

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS

**Yerbademinin (Cyprus Esculentus L.) Temizleme Ve
Sınıflandırma Olanaklarının Belirlenmesi Üzerine Bir
Araştırma**

Ceren Özge ÖNEL

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak 2024

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ ONAYI

**Yerbademinin (Cyprus Esculentus L.) Temizleme Ve
Sınıflandırma Olanaklarının Belirlenmesi Üzerine Bir
Araştırma**

Ceren Özge ÖNEL

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu Yüksek Lisans xx/xx/xxxx Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Değerlendirilmiş ve Oy Birliği / Oy Çokluğu ile Kabul Edilmiştir.

Jüri : Prof. Dr. Ahmet İNCE (Danışman)
: Prof. Dr. Kubilay VURSAVUŞ
: Prof. Dr. Sevil KARAASLAN

**Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim
Dalında Hazırlanmıştır.**

Tez No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

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

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iii
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	11
3. MATERYAL VE METOT.....	14
3.1. Materyal.....	14
3.1.1. Yerbade mi.....	14
3.1.2. Tarımsal Kireç.....	14
3.1.3. TDS Metre.....	15
3.1.4. Elek.....	16
3.1.5. Yıkama Havuzu.....	17
3.1.6. Hassas Teraz i.....	18
3.1.7. Kantar.....	19
3.1.8. Sınıflandırma Makinas ı.....	19
3.1.9. Devir ölçer.....	20
3.2. Metot.....	20
3.2.1 Temizleme.....	21
3.2.2. Sınıflandırma.....	26
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	28
4.1. Temizleme Etkinli ğ i Sonuçları.....	28
4.1.1. Laboratuvar Deneme Sonuçları.....	28
4.1.2. Yıkama Havuzu Deneme Sonuçları.....	30
4.1.3. TDS Metre Ölçüm Sonuçları.....	30
4.2. Sınıflandırma Etkinli ğ i Sonuçları.....	33
3. SPSS Testi Analiz Sonuçları.....	35
4.3.1. Temizleme Etkinli ğ i SPSS Sonuçları.....	35
4.3.2. Sınıflandırma Etkinli ğ i SPSS Sonuçları.....	38
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	41
KAYNAKLAR.....	43
ÖZGEÇMİŞ.....	46

**Yerbademinin (*Cyprus Esculentus L.*) Temizleme Ve
Sınıflandırma Olanaklarının Belirlenmesi Üzerine Bir
Araştırma**

Ceren Özge ÖNEL

Danışman: Prof. Dr. Ahmet İNCE

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZ

Yerbademi sahip olduğu özellikler nedeniyle birçok sektörde hammadde olarak kullanılabilme potansiyeli nedeniyle ülkemizde ilgi çeken bir bitki olmaya başlamıştır. Bununla birlikte, hasat ve hasat sonrası mekanizasyon zincirinin eksikliği nedeniyle üretimi ve mamul haline gelmesi zor ve maliyeti yüksektir. Bu nedenle üretimi yaygınlaşmadığından yeteri kadar değerlendirilemeyen bir üründür.

Hasat sonrası temizleme ve sınıflandırma işlemlerinin birincil amacı en az kayıpla ürünü mamul haline getirmektir. Bu noktadan hareketle, bu çalışmada yerbademinin temizlenmesi ve sınıflandırılmasına yönelik bir işlem zinciri ve bu zincirde kullanılacak yöntemler belirlenmeye çalışılmıştır. Temizleme işlemi kaba temizlemeden sonra durgun ve akışlı su kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma işleminde ise oblong delikli döner bir tambur kullanılarak etkinlik belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Temizleme ve sınıflandırma işlemlerinde yerbademinin fiziko-mekanik özellikleri göz önüne alınmıştır. Yapılan denemelerde temizleme süresi 2 dakika olarak saptanmıştır. Yıkamanın durgun suya göre akışlı suda daha verimli olduğu belirlenmiştir. Akışlı suda temizleme etkinliği %93,05 olarak bulunmuştur. Sınıflandırma makinasının en yüksek etkinliği 15 devir/dakikalık dönüş hızında ortalama %66,53 olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yerbademi, Su, Temizleme Etkinliği, Sınıflandırma Etkinliği

CUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

MSC THESIS

A research on determining the cleaning and classification possibilities for Tigernut (*Cyprus Esculentus L.*)

Ceren Özge ÖNEL

Advisor: Prof. Dr. Ahmet İNCE

Department Of Agricultural Machinery And Technologies Engineering

ABSTRACT

Tigernut has become a plant of interest in our country due to its properties and potential to be used as raw material in many sectors. However, due to the lack of harvest and post-harvest mechanization chain, it is difficult and costly to produce and turn into finished products. For this reason, it is a product that cannot be evaluated sufficiently because its production has not become widespread.

The primary purpose of post-harvest cleaning and classification processes is to turn the product into finished product with the least loss. Starting from this point, this study tried to determine a process chain for cleaning and classifying tigernut and the methods that can be used in this chain. The cleaning process was carried out using still and flowing water after rough cleaning. In the classification process, efficiency was determined by using a rotating drum with oblong holes. The results obtained were evaluated statistically.

Physico-mechanical properties of tigernut were taken into consideration during the cleaning and classification processes. In the experiments, the cleaning time was determined as 2 minutes. It has been determined that washing is more efficient in flowing water than in stagnant water. Cleaning efficiency in flowing water was found to be 93.05%. The highest efficiency of the classification machine was calculated as 66.53% on average at a rotation speed of 15 rpm.

Keywords: Tigernut, Water, Washing Efficiency, Classification Efficiency

TEŞEKKÜR

Öncelikle danışmanlığımı üstlenen, araştırma ve deneme sürecimde beni sabırla yönlendiren, çalışmanın her aşamasında desteğini ve hoşgörüsünü esirgemeyen, yaklaşımlarıyla sürecimde kolaylık sağlayan hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet İNCE 'ye teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Tez İzleme Komitesindeki hocalarım Prof. Dr. Sevil KARAASLAN ve Prof. Dr. Kubilay VURSAVUŞ'a teşekkür ederim. Çalışma sürecimin her aşamasında destek olan Dr. Melih Yavuz ÇEVİK'e katkılarından dolayı teşekkür ederim. Çalışmamda yol gösteren Dr. Yasemin VURARAK'a teşekkür ederim. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü'nde atölyede yardımcı olan ustalarım Fevzi ŞAHBAZ ve Harun ÖZVAROL'a teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında destek olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. Yerbade mi yeş il aksam ı ve yumrusu	4
Şekil 1. 2. Yerbade mi saçak kök yapısı	7
Şekil 3. 1. Balyumru Tohumları.....	14
Şekil 3. 2Tarımsal Kireç	15
Şekil 3. 3TDS Metre	15
Şekil 3. 4TDS & EC METER Suyun kalite değ erleri.....	16
Şekil 3. 5Oblong delikli elek.....	17
Şekil 3. 6. Yıkama havuzu	18
Şekil 3. 7Hassas terazi	19
Şekil 3. 8Kantar.....	19
Şekil 3. 9. Sınıflandırma Makinası.....	20
Şekil 3. 10Takometre	20
Şekil 3. 11Ürün iş lem sırası	21
Şekil 3. 12. 4 kg'lık deneme kabı.....	22
Şekil 3. 13. Yıkama havuzu	23
Şekil 3. 14. 20 kg kireç li yerbade mi	23
Şekil 3. 15. Akış lı suda yıkanan ürün	24
Şekil 3. 16. Yıkama esnasında alınan suyun kalite ölç ümü	24
Şekil 3. 17. Yıkanmış ürün.....	25
Şekil 3. 18. TDS metre ile yıkama sonrası suyun kalite ölç ümü	25
Şekil 3. 19. 1 kg ürünün sınıflandırılması yönt emi	27
Şekil 3. 20. Elekten geç en ürün.....	27
Şekil 4. 1. 1 numaralı deneme saf suyun kalite göst erimi.....	31
Şekil 4. 2. 1 numaralı deneme kirece bulanmış suyun kalite göst erimi	31
Şekil 4. 3. 1 numaralı deneme temizlenme sonrası suyun kalite göst erimi.....	32
Şekil 4. 4. Elek üst ünde kalan yıkanmış ürün	33
Şekil 4. 5. Durgun ve akış lı suyun temizleme etkinliğ inin karşı laşt ırması	37

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4. 1. 1 adet yerbademinin temizleme etkinliğine ilişkin sonuçlar.....	28
Çizelge 4. 2. 10 adet yerbademinin temizleme etkinliğine ilişkin sonuçlar.....	29
Çizelge 4. 3100 adet yerbademinin temizleme etkinliğine ilişkin sonuçlar.....	29
Çizelge 4. 4. 20kg yerbademinin temizleme etkinliğine ilişkin sonuçlar	30
Çizelge 4. 5. Suyun kalite ölçümleri	31
Çizelge 4. 6. Denemelerde kullanılan ürünün boyutsal dağılımı	33
Çizelge 4. 7. Sınıflandırma etkinliği deneme sonuçları	34
Çizelge 4. 8. T-testi sonuçları	36
Çizelge 4. 9. İstatiksel grup sonuçları	37
Çizelge 4. 10. Tambur devrinin sınıflandırma etkinliği üzerindeki tanımlayıcı istatistik değerleri..	38
Çizelge 4. 11. Anova testi	39
Çizelge 4. 12. Çoklu karşılaştırma testi, Tukey	39
Çizelge 4. 13 Tambur devrinin sınıflandırma etkinliği üzerinde Anova sonuçları	40
Çizelge 4. 14 Tambur devrinin sınıflandırma etkinliği üzerinde Anova sonuçları	40

1. GİRİŞ

Ülkemiz tarım sektöründe sahip olduğu iklim koşulları sebebiyle önemli bir konumdadır. Tarım sektörü son yıllarda yeni teknolojiler sayesinde ve çağdaş ekonomik normlarla geliştirilen bir sektör haline gelmiştir. Bu nedenle tarım sektörünün hızlı gelişimi için ülkemizde toprakların zenginliğinin korunması ve yeni teknoloji kullanımı kaçınılmazdır. Yeterli bilimsel teknik desteğinin alınamaması, tarım arazilerinin verimli kullanılmaması, yakıt, gübre gibi temel ihtiyaçların fiyatlarında ki artış sebebiyle ülkemizin zenginlikleri yeterince kullanılmamaktadır.

Dünya nüfusundaki hızlı artış gıda ve beslenme yetersizliği sorunlarına sebep olmaktadır. Bu sorunların çözümü için tüketici sağlığı göz önüne alınarak üretim artışı, kalitenin artırılması konusunda çalışmalar yapılmaktadır.

Son yıllarda tüketiciler tarımda kullanılan ilaç ve gübre kullanımının insan sağlığını tehdit edici düzeye gelmesinden rahatsız olmakla birlikte tarım ürünlerinin tüketimine daha bilinçli ve daha hassas yaklaşmaktadırlar. Bundan dolayı insanlar sağlıklı ürün olan kinoa, chia gibi organik ürünlere yönelmektedirler. Bu nedenle son yıllarda ülkemizde yerbademi ilgi çekici ürünlerden biri haline gelmiştir. Yerbademi Akdeniz iklim kuşağına uygun, düşük maliyetli, verimi yüksek aynı zamanda besin değeri de yüksek bir üründür. Ancak Türkiye için yeni bir ürün olan yerbademi üretimi kısıtlı ve beklenen seviyede değildir. Ülkemizde yaygın görülmemesinin en büyük sebeplerinden birisi de hasat ve hasat sonrası işlemlerin gelişmemesi olarak gösterilebilir.

Sebze veya meyve yetiştiriciliğinin son aşaması hasat ve hasat sonrası işlemlerdir. Hasat sonrası işlemlerin başında temizleme ve sınıflandırma gelmektedir. Tüketicie kaliteli ürün sunmak için meyve ve sebzelerin iyi yıkanması temizlenmesi gerekmektedir. Aynı zamanda temizlenme sonrasında ürünün minimum oranda zarar görmesi istenmektedir. Ülkemizde, hasat sonrasında meydana gelen ortalama ürün kayıpları tür ve çeşitlere göre %15-50 arasında değişmektedir (Özcan 1997). En az kayıpla yüksek kalitede ürünü tüketiciye sunmak adına yapılan her çalışma büyük bir önem taşımaktadır.

1.1. Yerbademi

Yer bademi (*Cyperus esculentus* L.) özellikle Orta ve Kuzey Afrika ile Akdeniz ve Güney Avrupa ülkelerinde yetişen tropik çok yıllık ot benzeri bir bitki olup, küçük tatlı yumruları toprak altında olgunlaşmakta ve 'Chufa' olarak adlandırılmaktadır (Şekil 1.1) (Nazlıcan, 2007; Karababa ve ark., 2001; Shaker ve ark., 2009; Oladele ve ark., 2009; Anonim, 2010).



Şekil 1. 1. Yerbade mi yeşil aksamı ve yumrusu

Yerbade minin dikimi, insanlık tarihinin ilk çağlarına uzanmaktadır; Mısır mezarlarında ve ilk çağların hanedanlarının lahitlerinde yumruların var olduğu bilinmektedir. Araştırmacılar, Eski Mısırlılar tarafından ödüllü bir yiyecek olarak kabul edilen yerbade minden bahsetmektedirler. Yapılan incelemelerde İslam kültüründe serinletici içecek olarak bilinen Xufes'in mevcut Horchata olduğuna dair yazılı kanıtlar bulunmuştur (Pascual, 2002). Horchata bitkisel süt anlamına gelmektedir. Orta Çağ başlangıcı ile Mısır ve Kuzey Afrika tarafında üretilmeye başlanmış, VII. yüzyıl ile birlikte islam ülkelerinde, Sicilya ve Akdeniz çevresindeki ülkelerde yerbade mi ekimi genişlemiştir (Bilgili ve ark., 2018) Sıcak, kumlu ve sulak yerlerde doğal olarak yetişen ürünün yumruları 1-2 cm uzunluğunda, dış kabuğu kahverengi zar şeklinde ve amorf bir yapıya sahiptir. İç kısmı beyaz olan yumruların lezzeti fındık, ceviz arasındadır.

