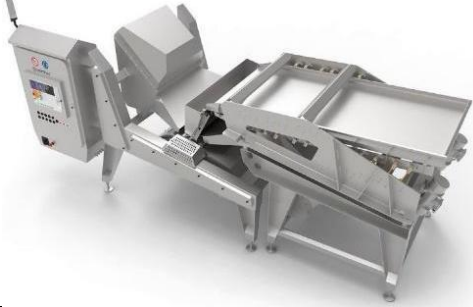



Mevcut durum göz önünde bulundurulduğunda fındıkların endüstriyel ortama sürülmeden ya da ihrac aşamasına geçilmeden hemen önce yani henüz hasat işlemi sona ermeden, cinslerine göre sınıflandırma işlemi yapabilecek makine imalatı çalışmasının yapılması gerekli görülmüştür. Bu çalışma sayesinde fındıklar sahip oldukları yağ, protein, mineral gibi değerlerine bakılarak uygun kullanım alanlarında kullanılmak üzere cinsine göre sınıflandırılacaklardır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Fındık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü; Savran, 2010). Yapılan bu sınıflandırma işlemi gerçekleştirildiği takdirde ihrac pazarında ya da iç pazarda kullanım alanlarına göre daha kaliteli içeriğe sahip ürünler elde edilebilir, mineral ve yağ değerleri daha düşük olan fındık cinsleri alt endüstriyel alanlarda kullanılarak değerlendirilebilir. Söz konusu olan sınıflandırma işlemi yapabilecek makine tasarımı ve imalatı ile ilgili dünya genelinde yapılan literatür taraması sonucunda;

Yapılan çalışmada hazneden boşaltılan fındık içlerinin metal plakaya çarptıklarında çıkarttığı sesleri darbe akustik sinyali ile işleyebilecekleri bir sistem tasarımı geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri sistem modelinde fındık içlerini boş-gelişmemiş, kabuğu çatlamış-tam gelişmiş ve normal kabuklu-tam gelişmiş olmak üzere 3 grupta sınıflandırmayı başarmışlardır (Kalkan ve Yardimci, 2006). Başka bir çalışmada fındık boyutlandırmaya yönelik makine imalatı geliştirmişlerdir. Çalışmalarında yatay bantlı konveyör sistemi tasarlamış olup fındıkları büyük, orta ve küçük olmak üzere 3 gruba ayırmışlardır. Çalışmalarında yalnızca makine ile boyut sınıflandırması yapmışlardır (Kermani ve Koorvand, 2016). Bir diğer çalışmada ürün kalitesini arttırmak ve raf ömrünü uzatabilmek adına fındıkları sınıflandırabilecekleri makine imalatı geliştirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada hazneden aşağı doğru bırakılan fındıklar çelik malzemeden imal edilmiş döner bir diske çarparak belirli bir tonda ses üretmektedir. Üretilen bu ses bir mikrofon aracılığıyla kayda alınıp daha sonra Matlab programında Yapay Sinir Ağları kullanılarak analiz edilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda fındıkların diske çarptıklarında çıkardıkları seslerden yola çıkarak fındıkların boyutlarına ve boş-dolu olma durumlarına göre sınıflandırmışlardır (Farhadi ve diğ., 2020). Başka bir çalışmada boş fındıkları tespit edebilmek için oluşturulan prototip sistemde, fındıkların konveyör banttıan düşürülerek çelik bir plakaya çarptığında ürettiği akustik sinyal işlenmiştir. Bu çalışmada kabuklu fındıklar yalnızca dolu veya boş olmak üzere sınıflandırılmıştır (Person ve diğ., 2005).

