

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIM MAKİNELERİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
2025-YL-10

ÖRNEK BİR İŞLETMEDE YATAY VE DÜŞEY YEM KARMA
MAKİNELERİNİN ÇALIŞMA PERFORMANSLARININ
BELİRLENMESİ

Seçil KALAÇ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. İbrahim YALÇIN

AYDIN - 2025

KABUL VE ONAY

T.C. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Yüksek Lisans Programı öğrencisi Seçil KALAÇ tarafından hazırlanan “ÖRNEK BİR İŞLETMEDE YATAY VE DÜŞEY YEM KARMA MAKİNALARININ ÇALIŞMA PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ” başlıklı tez, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 06/02/2025

Jüri Üyeleri

ONAY:

- Başkan : Prof. Dr. İbrahim YALÇIN
ADÜ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları
- Üye : Dr. Öğr. Üyesi Yüksel AYDOĞAN
ADÜ Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri
- Üye : Doç. Dr. Cihangir SAĞLAM
NKÜ Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Fen Bilimleri Enstitüsünün tarih ve sayılı oturumunda alınan numaralı Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ethem AKTÜRK

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam sűresince, bu tezin oluőum ve yűnetim aőamalarında yardımını ve desteęini benden esirgemeyen saygıdeęer danıőman hocam Prof. Dr. İbrahim YALÇIN 'a ve destekleriyle her zaman yanımda olan sevgili aileme ve arkadaőlarıma sonsuz saygı ve teőekkűrlerimi sunarım.

Seçil KALAÇ





BİLİMSEL ETİK BEYANI

“ÖRNEK BİR İŞLETMEDE YATAY VE DÜŞEY YEM KARMA MAKİNALARININ ÇALIŞMA PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ” başlıklı Yüksek Lisans/Doktora tezindeki bütün bilgileri etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yaptığımı bildiririm. İfade ettiklerimin aksi ortaya çıktığında ise her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Seçil KALAÇ

06/02/ 2025



İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
TEŞEKKÜR	iii
BİLİMSEL ETİK BEYANI.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
RESİMLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
ÖZET	xvii
ABSTRACT	xix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Yemler	4
1.2. Yem karma makineleri	7
1.2.1. Yatay Helezonlu Yem karma makineleri	11
1.2.2. Düşey Yem Karma Makineleri.....	12
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM	19
3.1. Materyal.....	19
3.1.1. Denemelerde Kullanılan Yem Karma ve Dağıtma Makineleri	19
3.1.2. Denemelerde Kullanılan Yemler	20
3.1.3. Denemede Kullanılan Alet ve Cihazlar	20
3.2. Yöntem.....	21
3.2.1. Denemelerin Yürütülmesi	22

3.2.2. Elek Analizi.....	23
3.2.3. Yem Örneklerinin Boyutlarının Belirlenmesi.....	24
3.2.4. Ağırlık Analizi	27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	29
4.1. Boyut Özelliklerine Ait Sonuçlar.....	29
4.2. Elek Analizi Sonrası Ölçülen Kütle Sonuçları.....	35
6. SONUÇ	39
KAYNAKLAR	43
ÖZ GEÇMİŞ	47

KISALTMALAR DİZİNİ

WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
TİGEM	: Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü
TMR	: Total Mixed Ration (Toplam Karışık Rasyon)
PTO	: Power Take-Off (Traktör Güç Çıkışı)
DMI	: Dry Matter Intake (Kuru Madde Tüketimi)
PSPS	: Penn State Particle Separator (Penn State Partikül Ayırıcısı)



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Elek sistemi sarsma deseni (Penn State Extension, 2022) 24

Şekil 4.1. İkinci Kattaki Yemlerin Ortalama Uzunluk Grafiği 33

Şekil 4.2. Üçüncü Kattaki Yemlerin Ortalama Uzunluk Grafiği 34

Şekil 4.3. Dördüncü Kattaki Yemlerin Ortalama Uzunluk Grafiği..... 35





RESİMLER DİZİNİ

Resim 1.1. Yem rasyonu hazırlama aşaması.....	2
Resim 1.2. Kaba yem	6
Resim 1.3. Yatay helezonlu yem karma makinesi	9
Resim 1.4. Düşey helezonlu yem karma makinesi	9
Resim 1.5. Yatay helezonlu yem karma makinesi (İzelmak).....	11
Resim 1.6. Düşey helezonlu yem karma makinesi (İzelmak).....	13
Resim 3.1. Yatay ve düşey helezonlu karıştırıcılar.....	19
Resim 3.2. Yatay ve düşey helezonlu yem karma makinelerinden alınan örnekler	20
Resim 3.3. Dijital kumpas.....	21
Resim 3.4. Hassas terazi	21
Resim 3.5. Denemelerde kullanılan elekler	22
Resim 3.6. Hassas terazide yem ölçümü.....	24
Resim 3.7. Dört katlı elek	24
Resim 3.8. Boyutlarına göre ayrıışan yemler.....	25
Resim 3.9. Elek tabanı	25
Resim 3.10. İkinci kat elek.....	25
Resim 3.11. Üçüncü kat elek.....	25
Resim 3.12. Dördüncü kat elek.....	25
Resim 3.13. Saman.....	26
Resim 3.14. Mısır.....	26
Resim 3.15. Silaj	26
Resim 3.16. Pelet	26
Resim 3.17. Şeker pancarı posası.....	26

Resim 3.18. Arpa	26
Resim 3.19. Yonca.....	26
Resim 3.20. Tabanda kalan yem ağırlığı	27
Resim 3.21. İkinci katta kalan yem ağırlığı	27
Resim 3.22. Üçüncü Kat Yem Ağırlığı	27
Resim 3.23. Dördüncü katta yem ağırlığı.....	27



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Yıllara göre ülkemizdeki büyükbaş hayvan sayıları (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023)	3
Çizelge 3.1. Elek sisteminin gözenek boyutları (Penn State Extension, 2022)	22
Çizelge 3.2. Deneme planı	23
Çizelge 4.1. Denemede yatay yem karma makinesinden alınan ve ayrıştırılan yemlerin elek analizi sonucundaki boyut ölçüleri	29
Çizelge 4.2. Denemede düşey yem karma makinesinden alınan ve ayrıştırılan yemlerin elek analizi sonucundaki boyut ölçüleri	31
Çizelge 4.3. Elek analizi sonrası ölçülen ağırlık değerleri	36
Çizelge 4.4. Yem karma makinelerindeki ortalama ağırlık yüzdeleri.....	36



ÖZET

ÖRNEK BİR İŞLETMEDE YATAY VE DÜŞEY YEM KARMA MAKİNALARININ ÇALIŞMA PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ

Kalaç S. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri Programı, Yüksek Lisans Tezi, Prof. Dr. İbrahim YALÇIN, Aydın, 2025.

Amaç: Bu çalışmada, yatay ve düşey helezonlu yem karma makinelerinin performansını karşılaştırılmış, bu makinelerden alınan yem örneklerinin boyut ve ağırlık dağılımlarını analiz edilerek, makinelerin yem hazırlama kapasitesi ve kalitesi belirlenmiştir. Bu sayede, her iki makinenin verimliliği ve etkinliği hakkında bilgi edinilmiştir.

Materyal ve Yöntem: Çalışmada materyal olarak yatay ve düşey helezonlu yem karma makineleri ve hayvancılık işletmesinden alınan yemler kullanılmıştır. Denemelerde yemlerin boyut analizleri ve ağırlıkları bir kumpas, hassas terazi ve elek sistemi ile ölçülmüştür. Ölçümler sonucu her iki makinadan alınan yemlerin boyut analizi yapılarak değerleri belirlenmiştir. Elde edilen değerler esas alınarak her iki örnek yemler için ağırlık ve boyut ölçümü laboratuvar ortamında tek tek ölçülüp tartılarak denemesi yapılmıştır.

Bulgular: Denemelerde yatay ve düşey helezonlu yem karma makinelerinin performansı, eleğin farklı katmanlarındaki partikül boyutları ve bu katmanlardaki ağırlık dağılımları karşılaştırılarak belirlenmiştir.

Sonuç: Elde edilen sonuçlara göre, yatay yem karma makineleri yemlerin daha homojen ve daha iyi parçalanmasını sağlamıştır. Denemede kullanılan yem türleri için yatay makinelerin daha uygun olduğu ortaya konmuştur. Buna karşılık, düşey yem karma makineleri bazı yem (şeker pancarı posası ve arpa) türlerini daha iyi parçalarken, büyük parçaları parçalama eğilimi düşük olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yem, Parçalama, Boyut analizi, Yatay ve düşey helezon



ABSTRACT

EXAMINATION OF THE OPERATING PERFORMANCE OF HORIZONTAL AND VERTICAL FEED MIXING MACHINES IN AN EXAMPLE FARM

Kalaç S. Aydın Adnan Menderes University, Institute of Science, Agricultural Machinery Program, Master's Thesis, Prof. Dr. İbrahim YALÇIN, Aydın, 2025.

Objective: In this study, the performance of horizontal and vertical auger feed mixing machines was compared by examining the size and weight distributions of feed samples collected from these machines. Consequently, the feed preparation capacity and quality of the machines were evaluated, providing insights into the efficiency and effectiveness of both types of machines.

Material and Methods: In the study, horizontal and vertical auger feed mixing machines and feed samples obtained from a livestock enterprise were used as materials. During the experiments, the size analysis and weights of the feeds were measured using a caliper, a precision balance, and a sieve system. As a result of the measurements, the size analysis of the feeds obtained from both machines was performed, and the values were determined. Based on the obtained values, the weight and size of the feed samples were individually measured and weighed in a laboratory environment, and the tests were conducted accordingly.

Results: In the experiments, the performance of horizontal and vertical auger feed mixing machines was determined by comparing the particle sizes in different layers of the sieve and the weight distributions in these layers.

Conclusions: According to the results obtained, horizontal feed mixers have resulted in more homogeneous and better grinding of the feeds. It was found that horizontal mixers are more suitable for the types of feed used in the trial. On the other hand, vertical feed mixers performed better in grinding certain types of feed (such as sugar beet pulp and barley), but they showed a lower tendency to break larger particles.

Key words: Feed, Shredding, Dimensional analysis, Horizontal and vertical spiral



1. GİRİŞ

Tarım sektörü, insan yaşamının sürdürülebilirliğinde önemli bir rol oynamaktadır. Hayvansal ürünler, insan beslenmesinde temel protein kaynakları arasında yer alır ve sağlıklı bir diyetin vazgeçilmez unsurlarını oluşturur. Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre, bir bireyin her kilogram vücut ağırlığı için günlük 1 gram protein alması tavsiye edilmektedir. Hayvansal kaynaklardan bu protein ihtiyacının yaklaşık %42'si temin edilmektedir. (Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü [TİGEM], 2018).

Protein alımında gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Gelişmiş ülkelerde, bireylerin günlük protein tüketimi daha yüksek olup bu proteinin %65'i hayvansal ürünlerden sağlanmaktadır. Buna karşılık, gelişmekte olan ülkelerde bu oran yaklaşık %20 seviyelerinde kalmaktadır. Süt, yumurta, peynir ve et gibi hayvansal ürünler, içerdiği yüksek protein oranlarıyla sağlıklı ve dengeli bir diyetin yapı taşlarıdır. Örneğin, kırmızı et %15-20, yumurta %12, süt %3-4 ve peynir %15-25 oranında protein içerir. Bu ürünlerin düzenli tüketimi, vücudun günlük protein ihtiyacını karşılamanın yanı sıra bağışıklık sistemini güçlendirmekte ve genel sağlık durumunu iyileştirmektedir. (Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü [TİGEM], 2018)

Tarım sektörü, gıda güvenliğini sağlamak ve insan beslenmesini desteklemek amacıyla sürekli gelişmekte ve yenilikçi teknolojilerle desteklenmektedir. Sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaşması, hem bireysel sağlık hem de küresel gıda güvenliği açısından hayati önem taşımaktadır.

