

T.C.  
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ET ENTEGRE TESİSİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OĞUZHAN MÜJDECİ

TEZ DANIŐMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ BURÇİN ATILGAN TÜRKMEN

BİLECİK, 2022

10493602

T.C.  
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ET ENTEGRE TESİSİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OĞUZHAN MÜJDECİ

TEZ DANIŐMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ BURÇİN ATILGAN TÜRKMEN

BİLECİK, 2022

10493602

## BEYAN

“Et Entegre Tesisinde Sürdürülebilirlik” adlı yüksek lisans tezinin hazırlık ve yazımı sırasında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Bu çalışmanın, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP), TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte, ETİK KURUL onayı alınması durumunda ise ETİK KURUL tarih karar ve bilgilerinin beyan edilmesi gerekmektedir.			
<b>DESTEK ALINMIŞTIR</b>		<b>DESTEK ALINMAMIŞTIR</b>	<b>X</b>
<b>Destek alındı ise;</b>			
<b>Destekleyen kurum;</b>			
<b>Desteğin Türü</b>		<b>Proje Numarası</b>	
1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)			
2- TÜBİTAK			
Diğer;..... .....			
<b>ETİK KURUL onayı var ise;</b>			
<b>ETİK KURUL karar tarih/sayı</b>		...../..... .....	

**Oğuzhan Müjdecı**

**Tarih**

.....

**İmza**

.....

## ÖN SÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Burçin ATILGAN TÜRKMEN'e teşekkür ederim.

Çalışmamda gerekli olan bilgi ve verilere ulaşmamı sağlayan Uzman Veteriner Hekim Zihni CAN'a, İnegöl İlçe Tarım ve Orman Müdürü İbrahim EKREN'e ve son olarak çalışmamda ve tüm hayatımda maddi ve manevi olarak her zaman yanımda olan değerli aileme ve beni daima eğitim yolunda ilerletmeye çalışan babam İbrahim MÜJDECİ'ye teşekkür ederim.

**Oğuzhan MÜJDECİ**

**2022**

## ÖZET

### ET ENTEGRE TESİSİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Sürdürülebilirlik yaklaşımı nüfus artışıyla beraber artan talep sonucu kaynakların tükenmesi nedeniyle küresel boyuttaki gıda sektörü için önemli bir sorun haline gelmektedir. Et endüstrisi, gıda üretiminde sürdürülebilirlik konusunda engelleri olan sektörlerden biridir. Bu nedenle sürdürülebilirliğe olan ilginin artması, bu sektördeki şirketleri sürdürülebilirlik sorunları üzerine yoğunlaşmaya zorlamaktadır. Et endüstrilerinde sürdürülebilirliğe duyulan acil ihtiyaç, günümüzde sürdürülebilir et ve et ürünleri üretim sistemlerinin araştırılmasına olan ihtiyacı artırmıştır. Bu nedenle yapılan bu çalışmada kırmızı et ve et ürünleri üretimi için çevresel sürdürülebilirlik konusunda yapılacak araştırmalara ve iyileştirme uygulamalarına odaklanılmıştır. Kırmızı et ve et ürünleri sektöründe faaliyet gösteren bir firmadan çalışma için veri sağlanmıştır. Firmadaki karkas et üretim hattı, fermente sucuk üretim hattı ve kuru et üretim hatları incelenmiştir. Bu ürünler için enerji tüketimi ve kullanımı, su tüketimi, sera gazı salınımı ile birlikte atık yönetimi konularında araştırma yapılarak çevresel etkilerin geldiği kritik noktalar belirlenmiştir. Belirlenen kritik noktalara uygulanabilecek çevresel performans iyileştirme önerileri sunulmuştur. Bu çalışmanın farklı sektörlerde yürütülecek olan sürdürülebilir üretim sistemleri için yapılacak araştırmalara ve pratik uygulamalara temel oluşturması beklenilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilirlik, gıda sektörü, et ve et ürünleri, kırmızı et, temiz üretim, atık yönetimi.

## **ABSTRACT**

### **SUSTAINABILITY IN MEAT INTEGRATED FACILITY**

The sustainability approach is becoming an important issue for the global food sector due to resource depletion as a result of rising demand and population growth. One sector with challenges to sustainable food production is the meat industry. As a result, companies in this industry are forced to focus on sustainability-related issues due to the growing interest in the topic. Today, there is a greater interest in the research of sustainable meat and meat product production systems due to the urgent need for sustainability in the meat sector. As a result, the focus of this study has been on research and improvement practices for environmental sustainability in the production of red meat and meat products. Data for the study was provided by a company involved in the red meat and meat products industry. The company's dry meat, fermented sausage, and carcass meat production lines were examined. For these products, energy and water consumption, greenhouse gas emissions, and waste management issues were investigated, and critical points where environmental impacts originated were identified. Recommendations for improving environmental performance for the identified critical points are presented. This study is expected to serve as the basis for future research and practical applications of sustainable production systems in various sectors.

**Keywords:** Sustainability, food sector, meat and meat products, red meat, clean production, waste management.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖN SÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. ET SEKTÖRÜ.....	4
2.1.Küresel Et Sektörü.....	4
2.2.Türkiye’de Et Sektörü.....	7
3. SÜRDÜRÜLEBİLİR ET ÜRETİMİ.....	11
3.1.Sürdürülebilir Üreti.....	11
3.2.Sürdürülebilir Gıda Sistemleri.....	12
3.3. Hayvancılık Sektörü ve Sürdürülebilirlik.....	13
3.4. Et ve Et Ürünleri Üretimi için Sürdürülebilir Üretim.....	16
3.4.1. Su Tüketimi ve Atık Su.....	17
3.4.2.Enerji Tüketimi.....	17
3.4.3.Sera Gazı Emisyonları.....	17
3.4.4. Atık Oluşumu.....	18
4. LİTERATÜR TARAMASI.....	19
5. MATERYAL VE METOT.....	23
5.1. Karkas Et Üretimi.....	24

5.2. Sucuk Üretimi .....	27
5.3. Kuru Et Üretim Süreci.....	29
5.4. Emisyon Verileri.....	32
6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....	35
6.1. Hesaplanan Göstergeler .....	35
6.1.1. Su Tüketimi ve Atık Su .....	35
6.1.2. Enerji Tüketimi .....	38
6.1.3. Sera Gazı Emisyonları .....	41
6.1.4. Atık Oluşumu.....	41
6.2. İyileştirme Yöntemleri .....	42
6.2.1. Su Tüketimi ve Atık Su .....	42
6.2.2. Enerji Tüketimi .....	43
6.2.3. Sera gazı Emisyonları.....	44
6.2.4. Atık Oluşumu.....	45
7. DEĞERLENDİRME.....	46
KAYNAKÇA .....	48

## TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
<b>Tablo 2.1.</b> Dünya Canlı Hayvan Varlığı (1000 Baş) (TİGEM, 2021: 4).....	5
<b>Tablo 2.2.</b> Dünya Et Üretimi (milyon ton) (FAO, 2022).....	6
<b>Tablo 2.3.</b> Dünya Kırmızı Et Üretimi (milyon ton) (FAO, 2022) .....	6
<b>Tablo 2.4.</b> Türkiye’de Canlı Hayvan Varlığı (Baş) (TÜİK, 2022a) .....	7
<b>Tablo 2.5.</b> Türkiye’de Et Üretimi (ton) (TÜİK, 2022c, 2022d).....	8
<b>Tablo 2.6.</b> Türkiye Kırmızı Et Üretimi (milyon ton) (TÜİK, 2022c) .....	8
<b>Tablo 5.1.</b> Canlı Hayvan Kesim Hattı Günlük Su ve Elektrik Miktarları.....	26
<b>Tablo 5.2.</b> Sucuk Üretim Hattı Günlük Su ve Elektrik Miktarları.....	29
<b>Tablo 5.3.</b> Kuru Et Üretimi için Günlük Su ve Elektrik Miktarları .....	32
<b>Tablo 5.4.</b> Emisyon Kaynakları ve Yıllık Miktarları .....	34

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1. 2021 Yılında Türkiye’de Kırmızı Et Üretiminin Hayvan Türlerine Göre Dağılımı (TÜİK, 2022c) .....	9
Şekil 5.1. Karkas Et Üretim Süreci Akış Şeması .....	25
Şekil 5.2. Fermente Sucuk Üretim Süreci .....	28
Şekil 5.3. Kuru Et Üretim Süreci.....	30
Şekil 6.1. Karkas Et Üretiminde Su Kullanımının Proseslere Göre Dağılımı.....	36
Şekil 6.2. Sucuk Üretiminde Su Kullanımının Proseslere Göre Dağılımı .....	37
Şekil 6.3. Kuru Et Üretiminde Su Kullanımının Proseslere Göre Dağılımı.....	37
Şekil 6.4. Karkas Et Üretiminde Enerji Kullanımının Proseslere Göre Dağılımı .....	38
Şekil 6.5. Sucuk Üretiminde Enerji Kullanımının Proseslere Göre Dağılımı .....	39
Şekil 6.6. Kuru Et Üretiminde Enerji Kullanımının Proseslere Göre Dağılımı .....	39
Şekil 6.7. Üretim Hatları için Kullanılan Yıllık LNG Miktarı .....	40

## KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

**FAO** : Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü

**GSMH** : Gayri Safi Milli Hasıla

**LNG** : Sıvılaştırılmış Doğalgaz

**OECD** : Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü

**TÜİK** : Türkiye İstatistik Kurumu

**WHO** : Dünya Sağlık Örgütü

**TSE** : Türk Standartları Enstitüsü

## 1. GİRİŞ

Tarımın bir kolu olan hayvancılık genel anlamıyla hayvansal gıdaların ve ürünlerin elde edilmesini sağlayan hayvan yetiştirilmesi, ıslahı, beslenmesi ve bakımını kapsayan içerisinde et, süt, tiftik, yün, deri, kozmetik, ilaç gibi ekonomik değeri olan ürünlerin üretilmesini kapsayan önemli bir sektördür. Katma değer yaratma özelliği yüksek olan hayvancılık sektörü bu yönüyle hem ekonomik hem de sosyal fonksiyonları içinde barındırmaktadır (Ergün & Bayram, 2021: 158).

Dünya nüfusunun günden güne artış göstermesi artan ihtiyaçları da beraberinde getirmiştir. Beslenme, insanlık tarihinin başlangıcından itibaren insanın temel ihtiyaçlarının başında gelmektedir ve bir sorun olarak küresel gündem başlıklarından biridir. Hayvancılık sektörü, et, süt ve yumurta gibi hayvansal protein sağlayarak yüksek besin değerine sahip besin ihtiyaçlarını karşılayarak, toplumun yeterli ve dengeli beslenmesinde önemli rol oynamaktadır (Ergün & Bayram, 2021: 158).

Hayvancılık sektörü; nüfus beslenmesinin yanı sıra, ülkelerin ekonomileri içerisinde önemli bir yere ve potansiyele sahiptir. Hayvansal üretim faaliyetleri sonucu açığa çıkan bazı yan ürünlerin farklı alanlarda değerlendirilmesi, değişik üretim kollarına hammadde kaynağı olması, istihdam sağlaması, lojistik sektörü ile perakendeciliğin gelişmesine kattığı değer artışı, kırsal kalkınma sağlaması ve kalkınma finansmanının öz sermayeye dayandırılması gibi önemli ekonomik fonksiyonlara sahiptir. Bu sektör yem sanayi, et ve et ürünleri sanayi, mandıra mamulleri sanayi, dericilik ve tekstil sanayileri, veteriner ilaçları ve hayvancılık ekipman sanayileri gibi sanayi kolları ile ekonomik katkı sağlamaktadır (HGM, 2015: 1; TİGEM, 2021: 4).

Hayvancılık faaliyetleri aynı zamanda kırsal alanda işsizlik sorununun çözülmesi, iş gücünün etkin bir şekilde kullanılması ile birlikte köyden kente göçün de önüne geçerek şehirlerdeki çarpık kentleşmenin ve oluşabilecek nüfus yoğunluğu baskısının azalması gibi fonksiyonlara da sahiptir (HGM, 2015: 1).

Günümüzde hayvancılık bir endüstri haline gelmiş ve ekonominin çok önemli bir parçası olmuştur. Gıda ve Tarım Örgütünden (FAO)'dan alınan verilere göre 2019 yılında Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH) içinde küresel boyutta tarım sektörünün payı %4 iken hayvancılık sektörünün bunun içindeki payı %35'tir. Bu oran gelişmekte olan ülkelerde dünya ortalaması ile neredeyse aynı iken (%36) Avrupa Birliği ülkelerinde ise bu oran %50'dir (FAO, 2021).

Et, bir hayvanın insan tüketimi için kullanılan yenilebilir kısımları içeren besin maddesidir. En popüler kırmızı et türleri sığır eti, kuzu eti ve domuz etidir. En popüler beyaz et türü ise kümes hayvanlarıdır ve tavuk favori beyaz etler listesinin başında gelir. İşlenmiş et ise raf ömrünü uzatmak veya tadını değiştirmek için eti tuzlama, konserveleme, fermente etme ve tütsüleme ile elde edilen et ürünleri olarak tanımlanır (Anar, 2017: 125).

Et, insan diyetinin ayrılmaz bir parçasıdır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sağlıklı bir insanın vücut ağırlığının her kilogramı için günde 1 gram protein tüketmesi gerektiğini ve bunun da yaklaşık yarısının hayvanlardan sağlanan protein olmasını önermektedir. Hayvansal besinlerdeki protein miktarları ette %15-20, balıkta %19-24, yumurtada %12, sütte %3-4, peynirde ise %15-25'dir (TİGEM, 2021: 4). Bu sebepten dolayı et insan için en önemli protein, yağ, vitamin ve mineral kaynaklarından biridir.

Son yıllarda dünya nüfusunun artışı ve et endüstrisinin gelişmesine bağlı olarak et tüketim miktarı da önemli ölçüde artmıştır. Artan miktarda et üretimi ise çevresel sürdürülebilirlik konusunda sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu sebepten dolayı yapılan bu çalışmada kırmızı et ve kırmızı et ürünleri işleme sektörünün çevresel sürdürülebilirliği konusunda yapılacak araştırmalara ve pratik uygulamalara farkındalık oluşturmak hedeflenmiştir. Bu amaçla öncelikli olarak küresel ve ulusal hayvancılık ve et sektörü ile ilgili bilgi verilmiştir. Sürdürülebilir üretim ve et sektöründeki uygulanması açıklanarak bu konuda yapılan çalışmalar sunulmuştur. Daha sonra kırmızı et ve ürünleri işleme sektöründe faaliyet gösteren bir firma için sürdürülebilir üretim araştırması yürütülmüştür. Tezin bu kısmında kırmızı et ve et ürünleri sektöründe faaliyet gösteren bir firmada referans aldığımız canlı hayvan kesim hattı, fermente sucuk üretim hattı ve kuru et üretim hatlarının da kullanılan makine ve ekipmanlarının su ve enerji tüketimleri belirlenmiştir. İşletmenin günlük canlı hayvan kesim miktarı, fermente sucuk üretim miktarı ve kuru et üretim miktarları göz önüne alınarak işletmenin yıllık su ve enerji tüketimleri hesaplanmıştır. Ayrıca bu süreçlerden ortaya çıkan atık miktarı ve sera gazı konusunda da hesaplamalar yapılmıştır. Referans aldığımız bu üç üretim prosesinin su ve enerji verimliliği ile atık oluşumu konularında kritik noktaları belirlenmeye çalışılarak bu kritik noktalara iyileştirme çalışmalarıyla çevresel sürdürülebilirlik iyileştirilmesi hedeflenmiştir.

Sürdürülebilir üretim sistemleri konusunda literatürde çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda genellikle sürdürülebilirlik sorunlarına odaklanılmakta olup sektörde uygulanması ve çevresel etkilerin iyileştirilmesi kısımları göz ardı edilmektedir. Yapmış olduğumuz bu

araştırma et sektörüne ait işletmeden sağlanan gerçek ve detaylı verilerin kullanıldığı, sürdürülebilir üretim göstergelerinin değerlendirildiği ve çevresel sürdürülebilirliğin iyileştirilmesi için alternatiflerinin sunulduğu ölkemizde yapılan ilk çalışmadır. Ölkemizdeki gıda sektöründeki firmalar için yürütölerek çevresel sürdürülebilirliğin araştırıldığı çalışma sayısı çok azdır. Bu tez çalışmasının farklı sektörlerde yürütölcek olan sürdürülebilir üretim sistemleri için yapılacak araştırmalara ve pratik uygulamalara temel oluşturması beklenilmektedir.

## 2. ET SEKTÖRÜ

Et, özgün lezzeti ve besleyici değeri nedeniyle insanlar tarafından yüzyıllardır önemli miktarda tüketilen bir gıda maddesidir. Sanayileşmiş dünyadaki et endüstrisi, gıda endüstrisinin en büyük parçalarından biridir. Bu sektörde temel amaç üreticilerden canlı hayvan temin etmek ve bunları işleyerek et ve gıda dışı ürünlere dönüştürmektir. Et ve et ürünleri sektörü küresel tarım ve gıda içinde en hızlı gelişen alt sektörlerden birisi olarak kabul edilmektedir. Bu gelişmede et talebinin yükselmesinin yanı sıra üretim, işleme ve taşımada verimliliğin artmasının da etkisi olmuştur (Thornton, 2010).

Çalışmanın bu bölümünde küresel boyutta ve ülkemizdeki hayvancılık ve et sektörlerinin durumu ve gelişmeleri incelenmiştir.

### 2.1. Küresel Et Sektörü

Hayvancılık sektörü tarımın önemli bir koludur. Küresel boyutta elde edilen veriler ışığında türlerine göre hayvan varlığının 1980 yılında yaklaşık olarak 10,9 milyar baş hayvan olduğu anlaşılmaktadır. Tablo 2.1'den görüldüğü gibi bu dönemde hayvan varlığının %66,5'ini kanatlı hayvan, %14,4'ünü koyun-keçi, %11,2'sini sığır, %7,4'ünü domuz, %1,1'ini manda, %0,2'sini ise deve oluşturmaktadır. 1980-2019 döneminde dünyada sığır varlığı yaklaşık 1,4 kat; koyun ve keçi varlığı 1,6 kat; domuz varlığı 1,5 kat; manda varlığı ise 1,9 kat artış göstermiştir. 2019 yılı itibariyle 31,9 milyar baş olan ülkemizdeki toplam canlı hayvan varlığı ırklara göre incelendiğinde %87,4'ünü kanatlı hayvan, %7,3'sini koyun-keçi, %4,7'ini sığır, %2,6'sini domuz, %1,1'ini deve ve %0,6'sını mandanın oluşturduğu görülmektedir (TİGEM, 2021: 4).

