



Şeker Pancarı Posasının Bantlı Kurutucuda Kuruma Karakteristiklerinin Deneysel İncelenmesi

Emel Çelik^{1*}, Nezaket Parlak²

^{1*}Sakarya Aile ve Sosyal Politikalar İl Müdürlüğü, Sakarya, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-4165-8402), eemelcelik08@gmail.com

²Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye (ORCID:0000-0002-8469-2192, naydemir@sakarya.edu.tr)

(2nd International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences ICAENS 2022, March 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1084940)

ATIF/REFERENCE: Çelik, E. & Parlak, N. (2022). Şeker Pancarı Posasının Bantlı Kurutucuda Kuruma Karakteristiklerinin Deneysel İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (34), 733-738.

Öz

Dünyada enerjinin %80'nini kömür, doğalgaz ve petrol gibi fosil yakıtları ile karşılanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biyoyakıtlar fosil yakıtlara alternatif olarak kabul edilmektedir. Biyoyakıt üretiminin fosil yakıtlara oranla maliyetlerinin daha yüksek olması kurutma teknolojilerinin geliştirilmesi önem arz etmektedir. Önemli biyoyakıtlardan biri olan, mısır, kolza tohumu vb. alternatifleri göz önünde bulundurulduğunda şeker pancarının biyoyakıt için en verimli hammadde olması ile birlikte daha ekonomik olduğu bildirilmektedir. Şeker pancarı posası'nın biyoyakıt elde edilmesinde kullanımı çevresel atığın değerlendirilmesi açısından önemlidir. Bu çalışmada amaç, bantlı kurutucuda şeker pancarı posası'nın (ortalama nem içeriği %85 y.b) kurutma karakteristiğinin incelenmesidir. Şeker pancarı posası için 85°C sıcaklıkta 20 cm bant kalınlık deney koşullarında gerçekleştirilmiştir. Ürün ilk nem içeriği %85 (yb) 'den %14 (yb) neme kadar kurutulmuştur. Ürün nem içeriğinin değişimi ile nem oranının değişiminin zaman bağı olarak incelediğimizde kurutmanın 40 dk'ya kadar hızlı daha sonra yavaşladığı görülmüştür. Kuruma kızımının nem içeriğine bağlı olarak incelediğimizde ürün kuruma başladığında üründen nemin uzlaşması yavaş olduğu çıkarılmıştır. Bantlı kurutucuda şeker pancarı küspesinin kurutulmasında özgül enerji tüketimi hesaplamaları yapılmış ve 2,06 kWh/kg olarak bulunmuştur. Çalışma ile atıktan türetilmiş yakıt çalışmalarına katkı sağlaması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Şeker pancarı posası, Kurutma, Nem oranı, Enerji tüketimi, ATY.

Experimental Investigation of Drying Characteristics of Sugar Beet Pulp in Belt Dryer

Abstract

In the world, 80% of the energy is met by fossil fuels such as coal, natural gas and oil. Biofuels from renewable energy sources are accepted as an alternative to fossil fuels. The fact that the cost of biofuel production is higher than fossil fuels is important for the development of drying technologies. One of the important biofuels, corn, rapeseed etc. considering the alternatives, it is reported that sugar beet is the most efficient raw material for biofuel and is more economical. The use of sugar beet pulp in the production of biofuel is important for the evaluation of environmental waste. The aim of this study is to examine the drying characteristics of sugar beet pulp (average moisture content 85% w.b.) in a belt dryer. The product was dried from initial moisture content of 85% (wb) to 14% (wb). When we examine the change in moisture content of the product and the change in moisture content depending on time, it has been observed that drying is fast up to 40 minutes and then slowed down. When we examined the drying based on the moisture content of the daughter, it was found that when the product started to dry, the moisture reconciliation of the product was slow. The specific energy consumption calculations were made for the drying of sugar beet pulp in the belt dryer and it was found to be 2.06 kWh/kg. The study of the study is to contribute to waste-derived fuel studies.

