



**ÇELTİĞİN SICAK HAVA AKIMI İLE KURUTULMASINDA
İŞLETİM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

HİLAL ERDOĞAN



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇELTİĞİN SICAK HAVA AKIMI İLE KURUTULMASINDA İŞLETİM
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

HİLAL ERDOĞAN

Doç.Dr. Eşref IŞIK
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2015

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Hilal ERDOĞAN tarafından hazırlanan “Çeltiğin Sıcak Hava Akımı İle Kurutulmasında İşletim Parametrelerinin Belirlenmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç.Dr. Eşref IŞIK

İmza

Başkan: Doç.Dr. Eşref IŞIK
Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi,
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye: Doç. Dr. Nazmi İZLİ
Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi,
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye: Yrd. Doç. Dr. Mustafa Kemal İŞMAN
Bursa Teknik Üniversitesi Doğa Bilimleri, Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi,
Makine Mühendisliği Bölümü

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

.....

Enstitü Müdürü

...../...../.....(Tarih)

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

...../...../.....

Hilal ERDOĞAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇELTİĞİN SICAK HAVA AKIMI İLE KURUTULMASINDA İŞLETİM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Hilal ERDOĞAN

Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Eşref IŞIK

Bu çalışmada çeltiğin sıcak hava akımı ile kurutulmasında işletim parametreleri belirlenmiştir. Denemeler, Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından desteklenen ve proje yürütücülüğünü Doç. Dr. Eşref IŞIK' ın yaptığı UAP-Z-2009/15 nolu proje kapsamında imal edilen ve Biyosistem Mühendisliği Bölümü "Kurutma-Soğutma ve Biyolojik Materyal" isimli laboratuvarda bulunan "Sıcak Hava Kurutma Düzeneği"nde yapılmıştır. Denemeler, 1 m/s sabit hava çıkış hızında dört farklı sıcaklık değerinde (50 °C, 60 °C, 70 °C ve 80 °C), %24 yaş baz (y.b.) nemden çeltik için güvenli depolama nemi olan %14 nem değerine ininceye kadar kurutma yapılmıştır. Dört farklı sıcaklık değerinde gerçekleştirilen denemelerde kurutma hızı, çimlenme oranı, enerji tüketimi, kurutma özellikleri ve maliyet gibi parametreler belirlenmiştir.

Sonuç olarak, kurutma süresi, enerji tüketimi ve maliyet açısından en iyi sonuçlar 80 °C sıcaklık uygulaması ile elde edilirken çimlenme hızı ve çimlenme gücü açısından en iyi sonuçlar 50 °C sıcaklık değerindeki uygulama ile elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çeltik, kurutma hızı, enerji tüketimi, kurutma maliyeti

2015, viii + 49 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

Hilal ERDOĞAN

DETERMINATION OF PADDY OPERATING PARAMETERS IN HOT AIR FLOW

Uludag University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biosystems Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Eşref IŞIK

In this study, drying parameters of paddy were determined in hot-air drying. Experiments have been performed in “ the hot air drying mechanism “ which was manufactured as a part of the project UAP-Z-2009/15 whose coordinator was Assoc. Prof. Dr. Eşref IŞIK and which is at the “ drying-cooling and biological materials laboratory “ and was supported by Uludag University Scientific Research Project Institute. The experiments were made at 1 m/s stable air exit speed at different temperatures (50 °C, 60 °C, 70 °C and 80 °C) and for moisture losses from %24 wet basis (w.b.) to %14 which is security storing humidity scale for paddy. Drying rate, germinating power, energy consumption, drying characteristic and cost parameters were determined for four different temperatures.

In conclusion, the best results of drying time, energy consumption and cost parameters were obtained at the 80 °C. On the other hand, germinating speed and vigor had the best results at 50 °C drying.

Key Words: Paddy, drying rate, energy consumption, drying cost
2015, viii + 49 pages.

TEŞEKKÜR

Bu tez alıŐması sırasında, bilgi ve tecrübesiyle bana her zaman destek olan danışman hocam Do. Dr. EŞref IŞIK'a, her zaman yanımda olduklarını hissettirerek, her konuda değerli fikirlerini tarafımla paylaŐan ve çalıŐmama katkıda bulunan hocalarım Prof. Dr. Ali VARDAR'a, Doç. Dr. Halil ÜNAL'a ve Doç. Dr. Nazmi İZLİ'ye sonsuz teŐekkürlerimi sunarım. Ayrıca ArŐ. Gör. Dr. Gamze BAYRAM'a ve Prof. Dr. İlhan TURGUT'a vermiŐ oldukları destekden dolayı çok teşekkür ederim. alıŐmalarımaya yardımcı olan değerli iŐ arkadaşlarım ArŐ. Gör. Onur TAŐKIN' a, ArŐ. Gör. ayan ALKAN'a ve diğer arkadaşlarıma, tez çalıŐmamı hazırlarken sürekli bana destek olan çok kıymetli eŐim Elif ERDOğAN ve bana Őans getiren kıymetli kızım Aymina ERDOğAN'a en içten duygularımıla teşekkür ederim.

