



T. C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ŞEFTALİ BUDAMA ARTIKLARI VE PATLİCAN
ARTIKLARININ PELETLENMESİ VE KARIŞIM
ORANLARININ ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

İBRAHİM YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI

ORDU 2022

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

İBRAHİM YILMAZ

İMZA

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

ÖZET

ŞEFTALİ BUDAMA ARTIKLARI VE PATLICAN ARTIKLARININ PELETLENMESİ VE KARIŞIM ORANLARININ ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

İBRAHİM YILMAZ

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 44 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: Prof. Dr. Tahsin TONKAZ)

Samsun ili uygun ikliminden dolayı meyve ve sebze yetiştiriciliğinde karadeniz bölgesinin lokomotifi durumundadır. Üretim sezonu sonunda önemli ölçüde artık ya kontrolsüz yakma ile yok edilmekte veya çürümeye terk edilerek çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Enerji değeri olan bu artıkların değerlendirilmesi hem üretici için hemde ülkemiz için önem arz etmektedir.

Samsun ilinde yetiştirilen enerji değeri açısından pelet yapımına uygun şeftali budama artığı ile enerji değeri açısından pelet üretimine uygun olmayan patlıcan artığının belirli oranlarda karıştırılarak pelet olarak değerlendirilmesi ve patlıcan atığı açısından en uygun karışım oranının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu deneysel çalışmada şeftali budama artıklarına üç farklı oranda (%20, %40, %60) patlıcan artığı karıştırılarak pelet üretimi gerçekleştirilmiştir. Peletlerin kalite özelliklerini karşılaştırmak için; fiziksel özellikleri (pelet hacim yoğunluğu, pelet parça yoğunluğu, dayanıklılık direnci, kırılma direnci) ve kimyasal özellikleri (nem içeriği, ısıl değer, kül içeriği, baca gazı emisyon değerleri (O₂, CO₂, CO, SO₂ ve NO₂) belirlenmiş ve ayrıca elementel analizleri yapılmıştır.

En yüksek ısıl değer ve kül değeri sırasıyla %20 patlıcan karışımından (4.369 cal/g) ve (%5.93) elde edilmiştir. Dayanıklılık değerleri %90.98- %96.96 arasında değişirken, nem değerleri %7.00- %7.43 arasında değişmiştir. Bacagazı değerleri; O₂ değerleri %17.40 - %17.63, CO₂ değerleri %3.23- %3.43, CO değerleri 1711.67 ppm – 2092.67 ppm ve NO_x değerleri 125 – 130 ppm arasında değişmiştir. NO değeri 105 – 124 ppm arasında değişmiş olup en fazla Ş₆₀P₄₀ patlıcan karışımından, SO₂ değeri ise 3–7 ppm arasında değişmiş olup en fazla Ş₄₀P₆₀ patlıcan karışımından elde edilmiştir. Kırılma değeri ortalaması %99.25, pelet yoğunluğu ortalaması 2.95 kg/m³, pelet uzun değeri 32.45 mm, pelet ağırlık değeri 1.19 g, pelet parçacık yoğunluğu 1.30 kg/m³'dür. Çalışma sonucuna göre en fazla ısıl değer sağlayan Ş₈₀P₂₀ patlıcan karışımının elde edilmişken, en düşük ısıl değer (4 212 cal/g) Ş₄₀P₆₀ patlıcan atığından üretilen pelette elde edilmiştir. Isıl değer açısından bakıldığında Ş₄₀P₆₀ oranına kadar patlıcan artığının pelet yapımında kullanılabileceği, ancak diğer yanma ürünleri açısından değerlendirildiğinde maksimum patlıcan artığı karışım oranının Ş₆₀P₄₀ olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Şeftali, Patlıcan, Pelet, Isıl Değer, Bacagazı

ABSTRACT

DETERMINATION OF EFFECTS OF MIXING RATIOS AND PELLETIZING OF PEACH PRUNING RESIDUES AND EGGPLANT RESIDUES

İBRAHİM YILMAZ

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED
SCIENCES

DEPARTMENT OF RENEWABLE ENERGY

MASTER THESIS, 44 PAGES

(SUPERVISOR: Prof.Dr. Tahsin TONKAZ)

Samsun province is the locomotive of the Black Sea region in fruit and vegetable growing due to its suitable climate. At the end of the production season, a significant amount of residue is either destroyed by uncontrolled combustion or left to rot, resulting in environmental pollution. The evaluation of these wastes with energy value is important both for the producer and for the economy of our country.

It is aimed to evaluate the peach pruning residue, which is suitable for pellet production in terms of energy value, and eggplant residue, which is not suitable for pellet production in terms of energy value, grown in Samsun, by mixing them in certain proportions, and to determine the most appropriate mixture ratio in terms of eggplant waste. In this experimental study, three different rates (20%, 40%, 60%) eggplant residues were mixed into the peach pruning residues to produce pellets. To compare the quality characteristics of the pellets; physical properties (pellet bulk density, pellet particle density, durability resistance, fracture resistance) and chemical properties (moisture content, calorific value, ash content, flue gas emission values (O₂, CO₂, CO, SO₂ and NO₂) were determined and also elemental analyzes were carried out.

The highest calorific value and ash value were obtained from 20% eggplant mixture (4,369 cal/g) and (5.93%), respectively. While the durability values varied between 90.98% and 96.96%, the humidity values varied between 7.00% and 7.43%. Flue gas values; O₂ values ranged from 17.40% to 17.63%, CO₂ values ranged from 3.23% to 3.43%, CO values ranged from 1711.67 ppm to 2092.67 ppm and NO_x values ranged from 125 to 130 ppm. The NO value varied between 105 – 124 ppm and was obtained from the eggplant mixture with a maximum of Ş₆₀P₄₀, and the SO₂ value between 3 and 7 ppm, with a maximum of Ş₄₀P₆₀ from the eggplant mixture. The average breaking value is 99.25%, the average pellet density is 2.95 kg/m³, the pellet long value is 32.45 mm, the pellet weight value is 1.19 g, the pellet particle density is 1.30 kg/m³. According to the results of the study, Ş₈₀P₂₀ eggplant mixture providing the highest heating value was obtained, while the lowest heating value (4 212 cal/g) was obtained in the pellet produced from Ş₄₀P₆₀ eggplant waste. In terms of heating value, it was determined that up to Ş₄₀P₆₀ of eggplant residue could be used in pellet production, but when evaluated in terms of other combustion products, the maximum eggplant residue mixture ratio was Ş₆₀P₄₀.

Keywords: Peach, eggplant, pellet, calorific value, flue gas

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim boyunca bana yol gösteren araştırmamın belirlenmesi, gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesi sırasında yardımlarını esirgemeyen hocam Sayın Prof. Dr. Tahsin TONKAZ'a,

Çalışmalarım süresince ilgi, yardım ve desteklerini gördüğüm Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitü Müdürü Doç.Dr. Kibar AK' a, Yenilenebilir Enerji Bölümü Başkanı Ziraat Mühendisi Mustafa ACAR'a, bölümde görev yapan teknik personellerden Ziraat Mühendisi Mahmut DOK'a, Ziraat Mühendisi Canbey TABAĞ'a, Kimyager Ufuk AKBAŞ'a, 19 Mayıs İlçe Tarım ve Orman Müdürü Galip BAYKAL'a ve Canik İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğünde görev yapmakta olan Zir. Yük. Mühendisi Melek ÖZDEMİR'e ve Tokat Gazisomanpaşa Üniversitesi Tarih Bölümü Akademik Personeli Murat GÜNEY'e, Ordu Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü Öğretim Üyesi Doç.Dr. Burhan ÖZTÜRK' e manevi desteklerinden dolayı ODÜ Fen Bilimleri Enstitüsü çalışanlarına,

Çalışmalarım süresi boyunca analizlerde bana yardımlarını esirgemeyen Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü yetkililerine,

Sabır ve manevi desteklerini esirgemeyen, babam Enbiya YILMAZ, eşim Gülsüm YILMAZ, çocuklarım Alper Enes YILMAZ ve Hafize Sultan YILMAZ'a, en değerli varlığım merhum annem Hafize YILMAZ'a teşekkürlerim sonsuzdur.

Saygılarımla.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ.....	I
ÖZET II	
ABSTRACT.....	III
TEŞEKKÜR.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ŞEKİL LİSTESİ.....	VI
ÇİZELGE LİSTESİ.....	VII
SİMGELER LİSTESİ ve KISALTMALAR LİSTESİ.....	VIII
1. GİRİŞ 1	
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
3.1 Materyal.....	13
3.2 Yöntem.....	16
3.2.1. Peletlenecek materyalin hazırlığı ve peletleme işlemleri.....	16
3.2.2. İncelenen Özellikler.....	18
3.2.3. Verilerin Değerlendirilmesi.....	23
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	24
4.1. Isıl Değer.....	24
4.2. Kül Değeri (%).....	25
4.3. Dayanıklılık (%).....	26
4.4. Nem (%).....	28
4.5. Bacagazı (%).....	29
5. SONUÇ.....	35
6. KAYNAKLAR.....	37
ÖZGEÇMİŞ.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.41

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1 Şeftali budama artıkları (a), Patlıcan bitkisi artıkları (b)	13
Şekil 3.2 Çekiç özellikli değirmen	13
Şekil 3.3 Pelet makinesi	14
Şekil 3.4 Kurutma fırını (etüv, a), kül fırını (b).	14
Şekil 3.5 Kalorimetre (a), oksijeni dolduran cihaz (b)	15
Şekil 3.6 Dayanıklılık test cihazı ve kafes (a), pelet sobası (b), baca gazını ölçen alet (c).....	15
Şekil 3.7 0,01 g hassasiyetli (a) ve 1 g hassasiyetli teraziler (b).....	16
Şekil 3.8 Parçalanmış şeftali budama artıkları (a), Parçalanmış patlıcan bitki artıkları (b).	17
Şekil 3.9 Şeftali budama artıkları ile patlıcan bitki artıklarının karışımları (a), Patlıcan peleti (b), Şeftali peleti (c).....	18
Şekil 3.10 Kalorimetre cihazı ile alt ısı değerlerin tespiti.....	19
Şekil 3.11 Fırında kül değerleri tespiti.....	20
Şekil 3.12 Pelet nem miktarı testi için kullanılan cihaz.....	21
Şekil 3.13 Pelet kırılma direnci testi	22

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 Türkiye ve Samsun İlinde Şeftali ve Patlıcan Üretim Alanları ve Üretim Miktarları (Anonim, 2020).	3
Çizelge 3.1 Farklı Oranlardaki Karışımlara Ait Peletlerin Dozları ve Kodaları.....	17
Çizelge 4.1 Şeftali ile patlıcan karışımlarına ait ısı değerler varyans analiz sonuçları	24
Çizelge 4.2 İşlemler arasında ısı değer ortalamaları.....	24
Çizelge 4.3 Şeftali ve patlıcan karışımlarına ait kül değerleri varyans analiz neticeleri.	25
Çizelge 4.4 İşlemler arasında kül değeri ortalamaları	25
Çizelge 4.5 Şeftali ile patlıcan karışımlarına ait dayanıklılık değerleri varyans analiz sonuçları	26
Çizelge 4.6 İşlemler arasında dayanıklılık değeri ortalamaları	27
Çizelge 4.7 Şeftali ile patlıcan karışımlarına ait nem değerleri varyans analiz sonuçları	28
Çizelge 4.8 İşlemler arasında nem değeri ortalamaları.....	28
Çizelge 4.9 Şeftali ve patlıcan karışımlarına ait bacagazı O ₂ ve CO ₂ değerleri varyans analiz sonuçları	29
Çizelge 4.10 İşlemler arasında O ₂ ve CO ₂ değeri ortalamaları.....	29
Çizelge 4.11 Şeftali ve patlıcan karışımlarına ait bacagazı CO (ppm) ve NO (ppm) değerleri varyans analiz sonuçları	30
Çizelge 4.12 İşlemler arasında CO ve NO değeri ortalamaları	31
Çizelge 4.13 Şeftali ve patlıcan karışımlarına bacagazı NO _x (ppm) ve SO ₂ (ppm) değerleri varyans analiz sonuçları	31
Çizelge 4.14 İşlemler arasında NO _x ve SO ₂ değeri ortalamaları	32
Çizelge 4.15 Şeftali ve patlıcan karışımlarına ait kırılma ve pelet yoğunluğu değerleri varyans analiz sonuçları.....	32
Çizelge 4.16 İşlemler arasında kırılma ve pelet yoğunluğu değeri ortalamaları	33
Çizelge 4.17 Şeftali ve patlıcan karışımlarına pelet parçacık yoğunluğunda uzunluk ve ağırlık değerleri varyans analiz sonuçları	33
Çizelge 4.18 İşlemler arasında pelet parçacıklarında uzunluk ve ağırlık değeri ortalamaları.....	34
Çizelge 4.19 Şeftali ve patlıcan karışımlarına ait pelet parçacık yoğunluğu değerleri varyans analiz sonuçları.....	34
Çizelge 4.20 İşlemler arasında pelet parçacıklarında yoğunluk değeri ortalamaları .	34