Yapılan literatür çalışmalarının yanı sıra sektörde kullanılan makine imalatları da incelenmiştir. Bu doğrultuda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 2. a'da gösterilen makine imalatında (Makinaturkiye.com, 2023) fındıklar toz, toprak ve taşlarından temizlenmekle birlikte boyutlarına göre sınıflandırılmaktadır. Burada yalnızca boyut sınıflandırılması yapılmakta olup herhangi bir tür sınıflandırması yapılmamaktadır. Şekil 2. b'de görülen makine imalatında (Grotech Colour Sorter, 2017) iç fındıklar üzerine sınıflandırma çalışmaları yapılmıştır. İç fındıklar renklerine göre sınıflandırılarak ürün kalitesinin artırılması hedeflenmektedir. Şekil 2. c'de görülen makine imalatında (Fibex Mühendislik, 2021) serbest düşümlü hareket sistemi tasarlanmış olup lazer, görüntü işleme ve sensör teknolojilerinden yararlanılmıştır. Fındıklar renk, doku ve boyut özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Şekil 2. d'de görülen makine imalatında (Made-in-China, 2023) taşıyıcı raflı bant tasarımı görülmektedir. Bu makine fındıkları öncelikle büyük, küçük ve orta olmak üzere boyutlarına göre sınıflandırır. Ardından kabuk kırma işlemi gerçekleştirilerek fındık içi ve fındık kabukları birbirinden ayrıştırılır. Daha sonra fındık içleri ıslatılarak kabuklarından ayrıştırılır ve son olarak paketlenir. Şekil 2. e'de görülen makine imalatında (AMD Color Sorter,2020) fındıklar konveyör bant üzerinde hareket ettirilirken INGAAS (Indium Gallium Arsenide) sensörleri tarafından fındıkların yüzeyindeki renk tonları ve desenlerin algılanması ile sınıflandırma işlemi yapmaktadır. Bu sayede üzerinde leke bulunan hasarlı fındıkları ayrıştırmaktadır. Şekil 2. f'de görülen makine imalatında (Hasatsan, 2020) fındık randımanını düşürebilecek boş-çürük fındık, yarı dolu fındık, taş ve toprak vb. ayrıştırılmasını sağlamaktadır. Sistem tasarımı merdaneler üzerinde dönen özel tasarım konveyör bant üzerinde dönerken içeriğinde bulunan titreşimli elek ve hava akımı sayesinde fındıklar boyut ve ağırlık farklarına göre ayrıştırılır. Titreşimli elek ürünleri boyutlarına göre ayrıştırırken hava akımı hafif yabancı maddeleri üfleyerek ayırır.

Yukarıda yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde, fındık sınıflandırma işlemi yapabilecek makine imalat tasarımı çalışmalarının yetersiz olduğu, endüstride kullanılan benzer makine imalatları incelendiğinde ise genel sınıflandırma işlemlerinin çoğunlukla boyut, doluluk ve hasar oranlarına göre gerçekleştirildiği görülmüştür. Yapılan çalışmalarda ve tasarlanan makine imalatlarında kullanılan sınıflandırma yöntemlerinin, ürün kalitesini artırma noktasında eksik kaldığı tespit edilmiştir. Kullanılan yöntemler ve sistem tasarımları için daha yenilikçi ve daha kaliteli ürün performanslarının elde edilebileceği yeni bir makine imalat tasarımı gerekliliği öngörülmüştür. Tasarlanan sistem sayesinde endüstriyel üretimde ürün kalitesi artırılması ve fındıkların konveyör bant üzerinde çeşitlerine göre sınıflandırma işlemlerinin insan eli değmeden otonom bir şekilde gerçekleştirilmesi beklenmektedir.

	
a. Kuruyemiş Eleme Makinesi	b. Grotech Fındık Renk Ayırıcı Makinesi
	
c. Ventus Gıda Ayıklama Makinesi	d. Fındık Soyma Makinesi Badem İşleme Hattı
	
e. AMD Kayış Tipi InGaAs Fındık Renk Ayırma Makinesi	f. Hasatsan H1221 Randıman Makinesi

