

ÇAPRAZ AKIMLI SULU YIKAYICIDA KURUTMA HAVASI NEMİNİN ALINMASI

Sezayi YILMAZ İlhan CEYLAN
Z.K.Ü Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Karabük, Türkiye

ÖZET

Günümüzde endüstriyel ürünlerin kurutulmasında büyük oranda birincil enerji kaynakları kullanılmaktadır. Hangi enerji kaynağı kullanılırsa kullanılsın kurutma işlemlerinde karşılaşılan en büyük problem kurutma havasının çevrimde tekrar kullanılamamasıdır. Bu çalışmada kurutma fırınında nem yoğunlaştırması yapabilecek bir nem kontrol ünitesi tasarlanarak kurutma havasının çevrimde tekrar kullanılabilirliği deneysel olarak araştırılmıştır. Sistemin nem kontrol ünitesinde ortalama %72 bağıl nemde, 37 °C kuru termometre sıcaklığında 1 kg nemli havadan, 8 gram nem çekilebilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Kurutma, Nem alma, Kurutma Fırını

ABSTRACT

Today primary energy sources are mainly used in drying industrial products. Whatever energy sources is used, the greatest problem faced in drying is that drying air cannot be re-cycled. In this study the re-cycling of the drying air has been experimented a moisture unit which can provide dehumidify in a drying kiln. 8 gram of dehumidify can be obtained with average %72 relative humidity 37 °C of dry heat in 1 kg humidify weather in the dehumidify unit of the system.

Keywords: Drying, Dehumidify, Kiln

1. GİRİŞ

Kurutma genel olarak bir cismin içindeki suyu gidermek ya da azaltmak için yapılan işlem olarak tanımlanır. Kurutma işlemi ise, kurutulacak ürünlerin taşıdığı nemin kurutma periyotlarına uygun olarak, belli bir süreçte istenilen değerlere indirilmesidir. Kurutma işlemi psikrometrik bir olaydır. Bu işlemde havanın termik ve psikrometrik özelliklerinin bilinmesi oldukça önemlidir. Kurutma işleminde kurutma havasının sıcaklığı, nemi ve hızı, kurutulacak ürünün kalitesini, kurutma süresini ve kurutma maliyetini etkileyen en önemli parametrelerdir. Kurutma havası sıcaklığının yüksek tutulması kurutma süresini kısaltırken, malzemelerde kurutma kusurlarına yol açabilmektedir. Bu nedenle kurutma havasının bağıl nem değeri, ürün cinsine ve kurutma süresine bağlı olarak kontrol edilmelidir. Nem değerlerinin zamana bağlı olarak hızlı düşürülmesi sıcaklıkta olduğu gibi kurutma kusurları oluşturabilmektedir. Kurutma hava hızı ise sıcaklığa, neme, kurutma süresine ve ürün istif şekillerine bağlı olarak değişebilmektedir [1]. Doğal kurutmada hem zaman hem de güneş ışınlarının direkt etkisi sebebiyle bazı sakıncalar oluşmaktadır. Teknik kurutmada da ek bir enerji kaynağına ihtiyaç duyulduğundan kurutma maliyetleri artmaktadır [2].

Endüstride doğal ve teknik kurutma yöntemlerinin her ikisinden de yararlanılmaktadır. Doğal kurutmada kuruma süresinin uzaması ve istenilen ürün kalitesinin elde edilememesi teknik kurutmaya zorunlu hale getirmiştir.

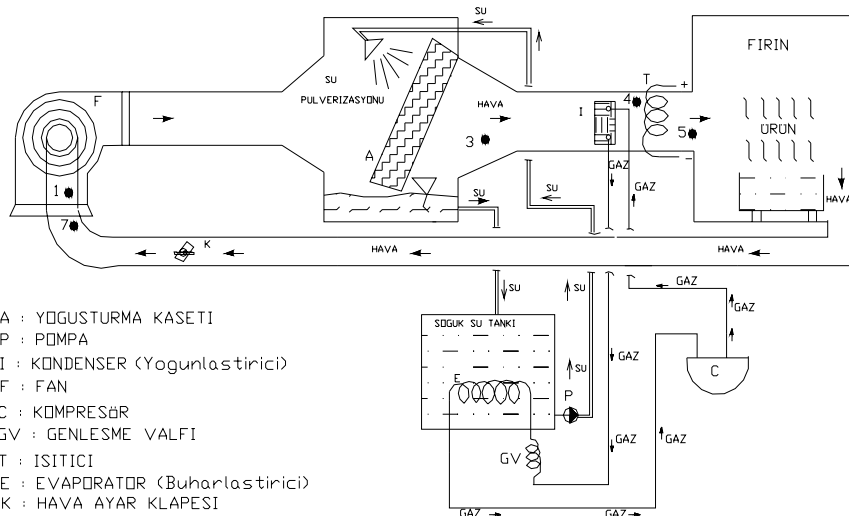
Kurutma yöntemlerinin tamamı ısı ve kütle transferi esasına dayanmaktadır. Kurutulacak ürünün içindeki suyun buharlaştırılması için gerekli ısının malzemeye iletilmesi (ısı transferi), buhar haline gelen suyun hava akımı ile kurutma ortamından uzaklaştırılması (kütle transferi) ile açıklanabilir [3].

