




Yoncanın Kurutulmasında Farklı Kurutma Sistemlerinin Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi

Serkan KARPUZCU¹ , Mahmut KAPLAN² , Necati ÇETİN^{3*} 

¹Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Kayseri

²Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kayseri

³Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Ankara

*Sorumlu Yazar: necati.cetin@ankara.edu.tr

Geliş Tarihi: 07.12.2022 Düzeltme Geliş Tarihi: 22.05.2023 Kabul Tarihi: 23.05.2023

ÖZ

Hayvancılıkta en önemli yem kaynaklarından birisi olan yoncanın biçildikten sonra besinsel yapısının uzun süre korunması için nem içeriğinin uygun seviyelere düşürülmesi gerekmektedir. Son yıllarda artan çevre sorunları sebebiyle yonca kurutma için yapılacak işlemin çevreye dost bir yöntem olmasına özellikle dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, yonca kurutmada farklı kurutma yöntemlerinin CO₂ emisyonlarının etkisinin belirlenmesi ve karşılaştırılmasıdır. Çalışmada mikrodalga (100 W, 200 W, 300 W), konvektif (60 °C, 80 °C, 100 °C), hibrit (konvektif+mikrodalga: 200 W+60 °C, 200 W+80 °C) ve dondurarak kurutma yöntemleri ele alınmış ve bu yöntemlerin rüzgâr, güneş, hidroelektrik ve jeotermal santrallere göre CO₂ emisyonları belirlenmiştir. Sonuçlara göre en yüksek CO₂ emisyonu değeri jeotermal enerji santralinde 72.62 g kg⁻¹ ile 300 W mikrodalga kurutmada elde edilmiştir. En düşük emisyon değeri ise rüzgâr enerji santralinde 2.14 g kg⁻¹ ile 60 °C konvektif kurutmada belirlenmiştir. Genel olarak en yüksek emisyon sonuçları jeotermal enerji santrali için, en düşük sonuçlar ise rüzgâr enerji santrali için bulunmuştur. Çalışmada mikrodalga gücünün ve kurutma sıcaklığının CO₂ emisyonunu arttırdığı ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: Yonca, kurutma, yem, CO₂ emisyonu, özgül enerji.

The Effect of Different Dryers on Greenhouse Gas Emissions in the Drying of Alfalfa

ABSTRACT

In order to preserve the nutrient properties of alfalfa, which is one of the most important feed sources in livestock, for a long time after harvesting, the moisture content must be reduced to appropriate levels. In recent years, due to the increasing environmental problems, it is necessary to special attention to the fact that the process of drying alfalfa is an environmentally friendly method. The aim of this study is to determine and compare the effects of different drying methods on CO₂ emissions in alfalfa drying. In the study, microwave (100 W, 200 W, 300 W), convective (60 °C, 80 °C, 100 °C), hybrid (convective+microwave: 200 W+60 °C, 200 W+80°C), and freeze-drying methods were used, and CO₂ emissions of these methods were determined according to wind, solar, hydroelectric, and geothermal power plants. According to the results, the highest CO₂ emission value was obtained in the geothermal power plant with 72.62 g kg⁻¹ in 300 W microwave drying. The lowest emission value was determined at 60 °C convective drying with 2.14 g kg⁻¹ in the wind power plant. In general, the highest emission results were found for the geothermal power plant, while the lowest results were found for the wind power plant. In the present study, it was revealed that microwave power and drying temperature increased CO₂ emissions.

Key words: Alfalfa, drying, feed, CO₂ emission, specific energy.

GİRİŞ

Yonca (*Medicago sativa* L.), yüksek miktarda ve kalitede ot vermesi, biçim sayısının fazla olması, farklı iklim koşullarına karşı yüksek adaptasyon kabiliyetine sahip olması, toprak yapısını koruması ve düşük kurulum maliyetine sahip olması gibi özelliklerinden dolayı “yemlerin kraliçesi” olarak bilinmektedir (Kamalak ve ark., 2005; Akmal ve ark., 2011). Yonca, hayvancılık için kolay, ucuz ve zengin bir ham protein kaynağı olması yanında yüksek sindirilebilirliğe sahiptir (Radovic ve ark., 2009). Ayrıca mineral, vitaminler ve karoten ve tümü bileşik yem maddelerinde değerli olan ksantofiller gibi diğer pigmentlerden bakımından da oldukça zengindir (Siles ve ark., 2015).

