



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PNÖMATİK YER FISTIĞI ÇUVALLAMA DÜZENİ TASARIMI,
İMALATI ve OPTİMUM ÇALIŞMA KOŞULLARININ BELİRLENMESİ**

ALİ SOMAY

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
TEMMUZ - 2020



T.C.

HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PNÖMATİK YER FISTIĞI ÇUVALLAMA DÜZENİ TASARIMI,
İMALATI ve OPTİMUM ÇALIŞMA KOŞULLARININ BELİRLENMESİ**

ALİ SOMAY

ORCID: 0000-0003-3067-5335

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Selçuk UĞURLUAY

ORCID: 0000-0003-4880-545X

**HATAY
TEMMUZ - 2020**

**T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PNÖMATİK YER FISTIĞI ÇUVALLAMA DÜZENİ TASARIMI, İMALATI ve
OPTİMUM ÇALIŞMA KOŞULLARININ BELİRLENMESİ**

Ali SOMAY

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Dr. Öğr. Üyesi Selçuk UĞURLUAY danışmanlığında hazırlanan bu tez **01/07/2020** tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **OYBİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.

Dr.Öğr.Üyesi Selçuk UĞURLUAY
Başkan

Prof. Dr. Ahmet İNCE
Üye

Doç. Dr. Muharrem KESKİN
Üye

Kod No:

Doç. Dr. Cengiz KARACA
Enstitü Müdürü

Proje No:

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

01/07/2020

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

İmzası

Ali SOMAY

ÖZET

PNÖMATİK YER FISTIĞI ÇUVALLAMA DÜZENİ TASARIMI, İMALATI ve OPTİMUM ÇALIŞMA KOŞULLARININ BELİRLENMESİ

Birçok endüstriyel tarım ürününde olduğu gibi yer fıstığının da yetiştiriciliği ve hasat işlemlerinde, mekanizasyon açısından herhangi bir sorun yaşanmamaktadır. Ancak yer fıstığının hasat sonrası işlemlerinden bir kısmında (özellikle çuvallama) hala yoğun bir insan işgücüne gereksinim duyulmaktadır. Yer fıstığının çuvallanması işinde bazı temel sorunlar bulunmaktadır. Bu tür ağır işler için iş gücü bulabilmek gün geçtikçe zorlaşmaktadır. Eğilerek çalışmadan dolayı zor ve yorucu, oldukça tozlu ortam koşullarından dolayı da iş sağlığı açısından sıkıntılı bir çalışma ortamı bulunmaktadır. Çuvallama işinde kullanılan kürek veya teneke kutu, yer fıstığı kabuğunu kırarak ürün kayıplarına neden olmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; harmanlama ve kurutma işleminden sonra genellikle insan işgücü ve basit el aletleri kullanılarak yapılan yer fıstığı çuvallama işini mekanize ederek, üretimindeki bu işlem basamağını daha konforlu, sağlıklı ve ekonomik bir hale getirmektir. Bu araştırma kapsamında, yerde yığın halinde bulunan kabuklu yer fıstığını emişli hava kullanarak hortumlar içinde taşıyan ve ürünün çuvala doldurulmasını sağlayabilen traktöre asılır tip kuyruk milinden hareketli bir Pnömatik Yer Fıstığı Çuvallama Makinesi tasarlanarak imal edilmiştir. Çuvallama makinesinin optimum çalışma koşullarının belirlenebilmesi amacıyla üç farklı hortum çapı (100, 120 ve 160 mm) ve üç farklı hava hızı (23, 25 ve 27 m s⁻¹) kullanılarak yer fıstığı çuvallama denemeleri yapılmıştır. Makine iş kapasitesi, yakıt tüketimi ve fiziksel ürün hasarı belirlenmiştir. Prototip makine ile çuvallama ve insan işgücü ve basit el aletleri kullanılarak yapılan çuvallama yöntemleri maliyet analizi yapılarak kıyaslanmıştır.

Prototip çuvallama makinesinde kullanılan hortum çapları, iş kapasitesi bakımından değerlendirildiğinde 160 mm çapa sahip hortumun en yüksek iş kapasitesine sahip tasarım olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde, prototip makine ile 160 mm çapa sahip hortum kullanılarak yapılan yer fıstığı çuvallama denemelerinde diğer iki hortum çapına kıyasla en düşük yakıt tüketimi değerleri elde edilmiştir. Denemeler sonunda yapılan incelemede çuvallanan kabuklu yer fıstıklarında ürün zararına rastlanmamıştır. Çalışma kapsamında 15 ton ürün için yapılan maliyet analizleri sonucunda ise, insan işgücü kullanılarak yapılan çuvallama işleminde 700 TL (45 TL t⁻¹), prototip çuvallama makinesi kullanılması durumunda ise 890 TL (60 TL t⁻¹) gider oluşmaktadır. İnsan işgücü ile çuvala doldurma sırasında parçalanma ve ezilme nedeniyle ortalama %2.5 kayıp olduğu bilinmektedir. Bir günlük çalışma sonrasında 15 ton ürün çuvallanıp kamyonu yüklenmektedir. Bu durumda yaklaşık 375 kg ürün kayıp olmaktadır. 2019 yılı kabuklu yer fıstığı tarla satış değeri yaklaşık olarak 10 TL kg⁻¹ olarak gerçekleşmiştir. 375 kg kayıp ürünün yaklaşık parasal değeri de 3,750 TL olup, her iki çuvallama yönteminin maliyetler açısından değerlendirilmesinde, bu kayıp göz önünde bulundurulmalıdır.

2020, 62 sayfa

Anahtar Kelimeler: Yer fıstığı, Hasat sonrası işlemler, Çuvallama, İş kapasitesi, Maliyet

ABSTRACT

DESIGN, FABRICATION and DETERMINATION OF OPTIMUM WORKING CONDITIONS of a PNEUMATIC PEANUTS BAGGING SYSTEM

As with many industrial agricultural crops, there is no problem in terms of mechanization in the cultivation and harvesting of peanuts. However, some of the post-harvest processes of peanuts (especially bagging) still require an intense amount of human workforce. There are some basic problems with peanut bagging. It is getting more and more difficult to find labor for such heavy work. There is a difficult and tiring work condition in terms of occupational health due to bending and a dusty environment. The shovel or tin box used in the bagging breaks the peanut shell and results in losses.

The purpose of this study was to make the bagging work more comfortable, healthy and economical by mechanizing it to prevent peanut producers from adverse conditions. For this reason, a Prototype Pneumatic Peanut Bagging Machine powered by tractor PTO shaft was designed and fabricated, which conveys peanut pods on the ground using aspirated air and fill the product into with bags. In order to determine the optimum working conditions of the fabricated bagging machine, peanut bagging tests were carried out using three different hose diameters (100, 120 and 160 mm) and three different air speeds (23, 25 and 27 m s⁻¹). Also, machine work capacity, fuel consumption and physical damages on product were identified. Furthermore, the prototype bagging machine and the human labor bagging method with simple hand tools were compared with each other by in terms of cost analysis.

When the hose diameters used in the prototype machine were evaluated in terms of work capacity, it was seen that the hose with a diameter of 160 mm gave the highest work capacity. It is determined that the hose with 160 mm diameter used in the prototype machine provided the lowest fuel consumption. No product damage was determined during the trials. As a result of the cost analysis made within the scope of the study, the cost of bagging using human labor costs 700 TL (45 TL t⁻¹), and the prototype bagging machine costs 890 TL (60 TL t⁻¹). It is known that an average of 2.5% loss occurs due to crushing when filling the bags with human labor. In a day of work, 15 tons of products are generally bagged and loaded on truck. In this case, approximately 375 kg of product is lost. The shelled peanut price was approximately 10 TL kg⁻¹ in 2019. The approximate monetary value of the 375 kg lost product is 3,750 TL. This loss should be taken into account when evaluating both bagging methods in terms of costs.

2020, 62 pages

Key Words: Peanut, Post-harvest processes, Bagging, Working capacity, Cost

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın seçiminden, araştırmanın yürütülmesine, gerçekleştirilmesine ve bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan, değerli bilgilerini benimle paylaşan, her türlü desteğini gördüğüm ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Dr.Öğr.Üyesi Selçuk UĞURLUAY' a ve Biyosistem Mühendisliği Bölüm Başkanlığına, deneme aşamasında deney düzeneği konusunda destek sağlayan ve imalatına yardımcı olan Öz İş Tarım Makinaları Sanayi'ne, çalışmada yer alan verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde katkılarını esirgemeyen Sayın Ar.Gör.Dr. Yunus Emre Şekerli'ye ve yüksek lisans eğitim sürecimin takibini yapıp, tamamlanmasını sağlayan Fen Bilimleri Enstitüsü yönetimi ve çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında desteğini gördüğüm sevgili eşime ve aileme de ayrıca teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Yer Fıstığının Bitkisel Özellikleri	1
1.2. Yer fıstığının Dünya’da ve Türkiye’ deki Yeri ve Önemi	2
1.3. Fiziksel Özellikler	5
1.4. Tarımsal Ürünlerin Hava ile İletimi	6
1.5. Mekanizasyon ve İş Gücü Gereksinimi.....	7
1.5.1. Hasat.....	8
1.5.2. Kurutma ve Çuvallama	10
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	13
3. MATERYAL ve YÖNTEM	20
3.1. Materyal.....	20
3.1.1. Yer Fıstığı Bitkisi ve Meyveleri.....	20
3.1.2. Kritik Hız Ölçüm Düzenegi	21
3.1.3. Anemometre.....	22
3.1.4. Devir Ölçer.....	23
3.1.5. Kumpas	23
3.1.6. Kurutma Fırını (Etüv)	24
3.1.7. Hassas Terazi	24
3.1.8. Yakıt Sarfiyat Ölçüm Cihazı.....	25
3.1.9. Kronometre	25
3.1.10. Elektronik Baskül	26
3.1.11. AutoCAD 2007 Paket Programı.....	26
3.1.12. SolidWorks 2016 Paket Programı	27
3.1.13. Yer Fıstığı Üreticileri	28
3.2. Yöntem	28
3.2.1. Kabuklu Yer Fıstığının Kritik Hızının Belirlenmesi.....	28
3.2.2. Kabuklu Yer Fıstığı Meyvelerinin Özkütle Tespiti	31
3.2.3. Kabuklu Yer Fıstığı Meyvelerinin İzdüşüm Alanlarının Belirlenmesi.....	32
3.2.4. Kritik Hız Deneyinin Yapılışı	33
3.2.5. Kabuklu Yer Fıstığı Meyvelerinin Nem İçeriğinin Belirlenmesi	33
3.2.6. Çuvallama İşlemi Maliyeti ve İş Kapasitesinin Belirlenmesi	34
3.2.7. Prototip Yer Fıstığı Çuvallama Makinesinin Tasarımı	35
3.2.8. Yer fıstığı Çuvallama Denemelerinin Düzenlenmesi	35
3.2.9. Verilerin Değerlendirilmesi (Deneme Metodu)	37
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	38
4.1. Kabuklu Yer Fıstığı Meyvelerinin Boyutları	38
4.2. Kabuklu Yer Fıstığı Meyvelerinin Bazı Fiziksel Özellikleri	38
4.3. Kabuklu Yer Fıstığı Kritik Hız Değeri.....	38
4.4. Kabuklu Yer Fıstığının İnsan İşgücü Kullanılarak Çuvallanması.....	39

4.5.	Kabuklu Yer Fıstığı Çuvallama Maliyeti ve İş Gücü Gereksinimi	41
4.6.	Prototip Pnömatik Yer Fıstığı Çuvallama Makinesinin Tasarımı ve İmalatı ...	42
4.6.1.	Kavramsal Tasarım	42
4.6.2.	Mekanik Tasarım	43
4.7.	Pnömatik Kabuklu Yer Fıstığı Çuvallama Makinesi.....	46
4.8.	Deney Sonuçları	50
4.9.	Makine ile Çuvallama Maliyeti ve İş Gücü Gereksinimi	54
5.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	57
	KAYNAKLAR	59



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Yer fıstığı bitkileri ve meyveleri.....	5
Şekil 1.2. Yer fıstığının sökülmesi ve ters çevrilmesi.....	8
Şekil 1.3. Yer fıstığı toplama ve harmanlama makineleri ile hasat	9
Şekil 1.4. Eleme makinesi.....	9
Şekil 1.5. Kabuklu yer fıstığı meyvelerinin sergen yerinde kurutulması	10
Şekil 1.6. Kabuklu yer fıstıklarının çuvallanması ve bir araca yüklenmesi.....	11
Şekil 3.1. Deneme materyali NC-7 çeşidi kabuklu yer fıstıkları	20
Şekil 3.2. Kritik hız ölçüm düzeneği.....	21
Şekil 3.3. Kritik hız deney düzeneğinin şematik görünümü	22
Şekil 3.4. Anemometre.....	22
Şekil 3.5. Devir ölçer	23
Şekil 3.6. Kumpas	23
Şekil 3.7. Kurutma fırını	24
Şekil 3.8. Hassas terazi.....	24
Şekil 3.9. Yakıt Sarfiyat Ölçüm Cihazına ait ekran görüntüsü	25
Şekil 3.10. El kronometresi	25
Şekil 3.11. Elektronik baskül	26
Şekil 3.12. AutoCAD 2007 çizim programının arayüzü.....	27
Şekil 3.13. SolidWorks 2016 çizim programının arayüzü	28
Şekil 3.14. Bir cismin hava akımı içinde askıda kalma koşulu.....	29
Şekil 3.15. Kabuklu yer fıstığı meyvesinin temel boyutları.....	31
Şekil 3.16. Su taşıma metodu ile gerçek hacim bulunması	32
Şekil 3.17. İzdüşüm alanının belirlenmesi için AutoCAD 2007 çizim programına yerleştirilmiş kabuklu yer fıstığı örnek resmi	33
Şekil 4.1. Hasat sonrasında kabuklu yer fıstıklarının sergen yerine yığılması	39
Şekil 4.2. Ürünün sergen yerinde elenerek topraklı kısımların ayrılması.....	40
Şekil 4.3. Sergen yerinde yapılan çuvallama işi ve çuvalların kamyonu yüklenmesi.....	41
Şekil 4.4. Pnömatik taşıma ve iletim sistemlerinin farklı uygulamaları. (a) vakum etkili tip, (b) ve (c) vantilasyon etkili tip, (d) ve (e) kombine tip.....	43
Şekil 4.5. Basınçlı hava kullanarak iletim yapan bir sisteme ait şematik görünüm (Anonim, 2018).....	44
Şekil 4.6. Hem vakumlu (emişli) hem de basınçlı hava kullanılarak iletim sağlanan kombine sisteme ait şematik görünüm (Anonim, 2018)	45
Şekil 4.7. Vakumlu (emişli) hava kullanarak iletim yapan yer fıstığı çuvallama sisteminin kavramsal şematik resmi. (1-Fan, 2- Fan-siklon bağlantı borusu, 3- Siklon, 4- Ürün boşaltma kapağı, 5- Ürün emme hortumu, 6-Ürün).....	45
Şekil 4.8. Traktöre asılır tip Pnömatik Kabuklu Yer fıstığı Çuvallama Makinesine ait izometrik görünüş.....	46
Şekil 4.9. Pnömatik Yer Fıstığı Çuvallama Makinesinin izometrik görünüşü	48
Şekil 4.10. a-Salyangoz (Spiral açınımlı) gövde, b-Düz kanatlı kapalı tip çark.....	48
Şekil 4.11. Pnömatik Yer Fıstığı Çuvallama Makinesinin sol yan görünüşü	49
Şekil 4.12. Depo kesit görünüş (Fan çıkışında yer alan tel örgü)	50
Şekil 4.13. Pnömatik Yer Fıstığı Çuvallama Makinesi denemelerinden bir görünüm ...	51

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Dünya’da yer fıstığı ekim alanı, verim ve üretim durumları (FAO, 2018)...	3
Çizelge 1.2 Türkiye’de son yıllarda yer fıstığı ekiliş, üretim ve verim durumu (FAO, 2018)	4
Çizelge 1.3 . Türkiye’de illere göre yer fıstığı ekiliş, üretim, üretimdeki pay ve verim durumu (TUIK, 2017)	4
Çizelge 4.1. Kabuklu yer fıstığı meyvesinin temel boyutları	38
Çizelge 4.2. Kabuklu yer fıstığı meyvesinin bazı fiziksel özellikleri	38
Çizelge 4.3. Kabuklu yer fıstığı çuvallamada alt işler, işçi sayıları ve kapasiteleri.....	42
Çizelge 4.4. Çuvallama kapasitesi, yakıt tüketimi ve hasarlı ürün değerleri	51
Çizelge 4.5. Farklı hortum çaplarının ve hortumlar içerisinden geçen farklı hava hızlarının iş kapasitesine etkilerinin varyasyon analiz tablosu	52
Çizelge 4.6. Duncan testi sonuçları (İş kapasitesi)	52
Çizelge 4.7. Farklı hortum çaplarının ve hortumlar içerisinden geçen farklı hava hızlarının yakıt tüketimine etkilerinin varyasyon analiz tablosu	53
Çizelge 4.8. Duncan testi sonuçları (Yakıt tüketimi).....	53
Çizelge 4.9. Çuvallama işinde insan işgücü ve prototip makine kullanılması durumunda oluşan giderlerin karşılaştırılması (1 günde 15 ton ürün için)	55

1. GİRİŞ

Yer fıstığı, meyveleri toprak altında yetişen, tek yıllık bir sıcak iklim bitkisidir. Meyvelerinin toprak içinde yetişmesi, yer fıstığını bakla, bezelye ve fasulye gibi diğer baklagil bitkilerden ayıran en büyük özelliğidir.

Türkiye’de tarımsal bölgelerin ekolojik ve topoğrafik yapısındaki farklılık nedeniyle tarım sektöründeki faaliyetler farklı dağılımlara sebep olmaktadır. Ülkemizdeki tarım işletmelerinin %30’u yalnızca bitkisel, %67’si bitkisel ve hayvansal ve %3’ü de yalnızca hayvansal üretim faaliyetini gerçekleştirmektedir. Bitkisel üretim faaliyetini yoğun olarak gerçekleştiren işletmeler Trakya, Ege, Akdeniz, Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde yayılım göstermektedir (Topçu, 2009).

Soya, pamuk, mısır ve buğday gibi yer fıstığı da Akdeniz Bölgesi’nde tarla bitkileri yetiştiriciliğinde rotasyon sisteminde önemli bir paya sahiptir. Yer fıstığında, birim alandan elde edilen gelirin yüksek olması, bu ürünün diğer ürünlere göre daha avantajlı konumda olmasını sağlamıştır (Aşık, 2018).

Yer fıstığı, yağı ve diğer bitkisel kısımlarından faydalanan, önemli ölçüde yüksek yağ içeriğine sahip ve ikinci ürün olarak rotasyona giren tek yıllık bir çapa bitkisidir. Yer fıstığının baklagiller grubunda olması, ekim nöbetine girmesi, tarlanın besin maddelerinden iyi faydalanması ve kendinden sonra gelecek bitkiye temiz, yarı işlenmiş, azotça zengin toprak bırakması bitkisel üretime, yer fıstığı küspesi ve yeşil aksamlarının hayvan yemi olarak kullanılması da hayvancılığa büyük bir katkı sağlamaktadır (Topçu, 2009).

Ayrıca, yağında bulunan ve antioksidan olan tokoferol, yağın oksitlenme ile bozulmasını önlemektedir. Bu özelliği ile kızartmalarda ve margarin yapımında kullanılabilir (Arıoğlu, 2014).

Gıda sanayinde yer fıstığı ezmesinin hammadde olarak kullanılması ve çeşitli işlenmiş ürünlerin içerisinde öz maddelerinin ya da yağlarının bulunması gıda endüstrisindeki önemini bir kat daha artırmaktadır.