SİMGELER LİSTESİ ve KISALTMALAR LİSTESİ

D_a	: Dayanıklılık direnci (%)
d	: Pelet çapı (m)
N	: Newton
SO₂	: Kükürt dioksit
NO_x	: Azotoksit
CO₂	: Karbon dioksit
CO	: Karbon monoksit
C	: Karbon
NO	: Azotmonoksit
NO₂	: Azotdioksit
O₂	: Oksijen
m³	: Metreküp
mm	: Milimetre
m	: Metre
cm	: Santimetre
Kg	: Kilogram
g	: Gram
L	: Litre
°C	: Santigrat derece
cal	: Kalori
Kcal	: Kilo kalori
kW	: Kilovat
s	: Saniye
h	: Saat
dk	: Dakika
min	: Minimum
ppm	: Milyonda bir birim (parts per million)
F	: Maksimum kırılma kuvveti (N)
k.b.	: Kuru baz
KOBİ	: Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
MDF	: Medium Density Fiberboard (Orta yoğunluklu sunta)
BG	: Beygir Gücü
OSB	: Organize Sanayi Bölgesi
l	: Pelete Ait Uzunluk (m)
M	: Pelete Ait Nem İçeriği (% y.b.)
m₁	: Boş Kaba Ait Ağırlık (kg)
m₂	: Pelet dolu kabın ağırlığı (kg)
M_f	: Gereçlerin son haldeki nem içeriği (%)
M_i	: Gereçlerin ilk haldeki nem içeriği (%)
m_a	: Analiz sonrası elenen pelete ait ağırlık (g)
m_e	: Analiz öncesi elenmiş pelet ağırlık (g)
m_i	: Pelete ait numunelerin ilk ağırlıkları (g)
m_u	: Tek pelete ait ağırlık (kg)
m_{p1}	: Boş kuru örnek kabının ağırlığı (g)

m_{p2}	: Kurutmada önceki kuru numune kabı ve peletlere ait ağırlık (g)
m_{p3}	: Kurutmada sonraki kuru numune kabı ve peletlere ait ağırlık (g)
P_a	: Pelete ait numunelerin nem alması (%)
V	: Kaba ait net hacim (m ³)
V_u	: Tek pelete ait hacim (m ³)
W_i	: Gereçlerin ilk ağırlığı (g)
P_{hy}	: Pelete ait hacim yoğunluğu (kg/ m ³)
P_u	: Pelete ait parça yoğunluğu (kg/ m ³)
y.b.	: Yaş baz



1. GİRİŞ

Günümüzde enerji büyük önem arz etmektedir. Var olan ihtiyacı karşılayabilmek için kaynağı sınırlı (petrol, kömür ve doğal gaz) olan ve kaynağı sonsuz olduğunu düşündüğümüz yenilenebilir kaynaklar kullanılmaktadır. Üretim aşamasında, taşımadaki kolaylık ve depolamada girdilerin pahalı olmaması sebebiyle kaynağı sınırlı olan yakıt (petrol, kömür ve doğal gaz) kullanım tercihi belirgin şekilde fazladır. Yaygın şekilde kullanılan bu yakıtların en belirgin dezavantajı ise kullanıldıktan sonra meydana gelen büyük değerlerde SO₂ ve NO_x bileşiklerinin iklim değişikliğine kısmen etki ederek asit yağmurları şeklinde ortama ve çevreye olan zararlar ve CO₂ gazının ortaya çıkışından mütevellit küresel ısınmadır. Bakıldığında düzenli olarak 20 milyon metreküp CO₂, hemen her yıl atmosfere bırakılmaktadır. Kaynağı sınırlı olan yakıtların son yıllarda artarak tüketilmesi sonucunda tüm dünya ülkelerini olumsuz düzeyde etkileyen küresel ısınma meydana gelmektedir. Fosil dediğimiz kaynağı sınırlı yakıtların meydana gelmesi çok ama çok uzun yıllar aldığından ve tüketim hızının ise çok hızlı olması sebebiyle rezervlerin süratle bitmesine sebep olmaktadır. Sınırlı kaynağa sahip bu yakıtların bu olumsuz durumlarına karşın bu ihtiyacı karşılayabilecek kaynağı sınırsız olan yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili çalışmalar ve araştırmalar son yıllarda hızlanmıştır. Enerji ihtiyacını karşılayabilecek sınırsız kaynağa sahip olan yakıtlardan bir tanesi olan biyokütle önemli bir potansiyel barındırmaktadır. Biyokütle tükenmez kaynak olmasının yanı sıra neredeyse her yerde yetişmektedir. Biyokütle, çevresel kirlilik meydana getirmemesinin yanı sıra sera etkisinin meydana gelmediği, kaynağı sınırsız diyebileceğimiz enerji kaynakları içerisinde tek kaynaktır.

Biyokütle enerjisinde Türkiye’de yaygın tarımı yapılan bitkilerin sap kısımları atıl olarak değilde ikinci bir ürün gibi değerlendirilmektedir. Son zamanlarda, çok önemsemeyen ikinci ürün gibi değerlendirilebilecek ve tarım artığı diyebileceğimiz bitkisel artıklar evlerimizde ısınma ihtiyacını karşılaması amacıyla pelet ve briket yapımında materyal olarak kullanılmaya başlanması ekonomik açıdan değer kazanmıştır. Bitkisel artıkların yakılması amacıyla evlerde kullanılmasını çekici hale getirmenin tek şartı taşıma ve sobada yakılma ortamını sağlayacak briketleme sistemleridir (Boztepe ve Karaca, 2009).

Briketleme, arzu edilen miktarda doğranmış hammaddelerin çapı 25 mm den büyük görünümde sıkıştırılma uygulamasıdır. Briketlemesi yapılan biyokütlenin yoğunluğu 100-200 kg/m³'ten yaklaşık 10-12 kat artarak 1200 kg/m³'e kadar çıkarılmakta, biyokütleye ait özellikler iyileştirilmekte, hacme bağlı olarak ısı değeri yükselmekte, nakliye masrafları azalmakta, depolama maliyetleri düşmekte, rahatlıkla normalden büyük sobalarda yakılmakta, yanma sonrası kendine has özellikler düzelmekte, atmosfere bırakılan parçacık partikül emisyon değerleri düşmekte ve homojen boyutlarda yakıt temin edilmektedir. Denemelerde, briketin yoğunluğuna etki eden önemli etmenlerin başında basınç, parçacık boyutu, ısı ve nem oranı, kaliteli briket için ise yoğunluk, nem oranı, dayanıklılık, sıkıştırma basıncı, zamanında uygulanması gereken basınç ve yapıştırmayı sağlayacak gereçler olduğunu göstermiştir. Briketlemede ideale yakın nemin, gereçlerin muhteviyatına göre değişiklik göstermekle beraber %10-20 arasında olduğu görülmüştür (Kürklü ve Bilgin, 2005).

Biyokütlenin yanma dinamikleri fiziksel, kimyasal, termal ve mineral kalemlerine ayrılabilir. Fiziksel kalem yoğunluk, gözeneklilik iç yüzey alanı gibi alt birimlere ayrılabilir. Kimyasal kalem (değişkenlik, karbon, mineral, hidrojen, oksijen, sülfür, nitrojen miktarları, oksijensiz ortamda yüksek ısıya maruz bırakma) alt birimlere ayrılır. Termal kalem ise deney yapılan biyokütlenin nem içeriği, ısı ve termal bozunuma bağlı olan spesifik ısı, termal iletkenlik, termal emisyonunu inceler. Ayrıca termal kalemin içerisinde yanma sonucu açığa çıkan çeşitli gazlar incelenilir (Demirbaş, 2004).

Bitkisel artıkların yoğunluğu düşük, nem içeriği yüksek olduğundan direkt yakılmak sureti ile enerji elde edilmesi ile atmosfere oldukça fazla miktarlarda hava kirleticileri ve parçacık madde bırakılmaktadır. Yine mevcut artıkların depolama, taşıma ve bunlardan kaynaklı masrafların artışlarının olduğu görülmektedir. Bu problemler ile karşılaşmamak için bitkisel artıkların katı yakıt olarak kullanılabilmesini sağlamak amacıyla materyaller açık havada 1-2 gün kurutmaya bırakılarak nemi %13'ün altına düşürüldükten sonra öğütülür ve sonrasında peletlenir. Hammadde gereçleri peletlenerek işlemden geçirilmiş malzemenin hacmi yükselmekte ekonomik, çevreci ve sınırsız kaynağa sahip enerji ortaya çıkmakta, taşıma ve depolama maliyetleri düşmektedir.

Avrupa’da odun kökenli pelet üretimi 2006-2012 yılları arasında 7 milyon tondan 19 milyon tona çıkmıştır. İtalya’da gerçekleştirilen bir çalışmada 130 adet ağaç kökenli pelet laboratuvar ortamında yanma testine tabi tutulmuştur. Fiziksel ve kimyasal parametrelerin denendiği bu deneyde ağaç kökenli peletler iğne yapraklı ve geniş yapraklı olarak ikiye ayrılmıştır. Yanma ve emisyon değerleri açısından iğne yapraklı ağaç peletleri daha verimlidir (Duca ve ark., 2014).

Çizelge 1.1’de görüldüğü üzere Samsun ilinde 5.083 dekar alanda şeftali, 6.798 alanda patlıcan üretimi yapılmaktadır.

Çizelge 1.1 Türkiye ve Samsun İlinde Şeftali ve Patlıcan Üretim Alanları ve Üretim Miktarları (Anonim, 2020).

	TÜRKİYE		SAMSUN	
	Ekim Alanı (da)	Üretim (ton)	Ekim Alanı (da)	Üretim (ton)
Şeftali	378.162	729.804	5.083	7.398
Patlıcan	182.739	835.422	6.798	21.436

Son 30 yılda dünyanın enerji ihtiyacı 145,37 EJ’den 387,66 EJ’e çıkmış olup dünya birincil enerji tüketiminin 2020 yılında 11,4 – 15,4 milyar TEP arasında olacağı tahmin edilmektedir. 2020’li yıllarda dünya enerji bütçesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının genel enerji talebi içindeki payının en az %3-4, en fazla %8-12 dolayında olması beklenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının dağılımı açısından ise, modern biyokütle enerjisinin yenilenebilir enerji kaynaklarının toplamının %45’i oranında olacağı öngörülmektedir. Bu da modern biokütle kullanımı ile sağlanacak enerjinin jeotermal enerjinin 6.4, rüzgar enerjisinin 2.6-3, güneş enerjisinin 1.6-2.2 katı olabileceği anlamına gelmektedir (Koçar ve Eryaşar, 2007). Ülkemizde tarımsal ürünlerden elde edilen artıklar yeteri derecede değerlendirilmemektedir. Tarımsal artıkların yakıt ve enerji olarak ekonomiye kazandırılmasında peletleme önem arz etmektedir.

Peletleme işlemi ile materyalin yoğunluğu artmakta olup taşıma, depolama ve nakliye masrafları azalmakta, boyut ve şekilde homojenlik sağlanmaktadır (Werther ve ark., 2000; Mani ve ark., 2003; Holm ve ark., 2006; Nilsson ve ark., 2011; Theerarattananoon ve ark., 2011; Celma ve ark., 2012). Peletlerin fiziksel özelliklerinden uzunluk ve çap gibi boyutları yakma işlemleri ve yakma sistemlerinin tasarımı açısından çok önemlidir. İnce peletler küçük kapasiteli yakma sistemlerinde

daha iyi bir yanma oranı sağlar (Lehtikangas, 2001). Pelet yoğunluğu ise nakliye masraflarını, taşıma ve depolama etkinliğini etkilemektedir. Daha yoğun elde edilen peletler nakliye masraflarını azaltmakta olup taşıma ve depolama etkinliğinde artış sağlamaktadır (Lehtikangas, 2001; Sokhansanj ve Turhollow, 2004). Peletlerin son kullanıcıya gelinceye kadar dayanıklı kalması önemlidir. Yüksek dayanıklılığa sahip peletler nakliyede, taşınmada ve depolama avantaj sağlar (Lehtikangas, 2001). Pelet dayanıklılığı değerlerinin %80 ve yukarı olması yüksek kaliteli, %70-80 arasında olması orta kaliteli ve %70'in altında olması durumunda ise düşük kaliteli olarak değerlendirilir (Tabil ve Sokhansanj, 1996; Tabil ve Sokhansanj, 1997).

Samsun ilinde patlıcan üretimi 2020 yılında 21.436 ton olarak gerçekleşmiştir. Patlıcan artıkları ya tarlada bırakılmakta ya çöpe atılmakta yada dışarıda yakılarak değerlendirilmemektedir. Buradan yola çıkarak geniş alanlarda yapılan patlıcan üretiminden elde edilen enerji değeri düşük artıkların, enerji değeri yüksek şeftali budama artıkları ile karıştırılarak pelet üretilmesi ve bu pelelerin yakıt olarak değerlendirilmesi yoluyla ekonomiye kazandırılması hedeflenmektedir.

Bu çalışmanın amacı ülkemizde hemen her bölgede tarımı yapılan patlıcanın yan ürünü ya da artığını pelet yapmak sureti ile ekonomiye kazandırmak ve şeftali - patlıcan artıklarının yakıt olarak kullanıldığında karışımın oranlarının etkinliğinin belirlenmesidir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Atımtay ve Topal (2004), yapmış oldukları çalışmalarda Türkiye’de biyokütle kaynaklı hammadelerden çevreci enerji temin etme sureti ile biyokütleyi yakarak ikincil hava gereksinimi meydana çıkaran yüksek oranda CO ve CnHm emisyonlarının görüldüğünü ve kömüre ait SO₂ emisyonu 2400-2800 mg/Nm³ bandında iken denemede tercih edilen biyokütle yakıtları (ayçiçeği sapı, kayısı çekirdeği, şeftali çekirdeği, prina ve pamuk çiğidi posası) için SO₂ emisyonunun sıfır değerinde olduğu denemelerde yakma işlemlerinin tümünde NO_x emisyonlarının, Hava Kalitesi Kontrolü Yönetmeliği tarafından tespit edilen sınırların altında olduğunu bulmuşlardır. Araştırmacılar bu sonuçlara dayanarak, akışkan yatak teknolojisi ile OSB ve KOBİ’lerin biyokütle ve kömür yakarak daha ucuz enerji elde edebileceğini, biyokütleden enerji eldesi sırasında, bir sera gazı olan CO₂ emisyonunun azalacağını, Kyoto protokolüne daha kolay uyum sağlanacağını ve böylece enerji tarımı ve enerji ormancılığının gelişeceğini belirtmişlerdir.