Kurutma işlemi, yonca otunun besin kalitesini ve görünümünü etkileyebilir (Zheng ve ark., 2005). Kurutma sırasında örnekler besin değerleri gibi kalite özelliklerini etkileyen fiziksel ve kimyasal değişikliklere uğramaktadır (Deng ve ark., 2019). Yüksek hava sıcaklığına uzun süre maruz kalmak, renk kaybı, ısıya duyarlı besinler gibi ürün kalitesinde önemli bozulmalara neden olabilir (Zielinska ve Markowski, 2016). Yüksek kaliteli ve homojen bir ürün elde etmek için, hasat edilen yoncanın, güvenli depolanması için mümkün olduğunca hızlı bir şekilde kurutulması gerekmektedir (Zheng ve ark., 2005).

Kurutma işleminde esas amaç, maksimum nem giderme için minimum miktarda enerji kullanmaktır (Barati ve Esfahani, 2010). Farklı tarım ve gıda ürünlerini kurutma işlemi büyük miktarda enerji gerektirmektedir. Hasat sonrası işleme ve kurutma gibi işlemler için elektrik enerjisi başlıca gider durumundadır. Tarımsal kurutucuların yüksek enerji tüketiminin yanı sıra sera gazı emisyonları ve çevresel etkileri de önemlidir (Kaveh ve ark., 2020). Son yıllarda hibrit kurutma teknikleri, enerji tasarrufu sağlaması, nihai ürün kalitesini iyileştirmesi, renk aroma ve koku özelliklerini koruması gibi sebeplerle oldukça popüler hale gelmiştir (Zia ve Alibas, 2021; Çetin ve Sağlam, 2022). Çeşitli kurutma teknikleri arasında dondurarak kurutma ise en iyi nihai ürün kalitesini sağlamaktadır. Bununla birlikte, yüksek işletme maliyetleri ve nispeten daha uzun kurutma süreleri, bu yöntemin dezavantajlarından (Hsu, vd., 2003).

Santrallerin yaydığı kirleticiler iklim değişikliğine sebep olmaktadır. Fosil yakıtların tüketimi, dünya atmosferinde Sera Gazlarına (GHG) neden olan duman üretmektedir. Fosil yakıtların kontrolsüz kullanımı nedeniyle dünya genelinde artan sera gazı emisyonları küresel ısınma, çölleşme, sel yağmurları, asit yağmurları, iklim değişiklikleri, ozon tabakasının incilmesi, artan su seviyesi ve çevre üzerindeki diğer etkiler gibi olumsuz etkilere yol açmış ve sonuç olarak insan yaşamı üzerinde olumsuz etkiler bırakmıştır (Kaveh ve ark., 2020). Tarımsal kurutma sistemlerinin enerji etkinliği açısından değerlendirildiği birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak bu sistemlerin sera gazı emisyonlarına etkisinin bulunduğu çalışma sayısı çok kısıtlıdır (Motevali ve ark., 2014; Tripathy, 2015; Motevali ve ark., 2017; Kaveh ve ark., 2020; Gökalp ve Çetin, 2022). Bu çalışmada, mikrodalga, konvektif, hibrit ve dondurarak kurutma yöntemlerinin toplam enerji kullanımına bağlı rüzgâr, güneş, hidroelektrik ve jeotermal enerji santralleri için sera emisyonu değerleri belirlenmiş ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Çalışmada Magnum yonca çeşidi materyal olarak kullanılmıştır. Yonca birinci biçimde ve %10 çiçeklenme döneminde hasat edilmiştir. Bitkiler yaklaşık 10-12 cm yükseklikten kesme makineleri kullanılarak hasat edilmiştir. Kurutma yapmadan önce bitkilerde homojenlik sağlamak amacıyla iyice karıştırılmış ve fiziksel olarak temizliği kontrol edilmiştir. Kurutma esnasında yonca örnekleri +4 °C’de ve %90 nispi nemde buz dolabında muhafaza edilmiştir. Örneklerin ilk nem içeriğinin belirlenmesi için, 100 gramlık örnekler 3 tekerrürlü olarak 70 °C sıcaklıktaki fırında 24 saat kurutulmuş ve ortalama nem içeriği değerleri belirlenmiştir (AOAC, 1990).

