



T.C.  
KIRSEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI



**KIRSEHİR'DE SATIŞI YAPILAN BAZI PELET  
YEMLERİN KALİTE ÖZELLİKLERİNİN  
BELİRLENMESİ**

**MERYEM İNCE**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KIRSEHİR**

**2023**



T.C.  
KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI



**KIRŞEHİR'DE SATIŞI YAPILAN BAZI PELET  
YEMLERİN KALİTE ÖZELLİKLERİNİN  
BELİRLENMESİ**

**MERYEM İNCE**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN**

**PROF. DR. AHMET ŞAHİN**

**KIRŞEHİR**

**2023**

**KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI**  
**ETİK BEYANI**

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesini okuduğumu ve anladığımı ve Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tez olarak sunduğum bu çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda bu konuda hakkımda yapılacak tüm yasal işlemleri ve aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim. 27/07/2023.

MERYEM İNCE

<b>İÇİNDEKİLER DİZİNİ</b> .....	<b>I</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>II</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>IV</b>
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	<b>V</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>VI</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>VI</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Tezin Amacı .....	2
1.2. Tezin Önemi .....	2
1.2. Çalışmanın sınırlılıkları .....	3
1.3. Varsayımlar .....	3
1.4. Araştırma problemleri.....	3
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	<b>5</b>
2.1. Pelet yemin önemi .....	5
2.2. Pelet yemin tarihçesi.....	6
2.3. Peletleme işlemi.....	8
2.4. Pelet optimizasyonu.....	12
2.5. Pelet kalitesi.....	27
<b>3. MATERYAL VE METOT</b> .....	<b>49</b>
3.1. Materyal.....	49
3.2. Metot.....	50
3.2.1. Kuru madde, ham kül ve tuz analizleri ile NÖM değerlerinin hesaplanması.....	50
3.2.2. Pelet kalitesi ölçümleri .....	53
3.2.3. İstatistiki analizler.....	58
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA</b> .....	<b>59</b>
4.1. Ruminant ve kanatlı pelet yemlerin karşılaştırılması .....	59
4.2. Ruminant pelet yemlerinin karşılaştırılması .....	61
4.3. Pelet kalitesinin yemin besin madde içeriklerine göre değişimleri .....	62
4.4. Pelet yemlerin homojeniteleri ve tekdüzeliği .....	76
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER</b> .....	<b>79</b>
<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>81</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>89</b>

## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisansa başlamamda ve yüksek lisans ders sürecinde kendisini tanıdığım günden bu yana gösterdiği sakin ve sabırlı hali ile her zaman bana örnek olmasının yanı sıra bir bilim insanının nasıl çalışması gerektiğini kendisinden öğrendiğim değerli danışmanım Prof. Dr. Ahmet ŞAHİN'e büyük bir içtenlikle teşekkür ederim. Tezimin her aşamasında ve laboratuvar çalışmalarımnda değerli katkılarından dolayı Dr.Öğr.Üyesi Hüseyin ÇAYAN ve Doç.Dr.Ertuğrul KUL'a teşekkürlerimi içtenlikle sunarım.

Tezimi, bu günlere gelmeme vesile olan çok değerli aileme başta olmak üzere özellikle eşim Levent İNCE ve çocuklarım Duru, Mina ve Vera'ya ithaf ederim.

27 Temmuz 2023

Meryem İNCE

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### KIRŞEHİR' DE SATIŞI YAPILAN BAZI PELET YEMLERİN KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Meryem İNCE

#### KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ ZOOTEKİNİ ANABİLİM DALI

**Danışman:** Prof. Dr. Ahmet ŞAHİN  
Yıl: 2023, Sayfa: 89  
**Jüri:** Prof. Dr. Ahmet ŞAHİN  
Prof. Dr. Sibel CANOĞULLARI DOĞAN  
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ÇAYAN

Bu çalışma, Kırşehir'de satışı yapılan bazı pelet yemlerin kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Pelet yemlerin analizi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Hayvancılık Endüstrisi Laboratuvarında yapılmıştır. Analizi yapılan pelet yem çeşitleri olarak, Süt sığır 21 yemi (P1), Buzağı büyütme yemi (P2), Sığır besi geliştirme yemi 1 (P3) Süt sığır yemi 19.1 (P4), Süt sığır yemi 19.2 (P5), Sığır besi yemi 2 (P6), Kuzu büyütme yemi (7), Gezen yumurta tavuk yemi (P8), Gezen tavuk tam yemi (P9), Yumurta tavuk yemi (P10), Kırşehir yem bayilerinden tazelik durumuna göre 3'er kg olarak temin edilmiştir. Yemlerin içinden her analiz için 3 tekerrür olacak şekilde örnekler alınarak analizler yapılmıştır. Yemler, ruminant ve kanatlı olarak kategorize edildiğinde; sırasıyla parça ağırlığı (g), pelet boyu (mm), çap (mm), yüzey alanı (mm<sup>2</sup>), pelet hacmi (mm<sup>3</sup>) ve pelet parça yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>) 0.24-0.14 (P<0,01), 11.90-8.67 (P<0,01), 4.82-4.02 (P<0,01), 217.92-135.40 (P<0,01), 1097.27-1243.35 (P>0,05) olarak tespit edilmiştir. Yemler aynı kategoride değerlendirildiğinde, kuru madde, ham kül, tuz ve nem alma oranları sırasıyla karşılaştırıldığında; %90.22-90.77 (P>0,05), %7.30-11.36, %2.21-3.09 (P<0,01) ve %18.04-18.15 olarak saptanmıştır. Aynı yemlerde, dayanıklılık (%), kırılma direnci (%) ve parça hacim yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>) sırasıyla; %98.83- 97.06 (P<0,01), 98.42-98.00 (P>0.05) ve 613.02-525.40 (P<0.05) olarak ölçülmüştür. Yemler, ham selüloz ve ham kül içerikleri bakımından kategorize edildiğinde; düşük selülozlu ve yüksek kül içerikli yemlerin dayanıklılığı azaltığı (P<0,01) tespit edilmiştir. Yemler karışım homojenitesi ve parça boyutu tekdüzeliği bakımından önemli farklılıklar göstermiştir. Sonuç olarak, Kırşehir'de satışı sunulan yemler, ortalama olarak kabul edilebilir dayanıklılıkta ve kırılma direncine sahip yemlerden oluşmakla birlikte karışım homojenitesi ve parça boyutu bakımından nedenlerinin araştırılmasına gereksinim duyulacak yapıda olması, peletleme aşamalarında ve pelet kalitesi üzerinde fazla çalışmaya gereksinim olduğunu ortaya koymaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Pelet yem, Kalite, Hayvan besleme, Dayanıklılık

## ABSTRACT

### MASTER'S THESIS

#### DETERMINATION OF THE QUALITY CHARACTERISTICS OF SOME PELLET FEEDS SOLD IN KIRŞEHİR

Meryem İNCE

KIRŞEHİR AHI EVRAN UNIVERSITY  
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
DEPARTMENT OF ANIMAL SCIENCE

**Supervisor:** Prof. Dr. Ahmet ŞAHİN  
Year: 2023, Pages: 89  
**Juries:** Prof. Dr. Ahmet ŞAHİN  
Prof. Dr. Sibel CANOĞULLARI DOĞAN  
Assist. Prof. Dr. Hüseyin ÇAYAN

This study was carried out to determine the quality settings of some pellet feeds sold in Kırşehir. The analysis of pellet feeds was carried out in the Animal Husbandry Industry Laboratory of Kırşehir Ahi Evran University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science. As the pellet feed types analyzed, Dairy cattle 21 feed (P1), Calf rearing feed (P2), Cattle fattening improvement feed 1 (P3) Dairy cattle feed 19.1 (P4), Dairy cattle feed 19.2 (P5), Cattle fattening feed 2 (P6), Lamb grower feed (7), Free-range layer feed (P8), Free-range layer feed (P9), layer feed (P10) were procured from Kırşehir feed dealers in 3 kg according to freshness dimensions. In the feeds, analyzes on animals were carried out, with 3 replications for its analysis. Categorized as feeds, ruminant animals and poultry; First of all, piece weight (g), pellet length (mm), diameter (mm), surface area (mm<sup>2</sup>), pellet volume (mm<sup>3</sup>) and pellet density (kg/m<sup>3</sup>) 0.24-0.14 (P<0.01), 11.90-8.67 (P<0.01), 4.82-4.02 (P<0.01), 217.92-135.40 (P<0.01), 1097.27-1243.35 (P>0.05). When the feeds are evaluated in the same category, dry matter, raw ash, salt and dehumidification ratios are faced respectively; it can be obtained as 90.22-90.77% (P>0.05), 7.30-11.36%, 2.21-3.09% (P<0.01) and 18.04-18.15%. The same baits, durability (%), breaking resistance (%) and bulk density (kg/m<sup>3</sup>) respectively; 98.83-97.06% (P<0.01), 98.42-98.00 (P>0.05) and 613.02-525.40 (P<0.05), respectively were determined. Categorized evaluations of feeds crude fibers and crude ashes; it was determined that low fiber and high ash content feeds decreased their durability (P<0.01). The feeds showed significant differences in terms of mixture homogeneity and particle size uniformity (P<0.01). To conclude, the feeds offered for sale in Kırşehir consist of feeds with acceptable durability and breakage resistance on average, but the fact that the reasons for mixing homogeneity and particle size need to be investigated reveals that there is a need for more work on pelleting procedures and pellet quality.

**Keywords:** Pellet feed, Quality, Animal nutrition, Durability

## TABLolar DİZİNİ

	Sayfa	No
<b>Tablo 2.1.</b> Farklı yem ham maddelerin jelatinleşme sıcaklıkları.....	18	
<b>Tablo 2.2.</b> Şartlandırmanın peletme işlemi üzerine etkileri.....	19	
<b>Tablo 2.3.</b> Rulo aralığının pelet üretim özelliklerine etkileri.....	20	
<b>Tablo 2.4.</b> Disk hızının %72.4 oranında mısır içeren karma yemden pelet üretim özelliklerine etkileri.....	20	
<b>Tablo 2.5.</b> Matrisin özelliklerine göre pelet yapımı.....	22	
<b>Tablo 2.6.</b> Ruminant yemlerinin üretim parametreleri.....	25	
<b>Tablo 2.7.</b> Kanatlı yemlerinin üretim parametreleri.....	26	
<b>Tablo 2.8.</b> Bazı yem ham maddelerinin peletlenme özellikleri.....	32	
<b>Tablo 2.9.</b> Besin maddelerinin pelet kalitesine etkileri.....	33	
<b>Tablo 2.10.</b> Bazı ham maddelerin peletleme öncesi tahmini pelet kalitesi özellikleri....	34	
<b>Tablo 2.11.</b> Pelet çaplarına göre sertlik ve dayanıklılık değerleri.....	46	
<b>Tablo 2.12.</b> Farklı çiftlik hayvanı pelet yemlerinin ölçüm metotlarına göre dayanıklılık test sonuçları.....	47	
<b>Tablo 3.1.</b> Deneme kullanılan bazı ruminant pelet yemlerin besin madde içerikleri...	50	
<b>Tablo 3.2.</b> Deneme kullanılan bazı kanatlı pelet yemlerinin besin madde içerikleri.....	51	
<b>Tablo 3.3</b> Deneme yemlerinin nitrojensiz öz madde (NÖM) değerleri.....	52	
<b>Tablo 4.1.</b> Peletlerin parça ağırlığı ile bazı fiziksel özellikleri .....	57	
<b>Tablo 4.2.</b> Pelet yemlerin bazı besin madde içeriklerine göre nem alma ile ilgili özellikleri.....	60	
<b>Tablo 4.3.</b> Pelet yemlerin bazı besin madde içeriklerine göre dayanıklılık ile ilgili özellikleri.....	60	
<b>Tablo 4.4.</b> Ruminant pelet yemlerin ağırlığı ile bazı fiziksel özellikleri .....	61	
<b>Tablo 4.5.</b> Ruminant pelet yemlerin nem alma ile ilgili özellikleri.....	61	
<b>Tablo 4.6.</b> Ruminant pelet yemlerin dayanıklılık ile ilgili özellikleri.....	61	
<b>Tablo 4.7.</b> Pelet yemlerin protein seviyesine göre dayanıklılık özellikleri.....	62	
<b>Tablo 4.8.</b> Pelet yemlerin ham selüloz seviyesine göre dayanıklılık özellikleri.....	65	
<b>Tablo 4.9.</b> Pelet yemlerin ham yağ seviyesine göre dayanıklılık özellikleri.....	67	
<b>Tablo 4.10.</b> Pelet yemlerin ham kül seviyesine göre dayanıklılık özellikleri.....	70	
<b>Tablo 4.11.</b> Pelet yemlerin NÖM seviyesine göre dayanıklılık özellikleri .....	72	
<b>Tablo 4.12.</b> Pelet yemlerin KM seviyesine göre dayanıklılık özellikleri.....	74	
<b>Tablo 4.13.</b> Pelet yemlerin karışım homojeniteleri.....	76	
<b>Tablo 4.14.</b> Pelet yemlerinin parça ağırlığı, uzunluğu ve kalınlığı bakımından tek düzelik durumları.....	77	



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 2.1.	Peletlemenin tarihçesi..... 7
Şekil 2.2.	Pelet yem tesisi..... 9
Şekil 2.3.	Pelet yem makinası örneği..... 10
Şekil 2.4.	Rasyonu oluşturan yem hammaddelerine ve matris delik çaplarına göre pelet dayanıklılıkları..... 15
Şekil 2.5.	Matris delik ve çapları..... 22
Şekil 2.6.	Pelet kalitesini etkileyen faktörler..... 28
Şekil 2.7.	Tavlama esnasındaki uygulamaların pelet kalitesine etkileri..... 28
Şekil 2.8.	Soğutucu..... 33
Şekil 2.9.	Nem içeriğine göre peletlemenin durumu (a:çok yüksek, b:çok düşük) 35
Şekil 2.10.	Matris ve kısımları..... 38
Şekil 2.11.	Pelet yem üretiminde kalitenin önemi..... 48
Şekil 3.1.	Deneme yemlerinin görünümü..... 49
Şekil 3.2.	Dijital kumpas ve hassas terazi..... 53
Şekil 3.3.	Pelet hacim yoğunluğu testinde kullanılan kap..... 54
Şekil 3.4.	Dayanıklılık testi sonucu..... 55
Şekil 3.5.	Kırılma direnci testi sonucu..... 56
Şekil 3.6.	Kurutma fırını ve iklimlendirme kabini..... 56
Şekil 3.7.	Pelet yemlerin nem alma denemesi öncesi görüntüleri..... 57
Şekil 3.8.	Pelet yemlerin nem alma denemesi sonrası görüntüleri..... 57
Şekil 3.9.	Deneme verilerin SPSS ortamına taşınması..... 58
Şekil 4.1.	Pelet parça boyutunun pelet parça yoğunluğuna etkisi..... 59
Şekil 4.2.	Pelet yemlerin protein içeriğine göre dayanıklılık oranları..... 62
Şekil 4.3.	Pelet yemlerin protein içeriğine göre kırılma dirençleri..... 62
Şekil 4.4.	Pelet yemlerin protein içeriğine göre nem alma oranları..... 64
Şekil 4.5.	Pelet yemlerin ham selüloz içeriğine göre dayanıklılık..... 66
Şekil 4.6.	Pelet yemlerin ham selüloz içeriğine göre kırılma dirençleri..... 66
Şekil 4.7.	Pelet yemlerin ham selüloz içeriğine göre nem alma oranları..... 67
Şekil 4.8.	Pelet yemlerin ham yağ içeriğine göre dayanıklılık oranları..... 68
Şekil 4.9.	Pelet yemlerin ham yağ içeriğine göre kırılma dirençleri..... 68
Şekil 4.10.	Pelet yemlerin ham yağ içeriğine göre nem alma..... 69
Şekil 4.11.	Pelet yemlerin ham kül içeriğine göre dayanıklılık..... 70
Şekil 4.12.	Pelet yemlerin ham kül içeriğine göre kırılma dirençleri..... 71
Şekil 4.13.	Pelet yemlerin ham kül içeriğine göre nem alma oranları..... 71
Şekil 4.14.	Pelet yemlerin NÖM içeriğine göre dayanıklılık oranları..... 73
Şekil 4.15.	Pelet yemlerin NÖM içeriğine göre kırılma dirençleri..... 73
Şekil 4.16.	Pelet yemlerin NÖM içeriğine göre nem alma oranları..... 74
Şekil 4.17.	Pelet yemlerin KM içeriğine göre nem alma oranları..... 75
Şekil 4.18.	Pelet yemlerin KM içeriğine göre kırılma dirençleri..... 75
Şekil 4.19.	Pelet yemlerin KM içeriğine göre nem alma oranları..... 76
Şekil 4.20.	Tek düzeliği etkileyebilecek pelet kırılmaları..... 78

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b>Simgeler</b>		<b>Açıklama</b>
<i>Kgf</i>	:	Kilogram-kuvvet
<i>L</i>	:	litre
<i>P<sub>hy</sub></i>	:	Pelet hacim yoğunluğu
<i>M</i>	:	Pelete ait nem içeriği
<i>V</i>	:	Kabın net hacmi
<i>m1</i>	:	Boş kaba ait ağırlık
<i>m2</i>	:	Pelet dolu kabın ağırlığı
<i>m<sub>a</sub></i>	:	Analiz sonrası elenen pelete ait ağırlık
<i>m<sub>e</sub></i>	:	Analiz öncesi elenmiş pelet ağırlık
<i>m<sub>i</sub></i>	:	Pelete ait numunelerin ilk ağırlıkları
<i>m<sub>u</sub></i>	:	Tek pelete ait ağırlık
<i>V<sub>u</sub></i>	:	Tek pelet hacmi
<i>d</i>	:	Pelet çapı
<i>l</i>	:	Pelet uzunluğu
<i>P<sub>u</sub></i>	:	Pelet parça yoğunluğu
<i>m<sub>p1</sub></i>	:	Boş kuru örnek kabının ağırlığı
<i>m<sub>p2</sub></i>	:	Kurutma öncesi kuru örnek kabı ve peletlerin ağırlığı
<i>m<sub>p3</sub></i>	:	Kurutma sonrası kuru örnek kabı ve peletlerin ağırlığı
<i>m<sub>e</sub></i>	:	Test öncesi elenmiş pelet ağırlığı
<i>m<sub>a</sub></i>	:	Test sonrası elenmiş pelet ağırlığı
<i>Dd</i>	:	Dayanıklılık direnci
<i>V</i>	:	Harcanan gümüş nitrat
<i>N</i>	:	Kullanılan gümüş nitratin normalitesi
<i>m</i>	:	Metre
<i>mm</i>	:	Milimetre
<i>E</i>	:	Titrasyona giren çözeltildeki numune miktarı
<i>m<sup>3</sup></i>	:	Metreküp
<i>O</i>	:	Matrisin tüm genişliği
<b>Kısaltmalar</b>		<b>Açıklama</b>
<b>ASAE</b>	:	Dayanıklılık çevirme kutusu metodu
<b>DDGS</b>	:	Kurutulmuş damıtma-tane ve çözümleri
<b>FCR</b>	:	Yem dönüşüm oranı
<b>FPQF</b>	:	Yem pelet kalite faktörü
<b>KM</b>	:	Kuru madde
<b>ME</b>	:	Metabolik enerji
<b>NÖM</b>	:	Nitrojensiz öz madde
<b>PDI</b>	:	Pelet dayanıklılık indeksi
<b>SH</b>	:	Standart hata
<b>PQF</b>	:	Pelet kalite faktörü
<b>Rho</b>	:	Spearman korelasyon değeri
<b>VK</b>	:	Varyasyon katsayısı
<b>W</b>	:	Matrisin etkin olduğu genişlik

## 1. GİRİŞ

Her gün artmakta olan dünya nüfusu ile hayvansal ürünlere olan gereksinimlerin artması beklenen bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu artış gösteren ihtiyaçları karşılamak için hayvansal üretimin gelişmesi gerekmektedir, bu gelişme pek çok faktörle bağlantısı bulunmaktadır. Bu faktörlerin içinde kaliteli yemin temini en önemli unsurlardan biridir. Zira hayvancılık sektöründe üretim maliyetlerinin çoğunluğunu yem ve yemlemeye dair masraflara ait olup hayvansal üretimde işletme maliyetinin yaklaşık %70'ini oluşturmaktadır. Yüksek verimli hayvanlar yetiştirmek için kaliteli ve yeterli miktarda yeme ihtiyaç duyulmaktadır. Hayvansal üretiminde ihtiyaçların karşılanması için hayvancılığın geliştirilmesi ve sürdürülebilir olması, hayvanların yeterli ve kaliteli yemlerle beslenmeleri gerekmektedir. Kentleşme ve yanlış tarım politikaları nedeniyle hayvanların otlayacağı mera arazilerinin ve ekili bitkisel üretim alanlarının gün geçtikçe daralma olmaktadır bu yüzden hayvancılık sektörü yeni alternatif ve ucuz yem kaynakları arayışına yönelmek zorunda bırakılmıştır. Bu arayışlar içerisinde karma yem üretiminde izlenen stratejiler de değişikliklerden payını almaktadır. Bu arayışların sonucunda, hayvancılıkta toz formunda yem kullanımı giderek azalmakta olup pelet yem kullanımı artmaktadır. Pelet yem üretimi ilk olarak Fransa'da 1860'lı yıllarda başlamıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde ise pelet yemler 1920'li yılların sonunda kullanılmaya başlanmıştır. Türkiye'de ise 1955 yılında pelet yem üretimi ve kullanımı başlamıştır. Pelet yemin fiziksel yönden olumlu etkileri nedeniyle, hayvanlardan daha yüksek verim alınması, pelet yemlere olan tercihin artmasına ve üretiminin yaygınlaşmasına neden olmuştur. Pelet yemlerin toz yeme kıyasla üstün özellikleri; tozlaşmaması, taşıma sırasında dehomojenize olmaması, daha lezzetli ve sindirimini daha kolay olması, uzun süre depolanabilmesi, kayıpların daha düşük seviyede olması ve yemlerin yoğunluğunun artması ile bunun sonucu olarak taşıma maliyetlerinin azalması olarak sıralanmaktadır. Pelet yemler, hayvanlarda yem hammaddesi seçimini azaltmasının yanı sıra, yem ve su tüketimlerini de artırmaktadır. Pelet yemlere uygulanan ısıtma işlemleri sayesinde, küf mantarlarının ve zararlı patojenlerin oluşumuna toz yeme oranla daha az rastlanılmaktadır. Pelet yemlerin diğer kullanım alanına sahip olan toz yeme oranla olumlu etkileri günümüzde açık şekilde ortaya konulmuştur ve pelet yemin bu olumlu etkileri bilimsel gerçek haline gelmiştir. Pelet yemler, hayvanların farklı fiziksel yapıya sahip hammaddelerden maksimum düzeyde yararlanmalarına olanak tanımaktadırlar. Karma yem üretiminde yem hammaddelerinin tek verilmesinin yerine karışım olarak verilmesinin ve

her bir hammaddenin eksikliklerini diğer hammaddeler ile tamamlamanın ve ayrıca bu yemlerin peletlenmesinin beslenme açısından olumlu etkileri herkes tarafından bilinen bir gerçektir.

Rasyona giren hammaddelerin birden fazla olması, çok az miktarlarda yem katkıları kullanımı, hassas ve homojen karışımların hazırlanması için zootekni bilgisine ihtiyaç bulunmaktadır. Zooteknist ziraat mühendislerin eğitim dönemlerinde almış oldukları yemler ve yem teknolojisine ait bilgiler, karma yem fabrikalarının işletilmesi yanında hayvanların için lezzetli pelet yemlerin üretilmesi için de ayrı bir öneme sahiptir. Ancak, Zooteknist ziraat mühendislerinin karma yem sektöründe yem hijyeni ile ilgili kısıtlı istihdamlardan dolayı, daha az söz sahibi oldukları ve bunu aşmanın yolunun bu sektörle ilgili hem sahada ve hem de akademide daha fazla çalışma yapılma zorunluluğunu öne çıkarmaktadır. Bu tez çalışması ile pelet yem üretimi ile ilgili bir akademik çalışma yapılmak suretiyle bu alandaki bilgi birikimine ve tecrübe artırımına katkı sağlanması beklenmektedir.

### **1.1. Tezin Amacı**

Pelet yemlerin kalite özelliklerinin incelendiği akademik çalışma sayısı oldukça azdır. Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Hayvancılık Endüstrisi Laboratuvarında, Kırşehir İlinde satışı yapılan bazı pelet yemlerin kalite özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

### **1.2. Tezin Önemi**

Peletleme, ince olarak öğütülmüş yemin, buhar yardımı ile özel olarak tasarlanmış preslerden geçirilerek belirli çaplarda şekillendirilmesi işlemidir. Peletleme işleminde öğütülerek karıştırılmış yemler, özel pelet bağlayıcılar veya melas katılarak; yüksek sıcaklık, buhar ve basınç altında tavlandıktan sonra rulo yardımıyla ileri sürülüp gözenekli kalıplardan çıkarılır. Karma yemlerin peletlenmesiyle bazı düşük yoğunluktaki hammaddelerin çökmesi, bir tarafa yığılıp kalması veya ayrışması önlenirken, yem yoğunluğu, sindirilebilirliği ve yemlerin metabolik enerji içeriğinden yararlanmada artmaktadır (Gürbüz ve Alarşlan, 2017). Peletleme ile yemin daha kolay taşınması sağlanarak nakliye masraflarını düşürmektedir ve ayrıca depolama yoğunluğu ve yemde meydana gelebilecek kayıplar da azalmaktadır.

Yem endüstrisinde peletleme işlemi, pelet yemin taşıma ve depolama kolaylığının yanı sıra pelet yem kalitesinin hayvan üstündeki olumlu etkilerinden dolayı tercih edilmektedir. Pelet yem üretimindeki kalitenin yansırı fiziksel kalitede önem kazanmaktadır. Pelet yem üretiminde, önemli olan üretimden hayvanın yemliğine ulaşmaya kadar ki sürede yem

formunun korunması amaçlanmalıdır (Basmacıoğlu, 2004). Depolama, nakliye ve hayvanların yemlenmesi sırasında pelette oluşan kayıplar en az seviyede olması gerekmektedir. Peletin formunda ve kalitesinde değişiklik olmamalıdır. Pelet yemlerde kalite özellikleri konusunda yeterince çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada en uygun peletleme yöntemleri kullanılarak yapılan pelet yemlerde, taşıma ve depolamada meydana gelebilecek kayıpları en aza nasıl düşürülebileceği hakkında fikir edinmek ve hayvan beslemede kullanılan pelet yemlerin kalite özellikleri hakkında araştırma yapılmıştır. Özellikle, ruminant hayvanların beslenmesinde kullanılan bazı pelet yemlerin dayanıklılık testleri yapılarak; kalite özelliklerinin belirlenmesi, nem alma direnci, homojenite testi ve kırılma testleri yapılarak, uzun süre depolanması ve pelet yemlerin nakillerindeki kayıplar değerlendirilmiştir. Bu zamana kadar pelet yemlerin kalite özelliklerini ortaya koyacak yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır.

### **1.2. Çalışmanın sınırlılıkları**

Zootekni bölümünde pelet kalitesi için tam donanımlı bir laboratuvarın bulunmayışı ile örnek toplamada karşılaşılan fiziki ve ticari kaygılar başlıca çalışmanın sınırlılıklarıdır.

### **1.3. Varsayımlar**

Tez çalışmasının varsayımları olarak, Kırşehir’de satışa sunulan pelet yemlerin kalite bakımından birbirine benzer oldukları, homojenitelerinin kabul edilebilir seviyede olduğu ve taşıma sonucu daha az kayıpla hayvan yetiştiricilerine ulaştırıldığı öngörülerini dikkate alınmış, bulgular ve tartışma bu yönde şekillendirilmiştir.

### **1.4. Araştırma problemleri**

Ulusal Tez Merkezi veri tabanı incelendiğinde; pelet yemler ile ilgili üretilen tez çalışmasının oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Bu alanda, daha fazla çalışmaya gereksinim bulunmaktadır. Pelet yemin kaliteli üretilmesi ekonomik olarak önemlidir. Pelet yemde parçalanma, ufalanma ve tozlanma genellikle taşıma sırasında peletler üzerinde oluşan mekanik etki ile meydana gelir. Bu kuvvetler darbe, sıkıştırma ve kesme ile peletlerin parçalanmasına, ezilmesine ve pelet yüzeylerinin aşınmasına yol açar. Pelet yemler, karma yem fabrikasından çiftliğe hayvanların önlerine gelinceye kadar depolama, taşıma ve sevkiyat sırasında sürtünme, darbe ve basınca maruz kalmaktadır. Düşük kaliteli peletler parçalanır ve birkaç pelet ile ince taneden oluşan bir yem ortaya çıkar. Pelet yemin kalitesinin düşük olduğu durumlarda hayvanlardan beklenen performansın alınamadığını ve pelet yem yapımında daha çok üretim

randımanı ve peletleme etkinliği dikkate alınırken çoğu zaman kalitenin göz ardı edildiği ortaya konulmuştur.

Pelet yemle beslenen hayvanlardan beklenen performansın tam olarak alınamadığı ve bunun da daha çok kullanılan pelet yemin kalitesinin iyi olmadığından kaynaklandığı ileri sürölmektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan Yem Sektör Politika Belgesi’de 2020-2024 yılları detaylı incelendiğinde pelet yemlerin standardizasyonu, üretimi ve kalite kriterleri ile ilgili hiçbir bilgiye rastlanılmamıştır (TAGEM, 2021). Pelet yemlerin üretim standartlarına ilişkin, literatürde fazla bilgiye ulaşılamamıştır. Ancak, Türk Karma Yem Sektörü uzmanları için peletleme teknolojisine dair yol gösterici ve doyurucu bilgiler içeren bir klavuz “Peletleme El Kitabı”, Kutlu (1996) tarafından Türkçe’ye çevrilmiştir ve bu tezin daha anlaşılır hale gelmesine önemli katkıda bulunmuştur. Bunun yanında, Amerikan Patent Enstitüsü’nde Gao ve ark. (1999) tarafından alınan bir patentte peletleme iş akışı ile sığır besi yemi, domuz yemi, süt yemi ve enzim içeren domuz yemine ilişkin ham madde düzeyinde bilginin yanında tavlama sıcaklığı ile pelet dayanıklılığına dair kısmi açıklamalara yer verilmiştir. Yemlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri, formülasyonu ile uygulanan teknolojiye (su buharı uygulaması, tavlama, yağ ilavesi, matris özellikleri ve soğutma) bağlı olarak kalitesinin değiştii ve bunun hayvan besleme açısından oldukça önemli olduğu vurgulanmaktadır. Bu süreçte pelet yemin kalitesinin araştırıldığı çalışma sayısı oldukça kısıtlıdır. Bu durum, Ülkemizde pelet kalitesi üzerinde çalışmaların eksikliği ile tamamen ticari sır olarak üretilen karma yemlerin, Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yürütölen mevzuatı olmasına rağmen, pelet formundaki karma yemlere ilişkin bir mevzuat alt yapısının olmaması, bilimsel çalışmalara da dayanak oluşturmaması ihtiyacı açısından ayrı bir önem taşıdığı da vurgulanması gereken bir konudur.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.1. Pelet yemin önemi

Son yıllarda Dünya nüfusunun artışına paralel olarak hayvansal ürünlere olan ihtiyaç artmıştır. Hayvansal üretimdeki bu artışla birlikte ise pelet yem nedir sorusu; son yıllarda yaygın olarak sorulan ve dikkat çeken bir konu haline gelmiştir. Pelet yem, öğütülerek karıştırılmış yemlerin, özel pelet bağlayıcılar veya melas katılarak sıcaklık, buhar ve basınç altında tavlandıktan sonra rulo yardımıyla ileri sürülüp gözenekli kalıplardan çıkarılması ve belirli çaplarda şekillendirilmesidir. Peletler kalıp gözenek çapı ve şekline bağlı olarak değişik şekil ve büyüklükte olabilirler. Pelet yemin üretim aşamaları, yem hammadde alımı, depolama, öğütme, karıştırma tavlama, soğutma, yağ kaplama ve paketleme ile örneklerin kimyasal ve fiziksel kontrollerinden oluşmaktadır. Üretilen pelet yemlerin taşınma ve hayvanların önlerine ulaşana kadar olan sürecin hayvanların performansını etkilediği gibi, yem güvenliği ile yetiştirici ve tüketici memnuniyetini de etkilemektedir (Van Rooyen, 2003; Kutlu ve Çelik, 2014).

Yemlerin tavlansını ve peletlenmesini gerektiren birçok nedenler bulunmaktadır. Peletleme yem yoğunluğunu artırarak yem taşıma ve depolamasını kolaylaştırır. Taşıma masrafını azaltır. Yem akışı ve ölçme işlemleri daha kolay olur. Böylece daha etkili ve karlı karma yem üretimi sağlanmış olur. Peletleme ile yem içeriğinin iyi karışımı sağlanarak, yanlış dozajlama riski olmadan ilaç katkısı sağlanır, hayvanların yemin içinden yaptığı yem hammadde seçimi önlenir. Pelet yemler hayvanlar tarafından daha fazla miktarda tüketilerek hayvanlar tarafından red edilmeyecek rasyon formülasyonlarının yapılmasına olanak sağlar ve çiftlikte yemleme esnasında, bir sonraki öğüne daha az atık (israf edilen) yem sağlanmış olur. Peletleme esnasındaki tavlamanın etkisiyle ise sindirilebilirliğin artarak, yemden yararlanma ve patojenik unsurların eliminasyonu sağlanacağı, hazırlanan rasyonların besinsel kalitesinin artacağı ve hayvan yetiştiricilerinin karında da böylece artış sağlanabileceği Kutlu (1996) tarafından bildirilmiştir. Pelet yemler daha kolay taşınabilir ve depolanabilir, homojenliği hemen bozulmaz, yem kaybı daha az olur, yem yoğunluğu artar ve buna bağlı olarak taşıma masrafları da daha az olur. Pelet yemin hayvanlar üzerindeki olumlu etkisi, hayvanın birim hacim yemden daha fazla enerji tüketmesi ve böylece yem tüketimi için daha az enerjinin harcanması, üretim sırasında oluşan sıcaklığın etkisi ile patojen mikroorganizmaların sayısının azalması, nişasta ve proteinin daha iyi sindirilebilmesi ve yemin lezzetliliğinin artmasına dayandırılmaktadırlar. Pelet yemin toz yeme göre yukarıda bahsedilen olumlu etkileri

günümüzde açık bir şekilde ortaya konmuş ve bunlar bilimsel gerçekler durumuna gelmiştir. Pelet yem kullanım oranı arttıkça hayvanın yem yeme sıklığında da azalmalar meydana gelmiştir bu yüzden hayvanlar yemlikte daha az zaman harcamış, yem tüketimi için sarf ettiği enerji de tasarruf sağlamıştır (Kutlu ve Kutay, 2020). Buradan tasarruf ettiği enerjinin de büyüme ve gelişme için kullanıldığı belirtilmiştir. Pelet yemler hayvanların sindirim sistemini etkileyebilmektedir. Yemin fiziksel formu ve partikül büyüklüğü sindirim kanalı gelişimi, besin maddelerinin sindirilebilirliği ve büyüme performansı üzerine etki eden önemli faktörlerdendir. Mevcut üretim koşullarında etlik piliçlerin beslenmesinde civciv döneminde granül yem, piliç döneminde ise pelet yem kullanılmaktadır. Granül ve pelet yemin sindirilebilirliğinin karşılaştırıldığı çalışmalarda, pelet yemin çözünbilmesi için taşlıkta daha uzun süre kalması gerektiği tespit edilmiştir. Bunun yanında, pelet yem üretiminde; makine yatırımlarının amortismanı, daha yüksek enerji tüketimi, ekipmanın bakımı ve üretim sürecindeki ham madde kaybı (depolama, öğütme, granülasyon vb. sırasındaki nem kaybı) gibi dezavantajlarından da bahsedilmektedir (Behnke, 1994; Sözcü ve Ak, 2016; Gomez-Nicolau ve Montero, 2021).

Kaba yemler karma yem yapımında kullanılmasa da artık günümüzde kaba yemlerin yalın olarak peletlendiği ve hayvan beslemede kullanıldığı da göz ardı edilmemekle birlikte, pelet yemler, sıkıştırılmış karma yem olarak ifade edilir. Pelet yemler karma yem fabrikasında farklı hayvan türleri için farklı partiküllerde üretilmektedir. Sığırlar için 13\*20 mm, koyun için 5\*8 mm, tavuk için 4\*6 mm, hindi için 5\*8 ve balık için 2\*3 mm boyutlarında üretilmektedir (Özçelik, 2016). Bu boyutlar, çiftlik hayvanlarının ağız anatomileri ile ilgili olmakla birlikte, Tarım ve Orman Bakanlığı'nın ayrıntılı bir şekilde pelet yem standartları ile ilgili yeterli mevzuat çalışması bulunmamaktadır.

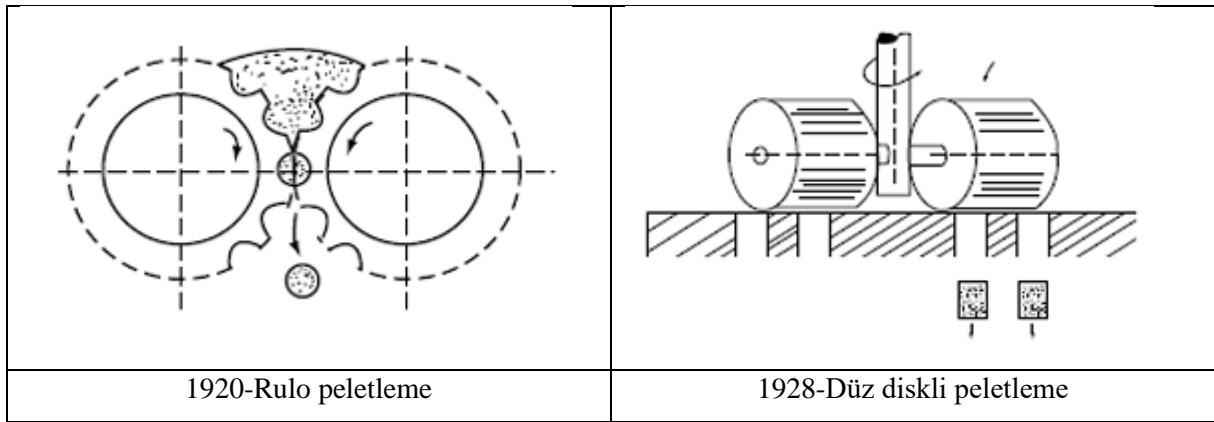
## **2.2. Pelet yemin tarihçesi**

Toz yemin sıkıştırılarak hayvan türüne göre değişik boyutlarda pelet haline getirilerek kullanılması çok eski yıllara dayanmaktadır. Bu bakımdan ilk uygulamalar, Fransa'da 1860'lı yıllarda, 1920'lerde Avrupa ve 1930'ların sonlarında ABD yem endüstrilerine tanıtılmıştır. Bu tarihlerden itibaren peletlemenin önemi istikrarlı bir şekilde artmış olup şu anda tüm ABD yeminin yaklaşık %80'i pelet olarak üretilmektedir ve toplam küresel işlenmiş yem üretimi şu anda yılda bir milyar metrik tonu aşmıştır ve daha da artması beklenmektedir (Rojas ve Stein, 2017).