Anonim (2017), Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına ait verilere bakıldığında ülkemizdeki Linyit/alt bitümlü kömür alanları ülke sınırları içerisinde hemen hemen tüm bölgelere doğru genişlemiş ve bu alanlardaki linyit/alt bitümlü kömüre ait sıcaklık değerleri 1000-5000 kcal/kg arasında olduğu görülmektedir. Toplam rakamlara bakıldığında linyit/alt bitümlü kömür potansiyelinin yaklaşık % 68’i düşük kalorili olup % 23,5’i 2000-3000 kcal/kg arasında, % 5,1’i 3000-4000 kcal/kg arasında, % 3,4’ü 4000 kcal/kg üzerinde ısıl değerdedir.

Celma ve ark., (2012) yaptıkları çalışmada domates işleme tesislerinden çıkan domates biyokütle artıklarını (başlıca kabuk ve tohum) kurutma işleminden sonra peletlenmiş ve 6 mm çapında peletler elde edilmişlerdir. Elde edilen peletlerin başta hayvan yemi olarak, likopen ekstraksiyonu ve hatta enerji üretiminde yakıt olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir. Çalışmada denemeler, beş farklı nem içeriğinde (yaklaşık olarak %20, %25, %29, %34 ve %38) gerçekleştirilmiş ve peletleme makinesi olarak 50 kg/h kapasiteli düz kalıp dairesel sıralı makine kullanılmıştır. Çalışma sonunda peletlerin yığın ve parçacık yoğunluğunun, pelet sertliği ve dayanıklılığının hammadde nem içeriğinden önemli derecede etkilendiği belirlenmiştir. Biyokütle başlangıç nem içeriğindeki belirli orandaki artışların (%67’ye

kadar) meydana gelmesi peletlerin fiziksel özelliklerinde önemli iyileştirmeler sağlamış ve maksimum pelet yığın yoğunluğunda %50, pelet parçacık yoğunluğunda %18, pelet sertliğinde %3 575 ve pelet dayanıklılığında ise %88 oranında artış meydana getirmiştir. Ancak, biyokütle nem içeriğinin %20'nin altında olması peletleme işleminin başarısız olmasına neden olmuş ve pelet fiziksel özelliklerini olumsuz etkilemiştir. En iyi peletleme işleminin gerçekleştirilebilmesi için biyokütle nem içeriğinin %34 civarında olması gerektiği belirtilmiştir. Peletlerin maksimum yığın yoğunluğunun 350 kg/m^3 olduğubelirlenmiştir. Peletlerin dayanıklılığının, nem içeriğindeki artış ile arttığı ve %9.09 pelet nem içeriğinde %91,2 ile maksimum değere ulaştığı görülmüştür.

Cubero-Abraca ve ark., (2014) yaptıkları çalışmada, endüstriyel kahve posalarını kurutarak 16 mm çapındaki elekleri olan değirmende öğütmüş, üç silindiri olan pelet makinasında peletlemek suretiyle 6 mm ve 12 mm çaplarında peletler elde etmişlerdir. Peletleme anında makinanın sıcaklığının 125°C olduğunu, işlem bittikten sonra peletlerin nem miktarlarının %10.1 olduğunu tespit edilmişlerdir. Meydana gelen peletler belirli yoğunluktaki kablara koyulmuş tartılarak 600 kg/m^3 pelete ait yığın hacim miktarına ulaşılmıştır. Pelete ait yoğunluğun 1300 kg/m^3 olduğu sonucuna varılmıştır. Peletlere ait nem alma direnci tespit edilirken, potasyum nitrat solüsyonu içeren %21 bağıl neme sahip desikatör içine 30 adet pelet gelişigüzel koyularak 14 gün tutulmuştur. Analizden önce ve analizden sonra ağırlıklar kaydedilmiş sonrasında nem alma direnci %8.10 olarak tespit edilmiştir. Kırılma direncinin tespit ve tayininde; 100 adet pelet 1m yükseklikten beton zemin üzerine atılarak, "1/kırılan parça sayısı" formül yardımıyla kırılmaya ait direnç 0.95 olarak bulunmuştur. Basınç mukavemet testinde ise 60 ton kapasiteli basınç mukavemet analiz cihazı kullanılmış ve mukavemet 26.86 kg/cm^2 olarak bulunmuştur. Pelete ait mukavemet direnci %75.54 olarak tespit edilmiştir. ASAE 269.4 standardına göre dayanıklılık direncinin kabul edilebilir sınırların altında olduğu görülmüştür.

Dok ve ark., (2018) şeftali budama artıklarının ile 2017 yılı içerisinde yaptıkları çalışmada, budaması yapılan şeftali ağaçlarının artıklarını 2 mm çapında, 4 mm çapında ve 6 mm çapındaki delikli eleklerden geçirerek parçalamış ve sonucunda yakıt olarak kullanılabilir pelet ve boyutları biraz daha büyük briket ürününe sahip olmuşlardır. Elde edilen peletlerin ve beraberinde briketlerin yanma özellikleri

incelenerek budaması yapılan şeftali ağacına ait artıklar yenilenebilir enerji hammadesi olarak kullanılabilceğini ifade etmişlerdir.

Fasina (2008), çalışmasında yerfistığı kabuklarını laboratuarda ölçekli peletleme cihazında peletlemiş ve çapı 4.76 mm olan peletler üretmiştir. Peletlemeden önce numuneler ısısı yüksek buhar ile nemlendirilmiş ve ısısı artırılmıştır. Peletlerin fiziksel özellikleri (pelet boyutu, pelet yığın ve parça yoğunluğu, pelet nem alma ve pelet eşdeğer nem içeriği) üzerine pelet nem içeriğindeki (yaş baz da %4.2 - %21.2) değişimin etkisi belirlenmiştir. Peletlemeden sonra farklı nem değerlerine getirilmiş peletler (% 4.2, % 9.1, % 12.3, % 15.4 ve % 21.2) fiziksel özellikleri bu işlemde sonra tespit edilmiştir. Çalışma neticesinde pelete ait yığın yoğunluğunun ve parçaya ait yoğunluğun nem miktarındaki yükseliş ile paralel biçimde düştüğü görülmüştür. Peletlemeden sonra hammaddeye ait hacimdeki yoğunluk 151 kg/m^3 'ten 600 kg/m^3 'e yükselmiştir. Peletlerin mukavemeti başta nem miktarının yükselmesi ile artmış ve % 9.1 nem değerinde %90.3 ile e yüksek seviyeye çıkmıştır. Nem miktarının daha fazla artış göstermesi peletin mukavemetini düşürmüş ve %21.2 nem miktarda %76 ile en az seviyede gerçekleşmiştir. Çevre sıcaklığına bakılmaksızın, peletlerin %60-80 nem içeriğine sahip bir ortamda nem aldığı, fakat %45 nem içeriğine sahip bir ortamda nem kaybettiği görülmüş ve peletlerin 48 saatlik bir sürede nemlendirilen hava ile temasında sonra maksimum %4.9'a kadar nemi tuttuğu tespit edilmiştir.

Gizlenci ve ark., (2016) yaptıkları çalışmada malzeme ya da hammadde olarak, ülkemizde geniş alanlarda tarımı ve üretimi yapılan 8 farklı materyal; çay fabrikası tozu, fındık zurufu, çeltik sapı, çeltik kavuzu, ayçiçeği sapı, mısır sapı, buğday sapı ve kolza sapı kullanılmışlardır. Çalışmanın sonraki aşamasında, 8 materyalin sade olarak değil, birbirleri ile farklı oranlarda birleştirilerek sürdürülmüştür. Oluşturulan kombinasyonlarda her materyalin payı %50 olarak alınmıştır. Buna göre 28 kombinasyon oluşturulmuştur. Çalışmada yapılan kombinasyonlar ve bunların temininden sonra peletlere ait nem, kül ve ısıl verileri ve asıl materyallerin sıcaklık değerleri verilmiştir. Materyallerin kül değerleri incelendiğinde en yüksek kül oranının çeltik kavuzu -çeltik sapının karışımından %17.77 ile elde edildiği görülmektedir. Yalın halde çeltik sapı ve çeltik kavuzundaki kül oranları da buna yakın değerlerdir. En düşük kül oranı ise çay tozu-mısır sapı karışımından %8.67 ile elde edilmiştir. En yüksek ısıl değer çay tozu-mısır sapı karışımından, 4172 cal/g , en düşük ısıl değer

ise ayçiçeği sapı-çeltik sapı karışımından 3580 cal/g ile elde edildiği görülmüştür. Çalışmada bulunan nem miktarları uygulanan karışımların tümünde az olduğu belirlenmiştir. Bu değerlere göre elde edilen peletlerin gerek yakılması ve gerekse depolanmasında nem açısından herhangi bir sakıncanın olmadığı anlaşılmaktadır. Münasip şartlarda korunması nemi düşük olan ürünlerin dezenformasyonu olası değildir.

Gürdil ve ark., (2014) yaptığı çalışmada, Samsun'da tarımsal işlemler sonucunda ortaya çıkan fındık zurufu, mısır ve ayçiçeği sapı bitkisel artıkları hammde olarak kullanılmıştır. Hammaddelerin kurutulmasından sonra %8-10 nem miktarında olan bitkisel artıklar 5 mm çapında eleklerde öğütme inceliği altında ufaltılarak 100 barbasınçta sıkıştırılarak briketler ortaya çıkmıştır. Fındık zurufu, ayçiçeği ve mısır sapı tarımsal artıkları için elde edilen briketlerin sırasıyla ortalama alt ısıl değerleri; 4746 cal/g, 3634 cal/g, 3935 cal/g kül içeriği değerleri; %8.59, %19.8, %9.42 değerleri tespit edilmiştir.

Gonzalez ve ark., (2004) ev ısıtmasında kullanılan 11.6 kW gücünde bir brülörde, farklı artıkların yanma işleminin optimize edilmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, yakıt olarak üç farklı biyokütle atığı peleti (domates, zeytin çekirdeği ve kenger) ve odun peleti kullanılmıştır. Öncesinde yakıtların üst ısıl değeri belirlenmiştir. Yanma parametrelerine artık tipinin, yakıt kütle akışının, hava akımının ve artık karışımının etkileri belirlenemeye çalışılmıştır. Üç farklı artığın davranış özelliklerinin odun peletine benzediği tespit edilmiştir. Brülör verimleri, maksimum yakıt akışı (%100) ve minimum hava akımı (%0) koşullarında, domates posasında %90, odun peletinde %90.5, zeytin çekirdeğinde %89.7 ve kenger otu peletinde %91.6 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, optimum artık karışımı %75 domates ve %25 orman artığı olarak bulunmuş ve bu karışımın %75 kütle akışı ve %0 hava akımında %92.4'lük brülör verimine sahip olduğu saptanmıştır.

Liu ve ark., (2013) yaptıkları konu hakkındaki çalışmada bamboo saplarını ve çeltik saplarını partikül boyutları 2 mm den daha az boyutlarda olacak seviyede öğütülmüşler ve 5 kg saf suyu materyale ekledikten sonra iki gün süresince kapalı ağızlı torbalarda tutulmuşlardır. İki gün geçtikten sonra nem miktarlarına bakılmış ve bambuda ki nem miktarının %15.97, çeltik sapında bulunan nem miktarının %15.56

olduğu görülmüştür. Peletlemenin sonunda bambu sapı ve çeltik sapı peletlerinin bir bölümü sıcaklığı dijital olarak control edilen 220°C' sıcaklığa sahip sobada bir saat bekletilmesinin ardından kömürleşmiş bambu sapı ve çeltiğe ait peletleri meydana gelmiştir. Bambu sapı ve çeltik sapı ile beraber bunların kömürleşmiş peletlerine pelet mekanik analizler uygulanarak pelet hacim yoğunlukları sırasıyla 540 kg/m³, 640 kg/m³, 490 kg/m³, 590 kg/m³, pelet yoğunlukları 1250 kg/m³, 1350 kg/m³, 1160 kg/m³ ve 1280 kg/m³ şeklinde bulunmuştur. Çeltik saplarına ait peletlere ait hacim ve pelete ait yığın hacmi her iki durumda da fazla çıkmıştır. Pelete ait mukavemet oranları da sırayla, %94,21, %98,73, %97,80 ve %99,17 miktarlarında bulunmuş, çeltik sapına ait peletin niteliğinin fazla görüldüğü neticesine ulaşılmıştır.

Liu ve ark., (2014) yaptıkları denemede 1.18 mm, 1.18 mm ile 0.84 mm arasında ve 0.84 mm'den ufak parçacık ebatlarında makineden geçirilmiş olan bambu bitkisi %8 - %12 - %16 olmak üzere 3 farklı nem oranlarında pelet haline getirilmiştir. Ortaya çıkan iki ayrı teste tabi tutulmuştur. Öncelikli olarak fiziksel analiz ve yanma analizleri yapılan peletlerin materyal nem miktarı ve parçacık boyutlarının peletin kalitesi ile ilgili tesiri gözlenmiştir. Nem içeriğinin pelet fiziksel özelliklerine etkisinde, %8 - %12 - %16 nem içeriklerinde sırasıyla; pelet boyları 12.5, 12.7 ve 11.7 mm; pelet çapları, 6.1, 6.0 ve 6.0 mm; pelet parça yoğunluğu 1050, 1140 ve 1200 kg/m³, pelet hacim yoğunluğu 520, 620, 650 kg/m³; pelet dayanıklılık direnci %95.07, %97.95 ve %98.38 olarak hesaplanmıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde, pelet kalitesinin en düşük %16, en yüksek %12 nem içeren materyalde olduğu görülmüş olup pelet yoğunluğunun pelet dayanıklılığına etki eden en etkin faktör olduğu sonucuna varılmıştır.