Kurutma yöntemleri

Numunelerin nem değeri denge nemine ulaşmaya kadar kurutma işlemi devam ettirilmiştir. Kurutma işlemleri için kullanılan yöntemler; mikrodalga (100 W, 200 W, 300 W), konvektif (60 °C, 80 °C, 100 °C), hibrit (konvektif+mikrodalga: 200 W+60 °C, 200 W+80 °C) ve dondurarak kurutmadır. Mikrodalga, konvektif ve hibrit kurutma işlemleri 0.5 m s⁻¹ hava hızında yürütülmüştür. Yoncaların kurutulması için konvektif ve mikrodalga özelliklere sahip hibrit bir fırın (Arçelik KMF 833 I, Turkey) kullanılmıştır. Hibrit fırında mikrodalga ve konvektif özellikler aynı anda kullanılabilir. Mikrodalgalar fırının içinde üst kısmından yayılmaktadır. Fırın 2.465 MHz frekansa ve 900 W çıkış gücüne sahiptir. Ayrıca ortam sıcaklığı 40 °C’den 280 °C’ye kadar ayarlanabilir yapıdadır. Fırın, hava sirkülasyonu için bir fan ve numuneleri tutan delikli poliamid platformlar ve tepsileri içermektedir. Dondurarak kurutma için kullanılan liyofilizatör (Teknosem Toros TRS 2/2 V, Türkiye) 10⁻³ mbar basınç altında, -55 °C’de kondanser sıcaklığında çalışmaktadır. Kondanser hacmi 5.8 lt, vakum pompası kapasitesi 5.4 m³tür. Cihaz 24 saatte 2.5 kg buz tutma kapasitesine sahiptir. Dondurarak kurutma işleminden önce ürünler tartılmış ve

ultra-düşük sıcaklıklı dondurucuda -80 °C'de (VWR Symphony Model 414005-087, ABD) 24 saat muhafaza edilmiştir (Pinar ve ark., 2021).

Enerji ve sera gazı emisyonu hesaplamaları

Kurutucuların enerji tüketimi değerleri belirlenirken dijital bir wattmetreden (Tt Technic PM-001, Türkiye) yararlanılmıştır (Çetin, 2022). Özgül enerji tüketimi (SEC), numuneden bir birim suyu buharlaştırmak için gereken enerjiyi göstermekte olup Eşitlik 1 ile hesaplanmıştır.

$$SEC = \frac{E_c}{m_w} \quad (1)$$

Burada, E_c sistemin tükettiği enerji miktarını, m_w ise üründen buharlaşan suyun ağırlığını (kg) temsil etmektedir.

Farklı kurutucuların ihtiyaç duyduğu enerji, toplam enerji denklemi kullanılarak belirlenebilir. Bu (elektrik) enerji, santrallerden tüketim noktalarına dağıtım şebekesi aracılığıyla sağlanır. Üretilen gücün bir kısmının, güç kaynağı şebekelerinde ve trafo merkezlerinde ısı olarak kaybolduğuna dikkat edilmelidir. Güç tüketimindeki kayıpların toplam payı dahil edilerek bir santralde 1 kW elektrik üretimi için gerekli olan birincil enerji (fosil yakıt) elde edilebilir. Şebeke ve trafo merkezlerindeki kayıpların toplam payı %14.2'dir. Ayrıca, santrallerin ortalama iç tüketimi yaklaşık %3.5'tir (Turkey EnergyBalance-Sheet, 2016). Kurutucu uygulamaları için gerekli toplam enerji santrali üretimi aşağıdaki eşitlik kullanılarak elde edilebilir. Tüm kurutucular için η_{toplam} değeri 1.22 olarak alınmıştır (Motevali ve Kolor, 2017; Gökalp ve Çetin, 2022).