Yerbade mi, Cyperaceae familyasından, Cyperus, cinsinden Cyperus Esculentus olarak tanımlanmıştır (Martorell, 1994). Yaprakları uzun, çok yıllık, otsu bir bitkidir. Yaprak üstleri tüm ve pürüzsüz, ucu sivri, rengi yeşil, kırı ş ve kapalı, bir salkım olarak şemsiye görünümüne olabilmekte (bir pisipisi bitkisi gibi) tepesinde 7 yapraklı bölünmüş her yaprağın uzunluğu 15-25 cm ve yaprak genişlikleri 1.5-3 mm'dir. (Anonim, 2018) Yeşil aksamın boyu genellikle 40 ila 80 cm'ye kadardır. Bazen 100 cm'ye ulaşabilir, yumrusu meyvesidir. Meyveler rizomlar ile birbirine bağlıdır. Meyveler oluşmadan rizomlar yaklaşık 0.8-1.5 mm ile düzensiz şekilli bir ahenk bulunmaktadır.

Kökler, çok uzun ve yaklaşık 2 metre olup 1 mm kalınlığında rizomlar vardır, yumruları uçların şekillendirilmesini verir. Yumru şekilleri, 0.9-1.6 cm uzunluğunda ve 0.7- 1.1 cm çapında, küresel, oval veya uzun olabilir, genellikle bu ölçüleri aşan, ancak ortalama ağırlığı 0.45-1.0 g arasındadır. Yumrularda koyu renkli ve üzerinde 4-6 enine hatları vardır. Yumrular genelde yavrulaması için en az 12°C sıcaklık gerektirir. Sarı tipi, kumlu balçık toprakta adapte olmuştur; ayrıca killi topraklarda da olumlu yanıt verdiği belirtilmektedir (Anonim, 2014).

Zeytin yağında palmitik yağ asit değeri %10.8-11.5, stearik yağ asit değeri %2.5-2.6, oleik yağ asit değeri %70.5-75.5, linoleik yağ asit değeri %7.5-15.1 iken bu oranlar yer bademinde sırasıyla %10.21, %1.47, %75.72, %11.64 olarak tespit edilmiştir (Oderinde ve Tairu, 1988; Jozef ve ark., 1988). Yerbade minin yaş ağırlığının %45'i su, kuru ağırlığının da %58'i karbonhidrat, %10'u lif, %7'si protein, %3'ü küldür. Yağ asitler oranı bakımından, oleik yağ asidi, diğer yağ asitlerine göre oldukça yüksektir. Toplam yağ asitleri içinde oleik yağ asidinin payı %60

oranlarındadır. İçeriğindeki diğeryağ asitleri ise toplam %38 civarındadır (Kelley ve ark., 1991). Bu nedenle de çok kaliteli yağ içeriğı ile ticari olarak değerli bir üründür. Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından yapılan çalışmalar neticesinde içerisinde ortalama olarak %20-27 yağ, %15-20 şeker ve %25-30 oranında nişasta bulunduğu tespit edilmiştir (Nazlıcan, 2007). Bu içerik değerleri ile diğeryağ bitkilerine kıyasla daha kaliteli olan yerbademinin, ülkemizde de yağ, şeker ve nişasta üretiminde kullanılan hammaddelere alternatif olarak yetiştiriciliği düşünülebilecek değerli bir ürün olabileceğini söylemek mümkündür.

1.2. Yerbademinin Kullanım Alanları

Yerbademinin ana vatanı Afrika kıtası olmasına rağmen, dünyada en büyük retici İşpanya'dır ve pazar payının %80'inden fazlasına sahiptir. Dünyada yıllık toplam üretimi 15-16 bin ton olan yerbademinin 8-10 bin tonunu İşpanya retmektedir. İşpanya'da ortalama verim 1500-1800 kg/da arasında değişmektedir. (Başkan, 2021) Yüzyıllardan beri İşpanya'da üretilmekte olan yerbademi, 1795 yılında 15 ha iken, dikkate değer ticari üretim 1970'li yıllardan sonra (1970-1980 arası) olduğu bilinir. Aynı dönemlerde hasat mekanizasyonu ile ilgili gelişmelerle insan iş gücü gereksinimi azaltılarak girdi maliyetlerinde azalma grlmştir (Anonim, 2002). 1981 yılı sonrası maksimum üretime ulaştıktan sonra kayda değer artışın akabinde bu ürün için ayrılmış alanlarda bir durgunluk ve stabil bir üretim alanına ulaşılmıştır (Pascual, 2002).

İşpanya Tarım Bakanlığı'nın 1994 yılı verilerine göre, 1985-1994 yıllarında yerbademi üretimi yaklaşık 600 hektar alana ulaşmış ve yine o tarihlerde 1,819 ton ihracatı gerçekleşmiştir. řu anda retimi, Valencia'nın ılıman iklimi ile birlikte kumlu toprağın ideal büyüme koşulları sağladığı bölgedeki 19 kasabada gerçekleştirilmektedir. Burada yaklaşık 5,3 milyon kilogram yerbademi retildeği bildirilmiştir. (Smith, 2022) Son zamanlarda dünya çapında; İşpanya haricinde, başka yerlerde de üretim ve çalışmalar tespit edilmiştir. İşpanya'nın, bu ülkelerden ve Fildişi Sahili gibi yerlerden yılda 2,000 ton yumru ithal etiği ifade dilmektedir (MAPA, 1997). Ürünün Avrupa pazarındaki satış değeri, ürünün kalite standartlarına göre 1,000-1,500 Euro/ton arasında değişmektedir.

2014 yılı fiyatı ile yaklaşık 1.73 TL/kg (İşpanya parası olarak 100 pts/kg) olarak satılmıştır (MAPA, 1997). Bu değerler İşpanya'nın kuzey kesimlerinde toplam ekili alan ile karşılaştırıldığında önemsiz görünebilir ancak Valensiya kültüründe yerbademi üretiminin önemli olduğu vurgulanmaktadır.

Gana ve Mısır'da hem gıda hem de sağlık sektöründe geniş kullanım alanı bulmuşken, özellikle son yıllarda Afrika kıtasındaki hayvansal süt üretiminin düşüş göstermesinden dolayı nedeni bu açığın kapatılması noktasında bitkisel süt elde edilmesinde en yoğun kullanılan bitkilerden biri olduğu bildirilmektedir (Belewu ve Belewu, 2007). Bununla birlikte, A.B.D.'de Mississippi bölgesinde yerbademi posası ya da yumruları yüksek kalorili olduğu için (4.26 kcal/g) hindi ve kanarya yemi olarakta tketlenmektedir (Kelley ve ark., 1991).

Yapılan testlerde yerbademinin sağlık açısından herhangi bir olumsuz bulgusuna (solunum yetmezliği, alerjik astım, yüz demi, kurdeşen ve bař dönmesi vb.) rastlanmadığı belirtilmiştir (Jordá ve ark. 2013). Yerbademinin zeytinyağına eşdeğer, yüksek kaliteli bir yağ niteliğinde ayrıca iyi bir nişasta kaynağı olduğu ve içeriğindeki antioksidanlar sebebiyle kanser önleyici özelliklere sahip olduğu belirtilmiştir. Pascual ve ark. (2002) Yerbademinin en fazla üretilip ve tüketildiği İspanya’da kan dolaşımını hızlandırması nedeniyle kalp hastalıklarına ve özellikle yüksek lif içermesi nedeniyle de kolon kanserine karşı koruyucu olarak tüketildiği bildirilmektedir (Nazlıcan, 2007). Yerbademinin kalp-damar sağlığına olumlu etkisinin olduğu, yüksek oranda znebilir glikoz miktarı ile kanser hastalıklarına karşı bağışıklık sistemini güçlendirdiği (zellikle kolon kanseri), içeriğinde bulunan nişasta, yağ, protein, vitamin E ve C ile çok zengin bir enerji gıdası olduğu, yüksek oleik yağ asiti ve dolayısıyla E vitamini içeriğinin yüksek olmasıyla kolesterol seviyesini dengelediği (Shaker ve ark., 2009; Oladele ve ark., 2009), yüksek kalsiyum içeriği ile bebeklerde kemik ve diř sağlığını desteklediği (Oladele ve Aina, 2007; Belewu and Belewu, 2007; Shaker ve ark., 2009), yüksek oleik yağ asidi (%68,83) ile gelecek yıllarda potansiyel protein ve enerji desteği olarak kullanılabilereği (Belewu ve Belewu, 2007) pek çok çalışma ile bildirilmiş olup, bu yönleriyle insan beslenmesi açısından gelecek yıllarda son derece önemli bir yere sahip olacağı tahmin edilmektedir.

Ceviz ve badem gibi doğrudan erezlik olarak tketelebilen kuru yumrular bisküvi yapımında ve unlu gıdalarda kullanılmaktadır. Yumrular istenilirse çiğ, kurutularak veya suda ıslatılarak ya da kavrulularak yenilebilmektedir. Öğütülmüş yumrular kahveye tat verici olarak kullanılmaktadır. Ayrıca dondurmada aroma arttırıcı olarak eklenmesinin yanında, fosfor ve potasyum elementleri ile C ve E vitaminlerince de zengin içerikli olmaları nedeniyle enerji verici içeceklerin yapımında da kullanılmaktadır. Aynı zamanda yemeklik yağ olarakta kullanılabilir. Aynı zamanda yüksek yanma noktası (247°C) zelliği nedeniyle hintyağının kullanımına benzer şekilde yüksek devirli motorlarda da kullanılabilirliği belirtilmektedir. Akdeniz lkelerinde yiyecek olarak kullanımının yanı sıra ilaç ve parfümeri endüstrisinde, ABD’de ise piliç, hindi ve balık yemi olarak tercih edildiği vurgulanmıştır (Nazlıcan, 2007). İngiltere ve Fransa’da tatlı yapımında yerbademi kullanılırken, İtalya ve Mısır’da insanlar daha çok yemeklerde kullanılmaktadır. Yumruları, Kuzey Nijerya, Gana ve Togo’da şeker elde etmek amaçlı yetiştirilmektedir. Yağından çok yüksek kalitede biyoyakıt elde edilebilmektedir. Yaban hayatı ve hayvan besleme gibi kullanımı da bulunmaktadır.

1.3. Yerbademi Yetiştiriciliği

Yerbademi, en uygun kumlu balık ve kumlu doku topraklarda yetiştirilmektedir. Killi toprakta, yumruların tadı daha az lezzetli, kalın kabukludur (Anonim, 2014). Tohum yatağı hazırlığı için, önceki bitkileri (yerfistiği, patates, soğan, enginar, kök ve yumrulu vb.) yüzey atıklarını (kalıntılarını) parçalamak ve zemini mümkünse toprak frezesi ile yzeyssel olarak işlemek

gerekmektedir. Ekim öncesi Nisan ayında toprak kültivatör ile iŐlenir. Daha sonra sırt listeri ile sırtlar hazırlanmaktadır. Bu işlem için zaman kısa ise sadece bir freze ile yapılabilir. Toprak kuru ise ve zaman da varsa tav için bir sulama yapılabilir, tarla tava gelene kadar sulama yapılarak, bir yatay freze ile toprak iŐlenmektedir. (Anonim, 2018)

Yumruların dikimi; Mart-Nisan aylarında, 40-60 cm sıra arası ve 15-20 cm sıra üzeri olmak üzere genelde sırta ekim yapılmaktadır. Dekara 4-5 kg yumru kullanılmakta ve hasat sırasında bitki baŐına düŐen yumru sayısı ise 400-500 adeti bulmaktadır. Dikim, elle veya mibzerle 2-3 cm derinliğe yapılmaktadır. Dikim öncesi toprağa 7-8 kg/da olacak Şekilde saf azot ve saf fosfor içeren gübre, 2. veya 3. sudan önce 4-5 kg/da kadar saf azot verilmektedir. Topraktaki tavin yetersizliği durumunda çimlenme süresi çok uzayacağından, dikimden bir iki gün önce yumrular bol suda ıslatılıp ŐiŐirilmektedir. Dikimden sonra gerekirse ocaklara sulama yapılabilir. Sıcak havada kaymak oluŐumunu önlemek için bir iki gün arayla hafif bir sulama yapılmaktadır. Tav yeterliyse sulamaya gerek yoktur. Dikimden 10-12 gün sonra ıkıŐlar baŐlamaktadır.

Yerbademi bitkisi bol su istediğinden, 15-16 gün arayla çeltikte yapıldığı gibi, blokların etrafı tava Şeklinde kapatılıp bolca su verilmektedir. KoŐullara bağlı olarak 6-7 kez sulama gerekmektedir. Sulamaların ardından ot çapası ve fazla yüksek olmamak Őartıyla boğaz doldurma yapılmaktadır. Bitkinin herhangi bir hastalığı bugüne kadar tespit edilmiş değildir. Hasada yakın dönemde köstebek veya yumruları kemiren bazı toprak kurtları görülse de ilaçlama gerektirmemektedir. Yerbademinde vejetasyon süresi 5.5-6 ayı bulmaktadır. Nisan sonu dikimlerine göre, hasat Kasım ayı ortasını bulabilmektedir. Sararan ve kuruyarak eğrilen yapraklar hasat olgunluğunu göstermektedir (Nazlıcan 2007).

1.4. Yerbademi Hasadı

Yerbademi yumrularını toprak altında olgunlaŐan, yeşil aksamı 50-60 cm boylanan saçaklı bir kök bitkisidir. Yumrular ginaforların ucunda, saçak köklerin arasında bulunmaktadır. Şekil 1.2'de yerbademinin saçak kök yapısı gösterilmiştir.