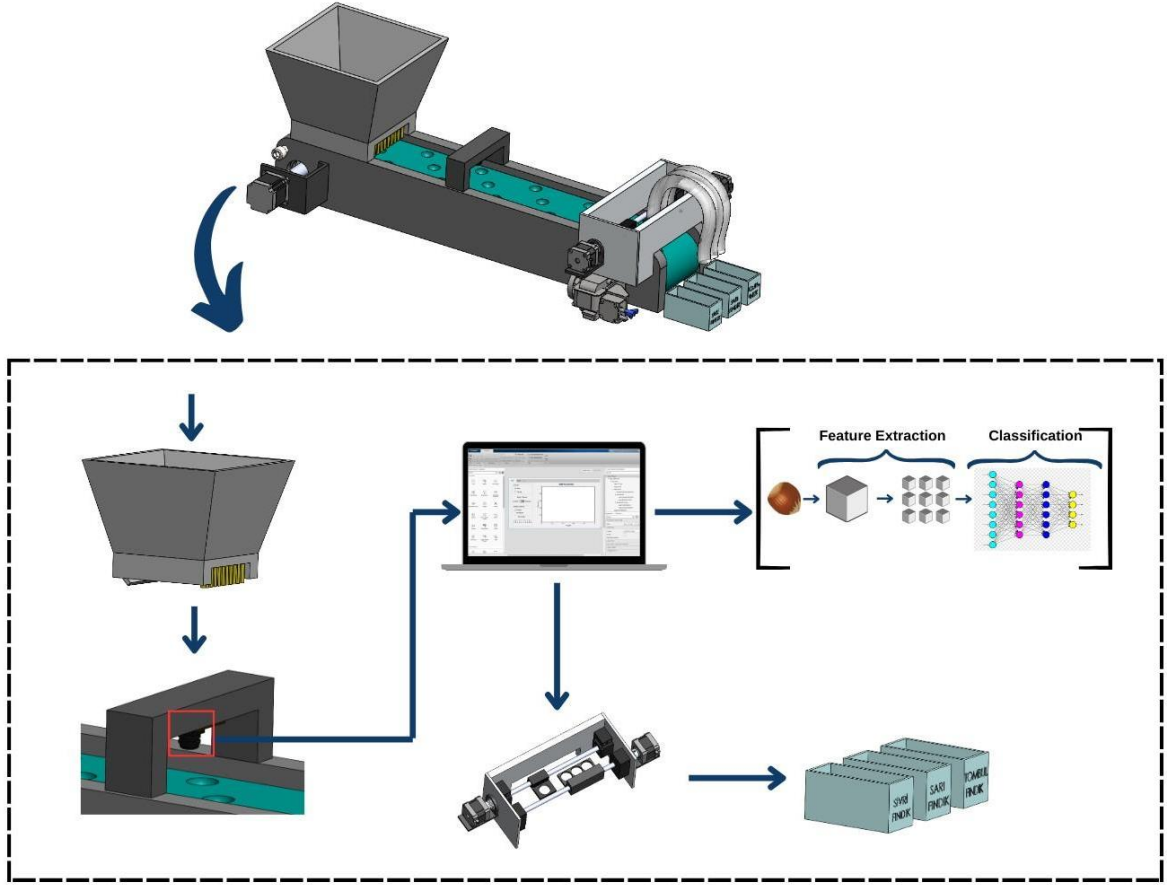
Şekil 2. Sektörde kullanılan makine imatları

II. MATERYAL METOT

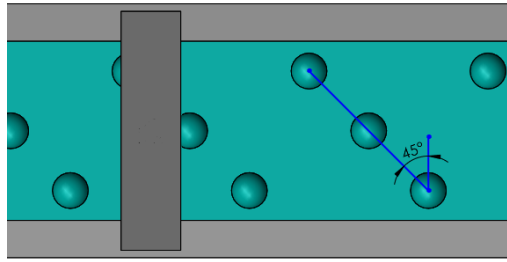
Önerilen çalışmada fındık türlerinin kabuklu yapısı üzerinden sınıflandırma yapmak için tasarlanan makinenin sistem mimarisi Şekil 3'te verilmiştir.

Proje için tasarlanan prototip modeli 3 temel gruptan oluşmaktadır. İlk bölüm fındık haznesinin olduğu kısımdır. Burada hazne içi 3 bölüme ayrılmıştır bu sayede fındıklar bant üzerindeki yuvaya yığılmadan hazne içinde bekletilmektedir. Hazne çıkışına tozluk eklenerek bant ilerlerken yuvaya yerleşmeyen fındıkların bant üzerinden süpürülerek hazne içinde tutulmasını sağlamaktadır. Konveyör bant Şekil 4'te gösterildiği gibi aynı doğrultuda 45 derecelik açı ile birbirini takip eden 25 mm çapında 20 mm derinliğinde yuvalardan oluşmaktadır. Bu sayede fındıklar bant üzerinde belirlenen konumlardaki oyuklar içerisinde hareket edecektir.