Hayatımın her anında gösterdikleri sonsuz sevgi, destek ve anlayıŐ için kıymetli babam Tuncay ERDOğAN'a, canım annem Emine ERDOğAN'a ve bir tanecik kardeŐim Seray ERDOğAN'a teŐekkürü bir borç bilirim.

Hilal ERDOğAN

...../...../.....

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM	23
3.1. Materyal	23
3.2. Yöntem.....	29
3.2.1. Çeltiğin başlangıç ve sonuç nemlerine bağlı olarak fiziksel ve mekaniksel özelliklerini belirleme yöntemi.....	29
3.2.2. Çeltiğin sıcak havayla kurutulması yöntemi.....	32
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI	36
4.1. Çeltiğin Başlangıç ve Sonuç Nemlerine Bağlı Olarak Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri.....	36
4.2. Nem Zaman İlişkisi	37
4.2.1. Dört farklı sıcak hava ile kurutmada nem zaman ilişkisi.....	37
4.3. Enerji Tüketimi	38
4.3.1. Dört farklı sıcak hava ile kurutmada enerji tüketimi	38
4.4. Çimlenme Oranları.....	39
4.5. Maliyetler	41
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	43
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	45
ÖZGEÇMİŞ.....	49

SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
D_a	: Aritmetik çap
D_g	: Geometrik çap
L	: Uzunluk
W	: Genişlik
T	: Kalınlık
\emptyset	: Küresellik
A_s	: Yüzey alanı
μ	: Sürtünme katsayısı
α	: Yuvarlanma açısı
Q	: Biyolojik malzemeye eklenen su kütlesi
W_i	: Biyolojik malzemenin başlangıç kütlesi
W_o	: Yaş ürün ağırlığı
W	: Kuru ürün ağırlığı
M_f	: Biyolojik malzemenin son nem içeriği
M_i	: Biyolojik malzemenin başlangıç nem içeriği

Kısaltmalar	Açıklama
y.b.	: Yaş baz
k.b.	: Kuru baz
FOB	: Gemi Bordasında Teslim Fiyatı
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
IGC	: Uluslararası Tahıl Konseyi
BERNAS	: Malezya Ulusal Çeltik Depolama
TMO	: Türkiye Malzeme Ofisi
DİR	: Dahilde İşleme Rejimi
USDA	: Birleşik Devletler Tarım Bakanlığı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Dünya pirinç üretiminde önemli ülkeler ve üretimindeki payları (%).....	4
Şekil 2.1. Depo tipi çeltik kurutucu.....	15
Şekil 2.2. Denemelerde kullanılan farklı kapasitelerdeki depo tipi kurutma sistemleri.....	16
Şekil 3.1. Denemelerde kullanılan Osmancık-97 çeltik örneği.....	23
Şekil 3.2. Kurutma düzeneğinin şematığı.....	24
Şekil 3.3. Fan ve motorunun görüntüsü.....	25
Şekil 3.4. Isıtıcı düzenek.....	26
Şekil 3.5. Kontrol paneli.....	26
Şekil 3.6. Yük hücresinin içinde bulunduğu, taban çapı 45 cm ve uç kısmı 30 cm olan silindirik tünel ve veri kaydedici ile bilgisayara aktarım düzeneği.....	27
Şekil 3.7. Kurutma için harcanan enerji enerji değerlerinin okunduğu sayaç.....	28
Şekil 3.8. Laboratuvar tipi sıcak hava ile kurutma düzeneğinin genel fotoğrafı.....	29
Şekil 3.9. Tohumların uzunluk, kalınlık, genişlik ve kullanılan kumpasın görüntüleri..	30
Şekil 3.10. Çeltik tanelerinin yuvarlanma açısı belirleme deney düzeneği görünüşü.....	31
Şekil 3.11. Tohumların yüzey sterilizasyonu.....	33
Şekil 3.12. Tohumların petri kaplarına yerleştirilmesi.....	34
Şekil 3.13. Tohumların çimlenme oranlarının belirlenmesi.....	35
Şekil 4.1. Çeltikte nem içeriğinin statik sürtünme katsayısına etkisi.....	37
Şekil 4.2. Çeltiğin farklı sıcaklıklardaki kurutma süreleri.....	38
Şekil 4.3. Kurutmada toplam enerji tüketim değerleri.....	39
Şekil 4.4. Çeltiğin farklı sıcaklıklardaki çimlenme oranları.....	40
Şekil 4.5. Kurutmalarda toplam maliyet.....	42