**Tablo 2.1.** Dünya Canlı Hayvan Varlığı (1000 Baş)

<b>Hayvan Türü</b>	<b>1980</b>	<b>1990</b>	<b>2000</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
<b>Sığır</b>	1.217.018	1.298.403	1.314.761	1.428.636	1.452.464	1.489.744	1.511.021
<b>Küçükbaş</b>	1.562.000	1.800.000	1.805.676	2.000.380	2.139.562	2.255.383	233.278
<b>Domuz</b>	797.778	855.963	899.105	965.855	990.507	978.332	85.032
<b>Manda</b>	121.494	148.184	164.114	194.169	196.142	206.600	20.470
<b>Deve</b>	23.832	25.321	28.117	24.086	28.305	35.525	375.509
<b>Kanatlı</b>	7.215.808	10.632.870	14.401.862	19.458.571	24.163.913	25.693.119	27.883.057
<b>TOPLAM</b>	<b>10.842.000</b>	<b>14.700.000</b>	<b>18.692.000</b>	<b>24.100.000</b>	<b>28.800.000</b>	<b>30.720.000</b>	<b>31.900.000</b>

**Kaynak:** (TİGEM, 2021: 4)

Et ve et ürünleri sektörü küresel tarım ve gıda içinde en hızlı gelişen alt sektörlerden birisi olarak kabul edilmektedir. Tablo 2.2’de gösterildiği dünya toplam et üretimi 2021 yılında 2020 yılına göre %2,2 artışla karkas ağırlığı eşdeğeri olarak 338,5 milyon tona ulaşmıştır. 2019 yılındaki değerlere göre küresel toplam et üretiminin %39,9’unu kanatlı eti, %33,8’ini domuz eti, %21,4’ünü sığır eti, %4,9’unu ise küçükbaş hayvan etinin oluşturduğu görülmektedir (FAO, 2022: 7).

Çin, 2021 yılında küresel et ithalatının %26’sını gerçekleştirerek en büyük ithalatçı ülke olmuştur. Meksika, Amerika Birleşik Devletleri, Kore ve Japonya et ithalatında Çin’den sonra gelmiştir. 2021’de en yüksek et üretim artışını da Çin gerçekleştirmiştir (FAO, 2022: 7). Dünya toplam et ihracatı 2021’de 2020’ye göre %0,9 artışla 42,1 milyon tona ulaşmıştır. Et türü kategorisine göre en çok kanatlı eti ihracatı artarken, bunu büyükbaş hayvan eti takip etmiştir. Küçükbaş hayvan eti ihracatı büyük oranda sabit kalırken ve domuz eti ihracatı azalmıştır (FAO, 2022: 7).

**Tablo 2.2.** Dünya Et Üretimi (milyon ton)

<b>Et Türü</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
<b>Sığır Eti</b>	72,4	71,6	72,4
<b>Kanatlı Eti</b>	131,6	133,4	135,2
<b>Domuz Eti</b>	110,1	109,8	114,4
<b>Küçükbaş</b>	16,2	16,2	16,5
<b>Toplam</b>	<b>330,3</b>	<b>331,0</b>	<b>338,5</b>

**Kaynak:** (FAO, 2022: 7)

Tablo 2.3 kırmızı et üretiminin küresel boyuttaki değişimini göstermektedir. 2019 yılında 198,7 milyon ton olan küresel kırmızı et üretimi, 2020 yılında büyük oranda artmayarak neredeyse sabit kalmıştır. 2021 yılında ise kırmızı et üretimi 203,3 milyon tona ulaşmıştır. 2019-2021 yılları arasında kırmızı et üretimindeki artış %10 olarak gerçekleşmiştir. Bu %10'luk artışın yaklaşık olarak %50'lik kısmını domuz eti, %40'lık kısmını sığır eti, %10'lık kısmını ise küçükbaş hayvan etleri oluşturmaktadır (FAO, 2022: 7).

Kırmızı et üretiminin yaklaşık %60'ı gelişmekte olan ülkelerde yapılmaktadır. 2021'deki dünya büyükbaş hayvan eti üretimi, Asya, Kuzey Amerika ve Orta Amerika'daki artışla 2020 yılına göre %0,7 artarak 72,5 milyon tona ulaşmıştır. 2021 yılında dünya küçükbaş hayvan eti üretimi, Asya ve Güney Amerika'dan kaynaklanan artış ile %1,8 artışla 16,4 milyon tona ulaşmıştır (FAO, 2022: 7).

**Tablo 2.3.** Dünya Kırmızı Et Üretimi (milyon ton)

<b>Kırmızı Et Türü</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
<b>Sığır Eti</b>	72,4	71,6	72,4
<b>Domuz Eti</b>	110,1	109,8	114,4
<b>Küçükbaş</b>	16,2	16,2	16,5
<b>Toplam</b>	<b>198,7</b>	<b>197,6</b>	<b>203,3</b>

**Kaynak:** (FAO, 2022: 7)

Küresel et arzının 2031 yılına kadar 377 milyon tona ulaşacağı tahmin edilmektedir. Küresel olarak, kümes hayvanları, domuz eti, sığır eti ve koyun etinden elde edilen protein miktarının 2031 yılına kadar sırasıyla %16, %17, %8 ve %16 artacağı tahmin edilmektedir. Et

üretimindeki en fazla artışın Çin’de olacağı ve Çin’i Amerika Birleşik Devletleri, Brezilya ve Hindistan’ın takip etmesi beklenmektedir. Avrupa’daki et üretiminin ise azalacağı tahmin edilmektedir (OECD & FAO, 2022).

## 2.2. Türkiye’de Et Sektörü

Türkiye’de hayvancılık sektörü artan nüfusun yeterli ve dengeli beslenmesinde ve et, süt, kozmetik, deri ve ilaç gibi sektörlerdeki işletmelerde hammadde olarak kullanılması sebebiyle önemli bir yere sahiptir. Ayrıca bu sektör ülkemizde kırsal kalkınmayı desteklemekte ve köyden kente göçü azaltmaktadır (Karagöz, 2018: 1). 2021 yılında Türkiye’de toplam istihdam içinde tarımsal iş gücü oranı %17,2’dir. Bir önceki yıl ile tarım sektörünün payı 0,5 puan azalmıştır (TÜİK, 2022b).

Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) verilerine göre Türkiye’deki canlı hayvan sayısının yıllara göre değişimi Tablo 2.4’de gösterilmiştir. 2010 yılında toplam canlı hayvan varlığı 40,8 milyon baş olarak hesaplanmıştır. 2010 yılından itibaren hayvan varlığı artışa geçmiştir. Bunda temel etken 2010 yılında ortaya konulan ithalat kararıdır (TÜİK, 2010).

Tablo 2.4’de gösterildiği gibi 2021 yılında Türkiye’de toplam canlı hayvan varlığı 75,7 milyon baştır. Bunun %59,6’sını koyun, %24’ünü sığır, %16’sını keçi ve %0,3’ünü manda oluşturmaktadır. Büyükbaş hayvan sayısı 2021 yılında 2020’ye göre %0,7 azalırken, küçükbaş hayvan sayısı ise %6,3 artmıştır (TÜİK, 2022a).

**Tablo 2.4.** Türkiye’de Canlı Hayvan Varlığı (Baş)

Hayvan Türü	2010	2019	2020	2021
<b>Kanatlı</b>	239.000.000	348.785.000	386.081.000	402.000.000
<b>Koyun</b>	23.089.691	37.276.050	42.126.781	45.182.280
<b>Sığır</b>	11.369.800	17.688.139	17.965.482	18.124.106
<b>Keçi</b>	6.293.233	11.102.429	11.985.845	12.235.069
<b>Manda</b>	84.726	184.192	192.489	194.277
<b>Toplam</b>	<b>279.983.450</b>	<b>415.035.810</b>	<b>458.351.597</b>	<b>477.735.732</b>

**Kaynak:** (TÜİK, 2022a)

TÜİK verilerine göre ülkemizde 2019-2021 yılları arası toplam et üretim miktarı Tablo 2.5'te verilmiştir. Ülkemizde toplam et üretim miktarı 2019 yılında 3,8 milyon tondur. 2021 yılında Türkiye'deki toplam et üretimi %10,5'lik bir artışla 4,2 milyon tona ulaşmıştır.

**Tablo 2.5.** Türkiye'de Et Üretimi (ton)

Et Türü	2019	2020	2021
Sığır Eti	1.330.669	1.341.446	1.460.719
Kanath Eti	2.138.449	2.136.263	2.297.071
Manda Eti	7.150	8.424	10.831
Küçükbaş	403.296	436.082	480.488
<b>Toplam</b>	<b>3.879.564</b>	<b>3.922.215</b>	<b>4.249.109</b>

**Kaynak:** (TÜİK, 2022c, 2022d)

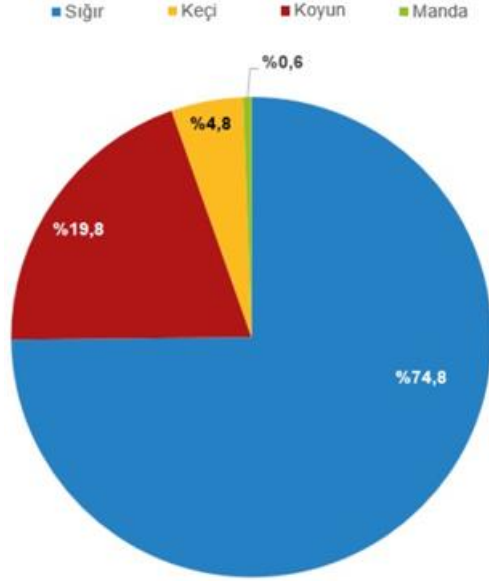
Tablo 2.6'da gösterildiği gibi ülkemizde 2020 yılında 1,8 milyon ton olan kırmızı et üretimi, 2021 yılında bir önceki yıla oranla %9,3 artarak 1,9 milyon tondan fazla kapasiteye ulaşmıştır. Üretim hayvan ırkları olarak bir önceki yıla göre sığır eti üretimi %8,9 artarak 1,5 milyon ton, koyun eti üretimi %11,7 artarak 386 bin ton, keçi eti üretimi %4,5 artarak 95 bin ton, manda eti üretimi ise %28,6 artarak 10,9 bin ton olmuştur (TÜİK, 2022c).

**Tablo 2.6.** Türkiye Kırmızı Et Üretimi (milyon ton)

Kırmızı Et Türü	2010	2019	2020	2021
Sığır Eti	618.584	1.075.479	1.341.446	1.460.719
Manda	3.387	7.320	8.424	10.831
Küçükbaş	158.747	125.918	436.082	480.488
<b>Toplam</b>	<b>780.718</b>	<b>1.208.717</b>	<b>1.785.952</b>	<b>1.952.038</b>

**Kaynak:** (TÜİK, 2022c)

Şekil 2.1'de gösterildiği gibi 2021 yılında ülkemizdeki toplam kırmızı et üretiminin en büyük kısmını %74,8 ile sığır eti oluşturmuştur. Sığır etini sırasıyla koyun eti (%19,8), keçi eti (%4,8) ve manda eti (%0,6) takip etmiştir (TÜİK, 2022c).



**Şekil 2.1.** 2021 Yılında Türkiye’de Kırmızı Et Üretiminin Hayvan Türlerine Göre Dağılımı

**Kaynak:** (TÜİK, 2022c)

2019 yılında küresel boyutta kişi başına kırmızı et tüketimi ortalama 20,1 kg olarak kayıt altına alınmıştır. Türkiye’de dana eti tüketimi gelişmiş kabul edilen ülkelere nazaran daha düşük olmasına rağmen, dünya ortalamasının üstündedir. Dünyada dana eti tüketim ortalaması kişi başına 6,4 kg iken Türkiye’de kişi başına 13,9 kg dana eti tüketilmektedir. Dünya’da kişi başına en çok dana eti tüketen ülkeler 43,3 kg Uruguay ve 39,7 kg ile Arjantin’dir. Kişi başı dana eti tüketimi AB-28 ülkelerinde 10,3 kg, Rusya’da 10,3 kg, Brezilya’da 24,6 kg, ABD’de ise 26,7 kg’dır. 2020 yılında gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde kişi başı tüketimin biraz daha arttığı tahmin edilmektedir (TİGEM, 2021: 4).

Et tüketimi, yaşam standartları, diyet, hayvancılık ve tüketici fiyatlarının gibi faktörlere bağlıdır. Gelir düzeyi, kırmızı et tüketimini belirleyen birincil faktördür. Tüketici alışkanlıkları ve üretimdeki bolluk da belirleyicidir (OECD & FAO, 2022: 25). Son yıllarda hayvancılığa verilen desteklerin önemli ölçüde artması ve hayvancılık sektöründe yatırımları özendirme için düşük faizli kredilerin teşvik edilmesi nedeniyle orta ve büyük ölçekli işletmelerin sayısında artış olmuştur. Ancak, ek hayvan ve karkas ithalatına rağmen, Türkiye yeterli kırmızı et üretiminden yoksundur. Ayrıca, ülke sürekli yem sıkıntısı çekmektedir. Çayır ve meralarda dönüşümlü otlatma yapılmadığından verim düşmüş, bu da planlı ıslah çalışmalarına ihtiyaç duyulmasına neden olmuştur. Çiftlik üretiminde yem çok düşük bir paya sahiptir. Hayvan hastalıkları ciddi verim kayıplarına neden olmaktadır (TİGEM, 2021: 4).

Tarım ve Orman Bakanlığı verilerine göre Haziran 2022 tarihli Türkiye'de kırmızı et kesimhane sayısı 515, kanatlı et kesimhane sayısı 68 adettir. Et parçalama ve işleme tesis sayısı 2318 adet hayvansal yan ürün (mesane, bağırsak ve işkembe) işleyen işletme sayısı 175 adettir (GKGM, 2022: 1).

Büyükbaş hayvanların kesimi için toplam kurulu kapasite günlük yaklaşık 174 bin baş ve toplam yıllık üretim ise yaklaşık 569 bin tondur. Aynı envanter, kırmızı et ve et ürünleri sektöründe faaliyet gösteren üretim işletmelerinin yelpazesi hakkında bilgi vermektedir. 502 çiğ kırmızı et işleme, 350 ısıtılmış işlem görmüş fermente sosis benzeri ürünler, 313 köfte, 183 fermente sosis, 133 salam, 121 sosis ve 122 pastırma üretimi yapmakta olan tesis bulunmaktadır. Ülkemizde et ve et ürünleri sanayinde kapasite kullanım oranının düşük olduğu açıkça görülmektedir. Bu oran çiğ kırmızı ette %54,3, köftede %75,2, fermente sucukta %17,2, ısıtılmış işlem görmüş fermente sosis benzeri ürünlerde %46,0 ve salamda %27,6 olarak gerçekleşmiştir (Tosun & Demirbaş, 2021: 522).

### **3. SÜRDÜRÜLEBİLİR ET ÜRETİMİ**

Nüfus artışına bağlı olarak talebin artması, küresel ısınma, su kaynaklarının kirlenmesi ve enerji faaliyetlerinin artması gibi fiziksel ve çevresel şartların değişmesi, ayrıca doğal kaynakların da azalması bütün dünyada ana gündem maddelerini oluşturmaktadır. Yürütülen araştırmaların sonuçlarına göre küresel boyutta gıda ürünlerine yönelik taleplerin 2012-2050 yılları arasında yaklaşık %35-50 oranında artacağı düşünülmektedir (TİGEM, 2021: 4). Talebin artacağı gıda ürünlerinden önemli bir grubu da et ve et ürünleri oluşturacaktır. Küresel çapta artan et tüketimine bağlı olarak bu sektörde faaliyet göstermekte olan tesislerinin ölçüleri artarken buna bağlı olarak sebep oldukları çevresel sorunların da artacağı düşünülmektedir (OECD & FAO, 2022: 25).

Tez çalışmasının bu kısmında sürdürülebilir üretim ve gıda sistemlerinin sürdürülebilirliği hakkında genel bilgi verilirken et sektörünün çevresel sürdürülebilirlik performansı değerlendirilmiştir. Ayrıca et ve et işleme sektörü için önemli olan çevresel sürdürülebilirlik göstergeleri verilerek açıklanmıştır.

#### **3.1. Sürdürülebilir Üretim**

Sürdürülebilir Kalkınma kavramı 1987 yılında Birleşmiş Milletler tarafından Brundtland Raporu'nda "gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetinden ödün vermeden mevcut neslin ihtiyaçlarını karşılayan kalkınma" olarak tanımlanmıştır. Raporda ayrıca bu kalkınmanın gerçekleşebilmesi için çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik olmak üzere birbiri ile bağlantılı üç alanın da dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır (United Nations, 1987).

Sanayi sürdürülebilir kalkınmanın en önemli parçalarından biridir. Sürdürülebilir üretim ekonomik olarak uygulanabilir, çevreye duyarlı ve sosyal açıdan faydalı bir şekilde ürün ve hizmet üretimi olarak tanımlanabilir. Endüstriyel sistemlerde çevre kirliliğine yol açmayan, enerjiden tasarruf sağlayan ve doğal kaynakların kullanılmasının yanı sıra çalışanlar, topluluklar ve ayrıca üreticiler için de ekonomik ve güvenli süreçler ile üretilen ürünlerin yaratılması hedeflenmektedir. Çevresel bilincin artmasıyla birlikte oluşan rekabet ortamında işletmeleri için doğal kaynaklara bağımlılığı, atık yoğunluğu ve çevre kirliliği nedeniyle sürdürülebilir üretim yöntemleri stratejik öneme sahiptir (Azapagic & Perdan, 2000: 243).