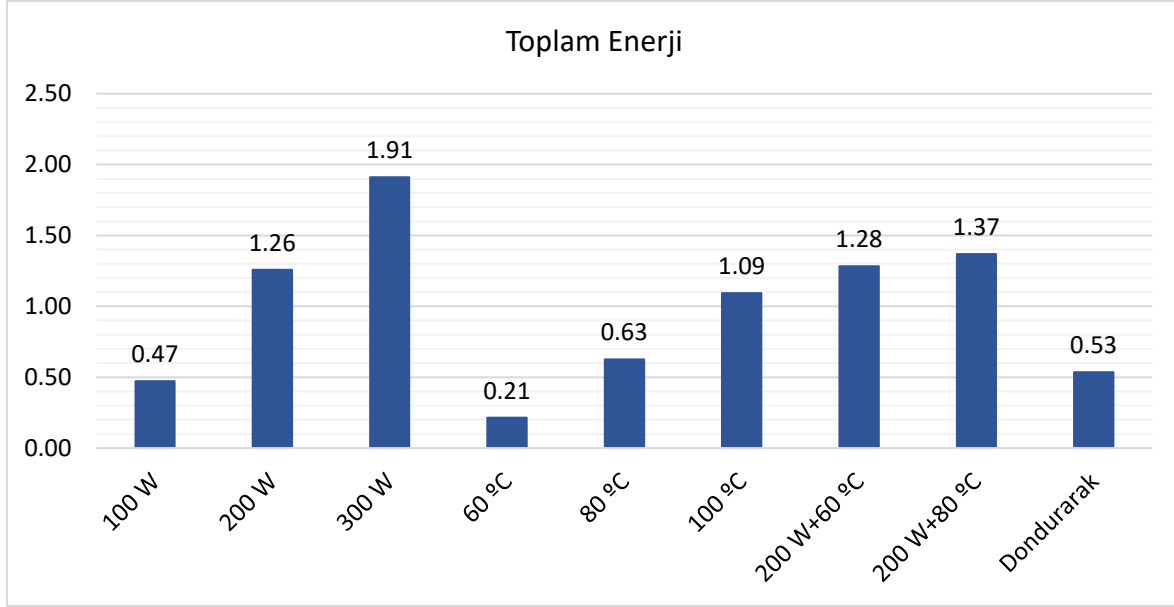
$$Toplam\ Enerji = \frac{SEC}{\eta_{toplam}} = \frac{SEC}{\eta_{santral} + \eta_{dağıtım}} \quad (2)$$

Farklı tesisler için 1 kg elektrik üretimi başına sera gazı emisyonları Sovacool (2008) tarafından rapor edilen sera gazı üretim faktörleri kullanılarak hesaplanmıştır. Kurutma işleminin elektrik tüketimine dayalı olarak sera gazı emisyonlarını hesaplamak için dolaylı yöntemin kullanıldığına dikkat edilmelidir. Portakalın kurutulması sırasında 1 kg suyun uzaklaştırılması için farklı santrallerde üretilen enerji miktarını bulmak için öncelikle her bir deneysel işlemin enerji ihtiyacı belirlenmek gerekir. Kurutma sistemi (termal ve mekanik) için deneysel işlemlerin ve ön işlemlerin enerji gereksinimleri belirlendikten sonra, santralden tüketim noktasına kadar elektrik iletim faktörü seçilmiştir. Toplam elektrik üretiminin belirlenmesinde santrallerin iç tüketim faktörü kullanılmıştır. Daha sonra, 1 kWh elektrik tüketimi başına kirletici emisyonları hesaplamak için kullanıldı. Türkiye, büyük sera gazı emisyonlarına sahip ülkelerden biridir ve enerji santralleri genellikle rüzgâr, güneş, hidroelektrik çevrim ve jeotermal türlerinden biri olup bu kaynakların elektrik üretim sistemlerinde ortalama sera gazı emisyonu değerleri sırasıyla 10, 23, 26 ve 38 gCO₂e kWh⁻¹'dir (Sovacool, 2008; Melikoglu, 2013). Bu nedenle, GHG emisyonu tahminlemelerinde bu değerler dikkate alınmıştır. Ayrıca, konvektif, mikrodalga ve hibrit yöntemlerin alan kapasitesi 0.12 m², dondurarak kurutma yönteminin ise 0.36 m²'dir.