Hayvansal ürünlerin yeterli miktarda ve ekonomik fiyatlarla tüketicilere ulaştırılabilmesi için hayvancılık işletmelerinde maliyetlerin düşürülmesi ve üretim kapasitesinin artırılması gereklidir. Artan dünya nüfusu, hayvansal üretimin önemini daha da artırmakta ve bu durum hayvancılık işletmelerinin sürdürülebilir bir yapıya kavuşturulmasını zorunlu hale getirmektedir.

Hayvancılık işletmelerinde en önemli sorunların başında yemle ilgili problemler bulunmaktadır. Yem maliyetlerini düşürmek için işletmelerin ilk olarak yüksek kalitede kaba yem üretimine odaklanması ya da bu yemleri uygun koşullarda sağlaması gerekmektedir. Yem kalitesindeki eksiklikler, yemlere ulaşmada yaşanan zorluklar, tedarik süreçlerindeki

aksaklıklar, yem hazırlama sürecine harcanan zaman, iş gücü ve maliyet gibi etkenler bu alandaki temel problemlerdir. Bu durum, yemle ilgili sorunların çözülmesini zorunlu hale getirirken, işletmelere hem ekonomik hem de operasyonel açıdan büyük bir yük oluşturmaktadır.



Resim 1.1. Yem rasyonu hazırlama aşaması

Türkiye için mevcut hayvan varlığı ve yem üretim verilerine bakıldığında, üretimin hayvancılık sektörünün taleplerini karşılamada yetersiz kaldığı görülmektedir. Çizelge 1.1’de, yıllar boyunca ülkemizdeki hayvan sayılarındaki değişim açıklanmaktadır. 2023 yılına bakıldığında, toplam büyükbaş hayvan sayısının 16.583.005 olduğu ifade edilmiştir.

Çizelge 1.1. Yıllara göre ülkemizdeki büyükbaş hayvan sayıları (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023)

Yıl	Sığır Sayısı (Baş)	Manda Sayısı (Baş)	Toplam Büyükbaş Hayvan Sayısı (Baş)
2002	9.803.498	121.077	9.924.575
2003	9.788.201	113.356	9.901.557
2004	10.069.346	103.900	10.173.246
2005	10.526.440	104.965	10.631.405
2006	10.871.364	100.516	10.971.880
2007	11.036.753	84.705	11.121.458
2008	10.859.942	86.297	10.946.239
2009	10.723.958	87.207	10.811.165
2010	11.369.800	84.726	11.454.526
2011	12.386.337	97.632	12.483.969
2012	13.914.912	107.435	14.022.347
2013	14.415.257	117.591	14.532.848
2014	14.223.109	121.826	14.344.935
2015	13.994.071	133.766	14.127.837
2016	14.080.155	142.073	14.222.228
2017	15.944.591	160.434	16.105.025
2018	17.042.506	178.397	17.220.903
2019	17.688.000	184.331	17.872.331
2020	17.977.000	180.971	18.157.971
2021	17.850.000	186.117	18.036.117
2022	16.851.000	172.791	17.023.791
2023	16.421.000	162.005	16.583.005

Hayvanların ihtiyaç duyduğu kaba yemler genellikle yem bitkilerinden, çayır ve meralardan, tarımsal atıklardan ve yeşil bitki artıklarından sağlanmaktadır. Bu kapsamda; yonca, korunga, fiğ, yemlik bezelye, sorgum, sudan otu, silajlık mısır gibi yem bitkileri, tahıl hasadı sonrasında tarlada kalan sap ve saman kalıntıları ile su içeriği yüksek olan posalar başlıca kaba yem kaynakları arasında yer almaktadır.

Türkiye'de üretilen kaba yem miktarının hayvanların ihtiyaçlarını karşılamakta yetersiz kalmasının temel nedenleri arasında çayır ve mera alanlarının azalması, mera yönetimindeki eksiklikler, yem bitkilerinin yeterince ekilmemesi, hasat sonrası meydana gelen kayıplar, vejetasyon döneminin kısalığı ve aşırı otlatma gibi faktörler bulunmaktadır. Tarım arazilerinin yanlış kullanımı, erozyon ve bilinçsiz otlatma uygulamaları, doğal çayır ve mera alanlarının verimliliğini düşürerek kaba yem üretimini olumsuz etkilemektedir. Mevcut meraların düzenli ıslah edilmemesi ve uygun otlatma yöntemlerinin kullanılmaması, bu

alanların kalitesini daha da azaltmaktadır. Ayrıca, çiftçilerin yem bitkisi üretimine yeterli öncelik vermemesi ve teşviklerin sınırlı olması, yem bitkisi ekiminin yaygınlaşmasını engellemektedir. Bunun yanında, hasat sırasında veya sonrasında taşıma ve depolama kaynaklı kayıplar önemli miktarda kaba yemin değerlendirilememesine yol açmaktadır. İklim koşulları nedeniyle bitkilerin büyüme süresinin kısa olması, yıllık üretim miktarını sınırlarken, hayvanların meralarda dengesiz şekilde otlatılması da meraların tükenmesine ve verimin ciddi şekilde düşmesine sebep olmaktadır. (Güngör, Başalan ve Aydoğan, 2008).

Yüksek karbonhidrat içeriği sayesinde silajlık mısır, kolay silolanabilir bir ürün olarak öne çıkmakta ve ülkemizde silaj üretiminde sıkça kullanılmaktadır (DLG, 1987; McDonald, 1981). Yıllar içinde ekim alanlarının hızla genişlemesi, bu ürünün önemini artırmıştır. Sindirilebilirliği yüksek organik maddeleri, verimli ürün potansiyeli ve kaliteli bir kaba yem olması, mısır silajını tercih edilen bir seçenek haline getirmektedir (Alçiçek ve Özdoğan, 1997; Alçiçek vd., 1999).

Bir diğer önemli kaba yem kaynağı çayır ve meralardır. Ancak, ülkemizdeki doğal yem alanları, yıllar boyunca kontrolsüz ve aşırı otlatma nedeniyle ciddi şekilde zarar görmüştür (Demiroğlu Topçu ve Özkan, 2017).

Kaba yem ihtiyacını karşılayabilmek için bu alanların ıslah edilmesi, ıslah edilen alanların tekrar bozulmasının önüne geçilmesi ve hayvancılık işletmelerinin üretim maliyetlerini azaltmak amacıyla yem bitkisi üretiminin artırılması gereklilik haline gelmiştir (Özaslan Parlak ve Sevimay, 2007). Doğal yem kaynaklarının azalmasında birçok faktör etkili olmuştur.

Kaba yem açığını gidermek ve meralarda oluşan otlatma baskısını azaltmak için tarım alanlarında yem bitkisi üretimine daha fazla yer verilmesi zorunlu hale gelmiştir. Bu hedef doğrultusunda, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2000 yılında 2000/467 sayılı kararname ile yem bitkileri üretimini teşvik etmeye başlamıştır (Hayvancılığın Desteklenmesi Hakkında Karar) (Turan ve Altuner, 2014).

1.1. Yemler

Yem, hayvanların gereksinim duyduğu besin değerlerini karşılayan, onlara enerji ve yapı taşları sunan bir beslenme kaynağıdır. Bu besin kaynağı, hayvanların bağışıklık sistemini

güçlendirmeye, sağlıklı büyüme süreçlerini desteklemeye ve üretkenliklerini artırmaya yardımcı olur. Dengeli hazırlanmış bir yem rasyonu, hayvanların ihtiyacı olan protein, yağ, karbonhidrat, vitamin ve mineralleri içeren bir bütünlük oluşturarak, onların verimli bir şekilde gelişmesini ve yüksek kalite ürünler (et, süt, yumurta gibi) sunmasını sağlar. Bu sayede hem hayvanların refahı yükselir hem de üreticinin elde ettiği verim artar.

Yemlerin bileşimi, hayvanların türüne, yaşına ve üretim amaçlarına göre değişir. Ruminantlar için yemlerde yüksek lif içeriği önemlidir, çünkü bu hayvanlar selüloz ve hemiselülozu sindirebilirler. Buna karşın, monogastrik hayvanlar için daha yüksek enerji ve protein içerikli yemler gereklidir (Bach & Calsamiglia, 2016). Buna ek olarak yemlerin vitamin ve mineral içerikleri de hayvan sağlığı için büyük öneme sahiptir.

Hayvan beslenmesinde, yemlerin düzgün bir şekilde harmanlanarak ideal bir karışım elde edilmesi büyük önem taşır. Hayvanlar için günlük olarak hazırlanan yem karışımları ise "rasyon" olarak tanımlanmaktadır. Rasyon oluşturulurken ağırlıklı olarak yoğun yemler ve kaba yemler kullanılmaktadır. Yoğun yemler (konsantre yemler), enerji ve protein açısından zengin, ancak lif bakımından düşük bir yapıya sahiptir (Gülsün ve Miç, 2018). Bu yem türleri, aynı zamanda üretim yemleri olarak da bilinmektedir.

Sığırlarda yüksek miktarda yoğun yemle beslenme, daha az yem tüketimiyle birlikte önemli ağırlık artışları sağlamakta ve yemden faydalanma oranlarını olumlu yönde etkilemektedir. Yoğun yem oranının artması, bu yemlerin sindirilebilirlik seviyesinin yüksek olmasından kaynaklanan bir avantaj sunmaktadır (Köknaroğlu. vd., 2006). Öte yandan, rasyonlarda yoğun yem oranının fazla olması, yem maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, rasyonlarda kaba yem kullanımının ağırlık kazanması, hem maliyet hem de sürdürülebilirlik açısından daha uygun bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir.

Kesif yem, hayvanların yoğun besin ihtiyacını karşılamak üzere formüle edilen, enerjisi ve proteini yüksek yem karışımlarıdır. Düşük posa oranı sayesinde sindirilebilirliği artan bu yemler, çoğunlukla tahıllar, yağlı tohum küspeleri, kepek, melas ve benzeri içeriklerin uygun oranlarda bir araya getirilmesiyle elde edilir. Özellikle yüksek verimli süt sığırları, etlik hayvanlar ve kanatlılar için tasarlanan bu dengeli rasyonlar, hayvanların beslenme gereksinimlerini daha etkili biçimde karşılayarak sağlıklı büyümeyi, gelişmeyi ve verimli üretimi destekler. Böylece hem hayvanların genel refah düzeyi yükselir hem de elde edilen et, süt ve diğer hayvansal ürünlerin kalitesi ve miktarı artar.



Resim 1.2. Kaba yem

Hayvan yetiştiriciliğinde günlük enerji ve protein gereksinimleri çoğunlukla kesif yemlerle karşılanmakla birlikte, et-süt verimini ve hayvan sağlığını iyileştirmede asıl belirleyici rol kaba yemlere aittir. Bu geniş yem grubu; yüksek su oranına sahip yeşil bitkiler, nemi kısmen azaltılarak değerlendirilen yem materyalleri, kurutulduktan sonra balya hâline getirilen yem bitkileri, silajlar, posa ya da küspe gibi yan ürünler ve tahıl hasadı sonrasında tarlada kalan sap-saman artıklarını kapsar.

Özellikle tahıl hasadının ardından geriye kalan sap ile saman artıkları, besin değeri düşük kaba yemler içinde yer alır. Bu tür yem içeriklerinde lif, odunsu yapı maddeleri ve yarı selülozik bileşiklerin oranı oldukça yüksekken, enerji, protein ve sindirilebilir organik bileşen düzeyleri ise düşük kalmaktadır. Bu yapısal özellikleri nedeniyle sindirimleri zordur ve geniş getiren hayvanların iškembesinde uzun süre kalarak tokluk hissi yaratır. Bu nitelikleri, söz konusu yemleri, özellikle geniş getiren canlıların beslenmesinde yaygın bir kaba yem kaynağı haline getirir.