Sürdürülebilir üretim hem ürünün nasıl üretildiğine hem de ürünün özelliklerine odaklanır. Yani sürdürülebilir üretimde sisteme giren ve çıkanlarla beraber üretim süreçleri ve

ürünün tasarımı basamakları da dikkate alınır. Sürdürülebilir üretim, daha az atık üretmek ve daha az tehlikeli madde kullanmanın yanı sıra geri dönüştürülebilirlik veya yeniden kullanım ile birlikte daha az enerji ve hammadde kullanımını da içermektedir. Sürdürülebilir üretim uygulamaları, basit proses iyileştirmeleri ile sağlanabilmekteken yeni teknoloji ya da ürün tasarımı ile de gerçekleştirilebilir (Garetti & Taisch, 2012: 83).

### **3.2. Sürdürülebilir Gıda Sistemleri**

Gıda sistemleri, tarım, ormancılık veya balıkçılıktan kaynaklanan gıda ürünlerinin üretimi, toplanması, işlenmesi, dağıtımı, tüketimi ve bertarafı ile bunların daha geniş ekonomik, toplumsal ve doğal ortamların parçalarıyla ilgili tüm aktörleri ve bunların birbirine bağlı katma değer faaliyetlerini kapsamaktadır (Nguyen, 2018: 1).

Gıda güvenliği, insanların her zaman üzerinde durdukları ancak 20. yüzyıldan itibaren yaşamlarına entegre olmuş bir kavramdır. Sürdürülebilir gıda sistemi, gıda güvenliğini destekleyen en önemli faktörlerden biridir. Küresel gıda talebinin nüfus artışı ve gelir düzeylerindeki artışa bağlı olarak yükselmesi küresel ısınma gibi çevresel etkiler için belirlenen artış seviyesini aşacak ayrıca temiz su kaynakları, toprak gibi tükenir kaynakların sürdürülebilirliğinde de sorun yaratmaktadır (Alexander, Brown, Arneeth, Finnigan, & Rounsevell, 2016: 88; Mekonnen & Hoekstra, 2016: 1).

Günümüzde gıda üretiminden tüketimine kadar tüm süreci kapsayan gıda sistemleri “sürdürülebilirlik” kavramıyla yeniden tasarlanmaktadır. Bu sürdürülebilir sistem, gıda üretiminin ve depolamanın yanı sıra; gıdaların erişilebilirliği, satın alma gücü ve besin değeri gibi noktalara da katkı sağlamaktadır (Haspolat, 2015: 24). Sürdürülebilir gıda sistemi ise gelecek nesiller için gıda güvenliği ve beslenmesi üretecek ekonomik, sosyal ve çevresel temellerin tehlikeye girmeyeceği şekilde herkes için gıda güvenliği ve beslenmesi sağlayan bir gıda sistemidir (Nguyen, 2018: 1). Sürdürülebilir gıda sistemleri, gıdayı çevreleyen ekolojik, ekonomik ve sosyal sistemler üzerinde kalıcı bir etki ile insanlara sağlıklı gıda sağlayan sistemlerdir. Sürdürülebilir gıda sistemleri, sürdürülebilir üretim ve dağıtım sistemleri geliştirmek ve sistem genelinde gıda atıklarını azaltmakla başlar. Bu sistemler verimli ve sağlıklı üretimi amaçlamaktadır (GMT Food, 2020).

Mevcut olan üretim sistemlerinde problemleri tanımlayabilmek ve sürdürülebilir üretime olan katkıyı ölçebilmek ve sürdürülebilirlik yolunda belirli hedefler koyabilmek için nicel ve nitel sürdürülebilirlik göstergelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu göstergeler, üretim

işletmelerinin ekonomik, fiziksel, çevresel ve sosyal sistemleri hakkında bilgi sahibi olmaya yarayan sayısal ölçümlerdir. Sürdürülebilir üretim sistemlerinin yapısı üretimin sektörüne göre değişim göstermektedir. Bu duruma bağlı olarak sürdürülebilir üretim parametreleri sektörlere göre değişmekte, göstergeler de sektörlere göre değişmektedir. Fakat üretim işletmelerinin sürdürülebilir üretim göstergeleri daha çok çevre ile ilgili olmaktadır (Gülenç, 2004: 1; OECD, 2008: 10).

Gıda sektörü için önemli olan çevresel açıdan değerlendirme sağlayan sürdürülebilir üretim göstergelerinden bazılarını řu şekilde sıralayabiliriz (Azapagic & Perdan, 2000: 243; Tseng, Tan, & Siriban-Manalang, 2013: 1):

- Küresel ısınma potansiyeli, ozon tabakasının incilmesi potansiyeli, asitletme potansiyeli, ötrofikasyon potansiyeli ve insan toksisitesi potansiyeli gibi çevresel etkiler,
- Enerji kaynağı, tüketimi ve kullanım alanı,
- Su tüketimi,
- Sera gazı emisyonu,
- Girdilerde zararlı madde kullanımı ve oluşan zararlı atık miktarları,
- Atık su,
- Katı atık,
- Geri dönüştürülmüş malzeme kullanımı,
- Atık geri kazanım miktarı ve
- Ürün dayanıklılığı.

### **3.3. Hayvancılık Sektörü ve Sürdürülebilirlik**

Sürdürülebilir gıda sistemlerinde hayvancılık önemli bir rol oynamaktadır. Hayvancılık, tarımsal üretimin küresel değerinin %40'ına katkıda bulunurken yaklaşık 1,3 milyar insanın geçim kaynağıdır (World Bank, 2022).

Hayvansal üretim önemli ölçüde hava kirliliğine sebep olmaktadır (Martinez, Dabert, Barrington, & Burton, 2009: 5527). Günümüzde hayvancılık sektörü, toplam insan kaynaklı

sera gazı emisyonlarının %14,5'ini oluştururken yılda ortalama 7.1 Gt karbondioksit eşdeğeri sera gazı yaymaktadır (World Bank, 2022). Emisyonların çoğunluğunu sığır eti (%42) ve sütü (%20) oluştururken domuz eti (%9) ve kümes hayvanı eti ve yumurtası (%8) sektörel emisyonların bir kısmını oluşturmaktadır (Gerber, 2013: 138).

Hayvancılık endüstrisi ile ilgili emisyonların çoğu karbondioksit (CO<sub>2</sub>), azot oksit (N<sub>2</sub>O) ve metan (CH<sub>4</sub>) şeklindedir (Dopelt, Radon, & Davidovitch, 2019: 1359). Özellikle enterik fermantasyon ve gübrenin depolanmasından ortaya çıkan CH<sub>4</sub>, küresel ısınma üzerinde CO<sub>2</sub>'den 28 kat daha fazla etkisi olan bir gazdır. Gübrenin depolanması ve kullanılmasından ortaya çıkan N<sub>2</sub>O ise küresel ısınma üzerinde CO<sub>2</sub>'den 265 kat etkili olduğu belirlenmiştir (IPCC, 2013: 1535).

Küresel ısınma derecesinin 2°C aşağıya çekilmesi hedefinin yerine getirilebilmesi için hayvancılık ve buna bağlı oluşan üretim sistemlerinin verimliliğini artırmak, gelecekteki sera gazı emisyonlarının azaltımı için büyük öneme sahiptir. Çevresel etkiler yaşam döngüsü boyutunda değerlendirildiğinde gıda sektöründeki başlıca kategoriler olan canlı hayvan üretimi, meyve ve sebze üretimi, baklagil üretimi ve tahıl üretiminin iklim değişikliğindeki payları sırayla %43, %17, %10 ve %30'dur (Polat & Yılmaz, 2021: 134). Bu da et sektörünün sürdürülebilir gıda üretim için önemini göstermektedir. Hayvansal et ürünleri türlerine göre sıralandığında keçi, koyun, sığır gibi geviş getiren hayvan etleri, geviş getirmeyen domuz gibi diğer hayvanlar ile, kanatlı hayvan türlerinden piliç, hindi gibi hayvanların etlerine göre daha fazla oranda sera gazının salınımına yol açtığı belirlenmiştir (Godfray et al., 2018: 5324).

Yem maddesi üretimi hayvancılık sektörü kaynaklı sera gazlarının en büyük kaynağıdır ve yem üretimi tüm sektörden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının yaklaşık olarak %45 kadarını oluşturmaktadır (3.2 Gt CO<sub>2</sub> eşdeğeri). Yem üretiminde sera gazı emisyon kaynakları; arazinin kullanımında değişiklik, gübreleme uygulamaları, toprağın işlenmesi, pestisit uygulamaları, yem işleme ve taşıma şeklinde sıralaması yapılmaktadır. Hayvancılık sektörü, hayvanların otlayabilmesi amacı ile meraya, yem için ise fazladan mahsullerin üretimine gereksinim duymaktadır. Hayvan gübresinin saklanması ve işlenmesi ile ilgili işlemler, et ve süt gibi hayvansal kaynaklı ürünlerin üretiminin her basamağında soğutmaya ihtiyaç duyması ve tedarik sürecinin tamamında fosil yakıtların tüketilmesi gibi nedenlere bağlı olarak salınan sera gazı miktarında yüksek bir oranı oluşturmaktadır (Çelik Sezer, 2020: 14). Küresel et talebini karşılayabilmek adına en sık kullanılan yol ormanlık arazilerin kesilmesi, mera arazisine dönüştürülmesi veya yem bitkilerinin ekilmesi için kullanılmasıdır.

Ormansızlaştırma ve diğer yöntemler toprağın azot ve fosfor dengelerini değiştirmekte, erozyon tehlikesini tetiklemektedir (Godfray et al., 2018: 5324). Et üretimi için gerekli bitkisel protein miktarı nispeten çok orantısızdır. Et üretimi için gerekli olan bitkisel protein miktarı orantısız şekilde sıralanmaktadır. Ortalaması alınacak olur ise 1 kg et proteininin üretilmesi için 6 kg bitkisel proteinin tüketilmesi gerekmektedir. Yem miktarı üzerinden hesaplama yapıldığında kümes hayvanları, domuz ve sığır eti için sırası ile 3,3, 6,4 ve 25,0 kg yem tüketimi değerleri belirlenmektedir (Dekkers, Boom, & van der Goot, 2018: 25). Ortaya çıkan veriler doğrultusunda, üretilen bitkisel kaynakların, yem maddesi olarak hayvanların beslenmesi amacı ile kullanılması değil direkt insanların gıda kaynağı olarak kullanılması gerektiği düşünülmektedir. Yem üretiminden sonra hayvancılık sektöründen kaynaklanan sera gazı salınımının en önemli kaynağı enterik fermantasyondur. Enterik fermantasyonu sırası ile gübre depolama ve işleme ile taşıma faaliyetleri izlemektedir (Gerber, 2013: 138).

Tarımsal üretimin su ihtiyacı diğer insan aktivitelerinden çok daha fazladır. Hayvancılık faaliyetlerinde kullanılan su miktarı ise tarımsal amaçla kullanılan su miktarının yaklaşık %35'i kadardır. Bu nedenle su miktarı yetersiz olan bölgelerde hayvancılık faaliyetlerinin yürütülmesi doğal ekosistemin korunması adına gerekli olan miktar da dahil olmak üzere, suyun diğer kullanım alanlarına önemli düzeyde yarışmacı faktör olarak karşımıza çıkmaktadır (Godfray et al., 2018: 5324).

Hayvancılık endüstrileri et, süt ve yumurta gibi ürünler üretirken büyük miktarda da atığa sebep olmaktadır. Kan, iç organlar, deri, kelle, ayaklar, yağlı dokular ve hayvan dışkıları hayvanlardan kaynaklanan yan ürünlere ve atıklara örnek verilebilir. Bunlar iyi yönetilmediği takdirde insan sağlığına ve çevreye zararlı verebilmektedir. Hayvan başına üretilen atık miktarı, hayvancılık türüne ve ağırlığına, yem türüne ve miktarına, su miktarına ve uygulanan hayvancılık sistemi gibi değişkenlere bağlı olarak değişmektedir (Ogbuewu et al., 2012: 17). Bu atıklar sağlık açısından risk oluşturabilecek çeşitli patojenik mikroorganizmalar (bakteriler, virüsler veya parazitler) içerebilirler (Martinez et al., 2009: 5527).

Hayvansal üretimden kaynaklanan su kirliliğine genellikle minerallerin topraktan süzülmesi ve akması veya atıkların doğrudan su yollarına atılması neden olmaktadır (Martinez et al., 2009: 5527). Hayvancılık sektöründe oluşan hayvan dışkıları, ortaya çıkan antibiyotikler ve hormonlar, yem üretiminde kullanılan gübreler ve böcek öldürücüler sebebiyle su kirliliğine sebep olmaktadır (Dopelt et al., 2019: 1359).

### 3.4. Et ve Et Ürünleri Üretimi için Sürdürülebilir Üretim

İnsanların hayvansal kaynaklı protein ihtiyacının karşılanmasında et tüketimi önemli bir faktördür. Etin yapında canlıların sağlıklı büyümesi ve gelişmesi için farklı tür ve miktarlarda amino asit bulunur. Et tüketimi sağlıklı beslenmenin yanı sıra ülkelerin sosyo-ekonomik gelişmesini gösteren bir faktör olduğu da düşünülmektedir (Karacan, 2017: 67; Yağmur & Güneş, 2010: 1).

Et işleme tesislerinde üretim aşaması bu çalışmada ele alınmaktadır. Etin işlenmesi, hayvanların kesilmesini ve parçalanmasını, tüketim için güvenli olduğundan emin olmak için denetlenmesini, paketlenmesini ve diğer ürünlere işlenmesini içerir. Et işleme tesisleri, kesimden işleme kadar çeşitli işlemleri gerçekleştirir (Ortega-Rivas, 2014: 982).

Günümüzde et ve et ürünlerinin üretimini gerçekleştiren tesisler genellikle maliyetin daha az olması nedeni ile geleneksel üretime devam etmektedirler. Canlı hayvan veya karkas alınması ile başlayan geleneksel üretim süreci, etin kemik ve sinirlerinden ayrılması ile devam etmekte, üretimin sürecine göre de fermente edilmesi veya baharat eklemesi yapılmaktadır. Bu basamakları takiben zararlı mikroorganizmalardan ayırmak için ısı işleme tabi tutulmaktadır, ısı işlemden sonra ürünler soğutulmakta, paketlenmekte ve daha sonrasında üreticiye ulaştırılmak üzere sevkiyatı gerçekleştirilmektedir. Geleneksel üretim metotlarını kullanan işletmeler enerji, su ve et açısından verimsizdir ve yeni teknolojilerin bu işletmelere uyarlanması ile çok daha verimli hale getirilebilmektedir (Akpulat et al., 2016: 5).

Sürdürülebilir üretimde amaç üretimde daha az doğal kaynak ve enerji kullanımı ile en az oranda atık ortaya çıkması prensibine dayanmaktadır. Et ve et ürünleri işleme tesislerinin sürdürülebilirlik konusunda önemli olan alanların belirlenmesi ile çevresel performans artırılabilir. Et ve et ürünleri üretim aşamasında yer alan kesimhaneler ve et işleme tesislerinin çevresel sürdürülebilirlikleri tesis türü ve büyüklüğü, ürün çeşidi ve yan ürünlere göre değişiklik göstermekle beraber genellikle karşılaşılan önemli çevresel etkiler arasında enerji tüketimi ve kullanımı, su tüketimi, emisyonlar, atık oluşumu ve atık yönetimi gelmektedir.

Aşağıda çevresel sürdürülebilirlik kapsamında et işleme prosesi için önemli olan bu göstergeler açıklanmıştır:

### **3.4.1. Su Tüketimi ve Atık Su**

Kırmızı et üretiminde su tüketimi, tesisin ölçeğine, işletme yaşı ve türüne, otomasyon seviyesine ve temizlik uygulamalarına bağlı olarak değişmektedir (Hansen, Christiansen, & Hummellose, 2000: 1).

Atık suyun başlıca kaynağı temizlik işlemleridir. Et ve et işleme tesisleri, biyolojik oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam askıda katı madde ve katı yağlar, sıvı yağlar ve gresler, et, çözünen protein ve atık malzeme içeren nispeten büyük miktarlarda atık suya sebep olmaktadır (Environment Agency, 2003: 12; Environmental Agency, 2009: 25). Et endüstrisi atık suları, patojenik ve patojenik olmayan virüsler ve bakteriler ve parazitlere ek olarak yüksek oranda nitrojen (kandan) ve fosfor içeriğine de sahip olabilir (Akpulat et al., 2016: 5; Ombregt & Bambridge, 2012: 44). Et ve et işleme tesislerinden kaynaklanana atık suyun arıtma tesislerine gönderilerek arıtılması gerekmektedir. Arıtılmadan alıcı ortama bu suyun verilmesi flora ve faunaya zarar vererek, özellikle ötrofikasyona ve asitliğin yükselmesine sebep olabilmektedir.

### **3.4.2. Enerji Tüketimi**

Etin işlenmesi ve saklanması sektöründeki tesisler işlenen et türü, üretim teknolojisi, ürün çeşidi ve üretim alan kullanımı nedeniyle kendine özgü özelliklere sahiptir. Bu özellikler tesislerdeki enerji tüketimini büyük oranda etkilemektedir (Wojdalski, Drózd, Grochowicz, Magryś, & Ekielski, 2013: 2621). Bu tesislerde elektrik enerjisi ile birlikte doğalgazdan sağlanan termal enerji de kullanılmaktadır. Bu tesisler genellikle kömür, petrol veya doğalgaz gibi fosil kaynaklı enerji kullanıldığı için enerji tüketiminden kaynaklanan çevresel etkiler olmaktadır (Fritzson & Berntsson, 2006: 594).

### **3.4.3. Sera Gazı Emisyonları**

Yakma tesislerinden veya kazanlardan kaynaklanan emisyonlar, kullanılan yakıtı bağlı olarak toz ve gaz emisyonları üretebilmektedir. Kömürle çalışan kazanlar, düzenlenmiş yüksek konsantrasyonlarda gazlar yayabilmektedirler. Ayrıca et işleme, genellikle işlemin çeşitli aşamalarında ürünün soğutulması basamağını da içermektedir. Et ürünleri üretim tesislerinde bulunan soğutucular da ozon tabakasına zarar veren kloroflorokarbon ve hidrokloroflorokarbon emisyonlarına sebep olmaktadır (EBRD, 2014: 80).