Keywords: Sugar beet pulp, Drying, Moisture ratio, Energy consumption, WDF

1. Giriş

Sürekli artan enerji talebi, fosil yakıtların tükenmesi ve geleneksel yakıt kullanımından (benzin, dizel vb.) kaynaklanan olumsuz çevresel etkiler, biyoyakıtlarının kullanımını destekleyen çok sayıda politikaya yol açmıştır [1],[2],[3],[4]-[5]. Dünyada Yenilenebilir enerji kaynaklarından hidroelektrik ve biyokütle enerjisi ile günümüzde enerji ihtiyacının sadece % 7'si karşılanabilmektedir fakat gelecek 20 yılda %60'ın üzerinde artacağı tahmin edilmektedir [6], [7]. Son yıllarda artan petrol fiyatları ve çevresel olumsuz etkilerden dolayı fosil yakıtlara alternatif olarak biyokütleden üretilen (etanol, metanol ve biyodizel) biyoyakıtlar seçenek olmaktadır [8], [9], [10]- [7]. Dünyada en yaygın kullanılan biyoyakıt biyoetanol'dur. Biyoetanol'un ana kaynağı şeker pancarı, mısır ve şeker kamışıdır [11], [7]. Dünya genelinde şeker üretimi için şeker pancarı (Beta vulgaris) ve şeker kamışı (Saccharum officinarum) kullanılmaktadır. Şeker pancarında temel olarak sakkaroz, karbonhidrat ve pektin bulunmaktadır [12]. Şeker üretiminin ham maddesi olan şeker pancarı etanol üretiminde de kullanılmaktadır. Şeker pancarından elde edilen kristal şeker, solüsyondan veya parçalanmış kalıntılardan biyoetanol elde edilmektedir [13].

Dünya'da 2019/20 verilerine göre, 4,609 milyon hektar alanda 278 milyon ton şeker pancarı üretimi yapılmıştır [14].

21. yüzyılda insanlığın karşılaştığı birbiriyle bağlantılı üç zorluk vardır. Bunlar: gıda güvenliği, iklim değişikliği ve enerji güvenliğidir [15],[16]. 1800' de 1 milyar olan dünya nüfusu 2000' de 6 milyara yükselmiştir ve 2050' de 9 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Dünya gıda üretiminin 2050 yılına kadar ikiye katlanması gerektiği tahmin edilmektedir. Ancak tarımsal üretimi artırma stratejilerinin değişen iklim koşullarının da hesaba katılması gerektirecektir [15].

Türkiye'de tarım sektörüne ait enerji kullanımının %7'sini oluşturuyor [17]. Gelecekteki yakıt kıtlığı ve/veya artan yakıt fiyatlarının tarımsal üretim ve gıda maliyetini etkilemesi beklenmektedir. Türkiye'de biyokütlenin yenilenebilir enerji içindeki oranı küresel alandaki orandan farklı olarak 1990 yılında % 75 iken yıllar içerisinde sürekli azalarak 2018 yılı sonuna gelindiğinde % 15'ler seviyelerine düşmüştür. Türkiye'de biyokütle enerjisinin yenilenebilir enerji kaynakları içerisindeki payının bu kadar düşmüş olmasının gerekçesi olarak, biyokütle kullanım oranının azalması gösterilebilir. Ancak esas olarak klasik biyokütle kullanımı önemli ölçüde azalırken modern biyokütleyle geçiş de yavaş olmaktadır. Diğer bir ifade ile Türkiye'nin biyokütle potansiyeli modern yöntemlerle yeteri kadar değerlendirilmemesinden kaynaklanmaktadır. Türkiye'nin 2018 yılında biyokütle enerji arzı yaklaşık 3,1 milyon TEP olarak verilmiştir. Çeşitli kaynaklara göre Türkiye'deki toplam biyokütle enerji potansiyeli 14,6-32 milyon TEP arasında değişmektedir. Türkiye, bugünkü teknoloji ve kullanım alanları ve atık durumuna göre mevcut biyokütle potansiyelinin % 78-% 90'ını değerlendirmektedir [18].

Şeker pancarı küspesi, şeker pancarı köklerinden şekerin ekstraksiyonundan sonra arta kalan, enerji açısından zengin, oldukça lifli kalıntı materyaldir [19]. Şeker pancarından meyve suyu çıkarıldıktan sonra ayrılan küspeye yaş küspe denir. %87-92 nem içerir ve bu nedenle depolanması zordur. Bununla birlikte, kurutulduğunda şeker pancarı küspesi (%6-12 kuru madde) bir yıla kadar saklanabilir [19]. Yaş şeker pancarı küspesinin kurutma

işlemi şeker endüstrisinde toplam enerji tüketiminin %33'ünü gerektirdiğinden oldukça pahalıdır [20].