Hayvanların beslenmesinde kullanılan kaba yemler arasında, özellikle yonca kuru otu ve silaj öne çıkmaktadır. Silaj, hayvanların günlük enerji ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla tercih edilirken, yonca kuru otu ise zengin protein içeriğiyle hayvanların protein gereksinimini desteklemektedir (Açıkgöz, 2001; Alçıçek ve Özdoğan, 1997; Alçıçek ve Karayvaz, 2002). Bu nedenle, rasyonlarda genellikle saman, kuru ot ve silaj gibi yem türleri bir arada yer almaktadır. Özellikle yonca kuru otu ve silaj gibi besin değeri yüksek yemlerin rasyonlarda

fazla miktarda bulunması, sadece hayvanların dengeli beslenmesini sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda yem maliyetlerini azaltmada etkili bir strateji olarak değerlendirilmektedir. Bu durum, hem hayvanların sağlıklı büyümesi hem de işletmelerin ekonomik verimliliği açısından önem taşımaktadır.

Yonca, korunga ve fiğ gibi yem bitkilerinin balyalanarak değerlendirilmesi, öncelikle tarlada kurutma işlemini gerektirir. Biçim işleminin ardından, bitkiler yaklaşık %20 nem oranına düşene kadar açık alanda kurutulmaktadır. İstenilen nem seviyesine ulaşan ürünler, balya makineleri yardımıyla toplanarak sıkıştırılır. Ancak, bu işlem sonucunda elde edilen kuru ot balyaları genellikle uzun parçalardan oluşur. Örneğin, sulama yapılan yonca gibi bitkiler yaklaşık 1.5 metreye kadar büyüyebilir ve eğer haşbay sistemi bulunmayan bir balya makinesi kullanılmışsa, bu durum daha uzun sapların oluşmasına neden olabilir. Benzer şekilde, saman balyalarında da bu problem görülmektedir. Tarlada tahıl hasadı sonrasında kalan sapların balyalanmasıyla elde edilen ürünlerin parça boyutları genellikle büyük olmaktadır.

Rasyon hazırlığında ise daha kısa parça boyutları tercih edilmektedir. Bu nedenle, uzun saplı otlar ve saman yemleri, rasyon hazırlık aşamasında mutlaka kıyılmalıdır. Ürünün nem durumu bu süreçte belirleyici bir rol oynarken, kıyma işlemi genellikle yem karma makineleri aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Bu makineler, hayvancılık işletmelerinde hem zamandan tasarruf sağlamak hem de rasyonun istenen homojenlikte hazırlanmasını sağlamak amacıyla en çok kullanılan ekipmanlar arasında yer almaktadır.

Kaba yemler değerlendirildiğinde, yem karıştırma makinelerinin silaj yemler için homojen bir karışım oluşturma kapasitesinin ön plana çıktığı görülmektedir. Yeşil yemler, soldurulmuş yemler, balyalanmış yemler, sap ve saman gibi materyallerde ise bu makinelerin, yemleri eşit büyüklükte ve istenen uzunlukta parçalayabilme özelliği dikkat çekmektedir.

1.2. Yem karma makineleri

Hayvancılık işletmelerinde yem hazırlama ve temin süreçleri, hem iş yükü hem de maliyet açısından en büyük paya sahiptir ve bu durum işletmeler için ciddi bir zorluk oluşturmaktadır. Bu işlemler, günlük olarak yapılması gereken temel görevlerden biri olduğundan önemli ölçüde zaman gerektirmektedir. Oldukça yoğun iş gücü isteyen bu

süreçte, yemlerin hem homojen hem de belirlenen standartlara uygun hazırlanması büyük önem taşımaktadır.

Hayvancılık işletmelerinde yem hazırlama işlemleri, genellikle yem karma ve dağıtma vagonları aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Bu ekipmanlar, günlük kullanımda işletmelerin iş gücü ihtiyaçlarının önemli bir bölümünü karşılamaktadır. Kaba yemler, tahıllar, katkı maddeleri ve vitaminler gibi farklı yem bileşenleri belirli oranlarda karıştırılmaktadır. Etkili bir rasyon hazırlığı için, bu karışımın uygun parçalara bölünmesi ve homojen bir dağılım sağlaması kritik öneme sahiptir. Özellikle saman ve yonca gibi kaba yemlerin ideal parça boyutuna ulaşabilmesi, karıştırma süresinin doğru şekilde ayarlanmasına bağlıdır. Yanlış ayarlamalar veya orantısız karışımlar, yem kalitesini olumsuz etkileyerek hayvan beslenmesinde sorunlara neden olabilir. Bu nedenle, yem hazırlama süreçlerinde doğru ekipman seçimine ve etkin süreç yönetimine özen gösterilmelidir (Kılıç ve Polat, 2002).

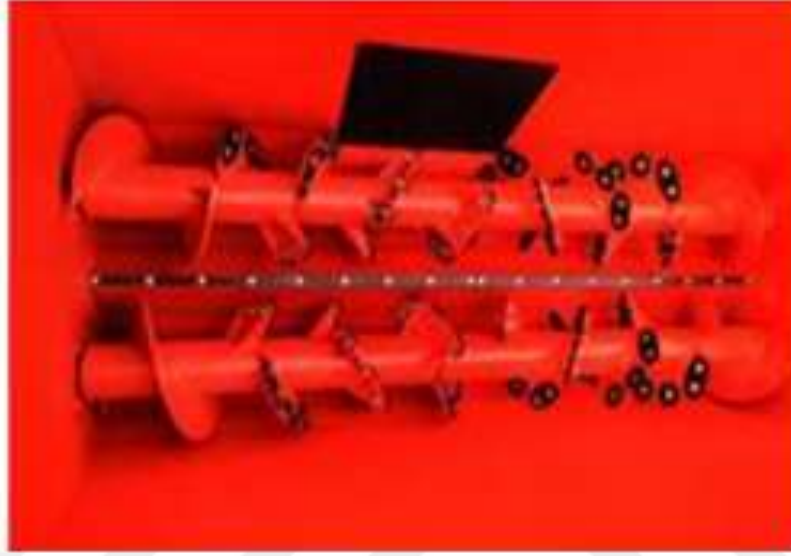
Ülkemizde en yaygın olarak üretilen yem karma makineleri genellikle römork tipindedir ve bu makineler, çalışma prensipleri gereği bir güç aktarım sistemi olarak traktöre ihtiyaç duymaktadır. Römork tipi yem karma makineleri, traktörlerin çeki gücü ve kuyruk mili üzerinden çalışmaktadır. Ancak, traktörlerin yüksek satın alma ve işletme maliyetleri, bu makinelerin kullanımını özellikle küçük ölçekli işletmeler için daha masraflı hale getirmektedir. Bu durum, yem karma ve dağıtma süreçlerinde maliyetlerin artmasına ve küçük işletmelerin bütçe planlamasında zorlanmasına yol açmaktadır.

Yem karıştırma işlemi sırasında, süre, yemlerin fiziksel özellikleri ve parçacık boyutları gibi unsurlar etkili olsa da, karıştırıcı türünün en önemli faktör olduğu vurgulanmıştır. İdeal bir karıştırıcı, yemlerin yapısını koruyarak karıştırma işlemini gerçekleştirmeli, kısa bir sürede tamamlamalı, karışımı tamamen boşaltabilmeli, kolay bakım ve onarım imkanı sunmalı ve enerji kullanımında maksimum verimlilik sağlamalıdır. Bu kriterler doğrultusunda, yem karma ve dağıtma makinelerinin doğru seçimi kritik bir öneme sahiptir (Akbay ve Ak, 2018).

Hayvan beslemede makineleşmenin giderek yaygınlaşması, yem hazırlamada kullanılan cihazların sayısındaki artışla açıkça ortaya çıkmaktadır. Yem karma makinelerinde başarılı bir karışım elde etmek için hazırlanan yem içeriğinin mümkün olduğunca homojen olması, karıştırma süresinin kısa tutulması, işçilik ile enerji tüketiminin düşük seviyede olması ve birim karışım maliyetinin makul sınırdan kalması beklenir. Bu makineler, genellikle

karıştırma bölümü, karıştırıcı mekanizma ve güç ünitesi olmak üzere üç temel bileşenden meydana gelmektedir.

Yem karıştırma makineleri, piyasada birçok farklı tasarıma sahip olsa da genellikle helezon yapılarına göre sınıflandırılır. Bu yaklaşım çerçevesinde, helezonlu karıştırıcılar iki ana gruba ayrılmaktadır: düşey helezonlu ve yatay helezonlu karıştırıcılar.



Resim 1.3. Yatay helezonlu yem karma makinesi



Resim 1.4. Düşey helezonlu yem karma makinesi

Yem karma makinelerinin çalışma prensipleri, sabit bir yerde, traktör yardımıyla çekilerek veya kendi motor gücü ile çalışmasına göre değişiklik göstermektedir. Sabit yem karma makineleri, genellikle bir noktada elektrik enerjisi ile çalıştırılırken; çekilir tip makineler traktörün hareket gücünü kullanarak tarladan ahıra taşınabilir. Kendi yürür yem karma makineleri ise bağımsız hareket kabiliyeti ve entegre motor sistemleri sayesinde dış bir güç kaynağına gerek duymadan çalışabilir.

Sonuç olarak, bu makineler yem karışımlarının homojenliğini sağlamak, hayvan beslenmesinde verimliliği artırmak ve çiftliklerde zaman tasarrufu sağlamak amacıyla farklı teknolojiler ve karıştırma sistemleriyle donatılmıştır.

1. Sabit (Stasyonel) Yem Karma Makineleri: Tek bir noktaya kurulan ve sabit çalışan bu makineler, genellikle büyük çiftlikler veya yem fabrikaları gibi sabit lokasyonlarda tercih edilir. Hareket kabiliyetleri bulunmaz ve elektrikle çalışırlar.

2. Çekilir Tip Yem Karma Makineleri: Traktör veya benzer bir çekici ile taşınabilen bu makineler, hareket edebilmek için traktörün güç aktarım sistemine (PTO) bağlıdır. Farklı ahır ve tarlalar arasında kullanım kolaylığı sağlar.

3. Kendi Yürür Yem Karma Makineleri: Dahili motor ve yürüyüş sistemi ile hareket eden bu makineler, dış bir güç kaynağına gerek kalmadan istenilen alanda çalışabilir. Esnek kullanımı ve bağımsız hareket kabiliyetiyle zamandan ve iş gücünden tasarruf sağlar.

Yem karma makinelerindeki farklılıklar, tasarımlarındaki vagon yapısı ve helezon mekanizmaları gibi teknik detaylardan kaynaklanmaktadır. Bu vagonlar çeşitli şekil ve kapasitede üretilerek, kullanıcı ihtiyaçlarına göre uyarlanabilmektedir.

TMR yem (Total Mixed-Ration), farklı kaba ve yoğun yem türlerinin bir araya getirilerek tek bir karışım halinde hayvanlara sunulmasını sağlayan bir besleme yöntemi olarak tanımlanabilir (Kılıç ve Polat, 2002).

Hayvan yetiştiriciliğinde TMR hazırlığı için en kilit ekipmanlardan sayılan yem karma makineleri, işletmelere çeşitli kolaylıklar sunar. Bu makineler, rasyonun hazırlanmasını pratik bir hale getirirken aynı zamanda zaman ve emek kullanımını önemli ölçüde azaltır. Tek bir sistem içerisinde yemleri temin edebilen, uygun oranlarda karıştıran ve sonrasında dağıtabilen bu aygıtlar, üretim sürecinin daha verimli ve düzenli işlemesine katkı sağlar.

Süt ve besi işletmelerinde maliyetlerin büyük bölümünü yem giderleri oluşturduğu için, verimliliği yükseltme hedefiyle kullanılan yem karma ve dağıtım makinelerinden en iyi

şekilde yararlanılmalıdır. Bu ekipmanlar, günlük olarak kullanılmaları nedeniyle enerji tasarrufu ve ekonomik verimlilik açısından büyük önem taşır. Bu nedenle, işletmeye uygun tipte ve kapasitede makinelerin seçimi, toplam maliyet ve performansa olumlu etki sağlar. Bu nedenle verimliliği arttırabilmek için;

Verimliliği arttırmak için öncelikle işletmeye uygun tip ve kapasitede yem karma ve dağıtma makineleri seçilmeli, bu makinelerin düzenli bakımları yapılmalı ve personel bu ekipmanların doğru kullanımı konusunda eğitilmelidir. Ayrıca, enerjinin verimli kullanımı ve atıkların azaltılması için yem hazırlık ve dağıtım süreçleri sık sık gözden geçirilmeli, gerekirse rasyon içerikleri ve karıştırma süreleri optimize edilmelidir. Bu adımlar, hem maliyetleri düşürecek hem de hayvanların performansını ve genel işletme verimliliğini arttıracaktır.