Prototip olarak oluşturulan sistemde hazneden dökülüp bant yuvalarına yerleşen fındıklar, step motorun 23 adımlık hareketinden sonra durmaktadır. Adım sayısı, bant hareket etmeye başladıktan sonra aynı anda 3 yuvanın da kamera açısına girmesiyle step motor durdurularak hesaplanmıştır. Bu esnada fındıklar üzerinden görüntü alınması için web kamerasının hizasına gelmektedir. Bant yuvalarına yerleştirilen 3 adet fındığın aynı anda görüntüleri alınır ve 0,5 ms süre içerisinde makine öğrenmesi algoritmaları ile cinsleri tespit edilmektedir. Her yuvadaki fındıkla ilgili vakum sistemine ilgili haznenin konum bilgisi sistem tarafından yönlendirilir. Web kamerasından sonra bant tamburunu döndüren step motorun yaklaşık 250 adımlık motor hareketinden sonra fındıklar vakum sistemine ulaşarak ayrıştırma işlemleri tamamlanmaktadır.

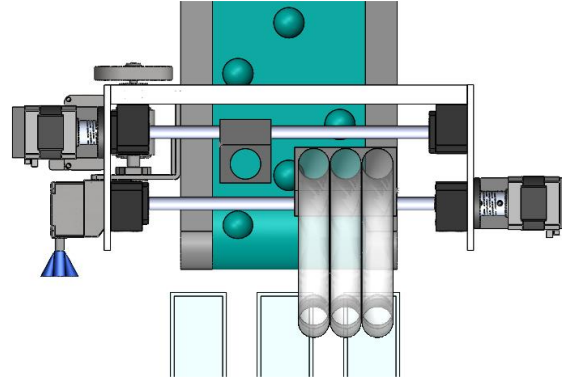


Şekil 3. Tasarlanan sistem mimarisi



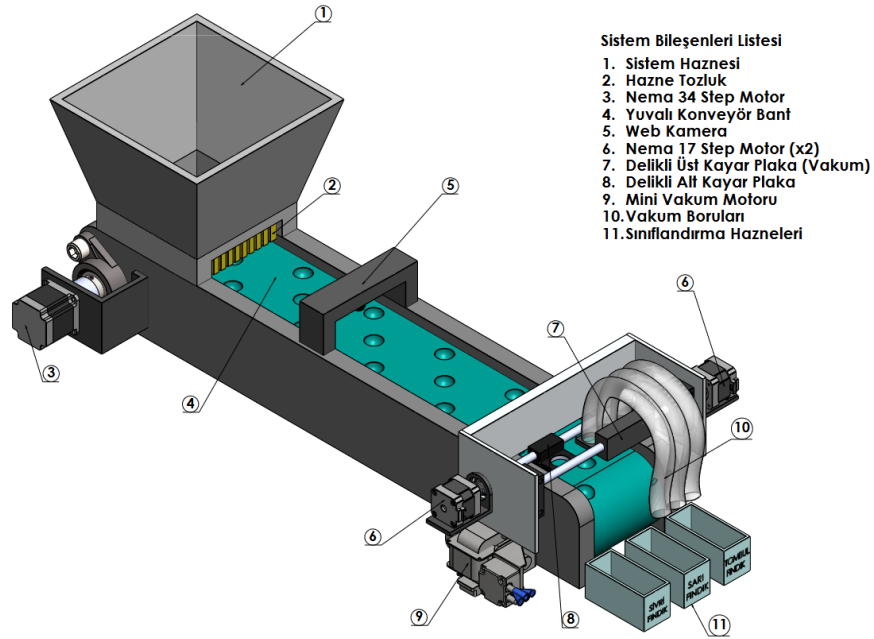
Şekil 4. Konveyör bant yuvalarının dizilimi

Prototip modelin ikinci bölümünde web kamera sistemi bulunmaktadır. Web kamera sayesinde bant üzerindeki fındıkların görüntüsü alınacak ve sınıflandırma işlemi yapılarak fındıkların hangi türe ait olduğu tespit edilecektir (Şekil 4). Buradan alınan bilgilere göre ilgili yuvadaki fındığın hangi hazneye bırakılacağı belirlenerek vakum borularına konum bilgisi verilecektir.