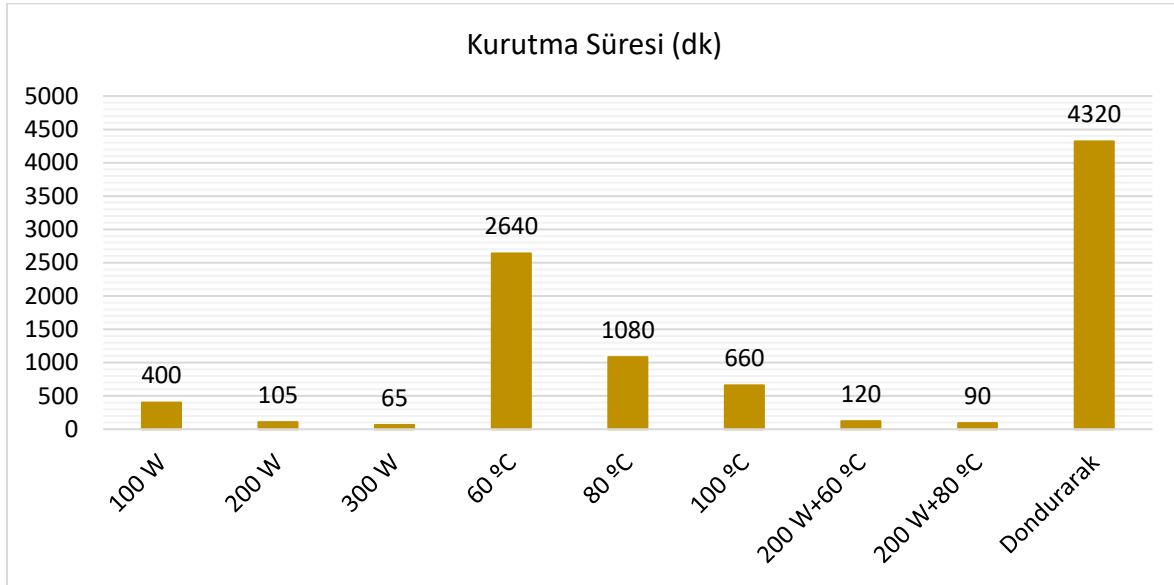
BULGULAR ve TARTIŞMA

Kurutma yöntemlerinin özgül enerji tüketimi ve η_{toplam} özellikleri dikkate alınarak hesaplanan toplam enerji miktarları Şekil 1'de, kurutma süreleri ise Şekil 2'de sunulmuştur. En yüksek değer 300 W (1.91) mikrodalga kurutmada elde edilirken, bunu 200 W+80 °C (1.37) hibrit kurutma izlemiştir. Bununla birlikte en düşük toplam enerji değerleri 60 °C (0.21) konvektif ve dondurarak (0.53) kurutmada hesaplanmıştır. Çalışmada en yüksek kurutma süresi 4320 dk ile dondurarak kurutmada, en düşük kurutma süresi ise 65 dk ile 300 W kurutmada elde edilmiştir.

Çalışmada, 1 kg yonca kurutmak için farklı kurutucuların ve rüzgâr ve güneş enerji santrallerinin en yüksek ve en düşük CO₂ emisyonları Çizelge 1'te verilmiştir. Rüzgâr enerji santrali için en yüksek CO₂ emisyonu değeri 19.11 g kg⁻¹ ile 300 W mikrodalga kurutmada meydana gelirken, en düşük değer ise 2.14 g kg⁻¹ ile 60 °C konvektif kurutmada meydana gelmiştir. Güneş enerji santrali için en yüksek CO₂ emisyonu değeri 43.95 g kg⁻¹ ile 300 W mikrodalga kurutmada belirlenirken, en düşük değer ise 4.93 g kg⁻¹ ile 60 °C konvektif kurutmada belirlenmiştir. Mikrodalga kurutma sistemleri arasında 100 W, 200 W ve 300 W için CO₂ emisyonu değerleri rüzgâr enerji santrali için sırasıyla 4.73 g kg⁻¹, 12.57 g kg⁻¹ ve 19.11 g kg⁻¹, güneş santrali için sırasıyla 10.87 g kg⁻¹, 28.92 g kg⁻¹ ve 43.95 g kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Konvektif kurutma sistemlerinde CO₂ emisyonu değerleri 60 °C, 80 °C ve 100 °C için sırasıyla rüzgâr enerji santrali için 2.14 g kg⁻¹, 6.25 g kg⁻¹ ve 10.92 g kg⁻¹, güneş enerji santrali için 4.93 g kg⁻¹, 14.38 g kg⁻¹ ve 25.12 g kg⁻¹ olarak ortaya konulmuştur.



