**ÜRÜN KURUTUCU MAKİNA VE TESİSLERİ DENEY İLKELERİ**

**1. KAPSAM**

Bu deney ilkeleri, tarımsal ürünlerin kurutulması amacıyla kullanılan kurutucuları kapsar.

**2. ÖN KONTROLVE MUAYENE**

Deneylere başlamadan önce makina gözle ön kontrolden geçirilmelidir. Bu kontrollerde aşağıda sıralanan hususlar dikkate alınmalıdır.

* Yüzeyler düzgün olmalı, çatlak, çapak ve çizik vb. kusurlar bulunmamalıdır. Makina üzerinde firmayı ve ürünü tanıtıcı madeni bir bilgi etiketi bulunmalıdır.
* Uygulama deneyi sonunda yapılan incelemelerde makinanın parçalarında kırılma, çatlama, kopma, eğilme, eksenlerinden kaçma vb. arızalar görülmemelidir.
* Elektrik motoru ile çalışan makinalarda elektrik motoru paslanmaya karşı korunmuş bir muhafaza içinde yer alan ve tahrik işlemi 220–380 V 50 Hz elektrik akımı ile çalışan, en az 2 kW gücünde olmalıdır.
* Şasi, üzerine gelen bütün yükleri emniyetle taşıyabilecek yapıya sahip olmalıdır.
* Makina üzerinde en az iki ayrı yerde "Acil Stop" butonu bulunmalıdır.
* Tarımsal ürünlerin kurutulmasında kurutma sıcaklığı ve kurutma sonrasında ürünlerin nem içerikleri Çizelge 1’de verilen değerler ile uyumlu olmalıdır. Deneylerde bu sıcaklık ve nem değerlerinin kullanılmasına dikkat edilmelidir. Çizelge 1'de yer almayan ürünler için kurutma sıcaklıkları ve kurutma sonunda muhafaza ve depolama için ulaşılması gerekli ürün nem içerikleri için ilgili TS Standartları ve bilimsel kaynak verileri esas alınmalıdır.
* Ürün ile temas eden metal esaslı madde ve malzemelerin kalaylanmasında kullanılan kalayda arsenik bulunmamalıdır.
* Ürün ile temas eden plastiklerde kullanılan boyar maddeler gıdaya geçmeyecek ve toksik madde içermeyecek şekilde olmalıdır.

Çizelge 1. Tarımsal ürünlerin kurutma sıcaklıkları ve son nem içerikleri.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Ürün adı** | **Kurutma Sonunda Nem Değeri (%)** | **İzin Verilen En Yüksek Kurutma Sıcaklığı (0C)** |
| Çeltik (Ham) | 11 | 50 |
| Çeltik (Kısmi Kaynatılmış) | 13 | 50 |
| Mısır | 15 | 60 |
| Buğday | 16 | 45 |
| Tahıl | 14 | 50 |
| Pirinç | 11 | 50 |
| Bakliyat | 9-10 | 40-60 |
| Yağlı Tohumlar | 7-9 | 40-60 |
| Yeşil Bezelye | 5 | 65 |
| Karnabahar | 6 | 65 |
| Havuç | 5 | 75 |
| Yeşil Fasulye | 5 | 75 |
| Soğan/Sarımsak | 4 | 55 |
| Yeşil Sebzeler | 7 | 55-65 |
| Beyaz Sebzeler | 5 | 55-65 |
| Kırmızı Sebzeler | 5 | 55-65 |
| Lahana | 4 | 55 |
| Tatlı Patates | 7 | 75 |
| Patates | 13 | 75 |
| Biber | 5 | 65 |
| Elma | 24 | 70 |
| Kayısı | 18 | 65 |
| Üzüm | 15-20 | 70 |
| Muz | 15 | 70 |
| Bamya | 10 | 60 |
| Mantar | 12 | 55-65 |
| Ananas | 10 | 65 |
| Domates | 10 | 60 |
| Fındık (İç) | 4-5 | 40 |
| Kabuklu Fındık (İç) | 7 | 40 |
| Kabuklu Fındık (Kabuklu) | 12 | 40 |
| Ceviz (Kabuklu) | 8-10 | 38 |
| Ceviz (İç) | 4-5 | 38 |

**3. TANITIM, TEKNİK ÖZELLİKLER VE ÖLÇÜLER**

**3.1. Tanıtım**

Genel tanıtım bölümünde makinanın çalışma prensibi ve ana organları öz olarak anlatılmalıdır. Makinaya ait bir fotoğraf ya da şematik çizim üzerinde bu ana organlar gösterilmelidir. Ana boyutlar en az 2 tercihen 3 görünüş üzerinden ölçekli bir teknik resim üzerinde mm olarak ölçülendirilmelidir.

**3.2. Teknik Özellikler ve Ölçüler**

Bu bölümde makinanın genel uzunluk, genişlik, yükseklik, boş ağırlık, depo hacmi/kapasitesi vb. ölçülerinin yanında yapılan işle ilgili düzeneklere ilişkin temel ölçüler de verilmelidir. Ayrıca ana şasi, traktöre bağlantı, hareket tekerleri, ………………………………………………. vb. tüm organlar hakkında yeterli bilgiler gerektiğinde alt başlıklar ve tablolar ile verilmelidir.