Severoğlu (2010), yaptığı çalışmada geven (*Astragalus*), sığırkuyruğu (*Verbascum Thapsus*) ve ayçiçeği (*Helianthus annuus*) bitkilerini peletleyerek diğer katı yakıtlara göre yanma özelliklerini araştırmayı amaçlanmıştır. Bu amaçla Taguchi Optimizasyon Metodunu kullanarak bitkilerimizi belirli oranlarda karıştırıp maksimum ısı değeri, düşük nem ve düşük kül içeren pelet yakıtı bulunmaya çalışılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucu nem, kül ve ısı değeri için ayrı ayrı optimum değerler bulmuştur. Bu değerler arasında ısı değeri baz 27 alınarak nem ve kül için tahmini optimum değerler hesaplanmıştır. Hesaplanan optimum değerler; ısı değeri için 4526,05 cal/g, nem için %6.93 ve kül için %2.92'dir. Bu değerlerden peletin

nem ve kül içeriklerinin düşük, kalorisinin ise, Türkiye’de mevcut konutların ısıtılmasında kullanılan yakacak maddelerinden prina, linyit, odun, talaş, hayvan ve bitki artıklarının kalorisinden fazla, tarımsal artıkların kalorisini düzeyinde olduğunu göstermektedir.

Tüptek (2011), yaptığı çalışmada, çam talaşı ve MDF (orta yoğunlukta fiber) tozundan pelet örnekleri kullanmıştır. Bu örneklerin kimyasal tahlilleri yapılmış; uçucu madde, alt ısıl değer, üst ısıl değer, kül, toplam nem ve kükürt oranları belirlenmiştir. MDF tozu ve çam talaşından temini yapılan pelet örneklerinin laboratuvar koşullarında yakılarak ortaya çıkan yanma gazlarının (CO, CO₂, SO₂, NO, NO_x) emisyon değerleri ölçülmüştür. Peletlere ait örnekler belirli nispette (%9) bağlamayı sağlayan materyal olarak kullanılan zeolit, melas ve nişastanın baca gazı emisyon miktarları üzerindeki tesiri gözlemlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada, 25 pelet numunesine ait yanma hızlarını belirlemek amacıyla sabit yatak yakma deney cihazı tasarlanarak işlemler uygulanmıştır. Pelet numuneleri, deney cihazında 550 °C’de yakılarak yanma hızları tespit edilmiştir. Bağlayıcı maddelerin, pelet numunelerinin yanma hızına etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak, çam talaşı pelet numunesinin kül içeriği %0.26 bulunmuştur ve bünyesinde kükürt içermemektedir ve alt kalori değeri de 4521 cal/g olarak bulunmuştur. Buna göre yakıt olarak kullanılan peletin linyit muadilindeki kömürlere oranla çevreci ve verim miktarı fazla olan alternatif bir yakıt olarak tespiti yapılmıştır. Mdf tozu pelet numunesinin, bünyesindeki yanmayı geciktirici kimyasallardan dolayı kalorifik değeri 3857 cal/g çıkmıştır. Bu tür MDF tozu peletlerin, konut yerleşimden uzak sanayi bölgelerinde yakılarak değerlendirilmesi uygundur. Mdf tozu pelet numuneleri, yakıldığı zaman bileşiminde bulunan azotlu kimyasallardan dolayı, doğal çam talaşı pelet numunelerine göre daha yüksek NO ve NO_x emisyonlarına sebep olmuştur. En düşük emisyon değerleri, %9 oranında zeolit bağlayıcılı çam talaşı pelet numunesinde görülmüştür. Çam talaşının zeolit ile birlikte yakılmasının, yanma hızını düşürerek, yanma verimini artırdığı ve baca gazı emisyon değerlerini (NO_x, NO ve CO) sırasıyla %79.6, %79.4 ve %59.4 oranında düşürdüğü tespit edilmiştir.

Yılmaz (2014), yaptığı çalışmada, tarımsal üretim alanlarından çıkan pamuk ve susam saplarının peletlenmesi amaçlanmıştır. Materyallerin peletlenmesi için 15 kW elektrik motor gücüne sahip, 70-100 kg/h kapasiteli, kalıp delik çıkış çapı 8 mm

olan düz kalıp pres pelet makinesi kullanmıştır. Denemelerde 3 farklı nem içeriğine sahip kurutulup-öğütülmüş pamuk ve susam sapsarı (pamuk sapsarı: %10.70 (P1), %15.13 (P2) ve %20.37 (P3), susam sapsarı: %10.67 (S1), %14.88 (S2) ve %20.22 (S3)) ve sıvı melas karışımı (15 kg hammadde + 1.125 kg melas (%7.5)) kullanılmıştır. Peletlerin kalitesi ile ilgili olarak fiziksel özellikleri (pelet hacim yoğunluğu, pelet parça yoğunluğu, dayanıklılık direnci, kırılma direnci, sıkıştırma direnci, gerilme direnci ve nem alma direnci) belirlenmiştir. Çalışma sonunda, materyal çeşidine ve nem içeriğine bağlı olarak ortalama 8.1-8.97 mm çap aralığında silindirik peletler elde edilmiştir. Peletlerin hacim ve parça yoğunluğu materyal çeşidine ve nem içeriğine bağlı olarak sırası ile 430-717 kg/m³ ve 922-1368 kg/m³ arasında değişmiş ve nem içeriği arttıkça yoğunluk değerleri azalmıştır. Pamuk ve susam sapsarı peletlerinin fiziksel testler sonunda oldukça sağlam yapıya sahip oldukları görülmüş ve en yüksek değerler pamuk sapsarı için P1 ve susam sapsarı için ise S2 peletlerin de elde edilmiştir. Pelet makinesinin kapasitesi ve elektrik enerjisi tüketimi değerleri ise, materyal çeşidine ve nem içeriğine bağlı olarak, sırası ile 131-306 kg/h ve 18.40-22.64 kWh arasında değişmiştir.

Zafari ve Kianmehr (2013), yaptıkları çalışmada, şehir artıkları, hayvan gübresi ve tarımsal artıklardan oluşturulan kompost materyali pistonlu pelet makinesiyle %35, %40 ve %45 nem içeriklerinde 2-6 ve 10 mm/s piston hızında 4, 5 ve 6 sıkıştırma ile 8, 10 ve 12 mm kalıp uzunluğunda ve 0.3, 0.9, 1.5 mm materyal parçacık boyutunda peletlenmiştir. Çalışma sonunda en dayanıklı peletler %40 nem içeriğinde hazırlanan materyalden elde edilmiştir. Düşük piston hızında yapılan peletler basınç dayanımı ve dayanıklılık bakımından diğer piston hızlarında yapılanlara göre daha kaliteli bulunmuştur. Pelet boyunun artması pelet kalitesini olumlu yönde etkilemiştir. Materyal parçacık boyutu küçüldükçe, sıkıştırma sırasında temas yüzeyi artmış ve daha iyi bir sıkıştırma sağlanarak daha dayanıklı peletler elde edilmiştir.

Zamorano ve ark., (2011) tarafından yapılan çalışmada zeytin ağacı, zeytin ağacı yaprakları, badem ağacı, kavak ve pırnal meşe ağaçları budama artıkları 6-8 mm aralığında öğütülmüş ve 8 mm çapında peletler elde edilmiştir. Sonuçta; zeytin ağacı yapraklarından yapılan peletler dışındaki diğer peletler yakın kalitede olup, zeytin ağacı yapraklarından yapılan peletlerin düşük kalitede olduğu nu tespit etmişlerdir.

Yüksek nem içeriği, düşük pelet yoğunluğu ve pelet boylarının kısa olması peletlerin mukavemet dirençlerini düşürdüğu bildirilmiştir.

İncelenen literatür ışığında tarımsal ürünlerin artıkları, orman emvali ağaçlar ve endüstriyel artıkların peletleme yada briketleme yapılarak yakacak olarak ekonomiye kazandırılması ve katma değeri oluşturması hedeflenmiştir. Bu çalışmada atıl olarak tarlada bırakılan yada tarla dışına çıkarılarak çöpe atılan ya da arazi dışına bırakılan patlıcan artıklarının şeftali budama artıkları ile farklı oranlarda karışımı yapılarak peletlenmesi ve yakacak olarak ekonomiye kazandırılması hedeflenmiştir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Çalışmada şeftali ağacına ait budamadan arta kalan materyaller ile patlıcan bitkisine ait artıklar kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan şeftali dalları ve patlıcan bitki artıkları Samsun ilinin Canik ilçesine bağlı Demirci mahallesinden temin edilmiştir. Şekil 3.1’de çalışmada kullanılan şeftali budama artıkları ve patlıcan bitkisi artıklarının görselleri verilmiştir.



Şekil 3.1 Şeftali budama artıkları (a), Patlıcan bitkisi artıkları (b)

Çalışmadaki analizler Samsun Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsünde bulunan tarımsal enerji çalışmaları yapılan bölüme yürütülmüştür. Şeftali budama artıkları ve patlıcan bitki artıklarına ait hammadde materyalleri saatte 2.5 ton hammaddeyi öğütebilen 22 kW motor gücüne sahip ve 2, 4, 6, 8 mm eleklerine sahip öğütme haznesinde 24 adet çekiç bulunan ve adını buradan alan Şekil 3.2’de öğütümün yapıldığı değirmenin resimleri verilmiştir.



Şekil 3.2 Çekiç özellikli değirmen

Şeftali budama artıkları ile patlıcan budama artıklarının pelet haline getirilmesinde 3 kW motor gücüne sahip, materyalin büyüklüğüne göre saatte 50-100 kg olan pelet 6 mm çapında ve 1040 mm boyunda ayarlı pelet yapan makina tercih edilmiştir. Şekil 3.3’de pelet imalatında kullanılan makine verilmiştir. Bu makina; düz kalıplı dairesel sıralı deliklerden, sıkıştırma silindirlerinden, pelet boyunu ayarlamaya yarayan ünitenen, elektrik kontrol panosundan ve materyal deposunda oluşmaktadır.



Şekil 3.3 Pelet makinesi

Çalışmalarda kullandığımız şeftali budama artıkları ve patlıcan bitki artıklarından elde ettiğimiz peletlerdeki nem oranlarının tayini kurutma işlemini gören Şekil 3.4.a ‘da verilen fırında (ETÜV) yapılmıştır. Kül oranlarının tayini ise Şekil 3.4.b ‘de verilen kül fırını (Nüve MF 106) ile yapılmıştır (Şekil 3.4).



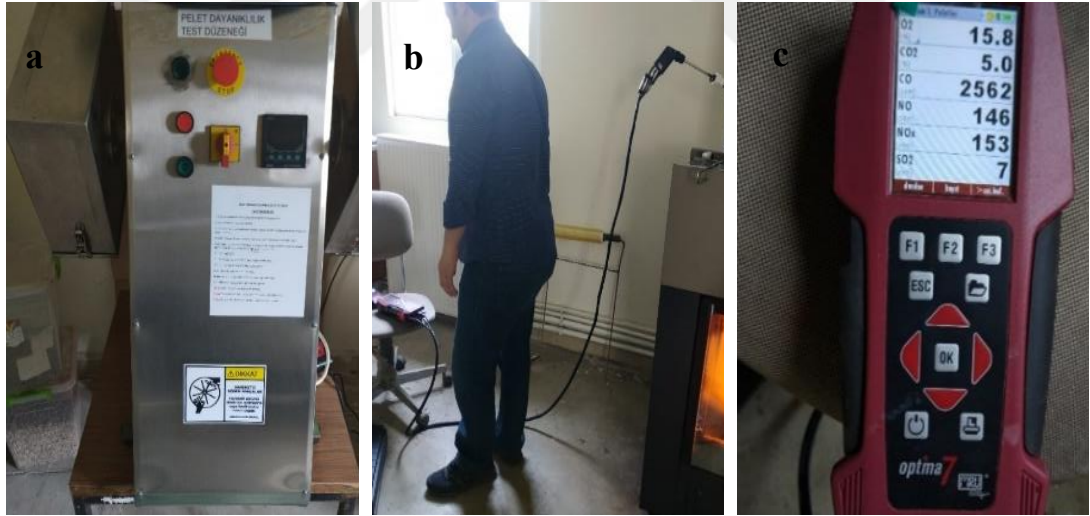
Şekil 3.4 Kurutma fırını (etüv, a), kül fırını (b)

Peletlerin kalori değerleri için ASTM D 5865–04 ölçütüne göre Şekil 3.5 a. verilen IKA marka C 200 model kalorimetre cihazı kullanılmıştır. Kalori ölçen cihaz ile tahlil öncesinde IKA C 240 içerisinde Şekil 3.5 b.’de verilen oksijen dolum makinası kullanılmıştır Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Kalorimetre (a), oksijeni dolduran cihaz (b)

Peletlere ait sağlamlık mukavemetleri 0.5 beygir gücünde motor, motorda bulunan redüktörün devri 50 min⁻¹, kafese ait ölçüler 300x300x125 mm ve kafesin iç merkezine doğru çaprazlama simetrik olarak yerleştirilen 50 mm eninde olan, 230 mm uzunluğunda bulunan bir levhaya (baffle) ve Anonim (2010), standardına sahip dayanıklılık test cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Baca gazı emisyon ölçümleri için peletlerin yakılması için gerekli soba ve 5 tane elektro magnetik sensörü bulunan taşınabilir gazölçüm makinesi Optima7 kullanılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Dayanıklılık test cihazı ve kafes (a), pelet sobası (b), baca gazını ölçen alet (c).