Şekil 1. Tüm kurutma yöntemleri için kullanılan toplam enerji miktarları



Şekil 2. Tüm kurutma yöntemleri için kurutma süreleri

Çizelge 1. Bir kg ürün için rüzgâr ve güneş santrallerinin sera gazı emisyonları (g kg^{-1})

Kurutma Yöntemi	Rüzgâr	Güneş
100 W	4.73	10.87
200 W	12.57	28.92
300 W	19.11	43.95
60 °C	2.14	4.93
80 °C	6.25	14.38
100 °C	10.92	25.12
200 W+60 °C	12.84	29.53
200 W+80 °C	13.69	31.49
Dondurarak	5.34	12.29

Çalışmada, 1 kg yonca kurutmak için farklı kurutucuların ve hidroelektrik ve jeotermal enerji santrallerinin en yüksek ve en düşük CO₂ emisyonları Çizelge 2'de verilmiştir. Mevcut çalışmada, hidroelektrik enerji santrali için en yüksek CO₂ emisyonu değeri 49.68 g kg⁻¹ ile 300 W mikrodalga kurutmada elde edilirken bunu 35.60 g kg⁻¹ ile 200 W+80 °C hibrit kurutma izlemiştir. Bu sistem için hesaplanan en düşük değer ise 5.57 g kg⁻¹ ile 60 °C konvektif kurutmada olmuştur. Jeotermal enerji santrali için en yüksek emisyon değeri 72.62 g kg⁻¹ ile yine 300 W mikrodalga kurutmada olurken, en düşük değer ise 8.14 g kg⁻¹ ile 60 °C konvektif kurutmada meydana gelmiştir. Mikrodalga kurutma sistemleri arasında 100 W, 200 W ve 300 W için CO₂ emisyonu değerleri hidroelektrik enerji santrali için sırasıyla 12.29 g kg⁻¹, 32.69 g kg⁻¹ ve 49.68 g kg⁻¹, jeotermal santrali için sırasıyla 17.96 g kg⁻¹, 47.78 g kg⁻¹ ve 72.62 g kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Konvektif kurutma sistemlerinde CO₂ emisyonu değerleri 60 °C, 80 °C ve 100 °C için sırasıyla hidroelektrik enerji santrali için 5.57 g kg⁻¹, 16.26 g kg⁻¹ ve 28.39 g kg⁻¹, jeotermal enerji santrali için 8.14 g kg⁻¹, 23.76 g kg⁻¹ ve 41.50 g kg⁻¹ olduğu saptanmıştır. Mikrodalga çıkış gücü arttıkça CO₂ değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Benzer bir eğilimin konvektif kurutmada yönteminde sıcaklık artışına bağlı olduğu görülmüştür.

Çizelge 2. Bir kg ürün için hidroelektrik ve jeotermal santrallerinin sera gazı emisyonları (g kg⁻¹)

Kurutma yöntemi	Hidroelektrik	Jeotermal
100 W	12.29	17.96
200 W	32.69	47.78
300 W	49.68	72.62
60 °C	5.57	8.14
80 °C	16.26	23.76
100 °C	28.39	41.50
200 W+60 °C	33.38	48.79
200 W+80 °C	35.60	52.03
Dondurarak	13.89	20.30