Şekil 1. 2. Yerbademi saçak kök yapısı

Genelde kumlu toprak koşullarında yetiştirilen ve Kasım-Aralık aylarında hasat edilen yerbademinin yeşil aksamı hasat zamanında kurumaya yüz tutmakta ve otsu yapısından dolayı toprak yüzeyine serilmektedir. Yerbademinin hasat sırasında topraktan kolaylıkla çıkarılması için bu yeşil aksamın ayrılması gerekmektedir. Bu işlem genelde kurumuş haldeki yeşil aksamın yakılması ile gerçekleşmektedir. (Anonim, 2018)

Hasadın genel ilkesi toprak altındaki yumruların sökülerek topraktan alınması ve yumruların yabancı materyalden ayrılmasıdır. Yurtdışında yerbademi hasadında kullanılan makinalar mevcuttur. Literatür taramalarında Çin Halk Cumhuriyeti ve İspanya'da hasat makinalarına rastlanmıştır. Bu makinalar bir sökülme ünitesi, iletim bandı ve harmanlama tamburundan oluşmaktadır. Hasat makinaları yerdeki tüm materyali sökerek alıp, yumruları ayırdıktan sonra geri kalan yabancı materyali tarla yüzeyine bırakma ilkesine göre çalışmaktadır. Söküm bıçağı tarafından sıyrılarak toprak yüzeyine çıkartılan materyal, pervazlı bir tambur tarafından iletim düzenine yönlendirilmektedir. İletim düzeni kovalı veya bantlı tipte olabilmektedir. İletim düzeni tarafından ayırma tamburuna gelen materyal tamburun dönü etkisiyle toprak keseklerinden ve ginaforlardan ayrılarak, tamburun arka tarafındaki bir götürücü ile depoya, deposuz makinelerde ise römorka aktarılmaktadır. (Anonim, 2018) Makinalar çekilir tip olup hareketini kuyruk milinden almaktadır. Alınan hareket tasarımsal yaklaşımlara göre zincir-dişli mekanizmaları ya da hidrolik sistemler tarafından makinaların işlevsel organlarına aktarılmakta hasat işlemi tamamlanmaktadır.

1.5. Yerbademi Temizlenmesi ve Sınıflandırılması

Ülkemizin ekonomisinde önemli bir paya sahip olan tarımda üretim büyük ölçüde taneli ürünlerin üretimini kapsamaktadır. Üretimde verimliliğin artırılması agroteknik bilgisine ve kaliteli tohumluğa bağlı olmaktadır. Kaliteli tohumların elde edilmesi için ise hasat sonrası en önemli işlem diyebileceğimiz temizleme ve sınıflandırma işlemlerinin önemi çok büyüktür.

Ülkemizde ürün işleme tekniği konusunda ki çalışmaların düzeyi bazı ürünler için azımsanmayacak derecededir. Yerbademine ürün bazında bakıldığında ise ürün işleme tekniği arzu edilen düzeyin çok altında olduğu görülmektedir. Bu durum sırasıyla ürünün tohum halinden mamul haline gelene kadar tüm aşamaları olumsuz etkilemektedir.

Taneli ürünlerin temizlenmesi, istenilen taneden istenilmeyeni ayırma işlemi şeklinde tarif edilmektedir. İstenilmeyenler yabancı madde olarak adlandırdığımız sap, saman, toz, toprak vb. maddeler olmaktadır. Hasat sonrası tarım ürünlerinin üzerinde bulunan yabancı madde ve tarım ilacı gibi istenmeyen kalıntıları gidermek ve ürünün bozulmasına neden olabilecek bakteri, virüs, mantar gibi mikroorganizma oluşumuna neden olmak adına etkin bir şekilde temizleme işlemi yapılmalıdır.

Yerbademine, ürün bazında bakıldığında ise temizleme işlemi çok hızlı ve etkin bir şekilde yapılmalıdır. Yıkama işleminin hızlı yapılmasının istenmesinin en önemli sebebi ürünün su tutma kapasitesinin yüksek olmasıdır. Ürün yıkama işlemi sırasında su ile temasına uzun süre maruz bırakıldığında fazla su çekeceğinden ürünlerde bozulmalar yaşanabilmektedir. Bu tür sorunlar hem ürünün kalitesi açısından hem de ekonomik açıdan istenmeyecek bir durumdur. Paketleme aşamasına geldiğinde ürün yabancı materyalden ayrılmış, iyi yıkanmış, besin değerini kaybetmemiş, tüketiciye kaliteli bir şekilde sunulmuş olmalıdır.

Tarımsal ürünlerin sınıflandırma işlemi tanenin fiziksel özelliklerine dayandırılmaktadır. Her tane diğerinden fiziksel özellik açısından bir ya da birkaç değişik özellik göstermektedir. Bu fiziksel özellikler;

- Boyut
- Özgül Ağırlık
- Yüzey
- Şekil
- Renktir.

Taneler birbirinden yukarıda saydığımız pek çok açıdan farklı olabilmektedir. Boyut bakımından farklı olan iki tane, aynı zamanda özgül ağırlık olarak da birbirinden farklı özellikler gösterebilmektedir. Bu sebepten ötürü uygun sınıflandırma işlemi için, uygun olan ayırmayı sağlayan yöntem kullanılmalıdır.

Genel olarak sınıflandırmada esas alınması gereken boyutlar uzunluk, genişlik ve kalınlıktır. Boyutlarda kendi içerisinde geometrik olarak bakıldığında oblong, yuvarlak gibi biçimlerde olabilmektedir. Boyutsal biçimlerin doğru analiz edilmesi kullanılacak düzeneğin tasarımı açısından önemlidir. Tarım ürününün geometrik özelliklerinin belirlenmesi teorik hesaplamalar için kolaylık sağlayacaktır. Seçilen boyuta bağlı olarak kullanılacak eleme sistemine karar verilmektedir.

1.6. Çalışmanın Amacı

Yerbademi Türkiye’de Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü’nün deneme alanlarında uzun yıllardan beri ıslah çalışmalarına alınmış olup, 2008 yılında Tarım, Gıda ve Hayvancılık Bakanlığı adına Balyumru ve Sarışeker olmak üzere iki çeşit tescil ettirilmiştir. Yerbademi önceki bölümlerde anlatıldığı üzere sahip olduğu özellikler nedeniyle birçok sektörde hammadde olarak kullanılabilme potansiyeli yüksek ve Çukurova Bölgesi gibi uygun iklim koşullarına sahip bölgelerde ticari boyutta yetiştirilebilecek bir münavebe bitkisidir. Ancak, ürünün çok tanınmamasının yanı sıra üretim mekanizasyon zincirinin yetersizliği nedeniyle ülkemizde üretimi ve ürünün kullanımı yaygınlaşmamıştır.

Temizleme işleminde amaç ürünün toz, sap, saman vb. yabancı materyalden ayrılmasını sağlamaktır. Sınıflandırma işleminin amacı ise ürünün fiziko-mekanik özellikleri dikkate alınarak

nihai amaca uygun olarak kategorize edilmesidir. Bu çalışmada değerli tıbbi aromatik bitkiler listesinde ön sıralarda yer alan ve katma değeri oldukça yüksek olan yerbademini temizlenmesi ve sınıflandırılması işlemlerinin verimli bir şekilde yapılabilmesi için bir işlem zinciri ve bu zincirde kullanılacak uygun yöntemlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde konuyla ilgili yapılan çalışmalar tezin konusu göz önünde bulundurularak kısaca özetlenmiştir.

Amin ve Hossain (2021), çalışmalarında 2.1 kW'lık elektrik motoru ile çalışan 227x910x920mm'lik boyutta yıkama makinası tasarlamışlardır. Yıkama ve temizleme etkinlikleri sırasıyla %98 ve %99 olarak belirlenmiştir. Makinanın çalışma prensibi çamaşır makinasının çalışma prensibi göz önüne alınarak yatay şekilde tasarlanmıştır. Yıkama etkinliği bulunurken ağırlık esas alınmıştır. Makine çalışma verimliliği açısından havuç ve benzeri ürünler için hem karlı hem de verimli bir temizleme makinası olduğu belirlenmiştir.

Korkmaz ve Sağlam (2010), yaptıkları çalışmada tasarımı yapılarak geliştirilen prototip ürün yıkama makinesi ile yıkama denemeleri öncesinde tartılarak ilk ağırlıkları resmedilerek görünüşleri belirlenen ürünlerin yıkama denemeleri sonunda ağırlık kaybına uğrayıp uğramadıklarını 18 farklı yıkama denemesi ile incelemişlerdir. Ürünleri tarımsal kireçle kirleterek yıkama öncesi ağırlığı, kireçli ağırlığı, yıkama sonrası ağırlığı hesaplanarak ve görünümünden yola çıkılarak temizleme çalışması yapılmıştır. Ürünlerin kirletici yönünden ağırlık kaybının çok daha fazla olduğu görülmüştür. Ürünlerin üzerinde kalan su miktarı da göz önünde bulundurulduğu zaman fırçalayarak su ile yıkama tekniğinin kirli yüzeyi azalttığı ve ürünün daha temiz görünüme sahip olduğu görülmüştür. Portakal, patates ve turp gibi yuvarlanarak ilerlemeye elverişli ürünler üzerinde yapılan yıkama denemelerinde, konveyör üzerinde en etkili ilerleme hızına ulaşan ürünün patates olduğu saptanmıştır. Ürün ilerleme hızı bakımından patates gibi yüzey pürüzlülüğü yüksek olan yumru tarımsal ürünlerin fırçalı konveyör düzeneği yapısına daha uygun olduğu belirlenmiştir.

Balami, Birma ve Dauda (2014), yerbademinin temizlenmesi ve sınıflandırılması için boyut, şekil, hacim, yoğunluk göz önüne alınarak bir makine tasarlanmışlardır. Makinanın tasarımında ağırlık, hız, durma açısı, sürtünme katsayısı makinanın tasarımında etkili olmuştur. Tohum özelliklerine göre 12mm, 8mm ve 6mm çapta elekler tasarlanmıştır. 12mm çaplı elek 8 ve 6mm çaplı eleklerle göre daha iyi performans göstermiştir. 12mm çaplı eleğin sınıflandırma etkinliği %94.7 olarak hesaplanmıştır.

İnce, Vursavuş, Vurarak, Çubukçu ve Çevik (2017), yaptıkları çalışmalarında iki farklı yerbademi çeşidini kullanarak, bunların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemişlerdir. Bu çeşitlerin; uzunluk, genişlik, kalınlık, geometrik ortalama çap, kütle, bin dane ağırlığı, yığılma açısı, gözeneklilik, sürtünme katsayısı, boşluk oranı gibi özelliklerinin nem içeriğinden etkilendiğini belirlemişlerdir. Nem içeriği azaldıkça yumru yoğunluğu hariç tüm parametreler de azalmıştır. Nem içeriğinin kuvvet deformasyon eğrilerinde kuvvet, sertlik, emilen enerji ve güç gereksinimlerinde %1 olasılık düzeyinde önemli olduğunu bildirmişlerdir. Kullanılan iki çeşit

arasında; kütle, uzunluk, ortalama çap, yüzey alanı, gözeneklilik, kuvvet ve enerji tutma kapasitesinin farklılık gösterdiğini ortaya koymuşlardır.

Karababa ve ark. (2001), çalışmalarında Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından tescil ettirilen yer bademinin kimyasal bileşimini belirlemişlerdir. Buna göre, Sarışeker ve Balyumru tohumlarını içinde %20.1-41.7 oranlarında nişasta, %20.9-30.2 oranlarında yağ, %10.6-20.2 oranlarında şeker ve %5.1-15.1 oranlarında ham lif bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmalarında yerbademi yumrularının nişasta içeriğinin patates ve tatlı patatese göre neredeyse iki kat olması şeker sanayi için değerlendirilmesi gereken bir fırsat olduğu bildirilmiştir. Çalışmalarında yerbademi yumrularının yağ içeriğinin, zeytinyağı kalitesinde olmasından ötürü yağ sanayi için gerekli hammadde temininde kullanılabilir bir ürün olduğunu belirtmişlerdir.

Belewu and Belewu (2007), yaptıkları araştırmada chufa, soya ve Hindistan cevizi sütünün beslenmedeki potansiyellerini belirlemek amacıyla bu ürünlerin kalori, kalsiyum, potasyum ve ham protein içeriklerini karşılaştırmışlardır. Afrika kıtasındaki bazı ülkelerde görülen çocukluk ve bebeklik dönemlerindeki yetersiz beslenmeden kaynaklanan gelişme bozukluğunu önlemede kullanılabilecek ve süt ürünlerinin yerine geçecek bitkisel mamullerden yapılmış ürünlerin, gelecekte çok önemli bir sektöre dönüşeceği de vurgulanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda ham protein oranının chufa sütünde %8.7 iken, hindistan cevizi sütünde %7.87, soya sütünde ise %8.9 olduğu tespit edilmiş. Ayrıca kalsiyum içeriği bakımından soya sütü %9.25, chufa %8.75, Hindistan cevizi sütünde %3.01 olduğu bildirilmiştir. Çalışmada en önemli sonuç oleik yağ asidi oranları bakımından elde edilmiştir. Chufa sütünün %68.83 oranında oleik yağ asidi değeri ile zengin ve sağlıklı bir besin olduğu ve insan beslenmesinde önemli bir destek gıda olarak yerini zaman içinde alacağı bir ticari ürün olarak tespit edildiği bildirilmiştir.

Nazlıcan (2007), çalışmasında yerbademini, içeriğinde ortalama olarak bulunan %20-27 yağ oranı ile yağ, %15-20 şeker oranı ile şeker ve %25-30 nişasta oranı ile nişasta sanayinde kullanılabilecek alternatif bir ürün olarak değerlendirmiştir. Bu alanların dışında yüksek yanma noktası (247°C) nedeniyle hintyağı gibi, yüksek devirli makinalarda kullanımının da mümkün olduğunu vurgulamaktadır. Ürünün, yarı tropik iklim kuşağında son derece uyum içinde yetişebildiği gözlemlenmiştir. Akdeniz Bölgesinde de yetiştirme olanaklarının bulunduğu görülmüştür. Elle hasadın getirdiği yüksek maliyetler ve zaman kaybının, ürünün geniş alanlara yayılmasında en önemli kısıt olduğunu bildirmiştir. Çalışmada hasat mekanizasyonunun geliştirilerek, yüksek verimi ve diğer ürünlere göre 3-4 kat fazla olabilecek alım fiyatlarıyla yerbademi, ileri ki yıllarda Çukurova Bölgesi için önemli bir ürün haline gelebileceği özellikle vurgulanmaktadır.