#### **3.4.4. Atık Oluşumu**

Et işleme tesislerinde değişik türde atıklar oluşmaktadır. Bu tesislerdeki başlıca sıvı atık, kandır. Hayvandan kaynaklanan diğer atıklara yağ, hayvan dışkısı ve sindirilmemiş mide içeriği örnek verilebilir. Et işleme tesislerinde oluşan bir diğer çevresel etki ambalaj atıkları gibi katı atıklardan kaynaklanmaktadır.

Tesiste eğer kesimhane bulunuyorsa oluşan atıklar et işleme tesislerinden kaynaklanan atıklara göre farklılık göstermektedir (EBRD, 2014: 80). Hayvansal atıklar genellikle nitrojen, fosfor ve amonyak ve diğer gazların emisyonuna neden olabilecek diğer maddeleri içermektedir. Atıklardan dolayı oluşan koku ise diğer bir etkidir (Environmental Agency, 2009: 25).

#### 4. LİTERATÜR TARAMASI

Et ve et ürünleri sektörünün neden olduğu çevresel etkilerin artması nedeniyle üreticiler doğayla daha uyumlu ve çevreye uygun üretim yapabilen sürdürülebilir uygulamalara yönelmişlerdir. Bu bağlamda önce et sektörünün sürdürülebilirliği ile ilgili daha sonra kırmızı et sektörünün ve işleme tesislerinin sürdürülebilirliği ile ilgili literatür çalışmaları bu bölümde sunulmuştur.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde sürdürülebilir gıda sistemlerinde et üretiminin önemiyle ilgili araştırmalar bulunmaktadır.

Njisane vd. (2018) çalışmalarında hayvancılık ve et tüketiminin çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin bir sonucu olarak et üretiminin sürdürülebilirliğinin yanı sıra et ürünlerinin kalitesi ve güvenliğinin önemini belirtmiştir. Et kalitesi, güvenliği ve besin bileşimi, hayvanların maruz kaldığı çok çeşitli koşullardan etkilendiğini öne sürmüştür. Bu nedenle, üretim zincirinin her aşamasında bu faktörlerin tam olarak anlaşılması et endüstrisinin çevre ve sağlık üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmenin anahtarı olarak belirlenmiştir. Çevre dostu, iklime dayanıklı ve sürdürülebilir üretim sistemlerinin belirlenmesinin önemli olduğu belirtilerek karkas verimini en üst düzeye çıkararak kayıpları en aza indirme ile birlikte kesim öncesi ve sonrası süreçlerin de incelenmesi gerektiği ve buna ek olarak, etin gıda güvenliğinin artırılması ve çevre üzerindeki etkisini hafifletmenin de önemli olduğu vurgulanmıştır (Njisane, Muchenje, and Mukumbo, 2018).

Shimokawa vd. (2015) yaptıkları çalışmada ise Çin'deki sürdürülebilir et tüketimine ile ilgili zorlukları ve olanakları araştırmıştır. Elde ettiği istatistiksel veriler ışığında sürdürülebilirlik adına çözüm üretmeye çalışılmıştır. Artan et tüketimi Çin Hükümetini gıda güvenliği, çevre ve halk sağlığı durumunda olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle bu çalışmada sürdürülebilir et için teşvik politikaları üzerine yoğunlaşmıştır. Amerika Birleşik Devletleri ve bazı Avrupa ülkelerindeki çalışmalarda et tüketiminin azaltılmasına kıyasla et pazarındaki kalite standartlarını etkilemenin daha kolay olduğu görülmüştür. Çin Hükümeti de gıda güvenliği sertifikasyon politikası izlemiştir. Örneğin, Organik ve Yeşil Gıda Sertifikası ve bazı çalışmalar Çinli tüketicilerin bu tür sertifikalara giderek daha duyarlı olduklarını ortaya koymuştur. Çalışma et tüketimini azaltmanın zor olduğunu fakat gıda israfını ve atıkları azaltarak çevre üzerinde olumlu etki elde edilebileceğini vurgulamaktadır (Shimokawa, 2015: 1023).

Sürdürülebilir kırmızı et üretim ile ilgili olan çalışmaların bir kısmı da et ve et ürünleri üretimi için geleceğe yönelik yenilikçi ve çevreci üretim yollarıyla beraber geleneksel kırmızı et için olabilecek alternatifleri ele almaktadır. Kırmızı et sektörünün ve işleme sistemlerinin sürdürülebilirliği ile ilgili çalışmalar literatürde taranarak aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir.

Polat ve Yılmaz (2021) tarafından yapılan çalışmada küresel ısınmanın başlıca sebebi olarak gösterilen sera gazı emisyonlarının özellikle canlı hayvan üretimi ve süreçleri sorumlu olduğu belirtilerek ve çevresel etkilerin azaltılması konusundaki bazı yaklaşımlar derlenmiştir. Artan et üretimi; zoonoz hastalıklar, antimikrobiyal kalıntılar, hayvan hakları ve hayvan refahı gibi konularda tüketici endişelerine neden olmakta ve bazı etik sorunları da beraberinde getirdiği örneklerle açıklanmıştır. Tüm bunlara çözüm olarak et ve et ürünleri üretim sistemleri için verimlilik, ıslah, atık yönetimi, sera gazı emisyonu azaltma, alternatif madde kullanımı ve enerji azaltımı gibi farklı başlıklarda çözüm üretilmesi konusunda ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca sürdürülebilir et ve ete alternatif olacak ürünler konusunda çalışmalara da yer verilerek et sektörünün geleceği konusunda yapay etin önemli bir yere sahip olacağı belirtilmiştir (Polat and Yılmaz, 2021: 134).

Toldrá vd. (2021) çalışmalarında kesim ve et işleme sırasında ortaya çıkan yan ürünlerin ekolojik bertarafını incelemişlerdir. Et endüstrisi, kesim ve et işleme sırasında kan, kemik, deri, iç organlar, boynuzlar ve ayaklar gibi büyük hacimli yan ürünler ortaya çıkmaktadır. Örneğin, Avrupa Birliği'nde her yıl 330 milyona yakın sığır, koyun, domuz ve keçi kesiminden 18 milyon tondan fazla yan ürün ortaya çıkmaktadır. Bu yan ürünlerin değerlendirilmesinin önemi bu çalışmada vurgulanmıştır. Ayrıca et yan ürünlerinin değer katmaya yönelik en son gelişmeleri sunularak et üretimi ve işlenmesinin daha sürdürülebilir hale getirme fırsatlarını tartışılmıştır. Çalışmada hayvansal yan ürünlerin hayvan gıdası, biyodizel ya da plastik üretiminde kullanılması gibi değerlendirme yöntemlerine yer verilmiştir (Toldrá, Reig, & Mora, 2021: 108608).

Candoğan ve Özdemir (2021) çalışmalarında et üretiminin iklime, doğaya ve dolayısıyla çevreye olan olumsuz etkisinin olduğunu et ürünlerine olan talebin sürdürülebilir boyutlarda karşılanabilmesi için bazı yeşil teknolojiler, yapay et, böcek proteini ve et analogları gibi yenilikçi uygulamaları gündeme getirmiştir. Kaynakların verimli kullanılması, yenilikçi ve yeşil işleme ve muhafaza sistemlerinin sektörde kullanılmasıyla sektörün sürdürülebilirliğinin sağlanabileceği vurgulanmıştır. Ayrıca çalışmada yapay et ile birlikte alternatif protein kaynağı

olarak böceklerin veya et analoglarının tüketiminin yaygınlaştırılması da incelenmiştir (Candogan and Özdemir, 2021: 408).

Literatürde et ve et ürünlerinin işlenmesi için oluşturulan tesislerde uygulanabilecek sürdürülebilir üretim yöntemlerinin değerlendirildiği çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Aşağıda bu konuda üreticiye yön göstermek üzere hazırlanan raporlar hakkında bilgi verilmiştir:

Avrupa Birliği tarafından et sektörü için hazırlanan "Mevcut En İyi Teknikler Referans Dokümanı" (European Commission, 2021: 152) ise hayvansal yan ürünlerin ve/veya yenilebilir yan ürünlerin işlenmesi konusuna uygulanacak en iyi yöntemleri içermektedir. Sektörde yer alan üretim tesislerinin çevresel performansını ve dolayısıyla da çevresel sürdürülebilirliği iyileştirmeye yönelik olarak teknik ve ekonomik açıdan yapılabileceklerle ilişkin bilgi vermektedir. Temiz kesim yöntemi ile karkası olabildiğince yıkamadan kaçınmayı katı atıklar, kan ve pıhtı gibi atıkları önce kuru temizleme daha sonrada su ile temizleyerek atıksudaki madde miktarını ve su kullanımını azaltabilme gibi yöntemleri vermektedir. Mezbahanelerde özellikle çok fazla soğuk hava odaları kullanılmaktadır. Enerji yönünden iyileştirme yapmak için otomasyon ve soğuk oda kapı kilit sistemleri kullanılması tavsiye edilmektedir.

Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve Bölgesel Çevre Merkezi (REC) tarafından hazırlanan "Et ve Et Ürünleri İmalatı Kaynak Verimliliği Rehberi" (Akpulat et al., 2016: 5) bu sektörde uygulanabilecek kaynak verimliliği çalışmalarını ve bu konuda yapılabilecek yol gösterici örnek çalışmaları içermektedir. Bu rehber sektörel raporlar ve bu sektör için hazırlanan "Mevcut En İyi Teknikler Referans Dokümanı" (European Commission, 2021: 152) kullanılarak oluşturulmuştur. Bu çalışmada et ve et ürünleri sektöründe uygulanabilecek daha az kaynak tüketerek çevreye olan etkileri azaltan işlemler konusunda sektörel örnekler verilmiştir.

Et ve et ürünlerinin işlenmesi için oluşturulan tesislerde uygulanabilecek sürdürülebilir üretim yöntemleri konusunda Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu (TKDK) tarafından oluşturulan rehber et ve et ürünleri işleyicilerin gıda hijyeni ve çevre gerekliliklerine uyum sağlamalarını destekleyici kaynak olarak oluşturulmuştur (TKDK, 2015: 38). Bu rehber ile et ve et ürünleri işleme sektöründe üreticilere destek vericidir. Hammadde, üretim ve su temini gibi konularda hijyen ve gıda güvenirliliği ile birlikte kırmızı et kesim ve işleme tesislerinde çevresel etki değerlendirmesi, atık yönetimi ve su kirliliği başlıklarında Avrupa standartları örnek alınarak bilgiler oluşturulmuştur. Bu bilgiler ile işletmeler insan sağlığını

tehlikeye atmayacak, ekonomik kayıplara neden olmayacak, kalite standartlarını karşılayarak iç ve dış pazarlarda rekabet edebilecek, üretim sürecinde çevre kirliliğini ve iklim değişikliğini olumsuz etkilemeyecektir.

## 5. MATERYAL VE METOT

Bu tez çalışması kırmızı etin işlenerek nihai ürün haline getirilmesi sürecindeki çevresel etkileri ve çevresel sürdürülebilirlik konusunda yapılabilecek iyileştirmeleri sunmaktadır. Kırmızı et yaygın şekilde tüketilen et türü olması sebebiyle bu çalışma için seçilmiştir. Tezin bu bölümünde seçilen ürünler için üretim aşamaları ve tesisten sağlanan proses verileri paylaşılmıştır.

Araştırmada hayvanların kesimhanelerde kesilmesi ve karkas etten işleme tesislerinde et ve et ürünleri imalatı prosesleri incelenmiştir. Çalışma ülkemizde faaliyet göstermekte olan kesim işleminin yanı sıra karkas et, kemiksiz et, şarküteri ürünleri, ileri işlenmiş et ürünleri ve dondurulmuş ürünlerin üretimini yapmakta olan entegre bir tesisten veri sağlanarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada tesisteki üretim hacminin büyük olduğu ve farklı süreçleri içeren karkas et üretimi ile sucuk ve kuru et ürünleri üretim prosesleri seçilmiştir. Çevresel etki değerlendirme ve çevresel sürdürülebilirlik iyileştirme çalışmaları bu üç farklı süreç için değerlendirilmiştir. İşletmede belirlediğimiz üretim hatlarındaki veriler yapmış olduğumuz işletme ziyaretlerinde toplanmıştır. Tesisten sağlanamayan veriler ise literatürden bulunmuştur. İyileştirme çalışmaları için et ve et ürünleri sektörüne ilişkin mevcut en iyi uygulama örnekleri temel alınmış olup bunların çevresel açıdan faydaları açıklanmıştır.

İncelemelerde bulunduğumuz kırmızı et üretim tesisi 21.000 m<sup>2</sup> üzerinde 14.000 m<sup>2</sup> kapalı alanda faaliyet yürütmektedir. İşletme kesim işleminden başlayarak şarküteri ürünleri üretimi yapan üretim hatlarına sahiptir. Kırmızı et üretim tesisinde sucuk, salam, sosis, kavurma, pastırma, kuru et, füme et, jambon, pişmiş döner gibi yaklaşık 9 kalem şarküteri ürünü üretilmektedir. Aynı zamanda modifiye atmosfer paketle yöntemiyle antrikot, bonfile, kontrfile, nuar vb. olarak adlandırılan taze et üretimi ve satışı da yapılmaktadır.

İşletmede büyükbaş hayvan kesimi yapılmakta olup köfte (misket, burger, İnegöl) üretimlerinde küçükbaş hayvan etleri kullanılmaktadır. Tesiste küçük baş hayvan kesimi yapılmamakta olup küçük baş hayvan etleri dışarıdan karkas halinde temin edilmektedir.

İşletme haftanın 6 günü faaliyet yürütmekte olup 5 gün büyükbaş hayvan kesimi yapılmaktadır. Yaklaşık olarak günlük 20 adet canlı hayvan kesimi yapılmaktadır. İşletme aynı zamanda diğer kırmızı et işleme tesislerine karkas et satışı da yapmaktadır. Şarküteri ve taze et

üretim miktarları gelen siparişlere ve zincir marketlerle yapılan anlaşmalara bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Tesiste temizleme ve sterilizasyon amaçlı buhar ve sıcak su eldesi için termal enerji ve makine işletimi, soğutma, aydınlatma ve basınçlı hava üretimi için elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Tesiste termal enerji kaynağı olarak sıvılaştırılmış doğalgaz (LNG) kullanılmaktadır. LNG, doğalgazın atmosferik basınçta -162 °C'ye soğutulması ile elde edilen, kokusuz, renksiz ve zehirli olmayan bir sıvı yakıttır. Doğalgaz LNG'ye dönüşürken hacmi yaklaşık 600 kat küçülmekte ve bu sayede taşınması kolaylaşmaktadır (Toydemir, 2011: 1). Tesisin bulunduğu bölgede doğalgaz hattı olmadığı için LNG güvenli bir şekilde tankerlerle taşınarak tesise ulaşımı sağlanmaktadır.

Elektrik enerjisi genellikle üretimdeki cihaz ve makineler için kullanılırken LNG ise büyük oranda temizlik amaçlı kullanılan sıcak suyun eldesi amacıyla kullanılmaktadır. İşletmede üretim sonu temizlikle sıcak su kullanılmasının amacı kirlenmiş yüzeylerin (pıhtılaşmış kan, yağ) çözünmesinin ve temizlenmesinin daha kolay olmasından dolayıdır. Şebeke hattından 12-15 °C'de gelen su buhar kazanında 80 °C'ye kadar ısıtılır. Bu ısıtma işleminde enerji kaynağı olarak LNG kullanılır. Isıtılan su boru hatları tarafından temizleme yapılacak üretim bölümlerine ulaştırılır.

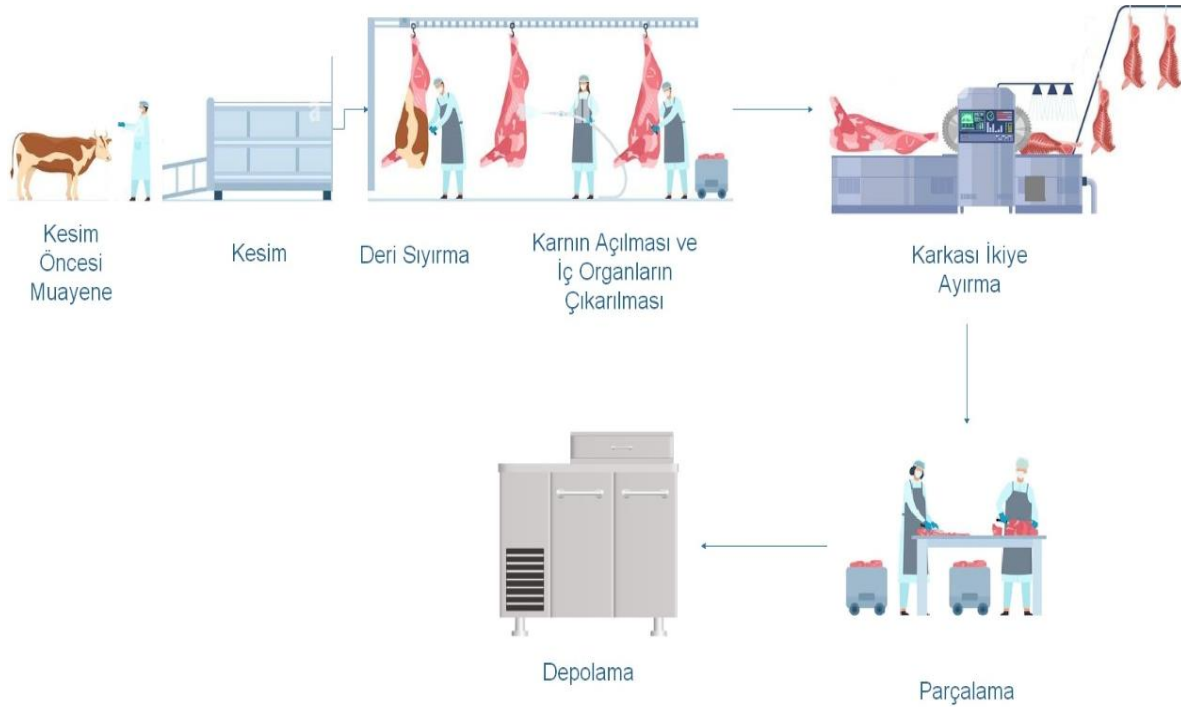
### **5.1. Karkas Et Üretimi**

Karkas et “her ırktan kasaplık hayvanın usulüne uygun olarak kesilmiş, yüzülmüş, baş ve ayakları ayrılmış, iç organları, böbrekleri ve üreme organları, idrar kesesi ve bunların bağları, yemek borusu çıkarılmış, böbrek yağları, salkım yağları ve pelvis boşluğu yağları alınmış, kuyruğu kesilmiş bütün haldeki gövde” olarak tanımlanmaktadır. Karkas ağırlığı elde edilecek et miktarı için önemli bir terimdir. Kesimden hemen sonra tartıldığında “sıcak karkas ağırlığı”, türlerine göre değişen süre soğutulduktan sonra belirlenen ağırlığa “soğuk karkas ağırlığı” denilmektedir. Ülkemizde sıcak karkas ağırlığı ile kasaplık hayvan alımı yapılmaktadır (ESK, 2021).