Modern anlamda preslerin ilki, kalıplama sistemi üzerine kurulmuş olup bu sistemde ters yönde dönen iki rulo esasına dayanmaktadır (Şekil 2.1) ve değişik şekillerde kalıp çıkaran



iki rulo üzerine yemin ittirilmesiyle üçgen, elmas, oval veya düğme şeklinde kalıplanmış pelet yem üretilmiştir (Kutlu, 1996).



**Şekil 2.1.** Peletlemenin tarihçesi (Castaldo, 2014)

Karma yem üretiminde, ilk başlangıç peletleme presleri, ekstrüzyon işlemi üzerine tesis edilmiş olup silindirik pelet ilk defa 1910 yılında üretilmiştir. Bugün “kalıp” olarak nitelendirilen ekipman ilk defa silindirik pelet yapımında kullanılmıştır. Bu kalıp, yatay olarak düz ve sabit konumda yapılmıştır. Bu sistemde yem, delikler içine sürülmekte, taşıyıcının ucunda bulunan ve merkeze bağlı olarak dönen bıçaklar yardımıyla üretilen peletler kesilmektedir. 1990’lı yıllarda yaygın olarak kullanılan ve yuvarlak kalıp üzerinde kurulu ilk pelet presleri 1920 yılında geliştirilmiştir. Bu sistemde yem dışarıdan kalıp deliklerine yönlendirilmektedir. Daha sonra geliştirilen modellerde taşıyıcı rulo sayısı bir, iki ve üçe kadar çıkarılmıştır. Nispeten fazla uzun süreli çalışmayan ve ekstrüzyon işlemine dayalı bir pelet presleri de 1920’de geliştirilmiştir. “Scheuler” presleri olarak adlandırılan bu presler, birbirine ters yönde hareket eden döner başlıklar taşımakta olup yemin kalıptan çıktığı noktada bulunan sabit bıçaklar yardımıyla peletler kesilmektedir. Scheuler preslerinden daha yaygın olan düz kalıp presleri, 1990’lı yıllarda Avrupa’nın bazı karma yem fabrikalarında ve ot kurutma tesislerinde kullanıldığı belirtilmiştir. Düz kalıp preslerinde, dikey aksa bağlı dönen yatay rulolar yemi sabit yatay kalıplara doğru göndermektedir. Diğer taraftan, 1920’de geliştirilen yüzük şeklinde kalıp sistemi değişik modellerle devam etmiş ve karma yem endüstrisinde yaygın halde kullanılmıştır. Kalıp veya rulo kısmı dönebilen ve yemi sürükleyebilen bu sistemin işlemesi, rulo ve rulo ile kalıp arasındaki tabakanın temasına bağlıdır. Elli yıl sonra, 1970’li yılların sonlarına doğru, karma yem endüstrisinde yüksek teknoloji ürünü tek/ikiz ekstrüder sisteme geçilmiştir. Başlangıçta evcil hayvanlara yem üretmek için kullanılan bu sistem, kısa sürede teknolojik olarak geliştirilerek balık yemleri ve diğer çiftlik hayvanlarının yemlerinin

peletlenmesi amacıyla kullanılabilir hale gelmiştir. 1980'lerde ise çift peletlemenin kullanılmaya başlanılmasından sonra, bunun daha ileri aşaması olan ve pelet kalitesi ile besin maddelerinin değerlendirilmesini arttırmayı amaçlayan ön-sıkıştırma tekniği geliştirilmiştir. Yalnız bu sistemin kullanılmasıyla birlikte, ön işleme tabii tutulmamış bazı ham maddelerin peletlenmesinde, güçlüklerin olduğu görülmüştür (Kutlu, 1996).

Türkiye'de karma yem endüstrisinin kurulması 1945'li yıllarda düşünülse de ilk kurulan yem fabrikamız 1955 yılında özel firma tarafından sığır besi yemi üretmek amacıyla İstanbul'da kurulmuştur. Ancak; başarısızlıklar ve talihsizlikler nedeniyle kapanmak zorunda kalmıştır. Daha sonra Yem Sanayi Türk A.Ş. olarak 1958'de Ankara ve Konya'da, 1959'da Erzurum'da, 1960 yılında da İstanbul'da birer yem fabrikasını işletmeye açılmıştır. Ülkemizde, karma yem üretimi 27 milyon 3 bin 998 ton, etlik piliç ve yumurta yemi 9,2 milyon ton, sığır besi ve süt yemi ise 13,13 milyon tona ulaşmıştır. Dünya genelinde karma yem üretiminin ise artık 1 milyar 235 milyon tona ulaştığı belirtilmiştir (Anonim, 2023b).

Pelet yemin hayvan beslemede kullanılması veya yem değeri ile ilgili olarak ortaya atılan görüşler, değişiklikler gösterse de ilk kullanılışından bu yana yetiştiriciler tarafından genellikle tercih edilmiştir ve kullanılması devamlı olarak yükselme göstermeye meyillidir. Ülkemizde de pelet yem üretiminde son yıllarda önemli artışlar sağlanmıştır. Yetiştiriciler, yemlemeyi kolaylaştırmak, yemleme kayıplarını azaltmak ve hayvanlarda performansı arttırmak için ince yemleri pelet haline getirerek hayvanların beslenmesinde kullanmışlardır. Pelet yemin fiziksel açıdan olumlu etkileri ile bu yemi tüketen hayvanlardan daha yüksek verim alınması, pelet yemlerin çiftlik hayvanlarının beslenmelerinde kullanımının yaygınlaşmasında önemli rol oynamıştır (Dozier, 2001; Basmacıoğlu, 2004).

### **2.3. Peletleme işlemi**

Peletlemeye ilişkin kılavuz bilgilerin yer aldığı bölümlere ait detaylı açıklamaların yer aldığı bölümler (6 bölüm 24 konu başlığı) Kansas State Üniversitesi uzmanlarınca <https://www.feedstrategy.com/feed-pelleting-reference-guide> (Erişim Tarihi: 21 Temmuz 2023) sistesinde çok detaylı olarak karma yem sektörü çalışanlarına hitap edecek formatta sunulmuştur. Peletleme işlemi, öğütülmüş küçük yem parçacıkların rutubet, sıcaklık ve basınçla birlikte mekanik bir işlemle uygun bir kalıptan geçirilerek farklı şekillerde sıkıştırılmış mamüllerin üretilmesi şeklinde tarif edilir. Peletlemede amaçlanan, satılabilir pelet üretmek, iyi bir pelet kalitesi sağlamak ve bunu sürdürülebilir kılmak, en düşük enerji sarfiyatı ile en yüksek peletleme etkinliği ile istenilen tonajda pelet üretmektir. Pelet yem üretim safhaları genelde

fabrikadan fabrikaya değişmekle birlikte; pelet yem üretimindeki işlemler sırasıyla, yem hammaddelerinin temin edilerek temizlenmesi, öğütülmesi ve yatay karıştırma ünitesinde birbirine geçmiş iki sarmal helezon ile homojen karışımın sağlanmasıdır. Pelet yemin esas olarak oluşması, öğütme ve matrizen geçiş arasındaki aşamada gerçekleşmektedir. Buhar uygulaması için optimum sıcaklık ve nem oranının ayarlanması ve akabinde önceden bağlayıcı (su buharı, melas, yağ) bir madde ile muamele edilmiş karma yeme matrisler üzerindeki uygun çap ve uzunluktaki deliklerden presle geçişi sağlanır ve matrislerin dış tarafına monte edilmiş bıçaklarla istenilen uzunlukta kesilir. Buhar enjeksiyonunun ardından presleme alanına gelen sıcak öğütülmüş yem maddeleri metal bir matris içerisinden geçirilir ve soğutulmaya bırakılır. Soğutulmuş ve kuru peletler birbirinden ayrılarak paketlenir (Şekil 2.2).



**Şekil 2.2.** Pelet yem tesisi (Anonim, 2023a)

RICHI (2023) teknolojisine göre, pelet üretiminde yer alan başlıca operasyonlar; hammadde hazırlama, birincil kırma, melas karıştırma, ince kırma, pelet yapma (Şekil 2.3) ve paketlenme (isteğe bağlı) şeklindedir:

1. Ham ve yardımcı maddeler önce silo ve tanklara yüklenir ve burada ileri işlemlere hazır hale getirilir. Daha sonra birincil kırıcı tarafından işlenirler. Kırılan malzemeler ayrıca bir elek vasıtasıyla ayrıştırılır ve daha sonra hammadde cinsine göre tasnif silolarında veya tanklarda depolanır.

2. Hammaddeler daha sonra bir yem mikseri ile karıştırılır. Bu süreçte yemin besin değerini yükseltmek için malzemelere yağlı maddeler eklenir. Mikserden elde edilen yem, melas ile harmanlanır.

3. İnce parçacıklar halinde ezilen çeşitli hayvan yemleri, peletler halinde oluşturulur.



**Şekil 2.3.** Pelet yem makinası örneği (RICHI, 2023)

Peletleme işlemine başlamadan önce sistem içerisinde yem olup olmadığından emin olunması gerekmektedir. Böylece bayat yem ile taze yemin birbirleriyle karışmaması sağlanmış olmaktadır. Kalıp etrafında yem kalıntısı veya artığı olmadığından, mıknaatıların, sıcaklık ölçerlerin ve diğer ekipmanların temiz olduğundan da emin olunmalıdır. Rulo ayarları kontrol edilmeli, taşıyıcı ve götürücülerin düzenli çalıştığından emin olunmalıdır. Yemin, besleyici silodan prese geldiğinden emin olunmalı, besleyicinin hızı tedrici olarak arttırılarak kalıba yavaş yavaş girmesi sağlanmalı, kalıptan pelet çıkıp çıkmadığı kontrol edilip buhar vanası açılarak, sıvı katkı eklemesi yapılır ve çıkan peletler kalite bakımından kontrol edilir. Besleyici silodaki yem hammaddesinin bitmesine yakın, peletlemenin bitirilmesine ilişkin hazırlıklar yapılır, buhar hızı azaltılır ve vana kapatılır. Üretim artık sonlandırılacaksa pres kapatılmadan önce kalıplar aşınmaya karşı yağlanmaktadır (Kutlu, 1996).

Peletleme işleminin etkilerine bakıldığında; peletlemenin ham maddelerin bünyesindeki nişastaların ve diğer besin madde sindirilebilirliği üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle karma yemlerin özelliklerini iyileştirerek sindirim son ürünü besin maddelerin emilimini artıran, yemden yararlanmayı ve çiftlikte üretim indeksini geliştiren bir uygulama olduğu bildirilmektedir. Nişastaları ısıya ve neme maruz bırakarak, su emilimi gerçekleşir ve nişasta granülü, sıcaklık uygulamasıyla kristal yapısını kaybeder. Bu işlem, nişasta granülünün jelatinimsi bir kütle oluşturarak patlamasına neden olarak nişastaların jelatinleşmesi meydana gelir. Nişasta jelatinleşirken, besin maddelerin emiliminde bir artışa ve yemdeki olası patojenlerin ve anti-besinsel unsurların azalmasına ve granüle edilmesi zor hammaddelerin

karma yeme dahil olmasına, nemin emilmesine ayrıca yemin yağlanmasına, yumuşamasına ve pişmesine imkân tanınmaktadır (Gomez-Nicolau ve Montero, 2021).

Pelet yem üretim teknolojisini iyileştirerek pelet yemlerin kalitesini iyileştirmek, modern karma yem fabrikaları için ürün kalitesini iyileştirmenin önemli yollarından biri haline gelmiştir. Pelet yemlerin üretim sürecinde ürün kalitesini, yem hammaddelerin peletlemeye uygunluğu, yem formülasyonu ve üretim sürecindeki işlemler, etkilemektedir. Ham maddelerin temini, saflığı, depolama (silolar, torbalar, yağ tankları), kırma (diğer ön işlemler), karıştırma, granülasyon (soğutma), ölçme ve paketlenme işleri başlıca peletleme faaliyetleri içinde yer almaktadır. Peletlerinin üretim süreci, makine ve işleme teknolojisinin entegrasyonuna bağlıdır. Karma yem üretim teknolojisi, ürün kalitesi ve donanım kullanımı ile ilgili olmakla birlikte; hava koşulları ile ham maddelerden etkilenir ve dört mevsimde önemli dalgalanmalar gösterir. Daha uygun bir nem içeriği, daha iyi parçacık kalitesi (jelatinleşme, parçacık sertliği, toz haline getirme oranı, suda çözünürlük vb.), daha az makine yıpranması ve daha az enerji tüketimi ile üretim verimliliğini artırılabilir. Ham maddelerin içindeki yabancı maddeler önceden temizlenmezse, peletlerin kalitesi olumsuz yönde etkilenirken işleme sürecinde ekipmanlar zarar görebilir ve fabrika verimliliği azalabilir. Bunu önlemek için manyetik ayırma ve tarama işlemlerine öncelik verilmektedir. Ekipman ve donanımları korunurken, hammaddelerdeki birikintileri, mikotoksinleri ve patojenleri temizlemeye de olabildiğince özen gösterilir. Kırıcı seçimi de önemli olup çekiçli değirmene göre, valsli değirmen tarafından toz haline getirilen hammadde parçacıklarının homojenliği ve akışkanlığı daha iyidir, dolayısıyla işleme performansını artırır. Bir karıştırma makinesi seçerken, çeşitli performans parametrelerinin iyi olup olmadığını anlamak önemlidir. En iyi karıştırma homojenliği için minimum karıştırma süresi, en düşük işlem maliyetini sağlar. En iyi karışım homojenliği için etkili süre, ham madde bileşenleri ve besleme sırası ile sınırlandırılarak, ham maddelerin tamamen karışması ve homojen olması sağlanır. Peletlerin kalitesi, aynı zamanda, pelet makineleri ve ek donanımların etkisi ile de ilgilidir. Matris seçimi yanlış olursa, peletleme kalitesi ve üretim hızı etkilenir. Bu nedenle, peletleme kalitesini sağlamak için belirli özelliklere sahip matris seçmek gereklidir. Ayrıca, peletlerinin kalitesini sağlamak için uygun matris hızı da çok önemlidir. Çok hızlıysa, peletler son derece yüksek santrifüj kuvvetiyle matrisi terk edip tozlanmaya neden olarak granül üretim verimliliğinde bir azalmaya neden olmaktadır (ABCMACH, 2023).

Karma yemlerin peletlenmesinde farklı pelet bağlayıcılar kullanılır. Pelet bağlayıcılar, peletlerinin stabilitesini, dayanıklılığını ve kalitesini iyileştiren doğal veya sentetik

bileşiklerdir. Bu yardımcı maddeler, homojenizasyonun düşük olmasına neden olan mikro bileşenlerin çökmesine ve yem kayıplarına neden olan ince toz hammaddelerin ayrışmasına engel olmaktadır. Pelet bağlayıcı olarak, sodyum veya kalsiyum bentonit, kollajen protein türevleri, şeker melası, şeker kamışı melası, tahıl nişastaları, zamklar, kalsiyum lignosülfonatlar, selüloz sakızları, hemiselüloz ekstraktı, amonyum, kalsiyum, magnezyum veya sodyum tuzlarının birinden veya kombinasyonundan oluşan lignin sülfonatlar ve sülfid likörü ekstraktı en çok kullanılanlardır (Gürbüz ve ark., 2017).

Peletleme etkinliği, preslerin enerji sarfiyatı ile üretimi yapılan en iyi fiziksel kaliteye sahip ürün miktarının optimum olarak ulaşıldığı noktadır. Diğer bir deyişle, en düşük enerji harcaması ile en yüksek miktarda ürün eldesi, anlamına gelmemektedir. Peletleme etkinliği, enerji sarfiyatı ve üretilen ürün miktarı kombinasyonunun en ekonomik olduğu noktada, pelet kalitesinin korunması ve sürdürülebilirliğidir. Pelet etkinliği, bir ton iyi kaliteli pelet yem üretimi için gereken enerji miktarı (kW saat/ton) olarak da ifade edilmektedir (Kutlu, 1996).

#### **2.4. Pelet optimizasyonu**

Mammeri (2023)'ye göre; peletlenmiş yem üretimi karmaşık ve pahalı bir faaliyettir. Bu nedenle, üretim karlılığını korumak için üretim sürecini optimize etmek önemlidir ve üretim zinciri boyunca ilgili tüm verilerin toplanmasını gerekli kılar. Peletleme sürecini etkileyen parametreleri anlamak da önemlidir. Değerlendirmede üç temel faktörün ele alınması gerekir: pelet kalitesi, üretim etkinliği ve enerji tüketimi. Bunu yapmak için, her bir üretim hattı için özelleştirilmiş uygun bir programın olması gerekir. Peletleme işlemi, sağladığı fiziksel ve besinsel faydalar nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Kapsamlı besleme denemelerine dayalı olarak hayvan performansında gözlemlenen gelişmeler, daha az israf (yem kaybı) oluşturan peletlenmiş yemlere, daha düşük seçici beslemeye, daha az içerik ayrışmasına, daha az zaman ve enerji harcama, lezzetlilik, patojenik organizmaların yok edilmesine ve nişastanın termal modifikasyonuna atfedilmiştir.

Araştırmalar, öncelikle toz yem yerine pelet yemle beslemenin faydalarına odaklanmıştır. Bu durum, pelet kalitesinin önemini arttırmıştır. Örneğin, kanatlı karma yem endüstrisinde peletleme, en yaygın kullanılan termal işleme yöntemi haline gelmiştir. Bu şekilde üretilen pelet yemlerin, piliçlere verildiğinde yem alımını, yemden yararlanmayı iyileştirdiği ve canlı ağırlık kazancını arttırdığı gösterilmiştir. Homojen olarak üretilen pelet yemler, hayvanlar tarafından yapılan yem ayrımını büyük ölçüde azaltır. Pelet yem ile beslemede daha az yem israf edilir. Peletleme, ısı, nem ve basıncın neden olduğu kimyasal

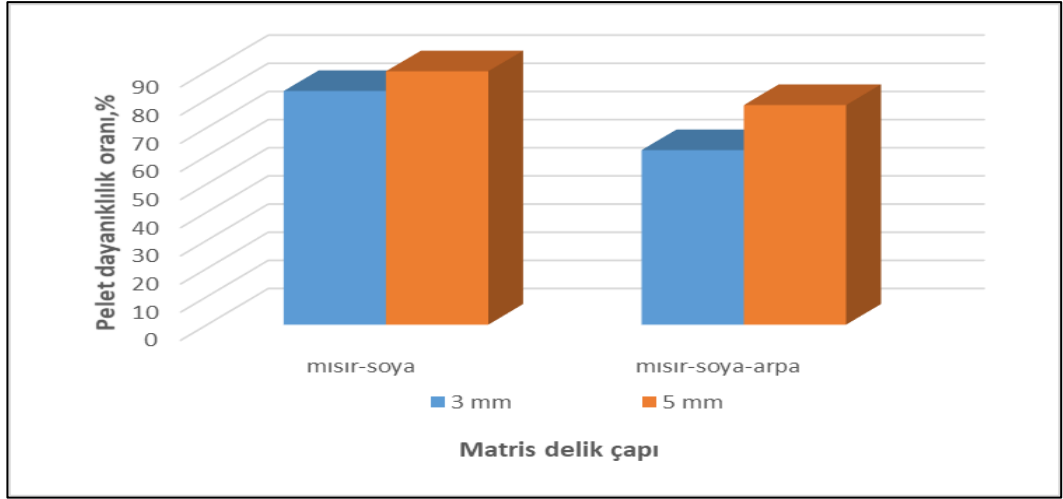
değişiklikler yoluyla enerji değeri de biraz iyileşir. Bu iyileşme yanında tavukların peletleri yemek için daha az enerji harcamaları ve yaşama payı enerji gereksinimlerinin azalmaktadır. Daha ileri analizler, peletlemenin piliç performansı üzerindeki olumlu etkisinin, en azından kısmen, iyileştirilmiş besin sindirilebilirliğine, artan yem tüketimine ve artan dinlenme süresine bağlı olduğunu ve bunun da kanatlıların beslenme davranışları esnasında daha düşük seviyede enerji harcamasına neden olduğu belirtilmiştir. Ancak daha iyi performans, tavuklara verilen peletlerin tüketilene kadar bütünlüklerini korumaları halinde sağlanabileceği genel kabul gören bir gerçektir. Bu durum, diğer çiftlik hayvanları için de geçerlidir. Bu yüzden; pelet kalitesi, peletin parçalanma ve aşınma sırasında parçalanmadan dayanma kabiliyetine göre tanımlanır ve peletin yüksek oranda ince taneler veya parçalar oluşturmadan, diğer bir deyişle tozlanmadan, toz haline gelmeden, ufalanmadan, hayvanların yemliklerine ulaşması hedeflenmektedir (Muramatsu ve ark., 2015; Yasothai, 2018; Kiarie ve Mills, 2019).

Pelet dayanıklılık indeksi (PDI), teste tabi tutulan peletlerden mekanik kuvvetlere maruz kaldıktan sonra bozulmadan kalan peletlerin yüzdesini gösteren, pelet kalitesini belirlemek için kullanılan temel parametrelerden biridir. Peletler, depolama, nakliye ve karma yem fabrikasından çiftliklere sevkiyat sırasında sürtünme, darbe ve basınca maruz kalır. Düşük kaliteli peletler bu tür basınçlar altında parçalanır, bu da yemde daha az tam pelet ve daha yüksek ince tane yüzdesi oluşmasına neden olur. Bu tür durumlarda, hayvan performansı üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabilir. %100 pelet yemi ile beslenen tavukların en yüksek ağırlık artışı ve yemden yararlanma gözlenirken, en kötü sonuçların %100 ince yemle beslenen tavuklarda olduğu belirlenmiştir. Bu arada, yağsız ve az yağlı yemlerin mümkün olan en yüksek tavlama sıcaklığının kullanılmasının pelet dayanıklılığını iyileştirdiğini ve pelet presi enerji tüketimini azalttığı tespit edilmiştir. Ek olarak, artan buhar uygulamasının peletlemede mekanik sürtünmede ve elektrik enerjisi tüketiminde azalmaya ve pelet dayanıklılığında iyileşmeye yol açtığı bulunmuştur. Aslında, peletlemenin birincil amacı, minimum üretim maliyeti ile daha lezzetli ve daha yüksek kaliteli bir ürün üretmektir. Öğütme, karıştırma, tavlama, peletleme teknikleri ve soğutma, pelet kalitesinde daha fazla iyileştirme sağlamak için üzerinde çalışılan alanlardır. Bu iyileştirmelerin içinde ayrıca peletlerin teknik kalitesini ve dolayısıyla peletleme işleminin karlılığını etkileyen pelet pres ayarlarının yapılması da bulunmaktadır. Peletin kalitesi sadece ticari nedenlerle değil, aynı zamanda iyi bir hayvancılık performansının temeli olan üretim indeksi üzerindeki etkisi açısından da önemlidir. Buradaki kalite, birkaç faktörün bir kombinasyonudur, bunlar dayanıklılık, sertlik ve görünüm, renk, yüzey dokusu, boyutun

tekdüzeliği, ince tanelerin yüzdesi ve lezzeti içermektedir. Bu faktörlerden bazıları objektiftir (somut, kantitatif, ölçülebilir) ve bazıları ise subjektiftir (kalitatif, soyut) ancak mümkün mertebe hepsi birlikte dikkate alınmalıdır: Bunlardan, dayanıklılık, değerlendirilmesi gereken en önemli faktördür ve pelet yemin ufalanmadan hayvanın önüne ulaşması esastır. Pelet boyutunun (uzunluk ve çap) değişkenliği, yalnızca yemin görünümünü değil, aynı zamanda dayanıklılığı veya tüketimini de etkiler. Sertlik, peletin kırılmadan dayanabileceği ağırlığı (kg cinsinden) ifade eder. Depolama ve çiftliğe ulaşana kadar yeterli sertlikte olmalıdır. Sertlik ve dayanıklılık her zaman ilişkili de olmamaktadır (Muramatsu ve ark., 2015; Yasothai, 2018).

Pelet kalitesini etkileyen faktörler, hammaddeler, parçacık boyutu, tavlama, granülatör matrisi, soğutma ve kurutma, ekipmanın durumu, vb. şeklinde sıralanmıştır. Pelet kalitesini belirleyen en önemli faktörlerden biri, karma yemin pişmesini sağlayan parametre, nişastaların iyi bir şekilde jelatinleşmesini garanti etmek için yeterli olması gereken tavlama sürecindeki nem seviyesidir. Nişastanın kaynağına bağlı olarak, jelatinleşmeyi sağlamak için gereken hedef sıcaklıklar farklı olacağından, kullanılan tahıllar (mısıra karşı buğday) ve bunların yem formülasyonundaki yüzdesi, kaliteyi etkilemektedir. Parçacık boyutu, kaliteyi etkileyen diğer bir faktördür. Genel bir kural olarak, partikül ne kadar ince öğütülürse, partiküller şartlandırma işlemine daha fazla maruz kaldığı ve elde edilen pelet daha fazla sıkıştırıldığı için elde edilen peletin kalitesi o kadar yüksek olmaktadır. Üretim ekipmanının durumu da pelet kalitesini belirler. Genelde karma yem fabrikasının ünitelerinin birbirleriyle harmonisi yeterince dikkate alınmamaktadır. Çekiçlerin, kalıpların ve silindirlerin aşınması ve yıpranması veya bıçakların veya buhar enjeksiyon valflerinin yanlış konumlandırılması veya yönlendirilmesi, peletin kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Tavlama, 80-85°C'den daha yüksek bir sıcaklık, nişastanın jelatinleşmesi için en uygun olanıdır. Kalıp deliği çapı da PDI'ini etkilemektedir (Miladinovic ve Svihus, 2005, Şekil 2.4).





**Şekil 2.4.** Rasyonu oluşturan yem hammaddelerine ve matris delik çaplarına göre pellet dayanıklılıkları (Miladinovic ve Svihus, 2005)

Kısa süreli tavlama (şartlandırmada) kullanılan yatay tank tipi tavlayıcılar tek ya da çift yönlü olarak çalışmaktadır. Her bir tank içinde bulunan ve belirli hızda dönen kürekler yardımıyla melas veya diğer yem katkılarının yemle karışması sağlanır. Karıştırma süresi 40-60 saniye arasında değişir. Bu sistem, kürek açıları tarafından kontrol edilir. Bu nedenle, küreklerin belirli sıklıkta, aşınmaya karşı kontrol edilmesi gerekir. Eniyi karışım, tavlayıcının tam dolu olmasının sağlandığı koşullarda elde edilmektedir. Karıştırma esnasında, kürek ayarları ve buhar ilavesiyle birlikte, sıvı katkıları yemlerin içine iyice sinecek şekilde karıştırılır. Yemlerin bu şekilde yeterli düzeyde karıştırılması yemlerin yapısını iyileştirerek iyi kaliteli pellet üretimine olanak sağlar. İyi bir karıştırma ve öğütme ile kalıp deliklerinde oluşabilecek olası tıkanmaların önüne geçilebilir. Küreklerin sahip olduğu açı, dakikadaki dönüş hızına göre ayarlanmış olup çalışma sırasında tavlayıcı içindeki yemin miktarını belirler. Tavlayıcı içine uygulanacak buhar ya tek başına ya da melasla birlikte verilmektedir. Genellikle melasla birlikte buhar verilmesi tercih ediliyorsa, tavlayıcıya girmeden önce buharın 4 bar basınç ile melas borusu içine verilmesi gerekir. Bu basınçla buhar uygulamasının yapılması, melasın sıcaklığını yükselterek melasın yem içine daha iyi nüfuzunu sağlamaktadır. Çalışma sırasında buharın tavlayıcıya giriş kısmının temiz olmasına ve burada yem birikiminin olmamasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Diğer taraftan, tavlayıcının içindeki milin, bu mile bağlı küreklerin ve yem giriş ve çıkış bölümlerinin sık sık kontrol edilmesi, temizlenmesi ve buralarda yem birikiminin olmamasına dikkat edilmelidir. Çünkü tavlayıcı içerisinde oluşacak yem artığı birikimi tavlama etkinliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Temizleme işlemi öncesi tavlayıcıya bir miktar buhar verilmesi, yem kalıntılarını yumuşatacağından temizliği

kolaylaştırır. Ayrıca, tavlayıcının üzerindeki besleyicinin giriş ve çıkışının da kontrol edilmesi gerekir. Çünkü tavlayıcıdan yükselen buhar besleyicinin bu kısımlarında yem birikimlerine neden olabilir. Tank tipi tavlayıcılar, çıkış kısımlarına monte edilen yem sıcaklığını ölçen termometreye sahiptirler. Dikey kazan tipi tavlayıcılar yatay tip tavlayıcılar ile aynı fonksiyona sahiptir. Bu tip tavlayıcılarda yemin geçiş süresi tavlayıcının büyüklüğüne ve pres gücüne bağlı olarak 5-10 dakika dolayındadır. Tavlayıcı içine buhar enjeksiyonu tabandan ve yanlarda bulunan kollardan yapılır. Tavlayıcıya yem üst arka kısımdan girer. Bu tip tavlayıcılarda yem düzeyinin üst buhar girişi ve karıştırıcı kollarının hizasından daha aşağıya düşmesine izin verilmemelidir. Buna dikkat edilmezse tavlayıcının etkinliği düşeceği gibi üst kısmında paslı atmosfer oluşumu da görülür. Bazı dikey tavlayıcılar tam dolu çalıştırıldığından bu tür problemler önlenir. İç yüzeyin kaplanmasıyla paslanma olayı önlenemez. Ancak bu işlem hava geçirgen olarak yapılmalıdır. Dikey tavlayıcıların içi tozlu olabilir. Bu nedenle toz ve hijyen önlemleri için tozu aspire edecek sistemler kullanılır. Melas, yağ ve diğer sıvı katkıları aynı kazandan eklenir. Kazanın içi ve alttaki karıştırıcı kolları kontrol edilmeli, özellikle temiz tutulmalı ve verilen buhar tamamen amaca yönelik uygulanmalıdır. Kötü şekilde aşınmış kollar, kalıplara iyi tavlama yapmamış yem akışına neden olarak pres kapasitesini ve pelet kalitesini düşürür. Kazan, ayrıca etrafında sıcaklık çemberi oluşturan katmana da sahiptir. Bu şekilde katmandan alınan sıcaklık özellikle üreli yemlerin peletlenmesinde büyük fayda sağlamaktadır. Uzun süreli tavlama, genellikle iki yatay tank tipi tavlayıcı kullanılmaktadır. Bunlardan biri, yemi genellikle olgunlaştırıcı olarak adlandırılan depo bölümüne aktarırken, ikincisi ise yemi olgunlaştırıcıdan alarak preslere doğru taşır. Olgunlaştırıcılar, kazan şeklinde farklı büyüklüklere sahip olup yemi tutuş süresi 20-30 dakika arasında değişmektedir. Olgunlaştırıcıda, buhar veya diğer bir ısıtıcı sistem kullanılmamakta ve sıvı katkı eklemesi yapılmamaktadır. Öğütülmüş yeme sıvı katkısı ekleme işlemi, üstteki tank tavlayıcıda yapılmaktadır. Ancak, bu sistem pastörizasyon yapan tavlayıcılar için geçerli olmayıp bu sistemde sürekli ısı alışverişi sağlanmaktadır. Uzun süreli tavlama işlemi daha fazla sıvı madde eklenmesine imkân tanır. Olgunlaştırıcıda bekleme süresi son derece önemli olup bazı olgunlaştırıcılara yayma-dağıtma işlemini kolaylaştırmak için karıştırıcı kollar monte edilmiştir. Olgunlaştırıcıya giren yemin çok nemli olması durumunda kalıp delikleri tıkanabilmektedir. Gerçekte üstten buhar eklemesi genellikle sınırlı olup bu altta optimize edilir. Olgunlaştırıcının tamamen çok ıslak yemle doldurulması önemli boşaltma problemlerine yol açmaktadır. Alttaki taşıyıcıya 4 bar basınçta buhar verilmesi önemle tavsiye edilir. Böylece

yüzey nemiyle yem kalıplardan daha kolay geçecek bir özellik kazanır ve motorların elektrik sarfiyatı azalır. Tavlanmış yem üstteki prese girer ve burada ince kalıplardan geçirilerek ön sıkıştırmaya tabi tutulur. Ön peletlemeye tabi tutulan yem, alt prese geçer. Bu pres, istenilen son ürün özelliklerini sağlayacak kalıba sahiptir. Bununla beraber, bazı yemler çift peletlemeye ihtiyaç göstermezler ve sadece alt presten geçirilir. Çift peletlemede son çıkan ürün, istenilenden kısa ise üstteki presin kalıp özelliğinin uygun olmadığı anlaşılır. Çift peletlemede etkili bir üretim için en uygun kalıbın kullanılması gerekir. Bunun için peletleme presinin fiziksel özellikleri ve hazırlanacak yem dikkate alınarak en uygun kalıp seçimi için uygun siparişler verilmeli ve montaj yapılmalıdır. Kontrol edilebilir dairesel boşluk içinde sıkıştırılan yem, yüksek yem sıcaklığı için yüksek basınçlı çembere sokulmadan önce yatay tank tipi tavlayıcı kullanılmak suretiyle tavllanır ve karma yem preslenir. Değişik tipte ekspanderler, yemleri kırpmak için tasarlanmış olup yem maddelerinin hücre duvarlarını kesmek suretiyle artan sıcaklıkta nişastanın jelatinazyonunu sağlamaktadır. Genelde, uzun süreli üretimlerde ekspander tercih edilmektedir. Peletleme presi ya elle ya da elektronik olarak, pelet kalitesi ve üretim optimizasyonu üzerine bilgili ve teknik donanıma sahip kişilerce kontrol edilir. Zira ihtiyaç duyulması durumunda üretimden sorumlu kişi, sistemi manual olarak çalıştırmasını bilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Kutlu, 1996).

Nem içeriği ve şartlandırıcıdaki tutma süresi ile birlikte buhar kalitesini yönetmek, başarılı granülasyon işlemi için kritik öneme sahiptir. Buhar, tahıl tanelerindeki uçucu yağları çıkarır ve matris boyunca yemdeki yağlar, makinelerin sürtünmesini ve aşınmasını azaltır ve peletleyici üretim oranlarını (ton/saat) artırır (Serra, 2017).

Pelet kalitesi, yem ham maddelerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri, protein ve nişasta içeren ham maddelerle yem formülasyon ayarlamaları, peletleme öncesi veya sonrası yağ uygulaması, tavlama sıcaklığını veya uygulama süresini artırma, su ekleme veya genişletme işlemleri, su buharı uygulaması, tavlama, matris özellikleri ve soğutma gibi işlemlerden etkilenmektedir. Proteinin, nisastaya göre, pelet kalitesi üzerinde daha belirleyici etkiye sahip olduğu belirtilmektedir. Pelet kalitesinin ölçümünde birden fazla parametreden yararlanır. Bunların bazıları doğrudan ölçülebilir (dayanıklılık, sertlik, uzunluk, tozluluk düzeyi) bazıları ise duyuşsal olarak (renk, dış yüzey görünümü, lezzet) değerlendirilir. Pelet uzunluğunun, çapının 2 katı uzunlukta olması istenir, bu uzunluktan daha kısa peletlerin üretilmesi dayanıklılığı olumsuz yönde etkiler. Partikül büyüklüğünün küçük olması durumunda, artan yüzey genişliği peletlemede kullanılan su buharı, daha geniş yüzeye nüfuz eder. Gereğinden

küçük boyutlarda öğütülmüş yemlerden elde edilen peletlerin daha sert olmaktadır ve preslerde artan sürtünmeye bağlı olarak sarf edilen enerji miktarı artar (Wood, 1987; Briggs ve ark., 1999; Basmacıoğlu, 2004; Loar ve Corzo, 2011; Lundblad ve ark., 2011).

Pelet üretiminde yağın düzeyi kadar ilavenin nerede ve nasıl yapıldığı da önemlidir. Peletleme öncesi yeme yağ ilavesi pelet kalitesinin düşmesine neden olduğundan peletleme sonrasında yağ ilavesi önerilir. Genelde yağın yeme soğutuculardan sonra, yükleme anında püskürtme veya kaplama şeklinde uygulanması tercih edilmektedir. Böylece pelet yemin yağı absorbe edebilmesi için gerekli süre de sağlanmış olur. Ayrıca bu yöntem enzim ve ısıya duyarlı mikro düzeydeki diğer katkıların ilavesine imkân tanımaktadır. Matrislerde % 2-3'den fazla yağ ilavesi yapılamazken bu şekildeki bir uygulama ile yağ düzeyi % 6-8'e kadar çıkartılabilir. Hammaddelerdeki yağın preslemede ve matris kanalındaki sürtünme üzerinde olumsuz bir etkisi olmamasına rağmen, karma yeme dışarıdan ilave edilen yağın pelet kalitesini kötüleştirdiği bilinmektedir. Nitekim mısır-soya küspesi esaslı karmalara karıştırıcıda % 2'den fazla yağ ilave edildiğinde pelet dayanıklılığının düştüğü ve aşırı bir ufalanmanın olduğu görülmüştür. Bu durumun, yağ ilavesi ile matrislerdeki sürtünmenin azalması ve karma yemin matris deliklerinden yeterince sıkıştırılmadan çıkmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Yağ içeriği yüksek mısır ve ekspeller soya küspesi kullanımı ile yeme dışarıdan ilave edilen yağ düzeyi azaltılmaktadır. Peletlenecek toz yemin mineral madde içeriği de matris kanallarındaki sürtünmeyi arttırabilmektedir (Richardson ve Day, 1976; Ergül, 1994; Briggs ve ark., 1999).

Aşağıdaki Tablo 2.1'de, farklı yem hammaddelerin jelatinleşme sıcaklıkları verilmiştir. Burada, jelatinleşmede yem hammaddelerinin nişasta içerikleri yanında, tavlama gerçeğeşen sıcaklığın da önemli olduğu görülmektedir.

**Tablo 2.1.**Farklı yem ham maddelerin jelatinleşme sıcaklıkları (Kenny ve Rollins, 2007)

Nişasta kaynakları	Jelatinleşme sıcaklığı °C
Arpa	51-60
Buğday	58-64
Çavdar	57-70
Yulaf	53-59
Mısır	62-72
Sorgum	68-78
Pirinç	68-78

Skoch ve ark. (1983) tarafından, jelatinleşmenin göstergesi olan serbest maltoz miktarını nasıl değiştiğini gösteren Tablo 2.2 aşağıda verilmiştir.

**Tablo 2.2.** Şartlandırmanın peletme işlemi üzerine etkileri (Skoch ve ark., 1983)

Muamele	Buharsız şartlanma	Buharlı şartlanma	Unlu kısmın extrude edilip buharlı şartlanma uygulanması
Şartlanma sıcaklığı, °C	30	80	77
Pelet üretim oranı, %	678	1524	2016
Enerji tüketimi kwh/t	38	13	9
Pelet dayanıklılığı, %	80.4	96.0	97.4
Serbest kalan maltoz* (nişasta hasarı, jelatinleşmenin potansiyel göstergesi), mg/g	73.6	49.1	239.6

\*Maltoz, bazal yemde bu değer 39,7 mg/g olarak bahsi geçmiştir.