Katary, Mawla, Osman ve Ahmed (2010), çalışmalarında sebze ve meyvelerin temizlenme etkinliğini çamaşır makinasının çalışma prensibi esas alınarak yıkama etkinliği hesaplanmıştır. Makinada temizleme için yatay fırçalama sistemi kullanılmıştır. Fırçalama sistemi 40 devirde döndüğünde patateslerin temizlenme oranı %90 olarak hesaplanmıştır. 30 devirde

döndüğünde ise %92.4 olarak yıkama etkinliği ölçülmüştür. Elevatör 50 devirde döndüğünde üründe fırçalamadan kaynaklı %0.05, 40 devirde döndüğünde %0 zarar verdiği tespit edilmiştir. Temizleme etkinliği ise ağırlıktan yola çıkılarak ölçülmüştür.

Siddique ve ark. (2017), bu çalışmada havuç gibi köklü bitkilerin hasat sonrası ürünü topraktan ayırma ve temizlemek amacıyla bir yıkama makinası tasarlanmıştır. Tahtadan döner tambur ve besleme haznesi manuel olarak tasarlanmıştır. Tambura döner hareket verilmiş, tamburun tahta yüzeyi dönerken ürünün yüzeyine yapışan toprak, yabancı ot vb. parçalar basınçlı su sistemi ile üründen ayrılması sağlanmıştır. Yıkamadan sonra kirli su tamburun tahliye çıkışından verilmiştir. Temizleme işleminde, temizleme etkinliğini hesaplamak için yıkanan havuç miktarını yıkama için tambura bırakılan toplam ürüne oranlayarak yüzdesi hesaplanmıştır. Bu oran %98 olarak hesaplanmıştır. Temizleme etkinliğini hesaplamak için ürünün yıkama öncesi ağırlığını yıkama sonrası ağırlığına oranlayarak hesaplanmıştır.

Olutomilola (2021), bu çalışmada yapılan literatür çalışmaları sonrasında makinaların çalışma prensipleri göz önüne alınarak bir değerlendirme çalışması yapılmıştır. Karıştırıcı tip yıkama makinası, püskürtme tip kabinli yıkama makinası, silindirik fırçalı yıkama makinası, döner tambur tip yıkama makinası, konveyör tip yıkama makinası tasarımları işleyişleri hakkında özet bilgi verilmiştir. Tasarımlarda su taşıma ünitesi, boşaltma ünitesi, hareketli parçalar için muhafaza, destekleme ünitesi, ürün besleme ünitesi, yıkama ünitesi ve güç aktarım ünitesi kullanılmıştır. Literatür taraması yapılan tüm çalışmalarda makinanın temizleme etkinliği hesaplamak için ağırlık esas alınmıştır.

İnce ve ark. (2018) bu çalışmada, küçük ve orta ölçekli işletmeler için geliştirilmiş, ters yönde dönen bir silindir çiftine dayanan bir fıstık ezme makinesi prototipinin performansını analiz etmiş ve optimum çalışma koşullarını belirlemişlerdir. Bu amaçla, prototipin performansını ve güç tüketimini belirlemek için testler yapılmıştır. Performans testleri yer fıstığı boyutuna (küçük veya orta) ve genel ayırma verimliliğine bağlı olarak dokuz farklı karışım hızında yapılmıştır. Makinanın teorik kapasitesi küçük, orta ve büyük boy yer fıstığı için sırasıyla 123, 234,8 ve 321 kg h^{-1} olarak bulunmuştur. Ön testlerde ortalama hasar yüzdesi ve besleme kapasitesi sırasıyla %1,76 ve 126,3 kg h^{-1} olarak bulunmuştur. Yer fıstığı boyutlandırma makinesinin genel verimliliği, malzemedeki küçük yer fıstığının oranı arttıkça, 0,87 ile 0,97 arasında değişen değerlerle azalmıştır. Ayırma silindirlerinin güç tüketimi 0,46 kW ila 0,76 kW arasında değişmiştir. Ortalama tork değeri de 25 Nm olarak hesaplanmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu bölümde denemelerde kullanılan cihaz ve malzemelerin yanı sıra yerbedemi çeşidi hakkında bilgi verilmiştir.

3.1.1. Yerbademi

Denemelerde Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından tescil edilmiş iki adet yerbademi çeşidinden birisi olan Balyumru çeşidi kullanılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3. 1. Balyumru Tohumları

Yerbademi dikimi Nisan ayının ikinci haftasında, dekara 4,5-5 kg yumru hesabı olacak şekilde yapılmaktadır. Balyumru bitkisinin boyu 60-70'cm dir. Balyumru çeşidinin verimi dekara 500-700 kg arasında değişmektedir. Bitkinin yaprak şekli ince ve uzun, rengi ise açık kahverengi olarak görülmektedir. Yumruların şekli yuvarlaktır. Yumrunun yetiştirme süresi yaklaşık 160-175 gün arasında olmaktadır. Balyumru çeşidi yağ ve şeker oranı bakımından zengin bir ürün çeşididir.

3.1.2. Tarımsal Kireç

Yerbademinin temizlenme aşamasında ürünlerin yıkanma etkinliğini ölçebilmek için 250 g paketler halinde tarımsal kireç kullanılmıştır (Şekil 3.2). Tarımsal kireç, asidik özellikli olup toprağı bazikleştirip toprak verimliliğini ve kalitesini arttıran, ürünlerin topraktan fosfor alma oranını arttıran, su tutma özelliği ile kurak topraklarda ürün verimliliğini arttıran, doğal toprak düzenleyicidir. Asitli topraklarda toprak pH'sını arttırmak ve bitkilerin kalsiyum ihtiyaçlarını

karşılmak amacıyla kullanılan bir gübredir. Tarımsal kirecin aynı zamanda ürünün yüzeyinde ki bakterileri öldürme etkisi de vardır.



Şekil 3. 2 Tarımsal Kireç

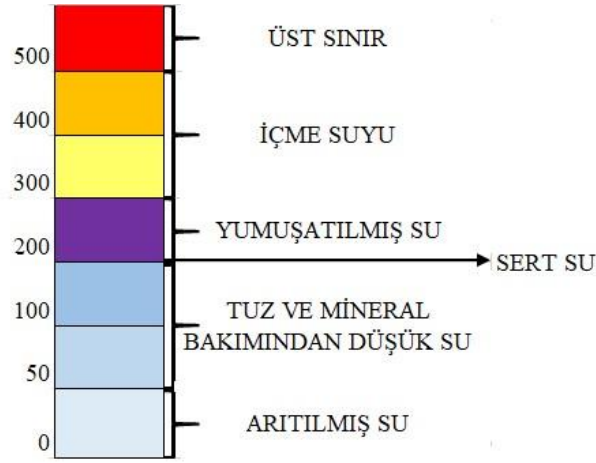
3.1.3. TDS Metre

Denemelerde suyun kalitesini ve kirliliğini ölçmek amacıyla TDS Metre kullanılmıştır. TDS, toplam çözünmüş katılar anlamına gelir. Suda çözünmüş tüm maddelerin ölçümünde kullanılır. TDS ayrıca çözünmüş organik bileşikleri de içerir. Ölçü birimi, miligram/litre (mg/l)'dir. Denemelerde kullanılan cihaz Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 3 TDS Metre

TDS metre, suyun kalitesini ölçmek için kullanılır. Musluk sularında kalsiyum, magnezyum, potasyum gibi çeşitli mineraller bulunmaktadır. Mineraller ne kadar fazla olursa suyun kalite göstergesi o kadar yüksek çıkmaktadır. TDS metre ile ölçüm yapıldığında çıkan yüksek değer her zaman suyun kalitesiz olduğuna işaret etmemektedir. Su borularının tahribatı, aşınması, paslanması dâhilinde su ne kadar kaliteli olursa olsun yine de kirlilik oranı yüksek çıkmaktadır. O yüzden ölçümler temiz bir alanda gerçekleştirilmelidir.



Şekil 3. 4. TDS & EC METER Suyun kalite değerleri

TDS metre ile ölçüm yapıldığında suyun kaliteli veya kalitesiz olduğu sonucuna varmak için bazı referans tabloları üzerinden yorum yapılabilir. TDS & EC METER 2.0 cihazının kullanım kılavuzunda suyun kalite değerleri Şekil 3.4'te gösterilmiştir. Bu tabloda görüldüğü üzere 0-50 ppm arası damıtılmış su (temiz), 50-200 ppm arası tuz ve mineral bakımından düşük (temiz), 170 ppm değeri suyun sert olduğunu, 200-400 ppm arası ortalama musluk suyu, 500 ppm ve üstü değerler kirlilik için üst sınır seviyesi olarak kabul edilmiştir. İçme suyu 0-200 ppm arası kaliteli olarak görülmüştür. Bu değer aralığı dışında ki sular kirli kabul edilmiştir. Denemede bu değerlerden yola çıkılarak TDS metre ile ölçüm yapılmıştır. Değerler üzerinden suyun kalitesi ve yerbademi ürününün temizlenmesi bakımından ölçümler yapılmıştır.

3.1.4. Elek

Boyutsal özellikler eleme düzeneği tasarımında ve elek seçiminde dikkate alınması gereken en önemli faktördür. Etkili ayırma ve sınıflandırma yapabilmek için doğru elek kullanımı çok önemlidir. Yuvarlak, oblong, üçgen, çukur yuvarlak gibi ebat farkına göre sınıflandırma yapan elekler mevcuttur. Genel olarak yuvarlak ve oblong (boyunca olan) şekilli elekler hem tohumluk hem de ticari sınıflandırmada kullanılır.

Eleme prensibi, herhangi bir çapta yuvarlak delikli elekten, genişliği delik çapından küçük olan taneler aşağıya geçme şeklinde tanımlanmaktadır. Yapılan çalışmalarda, yuvarlak delikli elek seçiminde ürünlerin genişliği dikkate alınarak yapıldığı görülmektedir. Burada etken boyut delik çapıdır. Elek altında kalan kısım elenmiş materyal, elek üstünde kalan kısım ise elenmemiş materyal olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 3. 5 Oblong delikli elek

Yapılan çalışmalarda oblong delikli eleklerde ise ürünlerin kalınlık ölçüleri dikkate alınarak ayırma işleminde kullanıldığı görülmektedir. Oblong delikli eleklerde etken boyut genişlik ve uzunluktur. Şekil 3.5'te oblong delikli elek gösterilmiştir. Ancak genişlik deliğin etken boyutudur. Uzunluğun ayırmada herhangi bir fonksiyonu yoktur. Oblong şekilli eleklerin eleme prensibi ise deliklerinden kalınlığı elek genişliğinden daha küçük olan tanelerin elek altına geçmesi şeklindedir.

Elekler kullanım amacına göre tek veya birkaç parçalı kullanılır. Eleklerin birkaç parçadan oluşması sınıflandırmada ve temizlemede kolaylık sağlamaktadır. Ürünün istenilmeyen yabancı materyallerden (toz, sap, saman, taş, yabancı ot tohumları, zayıf ve kırık taneler, vb.) ayırımı bu şekilde daha kolay yapılmaktadır.

Elek seçiminde kullanım alanı ve seçilen eleğin kullanılacak alana uygun olup olmadığı önemlidir. Ne amaçla kullanılırsa kullanılsın elek seçimini belirleyen faktör ürünün fiziko-mekanik özellikleridir. Sınıflandırma tanenin fiziksel özelliklerine dayanır. Her tane bir diğerinden, fiziksel bakımdan bir veya birkaç değişik özellik gösterirler. Bu fiziksel özellikler boyut, özgül ağırlık, yüzey, şekil ve renktir.

3.1.5. Yıkama Havuzu

Yerbademi gibi taneli ürünlerin temizlenmesinde hacim ağırlıkları önem taşımaktadır. Herhangi bir cismin özgül ağırlığı sıvının özgül ağırlığından büyükse o cisim batır, cismin özgül ağırlığı sıvının özgül ağırlığından küçükse yüzer, eşit ise daima dengededir.

Temizleme işleminde yatayda bir su akıntısı içinde cisimler iki yönlü hareket eder. Bunlardan biri yatay diğeri düşeydir. Materyalin özgül ağırlığına bağlı olarak cisim bu iki yönde hareket eder. Özgül ağırlıkları farklı olan ürünlerin dibe çökme hızı suyun akış hızına bağlı olarak değişir. Bu yöntemden yola çıkılarak ürünün temizlenmesi yapılabilir.

Yerbademinin temizlenme işlemi için önceden tasarlanmış sacdan eni 85 cm; boyu 3 m, iç derinlik 35 cm boyutlarında olan yıkama havuzu kullanılmıştır. Şekil 3.6' da kullanılan yıkama havuzu gösterilmiştir.



Şekil 3. 6. Yıkama havuzu

Havuzun tasarımında istenilmeyen yabancı materyallerden (toz, sap, saman, taş, yabancı ot tohumları, zayıf ve kırık taneler, vb.) ürünün ayırımının yapılabilmesi için 2x20 mm boyutunda oblong delikli elek tasarlanmıştır. Havuzdan kirli suyun atılması için 13,5x13,5 cm genişliğinde tahliye çıkışı yapılmıştır.

3.1.6. Hassas Terazı

Hassas terazi denemelerde küçük yapı ve hacimdeki maddelerin ağırlıklarını hesaplamak için kullanılmıştır. Bu cihaz sayesinde çok ufak haldeki maddelerin sahip olduğu ağırlık hesaplanabilir. 0.01 g ağırlıktan başlayarak 1100 kg ağırlığa kadar ölçüm yapabilir.



Şekil 3. 7 Hassas terazi

3.1.7. Kantar

Ağırlık miktarı fazla olan nesnelere tartmak amacıyla kullanılan tek kollu terazi çeşididir. Çukurova Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü'nün atölyesinde yapılan 20 kg ve üzeri temizleme çalışmalarında Şekil 3.8.'de gösterilen kantar kullanılmıştır.



Şekil 3. 8 Kantar

3.1.8. Sınıflandırma Makinası

Sınıflandırma denemeleri, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü atölyesinde bulunan sınıflandırma makinası kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Makinanın üzerinde 0.37 kW'lık triyör motor bulunmaktadır. Tamburun çapı 31.8 cm, uzunluğu 100 cm dir. Tamburun üzerinde oblong delikli elek olup boyutu 7x20 mm'dir. Makinanın çalışma prensibi, motordan aldığı gücü kayış kasnak yardımıyla hareketi miline ileterek tamburun belirli hız ve devirde dönmesini sağlamaktadır. Motor devri inventör yardımı ile ayarlanmaktadır.