Materyal ve pelet örneklerinin tartılmasında kabaca yapılan ölçümlerde 1g hassasiyetli olan elektronik hassas ölçüm cihazı, azami potansiyeli 200 g olan ve 0.01 g duyarlılığında elektronik hassas ölçüm cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 0,01 g hassasiyetli (a) ve 1 g hassasiyetli teraziler (b).

3.2 Yöntem

3.2.1. Peletlenecek materyalin hazırlığı ve peletleme işlemleri

Tarım yapılan arazilerden elde edilen şeftali budama artıkları ve patlıcan bitki artıkları çalışma yapılacak alana getirilmiştir. Denemeleri yapılacak alana getirilmiş gereçler geniş bir mekanda beton bir yüzeye serilerek naturel olarak kurumaya terkedilmiştir. Test öncesi yapılan kontrollerde nem oranları %17 olduğu, peletlerin ise oluşmadığı görülmüş ve peletin dış tarafları hassas ve tırtıklı olması sebebiyle üç gün kurumaya tabi tutulan gereçlerin nem oranları ortalama %13 ün altında kalması sağlanmıştır. Kurutulan gereçler 6 mm çapında delikli eleği bulunan elek çekiç özelliğine sahip değirmende çekme işlemi yapılmıştır. Daha sonrasında pelet yapılabilmesi için arzu edilen ebatlara getirilerek ve peletlemenin yapılacağı zamana kadar havasız kalacak durumda ağzı kapalı çuvallarda muhafaza edilmiştir. Şekil 3.8'de ham maddelerin çekiçli değirmen sonrasındaki öğütülmüş görünümleri verilmiştir.



Şekil 3.8 Parçalanmış şeftali budama artıkları (a), Parçalanmış patlıcan bitki artıkları (b).

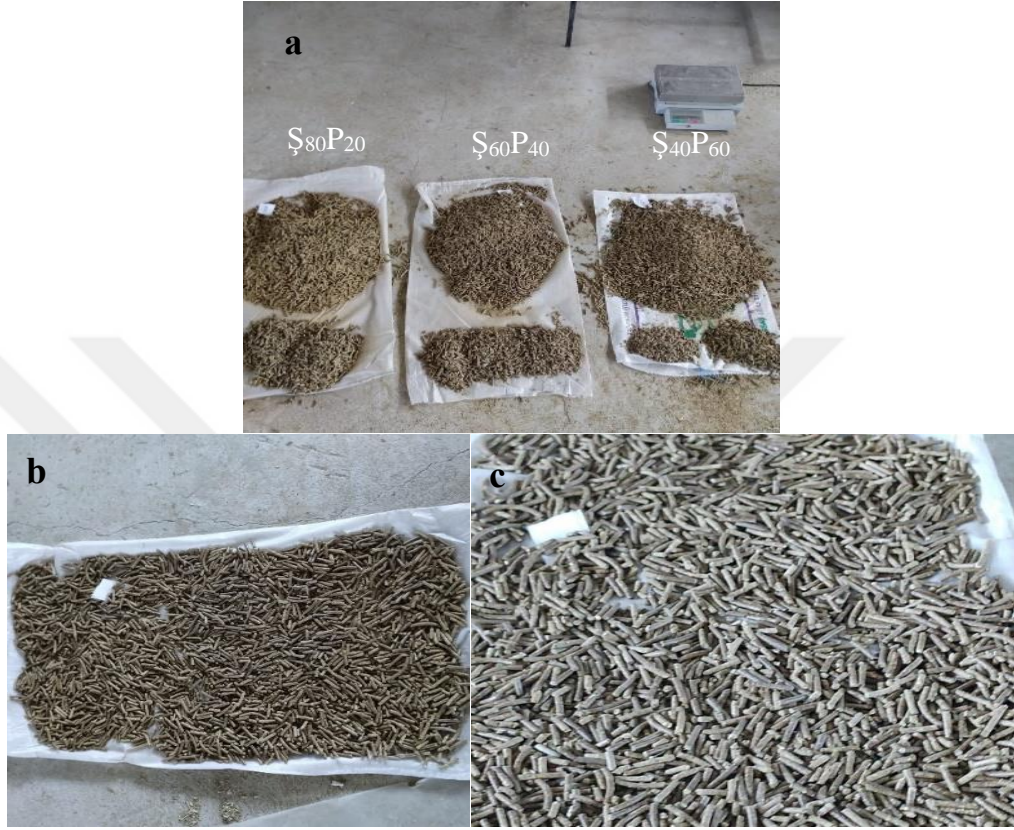
Öğütülmüş şeftali budama artıkları (şekil 3.8.a) ve patlıcan bitki artıkları (şekil 3.8.b) plastik kovalara konulmadan önce yoğunlukları, nem içerikleri ve kuru madde miktarları belirlenmiş ve peletleme denemelerini yapmak üzere hazır hale getirilmiştir. Deneme materyalleri ile peletleme işlemine geçmeden önce şeftali budama artıkları ve patlıcan bitki artıkları 5 kg materyal ayarlanmıştır. Karışım oranları da 5 kg denk gelecek şekilde şeftali budama artıklarının ve patlıcan bitki artıklarının karışım peletleri; sırasıyla %80 şeftali budama artıkları %20 patlıcan bitki artıkları, %60 şeftali budama artıkları %40 patlıcan bitki artıkları, %40 şeftali budama artıkları %60 patlıcan budama artıkları belirlenen oranlarda hazırlanarak homojen olması açısından kovalarda karıştırılmış ve peletlenmeye hazır hale getirilmiştir. Pelet karışım oranları, isimleri ve kısaltmalar Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Farklı Oranlardaki Karışımlara Ait Peletlerin Dozları ve Kodları.

Karışım 1	Şeftali budama artığı % 80-Patlıcan bitki artığı % 20	Ş ₈₀ P ₂₀
Karışım 2	Şeftali budama artığı % 60-Patlıcan bitki artığı % 40	Ş ₆₀ P ₄₀
Karışım 3	Şeftali budama artığı % 40-Patlıcan bitki artığı % 60	Ş ₄₀ P ₆₀

Kaliteli pelet üretimi için elde fazla miktarda kalan öğütülmüş şeftali budama artıkları pelet makinasında 15 dakika çalışılarak cihazda bulunan disk ve kalıp sıcaklığı istenilen derece olan 70-80°C sıcaklığa yükseltilmiştir. Sonrasında materyaller pelet makinesinde bulunan depoya devamlı olarak bir kürek yardımı ile elle beslenmiştir. İşlemden sonra cihazdan çıkan peletlerin uzunluğu kalıp altında bulunan döner bıçak mekanizması ile 3-4 cm olacak şekilde ayarlanmıştır. Peletleme yapıldıktan sonra materyaller zemini taş gibi sert yüzeyde bez parçalarının üstünde serinlemeye terkedilmiş ve serinleme isteği bittikten sonra hava almayacak şekilde

kovalara koyulmuştur. Yapılacak tüm peletleme işlemlerinden sonra bir sonraki örnek sıkıştırıcı diskin içinden geçirilerek temizlenmiştir. Tüm materyaller için aynı işlemler tekrarlanmıştır. Şeftali budama artıkları ile patlıcan bitki artıklarının karışımlarının ve pelet görünümü Şekil 3.9’da verilmiştir.



Şekil 3.9 Şeftali budama artıkları ile patlıcan bitki artıklarının karışımları (a), Patlıcan peleti (b), Şeftali peleti (c)

3.2.2. İncelenen Özellikler

Isıl değer; Analiz öncesinde çekilmiş materyaller 1 gün 105°C’de Etüv de tutularak içerisindeki nemden arındırılmıştır. 0.5 g ağırlığındaki kuruması sağlanan numuneler ölçünlü şartlarda bir kalorimetrenin bomba diye tabir edilen yerde oksijenli bir ortamda yakılarak, kabta bulunan suyun ısı derecesinin artmasına ve sistemin ortalama gerçek ısı sığasına bağlı olarak ısıl değeri bulunmuştur. Bu değerleri bulmak için Anonim (2013) standardında olan kalorimetre cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.10 Kalorimetre cihazı ile alt ısıl değerlerin tespiti.

Kül; Porselen malzemedan yapılmış krozeler 550-600 °C’ de kül fırınında en az 4 saat bekletilerek desikatöre koyulmuş, soğutulduktan sonra ölçümleri yapılmıştır. Daha sonra krozeler sabit ağırlığa gelmesi için kül fırınına bırakılarak beklemeye geçilmiştir. Krozelerimiz arzu edilen ağırlığa gelince ortalama 1’er g ağırlığında hazırlanan numuneler (etüvde kurutulmuş) tartılarak ve fırına bırakılmıştır. Burada üç farklı zaman diliminde üç farklı sıcaklıkta beklemeye tabi tutulmuştur. Fırının ısısı oda ısısından 105 °C’ye artırılarak bu ısıda 12 dk beklemeye geçilmiştir. Isı 10 °C/dk yükseltilek 250 °C’ye artırılarak 30 dakika bekletilmeye tabi tutulmuştur. Sıcaklık 20 °C/dk artırılarak 575°C’ye çıkartılmış ve bu ısıda 180 dk bekletilmesinin ardından ısının 105°C ye inmesi beklenerek ve krozeler desikatöre koyularak soğutulduktan sonra ölçümleri yapılmıştır. Kül miktarları, Anonim, (2013) ölçütüne göre kül fırınındaki işlemler vasıtası ile belirlenmiştir. Kül muhteviyatı aşağıdaki formül ile tespit edilebilmektedir.

$$\% \text{ Kül} = \left(\frac{m_{\text{kroze+kül}} - m_{\text{kroze}}}{m_{\text{kuru örnek}}} \right) \times 100 \quad (3.1)$$



Şekil 3.11 Fırında kül değerleri tespiti.

Dayanıklılık; Dayanıklılık testi için 3.15 mm çaplı yuvarlak delikli eleğe 500 g pelet örnekleri koyularak 10 dk süreyle çalkalandı. Daha sonra test cihazının sol tarafında bulunan hazneye yerleştirilmiştir. Cihaz çalıştırılarak 10 dk süreyle parçaların hazne içerisindeki testi başlatılmıştır. Aynı işlemi 3 karışım içinde 3 kez tekrarlanmıştır. Cihaz 10 dk çalıştıktan sonra durdurularak içindeki pelet materyali 3.15 mm çaplı yuvarlak delikli elek kullanılarak tekrar elenmiştir. Peletlerin dayanıklılık direnci Anonim (2010) standardına göre belirlenmiştir. Peletlere ait mukavemet dirençleri aşağıdaki formül ile yüzde (%) cinsinden hesaplanmıştır.

$$"D_d = (m_a / m_e) \times 10" \quad (3.2)$$

Eşitlikte;

D_d : Dayanıklılık direnci (%),

m_e : Analizden önce elenen peletin ağırlığı (g),

m_a : Analizden sonra elenen peletin ağırlığı (g).

Nem; Öncelikle, numune kapları tartılarak ve daraları alınarak not edilmiştir. Sonrasında nem oranlarının tayini için gereçler 1mm çapında elekli öğütücüden geçirilmiştir. Daha sonra örnekler istenen sabit ağırlığa ulaşana kadar 105°C ısı altında 1 gün fırınında (etüv) kurutmaya bırakılmıştır. Numuneler fırından alındıktan sonra desikatörde soğumaya bırakılır. Budan sonra örneklerin işlemlerden önce ki ağırlığı ile işlemlerden sonra ki ağırlığı aşağıdaki formül yardımıyla yaş bazda nem oranları tespit edilmiştir.

$$H_n = [(m_{p2} - m_{p3}) / (m_{p2} - m_{p1}) \times 100] \quad (3.3)$$

Eşitlikte;

H_n : Ham malın nem oranı (% y.b),

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

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

m_{p3} : Kurutma sonrası kuru örnek kabı ve örnek ağırlığıdır (g).



Şekil 3.12 Pelet nem miktarı testi için kullanılan cihaz.

Baca Gazı Emisyon Değerleri (O₂, CO, CO₂, SO₂, NO_x, NO₂); Farklı faaliyetler sonrası meydana gelen ve atmosfere salınan artık diye tabir ettiğimiz gazlara ait emisyon ölçümleri için peletler özel yapım pelet sobasının yakıt deposunun içine koyulmuştur. Daha sonra ateşleme işlemi ve tam yanma işlemi gerçekleşmiş ve yanma sonrasında meydana gelen baca gazına ait emisyon miktarları (O₂ (%), CO(ppm), CO₂ (%), NO(ppm), NO_x(ppm), SO₂ (ppm)) gaz ölçümü yapan cihaz ile altmış saniye süreyle üç kez ölçüm yapılmıştır. Cihaza ait ölçümü yapan parça kazanın üstünde bulunan baca borusuna ve kazan çıkış yerinden ortalama 1 m mesafede açılan deliğe yerleştirilmiştir. Baca gazını algılaması istenen parça, ucu boru kesitinin

ortasına gelecek şekilde delikten içeriye yerleştirilmiştir. Yapılan işlemler tüm pelet numuneleri için sobanın deposu ve yanmanın gerçekleştiği hazne temizlendikten sonra ayrı ayrı tekerrür edilir.