1.1. Yer Fıstığının Bitkisel Özellikleri

Yer fıstığı (*Arachis hypogaea* L.) dünyadaki önemli yağ bitkilerinden biridir. Tohumları zengin bir yemeklik yağ (%43-55) kaynağıdır. Dünya bitkisel yağ üretiminin

yaklaşık üçte ikisi biyoyakıt olarak ve geri kalan üçte biri ise yiyecek olarak tüketilmektedir (Güzel, 2006). Yer fıstığının %48 oranındaki yağ içeriği; pamuğun 4.7, soyanın 3.2, ayçiçeğinin 2 ve kolzanın 1.6 katı kadardır. Ayrıca yer fıstığının %29 protein, %18 karbonhidrat, %3 mineral madde ve çeşitli vitaminleri içermesi insan beslenmesinde ve protein açığının giderilmesinde büyük önem arz etmektedir (Topçu, 2009).

Çiğ yer fıstığı, endüstriyel işleme ve ekonomik değerlendirmeye tabi tutulabilecek potansiyel olarak değerli bir gövdeye, çekirdeğe ve kabuğa sahiptir. Bu nedenle, tasarım ve geliştirme alanında etkili bir kullanım için bir bütün olarak yer fıstığının fiziksel özellikleri hakkında mümkün olduğunca fazla verinin sağlanması zorunludur. Nitekim Akcalı ve ark. (2006) fıstıkların boyutsal olarak sınıflandırılması, geometrik bir modelin tanımlanması ve kabuklu yer fıstığı, çekirdeklerin ve kabukların özgül kütlelerinin ve sürtünme katsayılarının belirlenmesi üzerine oldukça yararlı ve kullanışlı bilgiler içeren çalışmalar yapmışlardır.

1.2. Yer fıstığının Dünya’da ve Türkiye’ deki Yeri ve Önemi

Bir yağ bitkisi olan yer fıstığı yetiştiriciliği, dünyanın dönence ve dönence altı yörelerinde yaklaşık 28 milyon hektarlık bir ekiliş alanına sahiptir (FAO, 2018). Yer fıstığı dünya bitkisel yağ üretiminin yaklaşık %90'ını karşılayan 14-15 çeşit yağ bitkilerinden birisidir. Dünya’da yer fıstığı ekim alanı, verim ve üretim durumları Çizelge 1.1’de görülmektedir. Üretimde en önde gelen ülkeler Çin, Hindistan ve Nijerya’dır.

Çizelge 1.1. Dünya’da yer fıstığı ekim alanı, verim ve üretim durumları (FAO, 2018)

Ülkeler	Ekilen Alan, ha	Verim, kg/da	Üretim, ton	Üretim, %
Çin	4,619,660.00	375.19	17,332,600.00	37.7
Hindistan	4,940,000.00	135.53	6,695,000.00	14.6
Nijerya	2,911,705.00	99.15	2,886,987.00	6.3
ABD	3,065,000.00	94.09	2,884,000.00	6.3
Sudan	553,820.00	447.32	2,477,340.00	5.4
Myanmar	1,028,960.00	155.41	1,599,149.00	3.5
Tanzanya	955,687.00	98.38	940,204.00	2.0
Arjantin	443,864.00	207.55	921,231.00	2.0
Türkiye	44,290.00	392.49	173,835.00	0.4
Diğer	9,952,399.00		10,040,554.00	21.9
Dünya	28,515,385.00		45,950,900.00	100.0

Türkiye’de yer fıstığının verim düzeyi Dünya ortalamasının üzerindedir. Türkiye, dünya fıstıklarının yaklaşık %0.4’ ünü 44,290 ha alanda yıllık yaklaşık 174,000 ton üretim yapmıştır (FAO, 2018). Bu üretiminden elde edilen ürünün neredeyse tamamı yurtiçinde tüketilmektedir.

Türkiye’de yer fıstığı genellikle gıda endüstrisinde kullanılır. Bu nedenle, yer fıstığının endüstriyel olarak işlenmesinde kullanılan makinelerin tasarlanması ve geliştirilmesi için başka araştırmalara ihtiyaç vardır (Akcalı ve ark., 2006).

Yer fıstığı tarımı ana ürün ve ikinci ürün olarak iki farklı dönemde yapılmaktadır. Her iki yetiştirme döneminin farklı sürelerle sahip olması nedeniyle, ekimi yapılacak yer fıstığı çeşitlerinin de uygun yetiştirme süresine sahip olması gerekmektedir. Sulu tarım alanlarından daha çok yarar sağlanması amacıyla 2. ürün olarak soya, mısır ve yer fıstığı ekimi önem kazanmıştır. Yer fıstığının ülkemizde son yıllardaki ekiliş, üretim ve verim durumu Çizelge 1.2’de görülmektedir. Türkiye’de son yıllarda yer fıstığı ekiliş, üretim ve veriminde artış gözlenmektedir. Bu durum, bu ürünün gün geçtikçe daha da önem kazandığını göstermektedir.

Çizelge 1.2 Türkiye’de son yıllarda yer fıstığı ekiliş, üretim ve verim durumu (FAO, 2018)

Yıllar	Ekilen alan (da)	Üretim (ton)	Verim (kg/da)
2014	333,270	123,600	370.9
2015	377,730	147,537	390.6
2016	422,440	164,186	388.7
2017	419,500	165,330	394.1
2018	442,900	173,835	392.5

Yağlı tohumlar içerisinde önemli bir paya sahip olan yer fıstığı çoğu illerde düşük miktarlarda yetiştirilmektedir. Ancak, ekonomik boyutta ve yoğun olarak Çukurova Bölgesi il ve ilçelerinde üretilmektedir (Çizelge 1.3). Özellikle Adana ve Osmaniye illerimizde yapılan üretim toplam yer fıstığı üretiminin %80’nini oluşturmaktadır.

Çizelge 1.3 . Türkiye’de illere göre yer fıstığı ekiliş, üretim, üretimdeki pay ve verim durumu (TUIK, 2017)

İller	Ekim Alanı, da	Üretim Miktarı, ton	Üretimdeki Payı, %	Verim, kg/da
Adana	103,750	39,213	42.3	414
Osmaniye	98,400	35,158	37.9	378
Aydın	15,860	6,184	6.7	379
Antalya	10,955	3,571	3.9	340
Kahramanmaraş	9,140	2,525	2.7	339
Mersin	8,730	1,675	1.8	254

Ülkemizde yer fıstığı üretimi dünya ortalamasının üzerinde olmasına rağmen ulusal düzeyde yeterli duruma getirilebilmesi, yer fıstığı ekim alanlarının özellikle Güneydoğu Anadolu bölgesinde genişletilmesi ile mümkündür. Yer fıstığı üretiminin artırılması ile bitkisel yağ açığının kapatılması, gıda sanayinde çok yönlü bir hammadde olarak kullanılması ve çerezlik tüketime yönelen ihracat gelirlerinin sağlanması milli ekonomi üzerinde pozitif bir etki de yaratacaktır.

Yer fıstığı bünyesinde %40-60 oranında yağ ve %28 oranında protein içeren, dışarıdan alınması mutlak zorunlu olan aminoasitlerin bir kısmını da proteinde bulunduran, insan beslenmesi yönünden çeşitli yağlı tohumlar içerisinde önemli bir tarımsal üründür (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Yer fıstığı bitkileri ve meyveleri

Yer fıstığının ülkemizde ilk defa Trakya Bölgesinde yetiştirilmeye başlandığı, daha sonra Ege, Akdeniz ve Güney Doğu Anadolu Bölgelerine yayıldığı tahmin edilmektedir. Türkiye’de ilk defa 1908’de Halkalı Ziraat Mektebi’nde ve 1935’de Antalya Sıcak İklim Nebatları Islah İstasyonu’nda (BATEM) denenmiştir (Kadiroğlu ve ark., 2015).

Ülkemizde yer fıstığı üretimi yaklaşık 85 yıldır yapılmasına rağmen kullanım alanı daha çok çerezlik tüketim şeklindedir. Son yıllarda modern işleme tesisleri kurularak çerezlik, kahvaltılık (peanut butter), yemeklik yağ ve diğer gıda maddeleri olarak kullanım alanları gelişmeye devam etmektedir (Uğurluay ve ark. 2010).

Yer fıstığı yetiştirildiği bölgelerde üreticiye en yüksek gelir sağlayan ürünlerden biridir. Beyaz sinek ve benzeri diğer zararlılardan etkilenmemesi bitki koruma masrafları bakımından üretimde avantaj sağlamaktadır. Buğday hasadından sonra ikinci ürün olarak başarıyla yetişebildiği için üreticiye ek bir gelir sağlamaktadır (Davran, 2007).

1.3. Fiziksel Özellikler

Bitki materyalinin fiziksel özelliklerini belirlemeye odaklanan birçok çalışma vardır. Ogunjimi ve ark. (2002) keçiboynuzu tohumlarının fiziksel özelliklerini incelemişler ve yoğunluğunun 538.02 ile 565.30 kg m⁻³ arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Ayrıca, ahşap üzerindeki sürtünme katsayısının 0.43 ve durma açısının 20.32° olduğunu bulmuşlardır. Baryeh ve Mangope (2002) QP-38 tip güvercin bezelyenin fiziksel özelliklerini incelemiştir. Kütle yoğunluğunun 0.7 g mm⁻³ olduğunu, yığılma açısının 17° ve %5 nem içeriğinde (w_b) sürtünme katsayısının kontrplak için 0.28, galvanizli çelik için 0.23 ve alüminyum için 0.18 olduğunu gözlemlemişlerdir. Sahoo ve

Srivastava (2002) bamya tohumunun fiziksel özelliklerini nem içeriğine göre incelemişler ve nem içeriği arttıkça boyut ve sürtünme katsayısının arttığını vurgulamışlardır.

Bazı araştırmacılar sadece yer fıstığı çekirdeklerinin fiziksel özelliklerini incelemiştir. Agrawal ve ark. (1973) bir veya iki çekirdeğe sahip kabuklu yer fıstığının şekillerini elipsoid, çift elipsoid ve cassinoid olarak tanımlamıştır. Olajide ve Igbeka (2003) fıstıkların büyüklüklerini ana eksenel boyutlarını ölçerek belirlemişlerdir. Çekirdeklerin ortalama büyük, ara ve küçük çapları sırasıyla 8.54, 3.55 ve 6.93 mm olarak bulunmuştur. Yığılma açısının da 17° olduğu gözlemlenmiştir. Kaleemullah (1992) yer fıstığı boyutlarının nem içeriğiyle olan ilişkisini ve farklılıklarını araştırmıştır.

Yer fıstığına ait fiziksel özelliklerin araştırılması sadece makine ve ekipman tasarımı için gerekli temel mühendislik verilerini oluşturmakla kalmaz, aynı zamanda bu verilerin elde edilmesi için uygun yöntemlerin seçilmesine de yardımcı olur (Akçalı ve ark., 2006).

Dikkate alınan fıstıkların temel özellikleri, geometrik şekilleri, boyutları, kabukların özgül kütlesi ve sürtünme katsayıları olacaktır. Spesifik kütle ve sürtünme katsayısı öncelikle geometrik şekle ve ilgili boyutlara bağlıdır. Birkaç nedenden dolayı belirli bir kütleyi bilmek gerekir. Her şeyden önce, spesifik kütle ürünün depolanması, taşınması ve işlenmesi için gerekli bir parametredir. Örneğin, eleme, temizleme ve ayırma gibi işleme yöntemleri, belirli kütlelerin farklılıklarına dayanabilir. Depoların ve besleme birimlerinin boyutlandırılmasının yanı sıra çeşitli işleme birimlerindeki kapasiteleri ve kütle akış hızlarını belirlemek, kritik veya terminal hızları tahmin etmek ve ürünün ataletini değerlendirmek için belirli kütle verileri de gereklidir (Akçalı ve ark., 2006).

1.4. Tarımsal Ürünlerin Hava ile İletimi

Pnömatik etkili düzenlerde, iletim işinde hava akımı kullanılır. Pnömatik taşıma sistemleri genelde oldukça basit olup toz ve taneli malzemelerin taşınmasında çok değişik şartlarda başarıyla kullanılabilir.

Hava akımının ya üfleme (Vantilasyon) ya da emme (Aspirasyon) etkisinden yararlanır. Bu düzenlerde; hava akımını sağlayan bir vantilatör, güç kaynağı, hava akımını yönlendiren borular ve çeşitli yardımcı parçalar kullanılır (Deligönül, 1986). Bu

iletim sistemleri uygun ekipman seçimi ile yüzlerce metrelik mesafeler boyunca malzeme taşınmasını mümkün hale getirir (Ergür, 2005).

Havalı iletim düzenlerinde buğday veya arpa gibi taneli ürünler ile granül taneli materyallerin sürekli iletimi gerçekleştirilir. Örneğin, buğdayın yığın halinden alınarak siloya doldurulması veya ambardan alınarak taşıma araçlarına yüklenmesi gibi iletim işlerinde kullanılır. Hava akımının hızı ve debisi, taşınan materyal miktarını etkileyen önemli faktörlerdir (Deligönül, 1986).

Pnömatik sistemler, pozitif ve negatif sistemler ile yüksek basınçlı üfleme tankı sistemlerinden oluşurlar. Hava akımı; alçak, orta ve yüksek basınçlı fanlarla elde edilir. Hava akımının debisine, hava kanalı kesit alanı, uzunluğu, yüzey pürüzlülüğü ve yön etkilidir. Bu kayıplar daha önceden hesaplanarak göz önüne alınır. Hava akımı içerisindeki materyalin hızına ve miktarına da; materyalin cinsi, tekdüzeliği ve nem oranı etkilidir. Hareket yönü, yukarıdan aşağıya veya aşağıdan yukarı olabilir (Deligönül, 1986).

Hava akımlı düzenlerde; toplam boru boyu, hava akımı hızı ve karışım oranının hesaplanması önemlidir (Deligönül, 1986). Pnömatik taşıma sisteminin kapasitesi, ürünün hasar görmeden en yüksek hızla taşınabilmesini ve böylece iş zamanını en verimli şekilde kullanmayı amaçlamaktadır.

1.5. Mekanizasyon ve İş Gücü Gereksinimi

Günümüzde birçok endüstriyel tarım ürünü (buğday, mısır, ayçiçeği, şeker pancarı, pamuk vb.) olduğu gibi yer fıstığının da yetiştiriciliği ve hasat işlemlerinde mekanizasyon açısından herhangi bir sorun yaşanmamaktadır. Yer fıstığının tarımsal üretim kısmı tamamen mekanize olmuş durumdadır (Uğurluay ve ark., 2010). Ancak yer fıstığının hasat sonrası işlemlerinden bir kısmında (kurutma, çuvallama ve yükleme gibi) hala yoğun bir insan işgücüne gereksinim duyulmaktadır. Artık çağımızda insanoğlu, kas gücü gerektiren işleri makinelere yaptırmakta ve daha çok bilgi ve yetenek isteyen sanayi, sağlık, eğitim, turizm gibi üretim ve hizmet sektörlerinde istihdam edilmeyi arzu etmektedir. Ayrıca, tarım ürünlerinin işlenmesine yönelik bu tür ağır işler için iş gücü bulabilmek gün geçtikçe zorlaşmaktadır.

1.5.1. Hasat

Yer fıstığı işletmelerinin üretim faktörlerini optimum düzeyde kullanmaları ve modern üretim tekniklerini kullanarak üretime yön vermeleri, üretimde etkinliği ve başarıyı artırabilir.

Yer fıstığı yetiştiriciliğinin en önemli kısımlardan biri hasat ile başlayan süreçtir. Söküm zamanının doğru belirlenmesi, ürünün verimindeki en önemli etkenlerden biridir. Hasat işlemi bitkilerin topraktan sökülmesi ve sökülen bitkilerin kuruduktan sonra harmanlanması olmak üzere iki aşamalıdır. Hasat kayıplarını azaltmak için ülkemizde yer fıstığı sökümü çoğunlukla makinalar yardımı ile yapılmaktadır (Şekil 1.2). Yer fıstığı bitkisi, ana kök üzerinden, fıstığın hemen altına gelecek şekilde kesilir. Makine bitkiyi yerden kaldırır ve ters çevirerek toprağın üzerinde kurumaya bırakır (Uğurluay ve ark., 2010).



Şekil 1.2. Yer fıstığının sökülmesi ve ters çevrilmesi

Söküm sonrası saplar iyice kuruduktan sonra (yağsız ve güneşli 7-10 günde) ve tane nem içeriği %25-35'e düştüğünde, toplama ve harmanlama makinasıyla bitki sıraları doğrudan toplanır ve kapsüller harmanlanarak bitkisel materyalden ayrılır (Kadiroğlu, 2018). Türkiye'de kullanılan toplama ve harmanlama makineleri hareketini traktör kuyruk milinden alarak çalışan çekilir tip makinelerdir. İki veya üç sıra tek namlu halindeki (Sıralar halindeki) kurumuş meyveli yer fıstığı bitkilerini yedirici tabla ile toplayarak harmanlama işini yapan bir makinedir (Şekil 1.3). Yer fıstığının zarar görmemesi için harman makinasının ayarları iyi yapılmalı, özellikle makinanın çalışma

hızı çok iyi ayarlanmalıdır. Depoda biriken ürün hidrolik boşaltma düzeni ile römorklara boşaltılarak sergen yerine taşınır (Uğurluay ve ark., 2010).



Şekil 1.3. Yer fıstığı toplama ve harmanlama makineleri ile hasat

Hasat sonrasında kabuklu yer fıstığı meyveleri arasında bir miktar toprak ve taş parçaları bulunabilmektedir. Bunlar, mekanik elekler üzerinde ayrılarak uzaklaştırılır (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Eleme makinesi

1.5.2. Kurutma ve uvallama

Hasat edilen ürün eleme ve temizleme işleminden sonra uygun nem seviyesine kadar kurutulmak üzere sergen yeri denilen ve genellikle tarla kenarında bulunan alanlara çoğunlukla naylon malzeme üzerine serilir. Burada güneş altında ve günde birkaç defa karıştırılmak suretiyle depolama nemi olan %10-11 neme kadar kuruması sağlanır (şekil 1.5).



şekil 1.5. Kabuklu yer fıstığı meyvelerinin sergen yerinde kurutulması.

Kurutma işlemi sonrasında ürünün çuvallanması gerekmektedir. ukurova bölgesinde, yer fıstığı yetiştiriciliğiyle uğraşanlar genel olarak bazı temel sorunlar yaşamaktadır. Bunlardan birincisi ve n önemlisi uvallama işidir. Yer fıstığı uvallama işi halen insan işgücü kullanılarak yapılmaktadır ve mekanize edilememiştir. uvallama işlemi için çok sayıda işi, ellerinde kürekler veya teneke kutular yardımıyla çuvalları doldurup, ağız kısmını dikmektedirler (şekil 1.6). Daha sonra çuvalları nakil edilecek araçlara yüklerler. Yer fıstığı üreticileri, yapılan görüşmeler sırasında, bu zahmetli işi için her hasat zamanı işi bulmakta oldukça zorlandıklarını ifade etmişlerdir.



Şekil 1.6. Kabuklu yer fıstıklarının çuvallanması ve bir araca yüklenmesi.

İkinci olarak, işçiler açısından oldukça olumsuz çalışma koşulları söz konusudur. Sürekli eğilerek çalışmadan dolayı zor ve yorucu, oldukça tozlu bir ortamdan dolayı da iş sağlığı açısından sıkıntılı bir çalışma ortamı bulunmaktadır. İşçiler yaklaşık 60-70 kg'lık çuvalları tamamen kas gücüyle doldurup ağır şartlarda çalışmaktadırlar (Şekil 1.6). İşçilerin aldığı ücretler çalışanlar açısından düşük bulunmaktadır. İşçiler kısa dönemli, ağır koşullarda ve herhangi bir iş güvencesi olmayan işlerde çalışmayı doğal olarak istememektedirler.