Endüstriyel kurutmanın temel amacı, kurutma işlemi için gerekli ısı enerjisinin en ekonomik şekilde temin edilmesidir. Günümüzde yaygın olarak teknik kurutma yöntemlerinden biri olan klasik kurutma yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde enerji kaynağı olarak elektrik ve fosil kökenli yakıtlar kullanılmaktadır. Klasik kurutma yöntemlerinin en büyük avantajı kontrollü olması ve kısa kurutma süreleri elde edilebilmesidir. Ancak enerji girdisinin maliyeti ve kurutma havasının tekrar çevrime sokulamaması klasik kurutmanın dezavantajlarıdır. Klasik kurutma fırınlarında, fırın havasından dışarıya egzost havası ile birlikte atılan nem, kurutma sırasında üründen alınan nemin % 20' sinden daha az olmaktadır [4].

Dolayısıyla, kurutma esnasında % 20 ürün nemi atılmasına karşın, enerji yüklü kurutma havasının dışarı atılması bu sistemlerde önemli derecede enerji sarfiyatına yol açmaktadır. Bu çalışmada, teknik kurutma yöntemlerinde egzost havası ile dışarı atılan kurutma havası neminin tasarlanan yöntemle alınarak, çevrimde tekrar kullanılabilirliği üzerine deneysel bir araştırma yapılmıştır. Tasarlanan ve deneysel olarak incelenen sistem, endüstride teknik kurutma yöntemlerine uygulanarak, bu alanda enerji tasarrufuna yönelik bir gelişme sağlanması hedeflenmektedir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, tasarlanan ve deneysel olarak incelenen sistem Şekil 1'de görülmektedir. Sistem; ısı pompası, fan, su pülverize pompası, fırın, ısıtıcı ve yoğunlaştırma kasetinden oluşmaktadır. Sistemde kullanılan ısı pompasının gücü 1/3 HP'dir. Hava fanı 750 m³/h debili ve 100 mmss basınca sahiptir. Soğuk su tankı 80 litredir. Su pülverize pompası 1 m³/h debi ve 40 mss basınca sahiptir. Fırın 1 m³ hacminde olup, paslanmaz çelik sactan prizmatik olarak imal edilerek, üzeri 3 cm kalınlığında taş yünü ile yalıtılmıştır.



Şekil 1. Çapraz akımlı sulu yıkayıcı nem alma sistemi

Fırın içerisine, hava sıcaklığını termostatik olarak kontrol edebilen, 2000 Watt gücünde elektrikli ısıtıcı yerleştirilmiştir. Sistemde bulunan soğuk su tankında, ısı pompasının su soğutmalı evaporatörü (E) bulunmaktadır. Evaporatör ile soğutulan su, bir pülverize pompası (P) ile emilerek nem alma ünitesindeki fiskiyeler yardımı ile nem alma kaseti (A) üzerine pülverize edilir.

Buradaki işlemde; fırından gelen nemli havanın akım yönü, nem alma kasetine dik, pülverize edilen suya çapraz doğrultuda olması düşünülmüştür. Kaset yüzeyinde nemini ve bir miktar da ısınıyı bırakan hava, fırın içerisine yerleştirilen ısıtıcıdan (T) geçirilerek uygun kurutma sıcaklığına kadar ısıtılmıştır. Isıtıcı, kuyruklu termostat kontrollü olup, kurutma havası sıcaklığı istenilen değere gelinceye kadar devrede kalmıştır. Nem alma kaseti, paslanmaz çelik talaşlarının 40cm x 40cm x 5cm ebatlarında gözenekli çelik kafes içerisine preslenmek suretiyle imal edilmiştir. Kaset ön ve arka yüzeylerine organik malzeme (buğday sapı) konularak,