Tambur dönerken elenen ürün elekten geçerek yan tarafta ki çıkıştan haznenin içine dökülmektedir. Elenemeyen ürün ise tamburun son dönüşünde ikinci çıkıştan ayrı bir hazneye dökülmektedir.



Şekil 3. 9. Sınıflandırma Makinası

3.1.9. Devir ölçer

Devir ölçer, devir saati ya da birim zamanda ki devri ölçmektedir. Cihaz motorlu makinalarda shaftın veya disklerin birim zamanda devir sayısını göstermektedir. 1 dakikada devir ölçümü yapmaktadır. Hem manuel hem de lazer tabanlı ölçüm yapılabilmektedir.



Şekil 3. 10 Takometre

3.2. Metot

Çalışmada materyal olarak ülkemizde tescil edilmiş iki çeşitten biri olan Balyumru çeşidi kullanılmıştır. Bilindiği üzere hammadde aşamasına gelene kadar ürün birçok aşamadan geçmektedir. Şekil 3.11.'de bu işlemler gösterilmiştir.

YERBADEMİNİN AYRILMASI



TEMİZLENMESİ



SINIFLANDIRILMASI



DEPOLANMASI



İŞLEME



MAMÜL

Şekil 3. 11 Ürün işlem sırası

Hasat sonrası yapılan ilk iş, ürünü yabancı ot ve materyallerden ayırmaktır. Ayırma işleminin etkin olması için ürünün tohumlara ait boyutsal özellikleri gibi fiziksel özelliklerinde bilinmesi gerekmektedir. İnce ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada ürüne ait birçok fiziksel özellik belirlenmiştir. İkinci aşamada yabancı materyalden ayrılan ürün temizlenmesi için ürüne uygun bir yöntem seçilmektedir. Bu çalışmada ürünün temizlenmesi için su kullanılmıştır. Temizlenen ürün ticari sınıflandırma için bir dizi sınıflandırma işleminden geçmektedir. Son aşamada ürün kullanım şekline göre paketlenmektedir.

3.2.1 Temizleme

Etkin bir temizlenme için ürünlerin içinde bulunan ve yabancı madde olarak adlandırılan toz, sap, saman ve çöp gibi istenmeyen cisimlerden ayrılması oldukça önemlidir. Yerbademini temizlenmesi aşamasında ise bunların yanı sıra tohum ağırlığı, tohumun su tutma kapasitesi, ürünün suda kalma süresi gibi birçok faktörler göz önüne alınmıştır. Bu çalışmada temizleme denemelerinde tarımsal kireç kullanılmıştır. Temizleme etkinliği hesabı ağırlık esaslı olduğu için ürünler tarımsal kireç ile kaplanarak, yıkama öncesi ağırlığı, kireçli ağırlığı ve yıkama sonrası ağırlıkları ölçülerek ağırlık kaybına uğrayıp uğramadıkları laboratuvar ortamında gerçekleştirilen denemelerde gözlemlenmiştir.

Temizleme etkinliğinin belirlenmesi için Çukurova Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Bölümü atölyesinde laboratuvar ortamında 4 kg'lık içi su dolu kaplarda durgun su içerisinde denemeler yapılmıştır. Şekil 3.12'de kullanılan deneme kabı gösterilmiştir. Öncelikli olarak yıkama işleminin kaç dakikada olması gerektiği üzerine çalışmalar yapılmıştır. Daha sonra ürünün su tutma kapasitesinin fazla olduğu göz önüne alınarak 1, 10 ve 100 adet yerbademinden durgun suda deneme kabı içerisinde 2, 5 ve 8 dakika ürün su içerisinde kalacak şekilde 3'er

dakikalık artışlarla temizlenmesi için denemeler yapılmıştır. Denemeler sonucunda belirlenen dakika üzerinden 20 kg ürün ile yıkama havuzunda akışlı su içerisinde yıkama işlemi yapılmıştır. TDS Metre cihazı kullanılarak yıkama havuzu içerisindeki sudan yıkama öncesi, yıkama esnasında kireçli hali ve yıkama sonrası kalite ölçümleri alınmıştır. Cihazdan çıkan verilere göre, suyun kalite parametrelerinden yola çıkılarak ürünlerin temizlenmiş olup olmadıklarına dair gözlemler yapılmıştır.



Şekil 3. 12. 4 kg'lık deneme kabı

Laboratuvar Denemeleri

Öncelikle 1 adet yerbademini hassas terazide yıkama öncesi ağırlığı (kuru ağırlığı) ölçülmüştür. Daha sonra kirece bulanıp kireçli ağırlığı ölçülmüştür. Bunun akabinde 4 kg'lık içi su dolu deneme kabında 2 dakika, 5 dakika ve 8 dakika süre tutularak her süre için iki ayrı tekrürde, suya herhangi bir akış verilmeden durgun suda yıkama işlemi yapılmıştır. Yıkama işleminden sonra kireci suda çözülmüş haldeki (yıkama sonrası) ağırlığı hassas terazide ölçülmüştür.

Belirlenen dakika üzerinden 10 adet yerbademini hassas terazide kuru ağırlığı (yıkama öncesi ağırlığı) ölçülmüştür. Daha sonra ürün kirece bulanıp kireçli ağırlığı ölçülmüştür. Ölçüm sonrasında 4 kg'lık içi su dolu deneme kabında durgun suda 2 dakika süre tutularak on ayrı tekrürde suya herhangi bir akış verilmeden yıkama işlemi yapılmıştır. Yıkama işleminden sonra kireci suda çözülmüş haldeki (yıkama sonrası) ağırlığı hassas terazide ölçülmüştür.

Son aşamada 100 adet yerbademini hassas terazide kuru ağırlığı (yıkama öncesi ağırlığı) ölçülmüştür. Sonra kirece bulanıp kireçli ağırlığı ölçülmüştür. Daha sonra 4 kg'lık içi su dolu deneme kabında durgun suda 2 dakika süre tutularak on ayrı tekrürde suya herhangi bir akış verilmeden yıkama işlemi yapılmıştır. Yıkama işleminden sonra kireci suda çözülmüş halde yıkama sonrası ağırlığı hassas terazide ölçülmüştür.

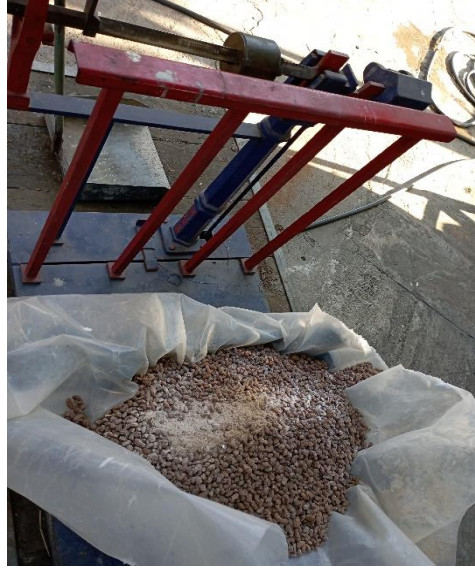
Yıkama Havuzu Denemeleri

Çukurova Üniversitesi Tarım Makinaları Mühendisliği Bölümü atölyesinde laboratuvar ortamında yapılan denemeler sonucunda belirlenen dakika üzerinden yıkama havuzunda 20 kg ürün kullanılarak ayrı ayrı 3 tekrürde denemeler yapılmıştır. Öncelikle havuzun içi su ile doldurulmuştur. Şekil 3.13'de yıkama havuzu gösterilmiştir.



Şekil 3. 13. Yıkama havuzu

Havuzun içerisi tamamen su ile doldurulmuş, suyun akışlı halde olması için suya hareket verilmiştir. İçi su dolu havuz içerisinden TDS metre cihazı ile yıkama öncesi saf suyun kalitesini ölçmek için ölçümler alınmıştır. Daha sonra 20 kg ürün için 250 g paketlenmiş kirecin 125 g'ı kullanılarak ürün toz tarımsal kireçle kaplanmıştır. Şekil 3.14'te kirece bulanmış 20 kg ürün gösterilmiştir.



Şekil 3. 14. 20 kg kireçli yerbademi

Kireçli ağırlığı hesaplanan ürün, yıkama işlemi için doğrudan havuzun içine bırakılmıştır. Şekil 3.15'te akışlı suda yıkanan ürün gösterilmiştir. Su tutma kapasitesinin yüksek olması ve yapılan laboratuvar denemelerinden çıkan sonuçlar göz önünde bulundurularak, 2 dakika sürede

yıkama havuzunda akışlı su içerisinde temizleme işlemi yapılmıştır. 2 dakika içerisinde toz, sap gibi yabancı materyallerin üründen ayrılması için suyun akışı kesilmemiştir.



Şekil 3. 15. Akışlı suda yıkanan ürün

Yıkama işlemi sırasında yıkama havuzundan TDS metre ile suyun kalitesi için ölçüm alınmıştır. Şekil 3.16'da TDS Metre ile alınan ölçüm gösterilmiştir.



Şekil 3. 16. Yıkama esnasında alınan suyun kalite ölçümü

2 dakika sonunda ürün elek yardımıyla havuzdan çıkarılmış, yıkanma sonrası son halinin ağırlığı kantar yardımıyla ölçülmüştür. Şekil 3.17'de elekte kalan yıkanmış ürün gösterilmiştir.



Şekil 3. 17. Yıkanmış ürün

Yıkama işlemi bittikten sonra havuzdan tekrar TDS metre ile suyun kalitesi için ölçümler alınmıştır. Şekil 3.18’de TDS metre ile yıkama sonrası yapılan ölçüm gösterilmiştir.



Şekil 3. 18. TDS metre ile yıkama sonrası suyun kalite ölçümü

Temizleme Etkinliğinin Belirlenmesi

Eleklerin etkin temizleme kapasitesinde temizleme faktörü önemlidir. Yapılan literatür çalışmalarında taneli ürünlerin yıkama etkinliği ölçümü ağırlık üzerinden hesaplanmıştır. Siddique

ve ark. (2017) çalışmalarında havuçların yıkama öncesi ve sonrası ağırlığından yola çıkarak temizleme etkinliğini ağırlık esaslı ölçmüştür. Eşitlik 3.1.'de verilmiştir.

$$TE = \frac{YÖA}{YSA} \times 100 \quad (3.1)$$

Burada ;

TE: Temizleme etkinliği

YSA: Yıkama sonrası ağırlığı (kg)

YÖA: Yıkama öncesi ağırlığı (kg)'dır.

3.2.2. Sınıflandırma

Ürünlerin sınıflandırılması aşamasında temizlemede olduğu gibi birçok faktörler göz önüne alınmıştır. Tohumların boyutları sınıflandırmada önemli bir etkidir. Etkin bir sınıflandırma yapabilmek için doğru elek tercihi çok önemlidir. Bu nedenle sınıflandırmanın temelinde ürünün ortalama boyutu çok önemlidir. Bu boyuta göre eleme düzeninin tipine karar verilmektedir. Ürün yuvarlak şekilli ise yuvarlak elek, ürün yassı ise oblong elek kullanılmalıdır. Ürünümüz yassı olduğundan dolayı oblong elek tercih edilmiştir.

İnce ve ark. (2017) yaptığı çalışmada ürünün ticari sınıflandırılmasını aşağıdaki şekilde açıklamıştır:

Ürünün ticari boyutsal sınıflandırması;

1. Küçük yerbademi (6mm-7mm)
2. Standart yerbademi (8mm-11mm)
3. Büyük yerbademi (12mm- 16mm)

Sınıflandırma Etkinliğinin Belirlenmesi

Sınıflandırma etkinliğini belirlemek için Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü atölyesinde bulunan sınıflandırma makinası kullanılmıştır.

Sınıflandırma etkinliğinin belirlenmesinde Eşitlik 3.2 kullanılmıştır.

$$SE = \frac{EM}{TM} \times 100 \quad (3.2)$$

Burada;

SE: Sınıflandırma etkinliği

EM: Elenen materyal (kg)

TM: Toplam materyal (kg)'dır.

Sınıflandırma etkinliğini verimli ölçebilmek adına öncelikle 1 kg üründen çap, ağırlık ve uzunluk ölçümleri alınmıştır. Ürünün ticari boyutsal sınıflandırması esas alınarak küçük yerbademi (6mm-7mm), standart yerbademi (8mm-11mm), büyük yerbademi (12mm- 16mm) olacak şekilde 1 kg ürün hassas terazi kullanılarak ayrılmış ve sınıflandırılmıştır. Şekil 3.19'da gösterilmiştir.



Şekil 3. 19. 1 kg ürünün sınıflandırılması yöntemi

Sınıflandırma etkinliğini belirlenmesi için sınıflandırma makinasında 10 kg ürün kullanılmıştır. Denemelerde bağımsız değişken olarak kullanılan tambur devri her denemeden önce devir ölçer ile belirlenmiştir. Uygun tambur devrinde 10 kg ürün makinanın deposuna boşaltılarak ürünler farklı sürelerde boyutlarına göre elekten geçmiştir. Elekten geçen ürün Şekil 3.20'de gösterilmiştir. Elenen ve elenemeyen materyalin ayrı ayrı kilosu tartılmıştır. Her devir için 3 ayrı tekrerde bu işlemler yapılmıştır.