Üçüncü olarak, kürek veya teneke ile çuvallama esnasında, çalışılan aletlerin keskin ve sert uçları yer fıstığı kabuğunu kırarak fire (kayıp meydana gelmekte) oluşturmaktadır (Şekil 1.6). Tüccarlar üreticiden çuvallanmış ürünü satın alırken %2 civarında fire olduğu ön koşulu ile anlaşma yapmaktadır. Bu üretici açısından istenmeyen bir durumdur ve ekonomik olarak oldukça büyük bir kayıptır. Tüm bu nedenlerden ötürü çuvallama işinde mekanizasyona ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; oldukça yorucu, zahmetli ve sağlıksız koşullarda yapılan, gün geçtikçe işgücü temininde zorluklar yaşanan ve üründe kayıplara neden olan yer fıstığı çuvallama işini mekanize ederek daha konforlu, sağlıklı ve ekonomik bir hale getirmektir. Bu amaçla, yerde yığın halinde bulunan kabuklu yer fıstıklarını emişli hava kullanarak hortumlar içinde taşıyan ve bu ürünün çuvala doldurulmasını sağlayabilen bir Pnömatik Yer Fıstığı Çuvallama Makinesi tasarlanıp imal edilmiştir. Prototip çuvallama makinesi farklı hortum çaplarıyla, farklı emiş havası hızlarında çalıştırılarak yapılan denemelerde

makine iş kapasitesi ve yakıt tüketimi bakımından optimum çalışma parametreleri incelenmiş ve insan işgücü kullanılarak yapılan çuvallama yöntemine kıyasla maliyet analizi yapılmıştır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatür taramaları sonucunda çalışmamızla ilgili olabilecek, yer fıstığı hasadı ve hasat mekanizasyonu, taneli tarım ürünlerinin pnömatik sistemlerle taşınması, taşıma sırasında farklı hızların kullanımı ve ürün zedelenmeleri, pnömatik taşımada harcanan enerji miktarları, toz veya tane yapılı başka maddelerin pnömatik taşınması, pnömatik taşımada farklı fazlar, yer fıstığının bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi, yer fıstığının sınıflandırılması, yerli fıstık çeşitlerinin fiziksel ve mekanik özellikleri açısından araştırılması şeklinde yayınlara rastlanmıştır. Bu çalışmalar eskiden yeniye doğru sıralanarak sunulmuştur.

Güzel (1986) tarafından yapılan bir çalışmada, traktör kuyruk milinden hareket alarak çalışan ve tek sıra yer fıstığını sökerek harmanlayan prototip hasat makinesi geliştirilmiştir. Ekolojik koşullar ve üretim potansiyeli dikkate alınarak, söküm ve harmanlamada insan işgücünün verimli hale getirilmesi, insanın daha rahat koşullarda çalışmasının sağlanması, iklim koşullarına bağlılığın azaltılması için, en uygun mekanizasyon zincirinin kurulması ve bitki ile makine arasında kayıpları en aza indirecek bir dengein bulunması için bitkinin mekanizasyonuna yönelik özellikleri araştırılmıştır. Araştırmada uygulanan hasat mekanizasyonu zinciri içerisinde, iş başarıları açısından kayıpları en aza indiren ve kaliteyi en iyi duruma yükselten sistem olarak sökümde Hobbs Söküm Makinesi; harmanlamada ise Lilliston Harman Makinesi başarılı bulunulmuştur.

Pan ve Wypych (1997) tarafından yapılan bir çalışmada; düşük hızlı dalgalı akışlı pnömatik taşıma uygulamaları endüstride ve çok çeşitli dökme katı malzemelerde giderek daha fazla uygulanmıştır. Bu çalışmada yeni bir tasarım ve test yöntemi tasarlanmıştır. Parçacık özelliklerine ve basit bir dikey test odasından (haznesinden) elde edilen verilere dayanarak, düşük hızlı dalgalı akıştaki basınç düşüşü ve dalga hızı, büyük ölçekli sistemlerde kesin olarak tahmin edilebilir şekilde bulunmuştur. Bu prosedür ile pnömatik taşıma modu için, düzgün, şekilsiz ve/veya olağandışı fiziksel özelliklere (örneğin, farklı şekil, yoğunluk, boyut ve boyut dağılımı) sahip dökme katı malzemelere uygulanabilirliği ortaya konulmuştur.

Wypych ve Yi (2002) tarafından yapılan bir çalışmada, taneli malzemelerin pnömatik taşınması işleminin, ancak hava kütle akış hızının belirli aralık içinde kontrol edilmesi durumunda, boru boyutu uygun olarak seçildiğinde ve işletim sınırları iyi

değerlendirildiğinde başarıya ulaştığı belirtilmiştir. Makale, düşük hızlı dalgali akış pnömatik taşınma kapasitesinin sınırlandırılmasının araştırma sonuçlarını da içermektedir. Kararsız (dengesiz) bölgenin oluşum mekanizması da deneysel ve teorik olarak araştırılmıştır. Gözlemlenen kararsız akış mekanizmalarına ve kararlılık kriterlerine dayanan yeni teorik model taşınma sınırlarının öngörülmesi amacıyla sunulmuştur. Modelleme sonuçlarına göre poli topaklardan ve farklı boyutlardaki taşıma hattı üzerinden elde edilen deneysel verilerin çok iyi uyduğu ortaya konulmuştur.

Kobayashi (2005) tarafından yapılan bir çalışmada, tarım ürünlerinin depolanması ve yaz aylarında binaların iklimlendirilmesi amacıyla kar depolama tesisleri için gerek duyulan depolama odasında döner bir kar küreme makinesi kullanılmıştır. Ancak odanın içinde karı içeriden dışarıya yığmak zor bir durumdur. Bu sebeple karı depolama tesisine taşımak için pnömatik bir kar taşıma sistemi geliştirilmiştir. Sistem bir üfleyici, kar besleyici, siklon ayırıcı ve boru hattından oluşturulmuştur. Taşıma sisteminin basınç tipi, ıslak karı 10 t h^{-1} ile 40 m mesafeden taşıma kapasitesi ile hem negatif hem de pozitif basınçları içermiştir. Sistem serbest su içeriği %15'in altında olan ıslak karı boru hattının iç duvarlarına yapışmadan taşıyabilmiştir.

Güner (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, pnömatik bir konveyörün tasarımı, taşıma boruları boyunca basınç düşüşünün durumu belirlenmiştir. Artan hava hızı ile basınç düşmesi ile birlikte, güç tüketiminin arttığını ortaya konmuştur.

Geng (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, yer fıstığının biyo-fizik özelliklerine dayanarak, yatay çift tamburlu model ile toplanan fıstıkların temel parametre değerleri, tasarım süreci boyunca Darbe Dayanımı Modeli kullanılarak incelenmiştir. Araştırma sonucu, bu cihazın yalnızca kurumuş meyveleri değil, aynı zamanda nemli yeni taze yer fıstığı meyvelerini de toplayabileceğini göstermiştir. Ayrıca yüksek verimli bulunan fıstık hasat makinesine ait bazı hasat kriterleri ise düşük güç tüketimi, güvenilir çalışma süreci, yüksek toplama oranı ve düşük fıstık kırma yüzdesi olarak ortaya çıkarılmıştır.

Xiaoyan ve ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, fıstık üretiminde mekanizasyon ve toplama yöntemlerinin mevcut durumu üzerine araştırmalar yapılmış ve kısmi hasat yapan sistemlere sahip yöntemler araştırılmıştır. Yarı besleme tipinde yer fıstığı hasat makinesinin yapısı ve çalışma ilkesi kısaca analiz edilmiştir. Fıstık hasat makinesi, besleme sistemi, taşıma sistemi ve toplama sistemi esas olmak üzere yeni yapıyı ve çalışma ilkesini keşfetmek için incelenmiştir. Hasat makinesinin parametre

optimizasyon testi yapılmıştır. Toplama tamburu döndürme hızı, iletim hızı ve silindir çapı ile toplama performansı arasındaki ilişkiler elde edilmiştir. Araştırma sonucunda, gelecekte yer fıstığı hasat makinelerinin tasarımında teorik temel ve bilimsel rehberlik sağlanabilirliği ortaya çıkarılmıştır.

Jones ve Williams (2008) pnömatik taşıma sistemlerinde partiküler akış modunun ilk tahmininin önemli olduğunu ve bu bilginin pnömatik taşıma tasarım sürecine daha net bir yön verebildiğini bildirmiştir. Buna göre, üç genel akış modu ve iki yoğun akış modu vardır. Akışkanlaştırılmış yoğun faz ve tıkaç akışı sadece seyreltik fazdır. Bu makalede, akış modunu tahmin etmek için yaygın olarak kullanılan mevcut teknikler gözden geçirilmiştir. İki tür tahmin çizelgesi tanımlanmıştır. Bunlar; temel parçacık parametresi esaslı (örneğin partikül büyüklüğü ve yoğunluğu) ve hava partikül parametresi esaslıdır (örneğin geçirgenlik ve hava tahliyesi). Temel parçacık tekniklerinin bilinen akış kapasitesi moduna sahip malzemelerden elde edilen verilerle yapılan bir karşılaştırma temelinde, güçlü ve zayıf tahmin yeteneği alanlarına sahip olduğu bulunmuştur. Temel parametre tekniklerinde parçacık yoğunluğunun gevşek yerini, dökme kütle yoğunluğu ile değiştirdiğinde, tahmin yeteneğinde sadece küçük bir iyileşme olduğu bulunmuştur. Hava parçacığı parametresi temelli teknikler akış tahmini modu için iyi tanımlanmış bölgeleri ortaya çıkarmıştır ancak kullanılan veri kümesi temel tekniklerden daha küçüktür. Ayrıca, farklı araştırmacılardan gelen hava tahliye değerleri kullanılmamış ve daha sonra değerlendirmede herhangi bir hava tahliye parametresi gerektirmeyen hava partikül bazlı bir teknik geliştirilmiştir.

Kılıçkan ve Güner (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, nohudun (*Cicer arietinum* L.) Koçbaşı çeşidinin pnömatik iletim karakteristikleri belirlenmiştir. Denemelerde, nohutların uzunluğu, genişliği, kalınlığı, aritmetik ortalama çapı, geometrik ortalama çapı, küreselliği, yoğunluğu, bin tane kütlesi, yığın yoğunluğu, katı yoğunluğu, porozitesi, projeksiyon alanı, terminal hızı, sürüklenme katsayısı, basınç düşümü, güç tüketimi ve tohum zedelenmesini oluşturan mekanik zedelenme, çimlenme testi ve tohum vigor indeksi araştırılmıştır. Nohudun pnömatik iletimi için pozitif düşük basınçlı sistem kullanılmıştır. Üfleyici devir sayısının artmasıyla güç ihtiyacı ve basınç düşümünün arttığı, boru çapının büyümesiyle iletim kapasitesinin azaldığı tespit edilmiştir. En yüksek basınç düşümü ve güç ihtiyacı 54.5 mm boru çapında tespit edilmiş,

70.3 mm boru çapında ise en düşük basınç düşümü görülmüştür. Her iki boru çapı için fleiyici devri arttıkça nohudun mekanik zedelenmesinin arttığđ belirlenmiştđr.

Ghafori ve ark. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, mısır ve arpa tohumlarının fiziksel özellikleri belirlenmiş ve daha sonra emme tip bir pnömatik iletim sırasında hava hızının bir fonksiyonu olarak basınç düşş, g tk etimi ve mekanik tohum hasarındaki değişikler belirlenmiştir. İlk olarak taşıma sistemi tasarlanmış ve imal edilmiş, sonra mısır ve arpa tohumlarının pnömatik taşıma özellikleri yedi farklı hava hızı altında belirlenmiştir. Sonuçlar mısır tohumlarının geometrik, aritmetik ve ortalama çaplarının ve kreselliklerinin arpa tohumlarından sırasıyla %80, %63 ve %20'den fazla olduğunu göstermiştir. Basınç düşş, sırasıyla mısır ve arpa tohumları için hava hızında bir artışla doğrusal olmayan ve doğrusal olarak artmıştır. Bununla birlikte, g tk etimi her iki tohum için hava hızı ile doğrusal olmayan bir şekilde artmıştır. Her iki tohumun mekanik hasarı, hava hızı arttıkça doğrusal olarak artmıştır. Basınç düşşnn hava hızında bir artışla hızla arttığđ bir dönüm noktasının var olduğu saptanmıştır. Mısır ve arpa için en düşk basınç düşş sırasıyla 20 ve 15 m s⁻¹ hava hızında meydana gelmiştir. Bu nedenle, 15 t h⁻¹ taşıma kapasitesinde mısır ve arpa tohumlarındaki özellikle enerji tk etimini ve mekanik hasarı azaltmak için pnömatik taşımadaki hava hızının sırasıyla 20 ve 15 m s⁻¹'in altına düşürülmesi gerektiėđ bulunmuştur.

Yan ve ark. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, g tk etimini ve taşıma hızını azaltmak için, kanatçıkların giriş önündeki boru eksenı boyunca yatay bir düzlemde monte edildiėđ yeni bir pnömatik taşıma sistemi belirlenmiştir. Çalışmada, yüzgecin salınımının frekans özellikleri, basınç düşş, taşıma hızı, parçacık akış modeli, g tk etimi ve ek basınç düşş açısından farklı kanatçık uzunluklarının yatay pnömatik taşıma sistemi üzerindeki etkisine odaklanılmaktadır. Deneme düzeni, boru hattı i çapı 80 mm ve uzunluğu yaklaşık 5 m olan yatay düz akrilik bir tüpten oluşturulmuştur. Taşıma malzemesi olarak 978 kg/m³ ve 952 kg/m³ yoğunluğa sahip, 2.3 mm ve 3.3 mm çaplı polietilen küresel parçacıklar kullanılmıştır. Ortalama hava hızı 10 ila 17 m/s ve katı kütle akış hızı 0.20 ila 0.45 kg/s arasındadır. Geleneksel pnömatik taşıma ile karşılaştırıldığında, düşk hava hızı aralığında yumuşak kanatçıklar kullanılarak basınç düşş, minimum ve kritik hızlar, g tk etimi ve ek basınç düşş azaltılabilir. Yzgecin verimliliėđ, yüzgecin uzunluğunun arttırılması ile oldukça belirgindir. Yumuşak kanatçıklar kullanarak minimum hız ve g tk etiminde maksimum azalma

oranları sırasıyla yaklaşık %14.8 ve %25.5 olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, taşıma hızını ve güç tüketimini daha da azaltmak için gaz-tanecik karışımının girişine yatay olarak monte edilmiş kanatçıklar uygulayan yeni bir pnömatik taşıma tekniği önerilmiştir. Monte edilen yumuşak kanatçıkların basınç düşüşü, taşıma hızı, güç tüketimi, tanecik akış modeli ve ek basınç düşüşü açısından yatay pnömatik taşıma sistemi üzerindeki etkisi ortaya koyulmuştur.

Hardin (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, elektrik enerjisi tüketiminin, pamuklu çırçırılar için önemli bir maliyet olduğu ve değişken maliyetlerin yaklaşık %20'sini temsil ettiği bildirilmiştir. Pnömatik taşıma için kullanılan fanlar, pamuk çırçırılarında elektriğin çoğunu tüketmektedir. Kütlü pamuğun taşınmasında kullanılan hava hızını azaltmak için kontrol sistemlerinin geliştirilmesinin elektrik kullanımını ve maliyetini önemli ölçüde azaltabileceği saptanmıştır. Bu sistemlerin geliştirilmesi için kütlü pamuğun pnömatik taşıma karakteristiklerinin daha iyi anlaşılması gerekmiştir. Bu sebeple bir besleme kontrolü, taşıma borusu, ayırıcı ve fan ile bir negatif basınç taşıma sistemi oluşturulmuştur. Hava hızı, sadece hava ile test edilirken sistem girişinde ve taşıma bölümünde ölçülmüştür. Taşıma borusunda fark basınç ölçümü yapılmış ve sıcaklık ve bağıl nem kaydedilmiştir. Deney tasarımına iki boru çapı, iki nem içeriği seviyesi ve üç kütlü pamuk besleme hızı dâhil edilmiştir. Kütlü pamuk taşıma sistemine beslenmiştir ve boğulma meydana gelene kadar fan hızı düşürülmüştür. Boru çapı, çeşidi ve nem içeriği seviyesi, akış hızını veya katı direnç faktörünü tahmin etmek için geliştirilen modeller üzerinde pratik olarak anlamlı bir etkiye sahip olmadığı belirtilmiştir. Bu modellerin, pamuk çırçır taşıma sistemleri için kontrol sistemlerinin tasarlanmasında yararlı olabileceğini ve bunun da önemli elektrik ve maliyet tasarrufu sağlayabileceği ortaya konmuştur.

İnce ve Akçalı (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, gelişmiş küçük ve orta ölçekteki işletmelerin saat yönünde dönen çift silindirli yer fıstığı sınıflandırma makinesinin enerji tüketimi ve performansını analiz etmek için yapılmıştır. Performans testleri 9 farklı fıstık ebatının karışımı (küçük ve orta ölçekli fıstıklar) ve ayırma verimi üzerine yapılmıştır. Makinenin teorik kapasitesi küçük, orta ve geniş ebatlardaki fıstıklar için sırasıyla 123, 234.8 ve 321 kg h⁻¹ olarak bulunmuştur. Göreceli olarak zedelenme yüzdesi ve besleme kapasitesi sırasıyla %1.76 ve 126.3 kg h⁻¹ olarak bulunmuştur. Fıstık ayırma makinesinin genel verimi karışımdaki küçük fıstıklarının oranı arttıkça 0.97

orandan 0.87 oranına düşmüştür. Ayırma silindirlerinin enerji tüketim oranı 0.46 ve 0.76 kW arasındadır. Ortalama tork değeri ise 25 N m olarak hesaplanmıştır.

Kurt ve Arıoğlu (2018) tarafından yapılan araştırmada, Türkiye'de en çok yetiştirilen beş yer fıstığı çeşidi olan (NC-V11, Halisbey, Arıoğlu 2003, Sultan ve Osmaniye 2005) arasında gelecek vaat eden en iyi çeşidi seçmek amacıyla tohum zarfları fiziksel ve mekanik özellikleri açısından analiz edilmiştir. Ortalama uzunluk, genişlik, kalınlık, geometrik ortalama çap, yuvarlaklık indeksi ve kopma kuvveti incelenmiştir. Sonuçlar, incelenen tüm özelliklerin çeşitler arasında önemli ölçüde değiştiğini göstermiştir. Böylelikle, incelenen yer fıstığı çeşitleri arasında önemli ölçüde bir genetik çeşitlilik kapsamlı olarak gözlenmiştir. Kabuk soyma değerleri %65.7 - %71.6 arasında değişmiştir. En düşük değer Sultan çeşidinde elde edilirken, en yüksek kabuk soyma yüzdesi NC-V11 çeşidinde elde edilmiştir. NC-V11, Halisbey, Arıoğlu 2003, Sultan ve Osmaniye 2005 çeşitleri sırasıyla 42.27, 44.68, 46.17, 49.39 ve 44.57 mm'lik ortalama uzunluk, 16.00, 17.90, 17.57, 17.45 ve 17.92 mm genişlik, 17.33, 18.68, 18.54, 18.42 ve 19.10 mm'lik kalınlık göstermiştir. Yer fıstığının kopma kuvveti ve sertlik değerleri bitki çeşidine bağlı olup daha yüksek ve daha düşük değerler olarak sırasıyla 191.06'den 253.19 N'a ve 129715.61 N/m'den 184954.67 N/m'ye değişiklik göstermiştir. Arıoğlu 2003, Halisbey ve Sultan çeşitleri daha düşük kopma kuvveti ve sertlik değerlerine sahiptir. Diğer yandan NCV-11 ve Osmaniye-2005 çeşitlerinin kopma kuvveti ve sertliği daha yüksektir. Bu bulgular, bu iki çeşidin çerez kabuğu kopması için daha fazla enerjiye ihtiyacı olduğunu göstermiştir. Aynı zamanda depolama için önemli bir rol oynamıştır. NCV-11 çeşidi, diğerlerinden daha yüksek kopma kuvveti değerlerine ulaşmıştır. Bazı çeşitler kalın ve güçlü çerez kabuğuna sahipken, bazıları ince ve zayıftır.

Butts ve ark. (2018) özellikle çiftçilerin tahılların depolanması için taşıma ve iletimde kullanılan pnömatik bir sistemi yer fıstığı için test etmişlerdir. Sistem, PTO tahrikli pozitif deplasmanlı bir fan, iki siklon ayırıcı ve hidrolik olarak çalışan bir hava kilitleme valfinden oluşur. Fan, havayı ve yer fıstıklarını bir emme hortumundan, ürünün hava akışından ayrıldığı ilk siklon ayırıcıya çeker. Daha sonra hava, asılı kir ve diğer ince parçacıkların hava akımından ayrıldığı ikinci bir siklon ayırıcısına gider. Temizlenen hava üfleyiciden ilerler ve birinci siklonun tabanına monte edilmiş bir hava kilidi valfinin çıkışının altındaki bir tahliye oluğundan üflenir. İlk siklondan yer fıstığı, hava kilidi valfinin çıkışından tahliye oluğundaki hava akışına düşer ve bekleyen bir römorka taşınır.