Şekil 5. Vakum sistemi ve kayar plaka sistemi tasarımı

Prototip modelin son kısmı projenin özgün ve yenilikçi kısmıdır. Burada sınıflandırma işlemini yapmak için vakum sistemi kullanılmaktadır. Tespit edilen fındık çeşitlerinin Matlab GUI arayüzünde yazılan kodlar ile hangi hazneye bırakılması gerektiği belirlenmektedir. Ardından step motorlar gerekli konumlara gelerek vakumlama işlemi ile fındıkları hazneye bırakacaktır. Burada vakum boruları kayar plakalara yerleştirilir, kayar plakaların hareketleri step motorlar ile gerçekleştirilir. Vakum sisteminin görüntüsü Şekil 5'te belirtilmiştir.



Şekil 6. Prototip tasarımında kullanılan makine elemanları

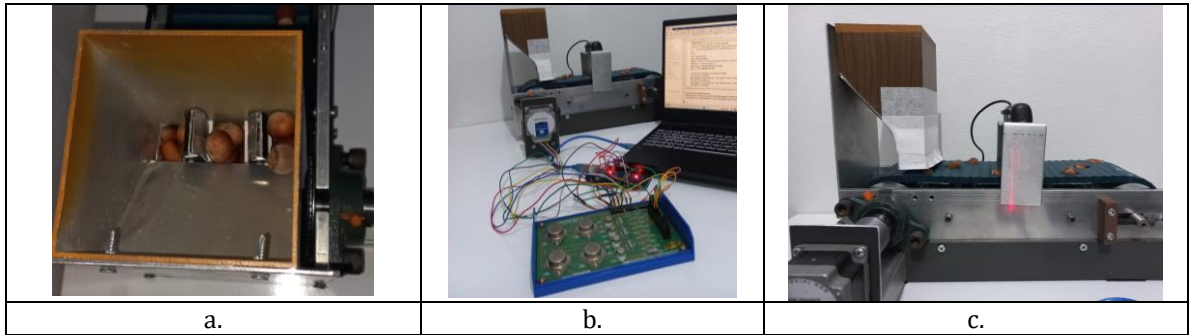
Şekil 6'da prototip tasarımı ve imalatında kullanılan makine elemanları numaralandırılarak belirtilmiştir. Kullanılan bu elemanların teknik kısa tanımları maddeler halinde sunulmuştur.

- 1. Nema 17 Step Motoru:** Nema 17 step motoru genellikle 3D yazıcı, CNC makineleri ve benzer endüstriyel cihazlarda kullanılan motor türüdür. Belirli bir açıda dönerek her adımı belirli bir miktar döndürür. Motor torku 0,4 Nm ile 0,6 Nm arasında bir değere sahiptir. Motor boyutları olarak 42 mm x 42 mm'dir. Nema 17 step motoru özelliklerinden ötürü vakum bölümünde kullanılan kayar plakaların hareketlendirilmesi için kullanılacaktır.
- 2. Nema 34 Step Motoru:** Nema 34 step motoru genellikle endüstriyel uygulamalarda kullanılan büyük ve güçlü bir step motorudur. Büyük ve ağır yüklerin taşınması için idealdir. Tork değeri 3 Nm ile 12 Nm arasında değere sahiptir. Motor boyutları 86 mm x 86 mm'dir. Nema 34 step motoru

özelliklerinden ötürü konveyör bant sisteminin hareketi için kullanılacaktır. Konveyör bandın tambur silindirlerini döndürmektedir.