Küspe kurutulurken, kullanımı daha uygun olan paletler halinde sıkılır. Yüksek düzeyde besin maddesi bulunduğundan genellikle hayvanlarda, özellikle süt sığırlarını beslemek için kullanılır [21,22]. Ayrıca, farklı proseslerle üretilen şeker pancarı küspesinin değişken kaliteye sahip olabileceği belirtilmiştir. Bir ton şeker pancarının 500 kg yaş pancar püresi ve 150 kg şeker ürettiği bulunmuştur [23]. Şeker pancarı köklerinden şeker üretiminin hazırlık aşamaları, köklerin yıkanmasını, temizlenmesini ve kasetler halinde kıyılmasını, ardından kasetlerden meyve suyunun çıkarılmasını ve melas ve şeker elde etmek için tıpkı şeker kamışı şekeri gibi işlenmesini içerir [24]. Şeker pancarından meyve suyu ekstraksiyonu, kalan artıklar esas olarak şeker pancarı hücre duvarından oluşur, yani şeker pancarı posası ve yaklaşık %2-4 şeker' den oluşmaktadır [25]. Şeker pancarından şeker üretimi ne kadar yüksek olursa, ortaya çıkan biyoatık, yani şeker pancarı posası o kadar fazla olacaktır. Bu nedenle bu biyoatık malzemeleri işlemek ve kullanmak için yeni teknolojilerin geliştirilmesine odaklanılmalıdır [26].

Literatüre bakıldığında şeker pancarı küspesinin kurutulması gösteren çalışmaların olmadığı görülmüştür. Bu nedenle yürütülen araştırmanın amacı, atıktan türetilmiş yakıtların kurutulması konusunda sistematik çalışmalar yapmaktır.

Sunulan bu çalışmada şeker pancarı küspesinin bantlı kurutucuda kurutulması, ürün nem içeriği değişimi, kuruma hızı ve enerji sarfiyatı hesaplanmıştır. Kurutucu tipinin, kurutma bant kalınlığının, kurutma havasının sıcaklığının kurutma karakteristiklerine ve enerji sarfiyatına etkisi incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Araştırmada, Sakarya'da Şeker fabrikasından elde edilen şeker pancarı küspesi deneme materyali olarak kullanılmıştır. Deneylerde şeker pancarı hasat edilip fabrikada işlendikten sonra geriye kalan atık rendelenmiş şeklindedir. Deneyler Kasım-Aralık 2021 aylarında yapılmıştır.

Çalışmada Sartorius MA30 tipi cihaz ile eş zamanlı olarak nem ölçümleri yapılmıştır. Kapalı torbalarda muhafaza edilen numunelerden üç farklı ölçüm yapılmış ve ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Şeker pancarı küspesi yaş ve kuru olarak Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. (a) Deneylerde kullanılan şeker pancarı küspesi ve (b) bantlı kurutma sonrası.

2.2. Kurutma Yöntemi

Deneylerde bantlı kurutucuda kurutma yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan bantlı kurutucu Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Bantlı kurutucu

Şeker pancarı, 85 ° C kurutma havası sıcaklığında, 15 MHz bant hızı ve 20 cm kalınlıkta deney koşullarına gerçekleştirilmiştir. Deneylerde bantlı kurutucuya konulan şeker pancarı küşesinin toplam kütlesi bir bant için 500 kg ‘dır.

2.3. Teorik Analiz

2.3.1. Boyutsuz Nem Oranı Ve Kuruma Hızı

Kurutma, aynı anda kütle ve ısı transferinin gerçekleştiği bir süreçtir. Tarım ürünlerinde nem çeşitli hallerde ve farklı fiziksel-kimyasal bağlarla tutulur. Ürün neminin bulunduğu duruma bağlı olarak uzaklaştırılması için farklı ortam koşullarının sağlanması gerekir.

Genel olarak ürünün nem içeriği % yaş baz ve kuru baz olmak üzere iki şekilde ifade edilmektedir.