Kırılma; Pelet kırılma direncinin tayininde ise pelet materyaller içerisinde rastgele seçilen 5 adet pelet öncelikle tartılmıştır. Tartılan peletler 1.80-1.90 m yüksekten beton zemine 4-5 defa bırakılmıştır. Daha sonra peletlerimiz 3.15 mm çapında yuvarlak delikli elekten geçirilmiştir. Eleğin üzerinde kalan pelete ait parçalar tekrar tartılmıştır. Analizden sonra ki pelete ait ağırlığın analizden önceki pelete ait ağırlığa bölünmesi yolu ile kırılma direnci % cinsinden tespit edilmiştir.

$$Kd = \left(\frac{m_a}{m_e} \right) \times 100 \quad (3.4)$$

Eşitlikte;

F: Kırılma direnci (%),

m_e : Analizden önce elenen pelete ait ağırlık (g),

m_a : Analizden sonra elenen pelete ait ağırlık (g)



Şekil 3.13 Pelet kırılma direnci testi

Pelet Yoğunluk; Anonim (2010) standartları çerçevesinde analiz yöntemine göre uygulanmıştır. Öncelikle peletlerimiz 5 L hacmindeki (15.3 cm çap x 27.2 cm yükseklik) kaba yaklaşık 20-30 cm yükseklikte bir tepe (koni) meydana gelecek şekilde tamamen doldurulur ve 3 kez 15 cm yükseklikten sert zemin üzerine bırakılır. Ahşap malzemeden yapılmış düz bir tahta ile kabın üstünde kalan peletler çıkartılır ve kabta bulunan boşluklar doldurulur.

Pelet hacim yoğunluğu kg/m^3 olarak aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır.

$$P_{hy} = (m_2 - m_1) / V \quad (3.5)$$

Eşitlikte;

P_{hy} : Pelete ait hacimsel yoğunluk (kg/m^3),

m_1 : Kabın boş ağırlığı (kg),

m_2 : Kabın dolu ağırlığı (kg),

V : Kaba ait net hacim (m^3).

Pelet Parçacık Yoğunluk Değerleri; Pelet parça yoğunluğunun belirlenmesinde öncelikli olarak pelet boyutlarının belirlenmesi gerekir. Daha sonra pelet örneğinden rastgele seçilmiş peletler tartılmış ve ağırlıkları kaydedilmiştir. Daha sonra dijital kumpas ile silindirik peletlerin çapı ve uzunluğu ölçülmüş ve pelet hacmi hesaplanmıştır. Pelet parça yoğunluğunu tespit edebilmek için, pelet ağırlığını pelet hacmine bölmek surety ile kg/m^3 cinsinden aşağıda belirtilen formül ile hesaplanmıştır. (Adapa ve ark., 2006).

$$V_u = \pi d^2 l / 4 \quad (3.6)$$

$$P_u = m_u / V_u \quad (3.7)$$

Eşitlikte;

V_u : Tek pelete ait hacim (m^3),

d : Pelet ait çap (m),

l : Pelet ait uzunluk (m),

P_u : Pelet ait parça yoğunluğu (kg/m^3),

m_u : Tek pelete ait ağırlık (kg).

3.2.3. Verilerin Değerlendirilmesi

Analizler sonucunda bulduğumuz değerler MSTAT-C istatistiki paket programı kullanılmıştır (Gülümser ve ark., 2006). Önem düzeylerini belirlemek için F testi yapılmış, ortalama olarak alınan değerler arasındaki mukayese DUNCAN testine göre yapılmıştır (Yurtsever, 1984).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Şeftali budama artıkları ve patlıcan artıklarının peletlenmesi ve karışım oranlarının etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada ısı değerler, kül değeri, dayanıklılık, nem, baca gazı değeri, baca gazı emisyonlarına ait değerler (O₂, CO, CO₂, SO₂, NO_x, NO₂). kırılma, pelet yoğunluk ve pelet parçacık yoğunluk değeri incelenmiş, kriterlere ait bulgular ve tartışma bu başlık altında değerlendirilmiştir.

4.1. Isıl Değer

Yürütülen denemede, ısı değerlerine ait varyans analizi neticeleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Şeftali ile patlıcan karışımlarına ait ısı değerler varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri
İşlem	2	18 993.000	159.159**
Hata	6	119.333	
Genel	8		
CV (%): 0.26			

** P<0.01 düzeyinde önemli

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, şeftali ve patlıcan karışımlarında ısı değerler açısından %1 önemlilik düzeyinde istatistiksel farklılık bulunmuştur. İşlemlere ait ısı değer ortalamaları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 İşlemler arasında ısı değer ortalamaları

İşlemler	Isıl Değerler (cal/g)
Şeftali (%80), Patlıcan (%20)	4 369 a*
Şeftali (%60), Patlıcan (%40)	4 268 b
Şeftali (%40), Patlıcan (%60)	4 212 b
Karışımların Ortalaması	4 283
DUNCAN: 57.28	
Patlıcan (%100)	3 850

* Aynı harf ile belirtilen ortalama veriler arasında istatistiki açıdan fark görünmemektedir.

İşlemler arasında en fazla ısı değer 4 369 cal/g ile Ş₈₀P₂₀ karışımında belirlenmiştir. Çizelge 4.2’ye bakıldığında en fazla ısı değerde olan pelet karışımı 4 369 cal/g ile Ş₈₀P₂₀), ısı değeri en az olan pelet karışımı 4 212 cal/g ile Ş₄₀P₆₀ karışımıdır.

Avrupa Pelet Konseyi peletlere ait ölçütlere göre ENplus-A1, Enplus-A2 ve EN-B olmak üzere 3 farklı ölçüt tanımlamıştır. Burada belirtilen bütün ölçütlerde peletlere ait kalori değerleri 3 821.5 cal/g (16MJ/kg)-4 538.1cal/g (19MJ/kg) değerleri arasında gerçekleşmesi arzu edilmektedir (Anonim 2013). Bu neticelere göre peletlerin Konsey tarafından belirlenen ölçütlere göre; tüm peletlerin ısıl değerler bakımından istenilen düzeyde olduğu görülmüştür.

Patlıcan artıklarından elde edilen pelette yapılan analizde ısıl değer 3 850 cal/g olarak ölçülmüştür. Yapılan çalışmada patlıcanın ısıl değerinin üç farklı karışımda da tek başına yapılan analizlerdeki ısıl değere göre arttığı görülmektedir (Çizelge 4.2).

4.2. Kül Değeri (%)

Yürütülen denemede, şeftali-patlıcan karışımına ait kül değerlerine ait varyans tahlili neticeleri Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Şeftali ve patlıcan karışımlarına ait kül değerleri varyans analiz neticeleri.

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri
İşlem	2	0.534	120.250**
Hata	6	0.004	
Genel	8		
CV (%): 1.22			

** P<0.01 düzeyinde önemli

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, şeftali ve patlıcan karışımlarında kül değerleri açısından %1 önemlilik düzeyinde istatistiksel farklılık bulunmuştur. İşlemlere ait kül değeri ortalamaları Çizelge 4.4’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.4 İşlemler arasında kül değeri ortalamaları

İşlemler	Kül Değerleri (%)
Şeftali (%80), Patlıcan (%20)	5.10 b
Şeftali (%60), Patlıcan (%40)	5.40 b
Şeftali (%40), Patlıcan (%60)	5.93 a*
Karışımların Ortalaması	5,48
DUNCAN: 0.3316	
Patlıcan (%100)	7.40

* Aynı harf ile belirtilen ortalama veriler arasında istatistiksel açıdan fark görünmemektedir

İşlemler arasında kül değeri %5.10 ile %5.93 arasında değişmiş olup en fazla Ş₄₀P₆₀ karışımından elde edilmiştir.

Çizelge 4.4 incelendiğinde; en yüksek kül içeriğine sahip karışım %5.93 ile Ş₄₀P₆₀ iken en düşük kül içeriğine sahip olan %5.10 oranı ile Ş₈₀P₂₀ peleti olarak belirlenmiştir. Karışım peletlerinin kül değerlerine bakıldığında şeftaliye ait pelet oranı arttıkça kül oranının düştüğü görülmektedir.

EN plus-A1 sınıfı için kül miktarı %0.7'den az, EN plus-A2 sınıfı için kül miktarı %1.5'den az ve EN-B sınıfındaki peletler açısından bakıldığında ise %3'den az olması arzu edilmektedir.

Bu sonuçlara göre üç oranda yaptığımız pelet karışımlarının hiç birinde EN plus-A1, EN plus-A2 ve EN-B standardına uygun kül içeriğini sağlayan materyal bulunmamaktadır.

Patlıcan artıklarından elde edilen pelette yapılan analizde kül değeri %7.4 olarak ölçülmüştür. Yapılan çalışmada patlıcanın üç farklı karışımdaki kül değerlerinin tek başına yapılan analizdeki kül değerine göre daha düşük olduğu görülmektedir (Çizelge 4.4).

4.3. Dayanıklılık (%)

Mukavemet direncine ait oranlar pnömatik sistemlerle ya da mekanik sistemlerle peletlerin taşınma özelliklerinin tanımlanması bakımından kayda değerdir. Mukavemet direnci sıkıştırma açısından bakıldığında imalat sanayiinde, buradan yola çıkarak değerlendirildiğinde de pelet kalitesinin denetiminin kolaylaşmasını sağlar. İmalatta mukavemet direncin fazla olan peletler, kalite açısından da yüksek olarak görülmektedir (Kaliyan ve Morey 2009).

Yürütülen denemede, şeftali-patlıcan karışımına ait dayanıklılık değerlerinde ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Şeftali ile patlıcan karışımlarına ait dayanıklılık değerleri varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri
İşlem	2	26.791	17.973**
Hata	6	1.491	
Genel	8		
CV (%): 1.30			

** P<0.01 düzeyinde önemli

Varyans testi neticesine göre, şeftali ve patlıcan karışımlarında dayanıklılık değerleri açısından % önemlilik bakımından istatistiksel açıdan fark görülmüştür. İşlemlere ait dayanıklılık değeri ortalamaları Çizelge 4.6’de verilmiştir.

Çizelge 4.6 İşlemler arasında dayanıklılık değeri ortalamaları

İşlemler	Dayanıklılık Değerleri (%)
Şeftali (%80), Patlıcan (%20)	96.96 a
Şeftali (%60), Patlıcan (%40)	94.14 a
Şeftali (%40), Patlıcan (%60)	90.98 a
Karışımların Ortalaması DUNCAN: 6.402	94.03
Patlıcan (%100)	93.10

* Aynı harf ile belirtilen ortalama veriler arasında istatistiki açıdan fark görünmemektedir

İşlemler arasında dayanıklılık değeri %90.98 ile %96.96 arasında değişmiş olup işlemler arasında fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.6’da görüldüğü gibi dayanıklılık oranı %96.95 ile 1. karışım olan Ş₈₀P₂₀ peletinde bulunurken en düşük değeri %90.98 sonucu ile Ş₄₀P₆₀ peletinde saptanmıştır. Karışım peletlerinde saptanan değerler incelendiğinde şeftali pelet oranının artmasıyla peletlerde dayanıklılık oranlarında da artma olduğu görülmüştür. Konseyin pelet ölçütlerine göre ENplus-A1, ENplus-A2 sınıfı odun peletlerine ait mukavemet direncinin ≥ 97.5 EN-B sınıfına ait pelet ölçütlerinde ise ≥ 96 .

Patlıcan artıklarından elde edilen pelette yapılan analizde pelet dayanıklılığının %93.1 olarak ölçülmüştür. Yapılan çalışmada patlıcanın tek başına yapılan analize göre, Ş₈₀P₂₀ ve Ş₆₀P₄₀ karışımlarında fazla olduğu, Ş₄₀P₆₀ karışımında ise düşük olduğu görülmektedir. 5 seviyesinde olmasının gerekliliği ifade edimiştir.

Miranda ve ark., (2011) ve Miranda ve ark., (2012) pelet yemde bulunan nem miktarları yükseldikçe pelete ait mukavemet direncinin azaldığını bildirmişlerdir. Yine testlerde kullanılan gereçlerin çeşitliliği, karışıma ait oranlardaki farklılıklar ve pelette bulunan nem miktarları mukavemet oranının %85.83-%97.08 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Mukavemet oranı bakımından bulunan neticeler Miranda ve ark. (2011) Miranda ve ark. (2012), Liu ve ark. (2013), tarafından bulunan neticelerle benzerlikler göstermiş ve ekseri literatürde bulunan verilerin yukarısında olduğu görülmüştür.

4.4. Nem (%)

Yürütülen denemede, şeftali-patlıcan karışımına ait nem değerlerinde ilişkin varyans testi neticeleri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7 Şeftali ile patlıcan karışımlarına ait nem değerleri varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri
İşlem	2	0.163	18.375**
Hata	6	0.009	
Genel	8		

CV (%): 1.32

** P<0.01 düzeyinde önemli

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, şeftali ve patlıcan karışımlarında nem değerleri açısından %1 önemlilik düzeyinde istatistiksel farklılık bulunmuştur. İşlemlere ait ortalama veriler Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8 İşlemler arasında nem değeri ortalamaları

İşlemler	Nem Değerleri (%)
Şeftali (%80), Patlıcan (%20)	7.00 a
Şeftali (%60), Patlıcan (%40)	7.43 a
Şeftali (%40), Patlıcan (%60)	7.07 a
Karışımların Ortalaması	7.17
DUNCAN: 0.4974	
Patlıcan (%100)	4.00

* Aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistik olarak fark yoktur

İşlemler arasında nem değeri %7.00 ile %7.43 arasında değişmiş olup işlemler arasında fark bulunmamıştır.

Materyalleri peletleme yapıldıktan sonra nem değerlerinde azalmalar görüldüğü ancak oda koşullarında kapalı kapta korunduğu için önemsenmeyecek derecede az nem aldığı görülmüştür.

Konseyin pelet ölçütlerine göre ENplus-A1, Enplus-A2 sınıflarının yanı sıra EN-B sınıfı olmak üzere 3 farklı ölçüt olduğu ve bütün ölçütlerde peletlerin nem içeriklerinin ≤ 10 büyük olması gerekliliği ifade edilmiştir. (Anonim, 2013). Buna göre üç farklı karışım neticesinde peletlerin Konseyin belirlediği ölçütlere göre nem içeriğinin münasip olduğu tespit edilmiştir.