İşletmede karkas et üretiminde büyükbaş hayvan kullanılmaktadır. Karkas et üretim süreci işletmenin taze et ve şarküteri ürünleri üretimi için önem arz etmektedir. Haftanın 5 günü günlük ortalama 20 adet kesim yapan işletme ortalama bir hayvan ağırlığı 500 kg olarak düşünüldüğünde bu hayvanın kesilmesi ile 300 kg kemikli et üretilmiş olur. Bu kemikli etin

ortalama 60 kg kadarı kemiktir. Yıllık yaklaşık olarak 1152 ton löp et ve 288 ton kemik elde edilmektedir.

Bu tez çalışmasının yürütüldüğü et işleme tesisinde karkas et üretimi, üreticilerden canlı hayvanların alınması ile başlamaktadır. Kırmızı et üretim süreci Şekil 5.1’de verilmiştir. Veteriner hekimin kontrol etmesi ile üretimde kullanılabilir kalitede olduğuna karar verilen hayvan kesilmektedir. Baş, boyun ve ayaklarından ayrılan hayvanın kanı akıtılır, kan akıtma işleminin bitmesi ile derisi yüzülerek parçalara ayrılır, parçalara ayrılan etler 4-6 °C depolanarak üretim amaçlarına göre değerlendirilmektedir. Etin üretilmesini takiben ortaya çıkan kemik, kıkırdak, kan gibi atık ürünler yem sanayisinde kullanılmak için rendering işlemine sevk edilmektedir. Rendering işlemi incelenen tesiste yapılmamakta olup bu işlemi yapan firmalara bu ürünler gönderilmektedir.



**Şekil 5.1.** Karkas Et Üretim Süreci Akış Şeması

Sistemde üretim sırasında günlük 20 adet hayvan kesimi için kullanılan enerji ve su miktarları proses basamaklarına göre Tablo 5.1’de sunulmuştur. Bu üretim prosesinde makine kullanımını az olup proste insan gücü daha fazla kullanılmaktadır. Makinelerde enerji kaynağı olarak elektrik enerjisi kullanılmaktadır.

Karkas et üretimi esnasında kullanılan su soğuk sudur. Kırmızı et üretim süreci esnasında ete sıcak suyla temas ettirilmemektedir. Üretim sona erdiğinde temizlik için

kullanılan sıcak su miktarı yaklaşık olarak 2 lt/kg karkastır. Tesiste temizlik amaçlı kullanılan su sıcak sudur ve LNG kullanılarak ısıtılmaktadır. Türk Standartları Enstitüsü (TSE)'ne göre şebeke suyu sıcaklığı 12-25 °C arasında olması gerekmektedir. Buhar kazanına 15 °C'de giren şebeke suyu 80 °C'ye kadar ısıtılmakta ve temizleme işleminde kullanılmaktadır (Ercan & Yılmaz, 2010: 336). Buhar kazanına yıllık karkas üretimi sonrası temizlik için harcanan su miktarı 2880 tondur. Haftada 5 gün kesim yapan işletmede günlük 3,3 kWh elektrik, 89.800 lt LNG ve 220 lt su kullanılmaktadır.

Yıllık yaklaşık olarak 4800 baş hayvan kesim yapılmakta olup tesiste toplam yıllık 810 kWh elektrik, 21.552.000 litre LNG ve 2932 ton su kullanılmaktadır.

**Tablo 5.1.** Canlı Hayvan Kesim Hattı Günlük Su, LNG ve Enerji Miktarları

<b>Büyük Baş Kesim Hattı</b>	<b>Elektrik (kWh)</b>	<b>LNG (lt)</b>	<b>Su (lt)</b>	<b>İşlem Süresi (dk)</b>
<b>Kesim Öncesi Muayene</b>	X	X	X	X
<b>Bacaktan Asılma</b>	X	X	X	X
<b>Kafa Kesim (el ile)</b>	X	X	20	X
<b>Deri Ayırma</b>	0,25	X	X	10
<b>Karın açılması (İç organların çıkarılması)</b>	0,57	X	200	10
<b>Karkas ayırma</b>	0,83	X	X	20
<b>Parçalama</b>	1,65	X	X	20
<b>Temizlik</b>	X	89.800	12.000	60

X: Tüketimin olmadığını göstermektedir.

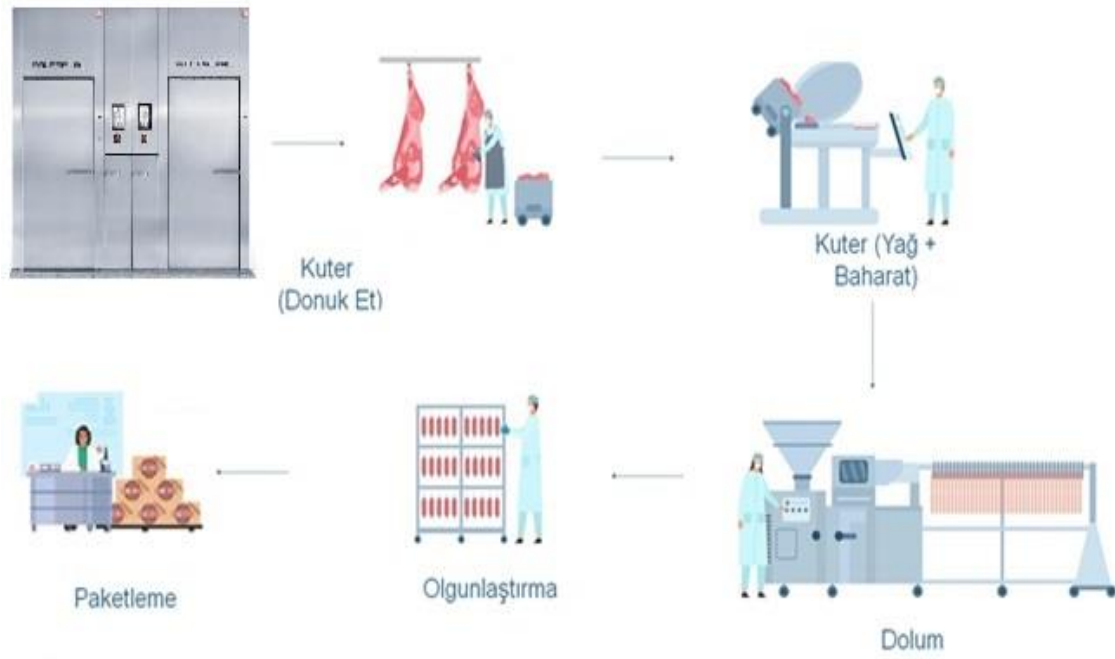
Karkas et üretim sürecinde girdiler olarak canlı hayvan, enerji (elektrik ve LNG), su ve soğutucular olmakla birlikte çıktılar ise sıvı atık (atık su ve kan), katı atık (hayvan parçaları), deri ve atık gaz olarak ifade edilebilir.

## 5.2. Sucuk Üretimi

Fermente sucuk, çiğ materyalden (et, yağ) yine çiğ olarak hazırlanıp, baharat, tuz, sarımsak ve bazı renk maddeleri katılarak, kıyma makinasından geçirilip ve bağırsaklara doldurularak Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği'ne uygun olarak üretilen ve sonrasında tüketime sunulan bir et mamulüdür. Isıl işlem görmüş sucuk ile fermente sucuk arasında olgunlaştırma sürelerinde ve pH değerlerinde farklılık vardır. Isıl işlem sucukta olgunlaştırmada ısı işleminden faydalanırken fermente sucukta kültür bakterilerinden yararlanır. Fermente sucuğun üretim süresi ısı işlem sucuğa göre daha uzundur, fermente sucukta en fazla 5,4 pH değeri aranırken bu değer ısı işlem görmüş sucukta 5,6'dır. Fermente sucuk aynı zaman da ısı işlem görmüş sucuğa göre daha kurudur çünkü olgunlaştırma süresi daha uzundur (ESK, 2021).

İşletmenin satışının yaklaşık olarak %70'lik kısmını sucuk satışı oluşturmaktadır ve işletmede fermente sucuk ve ısı işlem görmüş sucuk üretilmektedir.

İşletmede ısı işlem görerek üretilen sucuk, karkas et alınmasını takiben, alınan et 5-8 °C' ye sahip depolarda soğutulmaktadır. Dinlenen karkas eti sinir ve kemiklerinden ayrılarak kuşbaşı kıvama getirilmektedir. Kuşbaşı hale getirilen karkas üzerine baharat, tuz, şeker, nitrit, nitrat ve/veya starter kültür eklenerek 4 °C sıcaklıkta 12 saat sürecek bir ön fermentasyona tabi tutulmaktadır. Fermentasyon işleminin ardından kıyma makinasından geçirilen et, dolum makineleri ile sentetik kılıflara doldurulmakta, kangal veya dizi haline getirilmektedir. Sucuk kangalları çelik askılara asılarak 20 °C ve %70 bağıl nemin sağlandığı ortamda 6-8 saat dinlendirilmektedir. Sonrasında 25 °C ve %85-90 bağıl nem oranına sahip olan ortamda üç gün boyunca fermente edilmekte, fermente edilen sucuk 68 °C ve 15 dakika boyunca ısı işlem uygulanmaktadır. Isıl işlemin ardından 10 dakika soğuk su püskürtülerek sucuk oda sıcaklığına düşürülmektedir. Oda sıcaklığına inen sucuk 16 °C ve 12 saat boyunca kurutulmaktadır. Kurutulan sucuklar vakum paketleme ile paketlenerek 4 °C sahip olan depolarda depolanmaktadır. Sucuk üretim süreci Şekil 5.2'de verilmiştir.



**Şekil 5.2.** Fermente Sucuk Üretim Süreci

Sucuk üretim işlemi sırasıyla donuk etlerin kuterde parçalanması, baharat ve yağların eklenmesi, dolum makinesi ile yapay bağırsaklara doldurulması, olgunlaştırma ve pH'ın istenilen düzeye (pH:5,4) gelmesi ile son bulur.

Sucuk üretimine ait günlük enerji, LNG ve su kullanımına ait veriler Tablo 5.2'de verilmiştir. İşletmede günlük 600 kg fermente sucuk üretimi için 7950 kWh elektrik, 4500 lt LNG ve 90 lt su kullanılmaktadır. Fermente sucuk üretim işlemi sona erdiğinde temizlik için kullanılan su miktarı yaklaşık olarak 1 lt/kg sucuktur.

Yıllık fermente sucuk üretimi sonrası temizlik için harcanan su miktarı 57,6 tondur. Haftada 2 gün üretim yapan işletme yıllık olarak yaklaşık 60 ton fermente sucuk için 763.200 kWh elektrik, 432.000 lt LNG ve 65,4 ton su kullanmaktadır.

Haftada 2 gün günlük 600 kg üretim fermente sucuk üretimi yapan işletme 600 kg sucuğu modifiye atmosfer paketleme makinasında 250 gr ağırlıklarında 10 saat sürede paketler yaklaşık olarak 26,4 kg ambalaj kullanılır. Bu kullanılan ambalajın %5'lik kısmı olan 1,3 kg'ı ambalaj firesi olarak kayda alınmıştır. Yıllık toplam ambalaj kullanımı 2,55 ton ambalaj firesi ise 0,13 tondur. Ambalajlamada kullanılan Multivac R240 modeli paketleme makinesinin elektrik tüketimi 17 kW/h'dir. Paketleme işlemi için yıllık yaklaşık olarak 11.520 kWh elektrik tüketilmektedir.

**Tablo 5.2.** Sucuk Üretim Hattı Günlük Su, LNG ve Enerji Miktarları

<b>Sucuk Üretim Hattı</b>	<b>Elektrik (kWh)</b>	<b>LNG (lt)</b>	<b>Su (lt)</b>	<b>İşlem Süresi (dk)</b>
<b>Kuter (Donuk Et)</b>	12,5	X	30	15
<b>Kuter (Baharat + Yağ)</b>	18,5	X	30	15
<b>Dolum</b>	9	X	30	60
<b>Olgunlaştırma</b>	7740	X	X	4320
<b>Ambalajlama</b>	170	X	X	600
<b>Temizlik</b>	X	4500	600	60

X: Tüketimin olmadığını göstermektedir.

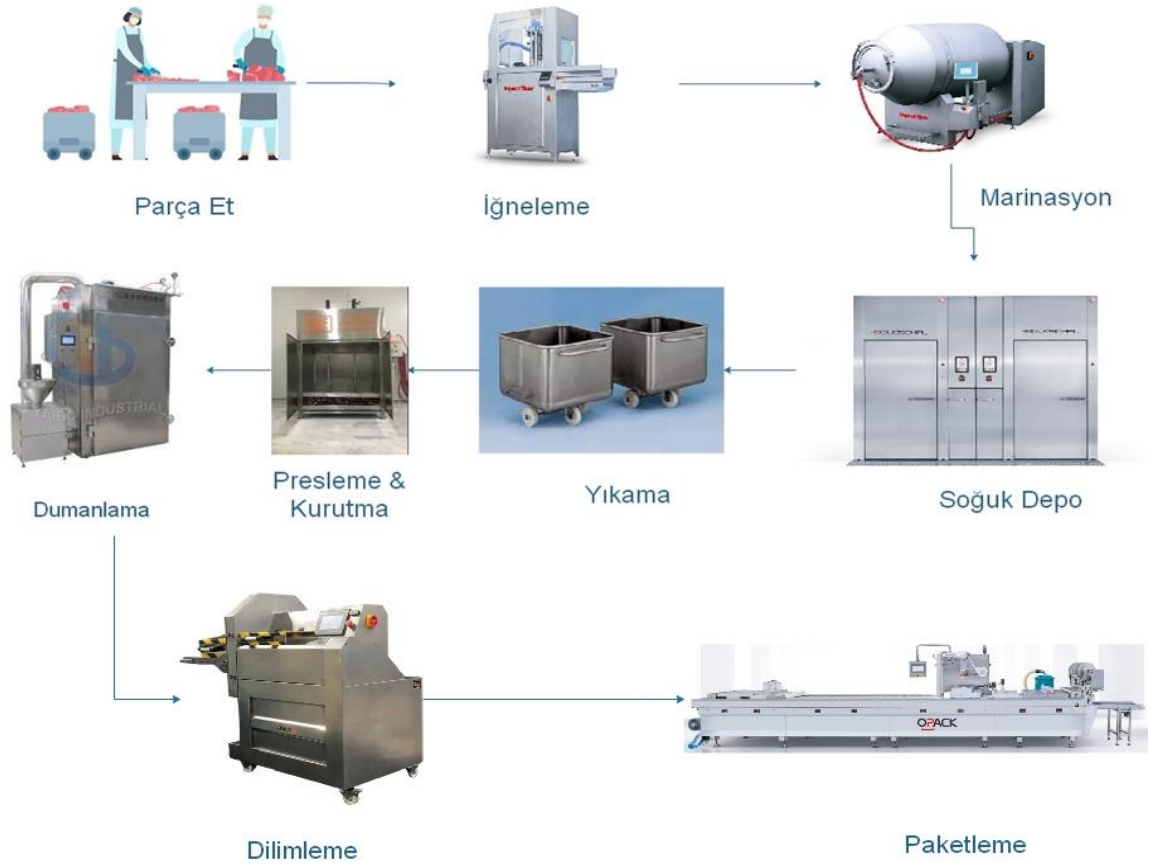
Sucuk üretim sürecinde girdiler olarak karkas et, baharat, tuz, nitrat, nitrit, starter kültür, enerji (elektrik ve LNG), su ve soğutucular olmakla birlikte çıktılar ise gaz atık (CO<sub>2</sub> emisyonu ve soğutucu gazlar), sıvı atık (temizleme aşamasındaki atık su) ve katı atık (paketleme malzemeleri, üretimden arta kalan sucuk hamuru) olarak ifade edilebilir.

### **5.3. Kuru Et Üretim Süreci**

Kuru et sinir ve yağları temizlenmiş dana etlerinin kurutulmasıyla açığa çıkan bir işlenmiş et ürünüdür. Su oranı %15-20 seviyelerinde olması nedeniyle raf ömrü uzundur. Hayvanın but kısmından elde edilen ve kas yapısı yoğun, yağ dokusu az olan değerli etler olarak adlandırılan tranç ve nuar gibi kısımlarından üretildiği için işletmede üretim miktarı diğer şarküteri ürünlerine kıyasla düşüktür. Ortalama bir hayvanda 1,5-2 kg arasında nuar eti, 3-4 kg arasında tranç eti elde edilir (ESK, 2021).