Tüm sistemler değerlendirildiğinde en yüksek CO₂ emisyonu değerleri jeotermal enerji santrali için hesaplanırken, en düşük değerler ise rüzgâr enerji santrali için bulunmuştur. Mevcut çalışmada mikrodalga gücü ve kurutma sıcaklığı artışı CO₂ emisyonunu da artırmıştır. Çoğu tarım ürününün kurutulmasında yaygın olan konvektif kurutma, daha düşük enerji ve kurutma verimliliği ile daha fazla kurutma süreleri gerekmektedir. Bu nedenle, konvektif kurutmanın dünyadaki sera gazı emisyonlarının büyük bir payına sahip olduğu sonucuna varılabilir (Motevali ve ark., 2014). Rüzgâr, güneş, hidroelektrik ve jeotermal gibi farklı enerji santrallerinin sonuçları analiz edildiğinde, rüzgâr santrallerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını diğer santrallere göre önemli ölçüde düşük sonuçlar verdiği görülmektedir. Mikrodalga, konvektif ve vakumlu kurutucuların verimleri yüksek olmasına rağmen konvektif kurutuculara göre daha fazla sera gazı emisyonuna sebep olabilir. Konvektif kurutucular, mikrodalga ve kızılötesi gibi diğer kurutma teknikleriyle birleştirildiğinde daha iyi verim sağlayarak daha az sera gazı emisyonuna yol açabilir (Motevali ve ark., 2014).

Motevali ve Kolor (2017), kuşburnu kurutmada 40, 50 ve 60 °C konvektif kurutmada CO₂ emisyonu değerlerinin kombine çevrim santrali için 6539.17 g kg⁻¹ ile 16419.18 g kg⁻¹ arasında, buhar santrali için 915.48 g kg⁻¹ ile 27057.32.18 g kg⁻¹ değiştiğini bildirmişlerdir. Kaveh ve ark. (2020), atlas sakızı örneklerinin 40, 55, 70 °C konvektif kurutmada en düşük emisyonları 70 °C, en yüksek emisyonları 40 °C rapor etmişlerdir. Tripathy (2015), güneş enerjisi destekli bir kurutucuda patates dilimlerinin ve silindirlerin kurutulması için özgül enerji tüketimi değerlerini sırasıyla 6.935 ve 6.538 MJ kg⁻¹ olarak bildirmiştir. Ayrıca patates dilimlerini kurutmak için kullanılan üç farklı santralden (kömür, motorin ve doğalgaz) kaynaklanan CO₂ emisyonu değerlerini ise 1.44x10⁴, 9.47x10³ ve 4.74x10³ ton olarak ortaya koymuştur. Gökalp ve Çetin (2022), portakal kurutmada, rüzgâr, güneş, hidroelektrik ve jeotermal gibi farklı santraller için CO₂ emisyonunu incelemişler ve rüzgâr santrallerinin diğer santrallere göre önemli ölçüde daha düşük sera gazı emisyonları ürettiğini bildirmişlerdir. Sera gazı emisyonlarındaki artış düşük sıcaklıkta kurutma sırasında daha yüksek SEC ile açıklanmaktadır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmada yonca kurutma için mikrodalga, konvektif, hibrit ve dondurarak kurutma koşullarına ait CO₂ emisyonu değerleri belirlenmiştir. Bulgulara göre, mikrodalga gücü ve kurutma sıcaklığı arttıkça CO₂

emisyonlarının da arttığı belirlenmiştir. Genellikle en yüksek CO₂ değerleri mikrodalga kurutmanın olduğu sistemlerde meydana gelmiştir. En düşük değerler ise 60 °C konvektif kurutmada elde edilmiştir. Dondurarak kurutmada yüksek emisyon değerleri, uzun kurutma süreleri dolayısıyla yüksek SEC miktarları ile açıklanabilmektedir. Mevcut bulgular, konvektif ve dondurarak kurutma sistemlerinin sera gazı emisyonu açısından ve daha makul sonuçlar verdiğini göstermiştir. Bu çalışmada gerçekleştirilen uygulamaların ve analizlerin sera gazı emisyonu açısından yüksek enerji tüketiminde üretim yapan gıda işleme sektörüne ve ilgili araştırmacıların muhtemel çalışmalarına katkı sunacaktır. İlerde yapılacak çalışmalar için farklı kapasiteli kurutucuların ve farklı enerji santrallerinin denenmesi önerilebilir.