Bir kamyon ürün, hem bu sistemle ham de yükleyici (loader) ekipmanla doldurularak karşılaştırılmıştır. Geleneksel yöntemle yüklemede %5.2 yabancı madde ve %6.7 hasarlı ürün, pnömatik sistemle yüklemede ise %2.7 yabancı madde ve %4.9 hasarlı ürün tespit edilmiştir. İş kapasiteleri de sırasıyla 187 MT s^{-1} ve 61 MT s^{-1} şeklinde oluşmuştur.

Gao ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada, yer fıstığı hasadı ve kabuk kırma gibi süreçlerde pnömatik taşıma teknolojilerine olan ilgi son yıllarda hızla arttığını belirtmiştir. Bununla birlikte bu tür uygulamalarda pnömatik konveyörlerin kullanımı, yüksek kapsül hasar oranları ve kanal tıkanıklığı sorunları bulunmaktadır. Bu sorunları çözmek için, yer fıstığı taşımada kritik pnömatik taşıma hızı analiz edilmiş ve kabuklu fıstıkların sürtünme açısını ve çeşitli malzeme yüzeylerindeki restitüsyon katsayısı ölçülmüştür. Faktöriyel deneylerde, fan hızındaki artışların kapsül hasar oranını ve taşıma verimliliğini artırdığı, tıkanma önleyici tabakanın kalınlığındaki artış ile kapsül hasarının ve taşıma verimliliği oranını azalttığı bulunmuştur. Kapsül hasar oranları fan hızı, tıkanmayı önleme tabakasının kalınlığı ve bu faktörler arasındaki etkileşimden önemli ölçüde etkilenirken, taşıma verimliliği sadece fan hızından önemli ölçüde etkilenmiştir. %7.24 nem içeriğine sahip Baisha fıstık çeşidinin pnömatik taşınması için en uygun parametreler 2700 min^{-1} fan hızı ve 6 mm tıkanma önleyici tabaka kalınlığıdır. Bu durumda %5.19 kapsül hasar oranı ve %92.03 taşıma verimliliği elde edilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu araştırmada materyal olarak; yer fıstığı bitkisine ait kabuklu meyveler, kabuklu yer fıstığı meyvelerinin askıda kalma hızlarının (kritik hız) ölçümünde kritik hız ölçüm düzeneği ve anemometre, kabuklu yer fıstığı meyvelerinin fiziksel boyutlarının ölçümünde kumpas, bitkisel materyalin nem içeriğinin belirlenmesinde kurutma fırını ve kütle ölçümlerinde hassas terazi kullanılmıştır. Prototip yer fıstığı çuvallama makinesinin optimum çalışma koşullarının belirlenmesi için traktör yakıt tüketiminin ölçülmesinde yakıt sarfiyatı ölçüm cihazı, makine iş kapasitesinin belirlenmesinde dijital kronometre ve elektronik baskül kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan materyallere ilişkin ayrıntılı bilgiler aşağıda verilmiştir.

3.1.1. Yer Fıstığı Bitkisi ve Meyveleri

Araştırma kapsamında, bazı tarımsal ürünlerde uygulanan hasat sonrası işlemlerden biri olan çuvallama işini mekanize etmek amacıyla bir Pnömatik Yer Fıstığı Çuvallama Sisteminin tasarımı yapılarak imal edilmiş olup, çalışma materyali olarak NC-7 kabuklu yer fıstığı meyveleri kullanılmıştır (Şekil 3.1). Araştırma materyali yer fıstıkları Adana ilinin İmamoğlu ilçesine bağlı köylerde faaliyet gösteren çiftçilerden temin edilmiştir.



Şekil 3.1. Deneme materyali NC-7 çeşidi kabuklu yer fıstıkları

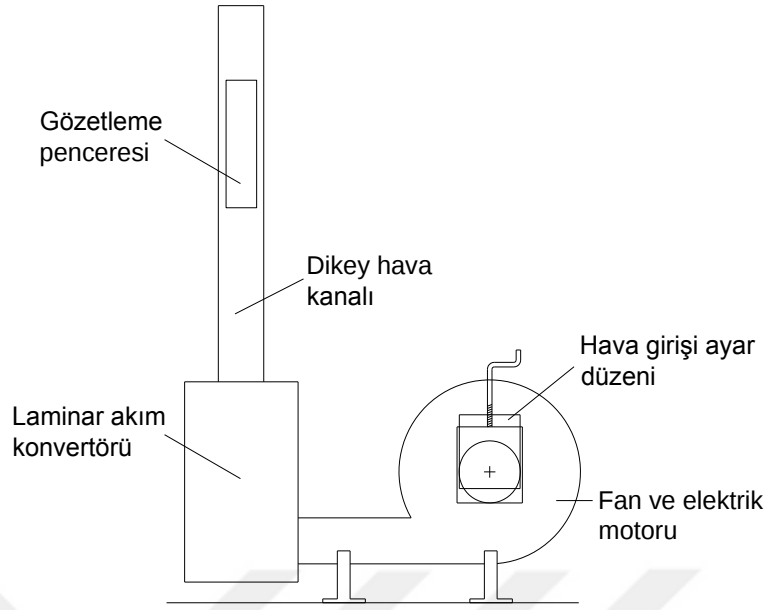
3.1.2. Kritik Hız Ölçüm Düzeneği

Bitkisel ürünlerin kritik hız (askıda kalma) değeri belirlenmesi için Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Bölüm Öğretim Üyeleri tarafından tasarlanmış ve bölüm atölyesi çalışanlarınca imal edilmiş olan düzenek kullanılmıştır (Şekil 3.2). Sistemde kullanılan fan 0.25 kW gücünde, 2800 min⁻¹ hızındaki bir elektrik motoru ile çalıştırılmaktadır. Fanın hava giriş ağzında bir adet sürgülü kapak bulunmaktadır. Bu kapakla sisteme giren hava miktarı ayarlanarak kritik hız değeri belirlenmektedir.



Şekil 3.2. Kritik hız ölçüm düzeneği

Kritik hız değeri, hesap yoluyla yaklaşık olarak bulunabildiği gibi “Kritik hız deney düzeneği” kullanılarak da bulunabilir. Deney düzeneği, bir adet fan, laminar akım konvertörü ve üzerinde gözetleme penceresi bulunan dikey bir borudan oluşmaktadır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Kritik hız deney düzeneğinin şematik görünümü

3.1.3. Anemometre

Hava hızı ölçümleri için Extech marka (Model No 407113, USA), $0.01 \text{ m s}^{-1} < 10 \text{ m s}^{-1}$, $0.1 \text{ m s}^{-1} > 10 \text{ m s}^{-1}$ hassasiyetinde, $0.5\text{-}35.0 \text{ m s}^{-1}$ arasında ölçüm yapabilen bir anemometre kullanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Anemometre

3.1.4. Devir Ölçer

Fan devir sayısını ölçmek için Fuji marka (Kogyo Model, Kyoto/Japan) doğruluğu $\pm 5 \text{ min}^{-1}$, ölçüm aralığı $0-10,000 \text{ min}^{-1}$ olan bir mekanik devir ölçer kullanılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Devir ölçer

3.1.5. Kumpas

Çalışmada ana materyal olarak kullanılan kabuklu yer fıstığı meyvelerinin boyutlarını ölçmek için 0.05 mm hassasiyete sahip mekanik kumpas kullanılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Kumpas

3.1.6. Kurutma Fırını (Etüv)

Bitkisel materyalin nem tayini için Nüve NV 500 markalı kurutma fırını kullanılmıştır. Cihaz 50°C ile 250°C arasında ayar edilen sıcaklık değerlerine kadar ısınabilmekte ve belirtilen toleranslar dahilinde stabil sıcaklıklar oluşturabilmektedir. Kullanılabilir hacim 120 L'dir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Kurutma fırını

3.1.7. Hassas Terazî

Bitkisel materyalin nem tayini için gerekli olan yaş kütle ve kuru kütleleri belirlemek için Sartorius GP 3202 markalı hassas terazi kullanılmıştır. Terazinin tartım kapasitesi 3200 g, hassasiyeti 0.01 g'dır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Hassas terazi

3.1.8. Yakıt Sarfiyat Ölçüm Cihazı

Farklı çalışma koşulları için traktör motorunun yakıt tüketimleri, ARER marka Yakıt Sarfiyat Ölçüm Cihazı kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 3.9). Cihaz traktörün yakıt borusundan geçen akışkan miktarını ölçmektedir ve yerli üretdir. 0.0001 L/min hassasiyetle çalışmaktadır.



Şekil 3.9. Yakıt Sarfiyat Ölçüm Cihazına ait ekran görüntüsü

3.1.9. Kronometre

Prototip makineye ait farklı koşullardaki iş kapasitesi değerlerinin tespitinde süre ölçümleri için el tipi bir dijital kronometre kullanılmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. El kronometresi

3.1.10. Elektronik Baskül

Prototip makinenin iş kapasitesi denemelerinde çuvallanan kabuklu yer fıstıklarının kütle ölçümlerinde elektronik baskül kullanılmıştır (Şekil 3.11). Baskül 5 gram hassasiyet ile maksimum 300 kilograama kadar tartım yapabilmektedir.



Şekil 3.11. Elektronik baskül

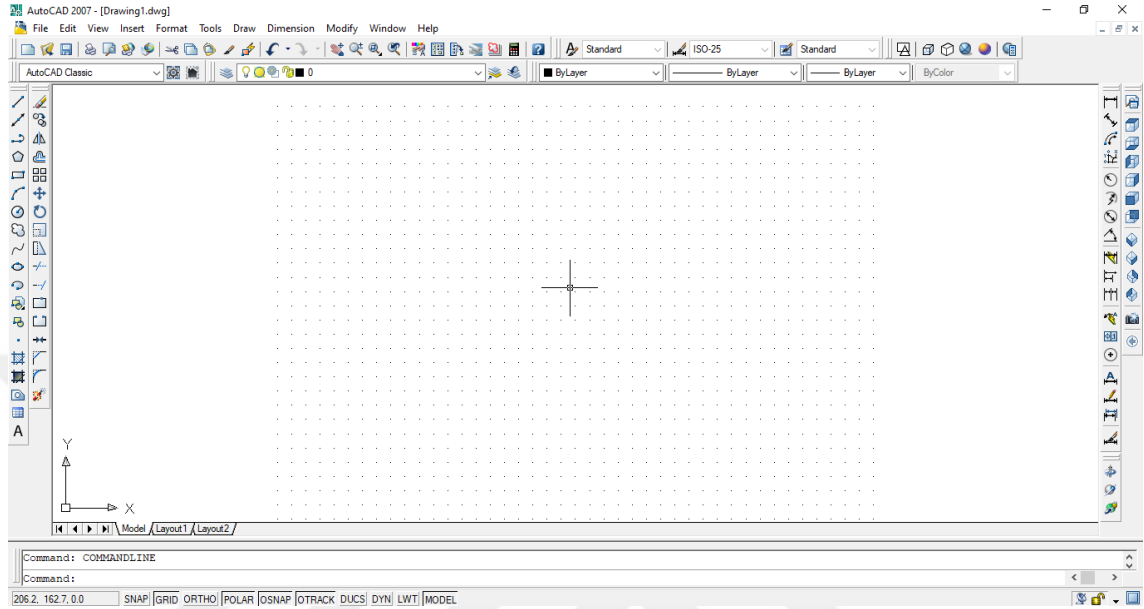
3.1.11. AutoCAD 2007 Paket Programı

Kabuklu yer fıstıklarının izdüşüm alanlarının ölçümünde AutoCAD çizim programından faydalanılmıştır. AutoCAD, Amerika Birleşik Devletleri merkezli Autodesk şirketinin 1980'lerin başından beri geliştirdiği bir bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımıdır. Teknik resim çizmek için kullanılan diğer programlar gibi vektör tabanlıdır. Bu alandaki ilk vektörel çizim programlarından biridir (Şekil 3.12).

Üzerinde çalıştığı işletim sistemlerinin başında Microsoft Windows, Mac OS X, iOS, Android gelmektedir. Farklı alanlar için üzerinde geliştirilmiş özel sürümleri vardır. Özel sürümlerin en yaygın kullanılanlarından bazıları şunlardır:

- AutoCAD Mechanical: Makine ve otomasyon tasarımı için
- AutoCAD Architecture: Mimari tasarım için
- Ayrıca GIS, mekanik, medya ve eğlence sektörleri için de tasarım ürünleri vardır.

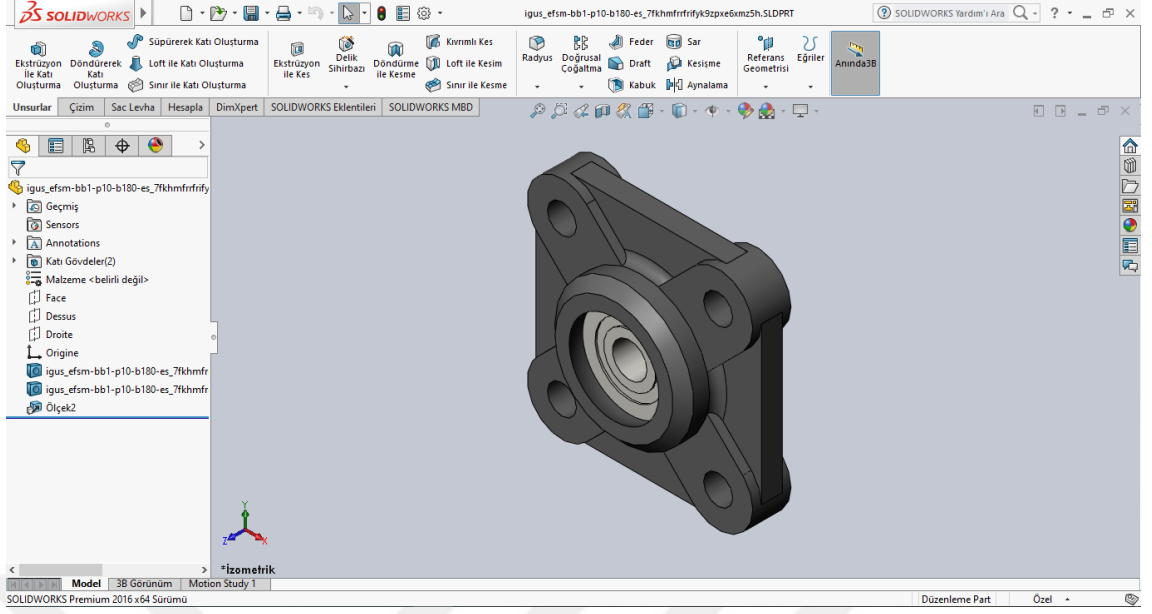
Mühendisler, mimarlar, teknik ressamalar ve teknikerler tarafından kullanılan bir bilgisayar destekli teknik çizim ve tasarım programıdır. En yaygın kullanılan 2D çizim programıdır (Anonim, 2020a).



Şekil 3.12. AutoCAD 2007 çizim programının arayüzü

3.1.12. SolidWorks 2016 Paket Programı

Prototip Pnömatik Yer Fıstığı Çuvallama Makinesinin tasarımında SolidWorks 2016 çizim programı kullanılmıştır. SolidWorks Üç Boyutlu bir bilgisayar destekli tasarım (3D CAD) yazılımıdır. SolidWorks firması 1993 yılında Jon Hirschtick tarafından Concord, Massachusetts'te (ABD) kurulmuştur. Yazılımın ilk versiyonu 1995'te piyasaya çıktıktan sonra 1997 yılında Dassault Systems SolidWorks Corp. tarafından satın alınmıştır. Windows'a entegre ilk 3 boyutlu katı modelleme (3D CAD) yazılımıdır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. SolidWorks 2016 çizim programının arayüzü

En yaygın kullanılan 3 boyutlu katı modelleme yazılımıdır. SolidWorks makine, mobilya, plastik/sac kalıpcılığı, otomasyon, mekatronik, endüstriyel ürün tasarımı gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Anonim, 2020b).

3.1.13. Yer Fıstığı Üreticileri

Adana ilinin Ceyhan ve İmamoğlu ilçelerine bağlı köylerde, yer fıstığı üretimi yapan 5 adet işletme ziyaret edilmiştir. İşletmelerde yapılan yer fıstığı çuvallama işlemi incelenmiş, çalışan işçi sayıları, çalışma süreleri, yapılan alt işler (Doldurma, dikme, yükleme vb.), çuvallanan ürün miktarları vb. teknik veriler alınmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Kabuklu Yer Fıstığının Kritik Hızının Belirlenmesi

Hava akımı kullanarak bir materyalin taşınabilmesi için o materyale ait askıda kalma hızının (kritik hız, yüzme hızı) bilinmesi gerekir. Pnömatik Yer Fıstığı Çuvallama Sisteminin tasarımında kabuklu yer fıstığının hava ile taşınması işinde en önemli veri, yer fıstığının askıda kalma hızıdır. Cismi hava akımı içinde yüzer duruma getirebilmek için,

alttan üfören bir hava akımına verilmesi gereken hız (v), sürtünme vb. kayıplar ihmal edilirse, serbest düşme hızına eşittir ve Eşitlik 3.1 kullanılarak hesaplanabilmektedir (Akkoç & Arun, 1995). Şekil 3.14'de görüldüğü gibi akış direnci F , tanenin ağırlığı G 'ye eşit olduğunda bu koşul gerçekleşir. Boru içinden akan havanın ortalama hızı (v), cismin özgül kütlesi ρ_c , havanın özgül kütlesi ρ_h 'dan daha büyük ise tanenin yüzme hızı aşağıda verilen eşitlikle ifade edilebilmektedir;

$$v = \sqrt{\frac{4 \cdot g \cdot d_c \cdot \rho_c}{3 \cdot c_w \cdot \rho_h}} \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte;

v : tanenin yüzme hızı, $m \cdot s^{-1}$

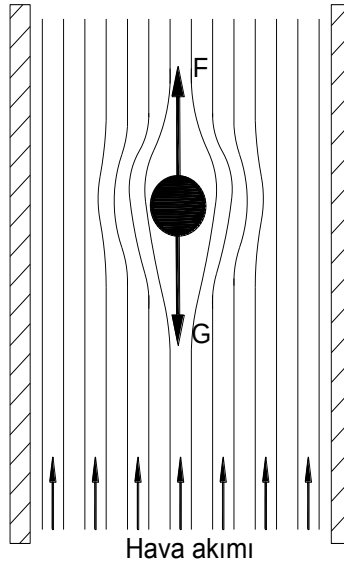
g : yerçekimi içmesi, $m \cdot s^{-2}$

d_c : cismin irilik çapı, m

ρ_c : cismin özgül kütlesi, $kg \cdot m^{-3}$

ρ_h : havanın özgül kütlesi, $kg \cdot m^{-3}$

c_w : cismin direnç katsayısıdır (küresel – 0.45; oval – 0.65; silindirik – 0.90).



Şekil 3.14. Bir cismin hava akımı içinde askıda kalma koşulu

Ince ve ark. (2008) yılında yaptıkları bir çalışmada, jojoba bitkisi meyvelerine ait, içerisinde kritik hızın da bulunduğu, bazı fiziksel özellikleri belirlemişlerdir. Çalışmada kritik hızı hesaplayabilmek için Eşitlik 3.2 kullanılmıştır.

$$V_t = 4\sqrt{P_d} \quad (3.2)$$

Bu eşitlikte;

V_t : tanenin askıda kalma (yüzme) hızı, $m s^{-1}$

P_d : cisme etki eden dinamik basınç, mm-SS'dur.