Karma yemin nem içeriği, pelet kalitesini ve üretim randımanını büyük ölçüde etkilemektedir. Karma yemdeki nem, yem hammaddelerin doğal yapısında bağlı halde bulunan su ile tavlamadaki su/su buharı ilavesi ile sağlanan nemdir. Yapılan çalışmalarda peletleme öncesi toz yemin nem içeriği ile pelet dayanıklılığı arasında yüksek bir korrelasyon olduğu saptanmıştır. Buhar uygulamasının pelet dayanıklılığını, üretim randımanını, ufalanma oranını ve enerji kullanımını azalttığı ortaya konulmuştur. Uygulanan buhar, yemin kayganlığını artırarak sürtünmeyi azalttığı ve bazı hammaddelerin doğal olarak içermiş olduğu bağlayıcı maddelerin açığa çıkmasına neden olduğu bildirilmiştir. Nitekim mısır soya küspesi esasına dayalı karma yemlerde mısırın nişasta yapısı bozularak ve kimyasal bağları zayıflamakta ve bunun sonucunda amiloz ve amilopektin molekülleri serbest kalmaktadır. Bu olay nişasta jelatinizasyonu şeklinde tanımlanmakta ve doğal bir bağlayıcı işlem olarak pelet kalitesini olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir (Greer ve Fairchild, 1999; Dozier, 2001; Basmacıoğlu, 2004).

Froetschner (2006)'e göre; şartlandırma adımını takiben, nemli, sıcak yem karışım sıkıştırılmış pelet halinde aglomere olur. Aglomerasyon basamağı şartlandırılan yem karışımının halka tipi veya düz diske zorla gönderilerek tamamlanır. Diskten çıkma işlemi takiben, sıcak pelet haline getirilmiş yem, kuvvetli hava ile soğutulur ve kurutulur. Buharlı şartlandırmanın karma yemin diskten geçmesini kolaylatırdığı ve doğru şartlandırmanın iyi ve kaliteli pelet oluşturmada rol oynadığı bildirilmiştir. Şartlandırmanın karma yemi jelatinleştirmede, bunun aksine diskin yem karışımını sıkıştırdığı, yem karışımı parçaları ve ekstra nem arasındaki moleküllerin etkileşimini arttığını ortaya konulmuştur. Şartlandırma işlemindeki yetersiz yağlanma sonucu peletlerde, aşırı sürtünme ve diskten ısı transferi sonucu nişastanın hasar gördüğü, buharlı peletlemede nişastanın daha fazla hasar gördüğü halde, sadece yüzeye yayılmış granüllerin etkilendiği, bu anlamda içteki partiküller disk içinde değişmeden geçerler. Böylece, peletin dışının oldukça sert olmasına rağmen, içinin oldukça

unsu yapıda ve gevrek olduğu bildirilmiştir. Otomatik rulo ayarlama cihazı, elle rulo ayarlaması sonucu ortaya çıkabilecek aşırı disk aşınmasını engellemeye yardımcı araçlardır. Buna ilave olarak, otomatik rulo ayarlaması, rulo aralıklarında ve iki rulo arasında daha kesin kontrole olanak sağlar. Zira rulo aralığının artmasıyla enerji tüketimi de artar (Tablo 2.3). Rulo ve disk arasındaki aralık artarken, pelet presi şartlandırılmış yemin disk deliklerinden geçmesi için daha fazla enerji harcamak zorunda kalacaktır. Bu anlamda yem üzerinde daha fazla bir sıkıştırma olur ki bu da dayanıklılıkta az bir artışa yol açar, ancak pelet presi daha fazla enerji harcar. Rulo/disk açığının daha büyük olması diskten yeme ısı transferinin daha fazla olmasına yol açar, daha ılık peletlerle, soğutulmuş pelete olan nem göçü artar.

**Tablo 2.3.**Rulo aralığının pelet üretim özelliklerine etkileri (Thomas ve ark., 1997)

Rulo aralığı, mm	Enerji tüketimi(Kwh/t)	Pelet sıcaklığı, °C	Pelet dayanıklılığı, %
-	10	75	96,5
0,99	11	80	97,5
2,00	16	85	97,7
2,99	20	90	97,5
3,98	26	95	97,2

Disk hızı arttıkça üretim oranı artar ve enerji tüketimi azalır (Tablo 2.4). Bununla beraber artan disk hızı, pelet kalitesini kısmen düşürür. Behnke (1994), daha yüksek disk hızı, disk delikleri içinde baskının azalmasına ve bitmiş peletde daha fazla müteakip yem tabakalarının oluşumuna neden olacağını belirtmiştir. Bunun tersi olarak daha yavaş disk hızı, disk delikleri için baskının artmasına ve bitmiş pelet içinde daha az müteakip yem tabakalarının oluşumuna yol açabileceği, düşük disk hızının, küp şeklindeki ürünler için, yüksek disk hızının ise daha küçük çaptaki peletler için uygun olduğu bildirilmiştir.

**Tablo 2.4.** Disk hızının %72.4 oranında mısır içeren karma yemden pelet üretim özelliklerine etkileri (Thomas ve ark., 1997)

Disk hızı (ft/dakika)	Üretim oranı, kg/h	Enerji tüketimi, Kwh/t	Pelet dayanıklılığı, %
144	1,261	17,4	91,0
169	1,656	13,4	89,9
193	1,457	15,2	89,6
211	1,580	14,2	89,4
235	1,667	12,8	89,7
259	1,463	15,1	89,8

Peletlenecek olan toz yemin buharlama ünitesinde kalış süresi kaliteyi etkilemekte olup tavlayıcılarda kalış süresinin artışına bağlı olarak pelet kalitesinde daha belirgin bir iyileşme görülmektedir. Bu iyileşme, önemli düzeyde buharın kalitesine bağlıdır. Buhar kalitesi, serbest su ve buharlaşmış su toplamının buharlaşmış su miktarına bölümü ile ifade edilir. Kullanılan

buharın tamamen buharlaşmış halde su içermesi doymuş buhar özelliğinde; buharlaşmış suyun % 100'den az olması ise yaş buhar olma özelliğinde olduğunu ifade eder. Buharlaşmış haldeki suyun gittikçe azalması pelet kalitesini olumsuz yönde etkiler. Düşük kaliteli buhar, sıcaklığı 6-11 °C düşürmekte olup ideal pelet kalitesi için 88 °C'lik sıcaklığın temininde buhar kalitesinin en az % 97 olması gerekir. Ayrıca, % 70 ve 80'lik buhar kalitesinin pelet dayanıklılığını optimize edebileceği bildirilmektedir (Briggs ve ark., 1999; Fairfield, 2003).

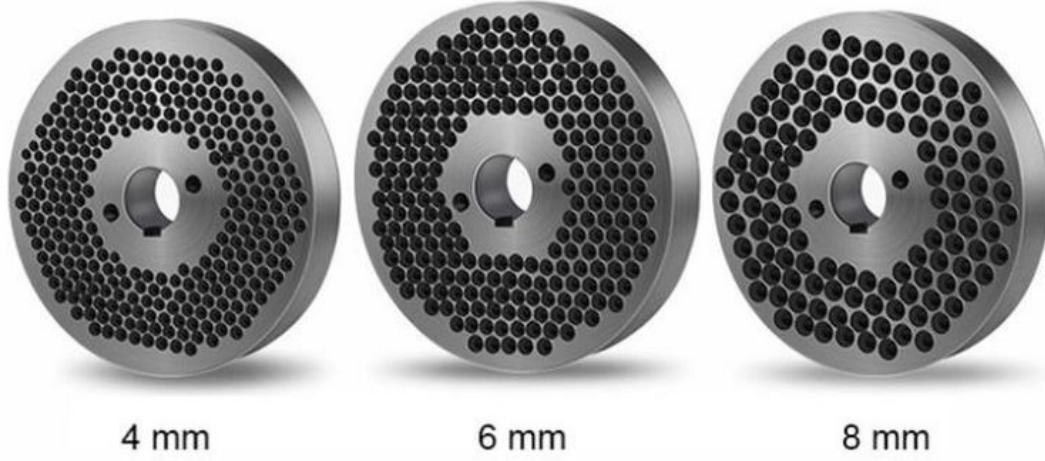
Stevens (1987) mısırdan oluşan karışımın kuru buhar uygulamasında %58, yaş buhar uygulamasında ise %26 oranında jelatinleşmenin gerçekleştiğini saptamıştır. Araştırmacı, buhar uygulaması ile yemin nem içeriği ile birlikte sıcaklığın arttığı, ancak yemin nem içeriğinde % 6'dan fazla artışın meydana gelmediğini, yemin nem içeriğindeki her birim artış sıcaklığın yaklaşık 13 °C artmasına neden olduğunu bildirmiştir. Bu artışın düzeyi, buhar kalitesi ve yem hammaddelerinin adhezyon (moleküllerin birbirini çekme kuvveti) yeteneği ile ilişkili olduğu bu çalışmada belirtilmiştir.

Winowski (1988), tavlama esnasında sıcaklığın 83 °C'den 89 °C'e artırılmasının pelet yemde ufalanmayı yaklaşık % 19 oranında azalttığını saptamıştır. Araştırmacı, yüksek nişasta içeren (% 50-80) yemlere peletleme sırasında istenen 80-88 °C sıcaklığın oluşabilmesi için daha fazla miktarda buhar uygulanması gerektiğini bildirmiştir.

Çok düşük basınçlı (138 kPa=1.38 bar) buhar kullanımında borularda yoğunlaşma meydana geldiğinden yemin nem içeriği artmaktadır. Artan nem içeriğiyle birlikte yemin akışkanlığının azalması sonucu matrislerde tıkanmalar meydana gelir. Yüksek buhar basıncında ise (552 kPa=5.52 bar) aşırı bir enerji sarfıyatı olabilmektedir (Briggs ve ark., 1999).

Sıcaklığın 120 °C'ye kadar çıktığı ekspander tekniğinde nişasta, daha yüksek düzeyde jelatinize olur ve daha dayanıklı peletler elde edilir. Böylece peletleme işlemi daha kolay gerçekleşir ve peletleme etkinliği önemli düzeyde arttığı belirtilmiştir (Smith ve ark., 1995).

Matris, pelet yeme formunu veren kalıptır. Preslemede verimliliği, enerji kullanımını ve pelet kalitesini etkileyen etkenler içerisinde en büyük payı alır. Yemin özelliğine uygun matris delik çapı ve kalınlığını (delik uzunluğu) belirlenmelidir. Matristeki delik sayısının artışı matris verimini, yemin matris deliğindeki kalış süresini ve matrisin kullanım süresini artırır, enerji kullanımını azaltır. Matrisler genellikle metal alaşımı, krom ve paslanmaz çelikten yapılmaktadır (Basmacıoğlu, 2004, Şekil 2.5).



**Şekil 2.5.** Matris delik ve çapları (Anonim, 2023d)

Protein içeriği düşük ve ısıya karşı duyarlı şeker, süt tozu ve peynir suyu içeren karma yemlerin peletlenmesinde yaklaşık 60 °C’de karamelizasyon söz konusudur (Tablo 2.5). Isıya karşı duyarlı yem hammaddelerini içeren karma yemlerin peletlenmesi sırasında matrislerdeki sürtünmeye bağlı olarak oluşan ısınmayı azaltmak için matrislerde L/d’nin daha düşük olması gerekir. Üre ve mineral madde içerikli büyükbaş yemlerinde ise daha düşük L/d oranına, hiç veya çok düşük düzeyde buhar ilave edilebilir. Matris ile merdane arasındaki mesafe pelet dayanıklılığını etkilemektedir. Mesafe arttıkça pelet dayanıklılığı artar ancak pres kapasitesi düşer ve pelet uzunluğu farklılaşır. Yemin matris deliğinde kalış süresi pelet kalitesi üzerinde etkilidir. Matris hızı ve buna dayalı olarak yemin matris deliğinde kalış süresi ayarlanabilir. Kalış süresinin artışı yemdeki nem ve sıcaklık absorpsiyonunu iyileştirir. Mil hızı azaltılarak ve merdane matris arası açığı ayarlanarak kalış süresi artırılabilir (Basmacıoğlu, 2004).

**Tablo 2.5.** Matrisin özelliklerine göre pelet yapımı (Basmacıoğlu, 2004)

Yem özelliği	Matris delik çapı, mm	Matris delik uzunluğu (kalınlığı),mm	Önlemler
Yüksek oranda tahıl ve %25’den fazla protein içeren karma yemler	4	40-50	Nişastanın jelatinasyonu için buhar uygulaması ile sıcaklık 80 °C veya üzerine çıkmalıdır.
	5	45-55	
	6	50-60	
%5-25 oranında şeker, süt tozu ve peynir suyu içeren	4	20-35	60 °C derecede karamelizasyon başlar bu da dayanıklılığı artırır.
	5	25-40	
	6	30-45	
%5-30 düzeyinde melas içeren protein katkıları	4	30-45	Sıcaklık 60-75°C olacak şekilde minimum düzeyde buhar ilavesi yapılmalıdır.
	5	40-50	
	6	45-55	
%6-30 düzeyinde yüksek üre içeren karma yemler (melaslı ya da melassız)	4	20-35	Buhar ilavesi yapılmamalıdır, illaki yapılacaksa minimum düzeyde tutulmalıdır.



Peletleme işleminde su buharı kullanımına ve matrislerdeki sürtünmeye bağlı olarak sıcaklık 90 °C'ye kadar çıkar. Bu kadar yüksek bir sıcaklıktaki peletlerin taşınması ve ön depolanması sırasında pelet kalitesi olumsuz yönde etkilenir. Dolayısıyla pelet yemin sıcaklığının ortam sıcaklığına yakın bir noktaya getirilmesi bu açıdan oldukça önemli etkiye sahiptir. Su buharı uygulaması ile elde edilmiş peletlerde partiküller arasında var olan kapillar geçişler ortadan kalkar. Dolayısıyla sıcak peletlerin soğutulmadan daha düşük bir ortam sıcaklığına alınması yem içindeki su buharının çıkışını engeller ve içte oluşan basınç ile pelet yemde çatlamalar oluşur. Soğutucularda pelet yemin kalış süresi ve hava miktarı (m<sup>3</sup>/ton/saat) pelet kalitesi üzerinde önemlidir. Yemin soğutucularda kalış süresi pelet çapına, sıcaklığına, nem düzeyine ve yoğunluğuna bağlı olarak değişir. Sınırlı hava akımı ve kalış süresi pelet kalitesinin kötüleşmesine neden olur. Üretilen pelet yemin nem ve sıcaklığının kontrolü yapılarak soğutmanın etkinliğini saptanır. Yüksek nem ve sıcaklık göstergesi, soğutma işleminin tam olarak gerçekleşmediğini, aşırı bir nem kaybı ise yemin soğutucularda gereğinden fazla kaldığını ve mutlaka yemin soğutucularda kalış süresinin kısaltılması gerektiğini göstermektedir. Soğutucular, maksimum pelet yatak derinliğine göre ayarlanır. Karma yemin soğutucularda kalış süresinin maksimize edilmesinden sonra dahi kapasite yetersiz olduğu durumlarda soğutucu hacmi artırılması yoluna gidilmesi önerilmektedir (Fairfield, 2003; Basmacıoğlu, 2004).

Supramonian (2023)'e göre hayvan yemi yapmak için hammadde seçimi ve formülasyonları optimize etme konusunda birçok çalışma yapılırken, pelet kalitesinin önemi, optimum hayvan performansı ve yem israfını azaltmak için hayati bir unsurdur. Bir yem formülasyonunun ne kadar iyi peletleme olasılığını gösteren Yem Pelet Kalite Faktörü (FPQF), belirli bir süre içinde doğrulanan ve artık yem endüstrisi tarafından kullanılabilen tescilli bir hesaplama aracıdır. Yüksek kaliteli peletlerin tekrarlanan işlemlere dayanabileceği ve torbalama, nakliye, depolama ve besleme hatlarında aşırı kırılma veya ince parçacık oluşumu olmadan hareket etme sırasında bozulmadan kalabileceği iyi bilinmektedir. Kaliteli peletler, homojen yem, azaltılmış israf, azaltılmış ayrışma, geliştirilmiş lezzetlilik sağlar ve hayvanların yemlerinin çoğunu daha kısa sürede tüketmelerini sağlar. İnce tane oranı yüksek ve pelet dayanıklılık indeksi düşük olan peletler, genellikle daha kötü bir yemden yararlanmaya sebep olmaktadır (Quentin ve ark., 2004).

RICHI (2023) teknolojisine göre, mısır-soya esaslı yemler, istenen pelet kalitesini elde etmek için ideal yemler değildir. Buğday tanesi veya buğday yan ürünlerinin yeme dahil

edilmesi, mısır veya mısır yan ürünlerine kıyasla buğdayın yüksek protein (glüten) ve hemiselüloz içeriği nedeniyle pelet dayanıklılığını artırabilir. Benzer şekilde, mısırın kısmi ikamesi olarak yulafın dahil edilmesi pelet kalitesini artırabilir. Yem hammaddelerini, pelet kalitesi üzerindeki olumlu etkilerine göre en iyiden en kötüye doğru, yulaf, buğday, arpa, mısır, sorgum olarak sıralayabiliriz. İşlemenin pelet kalitesi üzerinde de büyük bir etkisi olduğu açıktır. Yüksek basınçlı buhar, nişasta jelatinleşmesi, partiküllerin yapışması, yemin yarı sindirilmesi ve yem patojenlerinin zarar görmesi için gereken ısı ve nemi sağlar. Buhar sıcaklığı ve yeminin şartlandırıcıda kalma süresi, üretilen peletlerin dayanıklılığı üzerinde büyük etkiye sahiptir. İyi kalitede pelet üretmek için yemin 80°C sıcaklıkta şartlandırılması yeterlidir. Dayanıklı peletler üretmek için yemin koşullandırma tüpünde kalması gereken minimum süre 30 saniyedir. Pelet yapışkanlığını iyileştirmek için yemin yaklaşık 3-4 dakika şartlandırıcı içinde kalabildiği uzun süreli şartlandırıcılar kullanılabilir. Ayrıca kalıp/rulo özellikleri de akılda tutulmalıdır. Peletler, sıcak pürenin metal kalıba preslenmesiyle üretilir. Daha kalın kalıplar (uzun kalıp kanalları), daha fazla nişasta jelatinleşmesiyle birlikte besleme parçacıkları ve kalıp duvarı arasındaki sürtünme süresinin artması nedeniyle pelet dayanıklılığı üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Nişasta jelatinleşmesinin çoğu, yem kalıplardan geçerken meydana gelir. Küçük delikli kalıplar kullanılarak benzer bir sonuç elde edilebilir. Bu, 60 mm kalınlığındaki kalıpların 50 veya 40 mm kalınlığındaki kalıplardan ve 3 mm çapındaki delikli kalıpların 5 mm çapındaki delikli kalıplardan daha iyi olduğu anlamına gelir. Bununla birlikte, daha kalın veya küçük delikli kalıpların kullanılması, pelet verimi üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Ek olarak, rulo ve kalıp arasındaki mesafenin 0,1'den 2,0 mm'ye çıkarılması pelet dayanıklılığı arttırmaktadır. Pelet kalitesini etkileyen ikinci faktör, karma yemin partikül boyutudur. Bazı araştırmacılar tarafından şüphelenirse de bileşen partikül boyutunun küçültülmesinin pelet kalitesi üzerinde iyi bir etkiye sahip olduğu kabul edilmektedir. Ancak, güç israfını, azalan üretim hızını ve yetersiz taşlık gelişimini önlemek için fazla öğütme önerilmez. Öte yandan, kaba öğütme topakların parçalanmasını kolaylaştırır ve nişasta jelatinleşmesini azaltır. Pelet makinasından çıktıktan sonra peletlerin sıcaklığı 70-90°C ve nem oranı %15-17 arasında değişmektedir. Pelet sıcaklığını ortam sıcaklığının yaklaşık 8°C üzerine ve nemi %12'ye düşürmek için uygun soğutma gereklidir. Soğutma makinesi yatay veya dikey tip olabilir. Hızlı soğutma, peletlerin yüzeyinden çekirdeklerine göre daha fazla nem ve ısının uzaklaştırılmasına yol açar ve elde edilen peletler kırılgan olur. Öte yandan, uzun süreli soğutma, aşınmaya maruz kalabilen ve düşük lezzetli olabilen çok kuru peletlerin oluşmasına neden olur. Pelet kalitesi, bileşenler, yem

formülasyonu ve işleme dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenebilir. PQF'nin 0 ile 10 arasında bir puanı vardır; burada 0, kötü pelet kalitesini ve 10 iyi pelet kalitesini öngörür. RICHI'nin kurumsal tecrübeleri, nişasta istenen pelet kalitesine ulaşmak için en önemli faktördür. Bununla birlikte, son raporlar, proteinin pelet kalitesi üzerindeki olumlu etkisinin nişastanınkinden çok daha önemli olduğunu göstermektedir.

Pelet yemdeki tozluluk oranını azaltıcı önlemler almak gerektiği aksi halde ince toz yemlerin sindirim sistemi sağlığını olumsuz yönde etkilediği, domuzlarda mide ülseri ve kanatlılarda taşlık erozyonuna sebep olduğu bildirilmektedir. Ayrıca, peletlerde fiziksel kalite yanında patojenik unsurlardan arındırılmış olması için de yüksek tavlama sıcaklığı uygulaması yem katkılarından örneğin enzimlerin stabilitesinde de gözardılara yol açabilmektedir. Bunun önüne geçmek için sıcaklığa dayanıklı yem katkılarının kullanımı ile daha etkili yem katkıları, yem hijyen, hayvan sağlığı ve yem güvenliği gibi konular daha da öne çıkmaktadır (Mösseler ve ark., 2012; Kiarie ve Mills, 2019). Bu yüzden pelet kalitesini hayvanların performansı için geliştirirken; besin madde sindirilebilirliği, protein denaturasyonu ve pelet üretim etkinliği konuları hala yenikliklere açık olarak kendini göstermektedir.

**Tablo 2.6.** Ruminant yemlerinin üretim parametreleri (Kutlu, 1996)

Yemler	Süt 1	Süt 2	Besi
Ham protein, %	15	19	14
Ham yağ, %	4-6	8	3
Ham selüloz, %	8-16	8	6-10
ME, Kcal/kg	2600-2850	3100	2850-3350
Buhar basıncı (bar)	4	3-4	4
Yemin son sıcaklığı, °C	60	60-65	60
Tavlama nemi, %	16	16	16
Lignin bağlayıcı katkısı, %	1-2	1-2	1-2
Peletleme etkinliği, KW saat/ton	15-20	13	18

Ruminant karma yemleri, daha fazla ham selüloz içerdiklerinden kanatlı yemlere göre daha hacimlidirler. Ham selüloz düzeyi arttıkça buhar ekleme güçlüğü artar, çok fazla buhar uygulaması kalın üretilen peletlerin genişleyip çatlamalarına neden olabilmektedir. Tavlama nemi en yüksek nem içeriği %16'dır. Karma yeme pelet bağlayıcı katıldığında ekstra buhar ilavesi peletleme etkinliğini arttırmaktadır. Daha fazla miktarda melas ilavesi, buhar eklemesini azaltabilir. Yüksek selüloz içeriğine sahip yemler pelet kalitesini arttırmakta, ancak üretim oranını ise düşmektedir. Nişastacılık yan ürünlerinin (mısır glüten yemi) neden olduğu nemin daha az emilmesini pelet bağlayıcıların kullanımı ile çözebileceği belirtilmiştir. Buharın emilmesine direnen ham maddelerin kullanıldığı durumlarda, yemlerin peletlenmesinde yatay

karıştırıcıya %1 düzeyinde su eklenebilmektedir. Ancak, bu uygulama, topaklaşmaya ve vitaminlerin zarar görmesine neden olabileceğinin de dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır. Enjeksiyonlu sistemlerde buharın melasla verilmesi daha yararlı olduğu bildirilmiştir (Kutlu, 1996).

Kanatlı yemleri genellikle yüksek düzeyde tahıl (temel olarak mısır veya buğday) ve düşük düzeyde ham selüloz içerir. Bu nedenle peletin yapısı ve dayanıklılığı, tavlamaya bağlıdır. Buhar ve nem, yemi yumuşatır ve yem parçacıklarının kolayca birbirlerine yapışmasını sağlar. Bazı nişastalar jelatinleştiği için bunlar doğal bağlayıcı olarak da görev yaparlar. Tank tipi tavlama kullanımında, mutlaka düşük basınçta buhar verilmelidir. Düşük basınçlı buhar, nemini ve sıcaklığını çabucak kaybeder. Bu tip yemlerin tavlama sırasında, buhar basıncını düşürücü vananın tavlama vanasının yukarı akışının yaklaşık 6 metre uzağında olması önerilir ve boruların mutlaka uygun ölçü ve çapta olması gerekir. Kazan tipi tavlama cihazlarında uygulanacak buhar basıncının 3 bar olması önerilmektedir. Karıştırıcıda %0,5-1,0 düzeyinde yağ eklenmesi faydalı olup pres kapasitesi ve kalıp ömrünün artmasına katkı sağlamaktadır. Patojen ve Salmonelladan arı kanatlı hayvan yemi üretiminde sıcakta tavlamanın oldukça önemli olduğu bildirilmiştir (Kutlu, 1996).

Boonyoung (2021)'e göre; pelet üretmek için, yem karışımı bir pelet kalıbından ekstrüde edilir. Peletler daha sonra ufalanan bir yem üretmek için küçük parçalara bölünebilir. Pelet kalitesi, parçacık boyutu, hammaddeler, basınç, ısı ve yağ içeriği gibi birçok faktörden etkilenir. Örneğin, buğday bazlı yemler, nişasta ve jelatinleşme sıcaklığı gibi özellikler nedeniyle buğday bazlı yemleri peletleme için daha uygun hale getirdiği için tipik olarak mısır bazlı yemlerden daha iyi pelet kalitesine sahiptir.

**Tablo 2.7.** Kanatlı yemlerinin üretim parametreleri (Kutlu, 1996)

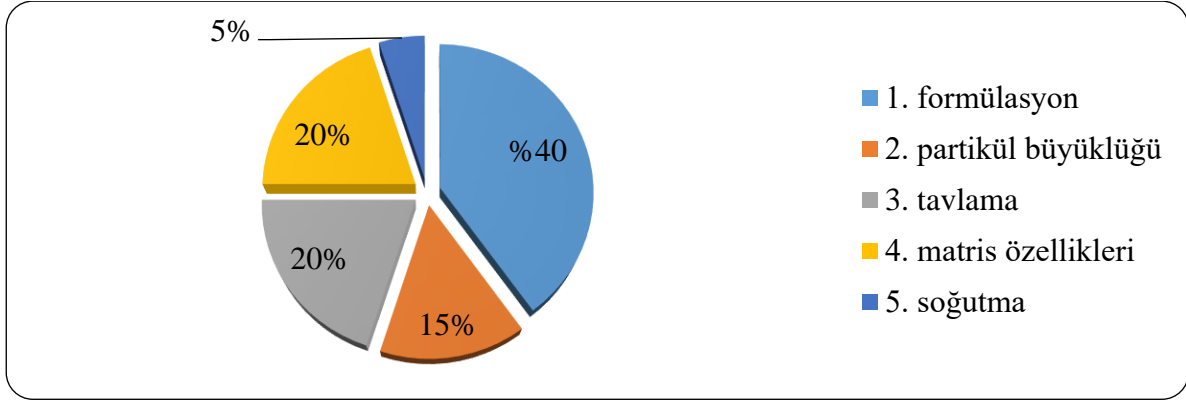
Yemler	Broyler başlatma	Broyler bitirme
Ham protein, %	23	19
Ham yağ, %	4,5	5,5
Ham selüloz, %	3	3
ME, Kcal/kg	3100	3200
Buhar basıncı (bar)	1-1,5	1-1,5
Yemin son sıcaklığı, oC	90	90
Tavlama nemi, %	18	18
Lignin bağlayıcı, %	1,25	1,25
Peletleme etkinliği, kWsaat/ton	10	10

Peletler ısı işlem gördüğünden mikrobiyal kontaminasyon riski azalır. Ek olarak, yumuşatıcıdan geçtikten sonra uygulanan buhar, nişasta jelatinleşmesini artırır ve sonuç olarak pelet kalitesini ve besin mevcudiyetini etkiler. İşlenmiş peletlerin yetersiz soğutulması ve

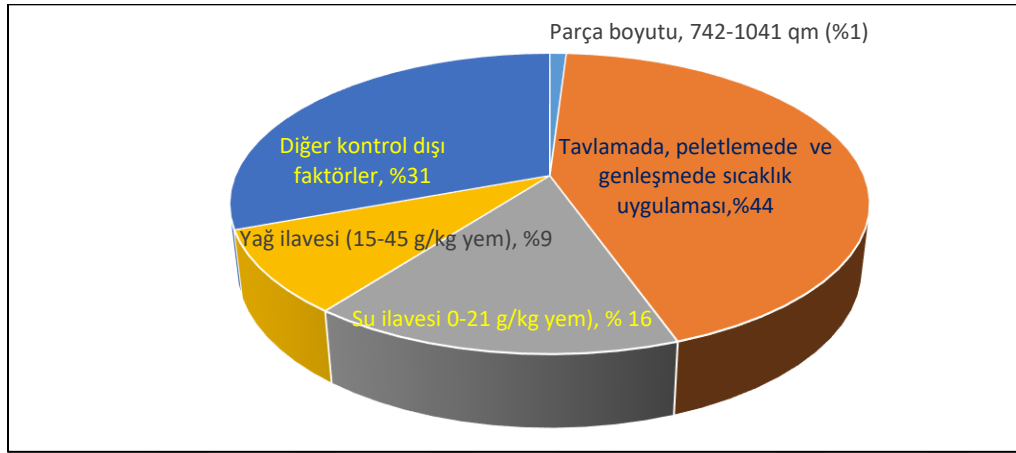
kurutulması, pelet kalitesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olacaktır. Genel olarak, ticari piliçler ve damızlıklar için pelet boyutu 3 ila 4 mm arasında değişir. Pelet kalitesini değerlendirmek için kullanılan parametreler arasında pelet dayanıklılığı, ince tanelerin miktarı (peletten çatlamış parçacıklar), sertlik ve görünüm yer alır. Pelet dayanıklılık indeksi, peletin öğütme, nakliye ve çiftlik ekipmanlarının neden olduğu bozulmaya karşı direncini ölçer. Yem değirmeninden çiftliğe nakliye sırasında parçalanmış pelet ve ince tanelerin yüzdesi artar. Bu nedenle, pelet kalitesini iyileştirmek için her işlemde ince dane yüzdesini izlemek ve yem fabrikasına geri bildirim sağlamak çok önemlidir. Tutarlı bir değerlendirme için, izleme amaçlı elek boyutu yem fabrikaları ve çiftlikler arasında aynı olmalıdır. Genel olarak, ince taneleri izole etmek için 1.000 µm ve büyük boyutlu kırıntıları belirlemek için 2.800 µm ağ boyutu kullanılır. Sertlik, peletin basınç ve dış kuvvet nedeniyle bozulmaya karşı koyma yeteneğidir. Sertlik değeri, kilogram-kuvvet (kgf) veya Newton (N) cinsinden ölçülür. Hayvanlar, çok sert yemleri reddederek tüketimin azalmasına ve düşük kilo alımına neden olabileceğinden, performansı da etkileyebilir. Pelet görünümü görsel ve koku ile değerlendirilmelidir. Değerlendirilecek özellikler arasında renk, koku ve doku bulunur. Kimyasal analizler daha kesin sonuçlar için kullanılabilir. Örneğin; hurma çekirdeği küspesi, yemi kirletebilir ve yemdeki protein konsantrasyonunu azaltabilir. Aynı şekilde oksitlenmiş yağ acımsı koku ile tespit edilebilir ve kimyasal analiz ile doğrulanabilir. Pelet kalitesi, sürü performansını önemli ölçüde etkileyen önemli bir parametredir. Formül, parçacık boyutu ve yem değirmeni işlemi gibi birçok parametreden etkilenebilir. Pelet kalitesi, fabrika çıkışından itibaren adım adım çiftliğe kadar izlenmelidir. Çünkü her adım kalitenin düşmesine neden olabilir.

## **2.5. Pelet kalitesi**

Pelet kalitesi denilince, peletlerin iyi görünümlü, toz içermeyen, çatlaksız, uniform uzunlukta, sert ve dayanıklı olması anlaşılır. Pelet kalitesi üzerinde formülasyonun % 40, partikül büyüklüğünün % 20, tavlamanın % 20, matris özelliklerinin % 15, soğutmanın ise % 5 düzeyinde etkili olduğu bildirilmiştir (Reimer, 1992). Pelet yem kalitesine etki eden faktörler araştırmacılar tarafından (Muramatsu ve ark., 2015; Haiba ve ark., 2017) detaylıca derlenmiştir.



Şekil 2.6. Pelet kalitesi üzerine etki eden faktörler (Reimer, 1992;Basmacıoğlu, 2004).



Şekil 2.7. Tavlama esnasındaki uygulamaların pelet kalitesine etkileri (Muramatsu ve ark., 2015)

Karma yemlerde kullanılan yem hammaddelerinin birçok karakteristik özelliği, pelet üretimini ve kalitesini etkilemektedir. Bu özellikler ise, doğal ya da işlenmiş olması, nişasta, yağ, ham selüloz, mineral madde, protein ve nem içerikleri, parçacık büyüklüğü, dağılımı ve şekli, nem emme kapasitesi ve aşındırabilirlik gibi özelliklerdir (Kutlu, 1996).

Günümüzde en düşük maliyetle mevcut hammaddeleri kullanarak yemleri formüle etme ve kaliteli peletler üretme zorluğu bulunmaktadır. Pelet kalitesi orantılı olarak çeşitli faktörlere bağlı olup en önemlisi yem formülasyonudur. Pelet yem kalitesine etki eden faktörler, yemin fiziksel özellikleri (formülasyonu ve partikül büyüklüğü) ile yeme uygulanan teknolojik işlemler (tavlama, matris özellikleri ve soğutma) şeklinde gruplandırılabilir. Üretilen pelet yemin kalitesini ciddi şekilde etkileyebilen çok çeşitli faktörler vardır ve bunlardan biri yem formülasyonudur. Yemi peletlemek ticari piliç üretiminde uzun zamandır bir uygulanmaktadır. Bu noktada, yüksek kaliteli peletlerle beslemenin daha iyi performans

sağladığı kabul edilmiştir. Pelet bağlanmasına neden olan nişasta jelatinizasyonu ve protein denatürasyonu gibi fizyokimyasal reaksiyonlar pelet oluşumundaki önemli olaylardır (Loar ve Corzo, 2011).

Anonim (2023c)'e göre, pelet kalitesi genellikle, Pelet Dayanıklılık İndeksi (PDI) olarak ifade edilmektedir. PDI'ini belirlemek için ve test edilecek pelet numunesi önce ince taneleri çıkarmak için elenir, ardından belirli bir süre boyunca tamburda yuvarlanarak (çevrildiği) bir döner kutu cihazı kullanılarak ölçülür. Çevirme sonrasında toz ve dayanıklı pelet ağırlık yüzdesine göre PDI aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır:

$$PDI = \text{Çevirme sonraki pelet ağırlığı} / \text{Çevirmeden önceki pelet ağırlığı} \times 100$$

PDI'de 85'in altındaki bir değer, ufalanma ve kırılma eğilimini gösterir; daha fazla yem geri dönüşümü ve düşük nihai çıktı ile sonuçlanan daha fazla ince tane üretilir. Uzmanlar, yem spesifikasyonlarını karşılarken mümkün olan en düşük maliyetle mevcut hammaddeleri kullanarak yemleri formüle etme zorluğuyla karşı karşıya kalırken, üretim yöneticileri bu bileşenlerden optimum düzeyde kaliteli pelet üretme zorluğuyla karşı karşıyadır. Pelet kalitesi orantılı olarak çeşitli faktörlere bağlıdır ve en önemlisi yem formülasyonudur. Hammaddeler, "bağlayıcı özelliklerine" ve formülasyondaki oranlarına bağlı olarak pelet kalitesini etkiler. Nişasta jelatinleşmesinin istenen pelet kalitesine ulaşmak için en önemli faktördür. Yağın yeme dahil edilmesi, hayvan büyümesi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir, ancak pelet kalitesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Yağ aynı zamanda kalıp ve besleme parçacıkları arasında oluşan sürtünmeyi azaltır, bu da daha sonra iyi peletler üretmek için gereken sıkıştırma basıncını azaltır ve aynı zamanda nişasta jelatinleşme oranını da düşürür. Doğal peletleme yardımcılarının dahil edilmesi, bu sorunların üstesinden gelmeye ve pelet kalitesini iyileştirmeye, pelet verimini artırmaya ve güç tüketimini düşürmeye yardımcı olabilir. Buğday gibi yüksek nişasta içeren ham maddeler genellikle iyi kalitede peletlere katkıda bulunur. Formülasyon, pelet kalitesi ve PDI'inde yaklaşık %40'ı yönetir. Daha iyi öğütme, daha iyi koşullandırmaya ve nişastanın iyi bir jelatinleşmesine yol açan artan yüzey alanı nedeniyle buharın daha iyi emilmesine yardımcı olur. İyi jelatinleşme, topaklanma özelliklerini ve PDI'yi artırmaktadır. Öğütme, pelet kalitesi üzerinde %20 düzeyinde etkilidir. Şartlandırma işleminde minimum %1,5 ila 2,0 oranında nem ilave edilmelidir. Ayrıca, 80°C'nin üzerindeki sıcaklık, daha iyi bağlanma özelliklerine ve iyi PDI'ye yol açan iyi jelatinleşme seviyesinin elde edilmesine yardımcı olur. Makinelerin daha iyi performans göstermesi ve kaliteli yem üretimi

için iyi kalitede uygun buhar gereklidir. Gerekli buhar parametreleri, kazanda kuru doymuş buhar minimum 8,5-9 kg/cm<sup>2</sup>, şartlandırma işlemi sonrası 2-2,5 kg/cm<sup>2</sup>, iyi bir kazanda, su yumuşatıcı, uygun buhar kapanları, buhar hattının yalıtımı ve destek vanaları bulunur. Formülasyona göre kalıp seçimi çok önemlidir. Örneğin, broyler yemleri daha az lif ve daha fazla yağ yüzdesi (yumuşak formülasyon) içerdiğinden, bu da daha iyi peletleme özellikleri ve pelet kalıbında daha az sürtünme yükü sağlar. Bu nedenle, 1:12, 1:13 ve hatta daha fazla bir sıkıştırma oranı kullanabilmektedir.