Nem içeriği kuru baz’da (M_{kb}) ve yaş baz’da aşağıdaki denklemlerle hesaplanabilmektedir [27];

$$M_{kb} = \frac{W_t - W_k}{N_k} \quad (1)$$

Burada W , numune ağırlığıdır (g). t ve k indisleri belirli anda k_i ve kuru ağırlığıdır.

$$M_{yb} = \frac{W_t - W_k}{W_t} \quad (2)$$

Kurutma deneyleri sırasındaki nem oranı (MR) aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır [28];

$$MR = \frac{M_{kb,t} - M_{kb,d}}{M_{kb,0} - M_{kb,d}} \quad (3)$$

Burada, M_{kb} , türünün herhangi bir t anında sahip olduğu nem içeriği, $M_{kb,0}$ ise başlangıçtaki nem içeriği ve $M_{kb,d}$ denge nemidir. Kuruma karakteristiğinin belirlenmesindeki bir diğer önemli parametre kuruma hızı (oranı) ‘dır.

Kurutma hızı, aşağıdaki denklem kullanılarak zamanla nem içeriği değişimi olarak tanımlanabilir [29];

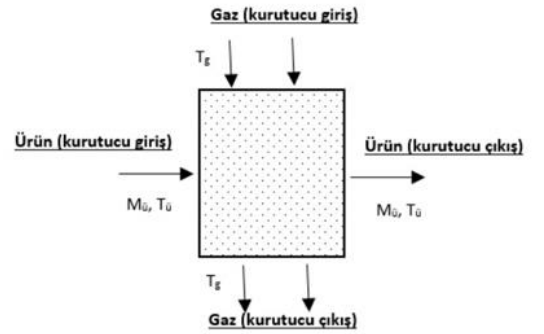
$$DR = \frac{M_{kb,t+\Delta t} - M_{kb,t}}{\Delta t} \quad (4)$$

Kurutma işleminde önce kurutulacak ürün yüzeyindeki su buharlaşır, sonra ürün içerisinde bulunan nem yüzeye taşınarak buharlaşma gerçekleşir. Buharlaşma hızı genel olarak ürünün fiziksel özelliklerine, boyutuna, içerdiği su miktarına, kurutma şartlarına göre değişmektedir [30].

2.3.2. Özgül enerji tüketimi (SEC)

Kurutmanın amacı bir üründe bulunan nemi kısmen veya tamamen uzaklaştırmak olan çok karmaşık bir işlemdir. Kurutma için gereken enerji, esas olarak kurutulacak ürünün yapısına ve kurutma sıcaklığına bağlıdır. Bu nedenle, ürünlerin kurutulması için gereken enerjiyi belirlemek ve ölçmek sürecin her adımındaki enerji analizi yapılmalıdır [31].

Şekil 3’de gösterilen kontrol hacmine toplam ısı ve kütle dengeleri uygulanmıştır.



Şekil 3. Kurutucunun bantlı bölmesinin şematik gösterimi

Kurutma odasının giriş koşullarını belirlemek için öncelikle kurutucunun girişindeki kurutma havasının giriş sıcaklığı dikkate alınmalıdır.

Bu çalışmada, bantlı kurutucu kullanılarak şeker pancarı küşesinin kurutma işleminin enerji analizi sonuçlarına genel bir bakış sunulmaktadır. Kurutma işleminde enerji analizi kütle ve enerji bazında yapılır [32]:

Kütle korunumu denklemi;

$$\sum \dot{m}_g = \sum \dot{m}_c \quad (5)$$

Enerjinin korunumu;

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_g \left(h_g + \frac{V_g^2}{2} \right) - \sum \dot{m}_c \left(h_c + \frac{V_c^2}{2} \right) \quad (6)$$

Burada, \dot{m} kütleli debi(kg/s) , h entalpi (kJ/kg), V hız (m/s)’dir.

Bantlı kurutucu kurutma işlemi sırasında mekanik iş ve momentum transferi yapılmadığından, kurutma işlemi sırasında (kurutma odasının içinde) nemi aktarmak için gereken enerji aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır [31].

$$\dot{Q}_{ısıtma} = \dot{m}_{hava}(h_2 - h_1) \quad (7)$$

Kurutma işlemi sırasında üründen 1 kg suyu buharlaştırmak için kullanılan enerji miktarı olan Özgül enerji tüketimi (SEC), denklem (8) kullanılarak hesaplanmıştır [33].

$$SEC = \frac{E}{m_s} \quad (8)$$

Bu denklemde SEC, Özgül enerji tüketimi, E tüketilen enerji (kJ/kg) ve m_s buharlaşan suyun kütlesidir (kg).