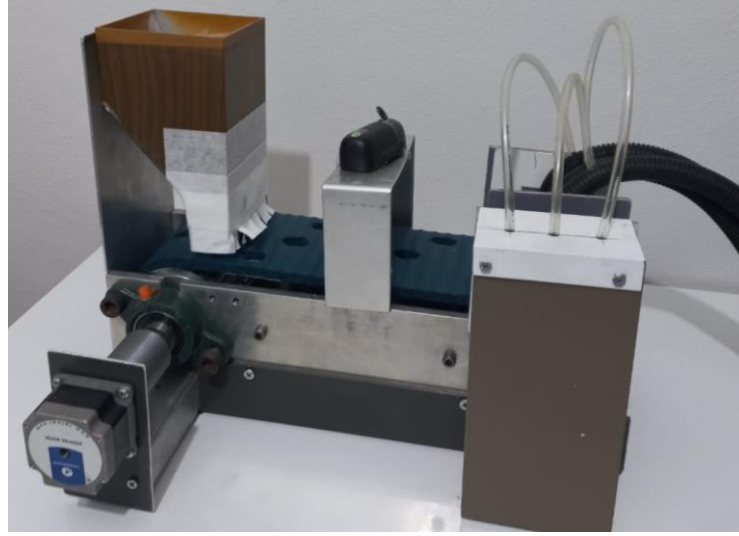
3. **ESA IF-STEP Motor Sürücüsü:** Endüstriyel step motorların hassas kontrolü için kullanılan, yüksek hız ve torklarda çalışabilen motorlara uygun bir sürücüdür. Güvenlik açısından motorların aşırı akım, aşırı ısınma ve aşırı gerilim gibi durumlardan motoru korumaktadır. Esa If-Step motor sürücüsü, motorların Arduino kart ile arasında güç aktarımı yapmak için kullanılacaktır.
4. **D2028 Vakum Motoru:** D2028 vakum motoru endüstriyel ve ticari uygulamalarda kullanılan güçlü bir vakum motorudur. Genellikle endüstriyel temizlik makineleri, vakumlu taşıma sistemleri ekipmanlarında kullanılır. 65 KPa güce sahiptir, 0-16 Hg vakum aralığındadır. Teknik özelliklerinden ötürü vakum sisteminde vakum motoru olarak kullanılacaktır.
5. **Web Kamera:** 1920x1080 çözünürlüklü video ve net görüntüler sunan bir web kamerasıdır. USB bağlantılı olması, otomatik odaklama ve yakınlaştırma özelliklerine sahip olduğu için tercih edilmiştir. Bant üzerinden görüntü almak için kullanılacaktır.
6. **Arduino Mega Kart:** Arduino Mega kartı I/O sayısı, pin sayısı ve bellek kapasitesinden ötürü karmaşık projeler için kullanılan bir mikrodenetleyici kartıdır. Özellikle robotik otomasyon ve daha büyük sensör ağlarına sahip uygulamalarda tercih edilir, step motorların adım ve hız kontrollerini yapmak için kullanılacaktır.
7. **Yaylı Kaplin:** Yaylı kaplinler iki mil arasında tork aktarımını sağlamak için kullanılır. Hafif eksenel, radyal ve açılabilir hataların engellenmesi noktasında esneklik sağlayan bir bağlantı elemanıdır. Yaylar tork aktarımı sırasında esneklik sağlar ve makinelerin titreşimlerini sönmüleyerek mil hareketlerini sorunsuz gerçekleştirir. Yaylı kaplinler vakum bölümünde kullanılan kayar plakaların hareketinde kullandığımız step motorlar ve miller arasında yataklama işlemi yapmak için kullanılacaktır.
8. **İki Cıvatalı Flanş Rulman FRM CJT 05:** Step motorların sabitlenmesi için iki cıvatalı flanş rulmanlar kullanılmaktadır. Rulmanlar step motorun montaj delikleri ile uyumlu deliklere sahiptir. Step motorun sağlam bir şekilde sabitlenmesi ve titreşimlerinin sönmülenmesine yardımcı olmaktadır. Konveyör bandın hareket ettirilmesinde kullanılacak step motorların yataklama işlemini yapmak için kullanılmıştır.

Tasarım çalışmalarından sonra önerilen makinanın imalatı gerçekleştirilmiştir. Şekil 7.a'da hazne içerisine yapılan bölmeler sayesinde fındıkların konveyör bandına akışı gösterilmektedir. Şekil 7.b'de prototip model konveyör sisteminin step motor ile hız ve hareket çalışmaları Şekil 7.c'de ise fındık yuvalarına yerleşen fındıkların detaylı görünümü yer almaktadır.