Supramonian (2023)'e göre; pelet dayanıklılığı, formülasyonun (hammadeler ve yem katkı maddeleri) değiştirilmesiyle iyileştirilebilir. Hammaddeler, "bağlayıcı özelliklerine" ve formülasyondaki oranlarına bağlı olarak pelet kalitesini etkiler. Mısır-soya esaslı yemler, iyi pelet kalitesi elde etmek için ideal diyetler değildir. Buğday tanesi veya buğday yan ürünlerinin karma yeme dahil edilmesi, mısır veya mısır yan ürünlerine kıyasla buğdayın yüksek protein (glüten) ve hemiselüloz içeriği nedeniyle PDI'yi artırabilir. Nişasta jelatinleşmesi istenen pelet kalitesine ulaşmak için en önemli faktördür. Normal peletleme koşulları altında sıcaklık, nem ve şartlandırma süresinin doğal hammaddelerin istenen jelatinleşme seviyesini elde etmenin zor ve proteinin pelet kalitesi üzerindeki olumlu etkisinin nişasta kadar önemli olduğu bildirilmektedir. Yeme yağ eklenmesi, hayvan performansı üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir, ancak pelet kalitesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Bu, yağın buharla nüfuz etmesini önleyen besleme partiküllerini kaplama etkisine atfedilir. Bunun sindirilebilirlik üzerinde etkisi vardır. Yağ aynı zamanda kalıp ve besleme partikülleri arasında oluşan sürtünmeyi azaltır, bu da daha sonra iyi peletler üretmek için gereken sıkıştırma basıncını azaltır ve aynı zamanda nişasta jelatinleşme oranını da düşürür. İlave yağ, yemin enerjice zenginleştirmesini sağlaması yanında karma yemin lezzetliliğini artırır, yeme daha zengin ve daha koyu bir görünüş kazandırır. Karma yeme %1-3 oranında yağ karıştırılması, peletleme ve civciv kırıntı yemleri hazırlamak için yararlı olmakta, mamul maddenin kalitesini arttırmakta, presin kapasitesini (disk deliklerini yağlaması nedeniyle) arttırmakta, karmada toz zerrelerini azaltmaktadır. Yeme yağ katıldığında daha az buhara gereksinim duyulur. Pres ömrü ise %25 artar. %3 ün üzerinde yağ ilavesi genellikle peletlerin çok yumuşak olmasına neden olmaktadır. %3 ün üzerinde yağ ilavesi istenirse pelet üzerine püskürtülür. Pelet yemlerin hazırlanmasında çok düşük (%2'den az) ve çok yüksek (%10'dan yüksek) yağ düzeyi istenmemektedir. Az düzeyde yağ, çok sert pelet üretimine neden olurken, fazlası pelet üretimini güçleştirmektedir. Aşırı nem, yumuşak pelet üretimine, fazlası ise peletlerin kırıntılaşmasına neden olur. Pelet yem kalitesi üzerinde



yağ düzeyinden başka birçok etken etkili olup her birinin kalite üzerindeki etki düzeyleri farklı olmaktadır. Bu etkiler birçok kriterin birbiriyle kombinasyonu ile belirlenmektedir. Doğal peletleme yardımcılarının dahil edilmesi, pelet kalitesini iyileştirmeye, pelet verimini artırmaya ve enerji tüketimini düşürmeye yardımcı olabilir. Buğday gibi yüksek nişasta içeren hammaddeler genellikle iyi kalitede peletlere katkıda bulunur. Yağsız süt tozu ve tapyoka gibi yem maddelerinin de pelet kalitesi üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır. Ancak genellikle üretimde zorluklarla karşılaşılabilir ve pelet değirmeni ayarları doğru değilse boğulmayla da karşılaşılabilir. Yağın eklenmesi verimi artıracaktır ancak sınırlamaları vardır ve genellikle yüksek katılım seviyelerinde pelet kalitesini bozar. Peletleme yardımcıları, gerektiğinde pelet kalitesini ve verimini iyileştirmek için kullanılmaktadır.

FPQF (pelet yem kalite faktörü), bir yem formülasyonunun pelet kalitesini tahmin etmek için bir kılavuz olarak kullanılmak üzere Borregaard Lignotech tarafından geliştirilmiş bir hesaplama aracıdır. Her yem bileşeninin bir pelet kalite faktörü (PQF) vardır. PQF'nin 0 ile 10 arasında bir puanı vardır; burada 0, kötü pelet kalitesini ve 10 iyi pelet kalitesini öngörür. Neredeyse tüm hammaddelerin FPQF'si 0 ile 10 arasındadır, istisnalar -40'ta katı yağdır (bitkisel yağ) ve Borregaard LinoTech'in peletleme yardımcıları aralığı 25 ila 50'dir. Bu hammaddeler pelet kalitesini çok düşük katılım oranlarında önemli ölçüde etkilediğinden, normal sıklanının dışında değerler verilmiştir. PQF'yi yem içeriğinin formüle dahil edilme yüzdesi ile çarparak her bir bileşen için FPQF'yi tahmin edilebilmektedir. Genel FPQF, formülasyonda kullanılan tüm bileşenlerin FPQF'lerinin toplamına eşittir. Yem üreticilerinin yemlerinin FPQF'sini hesaplamalarını sağlamak için, Yem Pelet Kalite Faktörü hesaplayıcısının çevrimiçi bir sürümünü kullanmak suretiyle formülasyonun adını ve ardından içeriklerinin % olarak girmek suretiyle üretilen karma yem kalitesi üzerinde fikir sahibi olunabilmektedir. Formülasyon tamamlandığında, yani %100'e ulaştığınızda, formülasyonun Yem Pelet Kalite Faktörü hesaplanır ve gösterilir. Aynı zamanda formülasyonun yığın yoğunluğunu da gösterecektir. Formülasyonlar ve girişler gizlilik korumasına sahip olup yalnızca kayıtlı kullanıcılar tarafından erişilebilmekte ve Borregaard LignoTech, 4.7'yi bir "referans" FPQF değeri olarak görülmektedir. 4.7'nin altındaki FPQF değeri, pelet kalitesi sorunlarına işaret eder; burada üretim parametrelerinin, istenen pelet kalitesini elde etmek için ayarlanması gerekebilir ve doğal bir peletleme yardımcısı kullanılabilir. 4,7'den yüksek FPQF, pelet kalitesinin büyük olasılıkla iyi olacağını ancak üretim oranının artırılabilirliğini veya maksimize edilebileceğini gösterir. Yem hammadde kalitesi coğrafi köken, tohum çeşidi,

mevsimsellik vb. faktörlere tabidir ve zaman zaman değişiklik gösterebilir. FPQF sonuçları, hammadde faktörlerinin yanı sıra yem fabrikası faktörlerine de bağlıdır. Standart bir fabriika diye bir şey yoktur, dolayısıyla aynı hammadde, farklı işleme koşullarında farklı fabrikalarda farklı davranacaktır. Farklı formülasyonlar, farklı şartlandırma parametreleri gerektirir. İdeal yem sıcaklığını, buhar basıncını ve yumuşatma süresini belirlemek önemlidir. Genel bir kural olarak kalıp ne kadar kalınsa ve pelet boyutu ne kadar küçükse pelet kalitesi o kadar iyidir. Pelet boyutu büyük ölçüde yemin verileceği hayvan türüne göre belirlenir. Genel bir kural olarak, ham maddelerin şartlandırılması için daha geniş bir yüzey alanı olduğundan, öğütme ne kadar ince olursa pelet kalitesi o kadar iyi olur. Ancak, bu daha yüksek öğütme maliyetlerine yol açabileceği belirtilmiştir (Supramonian, 2023). Yukarıda belirtilen yem hammaddelerinin peletlenme özelliklerine dair daha önceden elde edilen bulgular, Kutlu (1996) tarafından Türk Karma Yem Sektörü uzmanları için Türkçe'ye çevrilmiştir (Tablo 2.8).

**Tablo 2.8.** Bazı yem ham maddelerinin peletlenme özellikleri (Kutlu, 1996)

Ham madde	Pelet kalite faktörü,1-10	Pres kapasite faktörü,1-10	Aşındırabilirlik faktörü,1-10	Özgül ağırlık, kg/m <sup>3</sup>
Arpa unu	5	6	5	480
Mısır unu	5	7	6	610
Buğday unu	5	5	4	400
Buğday	6	5	4	370
Elek altı	2	2	8	480
Pamuk tohumu küspesi	8	6	7	610
Soya fasulyesi küspesi	4	5	4	500
Tam yağlı soya	4	8	3	480
Ayçiçeği küspesi	6	5	5	530
Balık unu	4	7	5	640
DDGS	7	6	0	600
Mineraller	2	4	10	1000
Melas	7	6	0	1230
Mısır glüten yemi	3	4	6	540
Yağ	-40	50	0	900
Lignin bağlayıcı	50	30	0	500

Ayrıca, bazı ham maddelerin yemdeki oranları ile peletleme öncesi tahmini pelet kalitesi özellikleri, Supramonian (2023) tarafından da aşağıdaki Tablo 2.9'da verilmiştir. Supramonian (2023)'na göre, yüksek bir FPQF, sonucun iyi bir PDI olacağını gösterse de, bu her zaman geçerli olmamaktadır. Bu tür durumlarda, güvenilir bir peletleme yardımcısı eklemenin yanı sıra, diğer peletleme parametrelerine bir göz atmak, istenilen pelet kalitesi ve verimlilik için oldukça önemlidir.

**Tablo 2.9.** Bazı ham maddelerin peletleme öncesi tahmini pelet kalitesi özellikleri (Supramonian, 2023)

Yem hammaddeleri	Yemdeki oranı, %	PQF	FPQF
Pirinç	35	5	1,75
SFK	30	4	1,20
Mısır gluteni	16	5	0,80
Bitkisel yağ	0,50	-40	-0,20
Balık unu	5	4	0,20
Premix (vit+min)	3,5	2	0,07
Pirinç kepeği	10	2	0,20
Hacim yoğunluğu, kg/m <sup>3</sup>			484,14
<b>Toplam</b>	<b>100</b>		<b>4,02</b>



**Şekil 2.8.** Soğutucu (RICHI, 2023)

Supramonian (2023) tarafından yem hammaddeleri içinde bulunan besin maddelerinin pelet kalitesini nasıl etkilediklerini gösteren Tablo 2.10 aşağıda verilmiştir. Burada, nişasta, protein ve nemin pelet kalitesi üzerinde olumlu etkileri görülmektedir.

Özellikle nişasta içeriği yüksek olan ham maddeler için, besleneceği hayvan türüne bağlı olarak daha ince öğütmenin gerekip gerekmediğini belirlemek için öğütme spektrumu da analiz edilmelidir. Peletlemeden sonra fazla ısı ve nemin uzaklaştırılması, küf oluşumunu önlemek için idealdir. Peletlerin içindeki fazla serbest nem, peletlerin içinde dolaşacak ve bu da sonunda peletin kırılmasına yol açmaktadır. Yemdeki ideal nem içeriğinin %10-12 düzeyinde olması istenir (Supramonian, 2023).

**Tablo 2.10.** Besin maddelerinin pelet kalitesine etkileri (Supramonian, 2023)

Yemin içeriği	Pelet kalitesine etkileri	Açıklama
Yağ	Eklenmesi pelet kalitesini düşürür	Hidrofobik özellikte, yağlanmadan dolayı bağlayıcılığı ve basıncı etkiler
Nişasta	Pelet kalitesini artırır	Jelatinleşme ile olumlu etkiler
Ham selüloz	Etkisi peletleme işlemlerine bağlıdır	Yeterli boyutta ve oranda ise olumlu etkiler
Protein	Peletin fiziksel özelliklerini iyileştirir	Yıkımları olumlu etkiler
Nem	Pelet kalitesini iyileştirir	Nişasta jelatinleşmesini ve protein yıkımını olumlu etkilemek suretiyle kaliteye katkı sağlar

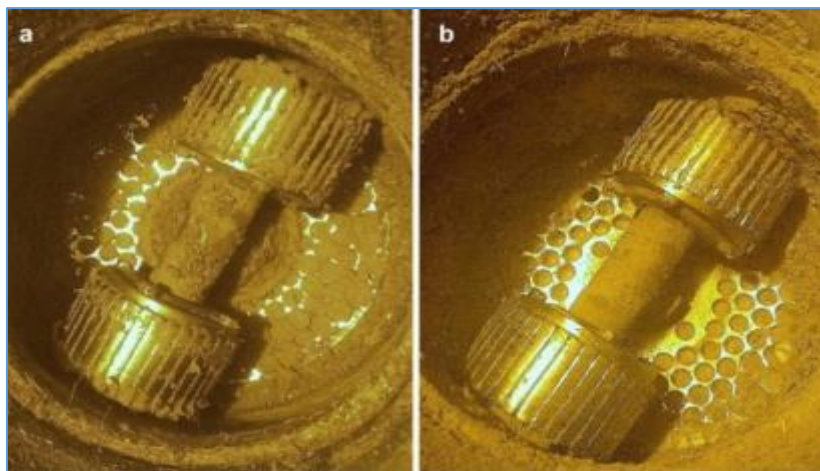
Pelet yemin fiziksel özellikleri içerisinde bulunan partikül büyüklüğü pelet yem kalitesi üzerinde en büyük bir etkiye sahip etkindir. Pelet yem yapımında kullanılacak olan hammaddelerin uygun bir şekilde öğütülmesi ile yüksek kaliteli pelet yemler üretilebilmektedir. Bunun nedeni, küçük partikül yüzey genişliği ile peletleme işleminde kullanılan su buharının daha geniş yüzeye etki etmesinden kaynaklanmış olabileceği ile açıklanabilir. Ancak, çok küçük partiküllü yemlerden elde edilen pelet yemler, daha sert olmakla birlikte yapımında kullanılan enerji miktarını da arttırmaktadır (McEllhiney, 1992).

Kaliteli bir yem pelet elde etmek için tüm bileşenlerin birlikte karıştırılması çok önemlidir. Yem bileşenlerinin optimum şekilde karıştırılması, her yem peletinin homojen bir besin madde içeriğine yol açacak şekilde besin maddelerinin, vitaminlerin ve minerallerin eşit dağılımını sağlayacaktır. Ayrıca, hayvanların optimum büyümesine katkısı olacaktır. Pelet yem boyutlarının (uzunluğu ve çapı) farklı büyüklüklerde olması önce yemin görüntüsünü sonra da dayanıklılığını ve tüketimini etkilemektedir. Çıkan pelet yemin uzunluğu, pres diskteki delik boyutunun 2 ila 3 katı arasında olmaktadır. Pelet yemin uzunluğu, kaliteyi belirleyen en önemli pratik yöntemlerden bir tanesidir. Deneme için alınan bir örnekte; numuneler bir yerde toplanıyorsa; uzun olan peletler hem dayanıklılığı fazla hem de daha az ufalanır. Sistem içerisinde farklı yerlerden örnekler alındığında pelet yemin boyutu, bilhassa uzunluğu, taşıma sistemindeki sıkıntılı noktalar hakkında bilgi vermekte olduğu bildirilmiştir (Baş, 2020).

Karma yem formülasyonundaki yağ, nişasta, selüloz ve protein içeriği pelet yem kalitesi üzerinde büyük önem taşımaktadır. Karma yemlerin yüksek protein içeriği pelet yem kalitesini olumlu olarak, yüksek selüloz içeriği ise olumsuz olarak etkilemektedir. Pelet yem üretiminde yağ ilavesinin kalitesi üzerinde etkisi ilave edilen yağın miktarının yanı sıra yağ ilavesinin nerede ve nasıl uygulandığına bağlıdır. Pelet yapılacak formülasyona peletleme yapılmadan önce yağ ilavesi ile partikül yüzeyinde dağılım yapılarak preslemede olumlu etki sağlanırken pelet kalitesinin düşmesine sebep olmaktadır. Pelet yem yapımında kullanılan hammaddelerin

yapılarında içerdikleri yağın presleme işleminde ve matris de önemli bir etkisi olmazken, karışıma dışarıdan ek olarak kullanılan pelet yemin kalitesini bozduğu bilinmektedir. Pelet yem üretiminde fazla yağ ilavesi, matris kanallarında sürtünmenin azalması ve karma yemin matris deliklerinden yeterli seviyede sıkıştırılma işlemi uygulamadan üretilmesine neden olabilmektedir. Pelet yem üretiminde rasyona ancak %1-3 oranında yağ ilave edilmesi, pelet yem kalitesini yükseltmekte, presin kapasitesini arttırmakta, karmada toz zerrecikleri azaltmaktadır. Karma yemlere, bağlayıcı madde olarak ilave edilen melas, öğütülmüş yem partiküllerinin yapışmasını sağladıkları için peletleme işlemini kolaylaştırır ve ayrıca peletin performansı üstünde olumlu etkisi bulunmaktadır. Melasın yüksek şeker içeriğinden dolayı, peletleme etkinliğinin yüksek düzeyde olmasını sağlamak amacıyla, karma yemlere %2,5 oranında katılması önerilmektedir (Ergül, 1994; Briggs ve ark., 1999; Basmacıoğlu, 2004; Blair, 2007).

Pelet dayanıklılığına, yem hammaddelerinin öğütülmesi, karıştırılması, su eklenmesi ve buhar ilavesi işlemi, şartlandırma sonrası teknoloji ve partikül boyutu birlikte etki etmektedir. Genellikle parçacık boyutu ne kadar ince olursa nişasta jelatinleşmesi o kadar iyi olur. Nişastanın tamamen jelatinleştirilmesi, peletlerin kırılmamasını ve iyi bir sertliğe sahip olmasını sağlayan yem bileşenlerinin daha iyi yapışma özelliğinin kazanmasıyla ilgilidir. Hammaddelerin karıştırılması, yem bileşimlerinin her türlü zerrecikle homojenliğini arttırabilir ve böylece peletlerin dayanıklılığı da homojen olur. Çalışmalar, % 1 veya % 2 su eklemenin, pelet yemlerinin stabilitesini ve sertliğini arttırmak için faydalı olduğu bildirilmiştir (Basmacıoğlu, 2004). Ancak, Wnorowska ve ark. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, çok yüksek ve çok düşük nemin peletlemeyi operatif olarak nasıl etkilediği Şekil 2.9'da gösterilmiştir.



**Şekil 2.9.**Nem içeriğine göre peletlemenin durumu (a:çok yüksek, b:çok düşük)

Yağ eklenmesi genellikle hayvanların besin madde ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılmaktadır. % 1 veya % 2 yağ eklenmesi pelet sertliğini önemli ölçüde azaltmamakta, ancak % 3 veya % 4 yağ eklenmesi granül sertliğini önemli ölçüde azaltır, bu nedenle yağ ekleme miktarı özellikle kontrol edilmelidir. Buhar verilmesinin etkisi, peletlerin iç yapısını doğrudan etkiler. Yüksek kaliteli kuru doymuş buhar, yem bileşenlerinin sıcaklığını arttırmak ve nişastayı jelatinleştirmek için yeterli ısı sağlamaktadır. Daha uzun uygulama süresi, yüksek nişasta jelatinleşmesini, kompakt pelet yapısını, peletlenmiş yemlerin dayanıklılığını korumaktadır. Pelet yemin dayanıklılığına etki eden unsurların başında; yem formülasyonu, partikül büyüklüğü, karıştırma, su ve buhar ilaveleri gibi faktörler gelir. Hayvanların yem tercihinde peletin sertliği önemlidir. Peletleme sırasında yapıştırıcı ve enerji verici özelliklerinden yararlanmak amacıyla değişik seviyelerde melas ilave edilmektedir (Basmacıoğlu, 2004).

Dozier (2001), buhar uygulamasının pelet yemlerin dayanıklılığını, üretim randımanı, ufalanma oranını ve enerji kullanımını azalttığı belirtmiştir. Bununla birlikte, buhar uygulamasıyla, pelet yemin kuru madde miktarının düştüğü, yemin kayganlığını artırarak sürtünmeyi azalttığı ve kullanılan hammaddelerin yapısında bulunan bağlayıcı maddelerin açığa çıkmasının sağlandığını bildirmiştir. Mısır ve soya küspesi bazlı karma yemlerde buhar muamelesi mısırın nişastasını jelatinizasyona uğratarak doğal pelet bağlayıcı özelliğinin oluşmasını sağlamak suretiyle kaliteyi olumlu olarak etkilediğini belirtmiştir. Yem partiküllerinin dış yüzeyinde meydana gelen jelatinizasyonun, pelet yemlerin partikül içi bağlarının oluşumunu olumsuz yönde etkilerken diğer bir taraftan partikül iç yüzeyinde oluşan nişasta proteinle birleşerek protein molekülleri ile nişasta granülleri arasında polimer difüzyona ve partiküller arasında adhezyona sebep olduğunu vurgulamıştır.

Stevens (1987), nişasta jelatinizasyonuna etkisini araştırdığı bir çalışmada peletin dış yüzeyinde oluşan jelatinizasyonun kuru uygulamada % 58, buhar ile yapılan uygulamalarda % 25.9 oranında olduğunu belirlemiştir. Peletlerde buhar uygulaması yapılması ile pelet yemin nem içeriği ve sıcaklığı da artmaktadır. Pelet yemin nem içeriğinde % 6' oranından daha fazla artış olmaz. Pelet yemin nem oranındaki her bir birim artış sıcaklığın 13°C yükselmesine neden olur. Pelet yemdeki bu nem artışının düzeyi; buhar kalitesi ve yem hammaddelerinin adhezyon yeteneği ile bağlantılıdır.

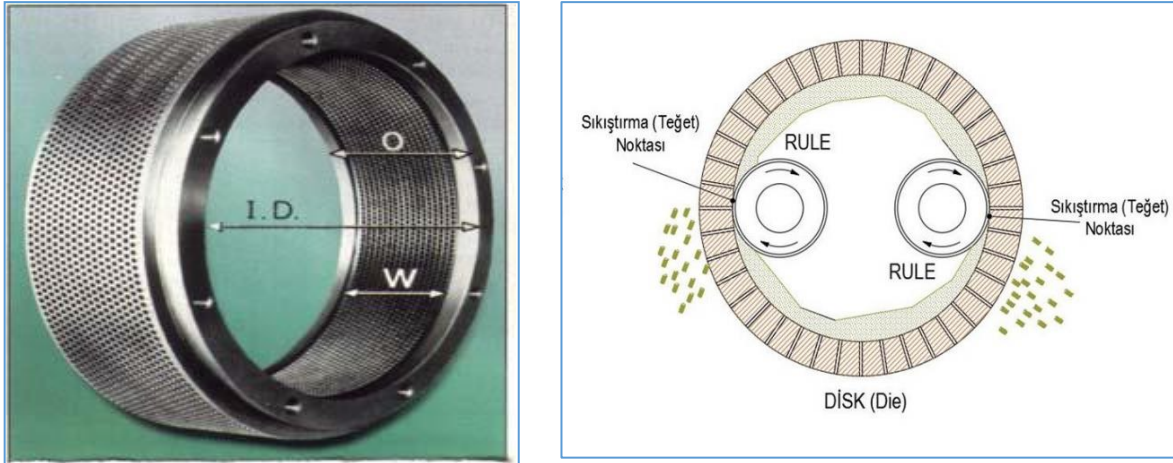
Winowski (1988), pelet yemlere uygulanan sıcaklıkların 83 °C'den 89 °C'e artırılması ile pelet yemlerde dağılma oranını yaklaşık olarak % 19 oranında azalma meydana gelmektedir.

Yüksek oranda nişasta içeriğine sahip (%50-80) yemlere peletleme esnasında 80-88 °C sıcaklığa ulaşabilmek için fazla miktarda buhar uygulamasının yapılması gerekmektedir.

Briggs ve ark. (1999)'na göre, uygulanan sıcaklık düşük seviyelerde olduğu zaman nişastada meydana gelen tahribatın peletin dış yüzeyinde iç kısımlarına kıyasla daha fazla olduğu görülmüştür. Pelet yapılacak olan toz yemin buharlama ünitesinde kalış süresi kalite üzerinde etkili olan bir diğer kriterdir. Pelet yemlerin preslemede kalış süresinin artmasına bağlı olarak pelet kalitesinde net bir iyileşme olmaktadır.

Pelet yem üretiminde başarının temeli, uygulanan buharın kalitesine bağlıdır. Buhar kalitesi, serbest haldeki su miktarının ve buharlaşmış su miktarının toplamının, buharlaşmış su miktarına bölümü ile bulunmaktadır. Kullanılan buharlaşmış haldeki su miktarının azalması pelet yem kalitesini olumsuz olarak etkilemektedir. Pelet yemin nem değerindeki her % 1'lik artış için sıcaklığında ortalama 16 °C'lik artış; yaş buhar kullanımı ile buhar kalite düzeyinin % 80 olması halinde her % 1'lik nem artışı için sıcaklıkta 13.5 °C'lik artış olduğunu belirtmiştir. Düşük kaliteli buhar uygulanmasında uygulama miktarına bağlı olarak sistemde 6-11 °C sıcaklıkta azalma beklenmektedir. Kaliteli pelet yem üretebilmek için 88 °C'lik sıcaklığa ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sıcaklığın elde edilebilmesi için buhar kalitesinin en az %97 olması gerekmektedir. Ancak, % 70 ve 80 düzeyindeki buhar kalitesi ile yapılan çalışmalarda, buhar kalitesinin pelet dayanıklılığını etkilediği bildirilmiştir (Turner, 1995; Basmacıoğlu, 2004).

Peletleme ekipmanı olan matris, pelet yeme formunu veren kalıplardır. Doğru matris seçimi ile pelet kalitesi iyileştirilebilir. Pelet yemlerin üretimi yüksek basınçlı ve özel preslerle yapılmaktadır. Presleme daha önceden yapıştırıcı (su buharı, melas, yağ) bir madde ile muamele edilmiş karma yeme matrisler üzerindeki uygun çap ve uzunluktaki deliklerde preslenir ve matrislerin dış tarafına monte edilmiş bıçaklarla istenilen uzunlukta kesilir. Buhar uygulamasının ardından presleme işlemi için gelen öğütülmüş yem hammaddeleri matris içerisinden geçirilir ve ardından soğutulmaya bırakılır. Peletlemede en büyük kararlardan biri de uygun pelet kalıbı seçimidir. Yemin formülasyonuna ve yemde kullanılan hammaddelerin yapısına göre düşük sıkıştırıcılı (ince kalıp, çok delikli) kalıptan yüksek sıkıştırıcılı (kalın kalıp, büyük delik) kalıba kadar çok değişik kalıplar mevcuttur (Basmacıoğlu, 2004).



ID: Matrisin iç çapı, O:Matrisin tüm genişliği, W:Matrisin etkin olduğu genişlik

**Şekil 2.10.** Matris ve kısımları (Basmacığlu, 2004).

Pelet yem kalitesini etkileyen L: D olarak bilinen faktör; (L)kalıbın kalınlığı, (D)delik çapına oranı olarak tarif edilmektedir. Örneğin, 6 mm 60 mm etkili delik uzunluğuna sahip kalıp, 10:1 L/D oranına sahip olacaktır. Besi hayvanı yemlerinde L/D oranları 8:1 ile 12:1 arasında olmalıdır. Meydana gelen büyük L: D oranı, kalıbın kalın olduğu anlamına gelir, bu nedenle de sürtünmeyi ve pelet dayanıklılığını artırmaktadır, ancak verim ve enerji tüketimi artmaktadır. Daha düşük L/D oranları pelet üretimini artırırken, pelet kalitesi kötüleşebilmektedir. Pelet üretiminde matrisin etki payı, artan matris çapı ve genişliğine bağlı olarak yükselmektedir. Matriste bulunan delik sayısındaki artışın matris verimi üzerinde etkisi vardır. Matriste bulunan delik sayısı pelet yemin matris deliğindeki kalış süresini, matrisin kullanım süresini ve enerji kullanımını etkilemektedir. Matrisler kırılmaya ve aşınmaya karşı dayanıklı olarak üretilmektedir. Peletlenecek yemlerin özelliğine uygun matris delik çapı ve kalınlığını belirlemek gerekmektedir (Behnke, 1994; Pope ve Fahrenholz, 2012). Ancak, farklı mısır çeşitlerinin kullanıldığı bir peletleme çalışmasında, Truelock ve ark. (2020), 5.6'ya karşın 8.0 L:D oranının pelet kalitesini daha da iyileştirdiği saptanmıştır.

Pelet yem üretiminde soğutma işlemi de çok önemlidir. Pelet yem üretiminde matristen çıkan peletler yaklaşık 80-90 °C civarı sıcaklık ve 150-170 g/kg nem oranına sahiptirler. Pelet yemlerin buldukları ortam sıcaklığından 8 °C düşük ve 100-120 g/kg nem içeriğinde depolanması gerekmektedir. Matrislerden çıkan sıcak peletlere oda sıcaklığında hava akımı uygulanır. Pelet yemin sıcaklığının ortam sıcaklığına yakın bir değere getirilmesi gerekmektedir. Soğutmanın temel amacı, pelet yemin sıcaklığının, uygun sıcaklık ve nem dengesine en kısa sürede ve uygun bir şekilde getirilmesidir. Kaliteli pelet yem üretiminde,



yemin miktarı, soğutucularda kalış süresi ve kullanılan hava miktarı ( $m^3/ton/saat$ ) oranı çok önemlidir. Pelet yemin soğutucularda kalış süresi pelet çapına, yoğunluğuna, nem düzeyine ve sıcaklığına göre değişir. Soğutma işleminin yeterli olup olmadığı soğutuculardan çıkan pelet yemin nem ve sıcaklığının kontrolü ile belirlenir. Ölçümlerde elde edilen yüksek nem ve sıcaklık değeri soğutma işleminin uygun yapılmadığı, pelet yemde oluşan aşırı bir nem kaybı ise pelet yemin soğutucularda gereğinden fazla kaldığını göstermektedir (Basmacıoğlu, 2004).

BENTOLI (2023) teknolojisine göre, pelet kalitesinde iki farklı öge önemli olup birincisi, parçacık boyutunu ve tekdüzeliğini tanımlayan mikro yapı ve ikincisi, pelet boyutunu, sertliğini ve kalitesini tanımlayan makro yapıdır. Tüm yemler peletlenmeden önce parçacıklara indirildiğinden, bu iki faktör birbiriyle bağlantılıdır. Yem, hayvan besleme uzmanı ve çiftlik arasındaki bağlantı faktörüdür. Bu nedenle, sadece besin değeri değil, aynı zamanda bu besin maddelerinin kaliteli pelet yem ile verilmesi de aynı derecede önemlidir. İyi pelet kalitesi, iyi öğütme ile başlar. Yem bileşenlerinin daha ince parçacıklar halinde öğütülmesi, kaliteli pelet üretimine başlamak için önemli bir faktördür. Parçacık boyutu, yemin sindirilebilirliğini etkileyebilecek kadar ince olmalıdır. İnce parçacıkların geometrik ortalama çapı her zaman öğütülmüş yeminkine eşit veya daha düşüktür ve bu parçacıklar, yemin kimyasal bileşiminde beslenme dengesizliğine neden olarak hayvanların performansını olumsuz etkileyebilmektedir.

Yemin küçük parçacık boyutu, bakteriyel fermentasyona, taşlık atrofisine ve bağırsak hipertropisine neden olmaktadır. Parçacıklar büyük olduğunda, proksimal ince bağırsaktaki yem parçacıklarının parçalanması daha yavaş olmaktadır. Taşlık, sindirim kanalının kalp pilidir. Daha ince yem verildiğinde, taşlık bir öğütme organı olmaktan çok bir geçiş görevi görür. Taşlıkta daha az tutulma, proventrikulus enzimlerine daha az maruz kalmaya yol açar. İnce öğütülmüş bir yemin ( $560 \mu m$ ), partikül boyutunun ME'yi, azot tutmayı ve KM tutmayı etkilemesi nedeniyle beslenme metabolizmasını tehlikeye attığı bulunmuştur. Parçacık boyutu küçükse ( $800 \mu m$ ), yem alımı önemli ölçüde azalır. Ortalama parçacık boyutunda yaklaşık  $100 \mu m$  mikronluk bir azalma, yem tüketiminde %4'lük bir azalmaya yol açacaktır. Yem partiküllerinin çok iri olması ise homojen bir karma yemin elde edilmesini zorlaştırır. En iyi performans,  $1,13 \text{ mm}$  ila  $1,23 \text{ mm}$  orta büyüklükteki parçacıklarla elde edilir. Daha kaba öğütülmüş bir mısırın, tavuklar tarafından daha iyi değerlendirilmesine yol açtığı doğrudur ve pelet presi daha büyük parçacıkların birçoğunu yeniden öğütecek olsada, bu durum peletlemeden sonra da geçerlidir. Valsli değirmen, bir ağırlık aralığı boyunca eşit olarak dağılmış parçacıklar üretme eğilimindeyken, bir çekiçli değirmen, daha büyük oranda ince ve

kaba parçacıklar üretme eğilimindedir. Günümüzde tavuk yemlerinin çoğu peletlenmiş formda verilmektedir. Şartlandırma sırasında karma yemin beslendiği hazneye buhar enjekte etmek ve ardından pelet kalıbından preslemek pelet dayanıklılığını arttırılmaktadır. Peletleme, nemi (buhar yoluyla), ısıyı ve basıncı birleştiren mekanik bir işlemle daha küçük parçacıkların daha büyük parçacıklara aglomerasyonu olarak tanımlanmaktadır (Abdollahi ve ark., 2013; Muramatsu ve ark., 2015).

BENTOLI (2023) teknolojisine göre, formülasyon, pelet kalitesinde hayati bir rol oynar, ancak tek faktör değildir. Formülasyon, özellikle belirli yem bileşenlerinin dahil edilmesi açısından mantıklı bir şekilde değerlendirilmelidir. Benzer şekilde, işleme ekipmanının kalibrasyonu ve işlem akışının standardizasyonu, pelet kalitesinde tutarlılığın sağlanması için eşit derecede önemlidir. Nem, yağ, protein ve nişasta içeriği gibi içerik bileşimi, kaliteli pelet üretimi için dikkate alınması gereken önemli besinsel faktörlerdir. Mısır-soya esasına dayalı karma yemlerde, pelet kalitesi formülasyona bağlıdır. Karma yeme %10-15 oranında buğday eklenmesi veya %5 kadar az ayçiçeği küspesi eklenmesi, iyi kalitede peletlerin elde edilmesine olanak sağlar. Yeme %1 yağ ilavesinin pelet dayanıklılığını %8-10 oranında azalttığı bulunmuştur.

Moritz ve ark. (2002), etlik piliç karma yemlerine dereceli düzeylerde (30 g/kg ve 65 g/kg) iki yağ ilavesinin olduğunu belirtmişler ve en yüksek yağ ilavesiyle PDI'nin %81,6'dan %62,1'e düştüğünü gözlemlemişlerdir.

Yeme pelet bağlayıcı eklenmesi, pelet bağlama kapasitesi, dayanıklılık, pelet kalitesini, pres kapasitesini, peletleme etkinliğini, kalıp ömrünü, buhar ve yağ katılabilirliğini arttırarak üretim maliyetini, tozlanmayı, güç sarfiyatını, rulo kayganlığını, kalıp tıkanmasını ve yemin geri döndürülme riskini azaltmaktadır (Kutlu, 1996).

BENTOLI (2023) teknolojisine göre, pelet bağlayıcı olarak sentetik polimer bazlı bağlayıcı, doğal reçine bazlı bağlayıcı, lignosülfonat ve bentonit gibi çeşitli seçenekler mevcuttur. Ancak en iyi bağlayıcının seçimi çok kritiktir ve daha yüksek pelet kalite faktörüne ve bağlama moduna dayanmalıdır.

BENTOLI (2023) teknolojisine göre, kaliteli pelet için kalite ve kalıp kapasitesi önemlidir. Sıkıştırma uzunluğu ve sıkıştırma deliğinin çapı, pelet kalitesinin belirlenmesinde önemli faktörlerdir. Kalıbın kalınlığı artarsa, o zaman pelet dayanıklılığı artacak, ancak tersine pelet verimi azalacaktır. Dolayısıyla, bu iki faktörü takas etmek çok önemlidir. Benzer şekilde, kalıp kurulumu, soğutucu kurulumu ve elek kurulumu, kaliteli peletler için belirleyici

faktörlerdir. İşleme standardı, öğütme sırasında öğütme ve toz haline getirme, kaliteli peletler için diğer bir belirleyici faktördür. Ticari piliçlerde, öğütme sırasında 300 mikron partikül boyutunun altındaki partikül boyutu, şartlandırma sırasında daha iyi jelatinleşmeye yardımcı olur ve daha dayanıklı peletin elde edilmesine olanak sağlar. Benzer şekilde sıcaklık, nem yüzdesi, buhar injeksiyonu ve buhar basıncı gibi koşullandırma parametrelerinin standartlaştırılması, tutma süresi de eşit derecede önemlidir.

Briggs ve ark. (1999), tavlama kalış süresinin 5 saniyeden 15 saniyeye çıkarılmasının pelet dayanıklılığını %4,5 artırdığını belirtmişlerdir. İşleme sırasında parçacık boyutunun küçültülmesi, daha iyi pelet kalitesi için önemli bir etki faktörüdür ve kanatlıların performansını olumlu yönde etkiler. Zira Muramatsu ve ark. (2015), genleştirme gibi alternatif işlemlerin, su ilavesinin, yağ içeriğinde kısıtlamanın ve peletleme sonrası yağ püskürtme gibi uygulamaların pelet kalitesini iyileştirebileceği belirtmişlerdir.

Pelet kalitesinin, çiftlik hayvanlarının performansını etkilediği farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Düşük kaliteli peletler, daha fazla toz içerdiğinden hayvan tarafından daha fazla yem seçimine, yem israfına ve düşük performansa yol açabilir (Myers ve ark., 2013). Pelet tanelerindeki her %10'luk değişimin yemden yararlanmada %1'lik bir değişime sebep olabileceği belirtilmiştir (Nemecek ve ark., 2015).

Briggs ve ark. (1999) kanatlı karma yem protein içeriğinin %16.3'den %21'e artırılması durumunda pelet dayanıklılığının sırasıyla %75.8'den %88.8'e yükseldiğini saptamışlardır.

Calet (1965)'in bildirişine göre, buharla yapılan peletleme işleminin, tahıl ağırlıklı karma yemlerde nişasta granüllerinin yapısını değiştirerek karma yemin enerji içeriğini ve besin maddelerinin biyolojik yararlılığını arttırmaktadır.

Theerarattananoon ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada, peletleme işlemi ile materyalin yığın yoğunluğunun arttığı, depolanabilirliğinin iyileştiği, nakliye masraflarının azaldığı ve bu materyallerin mevcut tahıllar için kullanılan depolama ve taşıma ekipmanları ile daha kolay taşınabildiği belirtilmiştir. Çalışmada mısır koçanı, buğday samanı, sorgum sapı ve çayırlardan elde edilen peletlerin fiziksel özellikleri belirlenmiş, peletin yığın ve parçacık yoğunluğu ve dayanıklılığı üzerine nem içeriğinin, çekiçli değirmen elek çapının ve kalıp delik uzunluğunun etkileri incelenmiştir. Materyaller 22 kW gücünde 1.5 t kapasiteli peletleme makinesinde peletlenmiştir. Çalışma sonunda en yüksek pelet hacim yoğunluğu ( $495.8 \text{ kg/m}^3$ ) buğday samanı peletinde, en düşük ( $265.2 \text{ kg/m}^3$ ) ise sorgum sapı peletinde elde edilmiştir. Materyal nem içeriğindeki artışın peletlerin hem yığın hem de parça yoğunluğunu azalttığı

belirlenmiştir. Peletlerin dayanıklılığı üzerine nem içeriğinin etkisi mısır koçanı, buğday samanı ve çayır için benzer bulunmuş ve en yüksek pelet dayanıklılığı buğday samanı ve mısır koçanı peleti için %9-14 nem içeriği aralığında, çayırın ise %9-11 nem içeriği aralığında %96.8 olmuştur. Nem içeriğindeki bir birim artışın pelet dayanıklılığını azalttığı belirlenmiştir. Sorgum sapı için ise pelet dayanıklılığı, nem içeriğindeki artış ile başlangıçta artmış ve %14-16 nem içeriği aralığında maksimum % 89.5 olmuştur. Daha büyük elek çapına sahip çekiçli değirmen kullanımı (3.2 mm'den 6.5 mm elek çapı) peletlerin hacim ve parça yoğunluğunu ve dayanıklılığını artırdığı fakat bunun önemli düzeyde olmadığını belirtmişlerdir. Daha büyük kalıp delik uzunluğu (31.8 mm'den 44.5 mm) peletlerin hacim ve parça yoğunluğunu ve dayanıklılığını önemli derecede artırmıştır.