Şekil 3. 20. Elekten geçen ürün

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Temizleme Etkinliği Sonuçları

4.1.1. Laboratuvar Deneme Sonuçları

Laboratuvar ortamında yapılan denemelerde sonucunda temizleme etkinliğine dair elde edilen sonuçlar sırasıyla aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Öncelikle temizleme süresinin belirlenmesine yönelik olarak yapılan denemelerde, 1 adet yerbademini durgun sudaki kuru ağırlığı, kirece bulanmış ağırlığı, suda çözünmüş halde ağırlığı ve temizleme etkinliğine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 1. 1 adet yerbademini temizleme etkinliğine ilişkin sonuçlar

DENEME SAYISI	ADET	KURU AĞIRLIK (g)	KİREÇLİ AĞIRLIK (g)	2dk	5dk	8dk	SUDA ÇÖZÜNMÜŞ HALDE AĞIRLIK (g)	YIKAMA ETKİNLİĞİ (%)
1.	1 Adet	0,79	0,83	√			0,81	97,5
2.	1 Adet	0,74	0,76		√		0,79	93,6
3.	1 Adet	0,82	0,85			√	0,88	93,1
4.	1 Adet	0,71	0,75	√			0,73	97,2
5.	1 Adet	0,81	0,86		√		0,89	91,01
6.	1 Adet	0,77	0,81			√	0,85	90,58

İlk denemede 1 adet yerbademini yıkama öncesi kuru ağırlığı 0,79 g ölçülmüş, aynı ürün kireçle kaplanmış haliyle ağırlığı 0,83 g olarak tartılmış, 2 dakika durgun su içinde bekletilmiş kireci çözülmüş halde ağırlığı 0,81 g ölçülmüştür. Temizleme etkinliği ise Eşitlik 3.1 kullanılarak %97,5 olarak hesaplanmıştır. Diğer tekerrürde ise kuru ağırlığı 0,74 g, kireçle kaplanmış hali 0,76 g ölçülmüştür. Ürün durgun su içinde 5 dakika bekletilmiştir. Suyun içinde kireci çözülmüş halde ağırlığı 0,79 g olarak tartılmıştır. Temizleme etkinliği Eşitlik 3.1 kullanılarak %93,6 olarak hesaplanmıştır. Sonraki tekerrürde kuru, kireçle kaplanmış hali ve kireci çözülmüş halinin ağırlık ölçümleri hesaplanmış, bu sefer ürün 8 dakika durgun suyun içinde bekletilmiştir. Temizleme etkinliği Eşitlik 3.1 kullanılarak %93,1 olarak hesaplanmıştır. Yapılan diğer denemelerde ise aynı işlemler 1 adet ürün için tekrarlanmış olup, temizleme etkinlikleri sırasıyla %97,2, %91,1, %90,58 olarak hesaplanmıştır.

Önceki deneme gözlemlerine göre temizleme etkinliği 2 dakikalık kısa süreli durgun su içerisinde bekletilmesi ile daha yüksek bir etkinliğe ulaşıldığı belirlenmiştir. Bu nedenle sonraki denemelerde ürünler su içerisinde 2 dakika bekletilerek temizleme etkinlikleri hesaplanmıştır.

10 adet yerbademini durgun sudaki kuru ağırlığı, kirece bulanmış ağırlığı, suda çözünmüş halde ağırlığı ve temizleme etkinliğine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4. 2. 10 adet yerbademini temizleme etkinliğine ilişkin sonuçlar

DENEME SAYISI	ADET	KURU AĞIRLIK (g)	KİREÇLİ AĞIRLIK (g)	2dk	SUDA ÇÖZÜNÜMÜŞ HALDE AĞIRLIK (g)	TEMİZLEME ETKİNLİK (%)
1.	10 Adet	8,56	8,9	√	8,6	99,5
2.	10 Adet	8,1	8,4	√	8,31	97,4
3.	10 Adet	7,91	8,15	√	8	97
4.	10 Adet	8,3	8,6	√	8,57	96,8
5.	10 Adet	7,89	8	√	7,9	99,8
6.	10 Adet	7,9	8,1	√	8	97,5
7.	10 Adet	8,79	9,35	√	9,1	96,5
8.	10 Adet	7,8	8,1	√	7,9	96,2
9.	10 Adet	7,18	7,5	√	7,32	98
10.	10 Adet	8,6	8,9	√	8,85	97,1
10 tekrürde temizleme etkinliği ortalaması						%97,58

Yerbademleri ilk önce 10 adet olacak şekilde gruplandırılmıştır. Daha sonrasında kuru ağırlıkları tartılmış, grup halindeki yerbademleri kireçle kaplanıp tartılmıştır. 2 dakika su içerisinde bekletildikten sonra sudan çıkarılıp tartılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda 10 adet ürünün ortalama temizleme etkinliği Eşitlik 3.1 kullanılarak %97,58 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4. 3100 adet yerbademini temizleme etkinliğine ilişkin sonuçlar

DENEME SAYISI	ADET	KURU AĞIRLIK (g)	KİREÇLİ AĞIRLIK (g)	2dk	SUDA ÇÖZÜNÜMÜŞ HALDE AĞIRLIK (g)	TEMİZLEME ETKİNLİK (%)
1.	100 Adet	50,49	50,53	√	51,86	97,3
2.	100 Adet	45,7	45,73	√	46,7	97,8
3.	100 Adet	52,51	53	√	52,84	99,3
4.	100 Adet	53,49	54,05	√	53,95	99,1
5.	100 Adet	51,5	52,43	√	51,97	99
6.	100 Adet	54,1	55,4	√	54,95	98,4
7.	100 Adet	53,87	54,65	√	54,01	99,7
8.	100 Adet	55,05	56,15	√	55,85	98,5
9.	100 Adet	55,45	56	√	55,91	99,1
10.	100 Adet	54,88	55,82	√	55,1	99,6
10 tekrürde temizleme etkinliği ortalaması						%98,78

Temizleme etkinliği için yerbademleri 100 adet gruplandırılmıştır. Gruplandırılan yerbademlerinin kuru ağırlıkları tartıldıktan sonra kireç ile kaplanıp ağırlıkları tartılmıştır. Ürünler

2 dakika su içerisinde bekletildikten sonra kireci suda çözülmüş halde ağırlıkları tartılmıştır. Bu işlemler 10 tekrürde yapılmıştır. Hesaplamalar sonucunda 100 adet yerbademinin 10 tekrürde temizleme etkinliği ortalama %98,78 olarak hesaplanmıştır.

4.1.2. Yıkama Havuzu Deneme Sonuçları

Laboratuvar ortamında durgun suda önceki denemelerde elde edilen sonuçlardan yola çıkılarak yıkama havuzunda denemeler yapılmış, Çizelge 4.4'te sonuçları gruplandırılarak detaylı açıklanmıştır.

Çizelge 4. 4. 20kg yerbademinin temizleme etkinliğine ilişkin sonuçlar

DENEME SAYISI	KURU AĞIRLIK (KG)	KİREÇLİ AĞIRLIK (KG)	YIKAMA SONRASI AĞIRLIK (KG)	TEMİZLEME ETKİNLİĞİ (%)
1.	20	24,5	22	%90,9
2.	20	23	21,5	%93,02
3.	20	22,5	21	%95,23
TEMİZLEME ETKİNLİĞİ ORTALAMASI				%93,05

Durgun suda yapılan analiz sonuçlarından yola çıkılarak 20 kg yerbademi yıkama havuzunda, akışlı suyun içerisinde, 3 ayrı tekrürde denemeler yapılmıştır. İlk denemede 20 kg ürünün kuru ağırlığı tartılmıştır. Sonrasında yerbademi kireçle kaplanmış kireçli ağırlığı 24,5 kg olarak hesaplanmıştır. Kireçle kaplanan yerbademi yıkama havuzunda akışlı suyun içerisinde 2 dakika yıkanmıştır. 2 dakika bekletilen ürünün yıkama sonrası ağırlığı 22 kg olarak tartılmıştır. Eşitlik 3.1 kullanılarak temizleme etkinliği %90.9 olarak hesaplanmıştır. Aynı işlemler ikinci denemede de yapılmış, kuru ağırlığı 20 kg, kireç ile kaplanmış halde ağırlığı 23 kg, yıkama sonrası ağırlığı 21,5 kg olarak tartılmış ve temizleme etkinliği %93,02 olarak hesaplanmıştır. Üçüncü denemede de aynı işlemler uygulanmış, kuru ağırlığı 20 kg, kireç ile kaplanmış halde ağırlığı 22,5 kg, yıkama sonrası ağırlığı 21 kg olarak ölçülmüş ve temizleme etkinliği %95,23 olarak hesaplanmıştır. 20 kg ürün üzerinden yapılan bu 3 denemenin temizleme etkinliği ortalaması %93,05 olarak hesaplanmıştır.

4.1.3. TDS Metre Ölçüm Sonuçları

Yıkama havuzu içerisinde denemesi yapılan 20 kg yerbademinin kuru ağırlığı, kireçli ağırlığı ve kireci suda çözülmüş halde ki ağırlığı hesaplanırken aynı zamanda sudan TDS metre ile ölçümler alınmıştır. Alınan ölçümler aşağıda çizelgede gruplandırılmış ve detaylı açıklamaları aşağıda yapılmıştır.

Çizelge 4. 5. Suyun kalite ölçümleri

DENEME SAYISI	SAF SUYUN KALİTESİ	KİREÇLİ SUYUN KALİTESİ	TEMİZLENME SONRASI SUYUN KALİTESİ
1.	155	229	201
2.	179	232	211
3.	190	248	225

Çizelge 4.5'te 20 kg yerbade mi ile yapılan temizleme işleminde 1 numaralı denemede 20 kg ürünü suya atmadan önce TDS metre cihazı ile saf suyun kalitesi 155 ppm ölçülmüştür. Şekil 4.1'de 155 ppm ölçülen saf suyun kalitesi gösterilmiştir.



Şekil 4. 1. 1 numaralı deneme saf suyun kalite gösterimi

Kirece bulanmış ürün suya atıldıktan sonraki TDS metre cihazı ile kireçli suyun kalitesi 229 ppm ölçülmüştür. Şekil 4.2'de 299 ppm ölçülen kireçli suyun kalitesi gösterilmiştir.



Şekil 4. 2. 1 numaralı deneme kirece bulanmış suyun kalite gösterimi

2 dakika suyun içerisinde bekleldikten sonra 20 kg kireçten temizlenmiş ürün havuzdan çıkarılmış ve TDS metre cihazı ile suyun temizlenme sonrası kalitesi 201 ppm olarak ölçülmüştür. Şekil 4.3'te 201 ppm ölçülen temizlenme sonrası suyun kalitesi gösterilmiştir.



Şekil 4. 3. 1 numaralı deneme temizlenme sonrası suyun kalite gösterimi

Aynı işlemler 2 numaralı denemede de yapılmıştır. 20 kg ürünü suya atmadan önce TDS metre cihazı ile saf suyun kalitesi 179 ppm ölçülmüştür. Kirece bulanmış ürün suya atıldıktan sonra TDS metre cihazı ile kireçli suyun kalitesi 232 ppm ölçülmüştür. Ürün 2 dakika suyun içerisinde bekleldikten sonra kireçten temizlenmiş ürün havuzdan çıkarılmış ve TDS metre cihazı ile suyun temizlenme sonrası kalitesi 211 ppm olarak ölçülmüştür.

Suyun kalite ölçümü için yapılan 3 numaralı denemede 20 kg ürünü suya atmadan önce TDS metre cihazı ile saf suyun kalitesi 190 ppm ölçülmüştür. Kirece bulanmış ürün suya atıldıktan sonra TDS metre cihazı ile kireçli suyun kalitesi 248 ppm ölçülmüş, 2 dk suda bekleldikten sonra 20 kg kireçten temizlenmiş ürün havuzdan çıkarılmış ve TDS metre cihazı ile suyun temizlenme sonrası kalitesi 225 ppm olarak ölçülmüştür.

Temizlenmiş olan 20 kg ürün havuzdan çıkarıldığında elek üstünde kalan ürünler incelendiğinde 2 dakika yıkama işleminde ürünlerin kireçten arındığı gözlemlenmiştir. Yıkamadan önce ürünlerin arasında olan sap, saman, toz gibi yabancı materyallerden de büyük oranda ayrıldığı gözlemlenmiştir. Şekil 4.4'te elek üstünde kalan yıkanmış temiz ürün gösterilmiştir.



Şekil 4. 4. Elek üstünde kalan yıkanmış ürün

4.2. Sınıflandırma Etkinliği Sonuçları

1 kg üründen boyutlarına göre sınıflandırma yapılmıştır. 1 kg ürünün boy, çap ve ağırlığı hesaplanmıştır. Sınıflandırmada ürünün ticari sınıflandırılması esas alınmıştır. Küçük boyutta 624,5 g, orta boyutta 335,4 g, büyük boyutta 27,8 g, küçük boyuttan daha küçük 12,3 g ürün olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4. 6. Denemelerde kullanılan ürünün boyutsal dağılımı

BOYUT	TOPLAM
KÜÇÜK	624,5g
ORTA	335,4g
BÜYÜK	27,8g
< KÜÇÜK	12,3g

Sınıflandırma etkinliği hesabı için kullanılan sınıflandırma makinasından 10 kg ürünle farklı tambur devrinde alınan verilerden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4. 7. Sınıflandırma etkinliği deneme sonuçları

Tekerrür Sayısı	Dakika	Tambur Devri	Elek Boyutu	Elenmeyen Materyal (kg)	Elenen Materyal (kg)	Sınıflandırma Etkinliği %
1.	2dk10s	10	7x20	3	7	70
2.	2dk7s	10	7x20	3,5	6,5	65
3.	2dk11s	10	7x20	3,5	6,5	65
Sınıflandırma Etkinliği Ortalama						%66,66
Tekerrür Sayısı	Dakika	Tambur Devri	Elek Boyutu	Elenmeyen Materyal (kg)	Elenen Materyal (kg)	Sınıflandırma Etkinliği %
1.	1dk11s	15	7x20	3,5	6,5	65
2.	1dk20s	15	7x20	3,5	6,5	65
3.	1dk9s	15	7x20	3	7	70
Sınıflandırma Etkinliği Ortalama						%66,66
Tekerrür Sayısı	Dakika	Tambur Devri	Elek Boyutu	Elenmeyen Materyal (kg)	Elenen Materyal (kg)	Sınıflandırma Etkinliği %
1.	54s	20	7x20	3,5	6,5	65
2.	58s	20	7x20	4	6	60
3.	57s	20	7x20	4	6	60
Sınıflandırma Etkinliği Ortalama						%61,66
Tekerrür Sayısı	Dakika	Tambur Devri	Elek Boyutu	Elenmeyen Materyal (kg)	Elenen Materyal (kg)	Sınıflandırma Etkinliği %
1.	51s	25	7x20	5,5	4,5	45
2.	53s	25	7x20	5,5	4,5	45
3.	50s	25	7x20	6	4	40
Sınıflandırma Etkinliği Ortalama						%43,33

Tambur devri 10 d/dk, olarak ayarlandığında ilk denemede 2 dk 10 s'de 7 kg materyal elenmiş olup, elenemeyen materyal 3 kg olarak ölçülmüş, sınıflandırma etkinliği %70 olarak hesaplanmıştır. Aynı tambur devrinde 2. deneme 2 dk 7 s'de yapılmış, elenen materyal 6,5 kg, elenemeyen materyal ise 3,5 kg olarak tartılmıştır. Sınıflandırma etkinliği %65 olarak hesaplanmıştır. Aynı devirde 2 dk 11 s'de aynı işlemler yapılmış ve sınıflandırma etkinliği %65 olarak hesaplanmıştır. Tambur devri 10 d/dk iken sınıflandırma etkinliği ortalama %66,66 olarak hesaplanmıştır.