1.2.1. Yatay Helezonlu Yem karma makineleri

Yatay helezonlu yem karma makineleri, hayvan yetiştiriciliğinde yem hazırlama ve karıştırma aşamalarında sıklıkla tercih edilen önemli donanımlardandır. Bu makineler, çeşitli yem hammaddelerini eşit şekilde harmanlayarak hayvanların ihtiyaç duyduğu besin değerlerini istikrarlı bir dağılım içinde sunar. Bu makinelerde yatay olarak konumlandırılmış helezon mekanizmaları yem karışımını sürekli hareket ettirerek eşit bir rasyon elde edilmesini sağlamaktadır. Bu sayede, hazırlanan yemler daha tutarlı bir besin kompozisyonu sunarak hayvanların sağlıklı büyüme ve verimli üretim süreçlerine katkı sağlar.



Resim 1.5. Yatay helezonlu yem karma makinesi

Yatay helezonlu karıştırıcıların temel işleyişi, yem hammaddelerinin yatay konumlu bir helezon sisteminin etkisiyle ileri ve geri hareket ettirilerek harmanlanmasına dayanır. Bu sayede çeşitli yem bileşenleri eşit oranda karışarak her porsiyonda benzer bileşimde bir yem sunulmuş olur. Özellikle yoğun üretim yapan işletmelerde bu makineler, geniş hacimleri ve etkin karıştırma yetenekleriyle hem zamandan hem de iş gücünden önemli ölçüde tasarruf edilmesine imkân tanır.

Yatay helezonlu karıştırıcılar, hayvan beslemede yüksek homojenlik sağlamaları, geniş kapasite ile verimli çalışma imkânı sunmaları ve bakım-kullanım kolaylıklarıyla dikkat çeker. Yem bileşenlerinin ileri-geri hareket ettirilerek karıştırılması, her öğünde eşit besin dağılımı elde edilmesini mümkün kılar. Bu durum özellikle büyük ölçekli işletmelerde zamandan ve iş gücünden tasarruf edilmesini sağlayarak işletme maliyetlerini düşürür. Ayrıca, basit tasarımları bu makinelerin temizlik ve bakım süreçlerini kolaylaştırır, böylece üretim süreci daha az aksama ve daha yüksek verimlilikle devam eder (Bilgen, vd., 2019).

Yatay helezonlu yem karma makineleri, sundukları verimlilik ve kapasite avantajlarına rağmen bazı dezavantajlara da sahiptir. Bunların başında, karıştırma mekanizmasının özelliklerinden kaynaklanan yüksek enerji tüketimi gelir. Ayrıca, kaliteli ve dayanıklı malzemelerden üretilen geniş kapasiteli modellerin temini ilk yatırım maliyetini yükseltebilir. Hareketli parçaların yoğunluğu düzenli bakım ve temizlik ihtiyacını artırırken, büyük boyutlu makineler işletmede ek alan gereksinimi yaratarak altyapı düzenlemelerini zorlaştırabilir. Bu nedenlerle, işletmelerin yatay helezonlu yem karma makinelerini tercih ederken hem maddi hem de mekânsal koşulları dikkatlice değerlendirmesi önemlidir (Yalçın, vd., 2007).

1.2.2. Düşey Yem Karma Makineleri

Düşey helezonlu yem karma makineleri, yem bileşenlerini üstten aşağıya doğru, düşey konumlandırılmış bir helezon aracılığıyla hareket ettirerek homojen bir karışım elde etmeyi amaçlar. Bu tasarım, özellikle kısıtlı alanda çalışan işletmelerde yerden tasarruf sağlayarak pratik bir çözüm sunar. Ayrıca, düşey helezon yapısı, malzemelerin katmanlar halinde ayrışmasını önleyerek farklı yem hammaddelerinin birbirine dengeli biçimde karışmasına yardımcı olur. Bazı durumlarda, yatay tasarımlara göre daha düşük kapasiteye ve nispeten daha uzun karıştırma süresine sahip olsa da, düşey helezonlu makineler, basit ve anlaşılır

Çalışma prensipleriyle birçok yetiştirici için kolay kullanımlı ve maliyet açısından erişilebilir bir seçenek oluşturur.



Resim 1.6. Düşey helezonlu yem karma makinesi

Düşey helezonlu yem karma makineleri, az yer kaplayan ve kolay anlaşılabilir yapılarıyla öne çıkar. Yiyecek bileşenlerinin düşey doğrultuda hareket ederek eşit şekilde karışması, homojen ve dengeli bir rasyon elde edilmesine yardımcı olur. Bu sayede, işletmeler karma sürecinde zamandan kazanırken, enerji verimliliği konusunda da avantaj sağlayabilir. Ayrıca, düşey tasarımın sade mekaniği, bakım ve temizlik işlemlerini kolaylaştırarak makinenin kullanım ömrünü uzatır. Tüm bu özellikler, özellikle orta ve küçük ölçekli işletmelerde düşey helezonlu yem karma makinelerini cazip bir seçenek haline getirir (Bilgen, vd., 2019).

Düşey helezonlu yem karma makineleri, sahip oldukları basit tasarıma karşın bazı dezavantajlar da barındırır. Örneğin, yatay tiplerle kıyaslandığında karıştırma süresinin genellikle daha uzun sürmesi, zaman planlamasını zorlaştırabilir. Büyük hacimli üretimlerde homojen bir karışım elde etme konusunda yaşanabilecek güçlükler, özellikle yüksek kapasite isteyen işletmelerde verimi sınırlayabilir. Bazı yem maddeleri düşey yapıda topaklanma veya kanallar oluşturarak istenen karışım kalitesine ulaşılmasını engelleyebilir. Ayrıca, malzemelerin yüklenmesi ve boşaltılması makinenin konstrüksiyonu açısından yatay helezonlu sistemlere göre daha kolaydır (Bilgen, vd., 2019).



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Mutaf ve Uçucu (1980), çalışmalarında tarım işletmelerinde makinelerin verimli kullanımı ile ilgili önemli noktalar üzerinde durmuşlardır. İşlenecek arazilerin boyutu küçük ve sayısı fazla olduğunda, kullanılan makinenin kapasitesi yüksek olsa bile, iş verimi (ha/saat) önemli ölçüde düşmektedir. Özellikle parsel uzunluğu azaldıkça, iş gücü ihtiyacı artarken makinelerin etkinliği de düşüş göstermektedir. Verimli bir makine kullanımı için, uygun parsel büyüklüklerinin belirlenmesi ve makinenin ekonomik çalışmasını sağlayacak şekilde yıl içinde yeterli süreyle kullanılması gerekmektedir. Bu durum, makinenin belirli bir süre (saat) çalışmasını veya belirli bir alanın (hektar) işlenmesini zorunlu kılar. Ancak bu şekilde, işletmenin maliyetleri düşürülerek makine kullanımı daha etkili hale getirilebilir.

Hacıyev (2007), Yemlerin karıştırılmasında rol oynayan fiziksel ve mekanik faktörleri değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilen çalışmada, kuru madde oranı, yoğunluk, parçacık boyutlarının dağılımı ve yüzey sürtünme katsayısı gibi parametreler incelenmiş ve bu veriler ışığında farklı yöntemler geliştirilmiştir. Çalışmasında, yem hammaddelerinin nem oranının, yemlerin en önemli özelliklerinden biri olduğunu ve bu özelliğin diğer fiziksel özellikler üzerinde de etkili olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca, yemlerin depolama koşulları ve diğer yem maddeleriyle karıştırılmasında nem içeriğinin kritik bir rol oynadığını vurgulamıştır. Bu özelliklerin, yalnızca karışımın homojenliğine değil, aynı zamanda karıştırıcı cihazların seçimine de doğrudan etki ettiği belirtilmiştir.

Nasrollahi vd. (2015) Gerçekleştirilen çalışmada, yemlerin parçacık boyutunun besin alımı, sindirim süreci ve süt ineklerinde süt verimi üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla bir meta-analiz yapılmıştır. Çalışmada, literatürde yer alan verilere dayanarak, parçacık boyutlarının besin tüketimi, sindirim oranı, süt miktarı ve süt bileşimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda, yem parçacık boyutunun, süt ineklerinin yem tüketimi ve süt üretim performansı üzerinde belirgin bir etkisi olabileceği ortaya konulmuştur.

Muhammad vd. (2016), araştırmalarında, süttten kesilen buzağılarda kaba yem yoğunluğunun (F:C) ve yem parçacıklarının uzunluğunun (FPL), yem seçimi, beslenme davranışları, tüketim miktarı, büyüme oranları ve vücut ölçüleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda kaba yemlerin parça uzunluğu ve yemin homojen karışımı arasında doğru orantı olduğu tespit etmişlerdir. Yeme süresi ve kilogram başına kuru

madde tüketimi süresi, F:C seviyesinin artırılmasıyla her iki uzunlukta da yükselmiştir. Çiğneme süresi ise FPL'nin artırılmasıyla artmış, F:C oranının artırılması çiğneme süresini kilogram DMI başına iyileştirmiştir. Ayrıca, yüksek F:C, hayvanların daha kısa süre yatmalarına ve daha az anormal davranış sergilemelerine yol açmıştır ($p < 0,05$). Bu bulgular, kısa parçacıklı (SL) ve yüksek F:C diyetinin buzağuların daha iyi performans göstermesini sağladığını ortaya koymuştur.

Abo-Habaga vd. (2017) yaptıkları çalışmada, küçük bir hayvan yemi karıştırma makinesi geliştirilmiş ve test edilmiştir. Yem karıştırma makineleri, yem üretiminde önemli bir role sahiptir ve doğru karışım, kaliteli yem üretiminin temelidir. Makine, düşük güç tüketimiyle çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Deneylerde, sabit tambur hızı (228 rpm) ile farklı karıştırma süreleri (5, 10, 15 ve 20 dakika) ve yem karışımındaki farklı nem oranları (%25, %28, %31) incelenmiştir. Sonuçlara göre, en yüksek karıştırma homojenliği 5 dakikalık karıştırma süresinde elde edilmiştir. Peletleme işlemi için en uygun yem nem oranı ise %28 olarak belirlenmiştir.

Akbay ve Ak (2018), araştırmalarında yem teknolojisindeki gelişmelerin yemlerin kalitesi ve besin değerleri üzerindeki etkilerini değerlendirerek, karıştırma işleminin hayvanların beslenmesindeki temel önemini öne çıkarmışlardır. Özellikle büyük miktarlardaki temel yem hammaddelerinin, daha az oranda kullanılması gereken ancak yüksek etkiye sahip ilaç, vitamin ve minerallerle doğru oranlarda karıştırılmasının hayvanların sağlığı ve verimi açısından kritik olduğunu vurgulamışlardır. Yanlış hazırlanmış yem karışımlarının, hayvanların besin alımını ve genel sağlığını olumsuz etkileyebileceğini ifade etmişlerdir. Karıştırma sürecinde, karışım süresinin yeterli olması ve yem içeriğinin homojenliğinin sağlanması temel gereklilikler olarak belirtilmiştir. Ayrıca, karıştırma işlemini etkileyen birçok faktör olduğunu; bunlar arasında karışım süresi, yem hammaddelerinin fiziksel özellikleri, parçacık büyüklüğü, öğütme şekli ve derecesi gibi unsurların yer aldığını ancak en belirleyici faktörün karıştırıcı tipinin seçimi olduğunu dile getirmişlerdir.