Kuru et üretim süreci Şekil 5.3'de verilmiştir. Kuru et üretimi için yağ ve sinir oranı düşük olan tranç ve nuar olarak adlandırılan hayvanın değerli et bölümleri kullanılır. Tranç ve

nuar etleri yağ ve sinir ayırma işleminden sonra iğneleme makinesine uygun olacak şekilde dilimlere ayrılır ve et arabalarına yüklenir. Nitrat ve nitrit tuzlarıyla hazırlanan homojen karışım iğneleme makinesiyle makineye uygun olarak dilimlere ayrılmış etlere enjekte edilir. İğneleme işleminden çıkan etler marinasyon işlemi için vakum makinesine alınır. Bu işlem %90 vakum altında yaklaşık olarak 2,5 saat süreyle uygulanır. Marinasyon işlemi tamamlanmış etler salamura edilerek et arabalarına yüklenir ve salamura işleminin gerçekleşmesi için soğuk depolarda 2 gün süreyle bekletilir. Salamura işlemi gerçekleşen etler tuz ve açığa çıkan kandan uzaklaştırılması için 4 saat süreyle et arabaları içerisinde akarsu ile yıkanır. Yıkama işlemi tamamlanan etler 1 saat süreyle preslenir, preslenmedeki amaç dilimleme makinelerine uygun formata getirmek içindir. Preslenen etler fırınlar götürülmek üzere askıya alınır ve 28 °C de 3 saat kurutma işlemi gerçekleştirilir. Kurutulmuş etlerin aroma kazanması için meşe talaşı ile 40 dk süren dumanlama işlemine tabi tutulur. Sonrasında dilimleme makineleriyle istenilen gramajlarda paketlenir. İşletmede dilimleme işlemi 100'er gram olarak yapılmaktadır. Dilimleme işlemi için kullanılan makinenin elektrik tüketimi 12 kW/h'dir. Paketlenen kuru etler soğuk depolarda sevkiyat için muhafaza edilir.



Şekil 5.3. Kuru Et Üretim Süreci

Haftada bir gün 600 kg olarak yapılan kuru et üretiminde elektrik tüketimi 770 kWh, LNG tüketimi 2250 lt ve su tüketimi ise 1376 lt'dir. Kuru et üretim işlemi sona erdiğinde temizlik için kullanılan su miktarı yaklaşık olarak 0,5 lt/kg kuru ettir. Kuru et üretimine ait günlük enerji ve su tüketim verileri Tablo 5.3'te verilmiştir.

Yıllık kuru et rimi sonrası temizlik için harcanan su miktarı 14,4 tondur. Yıllık 28,8 ton kuru et üretiminde yaklaşık 37.440 kWh elektrik, 107.800 lt LNG ve 80,4 ton su kullanılmaktadır.

Haftada 1 gün 600 kg kuru et rimi yapan işletme 600 kg kuru eti modifiye atmosfer paketleme makinesinde 100'er gram ağırlıklarında 30 saat sürede paketler yaklaşık olarak 68,4 kg ambalaj kullanılır. Bu kullanılan ambalajın %5'lik kısmı olan 3,42 kg'ı ambalaj firesi olarak kayda alınmıştır. Yıllık toplam ambalaj kullanımını 3,28 tondur. Ambalaj firesi ise 0,16 tondur. Ambalajlama kullanılan Multivac R240 modelli ambalajlama makinesinin elektrik tüketimi 17kW/h'dir. Paketleme işlemi için yıllık yaklaşık olarak 20.400 kWh elektrik tüketir.

**Tablo 5.3.** Kuru Et Üretimi için Günlük Su, LNG ve Enerji Miktarları

<b>Kuru Et Üretim Hattı</b>	<b>Elektrik (kWh)</b>	<b>LNG (lt)</b>	<b>Su (lt)</b>	<b>İşlem Süresi (dk)</b>
<b>İğneleme</b>	2	X	X	60
<b>Marinasyon</b>	32	X	50	150
<b>Soğuk Depo</b>	86,8	X	6	2280
<b>Yıkama</b>	X	X	1320	240
<b>Presleme</b>	2,2	X	X	60
<b>Fırınlama (28 °C’de 3 saat)</b>	216	X	X	180
<b>Dumanlama (İsleme)</b>	4	X	X	40
<b>Dilimleme</b>	12	X	X	60
<b>Paketleme</b>	425	X	X	1500
<b>Temizlik</b>	X	2250	300	60

X: Tüketimin olmadığını göstermektedir.

Kuru et üretim sürecinde girdiler olarak parça et, nitrat, nitrit, tuz, enerji (elektrik ve LNG), su ve soğutucular olmakla birlikte çıktılar ise sıvı atık (atık su ve kan), katı atık (et parçaları) ve atık gaz olarak ifade edilebilir.

#### **5.4. Emisyon Verileri**

Etin işlenmesi ile et ürünleri imalatı yapan tesislerde üretimde kullanılan enerjiye ve ulaşım verilerine bağlı olarak havaya emisyon salınım ortaya çıkmaktadır. Çalışmanın bu kısmında belirlenen ürünler için karbon ayak izi hesaplaması yapılmıştır. Karbon ayak izi süreç

boyunca atmosfere salınana sera gazlarının karbondioksit cinsinden değeri olarak ifade edilir. Çalışmamızda karbon ayak izi hesaplaması uluslararası standartlar ve yöntemler olan ISO 14064 – 1:2006 (ISO, 2006) ve GHG Protokol (GHG Protocol, 2015) standartlarına göre yapılmıştır.

Karbon ayak izi hesaplamaları 3 kapsam dahilinde yapılmaktadır. Kapsam I (doğrudan emisyonlar), Kapsam II (dolaylı emisyonlar), Kapsam III (diğer dolaylı emisyonlar) olmak üzere detaylandırılmaktadır. Kapsam I şirket tarafından yakılan yakıt, şirket araçlarının yakıt tüketimi, kaçak emisyonları ve forklift kullanımını kapsarken Kapsam II elektrik ve buhar tüketimini kapsamaktadır. Kapsam III ile hesaplanan karbon ayak izi ise hammadde ve ürün çıkışındaki nakliye, atıkların bertaraf edilmesini, iş seyahatleri ile otel konaklamalarını içermektedir.

Ürün bazında sera gazı hesaplaması yapılacağı için sadece proses için veri toplanılmıştır. Firmada kullanılan LNG için Kapsam I hesaplama yapılmıştır. Firmanın ana enerji kaynağı elektriktir (Kapsam II) ve bunu da şebekeden sağlamaktadır. Atıklar (Kapsam III) endüstriyel atık olarak kabul edilmiştir. Ulaşım (Kapsam I ve III) verileri ile soğutuculardan oluşan gaz kaçaqları ile ilgili bilgi ise firma tarafından paylaşılmamıştır. Firmadan alınan veriler ile oluşturulan emisyon kaynaklarına ait faaliyetler ve yıllık miktarları Tablo 5.4 de sunulmuştur.

Karbon ayak izi hesaplamaları ilgili kapsamlara ve aşamalara uygun olarak faaliyet verilerine bağlı emisyon faktörleri kullanılarak hesaplanmıştır [2,3,4].

$$* FKA_{(n1)} tCO_2 eq = Faaliyet\ verisi \times CO_2\ e\ s\ de\ ğ\ eri$$

$$**TKA_{(n\ toplam)} tCO_2 eq = FKA_{n1} + FKA_{n2} + FKA_{n3} + \dots$$

\*FKA; Faaliyet Karbon Ayak İzi

\*\*TKA: Toplam Karbon Ayak İzi

**Tablo 5.4.** Emisyon Kaynakları ve Yıllık Miktarları

<b>Kapsam</b>	<b>Emisyon Kaynağı</b>	<b>Miktarı</b>
Buhar Eldesi Kapsam I	Karkas Et Üretimi	21.552.000 lt
	Sucuk Üretimi	432.000 lt
	Kuru Et Üretimi	107.800 lt
Elektrik Tüketimi Kapsam II	Karkas Et Üretimi	810 kWh
	Sucuk Üretimi	763.200 kWh
	Kuru Et Üretimi	37.440 kWh
Atıklar Kapsam III	Karkas Et Üretimi	9600 lt kan ve 288 ton kemik
	Sucuk Üretimi	3494 kg ambalaj atığı
	Kuru Et Üretimi	3280 kg ambalaj atığı

Emisyon faktörleri elektrik (ÇŞİB, 2021) ve atık (organik ve ambalaj) (DEFRA, 2021) için bulunmuştur. Sıcak su eldesinde sadece LNG kullanılmıştır. Elektrik için 2021 yılına ait Türkiye şebeke elektriği verisi kullanılırken atıkların değerlendirilmeden çöpe gönderildiği varsayılmıştır.

## **6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

Çalışmanın bu kısmında en fazla çevresel etkiye sebep olan aşamalar belirlenip bunlara yönelik iyileştirme olanakları değerlendirilmiştir. İlk olarak hesaplanan sonuçlar verilmiş olup sonrasında uygulanabilecek iyileştirmelerle çevresel sürdürülebilirliğe olan katkılar sunulmuştur.

### **6.1. Hesaplanan Göstergeler**

Bu çalışma kapsamında et ürünü ile et içeren sucuk, salam, sosis ve kavurma gibi ürünler üreten entegre bir tesis incelenmiştir. Et ve et ürünleri üretim aşamasında yer alan kesimhaneler ve et işleme tesislerinin çevresel sürdürülebilirlikleri tesis türü ve büyüklüğü, ürün çeşidi ve yan ürünlere göre değişiklik göstermekle beraber genellikle karşılaşılan önemli çevresel etkiler arasında emisyonlar ve atıklar gelmektedir. İncelenen et ve et ürünleri üreten tesisinde çalışmamızın amacına yönelik çevresel sürdürülebilirlik göstergeleri hesaplanmış olup üretim süreçlerine ait kritik noktalar bulunmuştur. Bu çalışmada su tüketimi ve buna bağlı olarak oluşan atık su miktarı, tüketilen enerji miktarı, sera gazı emisyonu ve oluşan atık miktarları hesaplanmıştır.

#### **6.1.1. Su Tüketimi ve Atık Su**

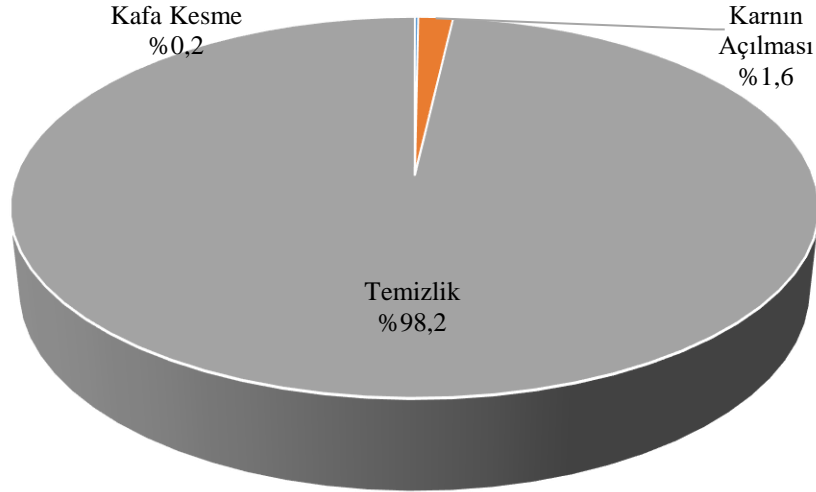
İşletmede su tüketimi yüksektir. Gerek üretim hatlarında gerekse üretim sonrası makine ve ekipmanların, yüzeylerin temizlendiğinde su tüketilmektedir. Seçmiş olduğumuz kırmızı et üretim hattı, fermente sucuk üretim hattı ve kuru et üretim prosesleri de su tüketiminin fazla olduğu üretim hatlarıdır. Tesisin genel temizliğinde kullanılan su ile üretimde kullanılan su beraber değerlendirilmiştir.

Kullanılan su miktarına bağlı olarak üretimden atık su oluşmaktadır. Mezbahalarda kullanılan suyun %80-95'i atık suya dönüşmektedir. Kalan kısım ise buharlaşmakta ya da yan ürünler tarafından tutulmaktadır (Akpulat et al., 2016: 5). Bu veriye bağlı olarak bu çalışmada proseslerde kullanılan suyun %90'ının atık suya dönüştüğü varsayılmıştır. Oluşan atık su yüksek miktarda organik madde, yağ, azot, fosfor ve sodyum içermektedir. Tesiste su arıtma kısmı bulunmamaktadır. Oluşan atık su organize sanayi bölgesi atık su arıtma tesisine gönderilmektedir.

Karkas et üretim hattında su kesim ve karnın açılmasında yıkama amaçlı kullanılmaktadır ve yıllık toplam 52,8 ton su bu proseslerde kullanılmaktadır. Bu proseslerde kullanılan su miktarı üretim basamaklarına göre Şekil 6.1'de verilmiştir. Karkas et üretimi sona

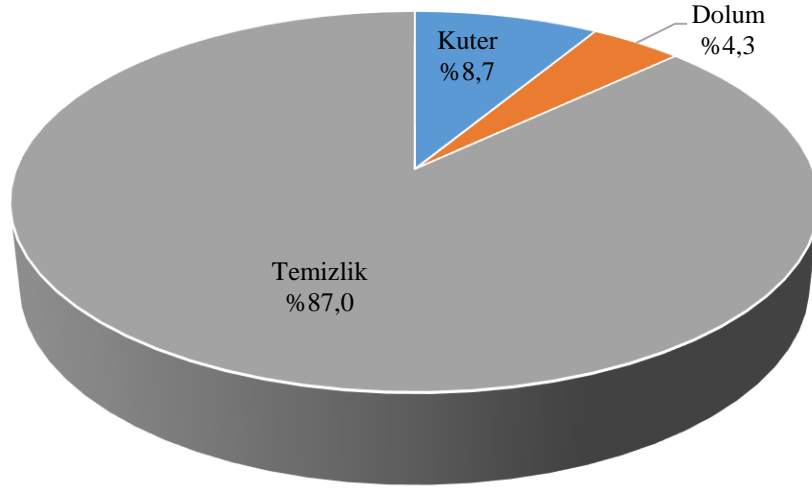
erdiğinde temizlik için kullanılan su miktarı yaklaşık olarak 2 lt/kg karkastır. Yıllık karkas üretimi sonrası temizlik için harcanan su miktarı 2880 tondur. Temizlik suyuyla beraber toplam yıllık su tüketimi 2932 tondur. Karkas et üretiminde en fazla suyun kullanıldığı basamak üretim sonrası temizlik (%98,2) işlemidir.

Karkas et üretiminden kaynaklanan yıllık atık su miktarı 2639 tondur.



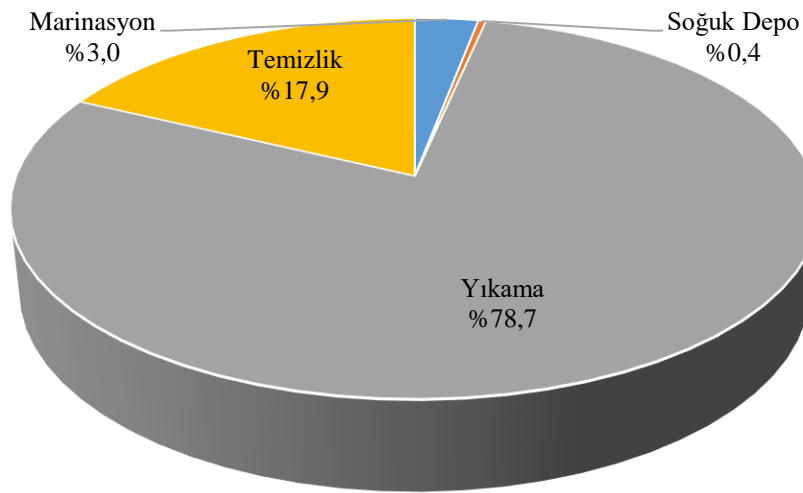
**Şekil 6.1.** Karkas Et Üretiminde Su Kullanımının Proseslere Göre Dağılımı

Fermente sucuk üretim hattında su kuter (karıştırma) makinelerinde yıkama amaçlı olarak ve dolum hattında bağırsak esnekliğini sağlamak amaçlı kullanılmaktadır ve yıllık toplam 7,8 ton su bu proseslerde kullanılmaktadır. Fermente sucuk üretim işlemi sona erdiğinde temizlik için kullanılan su miktarı yaklaşık olarak 1 lt/kg sucuktur. Yıllık fermente sucuk üretimi sonrası temizlik için harcanan su miktarı 57,6 tondur. Temizlik suyuyla beraber toplam yıllık su tüketimi 65,4 tondur. Bu ürün sisteminde kullanılan su miktarının proseslere göre dağılımı Şekil 6.2’de verilmiştir. Fermente sucuk üretiminde en fazla suyun kullanıldığı basamak üretim sonrası temizlik işlemindedir. Fermente sucuk üretiminden kaynaklanan yıllık atık su miktarı 58,9 tondur.



**Şekil 6.2.** Sucuk Üretiminde Su Kullanımının Proseslere Göre Dağılımı

Kuru et üretim hattında su marinasyon işleminde, soğuk depoların klima kısmında ve kuru et yıkama işleminde kullanılmaktadır ve yıllık toplam 66 ton su bu proseslerde kullanılmaktadır. Kuru et üretim işlemi sonrası temizlik için kullanılan su miktarı yaklaşık olarak 0,5lt/kg kuru ettir. Yıllık kuru et üretimi sonrası temizlik için harcanan su miktarı 14,4 tondur. Temizlik işlemi dahil toplam su tüketimi yıllık yaklaşık olarak 80,4 tondur. Bu proseslerde kullanılan su miktarı ürün üretimindeki basamaklara göre Şekil 6.3’de verilmiştir. Kuru et üretiminde en fazla suyun kullanıldığı alan yıkama işlemindedir. Kuru et üretiminden kaynaklan atık su miktarı 72,3 tondur.