Şekil 7. Önerilen çalışmanın çeşitli evrelerinde imalat görüntüleri

Son olarak, Şekil 8’de vakum motoru ve vakum borularının prototipe eklenmiş versiyonu verilmiştir.



Şekil 8. Vakum motoru ve vakum borularının prototipe eklenmiş versiyonu

Sistemde kullanılan kritik bileşenlerin performans değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Sistemde kullanılan kritik bileşenlerin performans değerlendirmeleri

Sistem Bileşeni	Tork / Güç Değeri	Teknik Ölçüler	Performans Değerlendirmesi
Nema 17 Step Motor	0.4Nm - 0.6 Nm	42mm x 42mm	Kayar plakaların yatay düzlemde hareketlerinin gerçekleştirilmesi için tek yönde hareketini maksimum 200 adım olacak şekilde sorunsuz bir şekilde gerçekleştirmektedir.
Nema 34 Step Motor	3Nm - 12Nm	86mm x 86mm	Tüm bant sistemini tam bir turda 273 adım olacak şekilde sorunsuz bir şekilde döndürebilmektedir.
D2028 Vakum Motoru	65 kPa vakum gücü	-	Sınıflandırma verilerine göre ayrıştırma işlemini yaparken yeterli miktarda çekim gücü göstermektedir. Bir adet fıncığın vakumlanarak ilgili hazneye iletilmesi yaklaşık 3 sn içerisinde gerçekleşmektedir.
Web kamera	-	-	Saniyede 30 frame değerinde hareketli görüntü aktarımı sağlayabilmesinden ötürü sistemin çalışma performansını yeterli miktarda etkilemektedir. Alınan görüntünün 0.5 ms içerisinde sınıflandırma işlemi yapılmaktadır.

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmamızda endüstriyel ortamda fıncıkların çeşitlerine göre sınıflandırma işlemi yapacak makine tasarımının prototip modeli imalatı yapılmıştır. Tasarlanan prototip modelde bulunan vakum bölümü sayesinde türü belirlenen fıncıkların ilgili haznelere yönlendirilmesi insan eli değmeden tamamen otomasyon sistemi ile gerçekleştirilecektir. Bant üzerinden alınan görüntüdeki fıncığın, 0.5 ms içerisinde türü tespit edilmektedir. Türünün tespit edilmesinin ardından vakumlama sistemi ile vakumlanarak ilgili hazneye bırakılması ise 30 saniye içerisinde hızlı bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Böylece imalatı yapılan prototip modelin, elde ettiği sınıflandırma verileri sonucunda başarılı ve hızlı bir şekilde türlerine göre ayrıştırma işlemi yaptığı tespit edilmiştir.

Geliştirilen bu makine sayesinde sınıflandırmanın daha kısa sürede, daha etkin ve pahalı cihazlara ihtiyaç duymadan gerçekleştirilmesinin önünü açılmıştır. Fındık sektöründe seri üretim yapan sanayi

kuruluşları ve araştırmacılar için daha az zaman, daha kolay iş sonuçlandırma ve pahalı cihazlara gerek duyulmadan görüntü ile cinslere göre sınıflandırılması üzerine çalışma yapmalarına zemin hazırlanmıştır. Bu yöntem ciddi bir maliyet tasarrufudur.

IV. SONUÇLAR

Önerilen çalışma kapsamında tasarlanıp üretilen kabuktan fındık cinslerini sınıflandırma makinası, endüstriyel makinalardan farklı olup, olumlu sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Endüstriyel mekanik temelli makinalardaki sistemlere ihtiyaç duyulmadan yapay zekâ temelli bilim camiasına ve endüstrisine ayırma işlemini tek başına yapabilme özelliği ile dünya ekonomisine kazandırılmıştır. Uzaktan algılama sayesinde de iş güvenliğinin yükseltilmesi, kullanım kolaylığı sağlaması yeni ve çok kullanılacak yapay zekâ temelli oluşu ticarileştirme noktasında aday olabileceği söylenebilir.