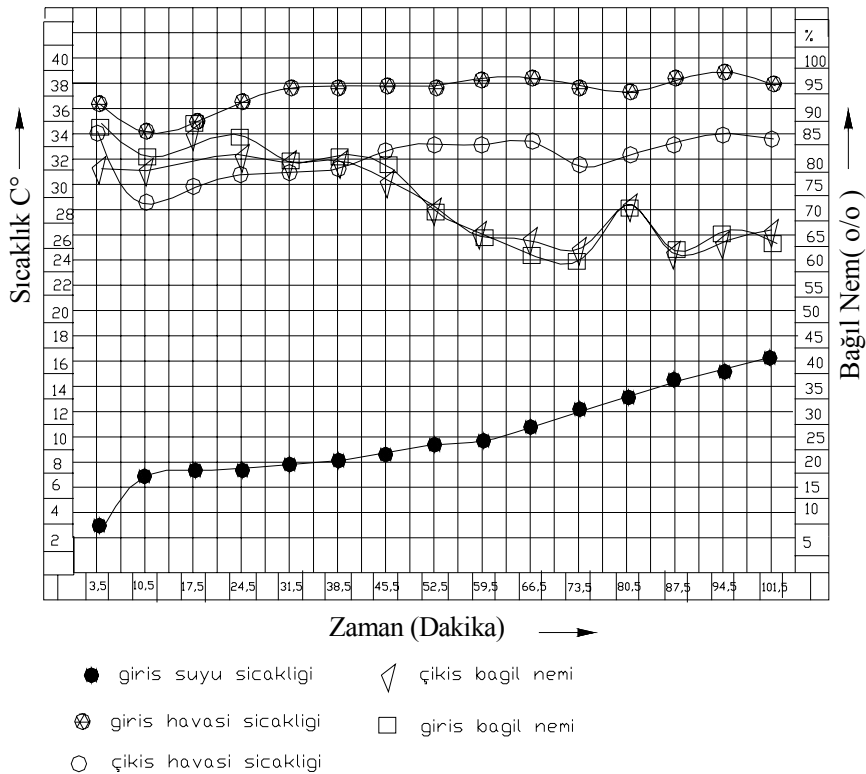
kaset üzerinde kılcallık etkisi ile yoğunlaşmanın hızlandırılması düşünülmüştür. Bu uygulamadan amaç, havanın soğuk kaset yüzeyi ile teması artırılarak sıcaklığından çok neminin düşürülmesidir. Havayı duyulur soğutmaya maruz bırakmaksızın neminin düşürülmesi ile önemli miktarda enerji tasarrufu yapılabileceği düşünülmüştür. Bu durumda havayı tekrar ısıtmak için daha az enerji gerekir.

Nem alma ünitesinde nemi çekilen hava, ısı pompasının hava soğutmalı kondenserinden (I) geçerek bir miktar ısınır. Isı pompası sistemi, su soğutmalı evaporatörde, sudan çektiği ısıyı kondenserde havaya vererek dengelenmiş olur. Kondenserde bir miktar ısınan hava, elektrikli ısıtıcıdan geçerek kurutma havası şartlarında fırına girer. Kullanılan fan (F) basıncının ayarlanabilmesi için emiş tarafına el kontrollü klape (K) konulmuştur. Sistemden ölçümler fan çıkışı, kondenser giriş ve soğuk su deposundan alınmıştır. Bu noktalardan sıcaklık ve bağıl nem değerleri ölçülmüştür. Nem alma ünitesinde hava hızı 2 m/s olacak şekilde ayarlanmıştır. Ölçümlerde sayısal göstergeli, C-9008 fark termometresi (sıcaklık ölçüm aralığı: $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $+1372\text{ }^{\circ}\text{C}$) ile KM 8004 (sıcaklık ölçüm aralığı : $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $77\text{ }^{\circ}\text{C}$, nem ölçüm aralığı: $\%0$ - $\%97$) olan nem ölçme cihazı kullanılmıştır.

3. DENEYLERİN YAPILIŞI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Kondenzasyonlu kurutma sistemlerinde nemli havadan çok az duyulur soğutma yapılarak sabit sıcaklıkta nem almak mümkündür. Tasarlanan sistemin nem alma ünitesi, çapraz akımlı sulu hava yıkayıcı olmakla birlikte, aynı zamanda bir kondenzasyonlu kurutma sisteminin evaporatörü gibi de çalışmıştır. Fırın içerisinde kurutma havasının nem değeri, bez fitiller üzerine havanın yağ termometre sıcaklığında su ilavesi ile kontrollü olarak artırılmıştır.