Teşekkür: Yazarlar Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimine FYL-2021-11354 kodlu proje desteği için teşekkür ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- Akmal, M., Uzma, F. ve Asim, M. 2011. Crop growth in early spring and radiation use efficiency in alfalfa. *Pakistan Journal of Botany*, 43(1): 635-641.
- AOAC (1990) Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, vol II, 15th edn. Sec. 985.29. The Association, Arlington, VA, USA.
- Barati, E. ve Esfahani, J.A. 2010. Mathematical modeling of convective drying: lumped temperature and spatially distributed moisture in slab. *Energy*, 36: 2294e301.
- Çetin, N. 2022. Comparative assessment of energy analysis, drying kinetics, and biochemical composition of tomato waste under different drying conditions. *Scientia Horticulturae*, 305: 111405.
- Çetin, N., ve Sağlam, C. 2022. Rapid detection of total phenolics, antioxidant activity and ascorbic acid of dried apples by chemometric algorithms. *Food Bioscience*, 47: 101670.
- Deng, L. Z., Mujumdar, A. S., Zhang, Q., Yang, X. H., Wang, J., Zheng, Z. A., Gao, Z.J. ve Xiao, H. W. 2019. Chemical and physical pretreatments of fruits and vegetables: Effects on drying characteristics and quality attributes—a comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(9): 1408-1432.
- Gökalp, Z. ve Çetin, N. 2022. Evaluation of GGE of different process for drying orange slices. *Current Trends in Natural Sciences*, 11(21): 170-175.
- Hsu, C. L., Chen, W., Weng, Y. M., ve Tseng, C. Y. 2003. Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods. *Food Chemistry*, 83(1): 85-92.
- IEA, 2015. CO₂ emissions from fuel combustion IEA statistics highlights. In: International Energy Agency, 2015 Edition. 9 rue de la Federation 75739 Paris Cedex 15, France.
- Kamalak, A., Canbolat, O., Erol, A., Kilinc, C., Kizilsimsek, M., Ozkan, C. O. ve Ozkose, E. 2005. Effect of variety on chemical composition, in vitro gas production, metabolizable energy and organic matter digestibility of alfalfa hays. *Livestock Research for Rural Development*, 17(7): 1-7.
- Kaveh, M., Chayjan, R.A., Taghinezhad, E., Sharabiani, V.R. ve Motevali, A. 2020. Evaluation of specific energy consumption and GHG emissions for different drying methods (Case study: *Pistacia Atlantica*). *Journal of Cleaner Production*, 259: 120963.
- Melikoglu, M. 2013. Vision 2023: Forecasting Turkey's natural gas demand between 2013 and 2030. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22: 393-400.
- Motevali, A., Minaei, S., Banakar, A., Ghobadian, B. ve Khoshtaghaza, M.H., 2014. Comparison of energy parameters in various dryers. *Energy Conversion and Management*, 87: 711e725.
- Motevali, A. ve Kolor, R.T. 2017. A comparison between pollutants and greenhouse gas emissions from operation of different dryers based on energy consumption of power plants. *Journal of Cleaner Production*, 154: 445-461.
- Pinar, H., Çetin, N., Ciftci, B., Karaman, K. ve Kaplan, M. 2021. Biochemical composition, drying kinetics and chromatic parameters of red pepper as affected by cultivars and drying methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 102: 103976.
- Radovic, D.J., Sokolovic, J. ve Markovic, J. 2009. Alfalfa-Most important perennial forage legume in animal husbandry. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 25(5-6): 465-475.
- Siles, J. A., González-Tello, P., Martín, M. A. ve Martín, A. 2015. Kinetics of alfalfa drying: Simultaneous Modelling of moisture content and temperature. *Biosystems Engineering*, 129: 185-196.

- Sovacool, B. K. 2008. Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: A critical survey. *Energy Policy*, 36(8): 2950-2963.
- Tripathy, P. P. 2015. Investigation into solar drying of potato: effect of sample geometry on drying kinetics and CO₂ emissions mitigation. *Journal of Food Science and Technology*, 52: 1383-1393.
- Zheng, X., Jiang, Y. ve Pan, Z. 2005. Drying and quality characteristics of different components of alfalfa. In 2005 ASAE Annual Meeting (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Zia, M. P., ve Alibas, I. 2021. The effect of different drying techniques on color parameters, ascorbic acid content, anthocyanin and antioxidant capacities of cornelian cherry. *Food Chemistry*, 364: 130358.
- Zielinska, M. ve Markowski, M. 2016. The influence of microwave-assisted drying techniques on the rehydration behavior of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *Food Chemistry*, 196: 1188-1196.