**4. DENEY YÖNTEMİ**

**4.1. Deney Şartları**

Makina, kullanım kılavuzunda belirtilen esaslara göre denemelere hazırlanır. Deneyler öncesi gözle ilk kontroller yapıldıktan sonra makinanın ve diğer bileşenlerin (kurutucu çeşidine bağlı olarak kazan, bantlı götürücü, helezon götürücü vs.) teknik ölçüleri ve özellikleri (genel ölçüleri, kütlesi vb.) alınır. Denemeye alınacak ürünler için seçilecek kurutma sıcaklıkları Çizelge 1 ile uyumlu olmalıdır.

**4.2. Deneyler**

**4.2.1. Laboratuvar Deneyleri**

* Kurutucunun gözle ilk kontrolleri yapılır. Yapısal bir bozukluğu olup olmadığı tespit edilir.
* İmalatçının önerilerine göre gerekli ayarları yapılarak en az 1 saat süreyle boşta çalıştırılır. Kurutucunun düzenli çalışıp çalışmadığı gözlenir. Ayrıca, hareketli elemanlarda, aşırı ısınma, sürtünme ve zorlanmalar olup olmadığı kontrol edilir.
* Kurutucunun işe hazırlanma kolaylığı kontrol edilir.
* Kurutucunun çalışma ve taşınması sırasında gerekli emniyet (TS EN ISO 4254-1, TS EN ISO 12100) ve trafik donanımlarına sahip olup olmadıkları kontrol edilir.
* Tamir, bakım ve ayar işlemlerinin kolaylıkla yapılıp yapılamadığı kontrol edilir.
* Elektrik kabloları ve yakıt iletim boruları potansiyel aşındırıcı metal yüzeylere temas etmeyecek şekilde yerleştirilmiş olmalı, mümkün değilse korunmuş ve yalıtılmış olmalıdır.
* Yakıt iletiminde sızıntı olup olmadığı kontrol edilir.

**4.2.2. Uygulama Deneyleri**

Deneye başlamadan önce imalatçı firma önerilerine göre kurutucunun ayarları yapılır. İlgili bağlantılar kontrol edilir. Kurutulacak ürün tipi seçilir ve her bir ürün için kurutma öncesi nem tayini yapılır. Üretici firmanın önerdiği maksimum kapasitede yükleme yapılarak kurutma deneyleri yürütülür. Kurutucu ile ilgili uygulama denemelerinde makinanın yükleme zamanı, boşaltma zamanı, kurutma performansı, gürültü seviyesi, makinanın 1 kurutma periyodu için toplam güç gereksinimi ve 1 kg ürün için gerekli olan özgül güç gereksinimi saptanır.

Gürültü deneyi TS ISO 5131 standardına göre yapılır. Makina ile çalışan işçilerin kulağına gelen gürültünün dB(A) seviyesi, makine boşta çalışırken ve makine üniteleri tam yükte çalışırken ölçülmelidir. Operatör kulağına gelen gürültünün seviyesi, 85 dB(A)’yı geçmemelidir.

Ürün doldurma ve boşaltma süreleri bir kronometre kullanılarak ölçülür. Ürün nemi kurutulan ürüne bağlı olarak belirli aralıklarla uygun nem ölçüm cihazları kullanılarak ölçülür ve istenilen değere düşene kadar geçen süre saptanır. Elde edilen verilere bağlı olarak kurutma performansını belirlemek amacıyla zamana bağlı kurutma grafikleri elde edilir. Makinanın performans değerleri 3 tekerrürlü kurutma denemeleri ile belirlenir. Makinanın kurutma kapasitesi (t/h veya kg/h), doldurma ve boşaltma kapasiteleri (t/h veya kg/h) hesaplanır. Söz konusu parametrelerin imalatçı firmanın önerdiği değerlere uygunluğu kontrol edilir.

Kurutucunun özgül enerji tüketimi (kWh/kg su) saptanır. Bu amaçla, sadece kurutma sırasında tüketilen enerji miktarı bir sayaç kullanılarak ölçülür ve bu değer kurutulan üründen buharlaştırılan su miktarına oranlanır.

Ürün hedeflenen son nem içeriğine ulaşıncaya kadar üründen buharlaştırılacak su miktarı aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

Burada;

∆M : Buharlaştırılan su miktarı (kg),

Mb : Ürün başlangıçtaki ağırlığı (kg),

Ub : Ürünün başlangıçtaki nem içeriği (%),

Uk : Kurutma sonunda ürünün nem içeriği (%)’dir.

Kurutucunun özgül enerji tüketimi değeri en fazla1 kWh/kg su olmalıdır.