Yemin fiziksel özellikleri içerisinde partikül büyüklüğü pelet kalitesi üzerinde en önemli etkiye sahiptir. Küçük partiküllü karma yemlerin peletlenmesi ile daha kaliteli peletler üretmek mümkündür. Bu durumu artan partikül yüzey genişliği ile peletleme sırasında kullanılan su buharının daha geniş yüzeye etki etmesine dayandırmak mümkündür. Ancak gereğinden küçük boyutlarda öğütülmüş yemlerden elde edilen peletlerin daha sert olacağı ve preslerde artan sürtünmeye bağlı olarak kullanılan enerji miktarını da artıracığı göz ardı edilmemelidir. Peletlemenin yaygınlaşmaya başladığı ilk yıllarda toz formdaki yemlerin peletlenmesi ile daha iyi sonuçlar alınmıştır. Başlangıçta çok küçük partiküllü yemlerin peletlenmesi söz konusu iken daha sonraları daha iri partiküllü yemlerin peletlenmesi ile beklenen etkide önemli düzeyde azalma olmuştur.

Mısır-soya esaslı karma yemlerde optimum pelet dayanıklılığı için partikül büyüklüğünün 650-700  $\mu$  arasında olması gerektiği bildirilmiştir (Dozier, 2001).

McElhiney (1992), partikül büyüklüğünün 700  $\mu$ ' dan 500  $\mu$ 'a kadar düşürülmesinin pelet kalitesini iyileştirdiğini ancak öğütme için kullanılan enerji sarfıyatı iki katına çıkardığını bulmuştur. Önceki bildirişlerin aksine, partikül büyüklüğünün pelet kalitesi üzerinde etkili olmadığını da belirten araştırmacılar bulunmaktadır (Stevens, 1987).

Karma yemin yağ, nişasta, sellüloz ve protein içeriği pelet kalitesi açısından oldukça önem taşımaktadır. Yemin artan protein içeriği pelet kalitesini olumlu, sellüloz içeriği ise olumsuz yönde etkiler. Hammaddelerin doğal olarak içerdikleri yağın preslemede ve matris kanalındaki sürtünme üzerinde önemli bir etkisi görülmezken karmaya dışarıdan ilave edilen yağın bu bakımdan pelet kalitesini bozacak yönde etkilediği bilinmektedir. Nitekim mısır-

soyaya dayalı yemlere karıştırıcıda % 2'den fazla yağ ilave edildiğinde pelet dayanıklılığının düştüğü ve aşırı bir ufalanmanın olduğu görülmüştür (Richardson ve Day, 1976).

Rasyonlar da kullanılan melas, yem granüllerinin yapışmasını sağlayarak peletleme işlemini kolaylaştırmakta ve dolaylı olarak performans üzerine olumlu yaratabilmektedir. Yüksek miktarda şeker ihtiva eden melasın peletleme etkinliğinin optimum seviyede olabilmesi için, karma yemlere en fazla % 2.5 oranında katılması tavsiye edilmektedir (Blair, 2007).

Önceki çalışmalarda buhar basıncı seviyesinin pelet yem kalitesini etkilemediği ortaya konulmuştur. Ancak, çok düşük buhar basıncının (138 kPa=1.38 bar) kullanımında borularda yoğunlaşma olduğundan yemin nem içeriği artmıştır. Bu şekilde muamele gören peletlerdeki nem içeriği nedeniyle yemin akışkanlığının azalmasına ve yemin preslerde işlenmesindeki zorluklara bağlı olarak matrislerde tıkanmalar oluşmuştur. Yüksek buhar basıncında (552 kPa=5.52 bar) ise aşırı bir enerji kullanımının olabileceği belirtilmiştir (Stevens, 1987; Briggs ve ark., 1999).

Buğday içeriği % 0'dan % 60'a kadar çıkarıldığında pelet kalite indeksi (PDI) 32'den 73'e kadar artmıştır (Winowiski, 1988).

Mısır yerine aynı oranda buğday ilavesinin yapıldığı bir diğer çalışmada pelet kalitesi buğday kullanımında mısır kullanımına göre 7 puan daha yüksek saptanmıştır. Bunun sebebinin, buğdayın mısıra göre daha yüksek sellüloz ve protein içeriği ile ilişkilendirilmiştir. Isıl işlemde, nişastanın jelatinizasyonu, proteinin de denaturasyonu pelet kalitesi üzerinde etkili olmaktadır (Stevens, 1987).

Ataç (2005), hindi pelet yemi üretiminde 75 ve 120 °C sıcaklık ve bağlayıcı olarak yağ, melas ve yapay bağlayıcı (masterbond) farklı oranlarda kullanmıştır. 75 °C'de üretilen karma yemlerde, pelet dayanıklılıkları sırasıyla; % 68.00 (% 1 melas ilaveli) ve % 85.75 (% 2.5 melas + % 1.5 yağ ilaveli) saptanmıştır. Yağ tek başına kullanıldığında dayanıklılık daha düşük bulunmuştur. Melas içeren yem gruplarında genel olarak pelet dayanıklılık değeri yüksek bulunmuştur. 120 °C'de ekspanderde üretilen yem grupları incelendiğinde ise, kontrol grubuna göre daha yüksek bulunan pelet dayanıklılığı %69.00 (%1 melas + %1.5 yağ ilaveli); %69.50 (%0.5 yapay partikül tutucu + %1.5 yağ ilaveli); %70.00 (% 1 yapay partikül tutucu ilaveli); %70.75 (%1 yapay partikül tutucu + %1.5 yağ ilaveli); %74.50 (% 0.5 yapay partikül tutucu ilaveli); %76.25 (% 1 melas ilaveli) yemlerde saptanmıştır. Pelet kalite analiz sonuçlarına göre; yem gruplarına ait genel ortalamalar sırasıyla dayanıklılık %60.68 (75 °C), % 66.75 (120 °C), sertlik 1.00 kg (75 °C), 1.33 kg (120 °C), çap 5.1 mm (75 °C), 5.13 mm (120 °C) ve uzunluk

8.92 mm (75 °C), 9.17 mm (120 °C)'dir. Çalışmada, kaliteli hindi pelet yemi üretimi için karma yemin 120 °C'de üretilmesi ve % 1 melas kullanımı önerilmiştir. Ancak, %1 melas ilaveli yem grubu ile % 0.5 yapay partikül tutucu ilave edilmiş yem grubu arasında istatistiki açıdan fark olmadığı, melasın yoğunluğu, içerebileceği ağır metallerin belirlenmesinde ya da yem fabrikalarında dozajlanmasında oluşabilecek sorunlar, pelet kalite kriterleri ve karma yem maliyetleri açısından bakıldığında, 120 °C'de üretilen hindi yemine, % 0.5 oranında yapay partikül tutucu ilave edilmesi önerilmiştir.

Lundblad ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada, domuz pelet yemi yapımında karıştırıcıya su eklemenin pelet dayanıklılığına etkisini araştırmışlar, arpa bazlı yemin buharla şartlandırılmasından ve peletlenmesinden önce mikserde 120 g su/kg'a kadar eklemenin, dayanıklılığı %15 oranında, mısır esaslı yeme 30g/kg su eklenmesinin ise dayanıklılığı %5 oranında arttırdığını saptamışlardır.

Sıcaklık ve uygulama süresi son ürün kalitesini etkileyen önemli faktörlerden olup farklı tavlama sıcaklığı (70, 80 ve 90°C) ile farklı uygulama süreleri (50 s ve 75 s) ruminant yemlerinde peletteki besin madde profili ile protein fraksiyonunu etkilediği ortaya konulmuştur (Huang ve ark., 2015).

Wood (1987) tarafından denature olmamış proteinin, denature olmuş proteine, jelatinizasyona uğramış nişastanın, jelatinizasyona uğramamış nişastaya göre, pelet kalitesini artırdığı saptanmıştır. Bununla birlikte, denature olmamış soya proteini ve jelatinleşmiş tapiyoka nişastası kullanımı ile maksimum; denature olmuş soya proteini ve jelatinleşmemiş tapiyoka nişastası kullanımı ile de minimum pelet dayanıklılığına ulaşıldığı belirlenmiştir.

Beyer ve ark.(2000) tarafından yemin nem içeriğini %14 düzeyinde sabit tutmanın, presleme işlemini kolaylaştırdığı ve pelet dayanıklılığını artırdığı (%61.7'den %87.3'e) görülmüştür.

Turner (1995), pelet yem üretiminde doymuş buhar kullanımı ile karma yemin nem içeriğindeki her % 1'lik artış için sıcaklığında yaklaşık 16 °C'lik artış; buhar kalitesinin % 80 olması yani yaş buhar kullanılması durumunda ise her % 1'lik nem artışı için sıcaklıkta 13.5 °C'lik artış olabileceğini bildirmektedir.

Lilly ve ark. (2011), bütün peletlerdeki her 10 puanlık artış için yemden yararlanma oranı ve göğüs ağırlığında 0,4 puanlık bir iyileşme olduğunu ve yem tüketimini arttırdığını bulmuştur.

Glover ve ark. (2016), yüksek pelet kalitesine sahip (90:10 pelet: ince) bir yemle beslenen piliçlerin düşük yemden yararlanma oranı (FCR) ve yüksek karkas ağırlığına ulaştığını bulmuşlardır.

Pope ve Fahrenholz (2020), domuz karma yemi yapımında, pelet yapımı öncesi 10 ve 20 g/kg su eklenmesinin pelet dayanıklılığı üzerine etkisini araştırmışlar ve pelet dayanıklılıklarının 0,10 ve 20 g/kg su eklenen yem gruplarında sırasıyla % 86.4, 88.0 ve 89.9 olarak saptamışlardır. Ayrıca şartlandırma sıcaklığının 80,86,92 °C olması durumunda pelet dayanıklılığının %84,3, 89.1 ve 91.0 olduğunu tespit etmişlerdir.

Pelet kalitesini tarif etmek oldukça karmaşıktır. Çünkü pelet kalitesi birçok faktörün etkisi altındadır ve bu faktörlerden bazıları da kişisel tercihlere ve becerilere göre değişebilir. Öte yandan gerçek kalite faktörleri ölçülebilir ve ölçülmelidir. Başlıca kalite parametreleri; dayanıklılık, sertlik ve görünüş (renk, dış yüzey görünümü, uzunluk, tozluluk düzeyi ve lezzet) olarak ele alınmaktadır. Bunlardan bazılarını objektif olarak ölçmek mümkün iken bazıları subjektif değerlendirmeye tabi tutulur. Pelet yemlerde dayanıklılık, pelet kalitesini belirleyen en önemli unsurdur. Dayanıklılık peletlerin çevresel baskıya taşımaya ve temasa karşı fiziksel yapılarını olduğu şekliyle korumalarıdır. Dayanıklılık çevirme kutusu (ASAE) metodu ile ölçülür. Elenmiş ve tozdan arındırılmış 500 g pelet, çevirme kutusu içine konulur ve dakikada 50 kez çevrilerek bu işlem 10 dakika boyunca sürdürülür. Süre sonunda kutudan geri alınan içerik tekrar elenerek bütün kalan bozulmamış peletler tatılarak oransal değerleri hesaplanır. Dayanıklılığı, Holmen Pelet Test aygıtında ölçmede ise mekanik işlem yerine havalı düzenekle test edilir. 100 g elenmiş pelet çok hızlı hava sirkülasyonuna sahip çekmeceye konulur. İşlem sonunda tüm olarak kalan yani fiziksel yapısı bozulmamış peletler oransal olarak saptanır. Bu metod, özellikle dökme olarak taşınacak peletlerin dayanıklılık tespiti için çok uygun oluşu, test süresinin kısalığı ve sonucun güvenirliliği ve geçerliliği açısından büyük avantajlara sahiptir. Pelet yemlerde sertliğin ölçülmesinde ise ölçümü yapılacak pelet aletin iki dişi arasına yerleştirilir ve yukarıdan baskı uygulanarak iki diş arasına sıkıştırılır. İki diş arasındaki pelete uygulanan baskı sonucu parçalanıp dağıldığı nokta, pelet sertliğini belirler ve pelete yapılan baskı kilogram cinsinden ifade edilir. Ölçüm sırasında aletin üzerinde okuma yapılır. Aletin dişleri arasındaki pozisyona bağlı olarak peletlerin sertliklerinin değişebileceği dikkate alınarak ölçümlerin tekrarlanmasında fayda vardır. Testi yapan kişilerin de el becerisi ve uygulama şekli oldukça önemlidir. Pelet kalitesini belirlerken hem dayanıklılığının ve hem de sertliğinin test edilerek ölçülmesi gereklidir. Bunun sebebi oldukça basittir. Üretimden kullanıma kadar peletin

bozulmadan fiziksel yapısını koruması yani dayanıklı olması vazgeçilmez bir gereksinimdir. Ayrıca dayanıklılığın gerçekleşmesi ve taşıma sırasında oluşabilecek baskılara karşı peletin belirli düzeyde sert olması da istenilen bir özelliktir. Ancak, sert peletlerin her zaman dayanıklı olacakları söylenemez. Bir pres belli uzunlukta pelet üretmeye programlanmışsa bu preste üretilen peletlerin mümkün olduğu kadar bu uzunluğa yakın pelet üretmesi beklenir. Üretilen peletlerin çoğu kısa ise bu sadece ürünün görünümünü olumsuz olarak etkilenmez, aynı zamanda pelet dayanıklılığı da olumsuz yönde etkilenir. Daha kısa pelet daha kolay dağılabilen pelet demektir. Pelet kalınlığına göre pelet yemlerin sertlik ve dayanıklılık değerleri Tablo 2.11’de özetlenmiştir (Kutlu, 1996).

**Tablo 2.11.** Pelet çaplarına göre sertlik ve dayanıklılık değerleri (Kutlu, 1996)

Pelet çapı,mm	Sertlik, kg	Dayanıklılık (çevirme testi),%	Dayanıklılık (hava sirkülasyonu), %
6-8	8.5	98	95
4-5	6.0	98	95
2-3	-	98	95

BENTOLI (2023) teknolojisine göre, yem içeriklerinin yaklaşık değerlerinin yanı sıra, aşındırıcılık, pelet kalite faktörü, renk ve yoğunluk gibi diğer bazı fiziksel özellikler de pelet kalitesi ve dayanıklılığı üzerinde etkilidir. Pelet kalite faktörü (PQF), 0 ila 10 arasında bir puana sahiptir; burada 0, düşük kaliteyi tahmin eder ve 10, iyi pelet bağlama kalitesini belirtir. İçeriğin aşındırıcılık faktörü, pelet kalite faktörünün tam tersidir. Faktör değeri ne kadar düşükse, bağlama kapasitesi o kadar yüksektir.

Young (1962), pelet dayanıklılığını ölçmek için eğimli bir vida, bir besleme hunisi ve kovalı konveyörden oluşan tekniği kullanmıştır. 23 kg pelet bu sistemden 10 dakika süre ile sürekli olarak geçirilmiştir. Testin sonunda peletler ayrılmış ve ince taneler çıkarılmıştır. Pelet Dayanıklılık İndeksi'nin (PDI), dağılmayan pelet kütesinin toplam pelet kütesine oranı şeklinde tarif edilmiştir.

Peletlerin dayanıklılığını ölçmek için çeşitli laboratuvar yöntemleri geliştirilmiştir:

**Yuvarlanan kutu yöntemi:** Kuzey Amerika'daki yem endüstrisinde yaygın olarak kullanılan ve tanınan bir standart olan yöntemdir (Winowski, 1998). Yuvarlanan kutu tekniğinde, ince tanelerin ayrıldığı 500 g pelet kullanır. Peletler, 10 dakikalık bir zaman çerçevesi boyunca 100 rpm hızında dönen bir kutuya yerleştirilir. Bu işlemde sonra peletler mekanik bir elek çalkalayıcıda elenir. PDI, ekranda tutulan peletlerin ağırlığının peletlerin toplam ağırlığına bölümü olarak hesaplanır (ASAE Standartları, 2003)



Holmen dayanıklılık test cihazı: peletlerin dayanıklılığını ölçmek için pnömatik bir yöntemdir. 100 g'lık bir numune boyutu, işleme sürecini tekrarlayarak 30 ila 120 saniye boyunca yüksek hızlı hava içeren tüplere yerleştirilir. Peletler test cihazının dik açılı köşelerine çarptığında kırılma meydana gelir. PDI, ekranda tutulan peletlerin ağırlığının peletlerin toplam ağırlığına bölümü olarak hesaplanır (ASAE Standartları, 2003)

Stokes sertlik test cihazı: Test cihazı, kalibre edilmiş bir yay, uçlu bir koni ve koninin karşı tarafını destekleyen bir plakadan oluşur. Koni ucu, test sırasında peletin silindirik yüzeyine basınç uygular. Basınç, yayı sıkıştırmak için elle döndürülen bir vida ile kontrol edilir. Test cihazına sadece 10 pelet yerleştirilir ve pelet sertliği psi cinsinden ifade edilir (Young, 1962).

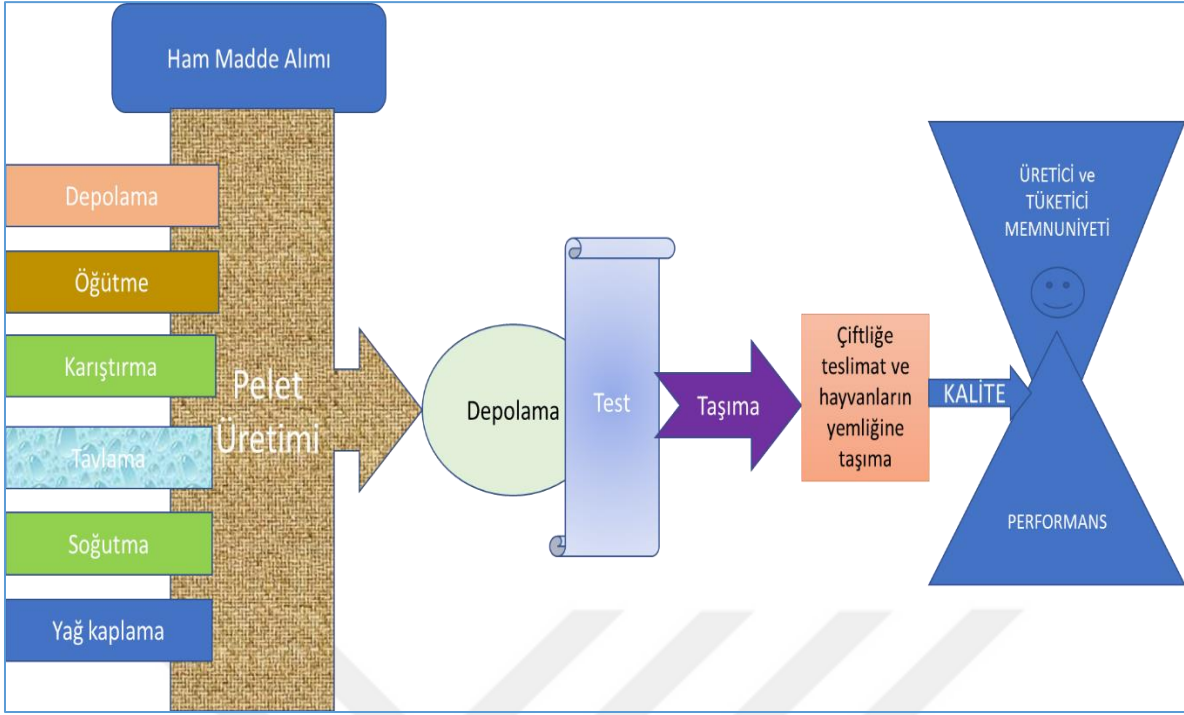
Farklı dayanıklılık ölçüm metotlarının karşılaştırıldığı bir çalışmada, aşağıda Tablo 2.12'deki sonuçlar alınmıştır.

**Tablo 2.12.**Farklı çiftlik hayvanı pelet yemlerinin ölçüm metotlarına göre dayanıklılık test sonuçları (Winowiski, 2014)

Yemler	Kansas State Üniversitesi Test Kutusu	Kansas State Üniversitesi Bilyeli Test Kutusu	Holmen Test	Borregaard Testi
Tavşan yemi	98.4	96.5	96.5	97.7
Süt yemi % 18 HP'li	97.9	95.3	94.6	97.2
Süt konsantre %38 HP'li	96.7	91.0	90.2	96.6
Besi yemi, % 16 HP'li	96.1	91.6	89.0	94.0
Hindi büyütme	94.7	82.0	84.6	87.2
Domuz başlangıç	95.5	83.8	80.5	82.4
%2 yağlı broyler yemi	89.1	68.2	68.5	64.9

Peletleme ile ilgili çalışmalar (Örn. Yılmaz, 2014; Atay, 2015) genelde yakıt yapımı ile ilgili olup hayvan yemi ile ilgili çalışmalar ise oldukça sınırlıdır.

Özetle, pelet üretiminde ve kullanımında hayvanların ve yetiştiricilerin memnuniyeti için pelet kalitesinin ve bu tez çalışmasının önemi aşağıdaki Şekil 2.11'de özetlenmiştir.



Şekil 2.11. Pelet yem üretiminde kalitenin önemi

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

Araştırmada kullanılan pelet yemler, Kırşehir’de satışı yapılan yem bayilerinden temin edilerek Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Zootečni Bölümü Hayvancılık Endüstrisi Laboratuvarına getirilmiştir.



şekil 3.1. Deneme yemlerinin görünümü

Deneme materyali olarak, Süt sığır 21 yemi (P1), Buzağı büyütme yemi (P2), Sığır besi geliştirme yemi 1 (P3) Süt sığır yemi 19.1 (P4), Süt sığır yemi 19.2 (P5), Sığır besi yemi 2 (P6), Kuzu büyütme yemi (7), Gezen yumurta tavuk yemi (P8), Gezen tavuk tam yemi (P9), Yumurta tavuk yemi (P10) olmak üzere yem bayilerinden 3'er kg olarak toplanmıştır. Analiz için değerlendirilen 10 çeşit yemin en fazla 10 günlük tazelikte olmasına dikkat edilmiştir. Yemler üzerinde yapılan analizlerde, her analiz için 3 tekerrür olacak şekilde örnekler alınarak analizler yapılmıştır.

**Tablo 3.1.** Deneme kullanılan bazı ruminant pelet yemlerin besin madde içerikleri

Besin maddeleri	P1 Süt 1	P2-Büyütme 1	P3 Besi 1	P4 Süt 2	P5 Süt 3	P6 Besi 2	P7 Büyütme 2
Ham protein, %	21	17	14	19	19	15	17
Ham selüloz, %	12	12	12	12	12	13	8,7
Ham yağ, %	4,5	4,9	3,3	4	3,9	3,2	3
Ham kül, %	9	9	9	9	8	9	7
Sodyum, %	0,38	0,38	0,38	0,39	0,4	0,4	0,25
Vitamin A, IU/kg	8000	8000	7000	8000	15000	15000	9000
Vitamin D <sub>3</sub> , IU/kg	2000	2000	1000	2000	3000	3000	1500
Vitamin E, mg/kg	-	-	-	-	30	30	20
Demir, mg/kg	100	100	100	100	50	50	50
İyot, mg/kg	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,8	0,8
Kobalt, mg/kg	0,2	0,2	0,2	0,2			0,15
Bakır, mg/kg	15	15	15	15	10	10	10
Mangan, mg/kg	75	75	75	75	50	50	50
Çinko, mg/kg	130	120	60	120	50	50	50
Selenyum, mg/kg	0,26	0,26	0,2	0,26	0,3	0,3	0,15

### 3.2. Metot

Deneme yemleri, ruminant ve kanatlı olmak üzere ve ruminant yemleri de büyütme, besi ve süt yemleri olmak üzere betimleyici istatistik analizleri için kategorize edilmiştir. Ayrıca, rakamlarda hiçbir değiştirme yapmadan (hatta yakın değerleri birleştirme yapmadan) fabrikanın etiket beyanlarına göre pelet yemlerin besin madde içerikleri de bağımsız değişken olarak ele alınarak, besin maddesi-pelet kalitesi ilişkisini yansıtmak üzere veriler yeniden kategorize edilmiştir.

#### 3.2.1. Kuru madde, ham kül ve tuz analizleri ile NÖM değerlerinin hesaplanması

Kuru madde analizi için, pelet yemlerden rastgele seçilen 5 pelet yem numunesi hassas terazi ile tartılarak ilk ağırlıkları belirlenmiştir. Kurutma fırınında  $105 \pm 2$  °C sıcaklıkta sabit ağırlığa gelinceye kadar (24 saat) bekletilmiştir, kurutma fırını sonrasında pelet yem numunelerinin ağırlıkları kaydedilmiştir. Bu işlem her pelet yem numunesi için 3'er tekerrür olarak yapılmıştır. Ham kül analizi için ise, hazırlanmış pelet yemler öğütülüp analiz numuneleri 3 tekerrür olacak şekilde hazırlanmıştır. Pelet yem numuneleri porselen krozelerin daraları not alındıktan sonra numunelerden 3 gram olacak şekilde tartımlar yapılmış ve kül fırınına dikkatli bir şekilde yerleştirilmiştir. Yakma sıcaklığı olan 550 °C'ye ayarlanmış ve yakma işlemi 4 saat devam etmiştir. İşlem sonrasında tüm pelet yem numunelerinin tartımları

yapılarak ilk ve son numuneler arasındaki farka göre ham kül oranı hesaplanmıştır (Kutlu, 2008).

**Tablo 3.2.** Deneme kullanılan bazı kanatlı pelet yemlerinin besin madde içerikleri

Besin madde içerikleri	P8 Yum Tav 1	P9 Yum Tav-3	P10 Yum Tav-4
Ham protein, %	17,2	16	17
Ham selüloz ,%	5,5	5	4,5
Ham yağ,%	4,3	3	4,3
Ham kül,%	12,3	12,5	13
Sodyum,%	0,14	0,15	0,16
Fosfor,%	0,56	0,65	0,65
Kalsiyum,%	3,8	3,8	4
Metiyonin,%	0,42	0,35	0,4
Lizin, %	0,85	0,75	0,8
Vitamin A, IU/kg	-	12000	12000
Vitamin D <sub>3</sub> , IU/kg	2500	2200	2200
Vitamin E, mg/kg	-	20	20
Demir, mg/kg	35	60	60
İyot, mg/kg	1	1	1
Kobalt, mg/kg	0,2	-	-
Bakır,mg/kg	5	5	5
Mangan, mg/kg	80	80	80
Çinko, mg/kg	50	60	60
Selenyum, mg/kg	0,2	0,15	0,15

Tuz analizi için, hazırlanmış pelet yem numunelerinden 2 tekerrür olacak şekilde 5 gramlık tartımlar yapılmıştır. Bu numuneler 500 ml'lik balon joje içerisine aktarılıp topaklanma olmaması için bir miktar saf su ilave edilip karıştırma işlemi yapıldıktan sonra 300-400 ml saf su ilave edilmiştir. Balon joje yatay çalkalıcıya yerleştirilip 30 dakika çalkalama işlemi uygulanmıştır. Çalkalama işlemi tamamlandıktan sonra berraklaşma sağlamak için 10 ml Carrez-1 çözeltisi (carrez-I çözeltisi: 21,9 g çinko asetat ve 3ml asedik asit bir miktar saf suda çözündürülerek son hacim saf su ile 100 ml tamamlanmıştır) ilave edilmiştir. 3-5 dakika bekledikten sonra Carrez-2 çözeltisi (Carrez -2 çözeltisi:10,6 g potasyum ferro siyanür bir miktar suda çözündürme işlemi yapıлып son hacim 100 ml tamamlanmıştır) ilave edilmiş ve balon joje, saf su ile çizgi kısmına kadar doldurulmuştur. Bu hazırlanmış olduğumuz numune çözeltilerini filtre kâğıdından süzerek 25-100 ml örnekler 250ml'lik erlene aktarılmıştır. Erlenin üzerine indikatör olarak 0,5 ml %5'lik potasyum kromat çözeltisi ilave edildikten sonra 0,1 N gümüş nitrat ile titre edilmiştir. Potasyum kromatın rengi sarı rengi turuncuya döndüğü an titrasyon işlemine son verilerek renkte dönmeler meydana gelip gelmediği tespit etmek için 1-

2 dk beklenip harcanan gümüş nitrat belirlenmiştir. Aynı numune iki paralel olarak uygulamaya alınmıştır ve bunların ortalaması kullanılmıştır (Şahan, 2016).

Titrasyon tamamlandıktan sonra harcanan gümüş nitrat miktarı aşağıdaki formüldeki yerine konulmuş % tuz miktarı hesaplanmıştır:

$$\%Tuz = \frac{V*005845*N}{E} * 100 \quad (3.1)$$

Bu formülde;

V= Harcanan gümüş nitrat (ml)

N= Kullanılan gümüş nitratin normalitesi,

E= Titrasyona giren çözeltideki g numune miktarıdır.

Bu tuz değerleri, excell ortamından SPSS 16.0 istatistik programına aktarılarak değerler arasındaki standart sapma değerleri 100 ile çarpılarak her yem çeşidi için hesaplanan ortalama değere bölünerek varyasyon katsayı hesaplanmak suretiyle, karışım homojeniteleri hesaplanmıştır.

Nitrojensiz öz madde (NÖM) analizi, yemlerin kuru madde değerlerinden, ham yağ, ham selüloz, ham protein ve ham kül değerlerinin çıkartılması ile hesaplanmıştır (Kutlu,2008). Elde edilen değerler Tablo 3.3'de gösterilmiştir.

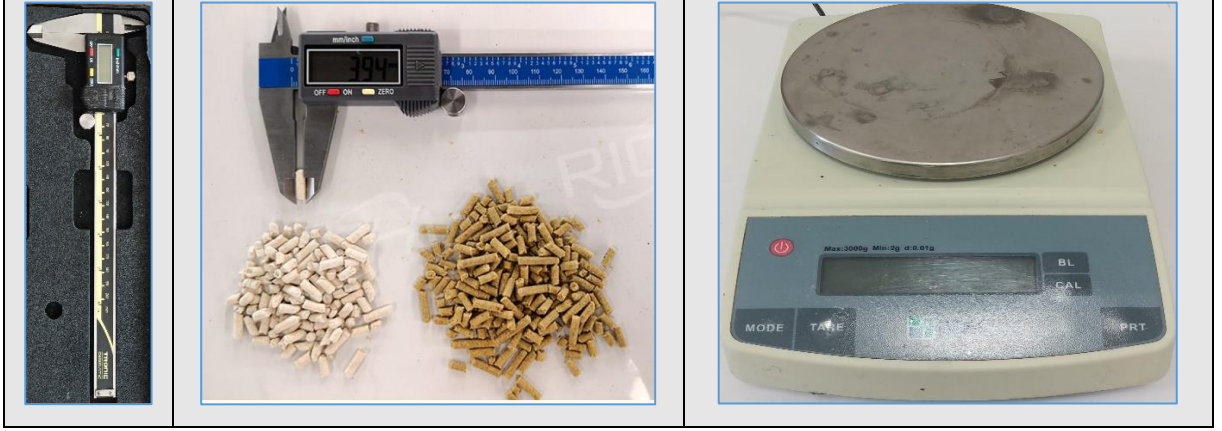
**Tablo 3.3.** Deneme yemlerinin nitrojensiz öz madde (NÖM) değerleri

Yemler	Kuru madde	Ham protein	Ham selüloz	Ham kül	Ham yağ	NÖM
P1 Süt 1	91,08	21	12	9	4,5	44,58
P2 Büyütme 1	89,47	17	12	9	4,9	46,57
P3 Besi 1	88,66	14	12	9	3,25	50,41
P4 Süt 2	93,81	19	12	9	4	49,81
P5 Süt 3	89,91	19	12	8	3,9	47,00
P6 Besi 2	89,37	15	13	9	3,2	49,17
P7 Büyütme 2	94,08	17	8,7	7	3	58,38
P8 Yum Tav 1	92,36	17,2	5,5	12,3	4,3	53,05
P9 Yum Tav-2	89,37	16	5	12,5	3	52,87
P10 Yum Tav-3	91,50	17	4,5	13	4,3	52,70

Yukarıdaki Tablo 3.3 incelendiğinde; en düşük NÖM değeri P1 süt yeminde, en yüksek NÖM değeri ise P7 büyütme yemi 2 örneğinde hesaplanmıştır. Yüksek NÖM değeri yemin içinde daha fazla tahıl (dolayısıyla nişasta) yer aldığı bir göstergesi olarak bu tez çalışmasında dikkate alınmıştır.

### 3.2.2. Pelet kalitesi ölçümleri

Pelet parça yoğunluğu, pelet boyutlarının ölçülmesi (boy, çap) yolu ile belirlenmiştir.



Şekil 3.2. Dijital kumpas ve hassas terazi

Pelet parça yoğunluğunun belirlenmesi için her pelet numunesinden rastgele olarak 40 adet pelet yem seçilerek ilk önce ağırlıkları not alınmış sonrasında silindir şeklinde olan peletlerin dijital kumpas ile boy ve çapları tek tek not edilmiştir, Elde edilen verilerden temel matematik ve fizik kurallarına göre, pelet yüzey alanı, hacmi ve parça yoğunlukları  $\text{kg/m}^3$  cinsinden hesaplamaları aşağıdaki formüle göre yapılmıştır. Hesaplama öncesi ölçülen metrik değerler kg ve metreye dönüştürülmüştür. Her pelet yem örneğinden 40 adet olmak üzere ölçümler 3 tekerrür olarak yapılmış ve sonuçlar aritmetik ortalaması alınarak belirlenmiştir (Yılmaz, 2014).

$$V_u = \frac{\pi d^2 l}{4} \quad (3.2)$$

$$P_u = \frac{m_u}{v_u} \quad (3.3)$$

Formülde;

$V_u$ : Tek pelet hacmi ( $\text{m}^3$ )

d: Pelet çapı (m)

l: Pelet uzunluğu (m)

$P_u$ : Pelet parça yoğunluğu ( $\text{kg/m}^3$ )

$m_u$ : Tek pelet ağırlığı (kg)

Peletlerin yemlerin hacim yoğunluğu EN 15103 (2009) standardına göre belirlenmiştir. Bu yöntem üzerinde, kap hacmi bakımından bazı düzenlemeler yapılarak, numune peletler 754 ml hacime (134,5 mm çap x 53 mm yükseklik) sahip bir kap içerisine 200-300 mm yükseklikten bir koni oluşacak şekilde tam olarak doldurulmuştur. Doldurma işleminden sonra, kap 3 kez yaklaşık olarak 150 mm yükseklikten serbest olarak sert zemin üzerine bırakılmıştır (Yılmaz, 2014).



**Şekil 3.3.** Pelet hacim yoğunluğu testinde kullanılan kap

Daha sonra, düz ve uzun bir ahşap malzeme ile kabın üst kısmındaki fazla peletler kap dışına taşınmış ve kabın üst kısmındaki daha büyük boşluklar doldurulmuştur. Pelet yem ile dolu kabın ağırlığı not edilmiş bu işlem her numune için 3 tekerrür olarak ölçüm yapılmış ve ortalaması belirlenmiştir. Pelet hacim yoğunluğu  $\text{kg/m}^3$  olarak, aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır.

$$p_{hy} = \frac{m_2 - m_1}{V} \quad (3.4)$$

Eşitlikte;

$P_{hy}$ : Pelet hacim yoğunluğu ( $\text{kg/m}^3$ )

$m_1$ : Boş kabın ağırlığı (kg)

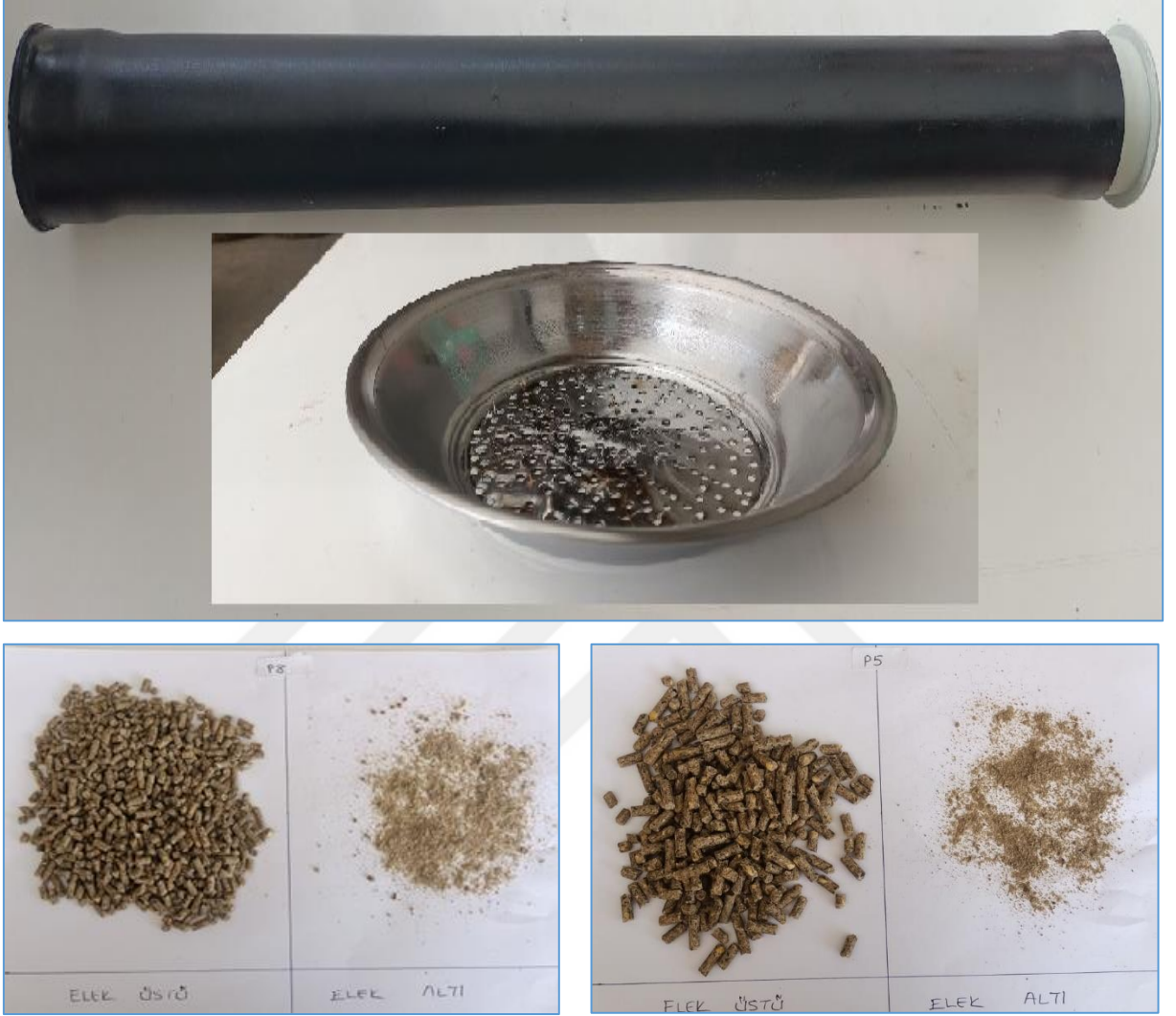
$m_2$ : Pelet dolu kabın ağırlığı (kg)

$V$ : Kabın net hacmi ( $\text{m}^3$ )

Pelet dayanıklılık direnci, tüp testi yöntemi ile tespit edilmiştir. Tüp testinde boru ebatlarında yapılan yeni düzenlemeler ile ilk önce 50 cm uzunluğundaki bir boru içine 100 gram pelet yem tartılarak konulmuştur. Boru içine peletlerin dağılmasını arttırabilmek için çelik



somon ilave edilmiştir. İlk önce, pelet yem örnekleri 3.15 mm çaplı yuvarlak delikli elek yardımı ile elenmiş, sonra, 5 dakika süreyle 300 tur olacak şekilde döndürme işlemi yapılmıştır (Yılmaz, 2014).