Patlıcan artıklarından elde edilen pelette yapılan analizde nem değeri %4.00 olarak ölçülmüştür. Yapılan çalışmada patlıcanın üç farklı karışımdaki nem

değerlerinin tek başına yapılan analizdeki nem değerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 4.8).

4.5. Bacagazı (%)

Yürütülen denemede, şeftali-patlıcan karışımına ait bacagazı O₂ ve CO₂ değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9 Şeftali ve patlıcan karışımlarına ait bacagazı O₂ ve CO₂ değerleri varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	O ₂ Kareler Ortalaması	O ₂ F Değeri	CO ₂ Kareler Ortalaması	CO ₂ F Değeri
İşlem	2	0.054	7.000*	0.034	6.200*
Hata	6	0.008		0.006	
Genel	8				
CV (%): 0.50				CV (%): 2.22	

* P<0.05 düzeyinde önemli

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, şeftali ve patlıcan karışımlarında O₂ ve CO₂ değerleri açısından %5 önemlilik düzeyinde istatistiksel farklılık bulunmuştur. İşlemlere ilişkin ortalama değerler Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.10 İşlemler arasında O₂ ve CO₂ değeri ortalamaları

İşlemler	O ₂ Değerleri (%)	CO ₂ Değerleri (%)
Şeftali (%80), Patlıcan (%20)	17.63 a	3.23 a
Şeftali (%60), Patlıcan (%40)	17.40 a	3.43 a
Şeftali (%40), Patlıcan (%60)	17.40 a	3.40 a
Karışımların Ortalaması		
DUNCAN O ₂ : 0.3095	17.50	3.56
DUNCAN CO ₂ : 0.2680		
Patlıcan (%100)	17.50	3.37

* Aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark yoktur

İşlemler arasında O₂ değeri %17.40 ile %17.63 arasında değişmiş olup işlemler arasında fark bulunmamıştır. CO₂ değeri ise %3.23 ile %3.43 arasında değişmiş olup işlemler arasında fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.10 incelendiğinde O₂ değerinin en yüksek olduğu pelet karışım Ş₈₀P₂₀ ile 1. karışımda, O₂ değerinin en düşük olduğu pelet karışım ise Ş₆₀P₄₀ ve Ş₄₀P₆₀ olan 2. ve 3. karışımlarda görülmektedir.

Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde (IKHKKY) baca gazı yönetmeliğinde O₂ değeri %18.1, CO₂ değeri ise %20.5 (Anonim, 2019)

olduğu düşünöldüğünde üç farklı oranlardaki pelet karışımlarımızdaki O₂ ve CO₂ değerlerinin bu değerlerin altında olduğu görölmektedir.

Patlıcan artıklarından elde edilen pelette yapılan analizde O₂ değeri %17.50 olarak ölçölmüştür. Yapılan çalışmada patlıcan atığından yapılan analizde O₂ değeri Ş₈₀P₂₀ karışımından düşük Ş₆₀P₄₀ ve Ş₄₀P₆₀ karışımlarından yüksek bulunmuştur Patlıcan artıklarından elde edilen pelette yapılan analizde CO₂ değeri %3.37 olarak ölçölmüştür. Yapılan çalışmada patlıcanın üç farklı karışımdaki CO₂ değerlerinin tek başına yapılan analizdeki CO₂ değerine göre daha yüksek olduğu görölmektedir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.11 Şeftali ve patlıcan karışımlarına ait bacagazı CO (ppm) ve NO (ppm) değerleri varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	CO Kareler Ortalaması	CO F Değeri	NO Kareler Ortalaması	NO F Değeri
İşlem	2	130627.000	14.176**	291.000	7.795*
Hata	6	214.667		37.333	
Genel	8				
CV (%): 5.18				CV (%): 5.27	

** P<0.01 düzeyinde önemli, * P<0.05 düzeyinde önemli

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, şeftali ve patlıcan karışımlarında CO değerleri açısından %1 önemlilik düzeyinde, NO değerleri açısından %5 önemlilik düzeyinde istatistiksel farklılık bulunmuştur. İşlemlere ait sayısal veriler Çizelge 4.12'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.12 İşlemler arasında CO ve NO değeri ortalamaları

İşlemler	CO Değerleri (ppm)	NO Değerleri (ppm)
Şeftali (%80), Patlıcan (%20)	1 754.67 a	105 c
Şeftali (%60), Patlıcan (%40)	1 711.67 a	124 a*
Şeftali (%40), Patlıcan (%60)	2 092.67 a	119 b
Karışımların Ortalaması		
DUNCANCO: 503.30	1 853.00	116
DUNCANNO: 668.60		
Patlıcan (%100)	3 907.00	126

* Aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark yoktur

İşlemler arasında CO değeri 1 711.67 ppm ile 2 092.67 ppm arasında değişmiş olup işlemler arasında fark bulunmamıştır. NO değeri 105 ppm ile 124 ppm arasında değişmiş olup işlemler arasında fark görülmektedir. NO değeri en fazla 124 ppm ile Ş₆₀P₄₀ karışımında, en az ise 105 ppm ile Ş₈₀P₂₀ karışımında elde edilmiştir.

Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde (IKHKKY) baca gazı yönetmeliğinde CO değeri %3 049 ppm, NO değeri ise %400 ppm (Anonim, 2019) olduğuna göre üç farklı oranlardaki pelet karışımlarımızdaki CO ve NO değerlerinin bu değerlerin altında olduğu görülmektedir.

Patlıcan artıklarından elde edilen pelette yapılan analizde CO değeri 3 907 ppm, NO değeri ise 126 ppm olarak ölçülmüştür. Yapılan çalışmada patlıcanın üç farklı karışımındaki CO ve NO değerlerinin tek başına yapılan analizdeki CO ve NO değerlerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.13 Şeftali ve patlıcan karışımlarına bacagazı NO_x (ppm) ve SO₂ (ppm) değerleri varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	NO _x Kareler Ortalaması	NO _x F Değeri	SO ₂ Kareler Ortalaması	SO ₂ F Değeri
İşlem	2	302.111	7.927*	11.444	25.750**
Hata	6	38.111		0.444	
Genel	8				
CV (%): 5.06				CV (%): 12.77	

** P<0.01 düzeyinde önemli, * P<0.05 düzeyinde önemli

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, şeftali ve patlıcan karışımlarında SO₂ değerleri açısından %1 önemlilik düzeyinde, NO_x değerleri açısından %5 önemlilik düzeyinde istatistiksel farklılık bulunmuştur. İşlemlere ilişkin ortalama değerler Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Çizelge 4.14 İşlemler arasında NO_x ve SO₂ değeri ortalamaları

İşlemler	NO _x Değerleri (ppm)	SO ₂ Değerleri (ppm)
Şeftali (%80), Patlıcan(%20)	125 a	6 ab
Şeftali (%60), Patlıcan(%40)	130 a	3 b
Şeftali (%40), Patlıcan(%60)	125 a	7 a*
Karıışımların Ortalaması		
DUNCAN NO _x : 21.36	122	5
DUNCAN SO ₂ : 3.494		
Patlıcan (%100)	132	8

* Aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark yoktur

İşlemler arasında NO_x değeri 125 ppm ile 130 ppm arasında değişmiş olup işlemler arasında fark bulunmamıştır. SO₂ değeri 3 ppm ile 7 ppm arasında değişmiş olup işlemler arasında fark görölmektedir. SO₂ değeri en fazla 7 ppm ile Ş₄₀P₆₀ karışımdan, en düşük değer ise 3 ppm ile Ş₆₀P₄₀ karışımdan elde edilmiştir.

Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde (IKHKKY) baca gazı yönetmeliğinde NO_x değeri %148 ppm, SO₂ değeri ise %200 ppm (Anonim, 2019) olduğuna göre üç farklı oranlardaki pelet karışımlarımızdaki NO_x ve SO₂ değerlerinin bu değerlerin altında olduğu görölmektedir.

Patlıcan artıklarından elde edilen pelette yapılan analizde NO_x değeri 132 ppm, SO₂ değeri ise 8.33 ppm olarak ölçölmüştür. Yapılan çalışmada patlıcanın üç farklı karışımdaki NO_x ve SO₂ değerlerinin tek başına yapılan analizdeki NO_x ve SO₂ değerlerine göre daha yüksek olduğu görölmektedir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.15 Şeftali ve patlıcan karışımlarına ait kırılma ve pelet yoğunluğu değerleri varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kırılma Kareler Ortalaması	Kırılma F Değeri	Pelet Yoğunluğu Kareler Ortalaması	Pelet Yoğ.F Değeri
İşlem	2	0.167	0.573	0.002	0.221
Hata	6	0.292		0.011	
Genel	8				
CV (%): 0.54				CV (%): 3.47	

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, şeftali ve patlıcan karışımlarında kırılma ve pelet yoğunluğu değerleri açısından istatistiki anlamda farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 4.16 İşlemler arasında kırılma ve pelet yoğunluğu değeri ortalamaları

İşlemler	Kırılma Değerleri (%)	Pelet Yoğunluk Değerleri (kg/m ³)
Şeftali (%80), Patlıcan(%20)	99.08	596.4
Şeftali (%60), Patlıcan(%40)	99.52	591.0
Şeftali (%40), Patlıcan(%60)	99.16	585.2
Karışımların Ortalaması	99.25	590.8
Patlıcan (%100)	95.80	625.0

İşlemler arasında kırılma değeri %99.08-%99.53 arasında değişmiş olup ortalaması %99.25 olarak belirlenmiştir. Pelet yoğunluğu Ş₈₀P₂₀ karışımında 596.4 kg/m³, Ş₆₀P₄₀ karışımında 591 kg/m³, Ş₄₀P₆₀ karışımında 585.2 kg/m³ olarak ölçülmüştür.

Konsey tarafından belirlenen Anonim (2013) standardındaki pelet ölçütlerine göre pelet hacim yoğunluğunun ≥ 600 kg/m³, peleta ait uzunluğun ise 3.15-40 mm arasında olmasının gerekliliği ifade edilmiştir. Bu sonuçlara göre farklı oranlardaki pelet karışımlarımızdaki pelet yoğunluğu değerlerinin bu değerlerin altında olduğu ve uzunluk değerlerinin ise bu değerlerin arasında olduğu belirlenmiştir.

Patlıcan artıklarından elde edilen pelette yapılan analizde kırılma değeri %95.80, pelet yoğunluğu değeri ise 625 kg/m³ olarak ölçülmüştür. Yapılan çalışmada patlıcanın üç farklı karışımdaki kırılma değerlerinin tek başına yapılan analizdeki kırılma değerlerine göre daha yüksek olduğu, üç farklı karışımdaki pelet yoğunluk değerinin ise patlıcan pelet yoğunluk değerinden daha düşük olduğu görülmektedir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.17 Şeftali ve patlıcan karışımlarına pelet parçacık yoğunluğunda uzunluk ve ağırlık değerleri varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Uzunluk Kareler Ortalaması	Uzunluk F Değeri	Ağırlık Kareler Ortalaması	Ağırlık F Değeri
İşlem	2	2.584	0.592	0.007	0.767
Hata	6	4.363		0.010	
Genel	8				
CV (%): 6.44				CV (%): 8.22	

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, şeftali ve patlıcan karışımlarında pelet parçacıklarında uzunluk ve ağırlık değerleri açısından istatistiki anlamda farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 4.18 İşlemler arasında pelet parçacıklarında uzunluk ve ağırlık değeri ortalamaları

İşlemler	Uzunluk (mm)	Ağırlık (g)
Şeftali (%80), Patlıcan (%20)	33.33	1.23
Şeftali (%60), Patlıcan (%40)	31.47	1.14
Şeftali (%40), Patlıcan (%60)	32.45	1.22
Karışımların Ortalaması	32.45	1.19
Patlıcan (%100)	32.10	1.10

İşlemler arasında pelet parçacık uzunluk ortalaması 32.45 mm olarak ölçülmüş olup en uzun değer Ş₈₀P₂₀ değerinde (33.33 mm) belirlenmiştir. Pelet parçacık ağırlığı ortalaması 1.19 g olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.19 Şeftali ve patlıcan karışımlarına ait pelet parçacık yoğunluğu değerleri varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri
İşlem	2	0.001	0.447
Hata	6	0.003	
Genel	8		
CV (%): 4.35			

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, şeftali ve patlıcan karışımlarında pelet parçacıklarında yoğunluk değerleri açısından istatistiki anlamda farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 4.20 İşlemler arasında pelet parçacıklarında yoğunluk değeri ortalamaları

İşlemler	Pelet Parçacık Yoğunluğu (kg/m ³)
Şeftali (%80), Patlıcan (%20)	1 303
Şeftali (%60), Patlıcan (%40)	1 280
Şeftali (%40), Patlıcan (%60)	1 324
Karışımların Ortalaması	1 302
Patlıcan (%100)	1 269

İşlemler arasında pelet parçacık yoğunluk ortalaması 1302 kg/m³ olarak ölçülmüş olup en yoğun değer Ş₄₀P₆₀ değerinde (1 324 kg/m³) belirlenmiştir.

Patlıcan artıklarından elde edilen pelette yapılan analizde pelet parçacık yoğunluk değeri 1 269 kg/m³ olarak ölçülmüştür. Yapılan çalışmada patlıcanın üç farklı karışımdaki pelet parçacık yoğunluk değerlerinin tek başına yapılan analizdeki pelet parçacık yoğunluk değerlerine göre daha düşük olduğu görülmektedir (Çizelge 4.20).

5. SONUÇ

Isıl değerler karışım oranlarına bağlı olarak 4.21-4.37 cal/g arasında değişmiş olup en fazla Ş₈₀P₂₀ karışımından (4 369 cal/g) elde edilmiştir. Patlıcan peleti tek başına 3 810 cal/g ısıl değeri ile pelet yapına uygun değildir. Ancak verilen 3 farklı karışım oranı ile yapılan pelet ısıl değerleri minimum standart ısıl değerlerin değerinin üzerindedir. Isıl değerler açısından bakıldığında üç farklı oranlardaki karışımından elde edilen peletlerin kullanımı uygundur.