Kurutulacak ürünün niteliğine göre ortaya çıkabilecek zarar şekilleri dikkate alınarak belirlenecek bir metotla ürün hasarları saptanır. Bunun için ürün kurutucuya yüklenmeden önce ve kurutulduktan sonra hasar tespiti yapılır. Giriş ve çıkışta belirlenen hasarlı ürün oranları arasındaki fark %1’i aşmamalıdır.

Deneylerde enerji kaynağı olarak firma tarafından makina için beyan edilecek elektrik, kömür, güneş enerjisi, akar yakıt veya gaz yakıtlar esas alınır. Deneylerde bunların dışında odun, kabuk, kavuz, saman vb. yanıcı maddeler ile deney yapılamaz.

### 4.2.2.1. İş başarısı

Makinanın iş başarısı birim zamanda kurutulan ürün (kg/h) olarak aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır.



Burada;

P : Tam doldurulmuş durumda bir seferde alınan ürünün ortalama ağırlığı (kg),

t : Kurutma için geçen zamandır (h).

**4.2.2.2. Özgül Enerji Tüketimi**

Ürün kurutucunun ürünü kurutma süresince elektrik enerji tüketimi kWh/kg olarak tespit edilir.



Burada;

*e* : Özgül enerji tüketimi (kWh/kg),

E : Enerji tüketimi (kWh),

G : Kurutulan ürün miktarı (kg).

Enerji kaynağı olarak farklı yakıtlar kullanılıyor ise aşağıdaki Çizelge 2’ye göre elektrik enerjisine dönüşüm yapılır.

Çizelge 2. Yakıtları elektrik enerjisi (kWh) eş değerlikleri

|  |  |
| --- | --- |
| Yakıt Cinsi | Elektrik Enerjisi Eş Değeri (kWh) |
| Doğal gaz (m3) | 8,91 |
| Odun (kg) | 1,76 |
| Kömür (kg) Soma | 4,2 |
| Motorin (lt) | 10,3 |

**4.2.2.3. Denge Deneyi**

Makina sert zemin üzerinde kullanma kitapçığına göre park edildikleri zaman herhangi bir yönde 8,5o eğim açısına kadar dengede kalacak şekilde denenir.

**4.3. Değerlendirme Kriterleri**

Yapılan gözlem ve deneyler sonucunda, kurutucunun yapısal ve fonksiyonel açıdan tarım tekniğine uygun olup olmadığı deney sonuçlarıyla birlikte açıklanır. Deneylere ait sonuçlar “çok iyi, iyi, yeterli, yetersiz” şeklinde değerlendirilmelidir. Makina belirtilen kriterlerden her birini kabul edilebilir sınırlar içerisinde sağlıyorsa makinenin kullanım amacına uygun olduğu sonucuna varılır.

**5. RAPORLAMA**

Raporlandırma için EK-A’ da verilen deney rapor formu kullanılmalıdır. Form üzerindeki madde başlıklarının neleri kapsaması gerektiği aynı madde başlığı altında tarif edilmiştir. Formun “1.TANITIM” bölümünde genel bir tanıtım yapıldıktan sonra “2. TEKNİK ÖZELLİKLER” bölümünde genel ölçüleri verilmeli ve sistem üzerindeki tertibat, düzen ve aksamlar maddeler halinde açıklanmalıdır.

“Tanıtım ve Teknik Özellikler” maddesi rapor formunda belirtilenlere ilaveten en az bu metottaki konu başlıklarını içermelidir. Konu başlıkları tatmin edici düzeyde, gerekiyorsa resim, şekil ve çizelgelerle desteklenerek açıklanmalıdır.

Deney raporunun “3. DENEY YÖNTEMİ” başlıklı maddesi bu deney metodunun laboratuvar, ve saha koşulları ile deney şartları kısmında bahsi geçen şartları içermelidir.

Deney raporunun “4. DENEY BULGULARI” başlıklı maddesi “4.1. Ortam ve Materyal” sonuçları ile, bu deney metodunun “3.2.Deneyler” maddesinde bahsi geçen bütün deneylerin sonuçları ile “3.3. Değerlendirme Kriterleri” ‘de bahsi geçen bütün kriterlerin cevaplarını içermelidir.

**6. KAYNAKLAR**

Güngör, A., 2013. Sebze ve Meyve Kurutmada Kullanılan Kurutucular ve Kurutma Teknolojileri, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.

TS EN ISO 12100, 2011. Makinalarda güvenlik - Tasarım için genel prensipler - Risk değerlendirilmesi ve risk azaltılması.

TS EN ISO 4254-1, 2016. Tarım Makinaları Güvenlik - Bölüm 1: Genel Kurallar.

TS ISO 5131, 2021. Tarım ve ormancılıkta kullanılan traktör ve makinalar - Operatör konumunda gürültünün ölçülmesi - Gözlem metodu.

MEB, 2012. Gıda Teknolojisi, Sebzeleri Kurutma, Ankara.

Yağcıoğlu, A., 1999. Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği. E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları. Bornova, İzmir.

**NOT:** Makinaların deney, muayene ve değerlendirmelerinde en son yayınlanan Türk Standartlarının kullanılması gerekmektedir.