Yaş üründen buharlaşan suyun kütlesi [34];

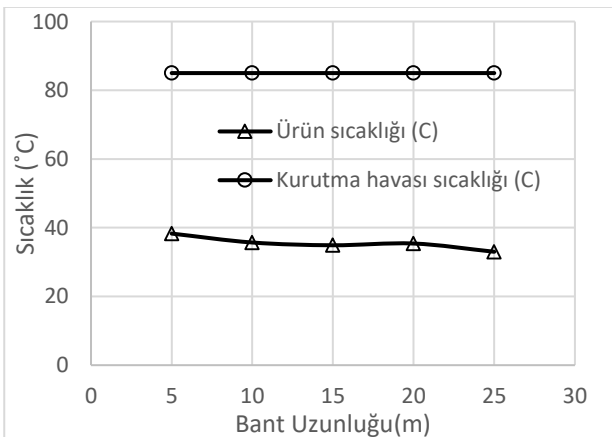
$$m_{su} = \frac{m_i(M_i - M_s)}{(100 - M_s)} \quad (9)$$

Burada, m_i ürünün ilk kütlesi (kg), M_i , yaş bazdaki ilk nem içeriği (%) ve M_s , yaş bazdaki son nem içeriğidir (%).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Kurutucu çıkışındaki şeker pancarı küspesinin atıktan türetilmiş yakıtlar açısından kurutma işleminin dinamiklerini araştırmak için çeşitli deneyler yapılmıştır. Bu deneylerde şeker pancarı küspesinin nemi ve sıcaklık izlendi. Bu deneylerden elde edilen veriler ile bantlı kurutucudaki sıcaklık dağılımını, ürün nem içeriğini zamana bağlı olarak kuruma oranını, kuruma hızı ve enerji analizi yapılmıştır.

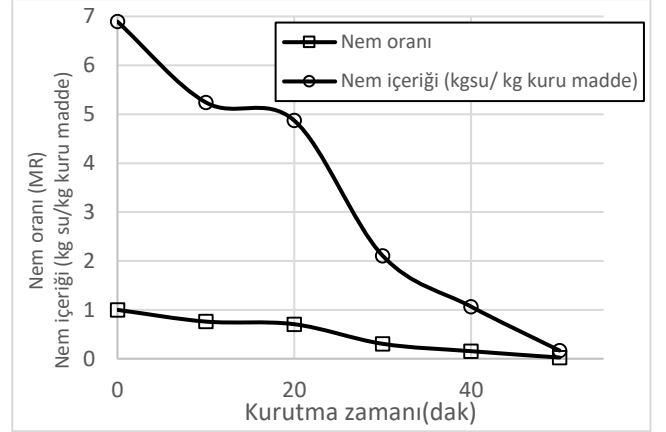
Bantlı kurutucularda ürün tek düze olduğundan sıcak hava ile karışmakta ve bant içerisindeki sıcaklık dağılımı homojen kalmaktadır. Şekil 4 'te kurutucunun bant boyunca sıcaklık dağılımı gösterilmiştir. Şeker pancarı küspesinin ilk nem değerleri yaklaşık yaş baza göre %85' dir. Buharlaşan nem miktarı kurutmanın ilk dakikalarında yüksek kurutma hızı sebebiyle fazladır. Bu nedenle bant boyunca ürün sıcaklığında belirgin bir düşmeye sebep olmaktadır.



Şekil 4. Bantlı kurutucu boyunca sıcaklık değişim

Deneylerde, 25 m uzunluktaki bantlı kurutucunun kurutucu havasının sıcaklığı 85 °C sabit olduğu, ürün sıcaklığı 38,3 den 23,33 arasında olmuştur.

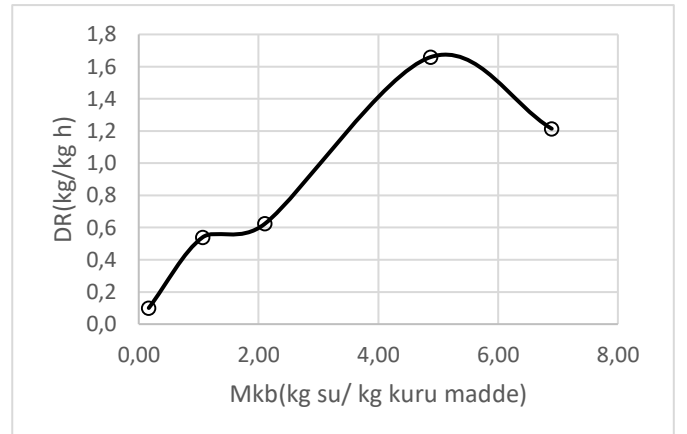
Şeker pancarı küspesinin nem içeriklerinin ve nem oranlarının kurutma süresine göre değişimi Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Şeker pancarı küspesinin nem oranının zamana bağlı değişimi