Hava akımı içerisindeki bir cisme etkiyen dinamik basınç değeri ise Eşitlik 3.3'ten faydalanılarak hesaplanmıştır.

$$P_d = 1.3\rho_t D_e \quad (3.3)$$

Bu eşitlikte;

P_d : cisme etki eden dinamik basınç, mm-SS

ρ_t : tanenin öz kütlesi, $g cm^{-3}$

D_e : Geometrik ortalama çap, birimsiz

Geometrik ortalama çap değeri ise Eşitlik 3.4 kullanılarak hesaplanabilir.

$$D_e = (LWT)^{1/3} \quad (3.4)$$

Bu eşitlikte;

D_e : Geometrik ortalama çap, mm

L : Uzunluk (Büyük eksen üzerindeki mesafe), mm

W : Genişlik (Orta eksen üzerindeki mesafe), mm

T : Kalınlık (Küçük eksen üzerindeki mesafe), mm'dir.

Kabuklu yer fıstığı meyvesinin boyutlarının ölçümünde 0.05 mm hassasiyeti olan kumpas kullanılmıştır. Ölçümler rastgele seçilen 50 adet örnek üzerinden

gerçekleştirilmiştir. Kabuklu yer fıstığı meyvesinin temel boyutları Şekil 3.15’de görülmektedir.



Şekil 3.15. Kabuklu yer fıstığı meyvesinin temel boyutları

3.2.2. Kabuklu Yer Fıstığı Meyvelerinin Özkütle Tespiti

Tarımsal ürünlerin önemli fiziksel özelliklerinden biri de öz kütlesidir. Kabuklu yer fıstığı meyvesine ait özkütle değerini bulabilmek için Eşitlik 3.5’te görüldüğü gibi cismin kütlesinin, cismin hacmine oranlanması gereklidir.

$$\rho_t = \frac{m}{V} \quad (3.5)$$

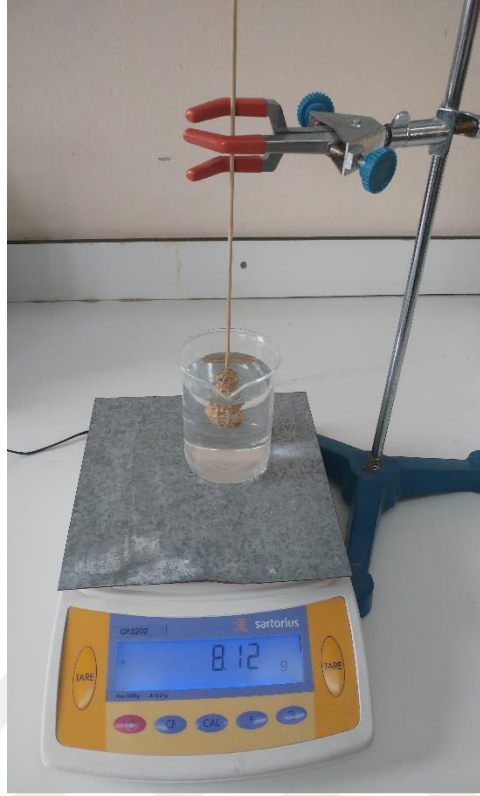
Bu eşitlikte;

ρ_t : tanenin özkütlesi (yoğunluğu), g cm⁻³

m : tanenin kütlesi, g

V : tanenin hacmi, cm³’dür.

Cisme ait kütle değeri (m), terazi kullanarak kolaylıkla ölçülebilmektedir. Ancak kabuklu yer fıstığı meyvesi gibi düzgün geometrik şekli olmayan cisimlerin hacimlerinin hassas bir şekilde belirlenmesi için kullanılabilecek basit bir formül bulunmamaktadır. Bu nedenle, biçimsiz cisimlerin gerçek hacimlerini bulabilmek için su taşıma metodu kullanılmıştır (Mohsenin, 1970). Deney rastgele seçilen 50 adet örnek üzerinden gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.16’da su taşıma metodu kullanılarak gerçek hacim değerinin bulunması ile ilgili bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.16. Su taşıma metodu ile gerçek hacim bulunması

3.2.3. Kabuklu Yer Fıstığı Meyvelerinin İzdüşüm Alanlarının Belirlenmesi

Hava akımı içerisinde hareket eden tarımsal ürünlerin izdüşüm alanlarını bilmek önem arz etmektedir (Ince ve ark., 2008). Kabuklu yer fıstığı meyvelerine ait izdüşüm alanı değerinin belirlenmesinde; I) kabuklu yer fıstığı örnekleri bir tarayıcıda yan yana dizilerek taranmış, II) elde edilen resim AutoCAD 2007 çizim programına yerleştirilmiş, III) örneklerin izdüşümlerini verecek şekilde kenarlarından çizgi çizilmiş (Şekil 3.17) ve IV) çizilmiş olan bu kapalı alanların mm^2 olarak değerleri AutoCAD 2007 programı vasıtasıyla hesaplanmıştır.



Şekil 3.17. İzdüşüm alanının belirlenmesi için AutoCAD 2007 çizim programına yerleştirilmiş kabuklu yer fıstığı örnek resmi

3.2.4. Kritik Hız Deneyinin Yapılışı

Fanın hava giriş ağzında bir adet sürgülü kapak bulunmaktadır. Sürgülü kapak tam kapalı konumda iken elektrik motoruna enerji verilerek fan çalıştırılmış ve yukarıdan kabuklu yer fıstığı meyveleri boru içine bırakılmıştır. Daha sonra sürgülü kapak yavaş yavaş açılarak fan emiş kısmına hava girişi sağlanmıştır. Fandan gelen hava, laminar akım konvertörü vasıtasıyla düzenli bir hale getirilip, düşey boruya yönlendirilmiştir. Düşey boru üzerinde saydam malzemeye sahip gözetleme penceresi bulunmaktadır. Boru içine bırakılan kabuklu yer fıstığı meyveleri gözetleme penceresine kadar yükselip, görünene kadar sisteme giren havanın debisi arttırılmıştır. Daha sonra bir anemometre yardımıyla düşey borunun üst kısmından sistemi terk eden havanın hızı ölçülerek ürünün kritik hızı belirlenmiştir.

3.2.5. Kabuklu Yer Fıstığı Meyvelerinin Nem İçeriğinin Belirlenmesi

Ürün nem içeriğinin belirlenebilmesi için meyve örneklerinin yaş kütle değerleri hassas terazi kullanılarak kayıt altına alınmıştır. Tartılan örnekler, kurutma fırınında 105°C’de 24 saat bekletildikten sonra kütleleri tekrar ölçülmüştür ve Eşitlik 3.6 kullanılarak kabuklu yer fıstığı örneklerinin yaş baza (y.b.) göre ürün nem içeriği hesaplanmıştır (Mohsenin, 1970).

$$NO = \frac{(YK-KK)}{YK} 100 \quad (3.6)$$

Bu eşitlikte;

NO: Ürün nemi, % (y.b.)

YK: Yaş kütle, g

KK: Kuru kütle, g'dır.

3.2.6. Çuvallama İşlemi Maliyeti ve İş Kapasitesinin Belirlenmesi

Yer fıstığı üretimi gerçekleştiren işletmeciler kabuklu yer fıstıklarını depoya kaldırırken veya tüccarlara ve fabrikalara sattıklarında çuvallara doldurup, kamyonlara yükleyerek göndermektedirler. Araştırma sürecinde, yer fıstığı üretimi yapan 5 adet işletme ziyaret edilmiştir. İşletmelerde yapılan çuvallama işlemi incelenmiştir. Çuvallama işine dair yapılan alt işlemler, işçi sayıları, çalışma süreleri ve çuvallanan ürün miktarları vb. veriler elde edilmiştir. Bu veriler kullanılarak bir ton ürün başına çuvallama maliyeti (TL t⁻¹) ve iş kapasitesi (t h⁻¹) değerleri hesaplanmıştır.

Çuvallama işinin maliyeti; çalışan işçi sayısı, işçi gündelik ücreti (yevmiye) ve iş bitiminde kamyonu yüklenmiş olan ürün miktarı değerlerinden Eşitlik 3.6 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$CM = \frac{IS.GM}{CUM} \quad (3.6)$$

Bu eşitlikte;

CM: Çuvallama Maliyeti, TL t⁻¹

IS: İşçi Sayısı, adet

GM: Gündelik Miktarı, TL

CUM: Çuvallanmış Ürün Miktarı, t'dur.

Çuvallama işinde çalışan işçilerin iş kapasitesi hesabında; çalışan işçi sayısı, toplam çalışma süresi ve iş bitiminde kamyonu yüklenmiş olan ürün miktarı belirlenmiş ve Eşitlik 3.7 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$IK = \frac{CUM}{CS} \quad (3.7)$$

Bu eşitlikte;

IK: İş kapasitesi, t h⁻¹

CUM: Çuvallanmış ürün miktarı, t

CS: Çalışma süresi, h'dir.

3.2.7. Prototip Yer Fıstığı Çuvallama Makinesinin Tasarımı

Yer fıstığı üretiminde hasat sonrasında yapılan işlemler, kabuklu yer fıstığı meyvelerini sergen yerine taşımak, kaba eleklerden geçirerek olabildiğince temizlenmesini sağlamak ve yere serilmiş branda türü plastik örtüler üzerine yayarak %10-12 nem oranına kadar kurutma işlemleridir. Son aşamada ise bu ürünün çuvallara doldurulması ve kamyonlara yüklenerek işlenmek üzere fabrikalara veya saklanmak üzere depolara gönderilmesidir. Bu çalışmada, sergen yerine getirilmiş, kurtulmuş ve yığın halde bulunan kabuklu yer fıstığı meyvelerini vakumlu (emişli) hava akımı kullanarak hortumlar içinde taşıyarak, siklon şeklindeki bir depoda biriktiren ve ürünün deponun alt kısmından çuvallara doldurulmasını sağlayan bir prototip “Pnömatik Yer Fıstığı Çuvallama Makinesi” bilgisayar ortamında 3 boyutlu çizim programı kullanılarak tasarlanmıştır. Sonraki aşamada ise tasarımı yapılan prototip çuvallama makinesinin imalat resimleri hazırlanmış ve tarım makineleri imalatı yapan bir firma (Öz-İş Tar.Mak.San İmamoğlu/Adana) tarafından imal edilmiştir.

3.2.8. Yer fıstığı Çuvallama Denemelerinin Düzenlenmesi

Kabuklu yer fıstığı tanelerinin hortum, boru ve siklon içerisindeki hareketleri sırasında kırılma kaybı meydana getirmeyen yüksek hızlar tercih edilmiştir. Ürünün hava akımı içinde taşınabilmesi için uygun koşulların oluşturulması gerekir. İletim hortumu içinden geçmesi gereken hava debisi genel debi eşitliği ile hesaplanmıştır;

$$Q = A \cdot v \quad (3.8)$$

Bu eşitlikte;

Q : Debi, $m^3 s^{-1}$

A : Hortum kesit alanı, m^2

v : Akışkan akış hızı, $m s^{-1}$ 'dir.

Burada akışkan akış hızı (v) değeri belirlenirse, iletim borusu çapına karar verilebilir. Hortum çapına karar verdikten sonra da iletim hortumu içinden geçmesi gereken hava debisi hesaplanabilir ve bunu sağlayabilecek uygun büyüklükteki fan seçilebilir. Farklı hortum çaplarında farklı taşıma kapasiteleri, farklı taşıma kapasiteleri için de farklı enerji tüketimleri oluşacaktır. Bu kombinasyonlar uygulanırken de ürün kayıpları oluşabilecektir. Optimum çalışma koşullarını verecek olan düzenleme için farklı hortum çapları ve iletim hızları kullanılarak farklı çalışma koşulları oluşturulmuştur.

Çalışmada üç farklı çap ölçüsüne sahip spiral polietilen hortum (100, 120 ve 160 mm) kullanılmış (boru uzunlukları 3 m'dir ve boru çapları seçilirken hali hazırda piyasada bulunan borular temin edilerek kullanılmıştır.) ve üç farklı hava hızı (23, 25 ve 27 $m s^{-1}$) uygulanmıştır. Hortum kesit alanı değiştiğinde iletim kanalı içindeki hava hızı da değişmektedir. Her seferde aynı hava hızını sağlayabilmek için fan devir sayısının da değiştirilmesi gerekmektedir. Fana hareket veren kasnağın devir sayısı ve buna bağlı olarak hava akış hızı, traktör kuyruk mili devir sayısı değiştirilerek ayarlanmıştır. Radyal fan miline ait devir sayıları 1210 ile 1830 min^{-1} arasında değerler almıştır. Hava hızı ölçümleri, ürün girişi olan hortumun ağız kısmından anemometre ile yapılmıştır.

Burada amaç, en yüksek iş kapasitesi, en düşük enerji tüketimi ve en düşük kayıp miktarları ile ürünü sorunsuz taşıyabilecek hortum çapını ve hava hızını tespit etmeye çalışmak olmuştur. Her deneme sonrasında çuvallanan ürün içerisinde hasarlı ürün varlığına bakılmıştır.

Farklı çalışma koşulları için traktör motorunun yakıt tüketimleri, ARER marka Yakıt Sarfiyat Ölçüm Cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Cihaz traktörün yakıt borusundan geçen akışkan miktarını ölçmektedir. Elde edilen yakıt tüketim miktarları daha sonra maliyet analizlerinde de kullanılmıştır. Maliyet analizi, aynı işin sadece insan işgücü kullanılarak yapılması sırasında (mevcut durum) harcanan giderler ile yeni sistemin kullanılması durumunda harcanan giderlerin karşılaştırılması şeklinde yapılmıştır.

3.2.9. Verilerin Değerlendirilmesi (Deneme Metodu)

Deneyler 3x3 (3 boru çapı ve 3 hava akış hızı) şeklinde toplam 9 kombinasyonla 3 tekrarlı Faktöriyel deneme planına (toplam 27 deneme) göre uygulanmıştır. Bağımsız değişkenler hortum çapı ve hava hızıdır. Bağımlı değişken olarak, taşıma kapasitesi, harcanan enerji miktarı ve mekanik tohum hasarı incelenmiştir. Yer fıstığının vakum tip Pnömatik iletim sistemi kullanılarak taşınması sırasında taşıma kapasitesi, enerji tüketimi ve mekanik tohum hasarı değişiminin, hortum çapı ve içerisinden geçen akışkan hızının bir fonksiyonu olarak elde edilmesi amaçlanmıştır. Deneme planının matematik modeli aşağıda verilmiştir.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk} \quad (3.9)$$

Bu eşitlikte;

Y_{ijk} : i. boru çapında, j. hava hızında k. gözlem değeri

μ : Popülasyon ortalaması

α_i : Boru çapının i. seviye etkisi

β_j : Hava hızının j. seviye etkisi

$(\alpha\beta)_{ij}$: Boru çapının i. seviyesi, hava hızının j. seviyesinin interaksiyon etkisi

e_{ijk} : Y_{ijk} 'nin hata değeridir.

Deneme sonucunda elde edilen veriler istatistik paket programında (SPSS 17.0 Statistical Package for the Social Sciences) analiz edilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Kabuklu Yer Fıstığı Meyvelerinin Boyutları

Çalışmada kullanılmış olan kabuklu yer fıstığı meyvelerinin boyutları ve bu boyutlar kullanılarak hesaplanmış olan geometrik ortalama çapa ait değerlerin ortalamaları ve standart sapmaları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Kabuklu yer fıstığı meyvesinin temel boyutları

L - Uzunluk, mm	W - Genişlik, mm	T - Kalınlık, mm	D_e - Geometrik ortalama çap, mm
36.6±5.62	15.48±1.69	15.39±1.96	20.59±2.65

4.2. Kabuklu Yer Fıstığı Meyvelerinin Bazı Fiziksel Özellikleri

Çalışmada kullanılmış olan kabuklu yer fıstığı meyvelerinin kütle, hacim, öz kütle ve izdüşüm alanına ait ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.2’de görülmektedir.

Çizelge 4.2. Kabuklu yer fıstığı meyvesinin bazı fiziksel özellikleri

m - Kütle, g	V - Hacim, cm ³	ρ_t - Öz kütle, g/cm ³	İzdüşüm alanı, mm ²
2.62±0.86	5.26±1.31	0.51±0.14	539.51±11.7.

4.3. Kabuklu Yer Fıstığı Kritik Hız Değeri

Kritik hız deney düzeneğinde ve anemometre kullanılarak yapılan ölçümler sonucunda ürüne ait askıda kalma hızı 14.26±0.44 m/s olarak belirlenmiştir.

Ürüne ait kritik hız değeri hesaplama yöntemiyle de belirlenmeye çalışılmıştır. Bu değeri hesaplayabilmek için Eşitlik 3.2 kullanılmıştır. Eşitlik kullanılarak yapılan hesaplama sonucu kritik hız değeri 14.48±2.08 m/s olarak bulunmuştur. Görüldüğü gibi

hem deneme yoluyla elde edilen hem de hesaplama ile elde edilen her iki değer de birbirine oldukça yakındır.

Kritik hız değeri her denemede sadece tek bir tane cisim için belirlenmekte ve çok sayıda yapılan denemelerin sonucu ortalama değer olarak ifade edilmektedir. Ancak, iletim borusu içerisinde yığın veya küme halinde taşınan bir ürün varlığı söz konusu olup, ürün ile boru iç çeperleri arasında meydana gelen sürtünmelerden dolayı basınç düşmesi meydana gelmekte ve iletimin srekliiliğini sağlayabilmek için daha yüksek hızda hava akımı kullanılması gerekmektedir. Benzer bir araştırmada, sisteme sağlanması gereken hava hızı değerinin kritik hız değerinden 2-3 kat daha fazla olması gerektiği bildirilmiştir (Akkoç & Arun, 1995).

4.4. Kabuklu Yer Fıstığının İnsan İşgücü Kullanılarak uvallanması

Kabuklu yer fıstıkları hasat işlemleri tamamlandıktan sonra sergen alanına (temizleme ve kurutma yapılan yer) taşınır (şekil 4.1).



şekil 4.1. Hasat sonrasında kabuklu yer fıstıklarının sergen yerine yığılması

Bilindiği gibi yer fıstığı meyveleri toprak altında yetişen bir üründür. Meyvelerin üzerinde hasat sonrasında bir miktar toprak bulunmaktadır. Bu nedenle öncelikle yığın halindeki ürün, büyük kapasiteli mekanik elekler üzerine doldurularak üzerindeki toprakların ayrılması sağlanır (şekil 4.2).



Şekil 4.2. Ürünün sergen yerinde elenerek topraklı kısımların ayrılması

Eleme ve temizleme işleminden sonra ürün tekrar sergen alanına serilerek kurumaya bırakılır. Kuruma süresi mevsim koşullarına göre farklılık göstermekle beraber 2-7 gün arasında değişmektedir. Ürün arzu edilen uygun depolama nemi %11 (y.b.) ve daha altıdır. Ürünü üreticiden satın almak için gelen tüccarlar, yanlarında nem ölçen cihazlar getirerek ürünü kontrol ettikten sonra fiyat konusunda anlaşma yapmaktadır. Uygun nem seviyesine gelen ürünün çuvallanması gerekmektedir. Satışı yapılmışsa kamyonlara yüklenerek gönderilir. Aksi halde depolama alanına kaldırılır. Her iki halde de çuvallanması gerekmektedir. Kabuklu yer fıstığının çuvallanması şu şekilde yapılmaktadır. Bir işçi yaklaşık 60-70 kg ürünü alabilecek bir çuvalın ağzını açarak elinde tutar. İki adet işçi ellerinde bulunan teneke kutular veya geniş ağızlı kürekler ile ürünü çuvala doldurur. Çuval dolduktan sonra arkalarında bulunan diğer iki işçiye verilir. Bu iki işçiden bir tanesi dolu çuvalın ağzını iğne ve iplik kullanarak diker ve bu çuvalı kamyon kasasına taşıyacak olan diğer işçinin sırtına almasına yardımcı olur. Çuvalı taşıyan işçi bir rampa üzerinden kamyon kasasına çıkar ve çuvalı uygun şekilde kasa üzerinde istifler. Tüm bu işler, işçiler arasında eşit çalışma koşullarının sağlanabilmesi için dönüşümlü olarak yapılır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Sergen yerinde yapılan çuvallama işi ve çuvalların kamyonu yüklenmesi

Görüldüğü üzere bu iş oldukça yorucu, emek gerektiren, tozlu ve sağlıksız koşullarda yapılmaktadır. Ayrıca çuvallama işini yapmak için gerekli işgücünü temin etmek her geçen gün zorlaşmaktadır. Çünkü artık tarım işçileri dahi bu işi, özellikle çuvala doldurma işini, yapmak istememektedir. Üretici, sadece çuvallama işi için ek ücret ödemektedir.