Fahrenheit (2019), yaptığı çalışmada, tahıl tanelerinin uygun derecede öğütülmesinin besin maddelerinin sindirilebilirliği açısından doğrudan hayvan performansını etkileyen önemli bir faktör olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, karıştırma işleminin etkinliğini artırmak ve homojen bir yem karışımı elde etmek için öğütme işleminin doğru yapılmasının gerekliliğine dikkat çekmiştir. Parçacık boyutlarının çok büyük veya çok küçük olması ya da işlem kontrolündeki eksiklikler sebebiyle boyutların büyük ölçüde değişkenlik göstermesi,

karıştırıcıların performansını ve karışımın homojenliğini olumsuz etkileyebilir. Çalışmanın sonucunda, yem karışımının doğru şekilde hazırlanabilmesi için öğütme işlemi sırasında hedeflenen uygun parçacık büyüklüğünün belirlenmesinin en önemli parametrelerden biri olduğu ifade edilmiştir.

Evrenosoğlu vd. (2019) araştırmalarında yatay yem karıştırma makinelerinde helezon tasarımının yem karma ve parçalama performansı üzerindeki etkisine bakmışlardır. Bu kapsamda, kendilerinin tasarlayıp ürettikleri iki farklı karıştırıcı helezon modeli (A ve B) üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Helezonlar kullanılarak karışım testleri gerçekleştirilmiş ve bu iki tasarımın karıştırma, kıyma ve genel performans ilişkisi değerlendirilmiştir. Elek analizi sonuçlarına baktıklarında, A helezonunun karışım oranı ortalama %13,04, B helezonu için ise %8,15 olarak tespit edilmiştir. Parçalama boyutları açısından değerlendirildiğinde, A helezonunun ortalama kıyma boyu 14,33 mm, B helezonunun ise 9,48 mm olarak ölçülmüştür. Araştırmacılar, A helezonunu daha az bıçak kullanarak tasarlayıp karıştırma verimliliğini artırmayı amaçlamışlardır. Bununla birlikte, B helezonunun sahip olduğu daha fazla bıçak sayısının, malzemeyi yatay yönde daha uzun süre taşımaya karşın daha yüksek bir karışım etkinliği sağladığı belirtilmiştir. Ayrıca, kıyma boyu analizlerinde B helezonunun daha kısa parçalar elde ettiği ifade edilmiştir.

Balami vd. (2013) yaptıkları çalışmalarında bir hayvan yemi karıştırma makinesi tasarlanarak çeşitli testlere tabi tutulmuştur. Denemelerde 50 kg öğütülmüş mısır, 0,265 kg manyok unu ve 2,65 kg kabuklu mısır kullanılmış ve karıştırma süreleri 5, 10, 15 ve 20 dakika olarak belirlenmiştir. Makine, %95,16 oranında karıştırma başarısı elde etmiş ve 10 dakikalık karıştırma süresi sonunda karışım homojenliği %7,8 oranında artmıştır. Karışım dengeye yaklaştıkça homojenleştirme süreci daha karmaşık hale gelmiştir. Ortalama varyasyon katsayısı %4,69 olarak hesaplanmış ve makinenin performansının %95,31 düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

Penn State Extension (2022) tarafından geliştirilen Partikül Ayırıcı, yemlerin partikül boyutlarını analiz ederek süt sığırlarının beslenme düzenine uygunluğunu değerlendiren bir araç tasarlanmıştır. Farklı elek açıklıklarına sahip katmanlara sahip olan bu sistem, yem örneklerini boyutlarına göre ayırarak rumen sağlığını optimize eden uygun bir dağılım sunmayı amaçlamıştır. Çalışmada, partikül boyutunun çiğneme süresi, tükürük üretimi ve rumen işlevlerini artırdığı, bu nedenle rasyonların daha etkili şekilde hazırlanmasına yardımcı olduğu vurgulanmıştır. PSPS'nin düzenli kullanımının süt verimi ve sürü sağlığını

iyileştirdiği belirtilmiş ve bu cihazın diyet formülasyonu süreçlerine sağladığı katkılar değerlendirilmiştir.

Uzunouğlu ve Tan (2022) gerçekleştirdikleri çalışmada, düşük kapasiteli yem karma makinelerinin karıştırma süreleri ve elde edilen yem karışımının homojenlik düzeyi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışma, Trakya Bölgesi'nde yaygın olarak kullanılan üç çeşit yem karıştırma makinesi üzerinde, üç ayrı hayvancılık işletmesinde yürütmüşlerdir. Saman ve silaj materyalleri 5, 10, 15 ve 20 dakika süreyle karıştırılmış, ardından parça boyutları ölçülerek dağılım oranları ve frekans analizi yapmışlardır. Ve hayvancılık işletmelerinde kullanılmakta olan TMR (saman + silaj + karma yem) karışımlarının homojenlik oranı değerlendirilmiştir. Sonuçlar, yem karıştırma makinelerinin eşitleri ile karıştırma zamanının parça boyutuna anlamlı düzeyde etkide bulunduğunu ($P<0.05$) ortaya koymuştur. Karıştırma süreleri arasında da istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuş ve hepsi farklı gruplarda yer almıştır. Küçük hacimli yem karma makinelerinde homojenlik oranlarının değişken olduğu saptanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Denemelerde Kullanılan Yem Karma ve Dağıtma Makineleri

Denemelerde çalışma materyali olarak yatay ve düşey helezonlu yem karma ve dağıtma makineleri kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan diğer öğeler, işletmelerde bulunan ve rasyonların temel yapı taşlarını oluşturan farklı ürünlerden oluşmaktadır.

Denemeler, hayvancılık işletmeleri tarafından kullanılan yatay ve düşey helezonlu yem karma ve dağıtma makineleri ile yürütülmüştür.

Denemelerde iki ayrı tipte yem karma makinesi tercih edilmiştir.

- Yatay helezonlu yem karma ve dağıtma makinası
- Düşey helezonlu yem karma ve dağıtma makinası

Denemelerde bu iki farklı helezon tipinde yem karma makinalarının seçilmesi, üretici firmalarla karşılıklı görüşülerek en çok satışı yapılan makinalar arasında değerlendirme yapılarak belirlenmiştir.



Resim 3.1. Yatay ve düşey helezonlu karıştırıcılar

3.1.2. Denemelerde Kullanılan Yemler

Çalışmada kullanılan materyalin parçalanması, homojenliğinin belirlenmesi ve parça boyut dağılımının elde edilmesinde işletmenin kullandığı yem materyalleri dikkate alınmıştır..



Resim 3.2. Yatay ve düşey helezonlu yem karma makinelerinden alınan örnekler

3.1.3. Denemede Kullanılan Alet ve Cihazlar

Dijital Kumpas

Yemlerin boyut ölçümlerinde Mitutoyo marka 0,05mm hassasiyetinde dijital kumpas kullanılmıştır.



Resim 3.3. Dijital kumpas

Hassas Terazi

Yemlerin ağırlık ölçümlerinde Denver Instrument marka ve 0,01g hassasiyetinde hassas terazi kullanılmıştır.



Resim 3.4. Hassas terazi

Elek

Denemelerde dört katlı ve farklı gözenek boyutlarına sahip elek sistemi (Resim 3.5.) kullanılmıştır.



Resim 3.5. Denemelerde kullanılan elekler

Çizelge 3.1'de elek sisteminin her kattaki boyut ölçüleri verilmiştir.

Çizelge 3.1. Elek sisteminin gözenek boyutları (Penn State Extension, 2022)

ELEK	GÖZENEK BOYUTU
Dördüncü Kat Elek	19,05mm
Üçüncü Kat Elek	7,874 mm
İkinci Kat Elek	4,064 mm
Taban	< 4,064 mm

3.2. Yöntem

3.2.1. Denemelerin Yürütülmesi

Denemeler; örnek olarak seçtiğimiz hayvancılık işletmesinde yürütülmüştür ve iki adet yem karma makinesi kullanılmıştır. Deneme planı Çizelge 3.2' de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Deneme planı

Yem Ölçüm Tekerrürü							
Makineler	Tekerrür Sayısı	Yemler	1	2	3	4	5
DİKEY HELEZONLU	1.Tekerrür						
	2.Tekerrür						
	3.Tekerrür						
YATAY HELEZONLU	1.Tekerrür						
	2.Tekerrür						
	3.Tekerrür						

Yem karma makinelerinden örnek yem almak için firma ziyaret edilmiştir. Çalışmanın özenle yapılabilmesi için, her yem karışımından önce yem karma makinelerinin karıştırma bölmeleri tamamen boşaltılıp dikkatle temizlenmiştir. Bu işlem, önceki karışımlardan kalan yem kalıntıları ve yabancı maddelerin yeni denemelere karışmasını engellemiştir. Ayrıca, tüm denemelerde traktörün motor devri 540 dev/dak olarak sabitlenmiş ve her iki yem karma makinesi de aynı hızda çalıştırılmıştır. Bu standart hız ayarı, farklı makinelerin performanslarının doğru ve adil bir şekilde karşılaştırılmasını sağlamıştır. Daha sonra yatay ve düşey yem karma makinelerinden ayrı ayrı 1,5 kilogramlık örnekler alınmıştır. Örnekler Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi laboratuvarında bu örnekler analiz edilmiştir.

3.2.2. Elek Analizi

Firmadan alınan bu örnekler Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi laboratuvarında analiz edilmiştir. Dört katlı elek sırasıyla üst üste yerleştirilmiştir. İlk olarak en büyük deliklere sahip olan üst eleği yerleştirilmiştir. Onun altına orta boy deliklere sahip olan elek ve daha sonra en küçük deliklere sahip alt elek eklenmiş ve en alta da gözenek olmayan bölme koyulmuştur. Her iki makineden alınan örnekler, üçer tekerrür olacak şekilde hassas terazi ile 500 gramlık gruplara bölünmüştür (Resim 3.6.). 500 gramlık yem dört katlı eleğe (Resim 3.7.) yerleştirilmiştir.



Resim 3.6. Hassas terazide yem ölçümü



Resim 3.7. Dört katlı elek

Düz bir yüzeyde, elekler aynı yönde 5 kez sarsılmıştır. Sonrasında elek çeyrek tur döndürülmüştür. Bu işlem sırasında, kutuyu sarsarken yukarı-aşağı hareket ettirmemeye dikkat edilmiştir. Bu işlem her tekerrür için tekrarlanmıştır; her 5 sarsma setinden sonra elek yeniden döndürülmüştür. Bu sırada sarsma desenine uygun hareket etmeye özen gösterilmiştir. Şekil 3.1.'deki talimatları takip ederek elek analizi tamamlanmıştır.



Şekil 3.1. Elek sistemi sarsma deseni (Penn State Extension, 2022)

3.2.3. Yem Örneklerinin Boyutlarının Belirlenmesi

Eleğe yerleştirilen yemleri her yöne beşer defa sarsarak, homojen bir şekilde dağılması ve elekten geçmesi sağlanmıştır. Eleğin her katı farklı boyutlarda olduğu için yemler boyutlarına göre ayrılmıştır (Resim 3.8.). Çalışmada elek analizi sonrasında yatay ve düşey helezonlu yem karma makinelerinden her kattan alınan yem örnekleri ve yem çeşitleri

ayrıştırılıp, her çeşitten beşer tane olacak şekilde örnek yemler alınmıştır. Daha sonra her katın yem çeşitleri dijital kumpas yardımıyla boyutları (mm) ölçülerek kaydedilmiştir.



Resim 3.8. Boyutlarına göre ayrılan yemler



Resim 3.9. Elek tabanı



Resim 3.10. İkinci kat elek



Resim 3.11. Üçüncü kat elek



Resim 3.12. Dördüncü kat elek



Resim 3.13. Saman



Resim 3.14. Mısır



Resim 3.15. Silaj



Resim 3.16. Pelet



Resim 3.17. Şeker pancarı posası



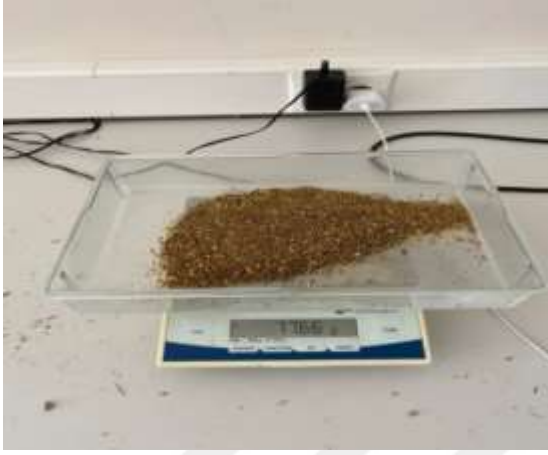
Resim 3.18. Arpa



Resim 3.19. Yonca

3.2.4. Ağırlık Analizi

Çalışmada boyut analizi yapıldıktan sonra her kattaki taban (Resim 3.20.), ikinci kat (Resim 3.21.), üçüncü kat (Resim 3.22.) ve dördüncü katta (Resim 3.23.) kalan yemler hassas terazi yardımıyla tartılarak bu yem ağırlıkları da tabloya eklenmiştir. Bu işlem hem yatay helezonlu hem de düşey helezonlu yem karma makinesinden alınan yem örnekleri için üçer tekerrür olacak şekilde uygulanmıştır.