Grafik incelendiğinde, nem içeriği ve nem oranı değerlerinin kurutma sürecinin başlangıcından itibaren hızlı bir şekilde düştüğü görülmektedir. Kurutma sürecinin 40 dakikasından itibaren nem içeriği değerlerinin daha yavaş bir düşüş olduğu görülmektedir. Bu durumun nedeni şeker pancarı küspesi için kurutma işleminin bu aşamada neredeyse tamamlanmasıdır.

Kuruma hızının nem içeriği ile değişimi şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6 Kuruma hızının nem içeriği ile değişimi

Diğer grafiklerde göz önüne alındığında, şeker pancarı küspesinin içerisindeki nemi(suyun) azalması ile ürün içerisindeki difüzyonda azalmaktadır. Difüzyonun azalması ile de şeker pancarı küspesinden yüzeye nem transferi yavaşlamaktadır ve buda kuruma hızını etkilemiştir. Pronyk ve ark.,[35] çalışmasında şeker pancarı küspesini kızgın buharda ve sıcak hava ile kurutmuşlardır.

Kurutma ortamı sıcaklığı 130°C'den 183°C'ye yükseltildiğinde, kuruma süresi aşırı ısıtılmış buhar için %48, sıcak hava için ise yalnızca %34 oranında azaldığını ifade etmişlerdir. Aynı kurutma sıcaklığı ve hızı altında kurutulan şeker pancarı küspesinin hem aşırı ısıtılmış buhar hem de sıcak hava için aynı su aktivitesine sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Şeker pancarı küspesi için, aşırı ısıtılmış buharda, sıcak havayla kurutmaya göre kuruma süresindeki azalma ve kurutma hızındaki artış daha fazla olduğunu göstermişlerdir.

Bantlı kurutucunun enerji bazlı (veya birinci yasa) performans ölçüsü hesaplanmıştır. Enerji analizinin sonuçları Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Enerji analizleri sonuçları

Özellikler	Değer	Birim
İlk ağırlık (Toplam)	500	kg
İlk nem içeriği (yb)	85	%
Son nem içeriği (yb)	14	%
Atmosfer havası sıcaklığı	14	°C
Kurutucu havası sıcaklığı	85	°C
Kurutuma zamanı	60	dk
Özgül enerji tüketimi (SEC)	2.06	kW h/kg

Tablo 1' e incelendiğinde ilk ağırlığı 500 kg olan şeker pancarı küspesinin ilk nem içeriği % 85 (yb) son nem içeriği %14 (yb) 'e kadar kurutma yapılmıştır. Kurutma deneyleri 60 dk sürmüştür. Denklem (7),(8) ve (9) kullanılarak Özgül enerji tüketimi hesaplanmış olup Özgül enerji tüketimi 2,06 kW h/ kg olarak bulunmuştur.

4. SONUÇ

Bu çalışmanın hedefi şeker pancarından geriye kalan atık malzemelerin yakıt olarak değerlendirilmesi için ürün içerisinde bulunan nemin uzaklaştırılmasıdır. Çalışma kapsamında kurutma karakteristikleri incelenmiştir ve bantlı kurutucuda kurutmanın olumlu sonuçlar gözlemlenmiştir. Bantlı kurutucunun enerji analizleri incelendiğinde enerji sarfiyatında da kabul edilebilir değerler hesaplanmıştır. Şeker pancarı küspesinin kurutma deneyleri sonuçları ile

1. Bantlı kurutucuda %85 (yb) nemdeki ürünün kuruma oranı, kuruma hızı grafikleri çıkartılmış olup deneysel sonuçlar ile teorik verilerin uyumlu olduğu görülmüştür.
2. Üründe bulunan nemin uzaklaştırılması için kullanılan enerjinin verilerinin umut verici olduğu söylenebilir.
3. Artık malzemenin ekonomik ve sürdürülebilir kullanımı, dünya çapındaki rekabetçi pazarda çok önemlidir. Şeker pancarı atıklardan enerji üretim tesislerinin üretiminde uzmanlaşılması ve biyokütleyle yönelik yerli makina, ekipman ve malzeme üretiminde ar-ge çalışmaları artırılmalıdır.