Çuvallama sırasında daha önce bahsedildiği gibi işçiler ürünü teneke kutular veya geniş ağızlı kürekler kullanarak çuvala doldurmaktadır. Ürünün doldurulması sırasında, kutunun veya küreğin kenarlarına çarpan yer fıstıkları parçalanarak kırılmaktadır. Ayrıca işçiler çuval doldurma sırasında ayakları ile ürün yığının üzerine bastıkları için de ezilmeler ve kırılmalar meydana gelmektedir. Hem depolamada hem de tüccar tarafından satın alınmalarda, parçalanma ve zedelenme istenmeyen bir durumdur. Üreticiler ile yapılan görüşmelerde çuvallama sırasında %2-3 civarında ezilme-kırılma kaybı (fire) meydana geldiği dile getirilmiştir.

4.5. Kabuklu Yer Fıstığı Çuvallama Maliyeti ve İş Gücü Gereksinimi

Çizelge 4.3’de kabuklu yer fıstığı çuvallamada yapılan işler, işçi sayıları, iş kapasiteleri ve işçilik maliyetine ilişkin değerler verilmiştir. Yedi kişiden oluşan bir işçi grubu, bir günlük çalışma süresi içerisinde (ortalama 6 saat) bir kamyon ürünü (ortalama

olarak 180 çuval, 15 ton) çuvallayıp, yükleyebilmektedir. Buradan hareketle el ile yapılan çuvallama işinde saatlik iş kapasitesi 2.5 t h^{-1} olarak hesaplanmıştır. Kabuklu yer fıstığının 2019 yılı çuvallamada çalışan gündelik işçi ücretine göre çuvallama maliyeti yaklaşık olarak 45 TL t^{-1} (700 TL, 15 t^{-1}) olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.3. Kabuklu yer fıstığı çuvallamada alt işler, işçi sayıları ve kapasiteleri

Yapılan İş	Süre (h gün ⁻¹)	İşçi Sayısı (adet)	Çuvallanan ürün miktarı (t)	İş Kapasitesi (t h ⁻¹)	Maliyet (TL)
Süpürme	6	2	15	1.25	200
Çuval tutma ve dikiş atma	6	1	15	2.5	100
Doldurma	6	2	15	1.25	200
Kamyona yükleme	6	1	15	2.5	100
İstifleme	6	1	15	2.5	100
TOPLAM		7			700

Çuvallamada çalışan işçiler, 5 çuvalda bir kendi içlerinde yer değiştirerek çalışmaktadır. Böylece tüm işçiler her işi eşit şekilde paylaşmaktadır.

4.6. Prototip Pnömatik Yer Fıstığı Çuvallama Makinesinin Tasarımı ve İmalatı

4.6.1. Kavramsal Tasarım

Ülkemizde yer fıstığı üretimi (ekiminden hasadına) tamamen mekanize olmuştur (Uğurluay ve ark., 2010). Ancak hasat sonrası işlemlerden biri olan sergen yerinde kurutma sonrası çuvallama işi, halen insan işgücü kullanılarak yapılmaktadır. Kabuklu yer fıstığı çuvallama işleminin sakıncalı ve sıkıntılı yanları bulunmaktadır.

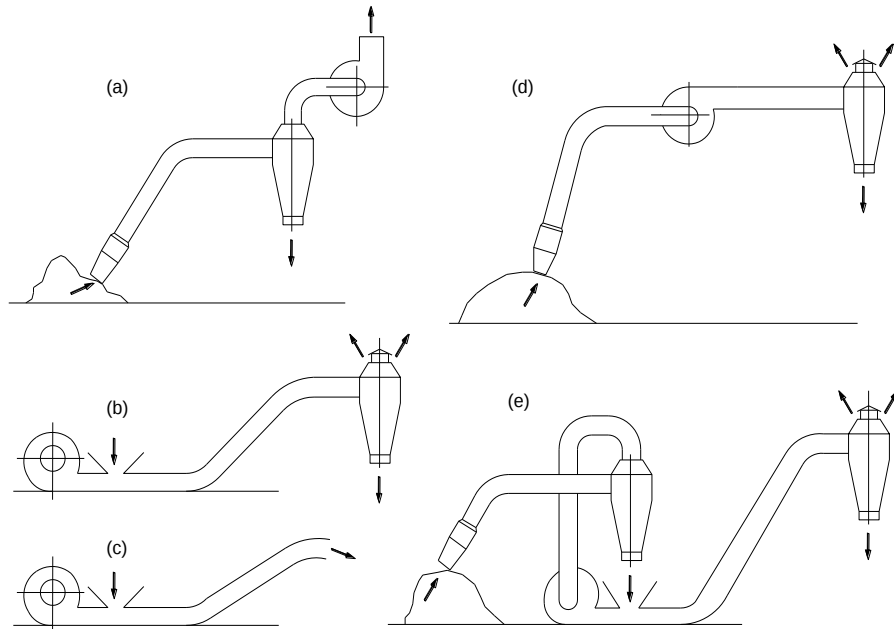
- Birincisi, oldukça tozlu bir ortamda yapıldığından dolayı işçiler için sağlıksız bir çalışma ortamı oluşmaktadır.
- İkincisi, oldukça yorucu, emek isteyen ve zor bir iştir. Bu nedenle de bu işi yapacak işçi bulmakta sıkıntılar yaşanmaktadır.

- Üçüncüsü, ürünü çuvala doldurma işi için kürek veya teneke kutular kullanılmakta ve çalışma sırasında üründe meydana gelen kırılma ve parçalanmalardan dolayı kayıplar oluşmaktadır.

Bu olumsuz durum ve koşulların ortadan kaldırılması için çuvallama işini mekanize edebilecek bir düzenek geliştirmek hedeflenmiştir.

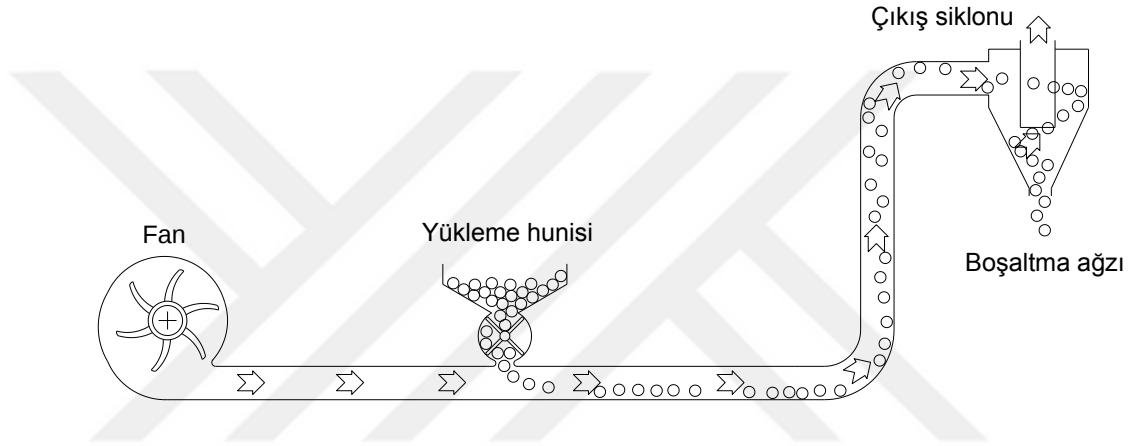
4.6.2. Mekanik Tasarım

Sergen yerinde kurutulmuş kabuklu yer fıstığı meyvelerinin yerden alınıp uygun bir şekilde çuvallanması konusu, tarımsal ürünlerin taşınması ve iletimi içerisinde değerlendirilmiş ve ilgili yöntemler incelemiştir (Deligönül, 1986). Kabuklu yer fıstığının taşınması için sürekli iletim tekniklerinden biri olan Pnömatik Etkili İletim Düzenleri (Hava akımı kullanarak taşıma ve iletim) uygun bulunmuştur. Pnömatik ile taşımada iki yöntem bulunmaktadır. Bunlar basınçlı ve vakumlu (emişli) hava kullanarak taşıma ve iletimdir. Ayrıca bunların ihtiyaca göre farklı uygulamaları da mevcuttur (Yıldız ve ark., 2008). Farklı ihtiyaçlar için kullanılabilen pnömatik taşıma ve iletim sistemlerinin farklı uygulamaları Şekil 4.4’de görülmektedir.



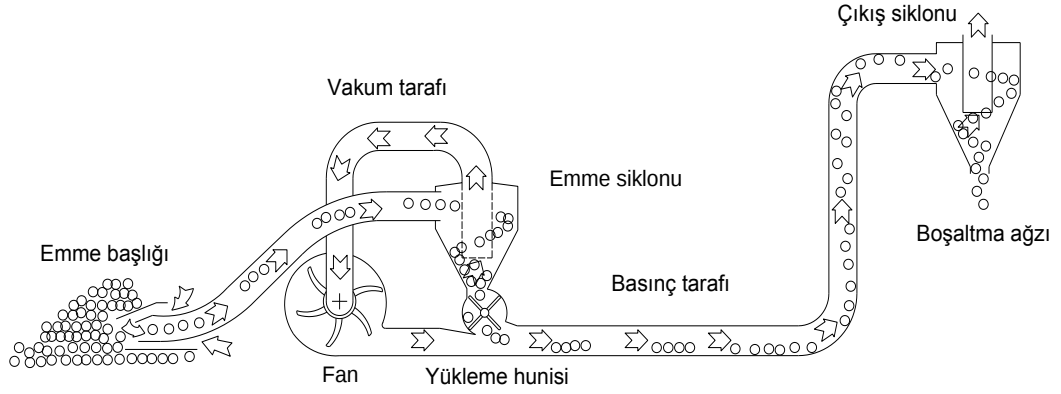
Şekil 4.4. Pnömatik taşıma ve iletim sistemlerinin farklı uygulamaları. (a) vakum etkili tip, (b) ve (c) vantilasyon etkili tip, (d) ve (e) kombine tip

Basınçlı hava kullanarak iletim yapan bir sisteme ait şematik görünüm Şekil 4.5’de görülmektedir. Sistem, bir adet fan, bir adet yükleme hunisi, bir adet siklon ve bunları birbirine bağlayan bir borudan oluşmaktadır. Bu yöntemde fan basınçlı hava sağlamakta, daha sonra ürün hava kanalı içine bırakılmakta ve sonrasında ürün siklon içerisinde havadan ayrılmakta ve çıkış ağzından alınmaktadır. Bu yöntem kabuklu yer fıstığının taşınması için uygun bulunmamıştır. Yükleme kürek vb. el aletleri ile yapılacağı için kabuk kırılmalarına ve kayıplara sebep olması muhtemeldir.



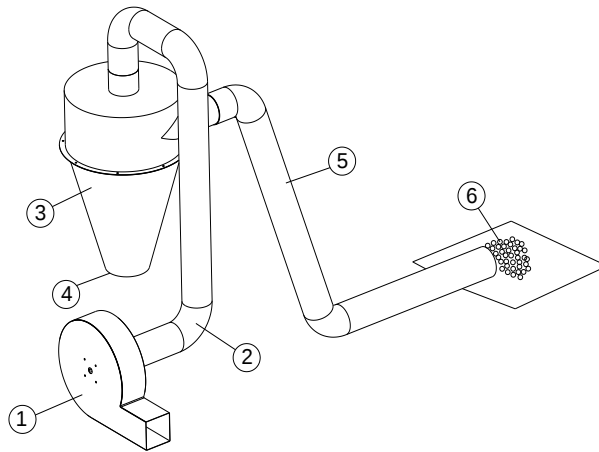
Şekil 4.5. Basınçlı hava kullanarak iletim yapan bir sisteme ait şematik görünüm
(Anonim, 2018)

Vakumlu (emişli) ve basınçlı hava kullanarak iletim yapan bir sisteme ait şematik görünüm Şekil 4.6’da verilmiştir. Bu yöntemde fanın emiş yapan soldaki kısmı ürünü sistem içine almak için kullanılmaktadır. Vakumlu hava sayesinde boru içine emilen ürün bir emme siklonu yardımıyla ayrılır ve fanın basınçlı hava sağladığı sonraki kısma tekrar bırakılır. Basınçlı hava ile ürün taşınmaya devam eder ve daha sonra çıkış siklonu içerisinde havadan ayrılarak alt taraftan alınır. Bu yöntem kabuklu yer fıstığının taşınması için uygundur. Ancak fazladan malzeme ve ünite kullanımı söz konusudur. Bu nedenle daha çok işçilik gerektirmekte ve daha maliyetli olmaktadır.



Şekil 4.6. Hem vakumlu (emişli) hem de basınçlı hava kullanılarak iletim sağlanan kombine sisteme ait şematik görünüm (Anonim, 2018)

Çalışmamızda kabuklu yer fıstığının taşıma ve iletimi için emişli hava kullanılan ancak daha sade bir yapısı olan vakum etkili (hava emişli) pnömatik iletim sistemi tasarlanması ve geliştirilmesi hedeflenmiştir. Hava emişli bu iletim sisteminin şematik resmi Şekil 4.7’de görülmektedir. Bu sistemde fan hattın sonuna, siklonun gerisine yerleştirilmiştir. Böylece tüm hat boyunca vakum oluşur. Hattın sonuna yerleştirilen ve siklon prensibiyle çalışan depo, ürün ile havayı birbirinden ayırır. Siklon aynı zamanda ürünü belli miktarlarda biriktiren bir depo gibi kullanılır ve çuvala doldurma işi, depo altında bulunan bir boşaltma kapağı yardımıyla yapılır. Bu sayede çuvallama işinde ihtiyaç duyulan aralıklı çalışma imkânı sağlanmış olur.

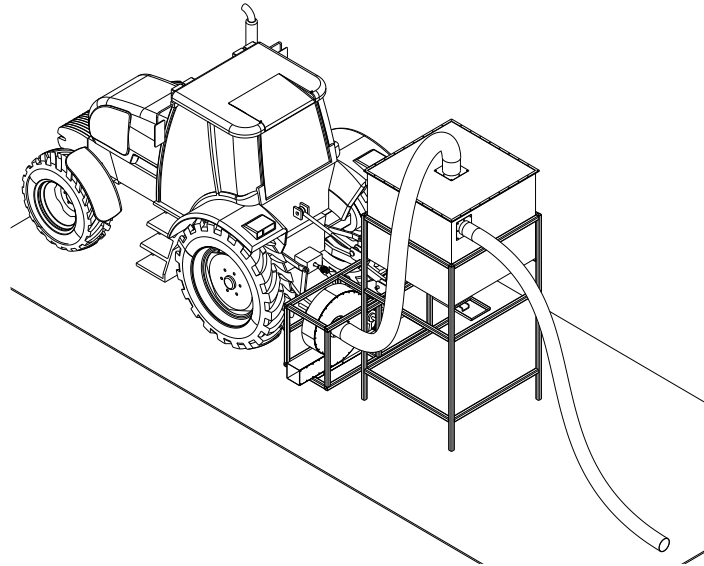


Şekil 4.7. Vakumlu (emişli) hava kullanarak iletim yapan yer fıstığı çuvallama sisteminin kavramsal şematik resmi. (1-Fan, 2- Fan-siklon bağlantı borusu, 3- Siklon, 4- Ürün boşaltma kapağı, 5- Ürün emme hortumu, 6-Ürün)

Ürünün vakumlu hava ile sisteme alınması sayesinde, kırılma kayıpları engellenerek ekstra kazanç elde edilmesi, işçilik giderlerinde azalma ve iş için harcanan zamandan tasarruf sağlanması beklenmiştir. Bilindiği gibi siklon sistemler ağır materyaller ile hafif olanları bir akışkan akımı içerisinde yerçekimi yardımıyla birbirinden ayırmak için kullanılmaktadır (Alibaş ve ark. 1995). Yığın halde yerde duran kabuklu yer fıstığı kümesi içerisinde bir miktar toz ve ufalanmış bitkisel atıklar da bulunmaktadır. Sistemde hat sonunda kullanılan siklon, materyal içindeki tozu hava ile birlikte fan çıkışından ayıracağı için daha sağlıklı bir çalışma ortamı da sağlayacaktır.

4.7. Pnömatik Kabuklu Yer Fıstığı Çuvallama Makinesi

Bu çalışmada öncelikli olarak “Pnömatik Kabuklu Yer Fıstığı Çuvallama Makinesi” tasarımı ve imalatı amaçlanmıştır. Prototip makinenin tasarımı ve çizimleri bilgisayar ortamında yapılmıştır. Bu prototip makine, İmamoğlu/Adana’da bulunan ve tarım makineleri üretim sektöründe çalışan özel bir firma tarafından imal ettirilmiştir. Pnömatik Kabuklu Yer Fıstığı Çuvallama Makinesi traktöre asılır tiptedir ve hareketini traktör kuyruk milinden alarak çalışmaktadır. Makineye ait izometrik bir görünüş Şekil 4.8’de verilmiştir.

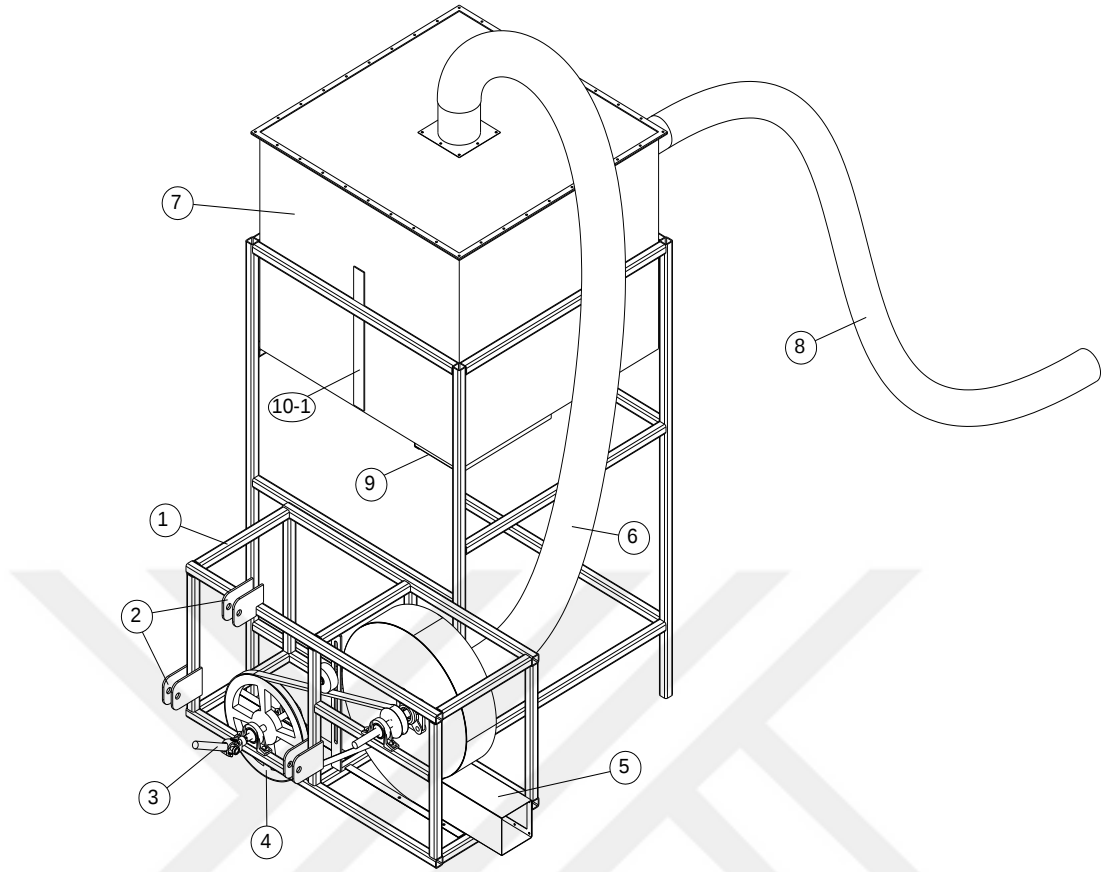


Şekil 4.8. Traktöre asılır tip Pnömatik Kabuklu Yer fıstığı Çuvallama Makinesine ait izometrik görünüş

Pnömatik Yer Fıstığı Çuvallama Makinesi (Şekil 4.10); Kasa (Şase) (1), Üç nokta askı sistemi (2), Kuyruk mili bağlantı şaftı (3), Kayış-kasnak mekanizması (4), Radyal fan (5), Fan - depo arası bağlantı hortumu (6), Ürün deposu (siklon) (7), Ürünün toplanmasını sağlayan emiş hortumu (8), Ürün boşalma ve çuvallama ağzı (9), Ürün deposu dolum seviye göstergeleri (10), Fan girişi kelebek valf (11) ve Ürün deposu hava çıkış ağzı tel örgüsünden (12) oluşmaktadır.