Tasarlanan vakum sisteminde tercih edilen motorun çekim gücü yeterli bulunmuştur. Vakum sisteminde kayar plakaların hareketi için tercih edilen motorların kayar plakaları hareket ettirmek için yeterli olduğu ve kaplinler aracılığıyla yapılan yataklama işlemi sayesinde motor hareketlerinin kusursuz olduğu tespit edilmiştir.

Bu makalede, yapılan çalışmanın sistem tasarımı ve imalatının performansı hakkındaki sonuçlar elde edilmiş ve paylaşılmıştır. Daha sonra makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak fındık cinslerinin ayrıştırılması için çalışmalara yer verilecektir.

KAYNAKLAR

- Acıbadem Hastanesi (2022). Çiğ fındığın sağlığınıza kattığı 10 fayda. [Online]. Erişim: <https://www.acıbadem.com.tr/hayat/cig-findigin-sagliginize-kattigi-10-fayda>.
- Aktaş A., Öztürk E., Hatırlı S. (2016). Dünya Fındık Piyasasında Türkiye'nin Rolü. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 1(1), 36-54.
- AMD, (2020), Kayış Tipi InGaAs Fındık Renk Ayırma Makinesi. [Online]. Erişim: https://tr.amdsortex.com/belt-type-ingaas-nuts-color-sorter-machine_p71.html
- Farhadi, M., Y Abbaspour-Gilandeh, Y. Mahmoudi, A. Mari Maja J. (2020). An integrated system of artificial intelligence and signal processing techniques for the sorting and grading of nuts. *Applied Sciences*, 10(9), 2020
- Fibex Mühendislik (2021). Ventus Gıda Ayıklama Makinesi. [Online]. Erişim: <https://www.fibex.com.tr/urun/ventus-gida-ayiklama-makinesi>
- Giresun Ziraat Odası. (2022). Fındığın kullanım alanları. [Online]. Erişim: <https://www.giresunziraatodasi.org.tr/findigin-kullanim-alanlari>
- Grotech Colour Sorter. (2017). Fındık Renk Ayırma Makinesi. [Online]. Erişim: https://www.grotechcolorsorter.com/hazelnuts-color-sorter-machine_p36.html
- Hasatsan, (2020). H1221 Taş, Toprak Ayıklama Randıman Makinesi. [Online]. Erişim: <https://www.hasatsan.com.tr/h1221-tas-toprak-ayiklama-randiman-makinesi>
- Kalkan, H. ve Yardimci Y. (2006). Classification of hazelnut kernels by impact acoustics. *16th IEEE Signal Processing Society Workshop on Machine Learning for Signal Processing*. IEEE, 325-330.
- Kermani M. ve Koorvand Ş. (2016). Design, construction and evaluation of sizing machine for hazelnuts. *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, 47(2), 197-392.
- Made-in-China. (2023). Fındık Soyma Makinesi Badem İşleme Hattı. [Online]. Erişim: https://tr.made-in-china.com/co_gelgoog/product_Large-Factory-Hazelnut-Shelling-Husking-Machine-Almond-Processing-Line_uooeoessyg.html
- Makinaturkiye.com. (2023). 150 Kg/Saat Vibrasyonlu Kuruyemiş Eleme Makinası. [Online]. Erişim: <https://www.makinaturkiye.com/150-kg-saat-vibrasyonlu-kuruyemis-eleme-makinasi-p-185030>
- Onaran, I., Dulek, B., Pearson, T.C., Yardimci, Y., & Cetin, A.E. (2005). Detection of empty hazelnuts from fully developed nuts by impact acoustics. *2005 13th European Signal Processing Conference*, 1-4.
- Özdemir F., Topuz A., Doğan Ü., Karkacier M. (1998). Fındık Çeşitlerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. *Gıda*, 23(1), 37-41.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Fındık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü., Savran E. (2023). Gıda Olarak Fındığın Değeri. [Online]. Erişim: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/findik/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=29>

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Fındık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Savran E. (2010). Fındıkta Harman Teknolojisi. [Online].
Erişim: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/findik/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=33>

Toprak mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü. (2021). 2020 Yılı Fındık Sektör Raporu Ankara, 2021. [Online]. Erişim:
<https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/sektorraporlari/findik2020.pdf>