**Şekil 3.4.** Dayanıklılık testi sonucu (tavuk pelet yem-sığır pelet yem)

Bu işlem her bir pelet yem örneği için 3 kez tekrarlanmıştır. Test sonrası peletler, boru içerisinde dışarı çıkarılarak 3.15 mm elek yardımı ile eleme işlemi yapılmıştır. Bu işlem sonrasında elek üstü pelet yem örneklerinin tartımları yapılmıştır. Peletlerin dayanıklılık dirençleri, aşağıdaki eşitlik yardımı ile yüzde (%) olarak hesaplanmıştır:

$$Dd = \frac{m_a}{m_e} * 100 \quad (3.5)$$

Eşitlikte;

Dd: Dayanıklılık direnci (%)

$m_c$ : Test öncesi elenmiş pelet ağırlığı (g)

$m_a$ : Test sonrası elenmiş pelet ağırlığı (g)

Pelet kırılma direncinin belirlenmesinde peletler içerisinde rastgele seçilen 3 adet pelet yem numunesi 1.85 m yükseklikten sert bir zemine 4 kez düşürülme işlemi yapılmıştır.



Şekil 3.5. Kırılma direnci testi sonucu (tavuk pelet yem-sığır pelet yem)

Bu işlem sonrasında numune peletler 3.15 mm yuvarlak delik çaplı elek kullanılarak elenmiştir. Test sonrasında hassas terazi ile ölçüm yapılarak oluşan kayıplar belirlenmiştir. Pelet yemlerde meydana gelen ağırlık kaybına bağlı olarak pelet yemlerin kırılma direnci test sonrası ve önceki ağırlığın oranı ile % olarak belirlenmiştir (Yılmaz, 2014).

$$\text{Pelet kırılma direnci (\%)} = \frac{\text{son tartım}(g)}{\text{ilk tartım}(g)} \quad (3.6)$$

Peletlerin nem alma dirençleri, pelet yem ağırlığındaki değişim yolu ile belirlenmiştir. Bu testte rastgele seçilen 5 pelet yem numunesi hassas terazi ile tartılarak ilk ağırlıkları belirlenmiştir. Kurutma fırınında  $105 \pm 2^\circ\text{C}$  sıcaklıkta sabit ağırlığa gelinceye kadar (24 saat) bekletilmiştir, kurutma fırını sonrasında pelet yem numunelerinin ağırlıkları kaydedilmiştir.



Şekil 3.6. Kurutma fırını ve iklimlendirme kabini

Peletler daha sonra 27°C sıcaklık ve %90 nem içeriğine sahip iklimlendirme kabininde 24 saat süreyle bekletilmiştir. Test sonunda peletler iklimlendirme kabininden alındıktan sonra tekrar tartılmış ve peletlerin son ağırlıkları kaydedilmiştir. Pelet yemlerin nem alma dirençleri aşağıdaki eşitlik yardımı ile yüzde (%) olarak hesaplanmıştır (Liu ve ark., 2013).

$$M = \frac{m_{p2} - m_{p3}}{m_{p2} - m_{p1}} * 100 \quad (3.7)$$

Eşitlikte;

M: Pelet nem içeriği (%)

$m_{p1}$ : Boş kuru örnek kabının ağırlığı (g)

$m_{p2}$ : Kurutma öncesi kuru örnek kabı ve peletlerin ağırlığı (g)

$m_{p3}$ : Kurutma sonrası kuru örnek kabı ve peletlerin ağırlığı (g)



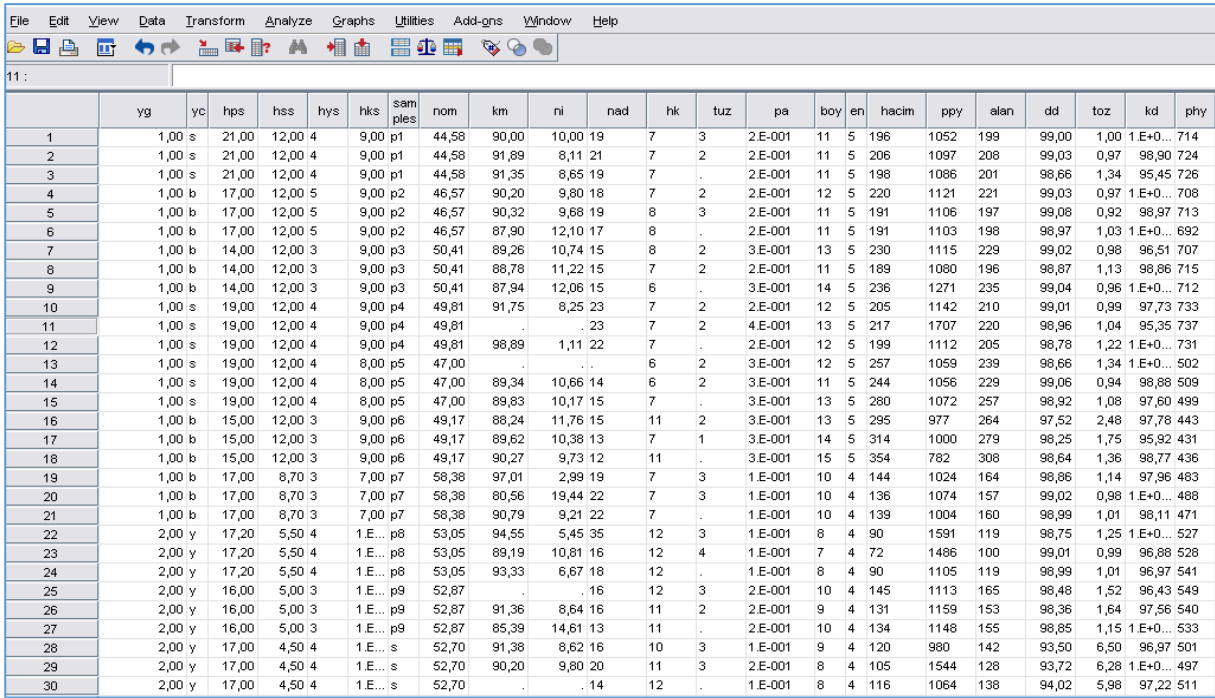
Şekil 3.7. Pelet yemlerin nem alma denemesi öncesi görüntüleri



Şekil 3.8. Pelet yemlerin nem alma denemesi sonrası görüntüleri

### 3.2.3. İstatistiki analizler

Tez çalışmasında analizler sonucu elde edilen verilerin önce Microsoft Excel ve daha sonra da kodlanarak SPSS ortamına taşınması suretiyle veri güvenliği sağlanmıştır (Şekil 3.9). Toplanan 10 pelet yem, istatistiki analiz için ruminant ve kanatlı yemleri olmak üzere iki sınıfa ayrılmak suretiyle, ruminant yemleri ise kendi içinde büyütme, besi ve süt yemi olmak üzere üçe ayrılmak suretiyle ve aynı zamanda fabrika analizlerine dayalı besin madde içerikleri ile NÖM değerleri de bağımsız değişken olarak dikkate alınarak Tek Yönlü Varyans Analizi (SPSS'in Windows sürümü, salınım 16.00) ile veriler değerlendirilmiştir. Ortalamaların karşılaştırılmasında aynı istatistik programı içinde yer alan Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılmıştır.



	yg	yc	hps	hss	hys	hks	sam ples	nom	km	ni	nad	hk	tuz	pa	boy	en	hacim	ppy	alan	dd	toz	kd	phy
1	1,00	s	21,00	12,00	4	9,00	p1	44,58	90,00	10,00	19	7	3	2.E-001	11	5	196	1052	199	99,00	1,00	1.E+0...	714
2	1,00	s	21,00	12,00	4	9,00	p1	44,58	91,89	8,11	21	7	2	2.E-001	11	5	206	1097	208	99,03	0,97	98,90	724
3	1,00	s	21,00	12,00	4	9,00	p1	44,58	91,35	8,65	19	7	.	2.E-001	11	5	198	1086	201	98,66	1,34	95,45	726
4	1,00	b	17,00	12,00	5	9,00	p2	46,57	90,20	9,80	18	7	2	2.E-001	12	5	220	1121	221	99,03	0,97	1.E+0...	708
5	1,00	b	17,00	12,00	5	9,00	p2	46,57	90,32	9,68	19	8	3	2.E-001	11	5	191	1106	197	99,08	0,92	98,97	713
6	1,00	b	17,00	12,00	5	9,00	p2	46,57	87,90	12,10	17	8	.	2.E-001	11	5	191	1103	198	98,97	1,03	1.E+0...	692
7	1,00	b	14,00	12,00	3	9,00	p3	50,41	89,26	10,74	15	8	2	3.E-001	13	5	230	1115	229	99,02	0,98	96,51	707
8	1,00	b	14,00	12,00	3	9,00	p3	50,41	88,78	11,22	15	7	2	2.E-001	11	5	189	1080	196	98,87	1,13	98,86	715
9	1,00	b	14,00	12,00	3	9,00	p3	50,41	87,94	12,06	15	6	.	3.E-001	14	5	236	1271	235	99,04	0,96	1.E+0...	712
10	1,00	s	19,00	12,00	4	9,00	p4	49,81	91,75	8,25	23	7	2	2.E-001	12	5	205	1142	210	99,01	0,99	97,73	733
11	1,00	s	19,00	12,00	4	9,00	p4	49,81	.	.	23	7	2	4.E-001	13	5	217	1707	220	98,96	1,04	95,35	737
12	1,00	s	19,00	12,00	4	9,00	p4	49,81	98,89	1,11	22	7	.	2.E-001	12	5	199	1112	205	98,78	1,22	1.E+0...	731
13	1,00	s	19,00	12,00	4	8,00	p5	47,00	.	.	.	6	2	3.E-001	12	5	257	1059	239	98,66	1,34	1.E+0...	502
14	1,00	s	19,00	12,00	4	8,00	p5	47,00	89,34	10,66	14	6	2	3.E-001	11	5	244	1056	229	99,06	0,94	98,88	509
15	1,00	s	19,00	12,00	4	8,00	p5	47,00	89,83	10,17	15	7	.	3.E-001	13	5	260	1072	257	98,92	1,08	97,60	499
16	1,00	b	15,00	12,00	3	9,00	p6	49,17	88,24	11,76	15	11	2	3.E-001	13	5	295	977	264	97,52	2,48	97,78	443
17	1,00	b	15,00	12,00	3	9,00	p6	49,17	89,62	10,38	13	7	1	3.E-001	14	5	314	1000	279	98,25	1,75	95,92	431
18	1,00	b	15,00	12,00	3	9,00	p6	49,17	90,27	9,73	12	11	.	3.E-001	15	5	354	782	308	98,64	1,36	98,77	436
19	1,00	b	17,00	8,70	3	7,00	p7	58,38	97,01	2,99	19	7	3	1.E-001	10	4	144	1024	164	98,86	1,14	97,96	483
20	1,00	b	17,00	8,70	3	7,00	p7	58,38	80,56	19,44	22	7	3	1.E-001	10	4	136	1074	157	99,02	0,98	1.E+0...	488
21	1,00	b	17,00	8,70	3	7,00	p7	58,38	90,79	9,21	22	7	.	1.E-001	10	4	139	1004	160	98,99	1,01	98,11	471
22	2,00	y	17,20	5,50	4	1.E...	p8	53,05	94,55	5,45	35	12	3	1.E-001	8	4	90	1591	119	98,75	1,25	1.E+0...	527
23	2,00	y	17,20	5,50	4	1.E...	p8	53,05	89,19	10,81	16	12	4	1.E-001	7	4	72	1486	100	99,01	0,99	96,88	528
24	2,00	y	17,20	5,50	4	1.E...	p8	53,05	93,33	6,67	18	12	.	1.E-001	8	4	90	1105	119	98,99	1,01	96,97	541
25	2,00	y	16,00	5,00	3	1.E...	p9	52,87	.	.	16	12	3	2.E-001	10	4	145	1113	165	98,48	1,52	96,43	549
26	2,00	y	16,00	5,00	3	1.E...	p9	52,87	91,36	8,64	16	11	2	2.E-001	9	4	131	1159	153	98,36	1,64	97,56	540
27	2,00	y	16,00	5,00	3	1.E...	p9	52,87	85,39	14,61	13	11	.	2.E-001	10	4	134	1148	155	98,85	1,15	1.E+0...	533
28	2,00	y	17,00	4,50	4	1.E...	s	52,70	91,38	8,62	16	10	3	1.E-001	9	4	120	980	142	93,50	6,50	96,97	501
29	2,00	y	17,00	4,50	4	1.E...	s	52,70	90,20	9,80	20	11	3	2.E-001	8	4	105	1544	128	93,72	6,28	1.E+0...	497
30	2,00	y	17,00	4,50	4	1.E...	s	52,70	.	.	14	12	.	1.E-001	8	4	116	1064	138	94,02	5,98	97,22	511

Şekil 3.9. Deneme verilerin SPSS ortamına taşınması

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Ruminant ve kanatlı pelet yemlerin karşılaştırılması

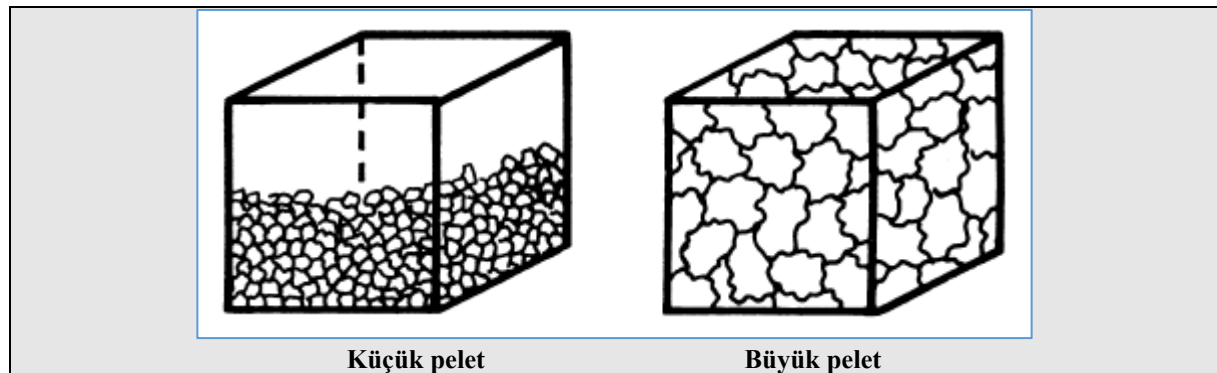
Tez çalışmasında dijital kumpas ve elektronik terazi yardımıyla pelet yemlerin bazı fiziksel özellikleri tespit edilmiştir. Bu özellikler parça ağırlığı, pelet boyu, çapı, yüzey alanı, hacmi ve pelet parça yoğunluğudur. Toplanan pelet yemler, ruminant ve kanatlı yemleri olarak ikiye gruplandırılarak, bu yemlerin özelliklerinin de ortaya konulması sağlanmıştır.

**Tablo 4.1.** Peletlerin parça ağırlığı ile bazı fiziksel özellikleri

Yem grupları	Parça ağırlığı, g	Boyu, mm	Çapı, mm	Yüzey alanı, mm <sup>2</sup>	Hacim, mm <sup>3</sup>	Pelet parça yoğunluğu, Kg/m <sup>3</sup>
Ruminant	0,24 <sup>a</sup>	11,90 <sup>a</sup>	4,82 <sup>a</sup>	217,92 <sup>a</sup>	220,93 <sup>a</sup>	1097,27
Kanatlı	0,14 <sup>b</sup>	8,67 <sup>b</sup>	4,02 <sup>b</sup>	135,40 <sup>b</sup>	111,36 <sup>b</sup>	1243,35
SH	0,013	0,363	0,092	9,296	12,799	35,694
<b>P değerleri</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,059</b>

<sup>a,b</sup>: ortalamalar arasında farklar istatistiki olarak önemlidir (P<0,001)

Peletlerin parçaları ile ilgili fiziksel özellikler incelendiğinde; ruminant pelet yemlerinin tavuk pelet yemlerine göre daha ağır (0,24-0,14 g/parça), uzun (11,90-8,67 mm) ve kalın (4,82-4,02 mm) parçaya sahip olduğu (P<0.001), daha fazla yüzey alanına (217,92-135,40 mm<sup>2</sup>) ve hacmine (220,93-111,36 mm<sup>3</sup>) sahip olduğu (P<0.001) Tablo 4.1'den anlaşılmaktadır. Ayrıca, pelet parça yoğunluğu bu şekilde azalmıştır (Şekil 4.1). Ruminant yemlerin parça büyüklüğünün fazla olması, bu yemlerin hayvan ağız anatomilerinin dikkate alınarak yapıldığını göstermektedir. Her ne kadar istatistiki olarak önemli olmasa da, pelet parça yoğunluğuna bakıldığında, ruminant yemlerinin daha seyreltik hazırlandığı görülmektedir. Bu da pelet presine ruminant yemin içinde yer alan yaklaşık %12-13'e ulaşan ham selüloz miktarından ileri geldiği yüksek muhtemeldir.



**Şekil 4.1.** Pelet parça boyutunun pelet parça yoğunluğuna etkisi (Anonim,2009)

**Tablo 4.2.** Pelet yemlerin bazı besin madde içeriklerine göre nem alma ile ilgili özellikleri

Yem grupları	Kuru Madde, %	Nem,%	Ham kül,%	Tuz,%	Nem alma ,%
Ruminant	90,22	9,79	7,30	2,21	18,04
Kanatlı	90,77	9,23	11,36	3,09	18,15
SH	0,674	0,674	0,404	0,136	0,828
<b>P değerleri</b>	<b>0,719</b>	<b>0,719</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,952</b>

<sup>a,b</sup>: ortalamalar arasında farklar istatistiki olarak önemlidir (P<0,001)

Piyasadan temin edilen pelet numuneleri hayvan türlerine göre gruplandırıldığında, ham kül (%7,30-11,36) ve tuz (%2,21-3,09) içerikleri (P<0,01) dışında, kuru madde ve nem alma durumu bakımından ruminant yemleri ile kanatlı yemleri arasında önemli bir farkın olmadığı saptanmıştır (Tablo 4.2). Ham kül ve tuz içeriklerinin kanatlı yemlerinde ruminant yemlerine göre daha yüksek saptanması yumurta tavuğu yemi olmasından dolayıdır.

Pelet yemler, hayvan türlerine göre dayanıklılık parametreleri bakımından karşılaştırıldığında, ruminant yemlerinin daha yüksek dayanıklılık oranına (%98,83-97,06, P<0,01) sahip olduğu, kırılma direnci (%98,42-98,00, P>0,05) ve parça hacim yoğunluğunun (613,02-525,40, P<0,01) daha yüksek olduğu saptanmıştır (Tablo 4.3). Tozlanma durumundan da anlaşıldığı üzere, dayanıklılığı düşük olan pelet yemler daha fazla tozlanmış olduğu Tablo 4.3'den anlaşılmaktadır. Tozlanma oranı daha yüksek olan yemlerin taşımaya karşı daha duyarlı olacağı göz ardı edilmeyeceği ortaya çıkmıştır. Zira Winowiski (2014), kısa peletlerin ve tozların pelet çuvallarında veya yığında daha ziyade yığının yüzeyi boyunca yuvarlanmak yerine yığının dibine doğru süzülme ve delikleri doldurma eğiliminde olduklarını ve peletlerin doğal olarak ayrışmasına neden olduklarını belirtmiştir. Bu bakımından bu tez çalışmasında toplanan tavuk pelet yemlerinin özellikle yükleme, taşıma, boşaltma ve çiftlik içinden nakli esnasında ufalanmaya eğiliminin daha fazla olabileceği söylenebilir.

**Tablo 4.3.** Pelet yemlerin bazı besin madde içeriklerine göre dayanıklılık ile ilgili özellikleri

Yem grupları	Dayanıklılık, %	Tozlanma oranı, %	Kırılma direnci, %	Parça hacim yoğunluğu, kg/m <sup>3</sup>
Ruminant	98,83	1,17	98,42	613,02
Kanatlı	97,06	2,92	98,00	525,40
SH	0,288	0,288	0,280	20,538
<b>P değerleri</b>	<b>0,003</b>	<b>0,003</b>	<b>0,506</b>	<b>0,049</b>

<sup>a,b</sup>: ortalamalar arasında farklar istatistiki olarak önemlidir (P<0,001)

## 4.2.Ruminant pelet yemlerinin karşılaştırılması

Ruminant yemleri kendi içinde büyütmeye, besi ve süt yemi olarak gruplandırıldığında pelet yemler arasında kalite bakımından önemli farklılıkların olduğu aşağıdaki Tablo 4.4, 4.5 ve 4.6'dan anlaşılmaktadır.

**Tablo 4.4.** Ruminant pelet yemlerin ağırlığı ile bazı fiziksel özellikleri

Ruminant yemleri	Parça ağırlığı, g	Boy, mm	Çapı, mm	Yüzey alanı, mm <sup>2</sup>	Hacim, mm <sup>3</sup>	Pelet parça yoğunluğu, Kg/m <sup>3</sup>
Büyütme	0,18 <sup>b</sup>	10,74 <sup>a</sup>	4,46 <sup>b</sup>	182,62 <sup>c</sup>	169,98 <sup>b</sup>	1072,01
Besi	0,27 <sup>a</sup>	13,27 <sup>b</sup>	5,05 <sup>a</sup>	251,84 <sup>a</sup>	269,60 <sup>a</sup>	1037,45
Süt	0,26 <sup>a</sup>	11,76 <sup>a</sup>	4,90 <sup>a</sup>	218,84 <sup>b</sup>	222,45 <sup>a</sup>	1153,98
SH	0,013	0,309	0,081	8,283	12,179	36,180
<b>P değerleri</b>	<b>0,008</b>	<b>0,002</b>	<b>0,008</b>	<b>0,002</b>	<b>0,003</b>	<b>0,393</b>

<sup>ab</sup>: ortalamalar arasında farklar istatistiki olarak önemlidir (P<0,001)

Büyütme yemlerinin parça ağırlıkları besi ve süt yemlerine göre daha düşük bulunmuş, bunun sebebinin pelet boy ve çaplarının süt ve besi yemlerinde daha yüksek olmasına bağlanmıştır. Besi ve süt yemlerinin daha fazla yüzey alanı ve hacme sahip oldukları görülmektedir. Ancak, pelet parça yoğunluğu bakımından tüm ruminant yemlerinin aynı yoğunlukta hazırlanmış olduğu anlaşılmıştır.

**Tablo 4.5.** Ruminant pelet yemlerin nem alma ile ilgili özellikleri

Ruminant yemleri	Kuru madde	Nem	Ham kül	Tuz	Nem alma oranı, %
Büyütme	89,46	10,54	7,23	2,64 <sup>a</sup>	19,70 <sup>a</sup>
Besi	89,02	10,98	8,15	1,86 <sup>b</sup>	14,38 <sup>b</sup>
Süt	91,86	8,13	6,78	2,16 <sup>ab</sup>	19,54 <sup>a</sup>
SH	0,838	0,838	0,28	0,201	0,775
<b>P değerleri</b>	<b>0,330</b>	<b>0,330</b>	<b>0,13</b>	<b>0,064</b>	<b>0,002</b>

<sup>ab</sup>: ortalamalar arasında farklar istatistiki olarak önemlidir (P<0,001)

**Tablo 4.6.** Ruminant pelet yemlerin dayanıklılık ile ilgili özellikleri

Ruminant yemleri	Dayanıklılık, %	Tozlanma oranı, %	Kırılma direnci, %	Parça hacim yoğunluğu, kg/m <sup>3</sup>
Büyütme	98,99 <sup>a</sup>	1,01 <sup>b</sup>	99,17	592,41
Besi	98,56 <sup>b</sup>	1,44 <sup>a</sup>	97,97	573,93
Süt	98,90 <sup>ab</sup>	1,10 <sup>ab</sup>	98,21	652,82
SH	0,079	0,078	0,340	27,426
<b>P değerleri</b>	<b>0,076</b>	<b>0,076</b>	<b>0,376</b>	<b>0,462</b>

<sup>ab</sup>: ortalamalar arasında farklar istatistiki olarak önemsizdir (P>0,05)

Avrupa Pelet Konseyi tarafından; pelet çaplarının, kullanım amacına bağlı olarak 6 ( $\pm$ 1) veya 8 ( $\pm$ 1) mm çapında olması gerektiği rapor edilmiştir (ENplus, 2015). Bu tez çalışmasında ölçülen peletlerin bu standardı daha dūřuk olduğu görülmektedir. Ancak bu pelet standardı, odun (yakıt) peletleri için olup ülkemizde hayvan yemi için karşılaştıracak bir standart bulunmamaktadır.

Ruminant yemleri kendi içinde nem alma parametreleri bakımından incelendiğinde, kuru madde ve ham kül bakımından istatistiki bir farklılık göstermemelerine rağmen, besi yeminin daha az kuru madde içermesi, ham kül düzeyinin daha fazla olması ve tuz içeriğinin de dūřuk olması daha az su tutmalarına sebep olmuştur. Ruminant yemleri kendi içinde dayanıklılık parametreleri bakımından incelendiğinde, istatistiki bir farklılık göstermemelerine rağmen, besi yeminin daha az dayanıklılık oranı, daha fazla tozlanma, daha az kırılma direnci ve buna mukabil daha dūřuk parça hacim yoğunluğu göstermesi, içerdiği yüksek külden kaynaklanabilir.

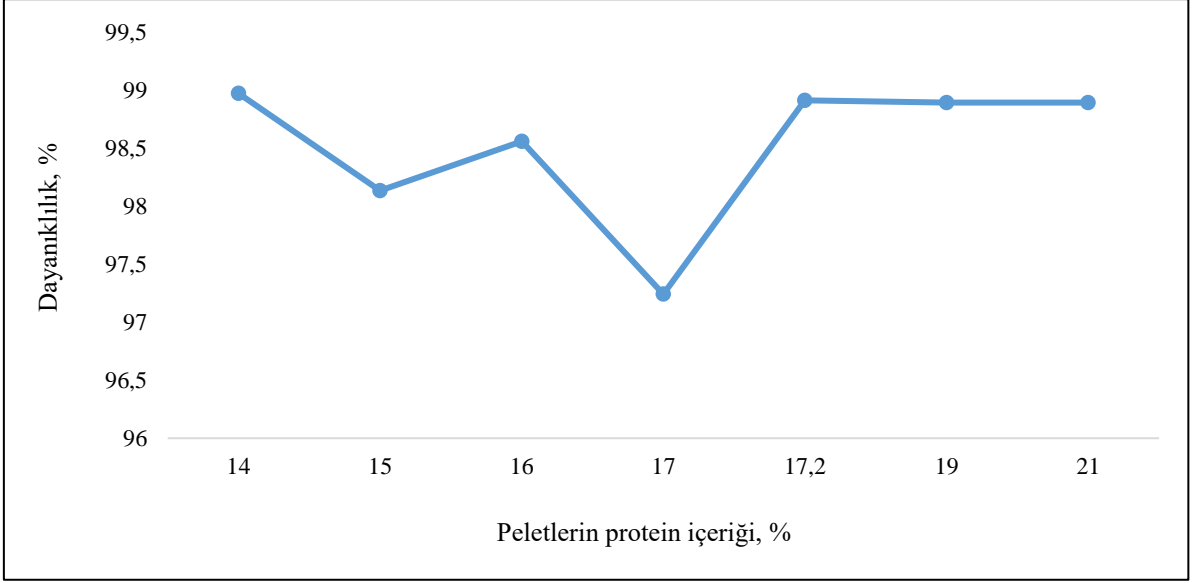
#### 4.3. Pelet kalitesinin yemin besin madde içeriklerine göre değişimleri

Tez çalışmasında toplanan yemler fabrika ham protein analizlerine göre gruplandırıldıklarında, diğer bir değişle bağımsız değişken olarak pelet yemlerin ham protein içerikleri ele alındıklarında, pelet yemdeki ham protein içeriğinin peletlerin dayanıklılık özelliklerini etkilemediği ortaya çıkmıştır.

**Tablo 4.7.** Pelet yemlerin protein seviyesine göre dayanıklılık özellikleri

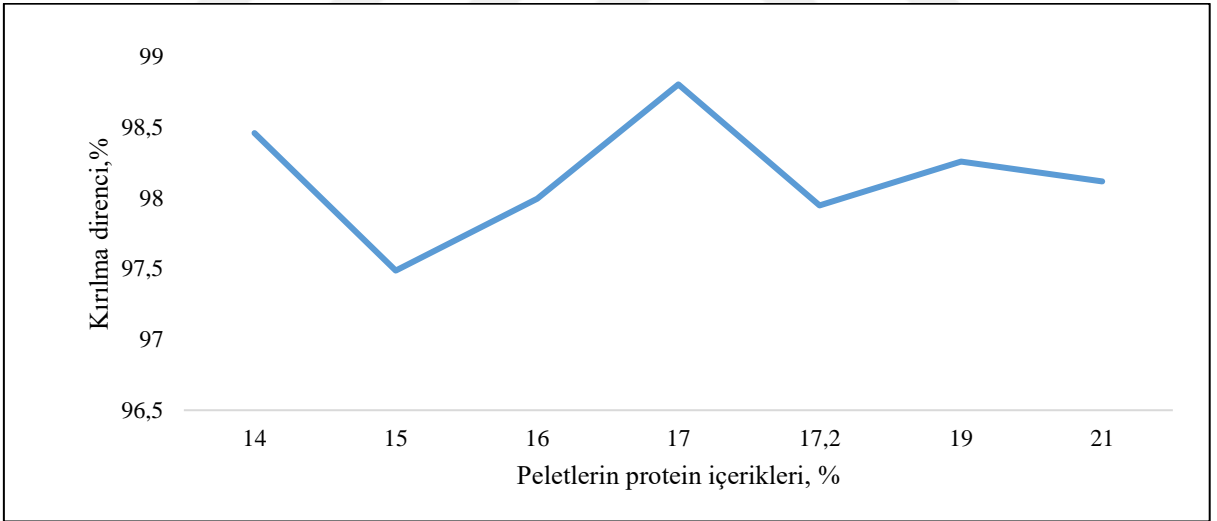
Protein seviyesi, %	Dayanıklılık, %	Kırılma direnci, %	Nem alma oranı, %
14,0	98,98	98,46	15,21
15,0	98,14	97,49	13,54
17,0	98,56	97,70	15,19
17,2	97,24	98,80	18,60
19,0	98,92	97,95	22,85
21,0	98,89	98,26	19,42
SH	0,29	0,280	0,828
<b>P değerleri</b>	<b>0,395</b>	<b>0,926</b>	<b>0,102</b>





**Şekil 4.2.** Pelet yemlerin protein içeriğine göre dayanıklılık oranları (P=0.395)

Şekil 4.2 incelendiğinde, pelet yemlerin protein içeriklerini onların dayanıklılığını önemli ölçüde etkilemediği görülmektedir (P>0,05). Stevens (1987) ve Winowiski (1988), mısır içeren pelet yemlerle buğday içeren pelet yemi mukayese etmişler, buğdayın daha yüksek ham protein içeriğinin (%8-13) dayanıklılıkta etkili olduğunu bildirmişlerdir.

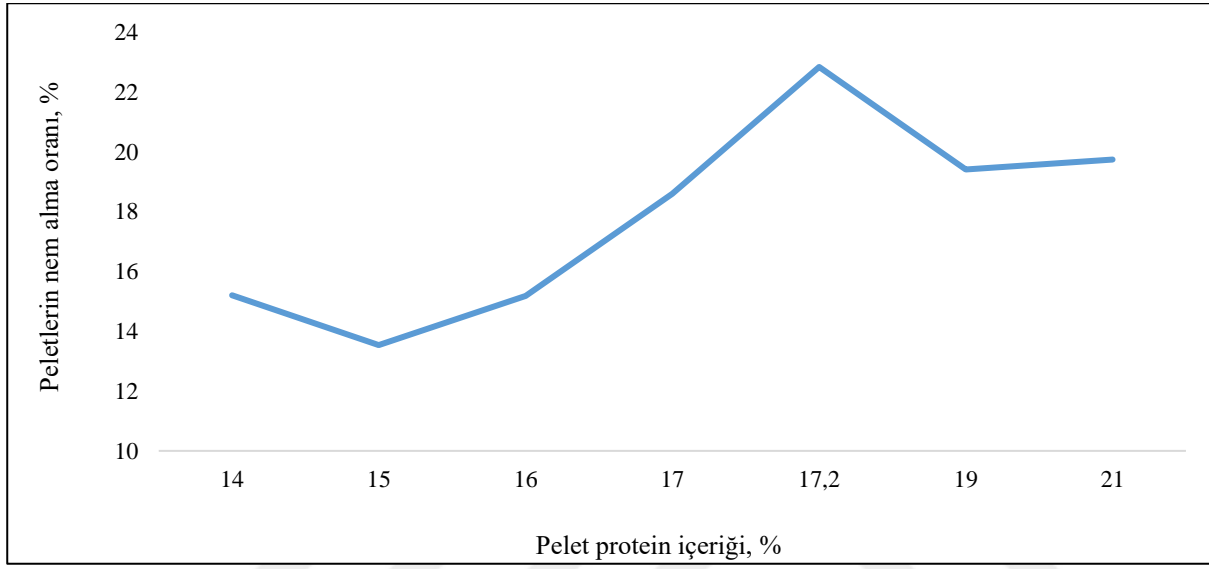


**Şekil 4.3.** Pelet yemlerin protein içeriğine göre kırılma dirençleri (P=0.926)

Bu bulgu yapılan bir çalışma ile uyumludur. Briggs ve ark. (1999), bir tavuk yeminde protein içeriğini artırmanın %16,3'ten %21'e artırmanın ortalama pelet dayanıklılığını %75,8'den %88,8'e çıkardığını saptamışlardır. Ancak, grafikte görülen gözlemsel farklılıklar, pelet yemlerin ruminant yemi veya kanatlı yemi oluşları ile ilgili olmakla birlikte önemli bir etkiye rastlanılmamıştır. Bunun yanında, süt yemlerinin içerdikleri üre, organik olmadığından

nem alma oranlarını beklenildiği kadar arttırmadığından dayanıklılık ve kırılma dirençlerinde önemli bir değişikliğe yol açmadığı söylenebilir (Cozzi ve ark., 2002).

Şekil 4.3 incelendiğinde, pelet yemlerin protein içeriklerinin onların kırılma dirençlerini önemli ölçüde etkilemediği görülmektedir ( $P>0,05$ ). Ancak, Şekil 4.2’de görülen gözlemsel farklılıklar, pelet yemlerin ruminant yemi veya kanatlı yemi oluşları ile ilgili olmakla birlikte önemli bir etkiye rastlanılmamıştır.



**Şekil 4.4.** Pelet yemlerin protein içeriğine göre nem alma oranları ( $P=0.102$ )

Şekil 4.4 incelendiğinde, pelet yemlerin protein içerikleri onların nem alma kapasitesini istatistiki olarak etkilememiştir. İstatistiki olarak önemli olmamakla birlikte, %17 ve üzeri ham protein içerikli peletler 24 saat süre ile 27 °C de ve %90 nemli bir ortamda tutulduklarında, daha fazla su aldıkları görülmüştür. Bu durum, biyokimyasal olarak, proteinlerin daha higroskopik olmaları ile açıklanabilir. Özellikle, protein içeriğinin %15’den fazla artması durumunda yemlerin nem alma potansiyelinin arttığı görülmektedir. Bu da depolama açısından bakıldığında, protein içeriği yüksek karma yemlerin nem geçirmez ambalajlarda ve nem içeriği düşük ortamlarda muhafaza edilmesinin daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır. RICHI (2023) teknolojisinin klavuz bilgilerine göre, protein (glüten) ve hemi-selüloz içeriği yüksek olan pelet yemlerde dayanıklılığın yüksek olabileceği belirtilmiştir. Deneme yemlerinde kullanılan ham maddelerin dahil oranları etiket bilgilerinde yer almadığından bu konuda gerçeli bir tartışma yapmak mümkün görülmemektedir. Proteinin, nisastaya göre, pelet kalitesi üzerinde daha belirleyici etkiye sahip olduğu belirtilmektedir (Basmacıoğlu, 2004). Pelet bağlanmasına neden olan nişasta jelatinizasyonu kadar protein denatürasyonu gibi

fizyokimyasal reaksiyonların da pelet oluşumunda rolü bulunmaktadır (Loar ve Corzo, 2011). Ancak, bu tez çalışmasında pelet yem numunelerinin sahip oldukları ham protein içerikleri pelet kalitesini etkileyecek düzeyde olmayıp yem içine katılan üre de ham protein içeriğini değiştirebileceğinden bu konuda daha özellikli çalışmalara gereksinim duyulmaktadır.

Bu tez çalışmasındaki bulguların aksine, Çakmak (2019), Spearman korelasyon analizinde kullanılan rasyonların besin maddelerinden proteinlerin (Rho = -0,378) ve selülozun (Rho= -0,273) pelet kalitesi üzerine negatif yönlü bir etki oluşturduğu sonucu bildirilmiştir.