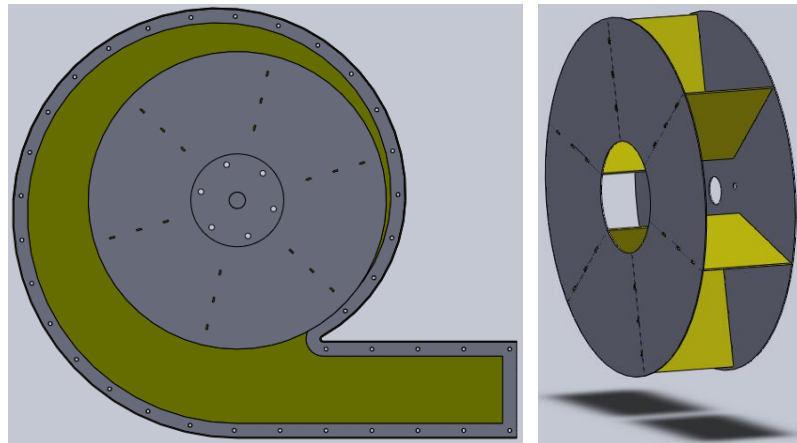
Makine, hasat edildikten sonra sergen yerine getirilip elenmiş, kurtulmuş ve yığın halde bulunan kabuklu yer fıstıklarını vakumlu hava akımı kullanarak içine çekmekte, içine aldığı ürünü çalıştığı sürece bir depoda biriktirmekte ve deponun alt kısmından çuvallara doldurulmasını sağlamaktadır. Makineyi oluşturan tüm aksamalar çelik profillerden oluşan bir çatı (1) üzerine uygun şekilde yerleştirilmiştir. Makine hareketini traktörün kuyruk milinden bir kardan mili (3) yardımıyla alarak çalışmaktadır. Kardan mili makinedeki bir kayış-kasnak mekanizmasına bağlıdır (4) ve bu mekanizma radyal bir fanı (5) çalıştırmaktadır. Radyal fanın (5) emiş ağzı, fan-depo arası bağlantı hortumu (6) ile ürün deposuna (7) üst kısımdan bağlıdır. Fan ile depo arası hortum (6) çapı 200 mm olarak seçilmiştir. Bu sayede sürtünme kayıpları en düşük seviyede tutulmaya çalışılmıştır. Ürünün toplanmasını sağlayan hortum (8) ise ürün deposunun (7) arka tarafına bağlanmıştır ve uç kısmı boşta (Şekil 4.9).

Radyal fan (5) çalıştırıldığında fan-depo arası bağlantı hortumu (6), ürün deposu (7) ve ürünün toplanmasını sağlayan hortum (8) sayesinde sisteme hava girişi, ürünün toplanmasını sağlayan hortumun (8) açık olan ağzından sağlanmaktadır. Bu hava girişi yeterince hızlı olduğu takdirde, kabuklu yer fıstığı meyveleri buradan içeri çekilmekte ve sürüklenerek ürün deposuna (7) taşınmaktadır. Depo hacmi, yaklaşık 3 çuval (1 çuval (haral) ürünün ortalama kütlesi 75 kg) ürünü biriktirebilecek bir büyüklük için tasarlanmıştır. Kabuklu yer fıstığı meyvelerinin yığın yoğunluğu ortalama olarak 245 kg m^{-3} 'dir (Akçalı ve ark., 2006). Buradan depo hacminin yaklaşık 1 m^3 olması gerekliliği ortaya çıkar. Ürünün biriktirildiği depo, siklon prensibi ile çalışmaktadır. Siklonik bir depo şekil itibarıyla silindirik yapılı olur. Ancak bu büyüklükte sac malzemeden silindirik-konik bir depo imal etmek kolay olmadığı için aynı kapasiteyi veren prizmatik bir depo imal edilmiştir.



Şekil 4.9. Pnömatik Yer Fıstığı Çuvallama Makinesinin izometrik görünüşü

Hızlı ve düzenli bir hava akımı sağlayabilmek için salyangoz gövdeye sahip bir radyal fan tasarlanmıştır. Fan içerisinde de kapalı tip çark tasarlanıp kullanılmıştır (Şekil 4.10).

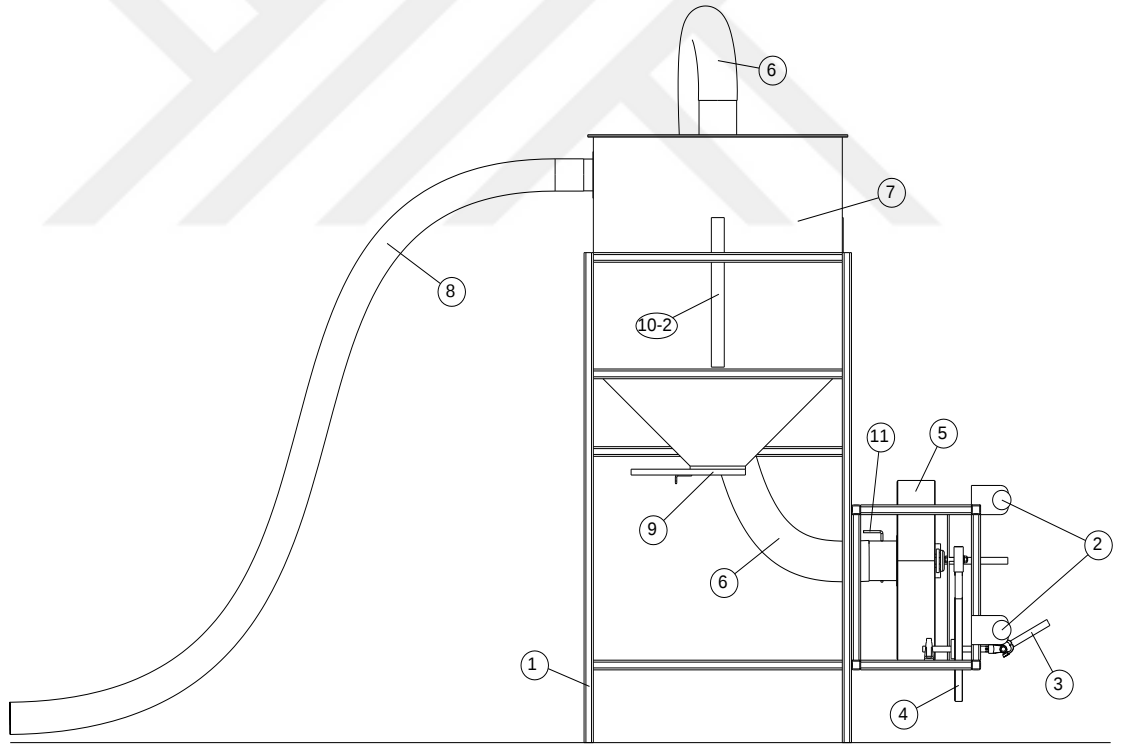


(a)

(b)

Şekil 4.10. a-Salyangoz (Spiral açınımlı) gövde, b-Düz kanatlı kapalı tip çark

Ürün deposuna (7) giren havanın hızı, akış kesiti aniden büyüdüğü için çok düşmektedir. Hava hızındaki bu ani düşme, beraberinde getirdiği materyali taşıyamamakta ve depo (7) içinde serbest bırakmaktadır. Depo (7) içine giren hava fan-depo arası bağlantı hortumu (6) ile yoluna devam etmekte ve fan (5) içinden geçtikten sonra fan çıkış ağzından dışarı atılmaktadır. Bu şekilde sürekli olarak depo (7) içine ürün taşınmakta ve birikmektedir. Depo belirli bir seviyeye kadar doldurulduktan sonra alt kısmında bulunan ürün çuvallama ağzında (9) bulunan sürgülü kapak kullanılarak ürün, kolayca çuvallanabilmektedir. Depo (7) içinde biriken ürün miktarının takibi için hem ön tarafında (Traktör sürücüsü için) hem de yan tarafında (Çuvallama işçisi için) iki adet ürün deposu doluluk seviye penceresi (10-1 ve 10-2) yerleştirilmiştir. Buradan ürün seviyesi sürekli olarak izlenip, belirli aralıklar ile çuvallama yapmaya karar verilebilmektedir (Şekil 4.11).

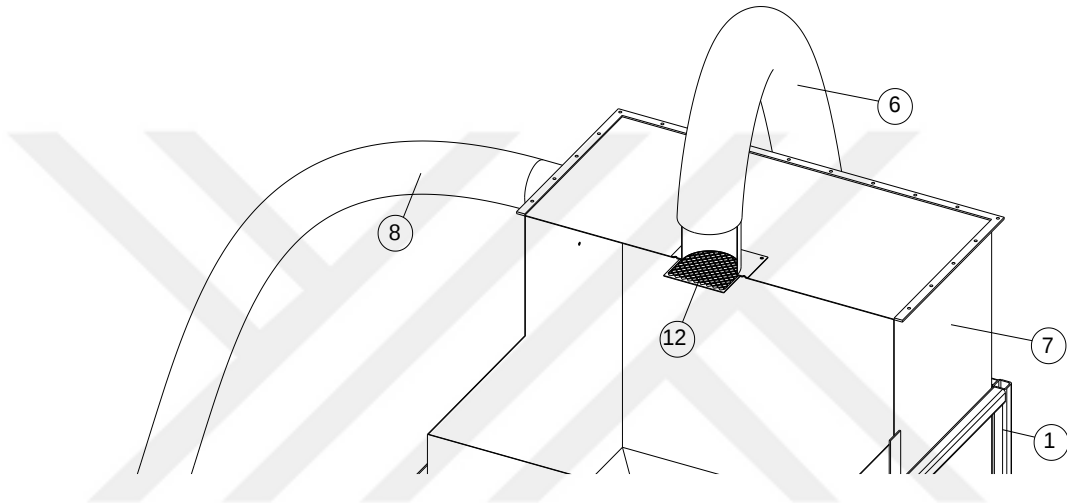


Şekil 4.11. Pnömatik Yer Fıstığı Çuvallama Makinesinin sol yan görünüşü

Ayrıca fan (5) hava emişinin hızlı bir şekilde kesilmesi gerektiği durumlar için fan (5) emiş ağzına, fan girişi kelebek valf (11) yerleştirilmiştir. Kelebek valf (11) çevirme

kolu 90° sağı ya da sola çevrildiği anda hava akışını tamamen durdurmaktadır (Şekil 4.11).

Her ne şekilde olursa olsun depo (7) içindeki ürünün depo üst kısmında bulunan fan-depo arası bağlantı hortumu (6) çıkışına kaçmasını önlemek amacıyla buraya ürün deposu hava çıkış ağzı tel örgüsü (12) yerleştirilmiştir. Tel örgü (12) ürünün bir şekilde buradan geçip fana (5) ulaşmasını ve fan içinde parçalanıp dışarı atılarak zarara uğramasını engellemektedir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Depo kesit görünüşü (Fan çıkışında yer alan tel örgü)

4.8. Deney Sonuçları

Deneyler 3 x 3 (3 farklı boru çapı ve 3 farklı hava hızı) şeklinde toplam 9 grupta, 3 tekrarlı faktöriyel deneme planına göre (toplam 27 deneme) planlanıp uygulanmıştır. Bağımlı değişken olarak, iş kapasitesi, yakıt tüketimi ve hasarlı ürün miktarı incelenmiştir.

Pnömatik Yer Fıstığı Çuvallama Makinesi, traktöre asılır tiptedir ve hareketini traktör kuyruk milinden alarak çalışmaktadır. Makine, hasat edildikten sonra sergen yerine getirilip elenmiş, kurtulmuş ve yığın halde bulunan kabuklu yer fıstıklarını vakumlu hava akımı kullanarak deposu içine çekmekte, çalıştığı sürece biriktirmekte ve deponun alt kısmından sürgülü bir kapak yardımıyla çuvallara doldurulmasını sağlamaktadır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Pnömatik Yer Fıstığı Çuvallama Makinesi denemelerinden bir görünüm

Pnömatik Yer Fıstığı Çuvallama Makinesi ile yapılan denemelerde kullanılan kabuklu yer fıstığı meyvelerinin nem değeri %22.1 (y.b.) olarak tespit edilmiştir. Denemeler Ekim ayında yapılmıştır. Kurutma fırsatı olmayan, yeni hasat edilmiş ürün kullanılmıştır. Normal şartlarda %11 olması gereken nem bu nedenle daha fazladır.

Denemeler sonrasında tespit edilen ortalama çuvallama kapasitesi, yakıt tüketimi ve hasarlı ürün değerleri Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Çuvallama kapasitesi, yakıt tüketimi ve hasarlı ürün değerleri

Hortum çapı (mm)	Hava hızı (m s ⁻¹)	Kapasite (t h ⁻¹)	Yakıt tüketimi (L t ⁻¹)	Hasarlı ürün (%)
160	27	2.54±1.67	5.45±1.42	0.0
160	25	1.25±0.47	5.57±2.26	0.0
160	23	0.63±0.08	4.39±0.32	0.0
120	27	0.87±0.02	5.05±0.59	0.0
120	25	0.32±0.06	6.86±0.61	0.0
120	23	0.31±0.05	6.96±1.36	0.0
100	27	0.50±0.04	6.63±0.07	0.0
100	25	0.39±0.06	7.40±0.39	0.0
100	23	0.06±0.08	11.17±0.76	0.0

Denemeler sonrasında elde edilen veriler SPSS 17.0 (Statistical Package for the Social Sciences) programında değerlendirilmiştir. Kabuklu yer fıstığının vakum tip pnömatik iletim sistemi kullanılarak taşınması sırasında, makinede kullanılması muhtemel 3 farklı hortum çapının (100, 120 ve 160 mm) ve hortumlar içerisinde geçen 3 farklı hava hızının (23, 25 ve 27 m s⁻¹) iş kapasitesi, yakıt tüketimi ve mekanik tohum hasarı değişimine etkileri incelenmiştir.

Tüm denemelerde mekanik ürün zararı görülmemiştir (Çizelge 4.4) ve bu nedenle ürün zararı istatistiksel analizlerden çıkarılmıştır.

Farklı hortum çaplarının ve hortumlar içerisinde geçen farklı hava hızlarının iş kapasitesine etkilerinin incelendiği varyasyon analiz tablosu Çizelge 4.5’de ve Duncan Testi sonuçları da Çizelge 4.6’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Farklı hortum çaplarının ve hortumlar içerisinde geçen farklı hava hızlarının iş kapasitesine etkilerinin varyasyon analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Genel	35.381	27			
BÇ	6.964	2	3.482	10.327	0.001
HH	4.369	2	2.185	6.480	0.008
BÇ*HH	2.231	4	0.558	1.655	0.204
Hata	6.069	18	0.337		

BÇ: Boru Çapı, HH: Hava Hızı

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre, hem makinede kullanılan boru çapları hem de ürünü taşıyan hava hızlarının iş kapasitesine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.01) (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.6. Duncan testi sonuçları (İş kapasitesi)

BÇ	N	Kapasite	HH	N	Kapasite
100	9	0.318±0.21 ^a	23	9	0.335±0.26 ^a
120	9	0.497±0.28 ^a	25	9	0.653±0.51 ^a
160	9	1.474±1.21 ^b	27	9	1.302±1.26 ^b
P		<0.001			<0.001

Prototip makinede kullanılan hortum çapları, iş kapasitesi bakımından değerlendirildiğinde 160 mm çapa sahip hortumun, en yüksek iş kapasitesini verdiği, diğer ikisinin (120 mm ve 100 mm) ise daha az başarılı ve birbirine yakın olduğu görülmüştür (Çizelge 4.6).

Hortumlar içerisinden geçen hava hızları, iş kapasitesi bakımından değerlendirildiğinde 27 m s⁻¹'lik hava hızının, en yüksek iş kapasitesini verdiği, diğer ikisinin (25 ve 23 m s⁻¹) ise daha az başarılı ve birbirine yakın olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Farklı hortum çaplarının ve hortumlar içerisinden geçen farklı hava hızlarının yakıt tüketimine etkilerinin incelendiği varyasyon analiz tablosu Çizelge 4.7'de ve Duncan Testi sonuçları da Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı hortum çaplarının ve hortumlar içerisinden geçen farklı hava hızlarının yakıt tüketimine etkilerinin varyasyon analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Genel	1297.120	27			
BÇ	49.685	2	24.843	21.066	.000
HH	14.765	2	7.383	6.260	.009
BÇ*HH	30.037	4	7.509	6.368	.002
Hata	21.227	18	1.179		

BÇ: Boru Çapı, HH: Hava Hızı

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre, hem makinede kullanılan boru çapları hem de ürünü taşıyan hava hızlarının yakıt tüketimine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.01) (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Duncan testi sonuçları (Yakıt tüketimi)

BC	N	Yakıt Tüketimi	HH	N	Yakıt Tüketimi
160	9	5.133±1.47 ^a	27	9	5.700±1.06 ^a
120	9	6.300±1.24 ^b	25	9	6.633±1.46 ^{ab}
100	9	8.411±2.14 ^c	23	9	7.511±3.06 ^b
P		<0.001			<0.001

Prototip makinede kullanılan hortum çapları, yakıt tüketimi bakımından değerlendirildiğinde; 160 mm çapa sahip hortumun, en düşük yakıt tüketimini verdiği, diğer ikisinin (120 mm ve 100 mm) ise daha çok tüketime neden olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

Hortumlar içerisinden geçen hava hızları, yakıt tüketimi bakımından değerlendirildiğinde 27 m s^{-1} 'lik hava hızının, en düşük yakıt tüketimi değerini verdiği, diğer ikisinin (25 ve 23 m s^{-1}) ise daha çok tüketime neden olduğu görülmüştür (Çizelge 4.8).

4.9. Makine ile Çuvallama Maliyeti ve İş Gücü Gereksinimi

Daha önce de belirtildiği gibi bu prototip makine ile çalışılması durumunda bir saatte 2.54 ton kapasite ile çuvallama yapabilmektedir (boru çapı 160 mm ve hava hızı 27 m/s). Buradan hesapla, 15 ton ürünü çuvallayabilmek için yaklaşık 6 saatlik sürenin gerekli olduğu bulunur. Tamamıyla insan işgücü (7 adet işçi) kullanılarak yapılan çuvallama işi için de 15 ton ürünün çuvallanması için 6 saat süre gereklidir.

Prototip makine ile çuvallama işinde ise 4 kişiden oluşan bir işçi grubu yeterlidir. Bir işçi ürünün toplanmasını sağlayan hortumu kontrol edecek, bir işçi çuvalı depo altına yerleştirip sürgülü boşaltma kapağı yardımıyla ürünü çuvala dolduracak, bir işçi dolu çuvalın ağzını dikecek ve bir başka işçi de bu çuvalı kamyon kasasına taşıyacak şekilde çalışacaktır. Bu durumda makine ile çalışmada 3 adet işçi tasarrufu sağlanmaktadır. Bir işçinin günlük işçilik maliyeti 100 TL olduğuna göre, 300 TL işçilik giderinden tasarruf edilmektedir.