5. Teşekkür

Deneysel çalışmalarına destek veren Çelik Kardeşler Ltd. Şti. (Ada Kurutma) yetkililerine ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Kaynakça

- [1] European Commission (EC), Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC, 2009.
- [2] Botha, T., & von Blottnitz, H. (2006). A comparison of the environmental benefits of bagasse-derived electricity and fuel ethanol on a life-cycle basis. *Energy Policy*, 34(17), 2654–2661. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.12.017>
- [3] Kondili, E.M.& Kaldellis, J.K. (2007). Biofuel implementation in East Europe: current status and future prospects. *Renew.and Sustain. Energy Rev.*11(9), 2137–2151. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2006.05.001>
- [4] Tsoutsos, T., Kouloumpis, V., Zafeiris, T. & Zolkou, P. (2008). Life cycle assessment for biodiesel in Greek climate conditions. In: *Proceedings of the sixteenth European Biomass Conference & Exhibition—From Research to Industry and Markets*, Valencia, Spain, 2nd–6th June 2008.
- [5] Spyros, F., Victor, K., & Theocharis, T. (2011). Life cycle analysis for bioethanol production from sugar beet crops in Greece. *Energy Policy*,39(9), 4834–4841. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.06.036>
- [6] Singh, D.P.& Dwevedi, A. (2018). *Production of clean energy by green ways*, A. Dwevedi., Ed. Solutions to Environmental Problems Involving Nanotechnology and Enzyme Technology, 49-90.
- [7] Güneş, Z., Kırtıla, H.B., Küçükataa, Y. Ş.& Toprak, B. (2020). Şeker pancarı ve yan ürünlerinden biyoyakıt (etanol) üretimi ve biyoetanolün endüstriyel kullanımının değerlendirilmesi, *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 16-24.
- [8] Demirbaş, A. (2008). Biofuels sources, biofuel policy, biofuel economy and global biofuel projections” *Energy Conversion and Management*, 49, 2106–2116. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2008.02.020>
- [9] Şantek, B., Gwehenberger, G., Şantek, M.I., Narodslawsky, M., & Horvat, P. (2010). Evaluation of energy demand and the sustainability of different bioethanol production processes from sugar beet”, *Conservation and Recycling*, 54(11), 872–877. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.01.006>
- [10] Haankuku, C., Epplin, F., & Kakani, V.G. (2015). Industrial sugar beets to biofuel: Field to fuel production system and cost estimates”, *Biomass and Bioenergy*, 80, 267-277. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.05.027>
- [11] Usmani, Z., Sharma, M., Diwan, D., Tripathi, M., Whale, E., Jayakody, L. N., Moreau, B., Thakur, V.K., Tuohy, M., Gupta, V. K. (2022). Valorization of sugar beet pulp to value-added products: A review. *Bioresource Technology*, 346, 126580. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126580>
- [12] Zhou, G., Zhang, G., & Qi, D. (2011). A New Method of Producing Bio-Energy by Using Sugar Beets. *Energy Procedia*, 12, 873-877. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.10.115>
- [13] Bušić, A., Marđetko, N., Kundas, S., Morzak, G., Belskaya, H., Şantek, M.I., & Şantek, B. (2018). Bioethanol Production from Renewable Raw Materials and its Separation and Purification: A Review. *Food Technology and Biotechnology*, 56(3), pp. 289–311. <https://doi.org/10.17113/ftb.56.03.18.5546>