Resim 3.20. Tabanda kalan yem ağırlığı



Resim 3.21. İkinci katta kalan yem ağırlığı



Resim 3.22. Üçüncü Kat Yem Ağırlığı



Resim 3.23. Dördüncü katta yem ağırlığı



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Boyut Özelliklerine Ait Sonuçlar

Çizelge 4.1.'de yatay yem karma makinesinden alınan yem örneğinin boyut ölçüleri verilmiştir.

Çizelge 4.1. Denemede yatay yem karma makinesinden alınan ve ayrıştırılan yemlerin elek analizi sonucundaki boyut ölçüleri

YATAY YEM KARMA MAKİNESİ								
YEM BOYU								
YEM TEKERRÜRÜ	KAT	YEMLER	YEM ADETİ VE UZUNLUK (mm)					ORT. UZUNLUK
			1	2	3	4	5	
1.TEKERRÜR	1.KAT	KARIŞIK	Yemler Toz Halindedir					
	2.KAT	Yonca	14	12	9	7	11	10,6
		Silaj	6	8	7	6	9	7,2
		Mısır	10	9	9	7	6	8,2
		Saman	29	17	10	23	15	18,8
	3.KAT	Mısır	9	13	10	10	15	11,4
		Şeker Pancarı Posası	22	18	20	12	16	17,6
		Yonca	10	9	8	10	7	8,8
	4.KAT	Silaj	15	19	11	12	18	15
		Saman	40	96	97	50	65	69,6
2.TEKERRÜR	1.KAT	KARIŞIK	Yemler Toz Halindedir					
	2.KAT	Yonca	10	8	13	9	11	10,2
		Silaj	5	6	8	7	6	6,4
		Mısır	10	7	6	8	9	8
		Saman	16	9	21	14	28	17,6
	3.KAT	Mısır	15	10	15	10	9	11,8
		Şeker Pancarı Posası	25	19	20	10	15	17,8
		Yonca	8	10	9	8	7	8,4
	4.KAT	Silaj	16	10	15	12	18	14,2
		Saman	55	90	60	85	62	70,4
3.TEKERRÜR	1.KAT	KARIŞIK	Yemler Toz Halindedir					
	2.KAT	Yonca	10	10	5	8	8	8,2
		Silaj	6	4	9	7	4	6
		Mısır	6	5	7	4	9	6,2
		Saman	15	15	43	30	25	25,6
	3.KAT	Mısır	10	9	7	4	9	7,8
		Şeker Pancarı Posası	13	12	10	20	15	14
		Yonca	8	11	10	9	7	9
	4.KAT	Silaj	9	12	10	10	8	9,8
		Saman	150	95	52	35	45	75,4

Tabloda, yatay yem karma makinesi kullanılarak yapılan elek analizi sonrası yem boyutları (uzunluk ve adet olarak) üç farklı tekrarda ölçülmüştür. Veriler, yemlerin farklı katlardaki (1. Kat, 2. Kat, 3. Kat, 4. Kat) dağılımı ile ortalama uzunluk değerlerini göstermektedir. Bu analiz, yemlerin homojenliği ve parçalanma etkinliğini değerlendirme açısından önemli olmaktadır. Yemlerin her kat ve her tekerrür için ortalama boyut ölçüleri incelendiğinde;

2. Kat:

- Yonca: 9,67mm
- Silaj: 6,6mm
- Mısır: 7,5mm
- Saman: 20,7mm

3. Kat:

- Mısır: 10,4mm
- Şeker Pancarı Posası: 16,5mm
- Yonca: 8,8mm
- Silaj: 13mm

4. Kat:

- Saman: 71,8mm olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2.'te düşey yem karma makinesinden alınan yem örneğinin boyut ölçüleri verilmiştir.

Çizelge 4.2. Denemede düşey yem karma makinesinden alınan ve ayrıştırılan yemlerin elek analizi sonucundaki boyut ölçüleri

DİKEY YEM KARMA MAKİNESİ								
YEM BOYU								
YEM TEKERRÜRÜ	KAT	YEMLER	YEM ADETİ VE UZUNLUK (mm)					ORT. UZUNLUK
			1	2	3	4	5	
1.TEKERRÜR	1.KAT	KARIŞIK	Yemler Toz Halindedir					
	2.KAT	Yonca	7	8	9	10	7	8,2
		Silaj	8	6	15	14	10	10,6
		Mısır	7	4	5	6	3	5
		Saman	18	32	16	21	19	21,2
	3.KAT	Mısır	10	8	8	7	9	8,4
		Şeker Pancarı Posası	10	17	9	15	14	13
		Yonca	30	35	32	22	30	29,8
		Silaj	10	7	7	15	6	9
	4.KAT	Saman	35	60	65	40	45	49
		Şeker Pancarı Posası	22	39	32	25	28	29,2
	2.TEKERRÜR	1.KAT	KARIŞIK	Yemler Toz Halindedir				
2.KAT		Yonca	9	11	10	9	10	9,8
		Silaj	5	12	5	6	11	7,8
		Mısır	6	4	10	5	9	6,8
		Saman	18	12	11	16	15	14,4
3.KAT		Mısır	15	8	12	9	8	10,4
		Şeker Pancarı Posası	18	15	12	19	16	16
		Yonca	8	10	7	7	9	8,2
		Silaj	18	12	10	12	9	12,2
4.KAT		Saman	60	35	80	45	40	52
		Arpa	25	30	45	50	43	38,6
		Şeker Pancarı Posası	25	32	35	20	23	27
3.TEKERRÜR	1.KAT	KARIŞIK	Yemler Toz Halindedir					
	2.KAT	Yonca	10	8	9	7	9	8,6
		Silaj	6	5	6	7	9	6,6
		Mısır	10	10	5	7	6	7,6
		Saman	30	12	9	20	20	18,2
	3.KAT	Mısır	7	6	6	5	12	7,2
		Şeker Pancarı Posası	23	18	18	10	12	16,2
		Yonca	9	10	12	8	9	9,6
		Silaj	9	18	13	10	9	11,8
	4.KAT	Saman	100	80	40	85	80	77
		Şeker Pancarı Posası	28	30	38	25	27	29,6

Bu tabloda düşey yem karma makinesi kullanılarak gerçekleştirilen elek analizi sonrası yem uzunlukları (mm cinsinden) üç farklı tekrarda ölçülmüş ve her katmandaki yem boyutları detaylı olarak verilmiştir. Tablodaki veriler, yemlerin homojenlik durumunu ve parçalanma etkinliğini değerlendirmek açısından önemlidir.

Tablolara bakılarak, hem yatay hem düşey yem karma makineleri için farklı katmanlardan (1. kat, 2. kat, 3. kat ve 4.kat) ve farklı ölçüm tekerrürlerinden (1. tekerrür, 2. tekerrür, 3. tekerrür) alınan yem numunelerinin partikül boyutlarını (mm cinsinden)

gösterilmektedir. Bu değerler, karışımın ne kadar homojen olduğunu ve her bir noktada partikül dağılımının ne düzeyde olduğunu anlamamızı sağlamaktadır. Yemlerin her kat ve her tekerrür için ortalama boyut ölçüleri incelendiğinde;

2. Kat:

- Yonca: 8,7mm
- Silaj: 8,4mm
- Mısır: 6,5mm
- Saman: 17,94mm

3. Kat:

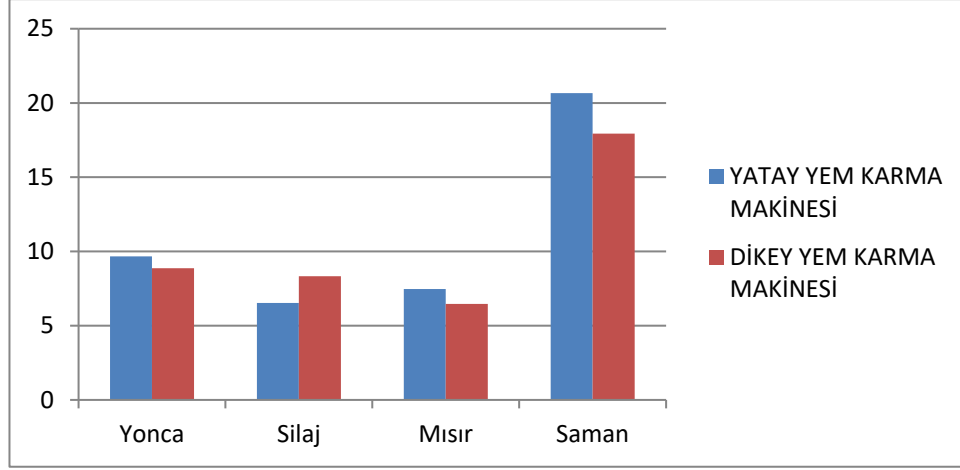
- Mısır: 8,7mm
- Şeker Pancarı Posası: 15,1mm
- Yonca: 15,9mm
- Silaj: 11mm

4. Kat:

- Saman: 59,4mm
- Şeker Pancarı Posası: 28,6mm
- Arpa: 38,6mm olarak hesaplanmıştır.

İkinci Kattaki Yemlerin Ortalama Uzunluk Grafiği

Çalışmada kullanılan yemlerin elek analizi sonrası ikinci katta kalan yem ağırlıkları değerleri Şekil 4.1' de görülmektedir.



Şekil 4.1. İkinci Kattaki Yemlerin Ortalama Uzunluk Grafiği

Grafikte yatay yem karma makinesi (mavi sütun) ve düşey yem karma makinesi (kırmızı sütun) tarafından farklı yem türlerinin parçalanma uzunlukları (mm) karşılaştırılmaktadır. Yem türleri sırasıyla Yonca, Silaj, Mısır ve Saman olarak belirtilmiştir. Düşey ekseninde, yemlerin parçalandıktan sonraki uzunlukları gösterilmiştir.

Yonca: Yatay yem karma makinesi yaklaşık 9 mm uzunluğa ulaşırken, düşey yem karma makinesi bu değeri biraz daha kısa tutarak yaklaşık 8 mm olarak elde edilmiştir.

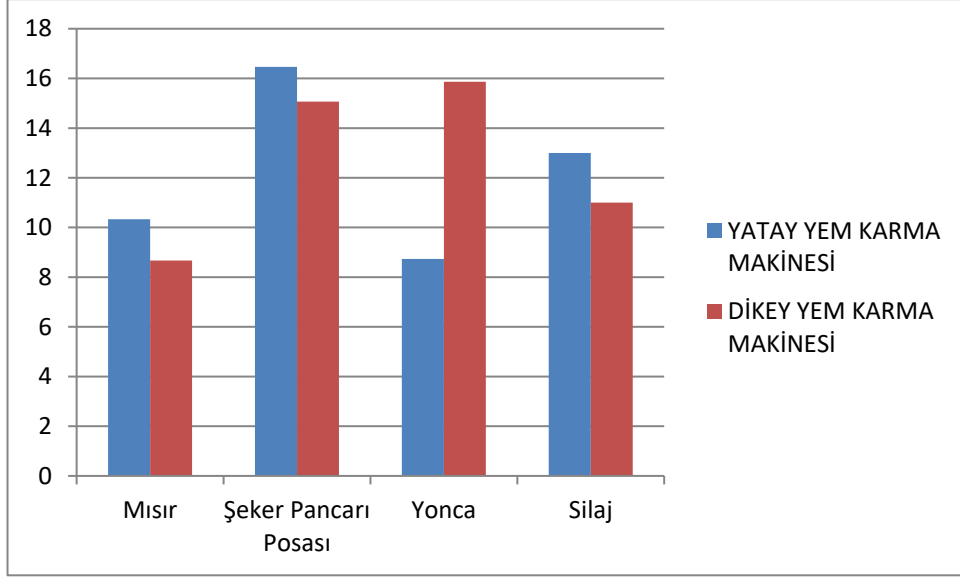
Silaj: Düşey yem karma makinesi, silaj yemleri daha kısa parçalayarak yaklaşık 9 mm uzunlukta bırakmıştır. Buna karşılık yatay yem karma makinesi, silaj yemleri yaklaşık 7 mm uzunluğunda parçalayarak daha iri bir yapı bırakmıştır.