Nem alma sistemi belirli aralıklarla devreye alınarak, kurutma havasının nem, sıcaklık ve yoğunlaşan su miktarları izlenmiştir. Sistemde periyodik deneyler yapılarak her deney süresinde 15 ölçüm alınmıştır. Deney süreleri yaklaşık 105 dakikadır. Deney süresinin 105 dakika seçilmesi sistem kapasitesi ile ilgilidir. Bu süreden sonra pülverize su sıcaklığı arttığından nem çekilmesi düşmektedir. Sistemden alınan örnek bir deney sonucu Şekil 2'de grafiksel olarak verilmiştir. Deney süresince, kurutma havasının fırın giriş sıcaklığı en düşük $34.8\text{ }^{\circ}\text{C}$, en yüksek ise $39\text{ }^{\circ}\text{C}$ ölçülmüş olup, bu sıcaklık değişimi $4.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'lik bir fark eğrisiyle seyretmiştir.



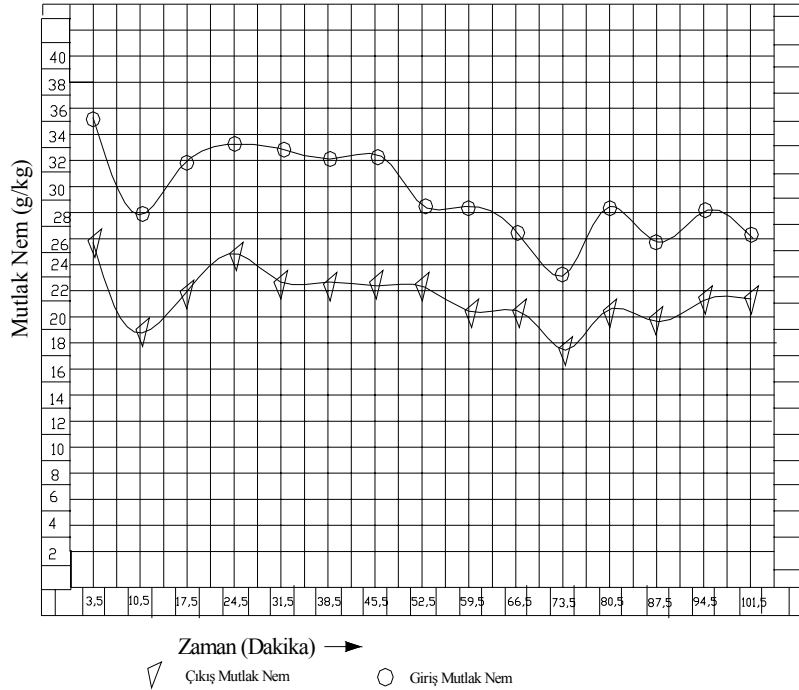
Şekil 2. Deney sonuçları

Yapılan deneyde havanın bağıl nemi % 70'lerde nem alma ünitesine girerken, çıkış bağıl nemi % 65 mertebelerinde seyretmiştir. Ancak giriş ve çıkıştaki havaların mutlak nem farkları ortalama 8 g/kg olarak gerçekleşmiştir.

Ünite çıkışında kurutma havası sıcaklığı, ısı pompasının kondenserinden alınan ısı ve ek ilave ısıtıcı (elektrikli) ile sabit tutulmaya çalışılmış; bu sıcaklık deney süresince 35 °C - 39 °C arasında değişim göstermiştir.

Hava içerisindeki nem yoğunlaştırmak yerine 40 °C - 100 °C işletme sıcaklığı bulunan klasik kurutma fırınlarında olduğu gibi dışarı atılsaydı, hava içerisine verilen 23 g/kg mutlak nemden 5 g/kg'ı dışarı atılabilecekti.