- [14] (2021) The SGB website. [Online]. Available: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%20C3%9C%C3%BCnler>
- [15] Lal, R. (2010). Managing soils for a warming earth in a food-insecure and energy-starved world. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 173, 4–5. <https://doi.org/10.1002/jpln.200900290>
- [16] Karp, A., & Richter, G. M. (2011). Meeting the challenge of food and energy security”, *Journal of Experimental Botany*, 62 (10), 3263–3271. <https://doi.org/10.1093/jxb/err099>
- [17] TÜİK (2020) Türkiye İstatistik Kurumu. [Online]. Available: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=cevre-ve-enerji-103&dil=1>
- [18] İllez, B. (2020). Türkiye’de Biyokütle Enerjisi”, Türkiye’nin Enerji Görünümü, Makine Mühendisliği Oda Raporu, 317-346.
- [19] Joanna, B., Michal, B., Piotr, D., Agnieszka, W., Dorota, K., & Izabela, W. (2018). Sugar beet pulp as a source of valuable biotechnological products. *Advances in biotechnology for food industry, Handbook of Food Bioengineering*, 359–392. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811443-8.00013-X>
- [20] Bhandari, B., (2015). *Handbook of Industrial Drying*, Edited by AS Mujumdar: CRC Press: Boca Raton, FL; 2015.
- [21] Silva, R.H.P., Rezende, A.S.C., Inacio, D.F. S. (2016). Pectin-rich by-products in feeding horses-A review. *Cogent Food & Agriculture*, 2, 1-8. <https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1193925>
- [22] Legrand, G. (2005). The correct use of pressed beet pulp. Royal Belgian Institute for Sugar Beet Improvement IRBAB Technical Guide,1-46.
- [23] Karlsson, C.P., Jansson, A., Essen-Gustavsson, B., & Lindberg, J.E. (2002). Effect of molassed sugar beet pulp on nutrient utilisation and metabolic parameters during exercise”, *Equine Vet J*,6(34), 4-49. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2002.tb05390.x>
- [24] Tomaszewska, J., Bielinski, D., Binczarski, M., Berlowska, J., Dziugan, P., Piotrowski, J. Staniszesusky, A., & Witonska, I.A. (2018). Products of sugar beet processing as raw materials for chemicals and biodegradable polymers. *RSC Advances*, 6, 3161–3177. <https://doi.org/10.1039/C7RA12782K>
- [25] Liu, B., Zhang, J., Liu, L., & Hotchkiss, A.T. (2011). Preparation and properties of water and glycerol-plasticized sugar beet pulp plastics. *Journal of Environmental Polymer Degradation*, 19 (3), 559-567. <https://doi.org/10.1007/s10924-011-0322-4>
- [26] Rana, A. K., Gupta, V. K., Newbold, J., Roberts, D., Rees, R. M., Krishnamurthy, S., & Thakur, V. K. (2022). Sugar beet pulp: Resurgence and trailblazing journey towards a circular bioeconomy. *Fuel*, 312, 22953. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.122953>
- [27] Çelik, E., Parlak, N., & Çay, Y. (2021). Experimental and numerical study on drying behavior of CORN grain. *Heat and Mass Transfer*, vol. 57, pp. 321–332. <https://doi.org/10.1007/s00231-020-02954-2>
- [28] Parlak, N. (2015). Fluidized bed drying characteristics and modeling of ginger (*zingiber officinale*) slices”, *Heat Mass Transfer*, 51, 1085–1095. <https://doi.org/10.1007/s00231-014-1480-4>
- [29] Reichert, I., Olney, P. Lahmer, T. (2019). Influence of the error description on model-based design of experiments. *Engineering structures*, vol. 193/15, pp. 100-109. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.05.002>
- [30] Parlak, N. (2014). Akişkan yataklı kurutucuda zencefilin kuruma kinetiğinin incelenmesi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 29(2), 261-269. <https://doi.org/10.17341/gummfd.34777>
- [31] Boulemtafes-Boukadoum, A., & Benzaoui, A. (2011). Energy and exergy analysis of solar drying process of Mint. *Energy Procedia*, 6, 583–591. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.05.067>
- [32] Hepbasli, A. (2008). A key review on exergetic analysis and assessment of renewable energy resources for a sustainable future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,12/(3), 593-661. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2006.10.001>
- [33] Taghinezhad, E., Kaveh, M., Jahanbakhshi, A., Golpour, I. (2020). Use of artificial intelligence for the estimation of effective moisture diffusivity, specific energy consumption, color and shrinkage in quince drying. *J Food Process Eng.*, vol. 43/e13358. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13358>
- [34] Yahya, M., Fudholi, A., & Sopian, K. (2017). Energy and exergy analyses of solar-assisted fluidized bed drying integrated with biomass furnace. *Renewable Energy*,105,22-29. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.12.049>
- [35] Pronyk, C., Cenkowski, S., & Muir, W. E.(2004). Drying Foodstuffs with Superheated Steam. *Drying Technology*, 22(5), 899–916. <https://doi.org/10.1081/DRT-120038571>