**Tablo 4.8.** Pelet yemlerin ham selüloz seviyesine göre dayanıklılık özellikleri

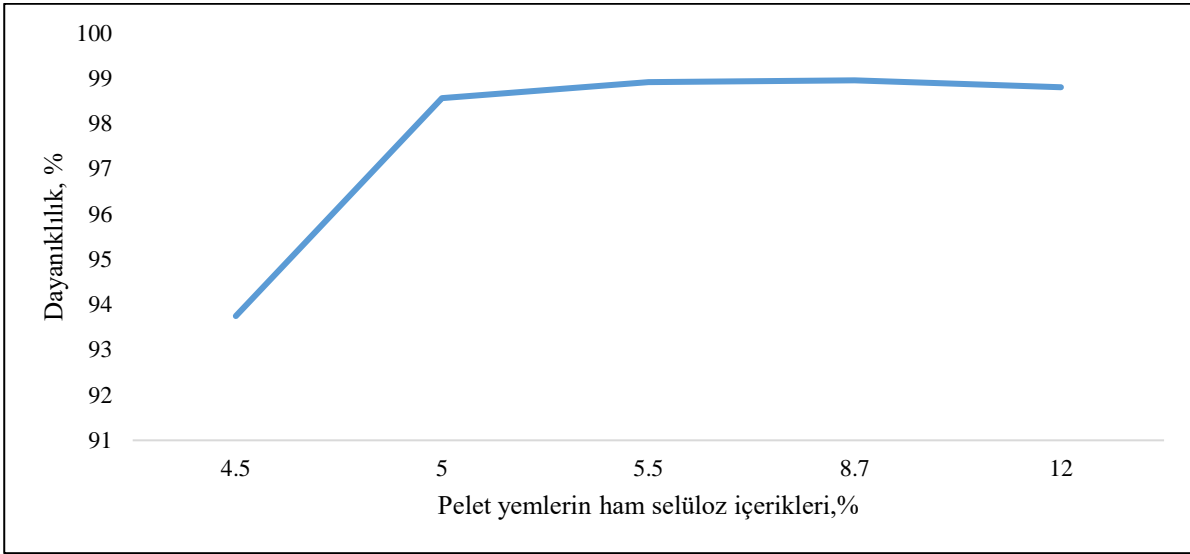
Ham selüloz seviyesi, %	Dayanıklılık, %	Kırılma direnci, %	Nem alma oranı, %
4,5	93,75 <sup>a</sup>	98,06	16,41
5,0	98,56 <sup>b</sup>	98,00	15,19
5,5	98,92 <sup>b</sup>	97,95	22,85
8,7	98,96 <sup>b</sup>	98,69	21,33
12,0	98,81 <sup>b</sup>	98,37	17,46
SH	0,288	0,280	0,828
<b>P değerleri</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,971</b>	<b>0,125</b>

<sup>a,b</sup>: ortalamalar arasında farklar istatistiki olarak önemlidir (P<0,01)

Deneme yemleri, fabrika ham selüloz analizlerine göre gruplandırıldıklarında, diğer bir deyişle bağımsız değişken olarak pelet yemlerin ham selüloz içerikleri ele alındıklarında, pelet yemdeki ham selüloz içeriğinin peletlerin dayanıklılığını (P<0,001) istatistiki olarak önemli derecede etkilediği ortaya çıkmıştır. En düşük ham selüloz seviyesine sahip pelet yemde, dayanıklılık oranı da aynı derecede düşük bulunmuştur (P<0,001). Pelet dayanıklılığı, peletin depolama ve nakliye sırasında yıpranmaya karşı direnci olup pelet yemlerin, hayvanların yemliğine ulaşana kadar maruz kaldıkları fiziksel uyarıların (dökülme, doldurulma, yükleme, taşınma, boşaltılma, yeniden yığma vs), pelet yemlerde ister istemez uflanmalara yol açacağı bilinen bir gerçektir. Bu tez çalışmasında elde edilen bulgulardan, selüloz içeriği düşük yemlerin uflanmalara karşı daha hassas olabileceği anlaşılmaktadır.

Dayanıklılık bakımından, %5 ve üzeri seviyede ham selüloz içeren pelet yemler daha dayanıklı olarak tespit edilmiş (Şekil 4.5), yüksek selüloz seviyesi pelet dayanıklılığını etkilememiştir. Bu durum göstermektedir ki, ruminant karma yemlerinin peletlenerek hayvan çiftliklerine ulaştırılmasında dayanıklılık bakımından herhangi bir sorunla karşılaşılmayacağı varsayımını ortaya koymaktadır. Benzer olarak, balık yemlerinde de Hansen ve Storebakken (2007), karma yeme eklenen %15 düzeyindeki selülozun pelet dayanıklılığı ve sertliğini

arttırdığını saptamışlardır. Bu sonuçlar, karma yemdeki selülozon bir kısmının pelet bağlayıcı rolü olduğunu tartışmaktadır.



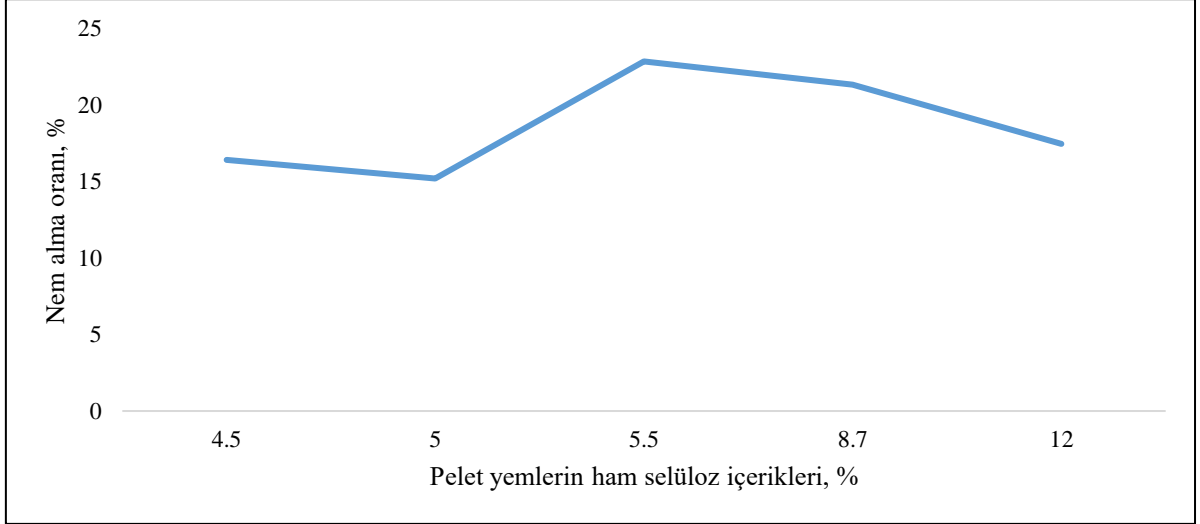
**Şekil 4.5.** Pelet yemlerin ham selüloz içeriğine göre dayanıklılık oranları (P<0,001)

Şekil 4.6 incelendiğinde, pelet yemlerin ham selüloz düzeylerinin peletlerin kırılma dirençlerini önemli düzeyde etkilemedikleri saptanmıştır.



**Şekil 4.6.** Pelet yemlerin ham selüloz içeriğine göre kırılma dirençleri (P=0.971)

Şekil 4.7 incelendiğinde de, pelet yemlerin ham selüloz düzeylerinin peletlerin nem alma oranlarını önemli düzeyde etkilemedikleri saptanmıştır.



**Şekil 4.7.** Pelet yemlerin ham selüloz içeriğine göre nem alma oranları (P=0.125)

Deneme yemleri, fabrika ham yağ analizlerine göre gruplandırıldıklarında, diğer bir deyişle bağımsız değişken olarak pelet yemlerin ham yağ içerikleri ele alındıklarında, pelet yemdeki ham yağ içeriğinin peletlerin dayanıklılık özelliklerini istatistiki olarak etkilemediği ortaya çıkmıştır. Ancak, farklı yağ seviyelerine sahip peletlerin dayanıklılık oranlarında başka faktörlere bağlı (yüksek ihtimalle diğer yem bileşenleri) istatistiki olmayan sayısal farklılıklar saptanmıştır. Denemede kullanılan pelet yemlerin ham yağ düzeyleri %3.0-%4.9 aralığında değişmiş olup bu oran, dayanıklılığı etkileyecek kadar geniş aralıkta oranlar değildir. Ancak, domuz yemlerinde %0.5 ile %4 ham yağ seviyesi karşılaştırıldığında %4'lük yağ seviyesinin %0.5 yağ seviyesine göre önemli derecede pelet yemlerin dayanıklılığını (%96.1-85.7) olumsuz yönde etkilediği saptanmıştır (Angulo ve ark., 1995).

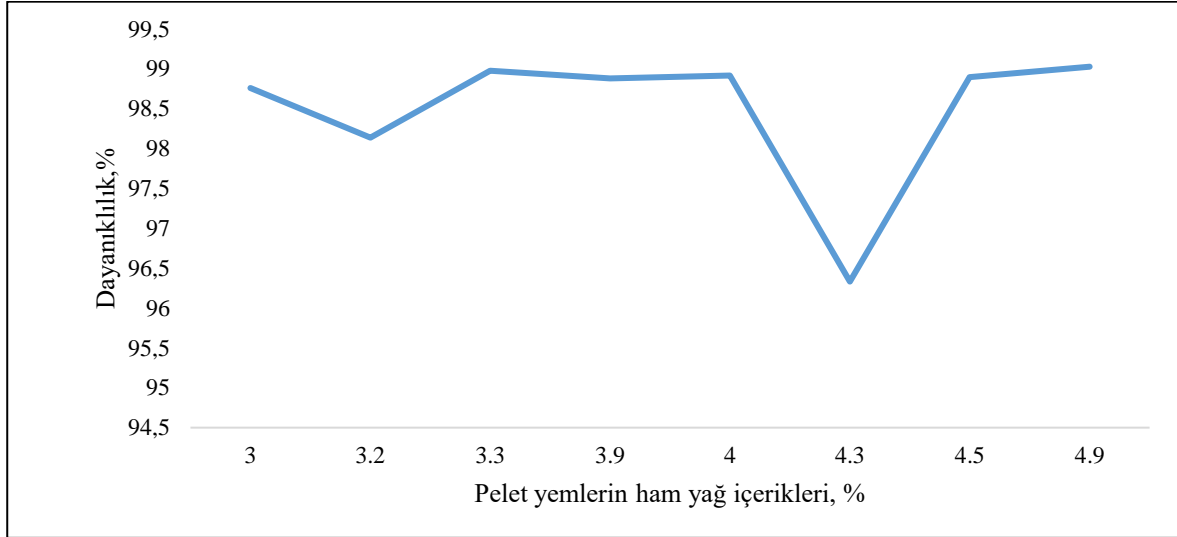
**Tablo 4.9.** Pelet yemlerin ham yağ seviyesine göre dayanıklılık özellikleri

Ham yağ seviyesi, %	Dayanıklılık, %	Kırılma direnci, %	Nem alma oranı, %
3,0	98,76 <sup>a</sup>	98,34	18,26
3,2	98,14 <sup>ab</sup>	97,49	13,54
3,3	98,98 <sup>a</sup>	98,46	15,21
3,9	98,88 <sup>a</sup>	98,82	14,59
4,0	98,92 <sup>a</sup>	97,69	22,64
4,3	96,33 <sup>b</sup>	98,01	19,63
4,5	98,90 <sup>a</sup>	98,12	19,75
4,9	99,03 <sup>a</sup>	99,66	18,07
SH	0,288	0,280	0,828
<b>P değerleri</b>	<b>0,061</b>	<b>0,789</b>	<b>0,182</b>

<sup>a,b</sup>: ortalamalar arasında farklar istatistiki olarak önemsizdir (P>0,05)

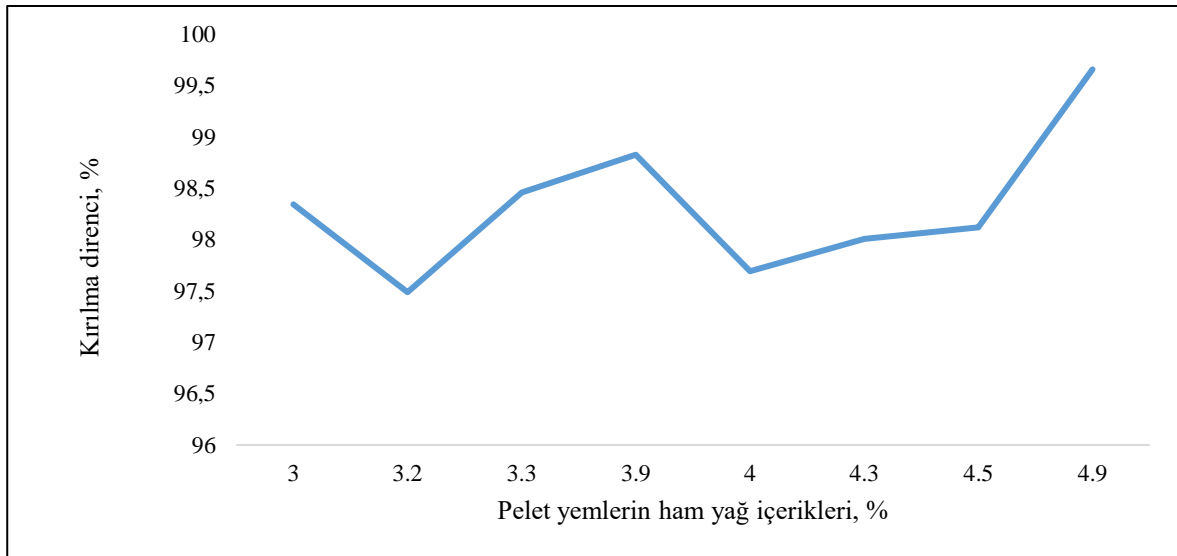
Angulo ve ark.(1995), kırılan pelet oranını %0.5 düzeyinde yağ içeren pelet yemde %0.96 düzeyinde olduğunu %4 yağ içeren pelet yemde ise %3.24'e yükseldiğini saptamışlardır.

Şekil 4.8 incelendiğinde de, pelet yemlerin ham yağ düzeylerinin peletlerin dayanıklılık oranlarını önemli düzeyde etkilemedikleri saptanmıştır. Bu tez çalışmasında %3'den az yağ seviyesi bulunmamakla birlikte, Abadi ve ark.(2019), karma yemin yağ seviyesi %1.5'dan %3'e çıkartıldığında peletlerin dayanıklılığında önemli düzeyde düşüşler gözlemlemişlerdir.



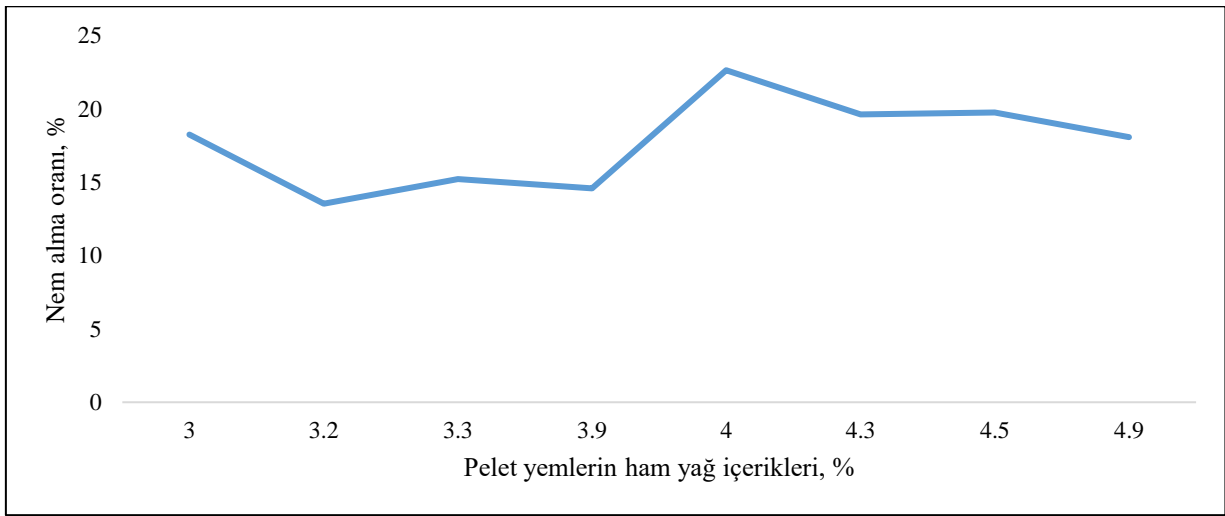
Şekil 4.8. Pelet yemlerin ham yağ içeriğine göre dayanıklılık oranları (P=0.061)

Şekil 4.9 incelendiğinde de, pelet yemlerin ham yağ düzeylerinin peletlerin kırılma dirençlerini önemli düzeyde etkilemedikleri saptanmıştır.



Şekil 4.9. Pelet yemlerin ham yağ içeriğine göre kırılma dirençleri (P=0.789)

Şekil 4.10 incelendiğinde de, pelet yemlerin ham yağ düzeylerinin peletlerin nem alma oranlarını önemli düzeyde etkilemedikleri saptanmıştır. Tüm bu sonuçlar göstermektedir ki deneme yemlerinde var olan yağ oranları pelet kalitesini etkileyecek eşik seviyenin (%3) üzerinde olması, yağ oranları arasında %1.9'luk bir farkın bulunması belirgin bir etkinin görülmesini örtmüştü olabilir. Ayrıca, Briggs ve ark. (1999) tarafından, toplamda %5.6 seviyesine kadar karma yemin yağ içeriği pelet kalitesi ve üretim parametreleri bakımından kabul edilebilir olduğu vurgulanmıştır.



Şekil 4.10. Pelet yemlerin ham yağ içeriğine göre nem alma oranları (P=0.182)

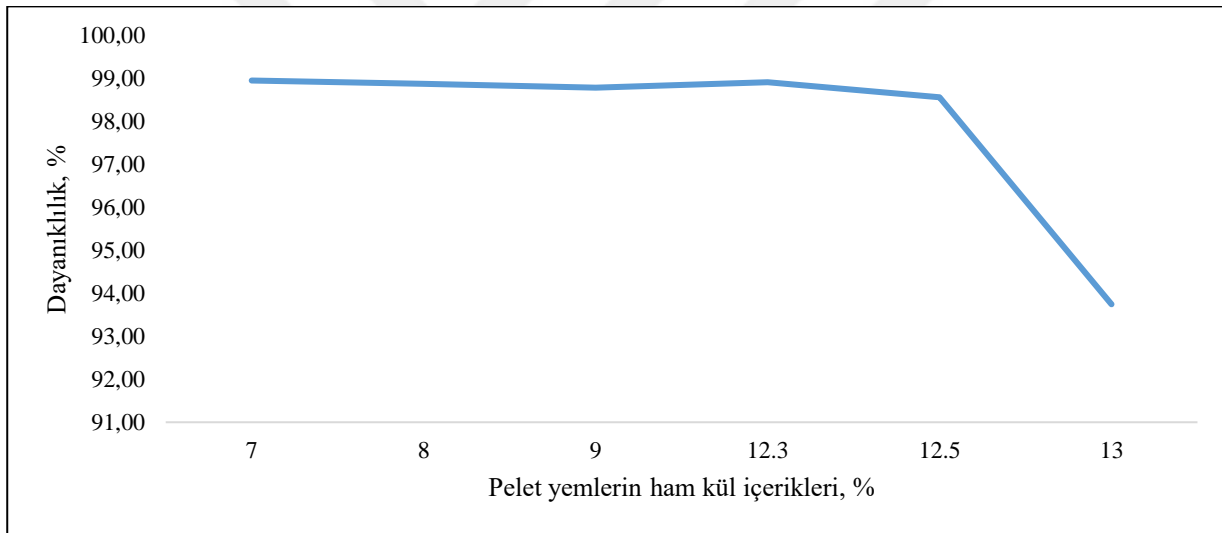
Deneme yemleri, fabrika ham kül analizlerine göre gruplandırıldıklarında, diğer bir deyişle bağımsız değişken olarak pelet yemlerin ham kül içerikleri ele alındıklarında, pelet yemdeki ham kül içeriğinin peletlerin dayanıklılık özelliklerini istatistik olarak etkilediği ortaya çıkmıştır. Özellikle ham kül seviyesinin %13 olduğu tavuk pelet yeminin dayanıklılık oranının oldukça düşük (%93,75,  $P<0,001$ ) olduğu saptanmıştır. EN ISO 17225-6 standardında pelet dayanıklılık direnci sınır değerleri A sınıfı için  $\geq 97.5$ , B sınıfı için  $\geq 96$  olarak belirlenmiştir (EN ISO 17225-6, 2014). Yalnız bu sınıflama her ne kadar yakıt amaçlı peletler için önerilmesine rağmen, ufulanmaya daha meyilli hayvan yemlerinde, bu tez çalışmasında yüksek kül ve düşük selüloz içeren yemler dışında A sınıfı peletlerin ülkemiz yem fabrikalarında üretildiğinin bir göstergesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

**Tablo 4.10.** Pelet yemlerin ham kül seviyesine göre dayanıklılık özellikleri

Ham kül seviyesi, %	Dayanıklılık, %	Kırılma direnci, %	Nem alma, %
7,0	98,96 <sup>a</sup>	98,69	21,33
8,0	98,88 <sup>a</sup>	98,82	14,59
9,0	98,79 <sup>a</sup>	98,28	17,84
12,3	98,92 <sup>a</sup>	97,95	22,85
12,5	98,56 <sup>a</sup>	97,70	15,19
13,0	93,75 <sup>b</sup>	98,06	16,41
SH	0,288	0,280	0,828
<b>P değerleri</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,977</b>	<b>0,147</b>

<sup>a,b</sup>: ortalamalar arasında farklar istatistiki olarak önemlidir (P<0,01)

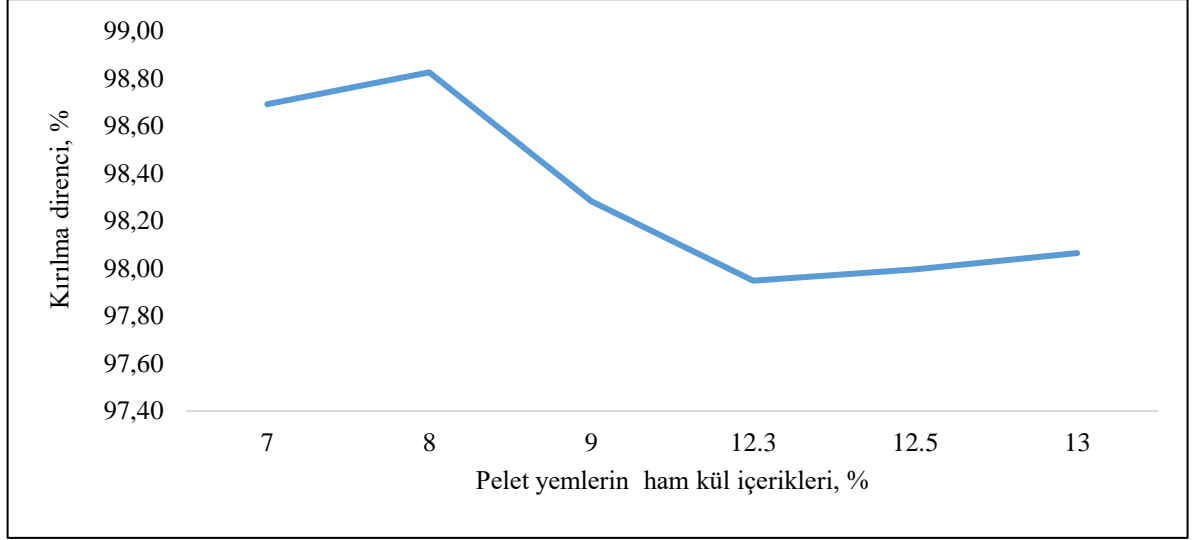
Şekil 4.11 incelendiğinde de, pelet yemlerin yüksek ham kül düzeyinin peletlerin dayanıklılık oranlarını önemli düzeyde etkilediği saptanmıştır. En yüksek ham kül içeriğine sahip (%13) pelet yemin daha fazla tozlaştığı görülmektedir. %13 ham kül içeren yem tavuk yemi olduğundan, minerallerin yemde yüksek olması pelet bağlamada tozlanma ya da ufalanma oluşturabileceği bilinen bir gerçektir.



Şekil 4.11. Pelet yemlerin ham kül içeriğine göre dayanıklılık oranları (P<0.0001)

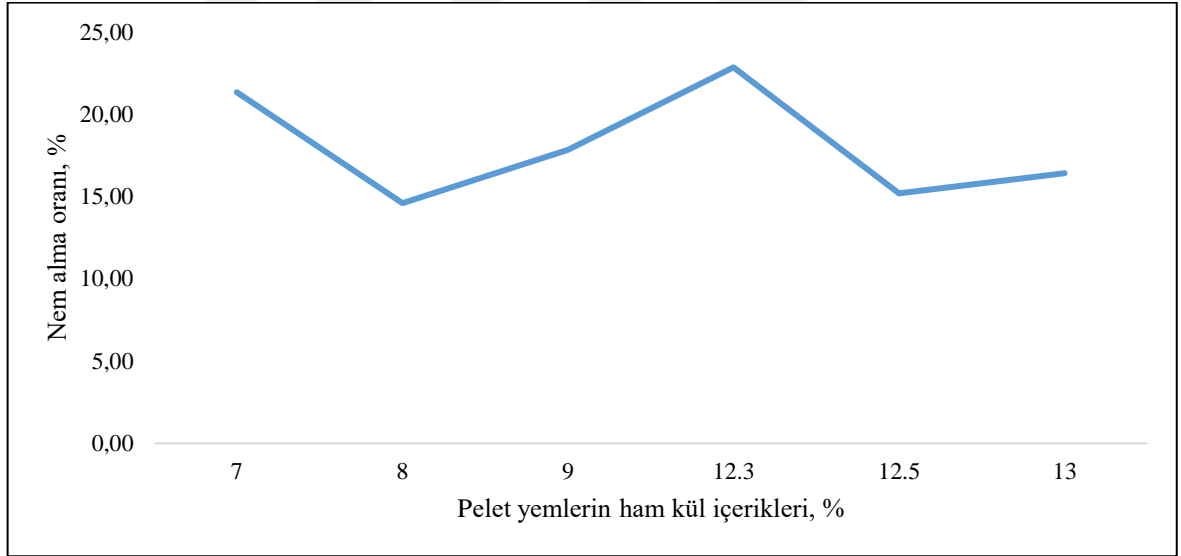
Şekil 4.12 incelendiğinde de, pelet yemlerin yüksek ham kül düzeylerinin istatistiki olmamakla birlikte sayısal olarak peletlerin kırılma dirençlerini düşürdükleri saptanmıştır. Özellikle, %9'dan yüksek ham kül değerleri pelet yemin içindeki organik unsurları da oransal olarak düşürdüğünden kırılma dirençlerinde de azalma eğilimi görülmüştür. Bu sonuç, zootekni açısından, yüksek kül içeriğine sahip tavuk yemlerinin karma yem fabrikasından kümesteki yemliğe kadar yolculuğunda yükleme ve indirme işçiliğinde yem dağılımının önüne geçici tedbirlerin alınmasına itina gösterilmesi önerisini sunmaktadır.





**Şekil 4.12.** Pelet yemlerin ham kül içeriğine göre kırılma dirençleri (P=0.977)

Şekil 4.13 incelendiğinde de, pelet yemlerin ham kül düzeylerinin peletlerin nem alma oranlarını önemli düzeyde etkilemedikleri saptanmıştır.



**Şekil 4.13.** Pelet yemlerin ham kül içeriğine göre nem alma oranları (P=0.147)

Deneme yemleri, hesaplanan NÖM içeriklerine göre gruplandırıldıklarında, diğer bir deyişle bağımsız değişken olarak pelet yemlerin NÖM içerikleri ele alındıklarında, dayanıklılık ve nem alma oranlarının pelet yemlerin NÖM değerlerinden etkilendikleri (Tablo 4.11), ancak bunu açıklamamanın oldukça karmaşık olduğu görülmektedir. Zira peletlemede yemlerin NÖM içeriğinin % kaçının nişasta olduğu ve daha sonrası fabrikada tavlama ile ilgili koşulların neler olduğu konusundaki veri eksikliği, sonuçları açıklamayı zorlaştırmaktadır. Ancak, tavuk yemindeki yüksek mineral içeriği tüm faktörlerin önüne geçmiştir. Aslında, Thomas ve ark.

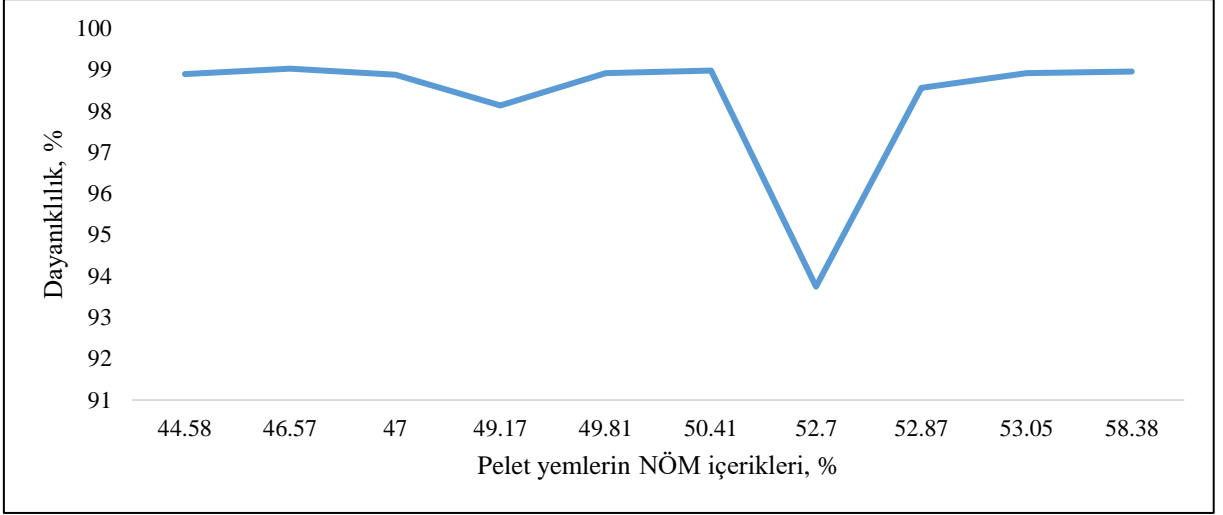
(1997), pelet yemlerin fiziko-kimyasal özellikleri içine protein, nişasta ve selülozu yer aldığını belirtmiş olmasına rağmen, NÖM içinde ne kadar nişasta yer aldığının buz tez çalışmasında analiz edilmemesi, daha sonraki çalışmalara gereksinimi arttırmaktadır. Ayrıca, Thomas ve ark. (1997) tarafından pelet kalitesine, karma yeme dahil edilen hammaddelerin ne şekilde etkili oldukları etraflıca anlatılmasına rağmen, ticari olarak elde edilen (örnek alınan) karma yemlerin etiket bilgilerinde ne kadar oranda yem hammaddelerinin dahil edildiği bilinmediğinden de NÖM maddelerin etkisinin de belirsiz olması beklenen bir sonuç olarak nitelendirilebilir.

**Tablo 4.11.** Pelet yemlerin NÖM seviyesine göre dayanıklılık özellikleri

Yemlerin NÖM içerikleri, %	Dayanıklılık, %	Kırılma direnci,%	Nem alma oranı,%
44.58	98,90 <sup>a</sup>	98,12	19,75 <sup>abc</sup>
46.57	99,03 <sup>a</sup>	99,66	18,07 <sup>abc</sup>
47	98,88 <sup>a</sup>	98,83	14,59 <sup>bc</sup>
49.17	98,14 <sup>b</sup>	97,49	13,54 <sup>c</sup>
49.81	98,92 <sup>a</sup>	97,69	22,64 <sup>a</sup>
50.41	98,98 <sup>a</sup>	98,46	15,21 <sup>bc</sup>
52.7	93,75 <sup>c</sup>	98,06	16,41 <sup>abc</sup>
52.87	98,56 <sup>a</sup>	98,00	15,19 <sup>bc</sup>
53.05	98,92 <sup>a</sup>	97,95	22,85 <sup>a</sup>
58.38	98,96 <sup>a</sup>	98,69	21,33 <sup>ab</sup>
SH	0,288	0,280	0,828
<b>P değerleri</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,908</b>	<b>0,031</b>

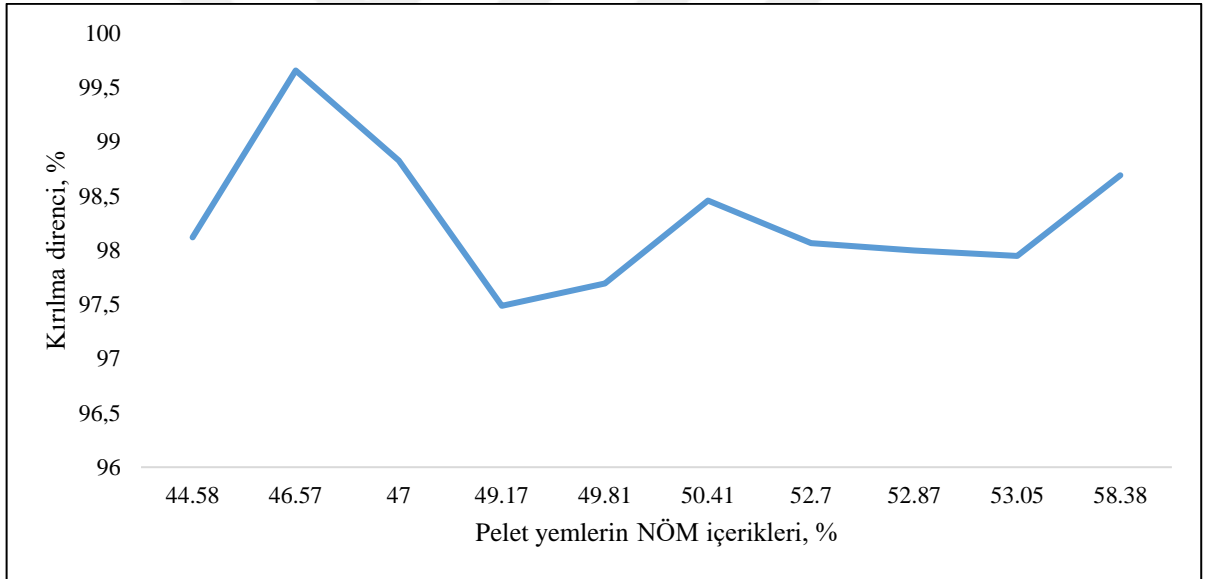
<sup>a,b,c</sup>: ortalamalar arasında farklar istatistik olarak önemlidir (P<0,05)

Şekil 4.14 incelendiğinde, %52.7 oranında NÖM içeren tavuk pelet yemi diğer yemlerden daha az dayanıksız olarak saptanmıştır. Bu sonuç, tahıl dışında diğer içeriklerin özellikle ham kül (%13) içeriğinin pelet dayanıklılığını etkileme yönünde tüm faktörlerin önüne geçtiğini göstermektedir. Ayrıca dayanıklılığı olumlu yönde etkileyen NÖM içindeki melasın (Mišljenović ve ark., 2016) oranı da belirsizdir, bu yüzden bu bulgunun tartışılması güç gözükmektedir.

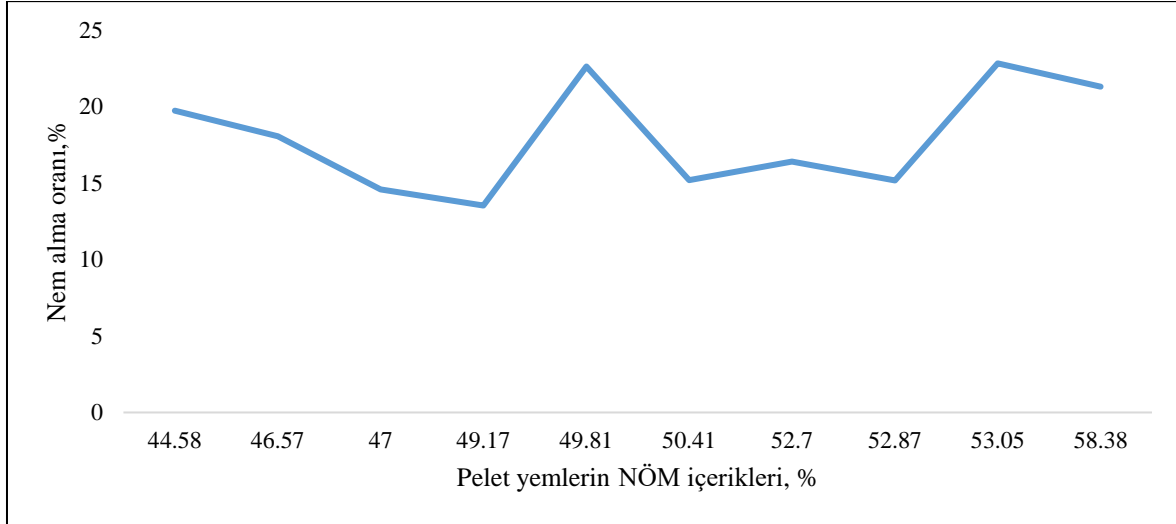


**Şekil 4.14.** Pelet yemlerin NÖM içeriğine göre dayanıklılık oranları (P=0.001)

Şekil 4.15'den anlaşıldığı üzere, pelet yemlerin NÖM içerikleri kırılma direncini etkileyecek düzeyde olmadığı görülmektedir.



**Şekil 4.15.** Pelet yemlerin NÖM içeriğine göre kırılma dirençleri (P=0.908)



**Şekil 4.16.** Pelet yemlerin NÖM içeriğine göre nem alma oranları (P=0.031)

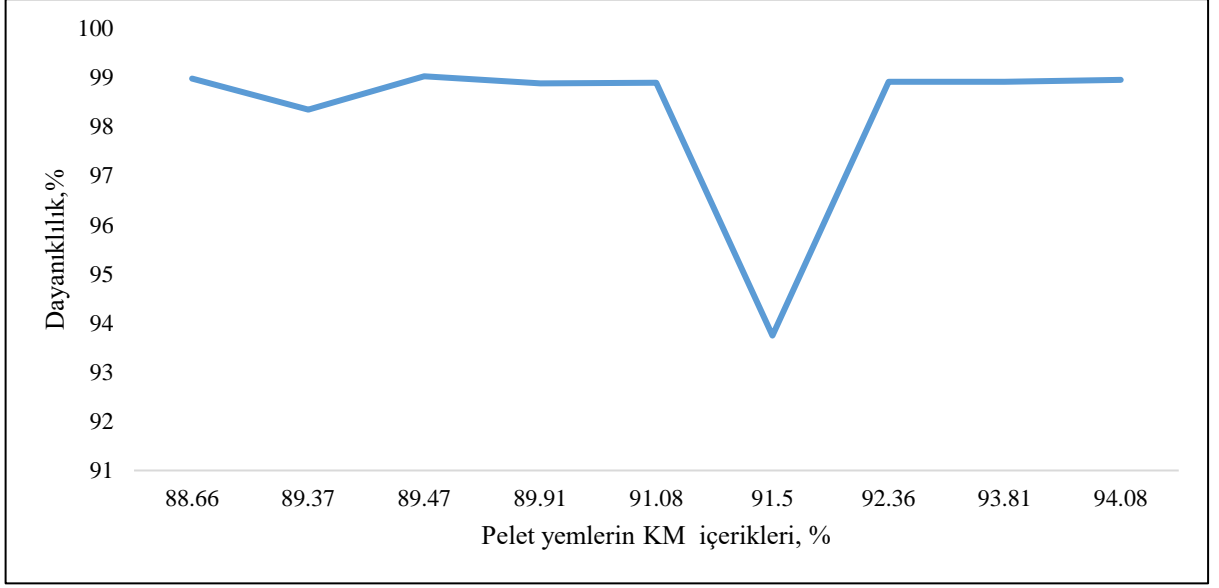
NÖM değerlerine göre, nem alma oranları kıyaslandığında, yemler arasındaki farkları açıklamak için üretim parametrelerine ihtiyaç olduğu, bunun için araştırmacının kendisinin dizayn edeceği pelet yemlerin NÖM ya da nişasta içeriklerine göre dayanıklılık parametrelerinin çalışılması gerektiği anlaşılmaktadır. Ayrıca, yemlerin etiket bilgilerinde karma yemlere ne kadar oranda melas ilave edildiğine dair bilgi bulunmamaktadır. Hesaplanan NÖM içeriğinde melasın payı da bulunmaktadır.