Tambur devri 15 d/dk olduğunda 1 dk 11 s'de 6,5 kg materyal elenmiş, elenemeyen materyal 3,5 kg ölçülmüştür. Sınıflandırma etkinliği %65 olarak hesaplanmıştır. Aynı tambur devrinde 1 dk 20 s'de 6,5 kg materyal elenmiş, elenemeyen materyal 3,5 kg ölçülmüş ve sınıflandırma etkinliği %65 olarak hesaplanmıştır. 1 dk 9 s'de 7 kg materyal elenmiş, elenemeyen materyal 3 kg ölçülmüş ve sınıflandırma etkinliği %65 olarak hesaplanmıştır. Tambur devri 15 d/dk iken sınıflandırma etkinliği ortalama %66,66 olarak hesaplanmıştır.

Tambur devri 20 d/dk olarak ayarlandığında 54 s'de 6,5 kg materyal elenmiş, elenemeyen materyal 3,5 kg ölçülmüştür. Sınıflandırma etkinliği %65 olarak hesaplanmıştır. Tambur devri aynı iken 58 s'de 6 kg materyal elenmiş, elenemeyen materyal 4 kg ölçülmüştür. Sınıflandırma etkinliği %60 olarak hesaplanmıştır. Yapılan 3. denemede aynı devirde 57 s'de 6 kg materyal elenmiş, elenemeyen materyal 4 kg ölçülmüştür. Sınıflandırma etkinliği %60 olarak hesaplanmıştır. Tambur devri 20 d/dk iken sınıflandırma etkinliği ortalama %61,66 olarak hesaplanmıştır.

Tambur devri 25 d/dk olarak ayarlandığında 51 s'de 4,5 kg materyal elenmiş, elenemeyen materyal 5,5 kg ölçülmüştür. Sınıflandırma etkinliği %45 olarak hesaplanmıştır. Tambur devri aynı iken 53 s'de 4,5 kg materyal elenmiş, elenemeyen materyal 5,5 kg ölçülmüştür. Sınıflandırma etkinliği %45 olarak hesaplanmıştır. 3. denemede aynı devirde 50 s'de 4 kg materyal elenmiş, elenemeyen materyal 6 kg olarak ölçülmüştür. Sınıflandırma etkinliği %40 olarak hesaplanmıştır. Tambur devri 25 d/dk iken sınıflandırma etkinliği ortalama %43,33 olarak hesaplanmıştır.

Genel bir yaklaşımla düşük tambur devrinde sınıflandırma etkinliğinin daha yüksek olduğu söylenebilmektedir.

3. SPSS Testi Analiz Sonuçları

4.3.1. Temizleme Etkinliği SPSS Sonuçları

Durgun suda yapılan denemeler sonucu ile havuz ortamında akışlı suda yapılan deneme sonuçlarının temizleme etkinliği üzerindeki etkisi IBM SPSS Statistics programında T-Testi (Independent Sample Test) kullanılarak karşılaştırılmış ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Durgun ve akışlı suda yapılan denemeler üzerinde varyans analizleri yapılmış ve $p > 0.05$ (Sig=p) önem düzeyinde sonuçlarına göre verinin normal dağılıma sahip olduğu görülmüştür. Etkili olan faktörler üzerinde T-Testi yapılmıştır.

Hipotezler:

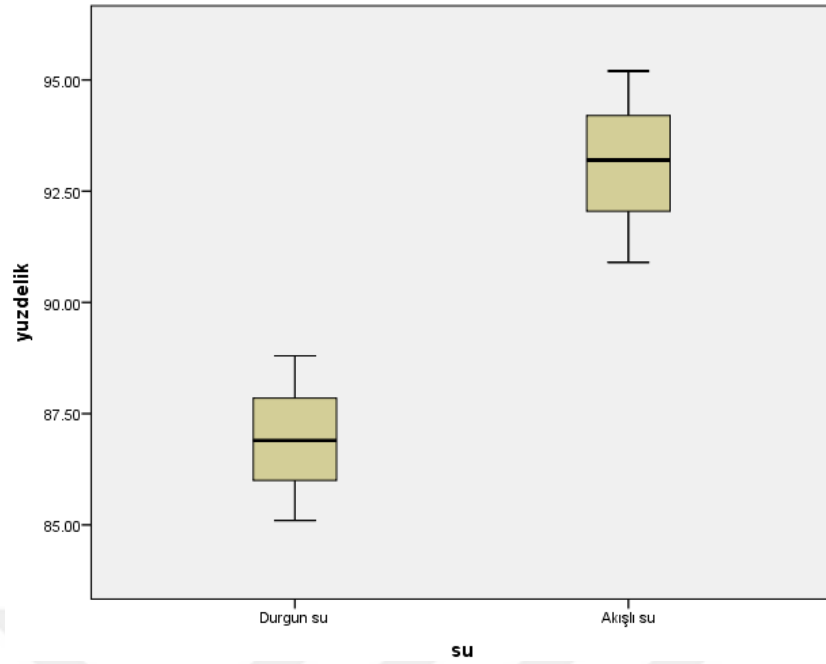
H_0 : Durgun su ile akışlı su arasında anlamlı fark yoktur

H_1 : Durgun su ile akışlı su arasında anlamlı fark vardır.

Çizelge 4. 8. T-testi sonuçları

T-testi										
		Levene Varyanslar Eşitliği Testi		Ortalamaların Eşitliği için T-Testi						
		F	Sig.	t	df	Sig.(2 tailed)	Ortalama Fark	Standart Hata Farkı	%95 Güven Aralığı Farkı	
									Alt	Üst
Yüzdelik	Varsayılan eşit varyanslar	.059	.820	-3.764	4	.020	-6.16667	1.63843	-10.71567	-1.61766
	Varsayılan eşit olmayan varyanslar			-3.764	3.912	.021	-6.16667	1.63843	-10.75623	-1.57710

Çizelge4.8’da ve Şekil 4.3 ‘te durgun su ve akışlı suda iki farklı grup arasında kıyaslamalar yapılmıştır. T-testi kullanılarak iki farklı grup arasında temizleme etkinliği ortalaması maksimum ve minimum olmak üzere iki farklı grup arasında istatistiksel olarak aralarında anlamlı fark olduğu görülmüştür. Varyans analizi sonucuna göre, 0,020 anlamlılık düzeyi 0,05 sınır değerinden küçüktür ve bu da H_0 hipotezinin reddedilebileceğini göstermektedir. H_1 hipotezi kabul edilmiştir. Temizleme etkinliği üzerinde, durgun su ve akışlı suyun arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu bulunmuştur.



Şekil 4. 5. Durgun ve akışlı suyun temizleme etkinliğinin karşılaştırması

Temizleme etkinliği üzerindeki etkisi değerlendirildiğinde Şekil 4.5'te durgun su ve akışlı su için yüzdelik değeri şekilsel olarak gösterilmiştir. Şekilde akışlı su ile temizlemenin temizleme etkinliği üzerinde daha etkili olduğu görülmüş, akışlı su ile temizlemenin durgun su ile temizlemeye göre anlamlı fark olduğu şekilsel anlamda da görülmüştür.

Çizelge 4. 9. İstatiksel grup sonuçları

İstatiksel Grup					
	Su	N	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata Ortalaması
Yüzdelik	Durgun su	3	86.9333	1.85023	1.06823
	Akışlı su	3	93.1000	2.15174	1.24231

Temizleme etkinliği üzerinde yapılan varyans analizi sonuçlarına göre istatistiksel grup ortalaması; Durgun su için temizleme etkinliği yüzdesi 86.93, akışlı su için temizleme etkinliği yüzdesi 93.10 olarak görülmüştür. Standart sapma, istatistik analiz bulgularında iki bağımsız grubun ortalamalarını karşılaştırmak için kullanılmaktadır. Standart sapma değeri yükseldikçe hata payı da artmaktadır. Bu değer küçüldükçe hata payı ve belirsizlik azalmaktadır. Çizelge 4.9'da gösterilen varyans analizi sonucuna göre durgun su için standart sapma 1.85, akışlı su için standart sapma 2.15 olarak hesaplanmıştır. Standart hata ortalaması analiz sonuçlarına göre durgun su için 1.06, akışlı su için 1.24 olarak bulunmuştur.

4.3.2. Sınıflandırma Etkinliği SPSS Sonuçları

Sınıflandırma makinasında yapılan deneme sonuçlarına göre tambur devri dört grupta ele alınarak IBM SPSS Statistics programında Duncan ve Tukey testi kullanılarak sınıflandırma etkinliği üzerindeki etkisi karşılaştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmıştır.

Öncelikle hipotezler belirlenmiş, analiz tabloları yorumlanmıştır.

Hipotezler:

H_0 : Tambur devirlerine göre sınıflandırma etkinliği arasında anlamlı fark yoktur

H_1 : Tambur devirlerine göre sınıflandırma etkinliği arasında anlamlı fark vardır.

Çizelge 4. 10.Tambur devrinin sınıflandırma etkinliği üzerindeki tanımlayıcı istatistik değerleri

Tanımlayıcı İstatistik

Sınıflandırma Etkinliği

Tambur Devri	N	Ortalama Sınıflandırma Etkinliği	Standart Sapma	Standart Hata	%95 Önem Düzeyinde Güven Aralığı		Minimum	Maksimum
					Alt Sınır	Üst Sınır		
A=10	3	66,6667	2,88675	1,66667	59,4956	73,8378	65,00	70,00
B=15	3	66,6667	2,88675	1,66667	59,4956	73,8378	65,00	70,00
C=20	3	61,6667	2,88675	1,66667	54,4956	68,8378	60,00	65,00
D=25	3	43,3333	2,88675	1,66667	36,1622	50,5044	40,00	45,00
Total	12	59,5833	10,32612	2,98089	53,0224	66,1442	40,00	70,00

Sınıflandırma makinasında yapılan denemelerde kullanılan tambur devirleri 10,15,20,25 olmak üzere sırasıyla A,B,C ve D olarak dört ayrı grupta numaralandırılmıştır. Çizelge 4.10'da her bir grupta üçer denemenin yapıldığı, yapılan denemelerin ortalama sınıflandırma etkinliği değerleri, standart sapma ve standart hata değerleri yer almaktadır. Tambur devri dört farklı gruba göre incelendiğinde minimum ve maksimum değerler arasında ortalama sınıflandırma etkinliği değerlerinin her bir grup için farklı olduğu görülmektedir.

Çizelge 4. 11. Anova testi

ANOVA

Sınıflandırma Etkinliği

	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Gruplar Arası	1106,250	3	368,750	44,250	,000
Gruplar İçi	66,667	8	8,333		
Toplam	1172,917	11			

Çizelge 4.11' de Anova tablosunda Sig. (Anlamlılık) değeri 0,000 olduğu görülmektedir. Söz konusu değer 0,001'den küçük olduğu için gruplar arasında ortalama sınıflandırma etkinliği arasında anlamlı farklılık olduğu bulunmuştur. Anova tablosundan gruplar arasında tambur devrinin sınıflandırma etkinliği üzerine etki ettiği görülmüştür.

Çizelge 4.11'de Varyans analiz tablosu incelendiğinde hipotezlerin durumu değerlendirilmiştir. Tabloda ki p (sig.) değeri 0,05'ten (0,000) küçük olduğu için H_0 hipotezi reddedilmiştir. H_1 hipotezi kabul edilmiş, bu hipoteze göre tambur devirleri ile sınıflandırma etkinliği arasında anlamlı fark var olduğu söylenebilmektedir.

Anova tablosu gruplar arasındaki farklılıkları bir bütün olarak değerlendirmektedir. İkili gruplar arasında detaylı karşılaştırma yapabilmek için Tukey ve Duncan testi kullanılmıştır.

Çizelge 4. 12. Çoklu karşılaştırma testi, Tukey

Çoklu Karşılaştırma

Sınıflandırma Etkinliği

	(I) TamburDevri	(J) TamburDevri	Ortalama Fark (I-J)	Standart Hata	Sig.	%95 Güven Aralığı	
						Alt Sınır	Üst Sınır
Tukey HSD	A=10	B=15	,00000	2,35702	1,000	-7,5480	7,5480
		C=20	5,00000	2,35702	,225	-2,5480	12,5480
		D=25	23,33333*	2,35702	,000	15,7853	30,8813
	B=15	A=10	,00000	2,35702	1,000	-7,5480	7,5480
		C=20	5,00000	2,35702	,225	-2,5480	12,5480
		D=25	23,33333*	2,35702	,000	15,7853	30,8813
	C=20	A=10	-5,00000	2,35702	,225	-12,5480	2,5480
		B=15	-5,00000	2,35702	,225	-12,5480	2,5480
		D=25	18,33333*	2,35702	,000	10,7853	25,8813
D=25	A=10	-23,33333*	2,35702	,000	-30,8813	-15,7853	
	B=15	-23,33333*	2,35702	,000	-30,8813	-15,7853	
	C=20	-18,33333*	2,35702	,000	-25,8813	-10,7853	

Çizelge 4.12’de çoklu karşılaştırma tablosunda ikili grup karşılaştırma sonuçları verilmiştir. Burada tambur devirleri 10,15,20,25 olmak üzere sırasıyla A,B,C ve D olarak dört ayrı grupta numaralandırılmış ve ikili gruplar şeklinde karşılaştırması yapılmıştır. A grubu (10 tambur devri) incelendiğinde A ile D arasındaki ortalama fark 23,33333 olduğu görülmektedir. İstatiksel olarak anlamlı fark olup olmadığına dair Sig. (Anlamlılık) değerine bakılmaktadır. A grubu için $p=0,000<0,05$ olduğundan A ve D grubu arasında sınıflandırma etkinliği bakımından farklılık göstermektedir. Aynı zamanda A ve D gruplarını ortalamaları arasındaki farka ilişkin %95 güven aralığı değerleri incelendiğinde 15,7853 ile 30,8813 arasında olduğu görülmektedir. Bu aralık ‘0’ rakamı içermediği için gruplar arasında farklılık olduğu anlamına gelmektedir.