Makinenin bağlı olduğu ortalama güce sahip bir traktörün (80-90 BG) bir ton ürünü çuvallayabilmek için de 5.45 L dizel yakıt tüketmesi gerekmektedir. Bir litre dizel yakıtın fiyatı çalışmanın yapıldığı zaman diliminde (2019 yılı Ekim ayı) 6.00 TL'dir. 15 ton ürünün çuvallanması için 6 saat çalışacak olan bir traktör yaklaşık olarak 490 TL değerinde yakıt harcayacaktır. Çuvallama işinde sadece insan işgücü kullanılması ve prototip makine kullanılması durumunda oluşan giderler aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.9. Çuvallama işinde insan işgücü ve prototip makine kullanılması durumunda oluşan giderlerin karşılaştırılması (1 günde 15 ton ürün için)

İnsan işgücü kullanıldığında		Maliyet	Prototip makine kullanıldığında		Maliyet
İşçi Sayısı	7 adet	700 TL	İşçi Sayısı	4 adet	400 TL
			Yakıt gideri*	81.75 L	490 TL
Toplam		700 TL	Toplam**		890 TL

*Yakıt gideri: 5.45 L/ton x 15 ton * 6 TL/L = 490 TL

**Makine henüz prototip olduğu ve muadili de olmadığından dolayı, amortisman gideri hesaba dahil edilememiştir.

Görüldüğü gibi prototip makine kullanılarak çuvallama yapıldığında, insan işgücü ile elle yapılan çuvallama işine (1 günde 15 ton ürün için) kıyasla 190 TL fazladan ek maliyet oluşmaktadır. Ancak, çuvallama işinde zorlanılan kısmın, ürünün çuvala doldurulması olduğu ve bu işi yapacak işçi bulma sıkıntıları yaşandığı unutulmamalıdır. Ayrıca insan işgücü kullanılan eski yöntemde çuvala doldurma sırasında işçilerin, hem doldurma işinde kullandıkları aletlerin (teneke kutu, geniş ağızlı kürek vb.) çarpma etkisiyle neden olduğu hem de işçilerin ayakları ile ürünü ezerek neden oldukları kırılma ve parçalanma kayıpları yeniden hatırlanmalıdır.

Çuvala doldurma sırasında parçalanma ve ezilme nedeniyle %2-3 civarında (ortalama %2.5) kayıp (fire) olduğu bilinmektedir. Bir günlük çalışma sonrasında 15 ton ürün çuvallanıp kamyonu yüklenmektedir. Bu durumda bir kamyon ürünün çuvallanması sırasında yaklaşık 375 kg ürün kayıp olmaktadır. Araştırmanın yapıldığı bölge olan Ceyhan/Adana çevre köylerinde 2019 yılı kabuklu yer fıstığı tarla satış değeri yaklaşık olarak 10 TL kg⁻¹ olarak gerçekleşmiştir. 375 kg kayıp ürünün yaklaşık parasal değeri de 3,750 TL olarak karşımıza çıkmaktadır. Her iki çuvallama yönteminin maliyetler açısından değerlendirilmesi sırasında kayıp edilen bu miktarın da göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Pnömatik iletim ile ilgili birçok çalışma basınç düşüşleri, taşınan materyalin hava içerisindeki davranışı, yoğun fazlı taşıma, iletim sisteminin otomatik kontrolü v.b. konularında yapılmıştır (Pan ve Wypych, 1997; Wypych ve Yi, 2002; Güner, 2007; Jones ve Williams, 2008; Hardin, 2014).

Kılıçkan ve Güner (2009) tarafından yapılan çalışmada, nohudun pnömatik iletim karakteristikleri belirlenmiştir. Denemelerde, nohudun projeksiyon alanı, terminal hızı, sürüklenme katsayısı, basınç düşümü, güç tüketimi ve tohum zedelenmesini oluşturan

mekanik zedelenme, çimlenme testi araştırılmıştır. Nohudun pnömatik iletimi için pozitif düşük basınçlı sistem kullanılmıştır. Üfleyici devrinin artmasıyla güç ihtiyacı ve basınç düşümü artmış, boru çapının büyümesiyle iletim kapasitesi azaldığı tespit edilmiştir. Tarafımızdan yapılan çalışmada ise boru çapının küçülmesiyle iletim kapasitesinin düştüğü belirlenmiştir.

Benzer bir çalışmada, Ghafori ve ark. (2011) mısır ve arpa tohumlarının emme tip bir pnömatik iletim sisteminde basınç düşüşü, güç tüketimi ve mekanik tohum hasarındaki değişimleri araştırmıştır. Tasarlanan pnömatik taşıma sistemi hem aspirasyon hem de vantilasyon etkilidir. 15 t h^{-1} taşıma kapasitesinde mısır ve arpa tohumlarındaki özellikle enerji tüketimini ve mekanik hasarı azaltmak için pnömatik taşımadaki hava hızı sırasıyla 20 ve 15 m s^{-1} 'in altına düşürülmesi gerektiği bildirilmiştir. Butts ve ark. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada da kabuklu yer fıstığı meyvelerinin depodan bir kamyonu yüklenmesinde pnömatik iletim sistemi, ön yükleyici sistemler ile kıyaslanmış, hasarlı ürün ve yabancı madde oranı bakımından başarılı, ancak iş kapasitesi bakımından üç kat daha başarısız bulunmuştur.

Gao ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada kabuklu yer fıstıklarını pnömatik sistemle iletimindeki bazı parametreleri ölçmüşlerdir. Fan hızındaki artışların kapsül hasar oranını ve taşıma verimliliğini artırdığı, tıkanma önleyici tabakanın kalınlığındaki artış ile kapsül hasarının ve taşıma verimliliği oranını azalttığı bulunmuştur. Kapsül hasar oranı %5.19 ve taşıma verimliliği de %92.03 olarak elde edilmiştir. Tarafımızdan yapılan mevcut çalışmada ise, makine tamamen aspirasyon etkili tasarlanmış, 23, 25 ve 27 m s^{-1} hava hızları denemiş, en iyi taşıma koşulları en büyük hızda gerçekleşmiş ve mekanik zarara rastlanmamıştır.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yer fıstığının yetiştiriciliği ve hasat işlemleri, mekanize bir şekilde yapılabilir. Fakat hasat sonrası işlemlerinden bir kısmında (kurutma, çuvallama ve yükleme gibi) hala insan işgücü kullanılmaktadır. Tarımda işçi bulabilmek gün geçtikçe zorlaşmaktadır.

Çuvallama işinde, zor-zahmetli ve tozlu-sağlıksız çalışma koşulları nedeniyle işgücü temini ve kullanılan kürek veya teneke kutuların yer fıstığı kabuklarını kırması ile fire oluşması gibi sorunlar bulunmaktadır.

Tamamıyla insan işgücü kullanılan yöntemde, 7 kişiden oluşan bir işçi grubu, bir günlük çalışma süresi içerisinde (ortalama 6 saat) bir kamyon ürünü (ortalama olarak 180 çuval, 15 ton) çuvallayıp, yükleyebilmektedir. Çuvallama işgücü gereksinimi 2.5 t h^{-1} olarak hesaplanmıştır. Kabuklu yer fıstığının 2019 yılı gündelik ücretine göre çuvallama maliyeti ortalama olarak 45 TL t^{-1} olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada, yerde yığın halinde bulunan kabuklu yer fıstığını emişli hava kullanarak taşıyan ve bu ürünün çuvala doldurulmasını sağlayabilen asılır tip, traktör kuyruk milinden hareket alan bir Prototip Pnömatik Yer Fıstığı Çuvallama Makinesi tasarlanıp imal edilmiştir.

Makinede kullanılması muhtemel 3 farklı hortum çapının (100, 120 ve 160 mm) ve hortumlar içerisinde geçen 3 farklı hava hızının ($23, 25$ ve 27 m s^{-1}) iş kapasitesi, yakıt tüketimi ve mekanik tohum hasarı değişimine etkileri incelenmiştir. Prototip makinede kullanılan hortum çapları, iş kapasitesi bakımından değerlendirildiğinde 160 mm çapa sahip hortumun, en yüksek iş kapasitesini verdiği görülmüştür. Hortumlar içerisinde geçen hava hızları, iş kapasitesi bakımından değerlendirildiğinde 27 m s^{-1} 'lik hava hızının, yine en yüksek iş kapasitesini verdiği belirlenmiştir.

Prototip makinede kullanılan hortum çapları, yakıt tüketimini bakımından değerlendirildiğinde 160 mm çapa sahip hortumun en düşük yakıt tüketimini verdiği belirlenmiştir. Hortumlar içerisinde geçen hava hızları, yakıt tüketimi bakımından değerlendirildiğinde 27 m s^{-1} 'lik hava hızının, yine en düşük yakıt tüketimi değerini verdiği görülmüştür. Tüm denemelerde mekanik tohum zararı görülmemiştir.

Belirtilen şartlar altında, prototip makine ile çalışılması durumunda bir saatte 2.54 ton kapasite ile çuvallama yapabilmektedir. Buradan hesapla, 15 ton ürünü

uvallayabilmek için 6 saat gerekmektedir. Prototip makine ile uvallama içinde 4 kişiden oluşan bir ii grubu yeterlidir. Bu durumda makine ile çalışmada 3 adet ii tasarrufu sağlanmaktadır. Bir işçinin günlük maliyeti 100 TL olduğuna göre, 300 TL işçilik giderinden tasarruf edilmektedir.

Makinenin bağlı olduğu ortalama güce sahip bir traktörün (80-90 BG) bir ton ürünü çuvallayabilmek için 5.45 L dizel yakıt tüketmesi gerektiği belirlenmiştir. Bir litre dizel yakıtın fiyatı çalışmanın yapıldığı zaman diliminde (2019 yılı Ekim ayı) 6.00 TL olup, 15 ton ürünün çuvallanması için 6 saat çalışacak olan bir traktör yaklaşık olarak 490 TL değerinde yakıt harcayacaktır. Bu sebeple, prototip makine kullanılarak uvallama yapıldığında 190 TL fazladan ek maliyet oluşmaktadır. Ancak, elle uvallama içinde bu ii yapacak ii bulma sıkıntıları yaşanmaktadır. Ayrıca insan iřėc kullanılan yöntemde doldurma içinde kullanılan aletlerin (teneke kutu, geniş ağızlı kürek vb.) arpma etkisiyle ve işçilerin ayakları ile ürünü ezerek kırılma ve parçalanma kayıplarına neden olduğu grlmştir.

uvala doldurma sırasında parçalanma ve ezilme nedeniyle ortalama %2.5 kayıp (fire) oluşmaktadır. Bir günlük çalışma sonrasında 15 ton ürün uvallanmakta, durumda bir kamyon ürünün çuvallanması sırasında yaklaşık 375 kg ürün fire sayılmaktadır. Araştırmanın yapıldığı bölge olan Ceyhan/Adana evre köylerinde 2019 yılı kabuklu yer fıstığı tarla satış değeri yaklaşık olarak 10 TL kg⁻¹ olarak gerçekleşmiştir. 375 kg kayıp ürünün yaklaşık parasal değeri de 3,750 TL'dir. Her iki uvallama yönteminin maliyetler açısından değerlendirilmesi sırasında kayıp edilen bu miktar göz önünde alınırsa, makine ile yapılan işlemin aslında çok daha karlı olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Agrawal, K.K., Clary, B.L. and Schroeder, E.W., 1973. Mathematical models of peanut pod geometry. **Transactions of the ASAE**, 16 (2), 315–319.
- Alibaş K., Tekin Y., Yüksel G., Ulusoy Y., Ünal H., Işık E., Acıcan T., Zeytinoğlu M. ve Darga A., 1995. Tarım Alet ve Makinaları. **Anadolu Üniversitesi**, Açıköğretim Fakültesi Yayın No:457.
- Akçalı, I.D., Ince, A. and Guzel, E., 2006. Selected physical properties of peanuts. **International Journal of Food Properties**, 9: 25–37.
- Akkoç H. ve Arun N. 1995. Pnömatik iletim. **II. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi**. 10-14 Ekim İzmir. s:279-316
- Anonim, 2018. Pneumatic grain conveying (Handbook). **Kongskilde Industries A/S**. http://www.aghs.ca/uploads/kongskilde_airstystems.pdf (Erişim tarihi: 02.12.2018)
- Anonim, 2020a. AutoCAD. Vikipedi, özgür ansiklopedi. <https://tr.wikipedia.org/wiki/AutoCAD> (Erişim tarihi: 06.05.2020)
- Anonim, 2020b. SolidWorks. Vikipedi, özgür ansiklopedi. <https://tr.wikipedia.org/wiki/SolidWorks> (Erişim tarihi: 06.05.2020)
- Arıoğlu, H.H., 2014. Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı Ders Kitabı. **ÇÜ Ziraat Fakültesi Ders Kitapları**. Yayın No: A-70, Genel Yayın No: 220, Adana, 204 s.
- Aşık, F.F., 2018. Ana ürün yer fıstığı tarımında bakteri (Rhizobium sp.) ve azotlu gübre uygulamalarının bazı tarımsal ve kalite özellikleri üzerine etkisi. **ÇÜ Fen Bil. Ens., Tarla Bitkileri ABD**, Doktora Tezi, 142 s
- Baryeh, E.A., Mangope, B.K., 2002. Some physical properties of QP-38 variety pigeon pea. **Journal of Food Engineering**, 56, 59–65.
- Butts, C.L., Sorensen, R.B., Lamb, M.C. 2018. Unloading Farmers' Stock Warehouses with a Peanut Vacuum. **Peanut Science** (2018) 45:87–94.
- Davran M.K. 2007. Yer fıstığı yetiştiriciliği. **Ç.Ü. Tarımsal Yayım, Haberleşme Araştırma ve Uygulama Merkezi. Çiftçi Broşürü**. <http://tyhm.cu.edu.tr/Tr/detay.aspx?pageId=1496> (Erişim tarihi: 27.12.2018)
- Deligönül F., 1986. Taşıma ve iletim tekniği. **Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Notları**. Yayın No:3 Adana.
- Ergür, H.S., Yörü Y. ve Üreyen İ., 2005. Pnömatik Taşımada Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Yollarının Araştırılması. **Makine Mühendisleri Odası IV. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi**. İzmir.
- FAO, 2017. FAO Statistics. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Erişim Tarihi: 15.11.2019)
- FAO, 2018. FAO Statistics. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Erişim Tarihi: 10.06.2020)
- Gao, X., Xie, H., Gu, F., Wei, H., Liu, M., Yan, J., Hu, Z., 2020. Optimization and experiment of key components in pneumatic peanut pod conveyor. **Int J Agric & Biol Eng**. Vol. 13 No.3, 100-107.
- Geng, D., 2008. Design and Study on the Horizontal Double Rollers Peanut Stripper. **Journal of Agricultural Mechanization Research**, 2008-01.
- Ghafori, H., Hemmat, A., Borghae A.M., Minaei, S., 2011. Physical properties and conveying characteristics of corn and barley seeds using a suction-type pneumatic conveying system. **African Journal of Agricultural Research** 6(27), 5972-5977.

- Guner M., 2007. Pneumatic conveying characteristics of some agricultural seeds. **J. Food Eng.**, 80: 904-913.
- Güzel, E., 1986. Çukurova Bölgesinde Yer Fıstığının Söküm ve Harmanlanmasının Mekanizasyonu ve Bitkinin Mekanizasyona Yönelik Özelliklerinin Saptanması Üzerinde Bir Araştırma. **Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Mekanizasyon Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana**
- Hardin, R.G., 2014. Pneumatic Conveying of Seed Cotton: Minimum Velocity and Pressure Drop, **Transactions of the ASABE**. 57(2):391-400. (DOI: 10.13031/trans.57.10437)
- Ince, A., Uğurluay, S., Özlüoymak, Ö.B., Güzel, E. & Özcan, M.T., 2008. Some Physical Properties of Jojoba Fruit Related with Design of Processing Equipments. **10th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture**. 14-17 October 2008, Antalya-TURKIYE.
- Ince, A., & Akcali, İ.D., 2018. Operating conditions of a peanut sizing machine for optimum performance. **The Philippine Agricultural Scientist**. 101 (1), 70-75.
- Güner, M., 2007. Pneumatic conveying characteristics of some agricultural seeds. **Journal of Food Engineering**. 80 (2007) 904–913.
- Jones M.G., Williams K.C., 2008. Predicting the mode of flow in pneumatic conveying systems-A review. **Particuology** 6 (2008) 289–300
- Kadiroğlu A., Kocatürk M, Çetin M.D. ve Kabaş Ö., 2015. Seleksiyon yöntemiyle çerezlik “Batem 5025” yer fıstığı çeşidinin geliştirilmesi. **11. Tarla Bitkileri Kongresi** 7-10 Eylül Çanakkale, s:341
- Kadiroğlu, A. 2018. Yer fıstığı Yetiştiriciliği. **Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya**
- Kaleemullah, S., 1992. The effect of moisture content on the physical properties of groundnut kernels. **Tropical Science**, 32, 129–136.
- Kılıçkan A. Güner M., 2009. The determination of pneumatic conveying characteristics of chickpea, , **Turkish Journal of Agriculture and Forestry** 34(4):265-274 DOI:10.3906/tar-0905-32
- Kobayashi, T., 2005. Pneumatic Conveying for Snow Storage Plants. **Particulate Science and Technology**, 23:1, 93-97, DOI: 10.1080/02726350490516280
- Kurt, C., Arıoğlu, H., 2018. Physical and mechanical properties of soma peanut varieties grown in mediterranean environment. **Cukurova University, Faculty of Agriculture, Dep. of Field Crops**, Adana, Turkey, 2(174) 27-34.
- Mohsenin, N.N., 1970. Physical properties of plant and animal materials. **Gordon and Breach Science Publisher**, 742 p New York.
- Ogunjimi, L.A.O., Aviara, N.A. Aregbesola, O.A., 2002. Some engineering properties of locust bean seed. **Journal of Food Engineering**, 55, 95–99.
- Olajide, J.O. Igbeka, J.C., 2003. Some physical properties of groundnut kernels. **Journal of Food Engineering**, 58, 201–204.
- Pan R., Wypych P. W., 1997 Pressure drop and slug velocity in low-velocity pneumatic conveying of bulk solids, **Powder Technology** 94 123- 132
- Sahoo, P.K. Srivastava, A.P., 2002. Physical properties of okra seed. **Biosystems Engineering**, 83 (4), 441–448.
- Topçu, Y., 2009. Yer fıstığı İşletmelerinin Verimliliğini Etkileyen Faktörlerin Lojistik Analizi. **T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. Verimlilik Dergisi**. 2009(29), 83–97.

- Uğurluay S., İnce A., Sessiz A., Kayışoğlu B., Güzel E. ve Özcan M.T., 2010. **Hasat harman makinaları ve ilkeleri**. Nobel Kitabevi. ISBN: 978-605-397-111-5.
- Wypych, P.W. Yi, J., 2002. Minimum transport boundary for horizontal dense-phase pneumatic conveying of granular materials, **Powder Technology** 129 (2003) 111 – 121.
- Xiaoyan, W., Jie, L., Shuqi, S., Jingtao, J., Ranbing, Y., 2008. Design and Experiment of Half Feeding Type Peanut Picker. **Transactions from the Chinese Society of Agricultural Engineering**. doi:10.3969/j.issn.1002-6819.2008.9.018.
- Yıldız Y., Karaca C. ve Dağtekin M., 2008. Hayvancılıkta mekanizasyon. **Hasad Yayıncılık**. ISBN: 978-975-8377-68-8.
- Yan F., Rinoshika A. and Nonaka H., 2012. An experimental study on a horizontal energy - saving pneumatic conveying system with soft fins. **Powder Technology** 217 (2012) 516–522



ÖZGEÇMİŞ

1988 yılında Hatay’da doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise öğrenimini Hatay’da tamamladı. 2008 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü’nü kazandı. Haziran 2012’de aynı bölümden mezun oldu. 2012/2013 öğretim yılında Ortadoğu Teknik Üniversitesi Kaynak Mühendisliği eğitimini tamamladı. Şubat 2014’te Hatboru A.Ş.’ de üretim mühendisi olarak görev yaptı. Eylül 2014’de Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Eğitimine başladı. Ekim 2014’ten bu yana Hatay Büyükşehir Belediyesi Makine İkmal Şube Müdürlüğünde Makine mühendisi olarak görev yapmaktadır.

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimini Temmuz 2020’de tamamladı.