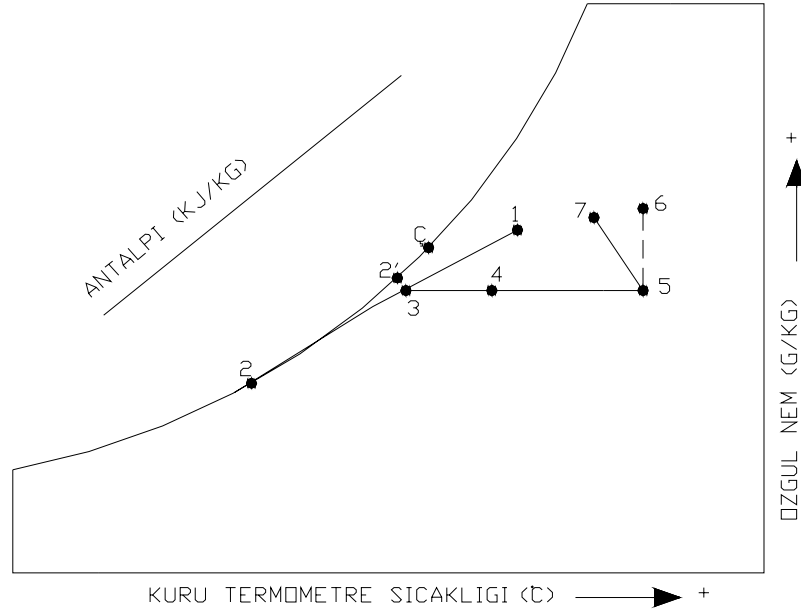
Bu sistemde, 712 m³/h debide, 2 m/s hızında ve 29 g/kg mutlak nemde ki havadan, ortalama 10 °C pülverize su sıcaklığı ile 8 g/kg nem çekilmesi elde edilmiştir. Ayrıca kondenzasyonlu bu sistemin işletme sıcaklığı 25 °C - 39 °C arasında değişmiştir. Dolayısıyla teknik kurutma fırınlarına göre daha az enerji kullanarak kurutma süresi kısaltılabilecek, bunun yanında kondenzasyonlu diğer fırınların belirli bir nem alma periyodunun olmaması kusuru da ortadan kaldırılacaktır. Deney süresince mutlak nem değişimi Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 3. Deney süresince mutlak nem değişimi

Şekil 3'de deney başlangıcında nem alma ünitesi giriş ve çıkış havalarının mutlak nem farkı yüksek iken (yaklaşık 11 g/kg), deney sonlarına doğru pülverize edilen su sıcaklığının yükselmesi nedeniyle bu fark giderek azalmıştır (yaklaşık 5 g/kg). Nem alma ünitesinde gerçekleştirilen deneyin psikrometrik analizi Şekil 4'de verilmiştir.

Burada ; 1-3 aralığı: üniteye nem alınmasını,
2-3 aralığı: suyun entalpi artışı,
3-4 aralığı: ısı pompasında havaya ısı verilmesini,
4-5 aralığı: ek ilave ısıtıcıda (elektrikli) havaya ısı verilmesini ,
5-6 aralığı: fırında üründen havaya teorik şartlarda nem ilavesini,
5-7 aralığı fırında gerçek şartlarda oluşan nem ilavesini göstermektedir.



Şekil 4. Yapılan deneyin psikrometrik analizi

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kurutma fırınlarında, kurutma havasının egzost havası olarak atılmasını önlemeye yönelik geliştirilen, soğuk su pülverizasyonlu, ters yıkamalı nem alma ünitesinde kg hava başına ortalama 8 gram nem çekilmiştir. Sistemde hava debisinin yüksek tutulması nedeniyle kurutma havasının bağıl nemi % 70'lerin üzerine çıkarılmamıştır. Başlangıçta (hava debisi / su pülverize oranı) 0,8 olarak düşünülerek konulan ısı pompası, sürekli rejim halinde su sıcaklığını istenen seviyelerde tutamamıştır. Isı pompası kapasitesi büyütülerek ve kurutma havasının fırın içerisindeki bağıl nem değeri yükseltilerek sistemin nem çekme verimi artırılabilir. Ayrıca nem alma ünitesi içerisine yerleştirilen paslanmaz çelikten imal edilen kaset içerisinde soğuk su sirkülasyonu ile ön soğutmalı, sulu yıkamalı nem çekilmesi gerçekleştirilerek de sistem verimi artırılabilir. Sisteme tam otomatik kontrol (mekatronik) uygulanarak, istenilen kurutma periyotları ve kapasiteleri seçilerek, organik içerikli ürünlerin (tarımsal, orman, sanayi vb.) kurutulması gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- 1- Örs. Y., **Kurutma ve Buharlaşma Tekniği**, Karadeniz Teknik Üniversitesi basımevi, S.126- 174, 1986.
- 2- Doğan,H. **Isı Borulu Güneş Kolektörü Yardımı ile Gölgede Meyve ve Sebze Kurutulmasında Deneysel Tespitler**, Politeknik Dergisi,Cilt 2, Sayı:1, Ankara, 1999.
- 3- Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi, ” **Sanayide enerji yönetimi esasları**” cilt 4 S.12-18, Ankara, 1997.
- 4- Energ group ltd, (2000), **Guidelines for operating dehumidifier timber kilns**, University of Otago and Hortresearch New Zealand.