Çizelge 4. 13 Tambur devrinin sınıflandırma etkinliği üzerinde Anova sonuçları

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p	Anlamlı fark
Gruplar Arası	1106,250	3	368,750	44,250	,000	A-D B-D C-D D-A D-B D-C
Gruplar İçi	66,667	8	8,333			
Toplam	1172,917	11				

Çizelge 4. 14Tambur devrinin sınıflandırma etkinliği üzerinde Anova sonuçları

Tambur Devri (d/dk)r	Ortalama Sınıflandırma Etkinliği
10	66,6667 ^a
15	66,6667 ^a
20	61,6667 ^a
25	43,3333 ^b

^{a,b,c} harfleri sütündeki istatistiksel farkları göstermektedir.

Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14 Anova testi sonucuna göre A, B ve C grubu arasında tambur devrinin sınıflandırma etkinliği üzerinde istatistiksel olarak gruplar arasında anlamlı fark olmadığı gözlemlenmiştir. D grubu A, B ve C grubundan farklı grupta yer almış ve aralarında %5 önem düzeyine göre istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmüştür.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan denemeler sonucunda yerbademinin temizlenmesi ve sınıflandırılmasında kabul edilebilir alternatif yöntemler olduğu belirlenmiştir. Yerbademinin temizlenmesi ve sınıflandırılması üzerine yapılan çalışmanın sonuçları aşağıda verilmiştir.

- Laboratuvar ortamında ürünün temizlenmesi üzerine yapılan denemede, ürünün su tutma kapasitesi yüksek olduğu göz önünde bulundurularak suda temizlenme süresi 2 dakika olarak belirlenmiştir.
- Havuzda 2 dk süre tutularak akışlı suda yıkanan yerbademinin yıkama sonrası kireç, sap, saman, toz vb yabancı materyalden temizlendiği görülmüştür.
- Ürünlerin yıkama sonunda ağırlığı, yıkama öncesi kuru ağırlığından fazla, kirece bulanmış haldeki ağırlığından düşük çıkmıştır. Buradan kirli yüzeyin azaldığı, ürünün temizlendiği belirlenmiştir ve gözlemlenmiştir.
- Akışlı suda yerbademinin temizleme etkinliği %93,05 olarak belirlenmiştir.
- Yıkama havuzundan TDS Metre cihazı ile yıkama öncesi saf sudan alınan örnekle, suyun kalitesinin normal içme suyu standartlarında olduğu belirlenmiştir.
- Yıkama havuzundan TDS Metre cihazı ile yıkama öncesi alınan saf su örneği, kirece bulanmış halde suyun örneği ile yıkanmış suda kireci çözülmüş haldeki suyun örneği karşılaştırıldığında, kirecin 2 dakika yıkama sürecinde suda çözüldüğü, yıkama işleminin etkin ve başarılı olduğu belirlenmiştir.
- Kalınlık esaslı sınıflandırma yapılması gerektiği için oblong delikli elek kullanımı uygun görülmüştür.
- Yapılan sınıflandırma etkinliği denemelerinde 10 kg ürün makine tambur devri 10 d/dk iken ortalama 2 dk' da elemiştir. Sınıflandırma etkinliği %66,66 olarak hesaplanmıştır. Fakat tambur devri 10 d/dk iken elekte ürünlerin kaldığı gözlemlenmiştir.
- Yapılan sınıflandırma etkinliği denemelerinde 10 kg ürün makine tambur devri 25 d/dk iken ortalama 51 sn'de elenmiştir. Sınıflandırma etkinliği %43,33 olarak hesaplanmıştır. Fakat tambur dönü hızı fazla olduğundan, elenemeyen materyallerin içinde elek çapından küçük çok fazla ürünlere rastlanmıştır. Elenemeyen materyalin ağırlığı elenen materyalden daha fazla çıkmıştır. Sınıflandırma için tambur devri uygun olmadığı gözlemlenmiştir.
- SPSS verilerine göre temizleme etkinliği üzerinde akışlı su ile temizlemenin durgun su ile temizlemeye göre daha etkili olduğu görülmüştür.

- SPSS verilerine göre genel bir yaklaşımla düşük tambur devrinde sınıflandırma etkinliğinin daha yüksek ve etkin olduğu söylenebilmektedir.

Çalışma sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde yerbademini mamül hale getirilmesi aşamasında temizleme ve sınıflandırma işlemlerinin etkin bir şekilde yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Deneme sonuçları etkin bir temizlemenin düşük debili akışlı suda kullanılarak, sınıflandırma işleminin ise yumruların özellikle genişlik ve kalınlık değerlerinin birbirine yakın olması nedeniyle en etkin olarak oblong delikli, düşük devirde döner bir elek kullanılarak yapılmasının uygun olduğunu göstermiştir.



KAYNAKLAR

- Addy, E.O. and E. Eteshola, 1984. Nutritive value of a mixture of tigernut tubers (*Cyperus esculentus*) and baobab seeds (*Adansonia digitata* L.). *J. Sci. Food Agric.*, 35: 437-440.
- Ade-Omowaye, B.I.O., B.A. Akinwande, I.F. Bolarinwa and A.O. Adebisi, 2008. Evaluation of tigernut (*Cyperus esculentus*)- wheat composite flour and bread. *Fr. J. Food Sci.*, 2: 87-91.
- Amin, N. And Hossain, A. 2021. 'Development and evaluation of a mechanical carrot washing machine.' *Farm Machinery and Postharvest Process Engineering Division, Bangladesh Agricultural Research Institute, Gazipur, Bangladesh*
- Anonim.(2002).http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_agriFagri_2002_838_294_298.pdf (Erişim 13/10/2014).
- Anonim, 2010. Çukurova Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Tescilli Çeşitler Kataloğu, Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları.
- Anonim,(2014).http://tresproblemas.sdsu.edu/tres_problemas_coquillo05.html (Erişim 18/09/2014)
- Anonim,(2018). Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları., 1(2): 20-33
- Al-Katary, H. S., Abd El-Mawla, H. A., Osman, M. A. 2010. “ Washing Water Turbidity As Indicator To Fruit And Vegetable Washer Efficiency” . *Misr J. Ag. Eng.*, 27 (2): 662 - 675
- Balami, A. A., Birma M., Dauda, S. M., 2014. “ Development Of a Tigernut Seeds Cleaning and Sorting Machine”. *Journal of Agricultural Engineering and Technology (JAET), Nigeria*, 22, 2-4.
- Başkan, İ., 2021. Yerbademisi (Chufa/Tigernut): Fao Süper Bir Gıda Olarak Kabul Ediyor <https://hasatzamanigazetesi.com/yerbademisi-chufa-tigernut-fao-super-bir-gida-olarak-kabul-ediyor/> [Son erişim tarihi: 16.10.2023].
- Belewu, M. A., Belewu, K. Y. 2007. “Comparative physico-chemical evaluation of tiger-nut, soybean and coconut milk sources”. *International Journal of Agriculture & Biology*. 1560-8530/2007/09-5, 785-787.
- Belewu, M. A., Abodunrin, O. A. 2008. “Preparation of Kunnu from Unexploited Rich Food Source: Tiger Nut (*Cyperus esculentus*)”, *Pakistan Journal of Nutrition*, 7 (1): ISSN 1680-5194. 109-111.
- Bilgili, M.E., Çubukçu, P., Vurarak, Y., 2018. “Yerbademisinin Tarımı ve Mekanizasyonunun Değerlendirilmesi” *Uluslararası Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 1(2): 20-33, Adana.
- Bosch, L., A. Alegria and R. Farre, 2005. RP-HPLC determination of tigernut and orgeat amino acid contents. *Food Sci. Technol. Int.*, 11:33-40

- Cantalejo, M. J., 1997. Analysis of volatile components derived from raw and roasted earth almond (*Cyperus esculentus*). *J. Agric. Food Chem.* 45: 1853-1860.
- Chevallier, A., 1996. *The Encyclopedia of Medicinal Plants*. Dorling Kindersley Publishers, London.
- Cortes, C., M.J. Esteve, A. Frigola and F. Torregrosa, 2005. Quality characteristics of horchata (A Spanish vegetable beverage) treated with pulsed electric fields during shelf-life. *Food Chem.*, 91: 319-325.
- De Vries, F.T., 1991. Chufa (*Cyperus esculentus*, *Cyperaceae*): A weedy cultivar of cultivated weed. *Econ. Bot.*, 45: 27-37.
- Eteshola, E. And A.C.I. Oraedu, 1996. Fatty acid composition of tigernut tubers (*Cyperus esculentus*), and baobab seeds (*Adansonia digitata* L.) and their mixture. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 73: 255-257.
- FAO/WHO/UNU, 1985. Expert Consultation. Energy and Protein Requirement. World Health Organization, Geneva.
- İnce, A., Vursavuş, K.K., Vurarak, Y., Çubukçu, P., Çevik, M.Y. 2017. “Selected engineering properties of tiger nut as a function of moisture content and variety”, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, (41):
- İnce, A., Akçalı, İ. D., 2018. “ Operating Conditions Of A Peanut Sizing Machine For Optimum Performance” , *Philipp Agric Scientist*, 70-75., ISSN 00311-7454
- Jorda, P., Alba, Fernandez., & Calderon, R.J., 2013. Alergia a la horchata de chufa. *J Investig Allergol Clin Immunol*, 23(2):165-203.
- Jozef, P.H., Linssen, G.M, Kielman; J.L.C., Pilnik, W., 1988. “Comparison of chufa and olive oil”, *Journal of Agricultural Food and Chemistry*, 28, 279- 285
- Karababa, E., Çoşkuner, Y., Nazlıcan, A.N., 2001. “Chemical Composition and Technological Evaluation of Chufa Tuber (*Cyperus esculentus* L.)” 26 (4):. Pp:243-246.
- Kelley, R.J., Fredrickson, L.H., 1991. “Chufa Biology and Management”. *Fish and Wildlife Leaflet* 13.4.18. The School of Natural Resources University of Missouri-Columbia Puxico, MO 63920.
- Korkmaz, D. D., Sağlam, C., 2010 “Bazı Meyve ve Sebzelerin Yıkınması İçin Prototip Temizleme Makinasının Geliştirilmesi Üzerine Araştırma”., Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- M.A.P.A (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentacion)., 1997. *Anuario de estadística agraria* M.A.P.A., Secretaria General Tecnica. Madrid. Spain.
- Martorell, E. (1994). Producción de inflorescencias, semillas y poder germinativo de las mismas en diversos clones de chufa (*Cyperus esculentus* L.). Trabajo Final de Carrera EUITA. UPV.
- Nazlıcan, A.N., 2007. “Yağ, Nişasta ve Şeker Üretiminde Yeni Bir Alternatif: Yerbademisi (Chufa) Bitkisinin Özellikleri, Kullanım Alanları ve Tarımımıza Kazandırılma Çalışmaları”. 1. Ulusal Yağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu, 28-31 Mayıs, Samsun.

- Oderinde, R.A., Tairu, O.A., 1988. "Evaluation of the Properties of Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) tuber oil". *Journal of Agricultural Food and Chemistry*, 28, 233-237.
- Odoemelan, S.A., 2003. Chemical composition and functional properties of conophor nut flour (*Tetracarpidium conophorum*) flour. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 38: 729-734.
- Okafor, J.N.C., J. I. Mordi, A.U. Ozumba, H.M. Solomon and O. Olantuji, 2003. Preliminary studies on the characterization of contaminants in tigernut (Yellow variety). *Proceedings of 27th Annual Nigerian Institute of Food Science and Technology (NIFST) Conference*, Oct. 13-17, Nigeria, pp : 210-211.
- Oladele K.A., Osundahunsi, F.O., Adebawale, A.Y., 2009. "Influence of Processing Techniques on the Nutrients and Antinutrients of Tigernut (*Cyperus esculentus* L.)". *World Journal of Dairy & Food Sciences* 4 (2),.88-93.
- Olutomilola, E. O., 2021. " Washing Of Agricultural Produce: A Review"
Department of Industrial and Production Engineering/Mechanical Engineering Department,
Federal University of Technology, Akure, Ondo State, Nigeria, 1248-1256.
- Pascual, B. (2002). *Agricultura revista agropecuaria*, ISSN: 0002-1334
- Shaker, M.A., Ahmed, M.G., Amany, M.B., Shereen, L.N., 2009. "Chufa Tubers (*Cyperus esculentus* L.) : As a New Source of Food". *World Applied Sciences Journal* 7(2):151-156
- Siddique G., Aleem A., Hussain G. & Raza H.A. 2017. Development and Performance Evaluation of Carrot Washer. *Journal of Global Innovations in Agricultural and Social Sciences*,5(1):28-31, <https://doi.org/10.22194/JGIASS/5.1.772>
- Smith, W., 2022. Spain's 'white gold' super-drink <https://www.bbc.com/travel/article/20220224-spains-white-gold-super-drink> [Son erişim tarihi: 16.10.2023].
- TDS Metre (Health Metric) kullanım klavuzu

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : ÖNEL Ceren Özge

Eğitim

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği bölümü	2024
Lisans	Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği bölümü	2015
Ortaöğretim	Remzi Oğuz Arık ilkokul ve ortaöğretim okulu	2005

Çalışma Tecrübesi

Yıl	İşyeri	Unvan
2003-Halen	Katılımevim	Tasarruf Finans Uzmanı
2015-2017	Özalsan Tarım Makinaları ve Pülverizatör Sanayi	Üretim/İşletme Mühendisi)
2013-2014	Sönmezler Tarım Makinaları	(Arge/Üretim Mühendisi)
2014-2015	Erdem Metal Sanayi ve Tarım Makinaları	(Üretim/İşletme Mühendisi)