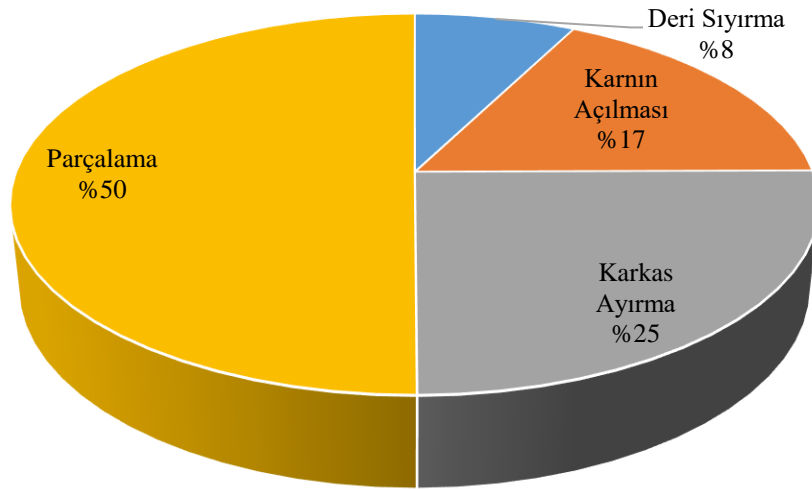


**Şekil 6.3.** Kuru Et Üretiminde Su Kullanımının Proseslere Göre Dağılımı

### 6.1.2. Enerji Tüketimi

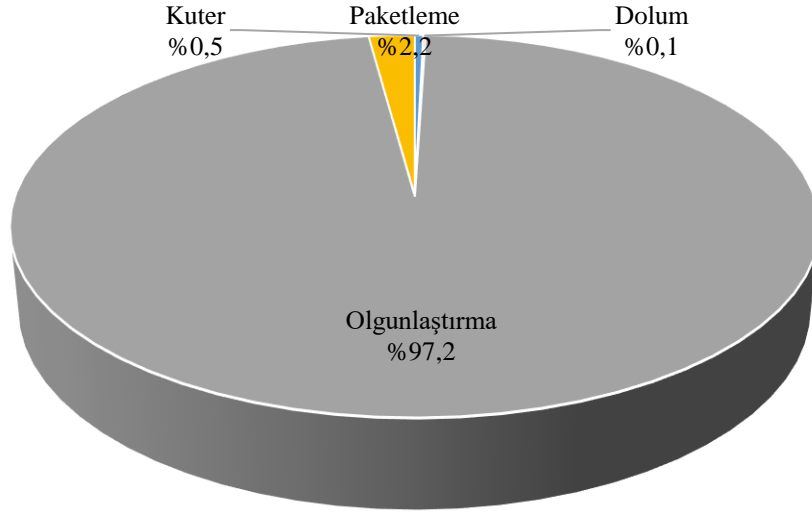
Et işleme tesisinde temizleme ve sterilizasyon amaçlı buhar ve sıcak su eldesi için termal enerji ve makine işletimi, soğutma, aydınlatma ve basınçlı hava üretimi için elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Mezbaha ekipmanları, soğutma, dondurulmuş ürün muhafaza sistemleri, hijyen sağlamak için kullanılan donanımlar en fazla enerji tüketen noktalardır. Ürünü paketleme için kullanılan sistemlerin de enerji tüketimi yüksek olduğu belirlenmiştir.

Karkas et üretim hattında elektrik deri ayırma, karnın açılması, karkas ayırma ve parçalama işleminde kullanılmaktadır ve yıllık toplam 810 kWh elektrik bu proseslerde kullanılmaktadır. Bu proseslerde kullanılan elektrik miktarları Şekil 8’de verilmiştir. Karkas et üretim hattında elektriğin en fazla kullanıldığı bölüm parçalama işlemidir. Şekil 6.4’de gösterildiği gibi karkas et üretiminde kullanılan yıllık elektrik miktarının %50’lik kısmı parçalama, %25’lik kısmı karkas ayırma, %17’lik kısmı karnın açılması ve %8’lik kısmı deri ayırma işleminde gerçekleşmektedir.



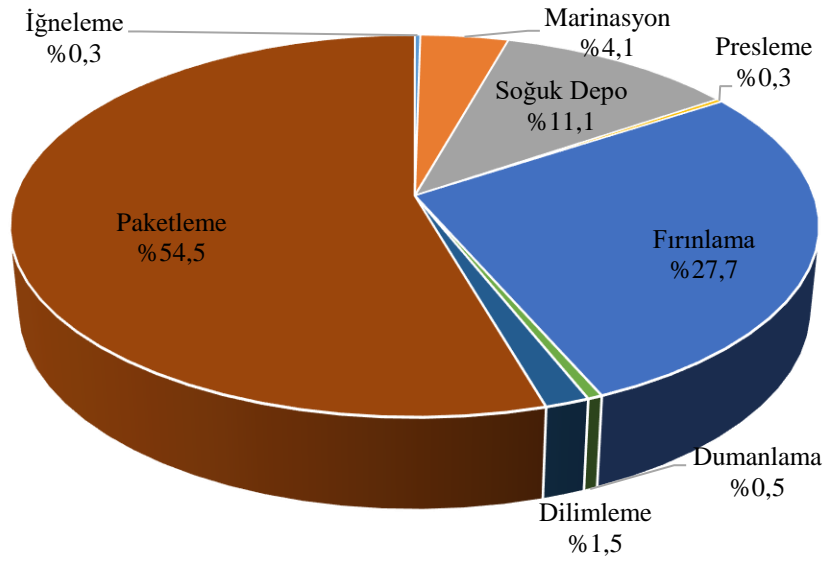
**Şekil 6.4.** Karkas Et Üretiminde Enerji Kullanımının Proseslere Göre Dağılımı

Fermente sucuk üretim hattında elektrik kuter, dolum, olgunlaştırma ve ambalajlama işleminde kullanılmaktadır ve yıllık toplam 763.200 kWh elektrik bu proseslerde kullanılmaktadır. Bu proseslerde kullanılan elektrik miktarı Şekil 6.5’de verilmiştir. Fermente sucuk üretim hattında elektriğin en fazla kullanıldığı bölüm olgunlaştırma işlemidir. Fermente sucuk üretiminde kullanılan yıllık elektrik miktarının %97,2’lik kısmı olgunlaştırma işleminde gerçekleşmektedir.



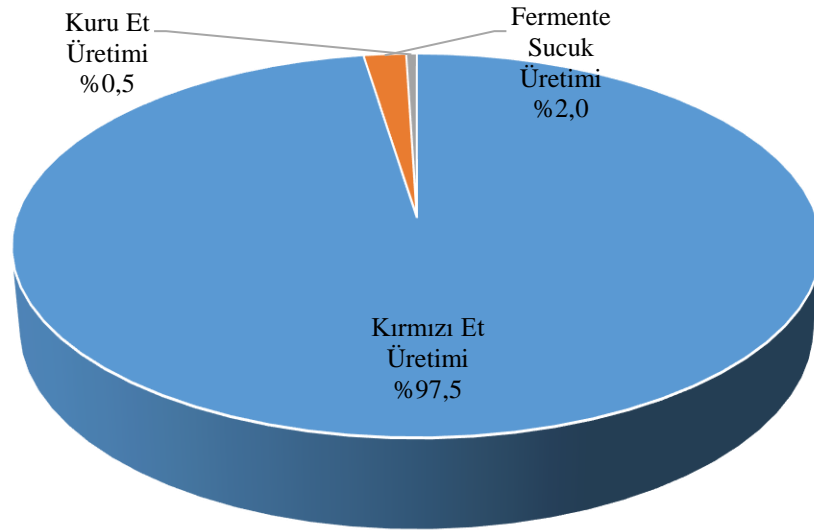
**Şekil 6.5.** Sucuk Üretiminde Enerji Kullanımının Proseslere Göre Dağılımı

Kuru et üretim hattında elektrik iğneleme, marinasyon, soğuk depo, presleme, fırınlama, dumanlama ve ambalajlama işleminde kullanılmaktadır ve yıllık toplam 37.440 kWh elektrik bu proseslerde kullanılmaktadır. Bu proseslerde kullanılan elektrik miktarları Şekil 10’da verilmiştir. Kuru et üretim hattında elektriğin en fazla kullanıldığı bölüm ambalajlama işlemidir. Kuru et üretiminde kullanılan yıllık elektrik miktarının %54,5’lik kısmı paketleme, %27,7’lik kısmı fırınlama, %11,1’lik kısmı soğuk depoda, %4,1’lik kısmı marinasyon, %1,5’lik kısmı dilimleme, %0,5’lik kısmı dumanlama, %0,3’lik kısmı presleme ve yine aynı orandaki kısmı ise iğneleme işleminde gerçekleşmiştir (Şekil 6.6).



**Şekil 6.6.** Kuru Et Üretiminde Enerji Kullanımının Proseslere Göre Dağılımı

İşletmede sıcak su seçmiş olduğumuz kırmızı et üretim hattı, fermente sucuk üretim hattı ve kuru et üretim hatlarında sadece üretim sonrası temizlik işleminde kullanılmaktadır. İşletmenin bulunduğu konumda doğalgaz hattı bulunmadığı için ihtiyaç olan sıcak su eldesi için enerji kaynağı olarak LNG kullanılmaktadır. İşletmede kullanılan Baltur marka buhar kazanının verimi yaklaşık %90 olarak belirlenmiştir. 1000 lt LNG kullanımında açığa çıkan ısı değeri 9650 kcal'dir. Kazana şebeke suyunun giriş sıcaklığı yaklaşık olarak 15°C'dir. Şebeke suyu 15°C'den 80°C'ye ısıtılarak kazandan çıkış yapıp üretim hatlarına gönderilmektedir. Seçmiş olduğumuz hatlar için kullanılan LNG miktarları hesaplanmıştır. İşletme seçilen 3 hat için yıllık yaklaşık olarak 22.091.000 lt LNG kullanılmaktadır. Kırmızı et üretiminde bu değer en fazladır ve seçilen 3 ürün için toplam kullanıma oranının %97,5'ini oluşturmaktadır. İşletmede kullanılan LNG miktarının seçtiğimiz karkas et, sucuk ve kuru et üretim hatları için oranı Şekil 6.7'de verilmiştir.



**Şekil 6.7.** Üretim Hatları için Kullanılan Yıllık LNG Miktarı

### **6.1.3. Sera Gazı Emisyonları**

Etin işlenmesi ile et ürünleri imalatı yapan tesislerde üretimde kullanılan enerjiye bağlı olarak havaya emisyon salınım ortaya çıkmaktadır. Buna bağlı olarak enerjinin yoğun kullanıldığı üretim basamaklarında oluşan arasında azot oksitler, sülfür ve partikül madde değerinin de yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca tesislerde soğutma amaçlı kullanılan soğutucular ozon tabakasının aşınmasına neden olan kloroflorokarbonlu gazlar gibi emisyonlara sebep olmaktadır.

ISO 14064 – 1:2006 (ISO, 2006) ve GHG Protokol (GHG Protocol, 2015) standartlarına göre incelenen prosesler için karbon ayak izi hesaplaması yapılmıştır. Hesaplamalar için Tablo 10'da belirtilen basamaklar ve veriler dikkate alınmıştır. Elektrik için 2021 yılına ait Türkiye şebeke elektriği verisi kullanılırken atıkların değerlendirilmeden çöpe gönderildiği varsayılmıştır.

Karkas et üretimi için yıllık toplam karbon ayak izi 27.372 ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak bulunmuştur. Dağılımına bakıldığında en yüksek sera gazı emisyonunun %99 oran ile LNG kullanımından geldiği tespit edilmiştir. Bu üretim sürecinde enerji tüketimi azdır, işlemler genellikle insan gücüyle yapılmaktadır. Ortaya çıkan organik atık miktarı ise yüksektir.

Sucuk üretimi için yıllık toplam karbon ayak izi 1372 ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak bulunmuştur. Dağılımına bakıldığında toplam karbon ayak izinin %60'ı proseste kullanılan makinaların enerji tüketimi yüksek olduğu için enerji tüketiminden kaynaklanırken %40 kadar kısmı ise LNG kullanımından gelmektedir. Atık yönetiminden gelen kısım ise ihmal edilebilecek kadar azdır.

Yıllık kuru et üretiminin toplam karbon ayak izi 177 ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak bulunmuştur. Dağılımına bakıldığında toplam karbon ayak izinin %77'lik kısmı kadarı LNG tüketiminden gelirken %23'lik oranı elektrik tüketiminden kaynaklandığı bulunmuştur. Atık yönetiminden gelen kısım ise ihmal edilebilecek kadar azdır.

### **6.1.4. Atık Oluşumu**

Et ve et ürünlerinin işlenmesi tesislerinde oluşan katı atıklar tüketime ya da işlenmeye uygun olmayan atıklar, temizlemeden kaynaklanan çamurlar, çürüyen etler ve ambalaj atıklarıdır. Kemikler katı atıklar içerisinde önemli bir orana sahiptir. Bundan dolayı kemiklerin değerlendirilmesi katı atıkları azaltmak için önemli bir noktadır. Atıkların iyi yönetilmediği

durumlarda oluşan kötü koku önemli bir sorun oluşturabilmektedir. Oluşan kötü koku da tesis için büyük sorun olmaktadır.

İşletmede belirlemiş olduğumuz kırmızı et üretim hattı, fermente sucuk üretim hattı ve kuru et üretim hattında yaklaşık olarak yıllık 9600 lt kan atığı, 288 ton kemik atığı, 7,4 ton ambalaj atığı oluşmaktadır. Üretim sırasında ambalajlama işleminde ise kullanılan ambalaj miktarının %5'lik bölümü ambalaj firesi olmaktadır ve ambalaj firesi atığı miktarı yıllık 370 kg'dır. 7,63 ton ambalaj ise ürün tüketim sonucu açığa çıkmaktadır. Kırmızı et üretim hattın da kesimi tamamlanan etler soğuk depolarda gerekli işlemler için depolanmaktadır.

## **6.2. İyileştirme Yöntemleri**

Kırmızı et ve et ürünleri üretim tesislerinde önemli miktarda su ve enerji kullanılırken yüksek oranda atık su ile organik ve inorganik atık oluşmaktadır. Bu nedenle bu sektör için çevresel iyileştirme olanaklarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Tesiste verimliliğinin artırılarak kullanılan hammadde ve enerji tüketimi ile açığa çıkan sera gazı ve atık miktarlarının azaltılmasına yönelik basit değişikliklerle çevresel sürdürülebilirlik önemli ölçüde arttırılabilir.

Değerlendirilen çevresel sürdürülebilirlik göstergeleri için tüketimin azalması, verimliliğin artması ve çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik iyileştirme olanakları sunulmuştur.

### **6.2.1. Su Tüketimi ve Atık Su**

Belirlenen proseslerde su üretimdeki basamaklarda ve üretim sonrası temizlik işlemlerinde kullanılmaktadır. Ekipmanların ve çalışma alanlarının temizliği için kullanılan su miktarı ise oldukça yüksektir.

Bu tesislerde kullanılan suyun %90 kadarlık kısmı atık suya dönüşür. Su tüketiminin azaltılması firmanın çevresel sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir. Hem sınırlı bir kaynağı korumak hem de atık su arıtma tesisi üzerindeki yükü azaltmak için su tüketimini azaltmak bu sebepten dolayı çok önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Oluşan atık su yüksek miktarda organik madde, yağ, azot, fosfor ve sodyum içermektedir. Bu atık suyun arıtma tesisine gönderilmesi gerekmektedir.

Su ve atık su miktarını azaltacak iyileştirme olanakları:

- Çalışanlara suyun kullanımı ile ilgili eğitim verilmesi,
- Suyun kullanımında tasarruf yapılması,
- Su kullanımını ölçen debimetrelerin prosesteki ekipmanlara monte ederek su tüketimini belirlemek ve kontrol altında tutmak,
- Suyun kullanımına yönelik optimizasyon çalışmaları yapmak,
- Çözdürme suları gibi kirlilik oranı düşük suların yeniden kullanılmasının sağlanması,
- Tesiste temizlik amaçlı kullanılan sular için hortumların ucuna ince nozüller yerine spreyci nozüllerin kullanılması,
- Tesis içerisinde su akışını sınırlandıran ekipmanların kullanılması,
- Pompalara hız kontrol sistemlerinin kurulması,
- İşletmenin canlı hayvan kesim hattı tarafındaki su pompası tek bir hat üzerinden şarküteri ürünleri üretim bölümüne gitmektedir. Şarküteri ürünleri üretim bölümleri girişlerine basınç artırıcı motorların konulması,
- Et işleme basamaklarında ıslak yöntemler yerine kuru yöntemlerin tercih edilmesi,
- Atık suların kirlilik yükünün azaltılması,
- Gider hatlarının üzerine yerleştirilen ızgara deliklerinin gider hattının verimliliğini düşürmeyecek düzeyde daraltılması.

### **6.2.2. Enerji Tüketimi**

Et işleme süreçleri enerji yoğun süreçlerdir. Üretimde kullanılan makineler ve soğutucular gibi ekipmanlar elektrik enerjisi kullanmaktadır.

Enerji tüketim miktarını azaltacak iyileştirme olanakları:

- Tesis içerisinde kapsamlı enerji etüdü yapılarak enerji tüketiminin belirlenmesi,
- Elektrikli cihazların rutin bakımlarının yapılması,
- Enerji kullanımı yoğun olan fırınlara otomatik kapatma sistemleri yerleştirilmesi,
- LNG yerine güneş enerjisine bağlı enerji sistemlerinin kurulması,

- Sıcak su sistemindeki boruların yalıtımlarının yapılması,
- Kullanılan sıcak su için sayaçların takılması,
- Oluşan atık ısının tesis içindeki değerlendirilmesinin sağlanması,
- Soğutucu ve dış yükleme alanlarına açılan kapılara alarm takılarak kısa süreli açık kalmasının sağlanması,
- Tesis için uygun olan yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilerek kurulumuyla uzun vadede yenilenebilir enerjinin kullanılması.

### **6.2.3. Sera Gazı Emisyonları**

Tesiste ülkemizdeki şebeke elektriği kullanılmaktadır. Enerji tüketimi ve atıklar iklim değişikliğine sebep olan sera gazı emisyonlarına neden olmaktadır. Karkas et üretim prosesinde atıklardan dolayı sera gazı oluşurken sucuk ve kuru et üretiminde enerji tüketimi büyük oranda sera gazı salınımına sebep olmaktadır. Enerji tüketimi ve atık yönetimi ile birlikte karbon salınımının azaltılması mümkündür.

Karbon ayak izini azaltacak iyileştirme olanakları:

- Karbon ayak izi konusunda eğitim seminerlerinin düzenlenmesi,
- Enerji verimliliği yüksek ekipmanların kullanımı,
- Enerji maliyetlerini ve karbon emisyonlarını düşürmek için rüzgar ya da güneş gibi yenilenebilir enerji ile elektrik üretim sistemlerine yatırım yapılması,
- LNG ile elde edilen sıcak suyu güneş ısıtmalı sıcak su sistemi kurularak buradan temininin sağlanması,
- Soğutucu gaz olarak R22 yerine R404 kullanılması,
- Soğutucu gaz kaçaklarının önlenmesi,
- Atıkların yeniden kullanılmasının ya da geri dönüşümünün sağlanması,
- Ulaşım kaynaklı sera gazı emisyonunu azaltılması için planlamanın yapılması.