Mısır: Mısır türü yemlerde iki makine arasında belirgin bir fark bulunmamaktadır. Yatay yem karma makinesi mısır parçalarını yaklaşık 8 mm, düşey yem karma makinesi ise yaklaşık 7 mm uzunlukta parçalamıştır.

Saman: Saman türü yemler incelendiğinde, en büyük fark bu yem türünde gözlemlenmiştir. Yatay yem karma makinesi, samanı yaklaşık 21 mm uzunluğunda bırakırken, düşey yem karma makinesi samanı yaklaşık 18 mm uzunluğunda parçalamıştır.

Üçüncü Kattaki Yemlerin Ortalama Uzunluk Grafiği

Çalışmada kullanılan yemlerin elek analizi sonrası üçüncü katta kalan yem ağırlıkları değerleri Şekil 4.2' de görülmektedir.



Şekil 4.2. Üçüncü Kattaki Yemlerin Ortalama Uzunluk Grafiği

Mısır: Yatay yem karma makinesi mısırı ortalama 10 mm uzunluğa ulaştırırken, düşey yem karma makinesi mısır parçalama boyutunu 8 mm olarak elde edilmiştir.

Mısır için düşey makine, daha küçük boyutlar sağlayarak daha homojen bir karışım elde edilmiştir.

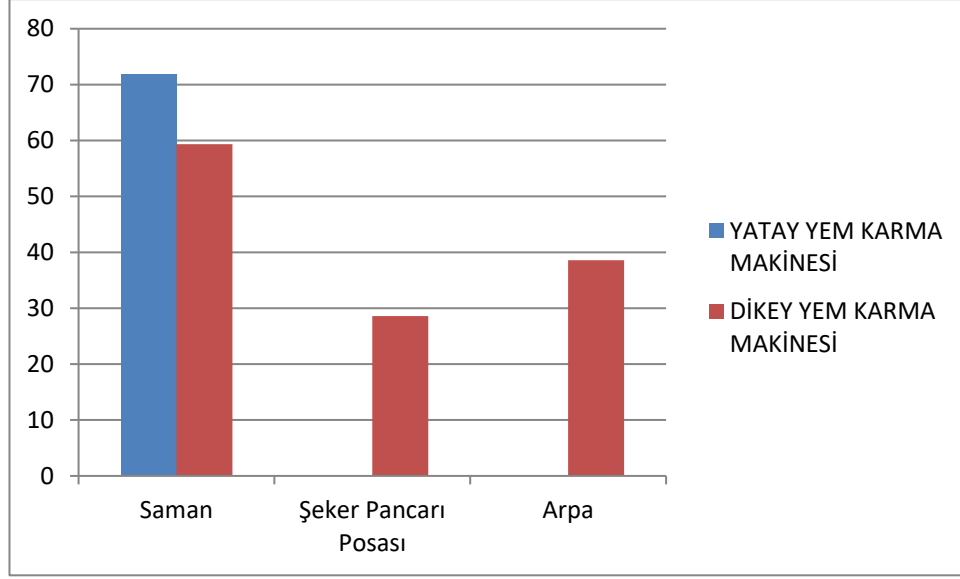
Şeker Pancarı Posası: Yatay yem karma makinesi, şeker pancarı posasını 16 mm boyutunda bırakmıştır. Düşey yem karma makinesi, bu yem türünü 15 mm boyutunda işlemiştir. Her iki makine de şeker pancarı posası için benzer bir performans göstermiştir.

Yonca: Yatay yem karma makinesi, yoncayı 14 mm boyutunda parçalamıştır. Düşey yem karma makinesi, yonca parçalama boyutunu 16 mm olarak sağlamıştır. Yonca için yatay makine, daha küçük boyutlar elde ederek üstünlük göstermiştir.

Silaj: Yatay yem karma makinesi, silajı ortalama 12 mm uzunluğunda bırakmıştır. Düşey yem karma makinesi, silaj parçalama boyutunu 10 mm'ye düşürmüştür. Silaj işleminde düşey makine, daha ince boyutlar sağlayarak avantajlı olmuştur.

Dördüncü Kattaki Yemlerin Ortalama Uzunluk Grafiği

Çalışmada kullanılan yemlerin elek analizi sonrası dördüncü katta kalan yem ağırlıkları değerleri Şekil 4.3' te görülmektedir.



Şekil 4.3. Dördüncü Kattaki Yemlerin Ortalama Uzunluk Grafiği

Grafikte yatay yem karma makinesi (mavi sütun) ve düşey yem karma makinesi (kırmızı sütun) tarafından saman, şeker pancarı posası ve buğday yemlerinin parçalandıktan sonraki uzunluk değerleri karşılaştırılmaktadır. Düşey eksen yem uzunluğunu (mm) gösterirken, yatay eksen yem türleri yer almaktadır.

Saman: Yatay yem karma makinesi, samanı yaklaşık 72 mm uzunluğunda bırakırken, düşey yem karma makinesi bu değeri yaklaşık 60 mm olarak elde edilmiştir.

Şeker pancarı posası: Düşey yem karma makinesi, şeker pancarı posası yemleri yaklaşık 28 mm uzunluğa parçalamıştır. Bu yem türünde yatay yem karma makinesine ait bir veri bulunmamaktadır.

Arpa: Arpa yeminde yalnızca düşey yem karma makinesi performansı gözlenmiştir. Parçalama uzunluğu yaklaşık 39 mm olarak kaydedilmiştir. Bu yem türünde yatay yem karma makinesine ait bir veri bulunmamaktadır.

4.2. Elek Analizi Sonrası Ölçülen Kütle Sonuçları

Çalışmada kullanılan yemlerin boyut analizi yapıldıktan sonra her katta kalan yemlerin ağırlığı (gr) Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Elek analizi sonrası ölçülen ağırlık değerleri

YEM AĞIRLIĞI (gr)							
YEM KARMA MAKİNELERİ	TOPLAM AĞIRLIK	TEKERRÜR	AĞIRLIK	1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT
DİKEY YEM KARMA MAKİNESİ	1500	1.Tekerrür	500	161,3	129,97	136,85	71,88
		2.Tekerrür	500	108,33	141	197,76	52,91
		3.Tekerrür	500	93,44	100,4	190	116,16
YATAY YEM KARMA MAKİNESİ	1500	1.Tekerrür	500	177,75	125,15	172,8	24,3
		2.Tekerrür	500	176,64	121,44	175,22	26,7
		3.Tekerrür	500	166	123,5	183,15	27,35

Tabloda düşey yem karma makinesi ve yatay yem karma makinesi için yapılan elek analizi sonrası her katmandaki yem ağırlıkları incelendiğinde, her iki makine için toplam yem ağırlığı 1500 gram olarak belirlenmiştir. Ölçümler 1. Tekerrür, 2. Tekerrür ve 3. Tekerrür olmak üzere üç tekrarda gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları ortalama ağırlık yüzdeleri hesaplanarak aşağıdaki Çizelge 4.4.' te gösterilmiştir:

Çizelge 4.4. Yem karma makinelerindeki ortalama ağırlık yüzdeleri

YEM KARMA MAKİNELERİ	TOPLAM AĞIRLIK	ORTALAMA (%)			
		1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT
DİKEY YEM KARMA MAKİNESİ	1500	24,42	24,76	34,76	16,06
YATAY YEM KARMA MAKİNESİ	1500	34,71	57,56	35,4	5,22

Düşey Yem Karma Makinesi

1. Kat (En küçük parçalar): 1. Tekerrürde 161,3 gr, 2. Tekerrürde 108,33 gr, 3. Tekerrürde ise 93,44 gr yem ağırlığı elde edilmiştir. Bu değerlerin ortalama yüzdesi alındığı zaman birinci katta %24,42 oranındadır.

2. Kat: 1. Tekerrürde 129,97 gr, 2. Tekerrürde 141 gr, 3. Tekerrürde 100,4 gr yem tespit edilmiştir. Bu değerlerin ortalama yüzdesi alındığı zaman ikinci katta %24,76 oranındadır.

3. Kat: Tekerrürde 136,85 gr, 2. Tekerrürde 197,76 gr, 3. Tekerrürde 190 gr ölçülmüştür. Bu değerlerin ortalama yüzdesi alındığı zaman üçüncü katta %34,76 oranındadır.

4. Kat (En büyük parçalar): Tekerrürde 71,88 gr, 2. Tekerrürde 52,91 gr, 3. Tekerrürde 116,16 gr yem ağırlığı ölçülmüştür. Bu değerlerin ortalama yüzdesi alındığı zaman dördüncü katta %16,06 oranındadır.

Yatay Yem Karma Makinesi

1. Kat (En küçük parçalar): 1. Tekerrürde 177,75 gr, 2. Tekerrürde 176,64 gr, 3. Tekerrürde 166 gr yem ağırlığı elde edilmiştir. Bu değerlerin ortalama yüzdesi alındığı zaman birinci katta %34,71 oranındadır.

2. Kat: Tekerrürde 125,15 gr, 2. Tekerrürde 121,44 gr, 3. Tekerrürde 123,5 gr ölçülmüştür. Bu değerlerin ortalama yüzdesi alındığı zaman ikinci katta %57,56 oranındadır.

3. Kat: 1. Tekerrürde 172,8 gr, 2. Tekerrürde 175,22 gr, 3. Tekerrürde 183,15 gr olarak bulunmuştur. Bu değerlerin ortalama yüzdesi alındığı zaman üçüncü katta %35,4 oranındadır.

4. Kat (En büyük parçalar): 1. Tekerrürde 24,3 gr, 2. Tekerrürde 26,7 gr, 3. Tekerrürde 27,35 gr ölçülmüştür. Bu değerlerin ortalama yüzdesi alındığı zaman dördüncü katta %5,22 oranındadır.



6. SONUÇ

Yem karma işlemi, hayvan beslenmesinde yemlerin homojen bir şekilde karıştırılarak besin değerlerinin eşit dağılımını sağlamayı hedefleyen önemli bir süreçtir. Bu işlemde, yem karma makineleri, farklı yem türlerinin karışımını sağlamak ve yemleri uygun boyutlara ayırarak daha verimli bir besleme sunmak amacıyla kullanılmaktadır. Ancak, yatay ve düşey yem karma makineleri performansları, karışım homojenliği ve yem parçalanma kalitesi açısından farklılıklar göstermektedir. Özellikle yemlerin katmanlara göre dağılımı ve her bir katmanda sağlanan ağırlık ile boyut özellikleri, makinelerin etkinliğini değerlendirmede önemli bir kriterdir. Bu çalışmada, yatay ve düşey yem karma makinelerinin karışım homojenliği ve parçalanma performansları incelenmiş, her iki makineden alınan yemlerin boyut ve ağırlıkları sayısal verilere dayalı olarak karşılaştırılmıştır ve şu sonuçlara varılmıştır;

Yatay yem karma makinesinde ortalama ağırlık yüzdesi %34,71 olarak verilmiştir. Yatay yem karma makinesinde ortalama yem uzunluklarına bakıldığında zaman ikinci katta yonca (9 mm), silaj (7mm), mısır (8mm), saman (21mm) yemleri ve ortalama ağırlık yüzdeleri (%57,56) verilmiştir. Üçüncü katta mısır (10mm), şeker pancarı posası (16mm), yonca (14mm), silaj (12mm) yemleri ve ortalama ağırlık yüzdeleri (%35,4) verilmiştir. Dördüncü katta saman (72mm) yemi ve ortalama ağırlık yüzdeleri (%5,22) verilmiştir.