Kül değeri %5.10 ile %5.93 arasında değişmiş olup en fazla Ş₄₀P₆₀ karışımından elde edilmiştir. Patlıcan artıklarından elde edilen pelette yapılan analizde kül değeri %7.4 olarak ölçülmüştür. Yapılan çalışmada patlıcanın üç farklı karışımındaki kül değerlerinin tek başına yapılan analizdeki kül değerine göre daha düşük olduğu görülmektedir. Ancak biz en düşük kül değeri (%5.10) olan Ş₈₀P₂₀ karışımının kullanımı uygundur.

Dayanıklılık ve nem değerlerinde işlemler arasında istatistiki anlamda fark bulunmamış olup pelet dayanıklılık değerleri %90.98-%96.96 arasında değişmiştir. Patlıcan artıklarından elde edilen pelette yapılan analizde pelet dayanıklılığının %93.1 olarak ölçülmüştür. Yapılan çalışmada patlıcanın tek başına yapılan analize göre, Ş₈₀P₂₀, Ş₆₀P₄₀ karışımlarında fazla olduğu, Ş₄₀P₆₀ karışımında ise düşük olduğu görülmektedir. Bu durumda Ş₈₀P₂₀ ve Ş₆₀P₄₀ karışımlarının her ikisinin de kullanımı uygundur.

Nem değerleri %7.00-%7.43 arasında değişmiş olup istatistiki anlamda fark bulunmamıştır. Patlıcan artıklarından elde edilen pelette yapılan analizde nem değeri %4.00 olarak ölçülmüştür. Yapılan çalışmada patlıcanın üç farklı karışımındaki nem değerlerinin tek başına yapılan analizdeki nem değerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Pelet nem değerinin %7 civarında olması arzu edildiğinden dolayı bu sonuca göre üç farklı karışımında kullanımı uygundur.

Bacagazı değerlerinde O₂, CO₂, CO ve NO_x değerlerinde işlemler arasında fark bulunmamış olup O₂ değerleri %17.40-%17.63, CO₂ değerleri %3.23-%3.43, CO değerleri 1711.67 ppm 2 092.67 ppm, NO_x değerleri 125-130 ppm arasında değişmiştir. NO değeri 105-124 arasında değişmiş olup en fazla Ş₆₀P₄₀ karışımından, SO₂ değeri ise 3-7 ppm arasında değişmiş olup en fazla Ş₄₀P₆₀ karışımından elde edilmiştir.

Patlıcan artıklarından elde edilen pelette yapılan analizde O₂ değeri %17.50 olarak ölçülmüştür. Yapılan çalışmada patlıcan artığı peletine ait analizde O₂ değeri Ş₈₀P₂₀ karışımından düşük, Ş₆₀P₄₀ ve Ş₄₀P₆₀ karışımlarından yüksek bulunmuştur. Patlıcan artıklarından elde edilen pelette yapılan analizde CO₂ değeri %3.37 olarak ölçülmüştür. Yapılan çalışmada patlıcanın üç farklı karışımdaki CO₂ değerlerinin tek başına yapılan analizdeki CO₂ değerine göre %5,33 daha yüksek olduğu görülmektedir.

Patlıcan artıklarından elde edilen pelette yapılan analizde NO_x değeri 132 ppm, SO₂ değeri ise 8.33 ppm olarak ölçülmüştür. Yapılan çalışmada patlıcanın üç farklı karışımdaki NO_x ve SO₂ değerlerinin tek başına yapılan analizdeki NO_x ve SO₂ değerlerine göre NO_x değerinin %8,20, SO₂ değerinin %60 daha düşük olduğu görülmektedir.

Patlıcan artıklarından elde edilen pelette yapılan analizde CO değeri 3 907 ppm, NO değeri ise 126 ppm olarak ölçülmüştür. Yapılan çalışmada patlıcanın üç farklı karışımdaki CO ve NO değerlerinin tek başına yapılan analizdeki CO ve NO değerlerine göre CO değerinin %110,84, NO değerinin %8,62 daha düşük olduğu görülmektedir.

Bacagazı değerleri açısından bakıldığında Ş₆₀P₄₀ ve Ş₄₀P₆₀ karışımlarının pelet olarak kullanımı uygundur.

Kırılma değeri ortalaması %99.25, pelet yoğunluğu ortalaması 590.8 kg/m³, pelet uzunluk değeri 32.45 mm, pelet ağırlık değeri 1.19 g, pelet parçacık yoğunluğu 1.30 kg /m³ arasında değişmiştir. Patlıcan artıklarından elde edilen peletlerde yapılan analizlerde kırılma değeri %95.8, pelet yoğunluğu 625 kg/m³, pelet uzunluk değeri 32.10, pelet ağırlık değeri 1.10 g ve pelet parçacık yoğunluğu 1.269 kg/m³ olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre üç farklı karışımı da kullanımı uygundur.

Türkiye’de yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan patlıcanın artıklarının değerlendirilmesi ve ülke ekonomisine katkı sağlaması amacıyla şeftali budama artıkları ile üç farklı oranda karıştırılarak peletleme yapılmıştır. Ş₄₀P₆₀ patlıcan artığından yapılan peletin ısı değeri (4 212 cal/g) standartları sağlasada, diğer analiz sonuçlarına bakıldığında Ş₆₀P₄₀ ve Ş₄₀P₆₀ karışımlarının kullanımının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Adapa, PK., Singh, AK., Schoenau, GJ. & Tabil, LG. (2006). Pelleting characteristics of fractionated alfalfa grinds: hardness models. *Power Handling and Processing*, 18 (5): 1-6.
- Anonim, (2010). European Committee for Standardization. Solid biofuels. Determination of mechanical durability of pellets and briquettes. Part 1: Pellets. EN 15210-1: 2010.
- Anonim, (2013). European Pellet Council. Handbook for the Certification of Wood Pellets for Heating Purposes, Version 2.0. EN 14961-2: 2013.
- Anonim, (2017). Tc Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. [http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur-\(Erişim_Tarihi:_21.06.2017\)](http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur-(Erişim_Tarihi:_21.06.2017))
- Anonim, (2019). Isınmadan Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği. [http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.7265&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=%C4%B1s%C4%B1nmadan%20kaynaklanan-\(Erişim_tarihi:_11.04.2019\)](http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.7265&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=%C4%B1s%C4%B1nmadan%20kaynaklanan-(Erişim_tarihi:_11.04.2019))
- Anonim, (2020). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). [https://www.tuik.gov.tr-\(Erişim_tarihi:_16.08.2021\)](https://www.tuik.gov.tr-(Erişim_tarihi:_16.08.2021)).
- Atımtay, AT. & Topal, H. (2004). Co-combustion of olive cake with lignite coal in a circulating fluidized bed. *Fuel*, 83(7-8), 859-867.
- Boztepe, E., & Karaca, A., (2009). Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Tarımsal Atıklar. Enerji Kongresi.21-23 Ekim.2009. İzmir. Son erişim: 26.10.2015.
- Celma, AR., Cuadros, F. & López-Rodríguez, F. (2012). Characterization of pellets from industrial tomato residues. *Food and Bioproducts Processing*, 90(4), 700-706.
- Cubero-Abarca, R., Moya, R., Valaret, J. & Tomazello Filho, M. (2014). Use of coffee (*Coffea arabica*) pulp for the production of briquettes and pellets for heat generation. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(5), 461-470.
- Demirbaş A. (2004). Progress in Energy and Combustion Science sayı. 30. 219–230.
- Dok, M., Acar M., Çelik, AE., Atagün, G. & Akbaş, U. (2018). Şeftali budama artıklarından yenilenebilir enerji kaynağı olarak yararlanma imkânlarının araştırılması. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 14(3), 193-198.

- Duca, D., Riva, G., Foppa Pedretti, E. & Toscano, G. (2014). *FUEL*, vol. 135, Pages 9-14.
- Gizlenci, Ş., Dok, M., Acar, M., Efendioğlu, A. & Erdoğmuş, M. (2016). Üreticilerimiz ve Fabrikalarımız için Sorun Teşkil Eden Bazı Tarımsal Atıkların Alternatif Enerji Kaynağı Olarak Kullanılabilme Olanaklarının Araştırılması. Proje No: Tagem-Tbad-12-A04-P10-001.
- Gonzalez, JF., González-García, CM., Ramiro, A., González, J., Sabio, E., Gañán, J. & Rodríguez, MA. (2004). Combustion optimisation of biomass residue pellets for domestic heating with a mural boiler. *Biomass and Bioenergy*, 27(2), 145-154.
- Gülümser, A., Bozoğlu, H., & Peksen, E. 2006. Araştırma ve Deneme Metotları. OMÜ, Ziraat Fakültesi Yayınları, Ders Kitabı No: 48, Samsun.
- Gürdil, AK., Demirel, B, Acar, M., & Dok, M., (2014). Samsun’da Tarımsal Faaliyetler Sonucu Açığa Çıkan Bazı Tarımsal Atıklardan Elde Edilen Briketlerin Özellikleri. Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı.
- Holm, JK., Henriksen, UB., Hustad, JE. & Sørensen, LH. (2006). Toward an understanding of controlling parameters in softwood and hardwood pellets production. *Energy & Fuels*, 20(6), 2686-2694.
- Fasina, OO. (2008). Physical properties of peanut hull pellets. *Bioresource technology*, 99(5), 1259-1266.
- Kaliyan, N. & Morey, RV. (2009). Factors affecting strength and durability of densified biomass products. *Biomass and bioenergy*, 33(3), 337-359.
- Koçar, G. & Eryasar, A. (2007). An application of solar energy storage in the gas: Solar heated biogas plants. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 29(16), 1513-1520.
- Kürklü, A. & Bilgin, S. (2005). Biyokütle Briketleme Makinaları ve Uygulamaları: Literatür Taraması. III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu. 19-21.10.2005, Mersin.
- Lehtikangas, P. (2001). Quality properties of pelletised sawdust, logging residues and bark. *Biomass and bioenergy*, 20(5), 351-360.
- Liu, Z., Jiang, Z., Cai, Z. & Fei, B. (2013). Effects of carbonization conditions on properties of bamboo pellets. *Renewable energy*, 51, 1-6.

- Liu, Z., Fei, B., Jiang, Z., Cai, Z. & Liu, XE. (2014). Important properties of bamboo pellets to be used as commercial solid fuel in China. *Wood Science and Technology*, 48(5), 903-917.
- Mani, S., Tabil, L. G. & Sokhansanj, S. (2003). Compaction of biomass grinds-an overview of compaction of biomass grinds. *Powder Handling and processing*, 15(3), 160-168.
- Miranda, MT., Arranz, JI., Román, S., Rojas, S., Montero, I., López, M. & Cruz, JA. (2011). Characterization of grape pomace and pyrenean oak pellets. *Fuel processing technology*, 92(2), 278-283.
- Miranda, T., Arranz, JI., Montero, I., Román, S., Rojas, CV. & Nogales, S. (2012). Characterization and combustion of olive pomace and forest residue pellets. *Fuel Processing Technology*, 103, 91-96.
- Nilsson, D., Bernesson, S. & Hansson, PA. (2011). Pellet production from agricultural raw materials—A systems study. *Biomass and Bioenergy*, 35(1), 679-689.
- Severoğlu, A. (2010). Katı Biyoyakıt Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Sokhansanj, S. & Turhollow, AF. (2004). Biomass densification—cubing operations and costs for corn stover. *Applied Engineering in Agriculture*, 20(4), 495.
- Tabil Jr, L. & Sokhansanj, S. (1996). Process conditions affecting the physical quality of alfalfa pellets. *Applied Engineering in Agriculture*, 12(3), 345-350.
- Tabil Jr, LG. & Sokhansanj, S. (1997). Bulk properties of alfalfa grind in relation to its compaction characteristics. *Applied Engineering in Agriculture*, 13(4), 499-505.
- Theerarattananoon, K., Xu, F., Wilson, J., Ballard, R., Mckinney, L., Staggenborg, S., Vadlanı, P, Pei, ZJ. & Wang, D. (2011). Physical properties of pellets made from sorghum stalk, corn stover, wheat straw, and big bluestem. *Industrial Crops and Products*, 33(2), 325-332.
- Tüptek, A. (2011). Odun Talaşı ve Tozundan Pelet Biyoyakıt Üretilmesi ve Yanma Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

- Yılmaz, A. (2014). Bazı Tarımsal Artıkların Peletlenmesi ve Pelet Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Yurtsever, N. (1984). Deneysel İstatistik Metotlar. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 121, Teknik Yayın No: 56. Ankara.
- Zafari, A. & Kianmehr, MH. (2014). Factors affecting mechanical properties of biomass pellet from compost. *Environmental technology*, 35(4), 478-486.
- Zamorano, M., Popov, V., Rodríguez, ML. & García-Maraver, A. (2011). A comparative study of quality properties of pelletized agricultural and forestry lopping residues. *Renewable Energy*, 36(11), 3133-3140.
- Werther, J., Saenger, M., Hartge, EU., Ogada, T. & Siagi, Z. (2000). Combustion of agricultural residues. *Progress in energy and combustion science*, 26(1), 1-27.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	İbrahim YILMAZ
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Ondokuzmayıs Üniversitesi
Fakülte	Ziraat Fakültesi
Bölümü	Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü
Mezuniyet Yılı	2002
Yüksek Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı
Programı	Program Adı
Mezuniyet Tarihi	2022
Doktora	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Anabilim Dalı
Programı	Program Adı
Mezuniyet Tarihi	Tarih girmek için tıklayın veya dokununuz.
Yayınlar	