#### **6.2.4. Atık Oluşumu**

Et ve et ürünleri tesislerinde hayvansal atıklar gibi organik atıkların yanında ambalaj atıkları da oluşmaktadır. Bu atıkların azaltılması ve değerlendirilmesi çevresel etkilerin azaltılmasını sağlayacaktır.

Atık miktarını azaltacak iyileştirme olanakları:

- Kullanılan ambalaj malzemeleri için %100 geri dönüşümlü alternatiflerinin değerlendirilmesi,
- Kemik ve yağ gibi yan ürünlerin faydalı ürünlere dönüşümünün sağlanması,
- Atık konusunda çalışanların bilinçlenmesinin sağlanması,
- Atık yönetim sisteminin oluşturulması ve atıkların ayrı toplanması,
- Kullanılmayan organik atıklardan biyogaz üretilmesi.

## 7. DEĞERLENDİRME

Et sektörünün sürdürülebilirliği sürdürülebilir tarım ve gıda için büyük öneme sahiptir. Bu sebepten dolayı günümüzde daha az enerji ve su tüketimi ile daha az atık oluşumunu sağlayan sistemlerle et ve et ürünlerinin üretilmesi gereklidir. Bu çalışmada kırmızı et ve ürünleri işleme sektöründe faaliyet gösteren bir firma için sürdürülebilir üretim olanakları araştırılmıştır. Firmadan elde edilen verilerle mevcut durum analizi yapılarak üretimde çevresel etki yaratan noktalar için iyileştirme olanakları sunulmuştur.

Tesisteki üretim hacminin yoğunluğu ve üretim sürecindeki farklılıklardan dolayı karkas et üretimi, sucuk üretimi ile kuru et üretimi süreçleri incelenmiştir. İşletmenin günlük canlı hayvan kesim miktarı, fermente sucuk üretim miktarı ve kuru et üretim miktarları göz önüne alınarak işletmenin yıllık su ve enerji tüketimleri hesaplanmıştır. Ayrıca atık miktarı ve sera gazı konusunda da hesaplamalar yapılmıştır. Firmadaki eksiklerle beraber iyi üretim olanakları değerlendirilerek bu çevresel sürdürülebilirlik göstergeleri için iyileştirme alternatifleri oluşturulmuştur.

Araştırma sonucunda elde edilen sonuçlar su tüketiminde tesis ve ekipman temizliğinde kullanılan su miktarının çok yoğun olduğunu göstermiştir. Üretim tesisinde uygulanabilecek küçük maliyetli değişiklikler ile su tüketim miktarı büyük ölçüde azaltılabilecektir. Örneğin, işletmede tek hat üzerinden sağlanan su akışının basıncını tüm üretim bölümlerinde istenilen basınçta olması için işletmenin tüm üretim bölümlerine kullanılan basınç arttırıcı motor pompalarının konulması kullanılan su miktarını büyük ölçüde azaltacaktır. Bunun yanında işletmede üretim işlemleri bittikten sonra temizlik aşamasında ilk önce kuru temizlik yapılması işletmenin hem su verimliliğine hem de atık su miktarının azalmasına katkısı olacaktır. Ayrıca, el yıkama istasyonlarına süre sınırlandırıcı ekipmanların takılması kullanılan su miktarını azaltacaktır. Su tüketiminde tasarruf konusunda düzenlenecek çalışan eğitimlerinin de su tüketim miktarının azalmasına katkı sağlayacaktır.

İşletmede kullanılan ekipmanlardan dolayı üretimde tüketilen enerji miktarı yüksektir. Ayrıca tesiste sıcak su eldesinde fosil yakıt olan LNG kullanılması çevresel açıdan sürdürülebilir değildir. İşletme de üretim mevzuat kriterlerine göre yapıldığı için enerji verimliliğini artırmak son derece zordur. İşletmede enerji verimliliğini artırmak için soğutucu ve dış yüklenme alanlarının kapılarına alarm sistemi kurulması enerji verimliliğine katkıda bulunacaktır. Enerji verimliliğine katkıda bulunan bu iyileştirme karbon emisyonunu da katkıda azaltacaktır. Sıcak su sistemindeki boruların yalıtımlarının yenilenmesi de kısa vade de enerji

tüketiminde iyileştirme sağlayacaktır. Uzun vadede ise ekipmanların daha yeni teknoloji ve enerji tasarruflu olanlarla değiştirilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının tesiste kullanılması gerekmektedir. LNG ile sıcak su elde etme sistemlerinin güneş enerjili sıcak su sistemleriyle değiştirilmesi önemlidir.

Tesiste organik atıklarla beraber ambalaj atıkları oluşmaktadır. Organik atıkların değerli ürünlere dönüştürülmesi gerekmektedir. Tesiste oluşan bu atıkların bazı işletmelere gönderilerek hayvan yemi üretiminde kullanıldığı bilinmektedir. Ayrıca tesiste kullanılan ambalaj atıkları için de iyileştirilme yapılması gerekmektedir. Bu atıkların yeniden kullanılması pek mümkün olmadığı için %100 geri dönüşümlü ambalaj malzemelerinin kullanılması önemlidir.

İşletmeden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının düşürülmesi için tüketilen enerji ile birlikte oluşan atık miktarlarının düşürülmesi gerekmektedir. Enerji verimliliği için yapılan iyileştirmeler bu açıdan önemlidir. Ayrıca soğutucu gaz olarak R22 yerine R404A gazının kullanımı karbon emisyonunun azaltılmasına katkıda bulunacaktır. Karbon ayak izi konusunda düzenlenecek seminerlerin de sürdürülebilir üretime katkısı büyük olacaktır.

Bu tez çalışmasının farklı sektörlerde yürütülecek olan sürdürülebilir üretim sistemleri için yapılacak araştırmalara ve pratik uygulamalara temel oluşturması beklenilmektedir.

## KAYNAKÇA

**Akpulat, O., Baş, D., Demirer, G. N., Alpas, H., Mete, M. H., Keskin, B. A., . . . Evren, M.** (2016). *Et ve Et Ürünleri İmalatı Kaynak Verimliliği Rehberi, İmalat Sanayiinde Kaynak Verimliliği Rehberleri Serisi, Ankara.*

**Alexander, P., Brown, C., Arneith, A., Finnigan, J., & Rounsevell, M. D. A.** (2016). Human appropriation of land for food: The role of diet. *Global Environmental Change*, 41, 88. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.09.005>

**Anar, S.** (2017). Et Üretiminde Kullanılan Makineler, Temel İşlemler, Hammade ve Katkı Maddeleri. In *Et ve Et Ürünleri Teknolojisi* (pp. 125): Dora Yayıncılık.

**Azapagic, A., & Perdan, S.** (2000). Indicators of sustainable development for industry: A general framework. *Process Safety and Environmental Protection*, 78(4), 243. doi:<https://doi.org/10.1205/095758200530763>

**Candogan, K., & Özdemir, G.** (2021). Sürdürülebilir Et Üretimi için Yenilikçi Yaklaşımlar. *GIDA / THE JOURNAL OF FOOD*, 46(2), 408. doi:<https://doi.org/10.15237/gida.GD20137>

**Çelik Sezer, İ.** (2020). Küresel ısınma, çözüme bireysel katkılar. *Bilim ve Teknik Dergisi*, 53(632), 14.

**ÇŞİB** (2021). Elektrik Enerjisinin Birincil Enerji Ve Sera Gazı Salımı Katsayıları, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü ". [Erişim 22.06.2022, <https://meslekihizmetler.csb.gov.tr/elektrik-enerjisinin-birincil-enerji-ve-sera-gazi-salimi-katsayilari-2021-yilindan- itibaren-kullanilmak-uzere-guncellenmistir-duyuru-411795>].

**DEFRA** (2021). Research and Analysis Greenhouse Gas Reporting: Conversion Factors 2021, Department for Business, Energy & Industrial Strategy." [Erişim 22.06.2022, [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/1049332/conversion-factors-2021-condensed-set-most-users.xls](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1049332/conversion-factors-2021-condensed-set-most-users.xls)].

**Dekkers, B. L., Boom, R. M., & van der Goot, A. J.** (2018). Structuring Processes for Meat Analogues. *Trends in Food Science & Technology*, 81, 25. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.011>

**Dopelt, K., Radon, P., & Davidovitch, N.** (2019). Environmental Effects of the Livestock Industry: The Relationship between Knowledge, Attitudes, and Behavior among Students in Israel. *Int J Environ Res Public Health*, 16(8), 1359. doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph16081359>

**EBRD.** (2014). *Guidelines: Meat Processing. Sub-sectoral Environmental and Social Guidelines: Meat Processing, European Bank for Reconstruction and Development*

**Environment Agency.** (2003). *Guidance for the Red Meat Processing (Cattle, Sheep and Pigs) Sector, Sector Guidance Note IPPC S6.11, Integrated Pollution Prevention and Control, UK.*

**Environmental Agency.** (2009). How to comply with your environmental permit Additional guidance for: The Red Meat Processing (Cattle, Sheep and Pigs) Sector (EPR 6.12), UK.

**Ercan, M., & Yılmaz, S.** (2010). Termoelektrik Modüllü İçme Suyu Soğutma Sisteminin Tasarımı, İmalatı ve Deneysel İncelenmesi. *e-Journal of New World Sciences Academy*, 5(4), 336.

**Ergün, O. F., & Bayram, B.** (2021). Türkiye'de Hayvancılık Sektöründe Yaşanan Değişimler. *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 10(2), 158.

**ESK** (2021). Et Bilgisi, Et ve Süt Kurumu. [Erişim 23.06.2022, <https://www.esk.gov.tr/tr/10998/ET>].

**European Commission.** (2021). *Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Best Available Techniques in the Slaughterhouses and Animal By-products Industries, Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)*

**FAO.** (2021). *World Food and Agriculture - Statistical Yearbook 2021, Rome.*

**FAO.** (2022). *Meat Market Review, Overview of Market and Policy Developments 2021, The Food and Agriculture Organization, Rome.*

**Fritzson, A., & Berntsson, T.** (2006). Efficient Energy Use in a Slaughter and Meat Processing Plant—Opportunities For Process Integration. *Journal of Food Engineering*, 76(4), 594.

**Garetti, M., & Taisch, M.** (2012). Sustainable Manufacturing: Trends and Research Challenges. *Production Planning Control*, 23(2-3), 83.

**Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. .Rome.** (2013). *Tackling Climate Change Through Livestock – A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).Rome*

**GHG Protocol** (2015). "GHG Protocol Scope 2 Guidance." [Erişim 22.07.2022, [https://ghgprotocol.org/scope\\_2\\_guidance](https://ghgprotocol.org/scope_2_guidance)].

**GKGM.** (2022). *Faaliyet Raporu, T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü (GKGM). Ankara*

**GMT Food** (2020). "Sürdürülebilir Gıda Sistemleri." [Erişim 21.06.2022, <https://www.gmtfood.com/blog/surdurulebilir-gida-sistemleri>].

**Godfray, H. C. J., Aveyard, P., Garnett, T., Hall, J. W., Key, T. J., Lorimer, J., . . . Jebb, S. A.** (2018). Meat Consumption, Health, and the Environment. *Science*, 361(6399), 5324. doi:<https://doi.org/10.1126/science.aam5324>

**Gülenç, İ. F.** (2004). *Sürdürülebilir Üretime Geçişte İşletmelerdeki Değişimin Gerekliliği.* Paper presented at the Ulusal XXIV. YA/EM Kongresi, 15 – 18 Haziran 2004, Gaziantep, Adana.

**Hansen, P.-I., Christiansen, K., & Hummelose, B.** (2000). *Cleaner Production Assessment in Meat Processing.* <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/9571>, COWI Consulting Engineers

*and Planners AS for United Nations Environment Programme Division of Technology, Industry and Economics and Danish Environmental Protection Agency, .Denmark*

**Haspolat, N. A.** (2015). *Gıda Güvenliğinde Sürdürülebilir Gıda Sistemleri.* ( AB Uzmanlık Tezi). Ankara.

**HGM.** (2015). *Kırmızı Et Stratejisi, T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Hayvancılık Genel Müdürlüğü (HGM).* Ankara

**IPCC.** (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

**ISO.** (2006). *ISO 14064-1:2006. Greenhouse gases — Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals.* Geneva, Switzerland

**Karacan, R.** (2017). Türkiye’de Kırmızı Et Talebinin, Beyaz Et Tüketimi ve Gelir Dağılımı Açısından Değerlendirilmesi. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, 630, 67. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/fpeyd/issue/48013/607267>

**Karagöz, H.** (2018). *Türkiye ve Konya ’da Hayvancılık Sektörü, Sektörün Sorunları ve Çözüm Önerileri.* Konya Ticaret Odası

**Martinez, J., Dabert, P., Barrington, S., & Burton, C.** (2009). Livestock Waste Treatment Systems for Environmental Quality, Food Safety, and Sustainability. *Bioresource technology*, 100, 5527. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.02.038>

**Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y.** (2016). Four Billion People Facing Severe Water Scarcity. 2(2), 1. doi:<https://doi.org/10.1126/sciadv.1500323>

**Nguyen, H.** (2018). *Sustainable Food Systems: Concept And Framework. “Introduction To Sustainable Food Systems And Value Chains” Training Course, FAO Strategic Programme 4 (SP4)*

**Njisane, Y., Muchenje, V., & Mukumbo, F.** (2018). Meat in a sustainable food system. *South African Journal Of Animal Science*, 48. doi:<https://doi.org/10.4314/sajas.v48i5.3>

**OECD.** (2008). *OECD Key Environmental Indicators*, Organisation for Economic Development and Co-Operation Environment Directorate Paris, France <https://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/37551205.pdf>

**OECD, & FAO.** (2022). *Meat*, Organisation for Economic Co-operation and Development and Food and Agriculture Organization of the United Nations

**OECD, & FAO.** (2022). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031*, Organisation for Economic Co-operation and Development and Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome. <https://www.oecd-ilibrary.org/content/publication/f1b0b29c-en>

**Ogbuwu, I. P., Omede, A. A., Durunna, C. S., Emenalom, O. O., Uchegbu, M. C., Okoli, I. C., & Iloeje, M. U.** (2012). Livestock waste and its impact on the environment. *Scientific Journal of Review*, 1, 17.

**Ombregt, J., & Bambridge, M.** (2012). Meat processing: Green energy from wastewater. *Filtration + Separation*, 49, 44. doi:[https://doi.org/10.1016/S0015-1882\(12\)70147-7](https://doi.org/10.1016/S0015-1882(12)70147-7)

**Ortega-Rivas, E.** (2014). NON-THERMAL PROCESSING | Steam Vacuuming. In C. A. Batt & M. L. Tortorello (Eds.), *Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition)* (pp. 982). Oxford: Academic Press.

**Polat, H., & Yilmaz, N.** (2021). Sürdürülebilir Et Üretimi. *GIDA / THE JOURNAL OF FOOD*, 46(2), 134. doi:10.15237/gida.GD20127

**Shimokawa, S.** (2015). Sustainable meat consumption in China. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(6), 1023. doi:[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60986-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60986-2)

**Thornton, P. K.** (2010). Livestock production: recent trends, future prospects. *Phil. Trans. R. Soc. B365*2853–2867, <http://doi.org/10.1098/rstb.2010.0134>.

**TİGEM.** (2021). *2020 Yılı Hayvancılık Sektör Raporu, Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü.* Ankara

**TKDK.** (2015). Kırmızı Et ve Et Ürünlerinin İşlenmesi ve Pazarlanması, Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu (TKDK). 38.

**Toldrá, F., Reig, M., & Mora, L.** (2021). Management of meat by- and co-products for an improved meat processing sustainability. *Meat Science*, *181*, 108608. doi:<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108608>

**Tosun, D., & Demirbaş, N.** (2021). What are the problems of the red meat processing industry?: A case study from Turkey. *Food Science and Technology (Campinas)*, *41*, 522. doi:<https://doi.org/10.1590/fst.27220>

**Toydemir, C.** (2011). *Endüstrilerge LNG Kullanımı.* X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.

**Tseng, M.-L., Tan, R. R., & Siriban-Manalang, A. B.** (2013). Sustainable Consumption And Production for Asia: Sustainability Through Green Design and Practice. *Journal of Cleaner Production*, *40*, 1.

**TÜİK.** (2010). *Hayvansal Üretim İstatistikleri 2010, Türkiye İstatistik Kurumu.* Ankara

**TÜİK.** (2022a). *Hayvansal Üretim İstatistikleri, Aralık 2021, Türkiye İstatistik Kurumu.* Ankara

**TÜİK.** (2022b). *İşgücü İstatistikleri, 2021, Türkiye İstatistik Kurumu.* Ankara

**TÜİK.** (2022c). *Kırmızı Et Üretim İstatistikleri, 2020-2021, Türkiye İstatistik Kurumu.* Ankara

**TÜİK.** (2022d). *Kümes Hayvancılığı Üretimi, 2020-2021, Türkiye İstatistik Kurumu.* Ankara

**United Nations.** (1987). *The Brundtland Commission, Our Common Future, The Report of the World Commission on Environment and Development* Oxford University Press, Oxford

**Wojdalski, J., Drózdź, B., Grochowicz, J., Magryś, A., & Ekielski, A.** (2013). Assessment of Energy Consumption in a Meat-Processing Plant—a Case Study. *Food and Bioprocess Technology*, 6(10), 2621. doi:<https://doi.org/10.1007/s11947-012-0924-4>

**World Bank** (2022). "Moving Towards Sustainability: The Livestock Sector and the World Bank." [Erişim 01.07.2022, <https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/brief/moving-towards-sustainability-the-livestock-sector-and-the-world-bank>].

**Yağmur, C., & Güneş, E.** (2010). *Dengeli Beslenme Açısından Türkiye’de Gıda Üretimi ve Tüketiminin İrdelenmesi*. Paper presented at the VII. Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, 11-15 Ocak 2010, Ankara.