Yatay yem karma makinesi üzerinde yapılan analizlerde, yemlerin daha homojen bir şekilde karıştığı ve parçalandığı gözlemlenmiştir. Yatay yem karma makinesi, yemleri homojen bir şekilde karıştırma ve etkili bir şekilde parçalama açısından dikkate değer bir performans sergilemiştir. Alt katmanlardaki yem ağırlıkları incelendiğinde, bu makinenin daha homojen yemler ürettiği gözlemlenmiştir.

Yatay makine, alt katmanlarda daha fazla ağırlık ve daha küçük boyutlu yemler sağlayarak, yemlerin daha etkili bir şekilde işlendiğini göstermiştir. Ayrıca, en üst katmanda kalan yemlerin hem miktar hem de boyut olarak sınırlı olması, yatay makinenin karışım kalitesini bir kez daha doğrulamaktadır.

Düşey yem karma makinesinde ortalama ağırlık yüzdesi %24,42 olarak verilmiştir. Düşey yem karma makinesinde ortalama yem uzunluklarına bakıldığında zaman ikinci katta yonca (8 mm), silaj (9mm), mısır (7mm), saman (18mm) yemleri ve ortalama ağırlık

yüzdeleri (%24,76) verilmiştir. Üçüncü katta mısır (8mm), şeker pancarı posası (15mm), yonca (16mm), silaj (10mm) yemleri ve ortalama ağırlık yüzdeleri (%34,76) verilmiştir. Dördüncü katta saman (60mm), şeker pancarı posası (28mm), arpa (39mm) yemleri ve ortalama ağırlık yüzdeleri (%16,06) verilmiştir.

Düşey yem karma makinesi üzerinde yapılan analizlerde ise yemlerin daha az homojen bir şekilde karıştığı ve özellikle belirli yemlerde büyük parçaların kaldığı gözlemlenmiştir. Düşey yem karma makinesi ise daha düşük bir performans sergilemiştir. Özellikle en üst katmanda bulunan yemlerin boyutları ve çeşitliliği, bu makinenin yemleri yeterince iyi karıştıramadığını ve parçalayamadığını göstermektedir. Tablolarda yer alan verilere göre, üst katmanlardaki yemlerin büyük boyutlu ve düzensiz bir şekilde dağıldığı gözlemlenmiştir. Bu durum, düşey makinenin özellikle karmaşık yapılı yemler veya sert yem türleriyle başa çıkmada daha az etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Düşey yem karma makinesi ise, özellikle en üst katmandaki büyük ve farklı yem parçaları nedeniyle karışımın homojenliğini sağlamakta yetersiz kalmıştır. Alt katmanlarda düşük ağırlık oranları ve büyük boyutlu yemlerin varlığı, makinenin parçalama ve karışımında daha düşük performans sergilediğini göstermektedir.

Genel Değerlendirme

Elde edilen sonuçlara göre, yatay yem karma makineleri yemlerin daha homojen ve daha iyi parçalanmasını sağlamıştır. Denemede kullanılan yem türleri için yatay makinelerin daha uygun olduğu ortaya konmuştur. Buna karşılık, düşey yem karma makineleri bazı yem (şeker pancarı posası ve arpa) türlerini işlerken büyük parçaları parçalama eğilimi düşük olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada, yatay ve düşey yem karma makinelerinden alınan yem örnekleri üzerinde yapılan analizler sonucunda, bu iki makine türünün yemleri işleme kapasitesi ve verimliliği karşılaştırılmıştır. Düşey yem karma makineleri, bazı yemleri daha az parçalayarak en üst katmanda daha fazla büyük parça kalmasına neden olmuştur.

Yem karma makineleri, hayvancılık işletmelerinde verimliliği artıran ve hayvanların beslenme ihtiyaçlarını karşılayan önemli ekipmanlardır. Bu makinelerin doğru kullanımı ve bakımı, işletmenin genel performansı üzerinde olumlu bir etki yaratır. Gelişen teknoloji ile birlikte, yem karma makinelerinin daha ileri özelliklerle donatılması ve işletmelerin ihtiyaçlarına daha uygun hale getirilmesi beklenmektedir. Örneğin, otomatik besleme sistemleri, sensör tabanlı izleme teknolojileri ve yapay zeka destekli algoritmalar sayesinde yem karışımının kalitesi ve homojenliği daha hassas bir şekilde kontrol edilebilmesi

beklenmektedir. Ayrıca, enerji verimliliğini artıran motorlar, uzaktan erişim ile yönetim imkanı ve akıllı entegrasyon sistemleri sayesinde makinelerin işletme süreçlerinin daha verimli hale getirilebilmesi beklenmektedir.





KAYNAKLAR

- Abo-Habaga, H. A., El-Sayed, A. A., ve El-Shafey, A. A. (2017). Effects of Different Forage Types on Ruminant Performance and Nutritional Value. *Journal of Animal Science and Technology*, 59(1), 1-10.
- Açıkgöz, E. (2001). *Yem bitkileri* (3. baskı). Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayınları.
- Akbay, C. K. ve Ak, İ. (2018). Karma yem teknolojisindeki gelişmelerin karma yem kalitesine ve yem değerine etkileri. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(2), 175-188.
- Akyıldız, R. (1984). *Yemler bilgisi ve teknolojisi* (2. Baskı). Yayın No. 895. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Alçıçek, A. ve Karaayvaz, B. K. (2002). Çiftçi koşullarında silo yemi yapımında karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri. *TAYEK/TYUAP 2002 Yılı Hayvancılık Grubu Bilgi Alışveriş Toplantısı Bildirileri* (Yayın No. 106). Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.
- Alçıçek, A. ve Özdoğan, M. (1997). Çiftçi koşullarında yapılan mısır ve arpa silo yemlerinde silaj kalitesinin saptanması üzerine bir araştırma. *Hayvansal Üretim Dergisi*, 37, 94-102.
- Alçıçek, A., Tarhan, F., Özkan, K. ve Adışen, F. (1999). İzmir ili ve civarında bazı süt sığırcılığı işletmelerinde yapılan silo yemlerinin besin madde içeriği ve silaj kalitesinin saptanması üzerine bir araştırma. *Hayvansal Üretim*, 39-40, 54-63.
- Bach, A., ve Calsamiglia, S. (2016). The Role of Forage in Ruminant Nutrition: A Review. *Animal Feed Science and Technology*, 221, 1-12.
- Balami, A.A., Adgidzi, D.ve Muazu, A. (2013). Development and testing of an animal feed mixing machine. *International Journal of Basic Applied. Sciences*, 1(3), 491-503.
- Bilgen, H., Evrenosoğlu, M., Kaşoğlu, Ö. ve Karataş, U. (2019, Eylül 4-6). Yatay Helezonlu Yem Karma Makinelerinde Bıçak Ömrüne Mekanik Tasarımın Etkisi. 32. *Ulusal*

Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, Çanakkale. Erişim adresi:
[http://www.tarmek2019.org/files/52/editor/files/Kitap_01_11_19__lan\(2\).pdf](http://www.tarmek2019.org/files/52/editor/files/Kitap_01_11_19__lan(2).pdf)

Demiroğlu Topçu, G., ve Özkan, Ş. S. (2017). Türkiye ve Ege Bölgesi çayır-mera alanları ile yem bitkileri tarımına genel bir bakış. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(1), 21–28.

DLG (1987). Bewertung von Grünfütter, Silage und Heu. Merkblatt 224. DLG-Verlag.

Evrenosoğlu, M., Kaşoğlu, Ö. ve Gümüş, H. (2019, Eylül 4-6). Yatay Helezonlu Yem Karma Makinelerinde Karıştırma/Kıyma Performansının Mekanik Tasarım ile Arttırılması. *32. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi*, Çanakkale.

Fahrenheit, A.C. (2019). Best practices: mixing and sampling. animal feed science and technology. *Prestage Department of Poultry Science*, North Carolina State University, 27695, Raleigh, USA. 250, 51-52.

Gülsün, B. ve Miç, P. (2018). Rasyon hazırlamada temel yem miktarlarının ekonomik olarak belirlenmesi için çok amaçlı programlama yaklaşımı. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(2), 634-648.

Güngör, T., Başalan, M. ve Aydoğan, İ. (2008). Kırıkkale yöresinde üretilen bazı kaba yemlerde besin madde miktarları ve metabolize olabilir enerji düzeylerinin belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 55, 111-115.

Hacıyev, T. M. (2007). Tane yemlerin fiziki-mekanik özelliklerini araştırma yöntemleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 18(2), 65-66.

Kılıç, A. ve Polat, M. (2002). Süt sığırcılığında toplam harmanlanmış rasyon uygulaması ve vücut kondisyon testi. *Hayvansal Üretim*, 43(1), 1-11.

Köknaroğlu, F., Yılmaz, O., ve Demircan, M. (2006). Yem Bitkileri ve Yem Üretimi: Türkiye'deki Durum ve Gelecek Perspektifleri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 12(3), 245-256.

Mc Donald (1981). The biochemistry of silage. J.W. Publ. Manchester. Muhammad, A. U. R., Xia, C. Q. ve Cao, B. H. (2016). Dietary forage concentration and particle size affect sorting, feeding behaviour, intake and growth of Chinese Holstein male calves. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 100, 217–223.

- Muhammad, A. U. R., Xia, C. Q. ve Cao, B. H. (2016). Dietary forage concentration and particle size affect sorting, feeding behaviour, intake and growth of Chinese Holstein male calves. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 100, 217–223.
- Mutaf, A., & Uçucu, M. (1980). "Yem Bitkileri Üretiminde Kullanılan Bazı Yöntemler ve Uygulamalar." *Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(1), 15-25.
- Nasrollahi, S. M., Imani, M. ve Zebeli, Q. (2015). A meta-analysis and meta-regression of the effect of forage particle size, level, source, and preservation method on feed intake, nutrient digestibility, and performance in dairy cows. *J.Dairy Sci.*, 98, 8926–8939.
- Özaslan Parlak, A. ve Sevimay, C. S. (2007). Arpa ve buğday hasadından sonra bazı yem bitkilerinin ikinci ürün olarak yetiştirilme imkanları. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 13(2), 101- 107.
- Penn State Extension. (2022). Penn State Particle Separator. *Penn State University*. Erişim adresi: <https://extension.psu.edu/penn-state-particle-separator>
- T.C Tarım ve Orman Bakanlığı. (2023). Büyükbaş hayvan sayıları. *Tarım ve Orman Bakanlığı*. Erişim adresi: <https://www.tarimorman.gov.tr/>
- TİGEM. (2018). *2018 yılı hayvancılık sektör raporu*. (ss. 4-5).
- Turan, S. ve Altuner, E. (2014). "Yem Bitkileri Üretiminin Ekonomik ve Çevresel Etkileri: Türkiye Örneği." *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 20(1), 45-60.
- Uzunoğlu, G., ve Tan, F. (2022). Küçük kapasiteli yem karma makinalarında karıştırma süresi ve homojenlik. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 20-28. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2074119>
- Yalçın, H., Evrenosoğlu, M., ve Bilgen, H. (2007, Eylül 4-5). Ege Bölgesinde kullanılan bazı yem karıştırma ve dağıtma arabalarının özellikleri. *Tarımsal Mekanizasyon 24. Ulusal Kongresi*, Kahramanmaraş, 354-360. Erişim adresi: http://tarmek.org/_Files/2007/2007-icindekiler.pdf



ÖZ GEÇMİŞ

Soyadı, Adı : Kalaç, Seçil

Yabancı Dil : İngilizce

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet tarihi(Yıl)
Lisans	Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği	2021

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer/Kurum	Unvan
2023-Halen	Alpler Ziraat Aletleri	Ziraat Mühendisi