Denemede ele alınan pelet yemlerin KM düzeylerine göre dayanıklılık parametreleri incelendiğinde, en dayanıksız yemin %91.5 düzeyinde KM içeren tavuk yeminin de ham kül düzeyinin yüksek olmasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır (Tablo 4.12).

**Tablo 4.12.** Pelet yemlerin KM seviyesine göre dayanıklılık özellikleri

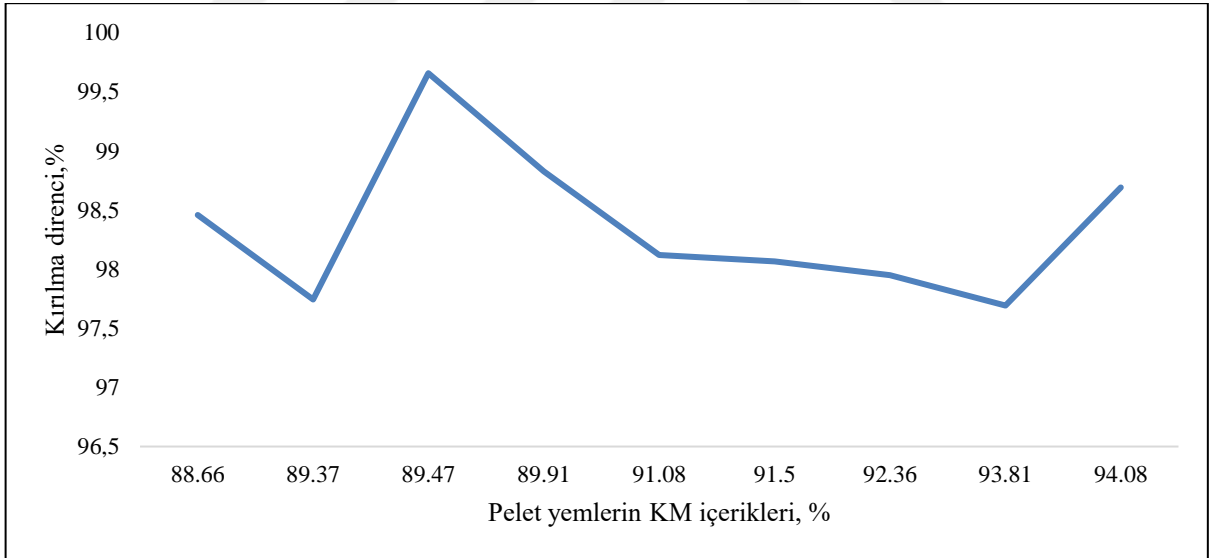
Yemlerin KM içerikleri, %	Dayanıklılık, %	Kırılma direnci,%	Nem alma oranı,%
88.66	98,98 <sup>a</sup>	98,46	15,21 <sup>bc</sup>
89.37	98,35 <sup>b</sup>	97,74	14,37 <sup>c</sup>
89.47	99,03 <sup>a</sup>	99,66	18,07 <sup>abc</sup>
89.91	98,88 <sup>a</sup>	98,82	14,59 <sup>c</sup>
91.08	98,90 <sup>a</sup>	98,12	19,75 <sup>abc</sup>
91.5	93,75 <sup>c</sup>	98,06	16,41 <sup>abc</sup>
92.36	98,92 <sup>a</sup>	97,95	22,85 <sup>a</sup>
93.81	98,92 <sup>a</sup>	97,69	22,64 <sup>a</sup>
94.08	98,96 <sup>a</sup>	98,70	21,33 <sup>ab</sup>
SH	0,288	0,280	0,828
<b>P değerleri</b>	<b>0,001</b>	<b>0,859</b>	<b>0,018</b>

<sup>a,b,c</sup>: ortalamalar arasında farklar istatistik olarak önemlidir (P<0,05)



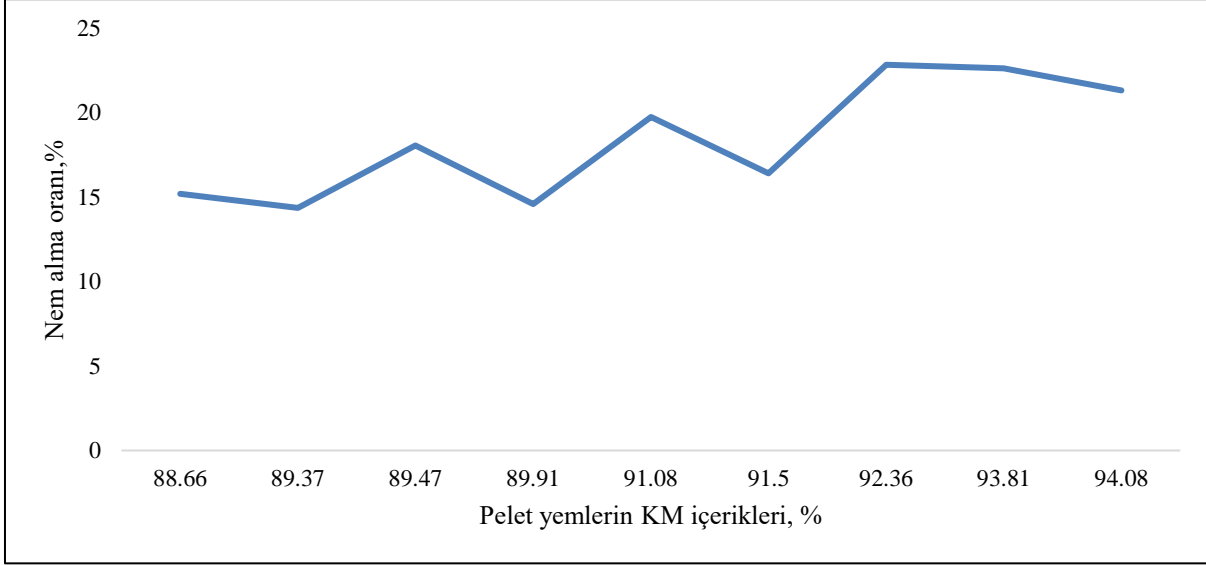
**Şekil 4.17.** Pelet yemlerin KM içeriğine göre nem alma oranları (P=0.001)

Şekil 4.17 incelendiğinde; %91.5 KM düzeyine sahip tavuk yemi dışında diğer yemlerin dayanıklılık bakımından birbirine benzer olduğu anlaşılmaktadır. Ancak kırılma dirençleri bakımından yemler kendi aralarında KM düzeyleri bakımından mukayese edildiklerinde benzer kırılma direncine sahip oldukları da Şekil 4.18'den anlaşılmaktadır.



**Şekil 4.18.** Pelet yemlerin KM içeriğine göre kırılma dirençleri (P=0.859)

Nem alma oranları bakımından kuru maddesi %91.08'den yüksek yemlerin daha fazla higroskopik özelliğe sahip olduğu, dağılmaya meyilli olduğu anlaşılmaktadır. Bu yemlerin ham protein içeriklerinin aynı zamanda %17'den yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Diğer bir değişle bu higroskopik özelliğin bu yemlerin içindeki protein'den ileri geldiği söylenebilir.



**Şekil 4.19.** Pelet yemlerin KM içeriğine göre nem alma oranları (P=0.018)

#### 4.4. Pelet yemlerin homojeniteleri ve tekdüzeliği

Tez çalışmasının metot kısmında belirtilen tuz analizlerine göre, her bir yemin tuz değeri bakımından standart sapma değerinin 100 ile çarpılıp ortalamaya bölünmesiyle elde edilen varyasyon katsayıları (VK), Tablo 4.11’de verilmiştir.

**Tablo 4.13.** Pelet yemlerin karışım homojeniteleri

Pelet yemler	Ortalama	Örnek sayısı	Standart sapma	Varyasyon katsayısı, %
Süt yemi 1	2,60	2	0,679	26,12
Büyütme yemi 1	2,40	2	0,453	18,87
Besi yemi 1	2,01	2	0,049	2,44
Süt yemi 2	1,74	2	0,127	7,30
Süt yemi 3	2,14	2	0,021	0,98
Besi yemi 2	1,71	2	0,361	21,11
Büyütme yemi 2	2,88	2	0,177	6,14
Tavuk yemi 1	3,40	2	0,226	6,65
Tavuk yemi 2	2,89	2	0,566	19,58
Tavuk yemi 3	2,98	2	0,035	1,17

Homojen olmayan yemlerin tüketiminin performansı etkileyeceği bilinen bir gerçektir. Bu nedenle karma yemlerde VK değerinin mümkün olduğunca düşük tutulması ve bunun % 10’u geçmemesi istenir (McCoy, 1994). Buna göre; tavuk yemi 2, besi yemi 2, süt yemi 1 ile büyütme yemi 1 karma yemlerinin peletleme öncesi iyi karıştırılmadığı ve üretim ile ilgili ciddi sorunların olduğu anlaşılmaktadır. Bu konuda kıyaslama yapacak bir çalışmaya rastlanılmamasına rağmen, pelet yemlerin karışım homojenliği konusunda da çalışmalar

yapılması gerektiği ortadadır. Şahan (2016) yaptığı yüksek lisans çalışmasında, ruminant yemlerinde karışım homojenitesini tuz analizine göre saptamış ve varyasyon katsayısını %5.87 ile 16.99 arasında olduğunu belirlemiştir. Ancak, bu tez çalışmasında bulunan değerler ise %0.98 ile %26.12 arasında hesaplanmıştır.

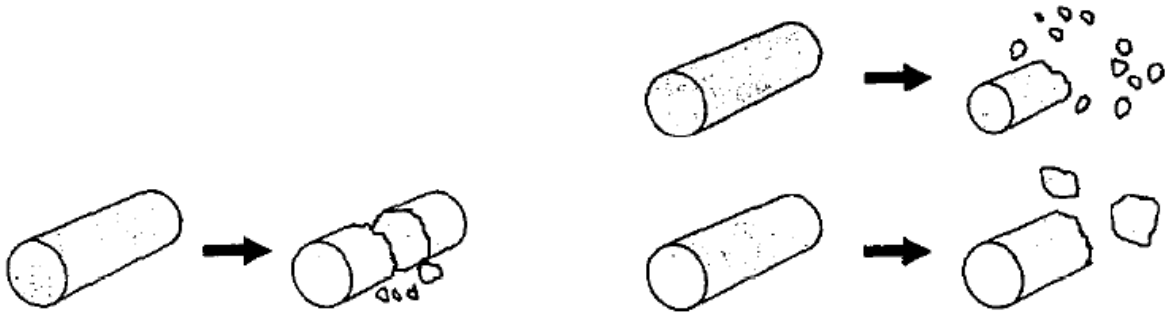
**Tablo 4.14.** Pelet yemlerinin parça ağırlığı, uzunluğu ve kalınlığı bakımından tek düzelik durumları (P<0,01)

Yemler	Parametre	Ortalama	N	Standart sapma	Varyasyon katsayısı
Süt yemi 1	Ağırlık, g/pelet	0,22	120	0,080	36,36
	Uzunluk, mm/pelet	11,08	120	3,589	32,39
	Kalınlık, mm/pelet	4,80	120	0,100	2,08
Büyütme yemi 1	Ağırlık, g/pelet	0,22	120	0,089	40,45
	Uzunluk, mm/pelet	11,51	120	4,124	35,83
	Kalınlık, mm/pelet	4,71	120	0,171	3,63
Besi yemi 1	Ağırlık, g/pelet	0,25	120	0,153	61,20
	Uzunluk, mm/pelet	12,5	120	4,193	33,54
	Kalınlık, mm/pelet	4,72	120	0,083	1,76
Süt yemi 2	Ağırlık, g/pelet	0,27	120	0,088	32,59
	Uzunluk, mm/pelet	12,17	120	3,641	29,92
	Kalınlık, mm/pelet	4,65	120	0,065	1,40
Süt yemi 3	Ağırlık, g/pelet	0,28	120	0,099	35,36
	Uzunluk, mm/pelet	12,04	120	3,467	28,80
	Kalınlık, mm/pelet	5,25	120	0,124	2,36
Besi yemi 2	Ağırlık, g/pelet	0,29	120	0,102	35,17
	Uzunluk, mm/pelet	14,05	120	11,33	80,64
	Kalınlık, mm/pelet	5,39	120	0,116	2,15
Büyütme yemi 2	Ağırlık, g/pelet	0,14	120	0,047	33,57
	Uzunluk, mm/pelet	9,98	120	2,858	28,64
	Kalınlık, mm/pelet	4,22	120	0,075	1,78
Tavuk yemi 1	Ağırlık, g/pelet	0,12	120	0,033	27,50
	Uzunluk, mm/pelet	7,95	120	1,789	22,50
	Kalınlık, mm/pelet	3,67	120	0,275	7,49
Tavuk yemi 2	Ağırlık, g/pelet	0,16	120	0,049	30,62
	Uzunluk, mm/pelet	9,85	120	2,786	28,28
	Kalınlık, mm/pelet	4,2	120	0,077	1,83
Tavuk yemi 3	Ağırlık, g/pelet	0,13	120	0,141	108,46
	Uzunluk, mm/pelet	8,2	120	1,837	22,40
	Kalınlık, mm/pelet	4,2	120	0,067	1,59

Her bir pelet yem örneğinden alınan 120 pelet parçası, ağırlık, uzunluk ve kalınlık bakımından ölçümleri yapılarak, elde edilen verilerden varyasyon katsayıları hesaplanmıştır (Tablo 4.12). Pelet yemlerin fiziksel özelliklerinde tekdüzeliği bu şekilde ele alan bir çalışmaya

literatürde rastlanmamıştır. Pelet yemler ağırlık ve uzunluk bakımından tek düzelikleri, varyasyon katsayıları hesaplanarak karşılaştırıldığında, hiçbir yemin tekdüze olmadığı, bunun sebebinin hem üretim şartlarında ve hem de taşımada yemlerin maruz kaldığı kırılmaların olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.20).

Tek düzeliğin sağlamlasını yapmak için kalınlık değerleri (çap) için de ayrıca varyasyon katsayıları belirlenmiştir. Yapılan sağlama sonucu, peletlerin genellikle aynı çapta hazırlandığı, diğer bir deyişle kalınlık bakımından tekdüze olduğu görülmektedir. Ancak, farklı yemler, farklı çapta üretilmişlerdir ( $P<0,01$ ). Ağırlık bakımından saptanan en küçük varyasyon katsayısı 27.50, uzunluk bakımından ise saptanan 22.40 olup bu değerler, %10'dan fazla olduğu için, ağırlık ve uzunluk bakımından tek düzelikten veya bir örneklikten bahsetmek imkânsızdır.



**Şekil 4.20.** Tek düzeliği etlileyebilecek pelet kırılmaları (Thomas ve van der Poel,1996)

Bu tez çalışmasında, örnekler sadece yem bayiilerinden toplanmıştır. Ancak, pelet yemin bayiye ve hatta çiftlikteki yemliğe kadar olan yolculuğunda farklı noktalardan örnekleme alınması, dayanıklılık ve kırılma direncinin belirlenmesinde de farklı metotların seçimi elde edilecek sonuçları değiştirebilir. Bu yüzden, pelet kalitesini ölçmede bazı faktörleri eşitlemek suretiyle, yapılan analizler daha sağlıklı sonuçlar verebilir.

Sonuç olarak, yapılan literatür çalışmaları dikkate alındığında, tüm yukarıdaki bulguları kıyaslamak pelet yemler ile ilgili ulusal bir ve uluslararası standarta rastlanılmamıştır. Ancak yakıt olarak kullanılan peletler için, Garcia Maraver ve ark. (2011) tarafından kaleme alınan Avrupa Pelet Kalite Standartları ile ilgili derlemede “hayvan (animal)” ile ilgili hiç kelimeye de rastlanılmamıştır.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kırşehir’de satışa sunulan bazı pelet yemlerin kalite özelliklerini belirlemek üzere yapılan bu tez çalışmasından;

- Hayvan türüne uygun partikül büyüklüklerine sahip pelet yemlerin satışa sunulduğu,
- Ruminantların doğasına uygun olarak, ruminant yemlerinin daha fazla selüloz içerdiği ve bunun artmasının dayanıklılığı arttırdığı,
- Kanatlı (yumurtacı tavuklar) hayvanların doğasına uygun olarak, pelet yemlerinin de daha fazla mineral madde içerdiği,
- Pelet yemlerin kuru madde ve içerdikleri tuz konsantrasyonunun pelet kalite kriterlerinden olan nem alma oranını etkileyecek düzeyde dengesizlikleri içermediğini,
- Ruminant yemlerinin kanatlı yemlerine nazaran içerdikleri ham kül düzeyinden ötürü daha dayanıklı oldukları ve daha az ufalandıkları,
- Ruminant yemlerinin kanatlı yemlerine nazaran daha yüksek parça yoğunluğuna sahip olduğunu,
- Büyütme yemlerinin parça ağırlıklarının besi ve süt yemlerine göre daha düşük olduğu, bunun sebebinin pelet boy ve çaplarının süt ve besi yemlerinde daha yüksek olmasından kaynaklandığı,
- Nem alma oranının düşük olması bakımından besi yemlerinin daha uzun süre saklanabileceği,
- Ruminant yemleri içinde istatistiki olarak önemsiz de olsa besi yeminin daha az dayanıklılık oranı, daha fazla tozlanma, daha az kırılma direnci ve buna mukabil daha düşük parça hacim yoğunluğuna sahip olmasının içerdiği yüksek külden kaynaklanabileceği,
- Yem protein içeriğinin pelet dayanıklılığını, kırılma direncini ve nem alma durumunu etkilemediği, ancak büyütme yemi dışında ruminant yemlerinin ham proteini içindeki ürenin % kaç karma yeme ilave edildiğine de dair bilgilerin yem etiketleri üzerinde yer alması gerektiği,
- Yemin düşük ham selüloz içeriğinin pelet yemlerinin dayanıklılığı olumsuz yönde etkilediği,

- Yemin ham yağ içeriğinin pelet yemlerinin dayanıklılığı olumsuz yönde etkilemediği,
- Yemin yüksek ham kül içeriğinin pelet yemlerinin dayanıklılığı olumsuz yönde etkilediği,
- Pelet yemlerin kalitelerini NÖM ve KM bakımından kıyaslamak için farklı deneme modellerinin kurgulanması gerektiği ve pelet yemlerin etiket bilgilerinde jelatinleşmede ana rolü olan karma yemin nişasta içeriği ve uygulanan işlemlere dair açıklayıcı bilgilerin de verilmesinin yemin kalitesi hakkında daha güvenilir bilgilere ulaşılmasına imkân tanıyabileceği,
- Pelet yemlerin karışım homojetileri ve parçacık ağırlığı ile uzunluğu bakımından bakımından birbirinden oldukça farklı oldukları, karışım, pelet yapımı ve fabrikadan hayvan yemliğine kadar ulaşım süresince gerekli önlemlerin alınması gerektiği,
- Pelet yem üretimi ile kalite parametreleri ve ölçümlerine ilişkin standardizasyonuna dair mevzuat çalışmalarına gereksinim olduğu,
- Bayilerden sağlanan yemlerin hammadde çeşiti, formülasyondaki oranları, üretim esnasındaki işlemlerin şartları ve sevkiyat sürecinde maruz kalınan etmenlerin belirsizliği ortadan kaldırıcı önlemlerin alınması gerektiği ve sadece etiket bilgilerine göre yapılan kalite değerlendirmelerin eksik olabileceği,
- Pelet yemlerin üretim aşamaları ile kalitelerinin belirlenmesi üzerine daha fazla akademik çalışmaların yapılması gerektiği, anlaşılmıştır.

Sonuç olarak; Ülkemizde pelet kalitesi üzerinde çalışmaların az olması, bu konuda daha fazla çalışmaların yürütülmesi zorunluluğunu doğurmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Abadi, M.H.M.G., Moravej, H., Shivazad, M., Torshizi, M.A.K., Kim, W.K. (2019). Effect of different types and levels of fat addition and pellet binders on physical pellet quality of broiler feeds. *Poultry Science*, 98(10), 4745-4754.
- ABCMACH (2023). *Feed for success: innovative ways to improve cattle feed pellet quality*.<https://www.abcmach.com/feed-production/How-To-Improve-Cattle-Feed-Pellets-quality.html>, Erişim Tarihi: 10 Temmuz 2023.
- Abdollahi, M.R., Ravindran, V., Svihus, B. (2013). Pelleting of broiler diets: An Overview with Emphasis on Pellet Quality and Nutritional Value. *Animal Feed Science and Technology*, 179(1), 1-23.
- Angulo, E.J., Brufau, J., Esteve-Garcia, E. (1995). Effect of sepiolite on pellet durability in feeds differing in fat and fibre content. *Animal Feed Science and Technology*, 53 (3-4), 233-241.
- Anonim (2009). The pelleting process. California Pellet Mill Co. <https://www.cpm.net/downloads/Animal%20Feed%20Pelleting.pdf>, Erişim Tarihi: 10 Temmuz 2023.
- Anonim (2023a). Kùçük işletmeler-icin-pelet-tesisi-kurulumu. <http://www.peletshop.com/kucuk-isletmeler-icin-pelet-tesisi-kurulumu>, Erişim Tarihi: 10.07.2023.
- Anonim (2023b). Türkiye'nin karma yem üretimi 27 milyon tonu aştı. Feed Planet 52: Temmuz 2023. <https://feedplanetmagazine.com/tr/blog/turkiyenin-karma-yem-uretimi-27-milyon-tonu-asti-1690>, Erişim Tarihi: 15 Temmuz 2023.
- Anonim (2023c). PDI-an-important-factor-in-feed-quality-production. <https://www.larkenggco.com/blog/pellet-feed/pdi-an-important-factor-in-feed-quality-production>, Erişim Tarihi: 15 Temmuz 2023.
- Anonim (2023d). The best feed pellet size for animal, poultry, livestock and fish. <https://www.zenopelletmachine.com/best-feed-pellet-size/>, Erişim Tarihi: 10 Temmuz 2023.
- ASAE Standards (2003). S269.4: Cubes, pellets, and crumbles – definitions and methods for determining density, durability and moisture content. St. Joseph, MI: ASABE.

- Ataç, C. (2005). *Hindi pelet yemi üretiminde uygulanan farklı sıcaklık düzeyleri ve partikül tutucularının pelet kalitesi üzerine etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Ana Bilim Dalı, İzmir.
- Atay, O.A. (2015). *Yağ gülü (Rosa damascena mill.) damıtma atıklarının peletlenmesi üzerine bir araştırma*. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Basmacıoğlu, H. (2004). Karma yem üretiminde pelet yem kalitesine etki eden etmenler. *Hayvansal Üretim*, 45(1), 23-30.
- Baş, M. (2020). *Süt ineği yeminde TKİ humas (humik asit) kullanımının pelet kalitesi ve üretim parametreleri üzerine etkisi*. Afyon Kocatepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar.
- Behnke, K.C. (1994). Factors affecting pellet quality. In Maryland Nutrition Conference. Department of Poultry Science and Animal Science, College of Agriculture, University of Maryland, College Park (sayfa 1-11).
- BENTOLI (2023). Good physical quality of pellet feed- the important for commercial broiler. <https://www.bentoli.com/good-physical-quality-of-pellet-feed-the-important-for-commercial-broiler/>, Erişim Tarihi: 10 Temmuz 2023.
- Beyer, R.S., Greer, D., Fairchild, F. (2000). Ingredient moisture control in mixer improves quality, efficiency broiler mash, and pellet feeds. *Feedstuffs*, 72, 22,15.
- Blair, R. (2007). Nutrition and feeding of organic pigs. Cabi Series, CABI, Wallingford, UK.
- Boonyoung, S. (2021). Practical evaluation of pellet quality. <https://www.feedstrategy.com/business-markets/company-news/article/15442071/practical-evaluation-of-pellet-quality>, Erişim Tarihi: 15 Temmuz 2023.
- Briggs, J.L., Maier, D.E., Watkins, B.A., Behnke, K.C. (1999). Effect of ingredients and processing parameters on pellet quality. *Poultry Sci.*, 78, 1464-1471.
- Çakmak, A. (2019). *Yem fabrikasında üretilen pelet yemlerde Pelet Kalite Faktörü (PKF) değerinin pelet kalitesi ve enerji tüketimine etkisinin incelenmesi*. Afyon Kocatepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar.
- Calet, C. (1965). The relative value of pellets versus mash and grain in poultry. *World poultry Science Journal*, 21, 23-52.

- Castaldo, D. (2014). Chapter 1: History of Pelleting. Section 1: Introduction. Feed Pelleting Reference Guide. Kansas State University. 7 sayfa, USA.
- Cozzi, G., Burato, G.M., Berzaghi, P., Andrighetto, I. (2002). Evaluation of pellets from different industrial processing of dehydrated lucerne in dairy cattle feeding. *Animal Feed Science and Technology*, 99,13–24.
- Dozier, W.A. (2001). Cost-effective pellet quality for meat birds. *Feed Management*, 52(2).
- EN ISO 17225-6 (2014). Solid Biofuels Fuel Specifications and Classes. Part 6: Graded Non-Woody Pellets. Ireland, UK.
- ENplus (2015). Pellet Quality Requirements. Place du Champ de Mars 2 1050 Brussels, Belgium.
- Ergül, M. (1994). *Karma yemler ve karma yem teknolojisi*, DersKitabı, II. Baskı, E.Ü. Basımevi, Bornova-İzmir.
- Fahrenholz, A. (2012). *Evaluating factors affecting pellet durability and energy consumption in a pilot feed mill and comparing methods for evaluating pellet durability*. PhD Thesis, Department of Grain Science and Industry, College of Agriculture, Kansas State University, Manhattan, Kansas.
- Fairfield, D. A. (2003). Pelleting for profit. Part 1. Feed and Feeding Digest, National Grain and Feed Association Part 1, No. 6. <https://www.researchgate.net/publication/237405115>, Erişim Tarihi: 10 Temmuz 2023.
- Froetscher, J. (2006). Pelet kalitesine diskin etkisi. *Yem Magazin* 46, 47-48.
- Gao, Q., Moechnig, W.B., Crenshaw, J.D. (1999). Animal feed pelleting process and animal feed pellets produced therefrom. United State Patent, USOO5871802A.
- García-Maraver, A., Popov, V., Zamorano, M. (2011). A review of European standards for pellet quality. *Renewable Energy*, 36, 3537e3540.
- Glover, B.G., Foltz, K.L., Holásková, I., Moritz, J.S. (2016). Effects of modest improvements in pellet quality and experiment pen size on broiler chicken performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 25(1),21-28.
- Gomez-Nicolau, N.S., Montero, A.B. (2021). *Improving pellet quality*, the key to good performance. <https://www.adiveter.com/en/>, Erişim Tarihi: 10 Temmuz 2023.
- Greer, D., Fairchild, F. (1999). Cold mash moisture controlboosts pellet quality. *Feed Management*, 50 (6),20-23.

- Gürbüz, Y., Alarslan, Ö.F. (2017). Kuzu karma yemlerine ilave edilen farklı pelet bağlayıcılarının besi performansı ve karkas özellikleri üzerine etkisi. *Hayvansal Üretim*, 58(2), 15-23.
- Gürbüz, Y., Yazgan O., Kamalak A. (2017). Karma yemlerdeki farklı pelet bağlayıcıların pelet kalitesine etkileri. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(1), 160-167.
- Haiba, N.O., Gümüş, E., Küçükersan, S. (2017). Pelet yem kalitesini etkileyen faktörler. *Yem Magazin*, 80, 35-43.
- Hansen, J.O., Storebakken, T. (2007). Effects of dietary cellulose level on pellet quality and nutrient digestibilities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 272, 458–465.
- Huang, T. S., Fung, J. L. (1991). Iodine binding by humic acid. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 10, 179-184.
- Kenny M., Rollin, D. (2007). *Feed physical quality. Technical information for the broiler industry*, Aviagen Technical Transfer Department. www.aviagen.com. 1007-AVN-004.
- Kiarie, E.G., Mills, A. (2019). Role of feed processing on gut health and function in pigs and poultry: conundrum of optimal particle size and hydrothermal regimens. *Front. Vet. Sci.*, 6. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00019>.
- Kutlu, H.R. (1996). Peletleme El Kitabı (Çeviri: Payne, J., Rattink, W., Smith, T., Winowiski, T.1991. *The pelleting handbook. A Guide for Production Staff in the Compound Feed Industry*, Borregaard LignoTech.
- Kutlu, H.R. (2008). *Yem Değerlendirme ve Analiz Yöntemleri, Ders Notu*, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Adana.
- Kutlu, H.R., Kutay, H. (2020). *Pelet yem kullanımının broylerlerde performans üzerine etkileri*. INFOVET Ağustos 2020, 51-71.
- Loar, R., Corzo, A. (2011). Effects of feed formulation on feed manufacturing and pellet quality characteristics of poultry diets. *World's Poultry Science Journal*, 67(1), 19-28.
- Lundblad, K.K., Hancock, J.D., Behnke, K.C., Prestløkken, E., McKinney, L.J., Sørensen, M. (2009). The effect of adding water into the mixer on pelleting efficiency and pellet quality in diets for finishing pigs without and with use of an expander. *Animal Feed Science and Technology*, 150(3–4), 295-302.
- Lundblad, K.K., Issa, S., Hancock, J.D., Behnke, K.C., McKinney, L.J., Alavi, S., Prestløkken, E., Fledderus, J., Sørensen, M. (2011). Effects of steam conditioning at low and high

- temperature, expander conditioning and extruder processing prior to pelleting on growth performance and nutrient digestibility in nursery pigs and broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 169(3–4), 208-217.
- Lilly, K.G.S., Gehring, C.K., Beaman, K.R., Turk, P.J., Sperow, M., Moritz, J.S. (2011). Examining the relationships between pellet quality, broiler performance, and bird sex. *Journal of Applied Poultry Research*, 20(2), 231-239.
- Liu, Z., Liu, X., Fei, B., Jiang, Z, Cai, Z., Yu, Y. (2013). The properties of pellets from mixing bamboo and rice straw. *Renewable Energy*, 52, 1-5.
- Mammeri, M. (2023). *Optimising pellet processing to boost pellet quality and profitability*, <https://phileo-lesaffre.com/en/optimising-pellet-processing/>, Erişim Tarihi:10 Temmuz 2023.
- McEllhiney, R. (1992). What is the optimum particle size for pelleting? *Feed Management*, 46 (9):21.
- McCoy, R.A. (1994). Mixer testing. *Feed Manufacturing Technology IV*. p: 548-500. American Feed Inst. Assoc. Ariington, V.A., 22209. USA.
- Miladinovic, D., Svihus, B. (2005). Optimising press settings contributes to better pellet quality. *Feed Tech 9.5 2005* - [www.AgriWorld.nl](http://www.AgriWorld.nl) – 15.
- Nevena Mišljenović, N., Čolović, R., Vukmirović, D., Brlek, T., Bringas, C.S. (2016). The effects of sugar beet molasses on wheat straw pelleting and pellet quality. A comparative study of pelleting by using a single pellet press and a pilot-scale pellet press. *Fuel Processing Technology*, 144,220–229.
- Moritz, J.S., Cramer, K.R., Wilson, K.J., Beyer, R.S. (2003). Feed manufacture and feeding of rations with graded levels of added moisture formulated to different energy densities. *Appl. Poult. Res.*, 12(3), 371–81.
- Mösseler, A., Wintermann, M., Sander, S.J., Kamphues, J. (2012). Effect of diet grinding and pelleting fed either dry or liquid feed on dry matter and pH in the stomach of pigs and the development of gastric ulcers. *J Anim Sci.*, 4, 343-345.
- Muramatsu, K., Massuquetto, A., Dahlke, F., Maiorka, A. (2015). Factors that affect pellet quality: a review. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 9(2), 717-722.
- Myers, A. J., R. D. Goodband, M. D. Tokach, S. S. Dritz, J. M. DeRouchey, Nelssen, J.L. (2013). The effects of diet form and feeder design on the growth performance of finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 91,3420–3428.

- Nemecek, J. E., Tokach, M. D., Dritz, S. S., Goodband, R. D., DeRouchey, J. M., Woodworth, J. M. (2015). Effects of diet form and type on growth performance, carcass yield, and iodine value of finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 93, 4486–4499.
- Özçelik, Ş.N. (2016). *Pelet Yem teknolojisi*. Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı Yüksek Lisans semineri, Kırşehir.
- Pope, J.T., Fahrenholz, A.C. (2020). The effect of the level of mixer-added water and mash conditioning temperature on parameters monitored during pelleting and phytase and xylanase thermostability. *Animal Feed Science and Technology*, 269, 114679.
- Reimer, L. (1992). Conditioning. In: Proc. Northern Crops Institute Feed Mill Management and Feed Manufacturing Technol. Short Course. p. 7. California Pellet Mill Co. Crawfordsville, IN.
- RICHI (2023). *Factors affecting pellet quality of cattle feed making machine*, www.pellet-richi.com, Erişim Tarihi: 10 Temmuz 2023.
- Richardson, W., Day, E.J. (1976). Effect of varying levels of added fat in broiler diets on pellet quality. *Feedstuffs*, 48(20), 24.
- Rojas, O.J., Stein, H.H. (2017). Processing of ingredients and diets and effects on nutritional value for pigs. *J. Anim. Sci. Biotechnol.*, 8, 48.
- Serra, N. (2017). *Improving pellet quality: The key factors*. <https://www.allaboutfeed.net/animal-feed/feed-processing/improving-pellet-quality-the-key-factors/>, Erişim Tarihi: 10 Temmuz 2023.
- Skoch, E.R., Binder, S.F., Deyoe, C.W., Alee, G.L., Behnke, K.C. (1983). Effects of pelleting conditions on performance of pigs fed a corn-soybean meal diet. *J. Anim. Sci.*, 57(4), 922-928.
- Smith, P.A., Firman, J.D., Dale, D.M. (1995). Effects of feed processed in an annular gap expander on subsequent broiler performance. *Poultry Sci.*, 74(1), 145.
- Sözcü, A., Ak, İ. (2016). Yem formu ve partikül büyüklüğünün etlik piliçlerde sindirim kanalı gelişimi, besin madde sindirilebilirliği ve büyüme performansı üzerine etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30 (1), 185-191.
- Stevens, C.A. (1987). *Starch gelatinization and the influence of particle size, steam pressure and die speed on the pelleting process*. PhD Thesis. Kansas State University Manhattan, KS.



- Supramonian, R (2023). *Impact of feed raw materials on pellet quality*. <https://benisonmedia.com/impact-of-feed-raw-materials-on-pellet-quality/> May 16, 2017, borregaard.com, Erişim Tarihi: 10 Temmuz 2023.
- şahan, F. (2016). *Kırşehir İlinde üretilen karma yemlerin karışım homojenitelerinin belirlenmesi*. Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootečni Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Kırşehir.
- Quentin, M., Bouvarel, I., Picard, M. (2004). Short- and long-term effects of feed form on fast- and slow-growing broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 13(4), 540-548.
- TAGEM (2021). Yem Sektörü Politika Belgesi 2020-2024. Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Theerarattananoon K, Xu F, Wilson J, Staggenborg S, Mckinney L, Vadlani P, Pei Z, Wang D. (2012). Effects of the pelleting conditions on chemical composition and sugar yield of corn stover, big bluestem, wheat straw, and sorghum stalk pellets. *Bioprocess Biosyst Eng.*, 35(4), 615-23.
- Thomas, M., van der Poel, A.F.B. (1996). Physical quality of pelleted animal feed 1. Criteria for pellet quality. *Animal Feed Science Technology*, 61, 89-112.
- Thomas, M., van der Poel, A.F.B., van Zuilichem, D.J. (1997). Physical quality of pelleted animal feed. 2. Contribution of processes and its conditions. *Animal Feed Science Technology*, 64, 173-192.
- Thomas, M., van der Poel, A.F.B., van Zuilichem, D.J. (1998). Physical quality of pelleted animal feed. 2. Contribution of feedstuff components. *Animal Feed Science Technology*, 70, 59-78.
- Truelock, C.N., Tokach, M.D., Stark, C.R., Paulk, C.B. (2020). Pelleting and starch characteristics of diets containing different corn varieties. *Transl. Anim. Sci.*, 4, 1-7.
- Turner, R. (1995). *Achieving optimum pellet quality*. *Feed Management*, 46 (12),30.
- Van Rooyen, R.S. (2003). Improved pellet quality following the implementation of a HACCP system in a commercial animal feed plant. Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree masters of science in production animal and community health. Faculty of Veterinary Science Department of Production Animal Studies University of Pretoria.
- Winowiski, T. (1988). *Wheat and Pellet Quality*. *Feed Management*, 39 (9),58-64.
- Winowiski, T. (2014). Chapter 20: Measuring the Physical Quality of Pellets. Section 5: Pellet Durability. *Feed Pelleting Reference Guide*. Kansas State University, 6 sayfa.

- Wnorowska, J., Tymoszuk, M., Kalisz, S. (2019). Investigation on internal structure of pellets with halloysite additive and effect of moisture content before the pelletizing process. *E3S Web of Conferences* 82, 01015, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20198201015>.
- Wood, J.F. (1987). The functional properties of feed raw materials and their effect on the production and quality of feed pellets. *Animal Feed Science and Technology*, 18(1), 1-17.
- Yasothai, R. (2018). Factors affecting pellet quality. *International Journal of Science, Environment and Technology*. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 7(4), 1361-1365.
- Yılmaz, H. (2014). *Bazı tarımsal atıkların peletlenmesi ve pelet fiziksel özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma*. Yüksek Lisans Tezi Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Anabilim Dalı, Antalya, 60s.
- Young, L.R. (1962). *Mechanical durability of feed pellets*. MSc Thesis, Department of Grain Science and Industry, Kansas State University, Manhattan, Kansas.

## ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER	
Adı Soyadı:	MERYEM İNCE
Uyruğu:	T.C.
Orcid Numarası:	0009-0006-7322-6694

EĞİTİM BİLGİLERİ	
<b>Lisans</b>	
Üniversite:	Trakya Üniversitesi
Fakülte:	Tekirdağ Ziraat Fakültesi
Bölümü:	Hayvansal Üretim
Mezuniyet Yılı:	2004
<b>Yüksek Lisans</b>	
Üniversite:	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Enstitü:	Fen Bilimleri
Anabilim Dalı:	Zootekni
Mezuniyet Yılı:	Devam ediyor
<b>Doktora</b>	
Üniversite:	
Enstitü:	
Anabilim Dalı:	
Mezuniyet Yılı:	

Tezden Üretilen Makaleler ve Bildiriler	
<p><b>Uluslararası Konferans ve Sempozyumlarda Sunulan Bildiriler</b> İnce, M., Şahin, A.(2023). Factors affecting the quality of pellet feeds. Ahi Evran 3. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi,3-4 Mayıs 2023, Bakü (Sözlü sunum, Tam Metin).</p>	
	