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1. Hasat ve depolamada çeşitli ürünler için uygun nem miktarı değerleri (%y.b. (yaş baz)).....	2
Çizelge 1.2. Ülkeler bazında dünya çeltik üretimi (Milyon ton).....	4
Çizelge 1.3. Önemli üretici ülkelerdeki çeltik ekili alan (Milyon ha).....	6
Çizelge 1.4. Ülkeler bazında dünya çeltik ithalatı (Milyon ton).....	7
Çizelge 1.5. Ülkeler bazında dünya çeltik ihracatı (Milyon ton).....	7
Çizelge 1.6. Dünyada yıllar itibariyle çeltik fob fiyatları (\$/ton).....	7
Çizelge 1.7. Türkiye çeltik ekiliş alanı, üretim ve verim değerleri.....	8
Çizelge 1.8. Bölgelere göre çeltik üretimi.....	9
Çizelge 1.9. İllere göre çeltik üretimi (2013 yılı).....	9
Çizelge 1.10. Türkiye' nin çeltik ithalat ve ihracat miktarları.....	10
Çizelge 3.1. Fan motorunun teknik özellikleri.....	25
Çizelge 4.1. Başlangıç ve son nem değerlerinde çeltik danelerinin fiziksel ve mekaniksel özellikleri.....	36
Çizelge 4.2. Toplam kurutma süreleri (dakika).....	37
Çizelge 4.3. Farklı kurutma sıcaklıklarının çeltik çimlenme komponentleri üzerine etkisi.....	41

1.GİRİŞ

Tarımsal ürünlerin kurutulularak saklama, depolama yöntemi, insanın doğadan öğrendiği ve bu yüzden ilk çağlardan beri uygulanmakta olan en eski koruma yöntemlerinden biridir. Genel bir ifadeyle kurutma, ürünlerin içerdiği nemin belli bir amaca bağlı olarak belirli bir sınır değere kadar buharlaştırılarak üründen alınmasına denir. Tarımsal ürünlerin kurutulmasındaki amaç; depolama süresi içerisinde ürünün bozulmadan saklanmasını sağlamaktır. Ürün nemi, ortam sıcaklığı, ortamdaki oksijen miktarı ve zararlı mikroorganizmalar ürünlerin bozulmasına neden olan başlıca etmenlerdir.

Ürünlerin uzun dönemde bozulmadan saklanması (Çizelge 1.1), ürünlerin uzun süre canlılığını koruması, tütün, kuru meyve ve kuru sebze gibi ekonomik değeri olan yeni ürünler elde edilmesi, ürün artıklarının kullanılabilir hale getirilmesi, erken ve kolay hasada olanak sağlaması, hasat döneminin planlanması, ürünlerden iyi fiyat alınabilmesi, kurutulan ürünün hacminin azalması ile ürünün taşınması ve depolanmasındaki verimin artmasına olanak tanıyabilmesi açısından kurutmanın önemi ortaya çıkmıştır (Karaaslan 2008).

Tarımsal ürünlerin üretiminden tüketimine kadar meydana gelen kayıpların önlenmesi için izlenen çeşitli yöntemler vardır (İzli 2007). Bu yöntemler;

- Pastörize (mikroorganizmaları yok etme veya gelişmelerini durdurma)
- Soğutma (solunum miktarını azaltma)
- Atmosfer kontrollü (ürünün etrafındaki atmosfer koşullarında O₂ oranının azaltılıp CO₂ oranının artırılması)
- Kimyasal uygulamalar (propionic, acetic, bulyric ve formic asit gibi organik asitler ve amonyak gibi maddelerin ürünlerin kurutulmasında kullanılması)
- Beta ve gama ışınları (bu ışınlarla mikroorganizmalar iyonlaştırılarak öldürülmesi)
- Kurutma (ısı ve hava hareketi yardımıyla nemin uzaklaştırılması)' dır (Işık ve Alibaş 2000).

Çizelge 1.1. Hasat ve depolamada çeşitli ürünler için uygun nem miktarı değerleri (%y.b. (yaş baz)) (Işık ve Alibaş 2000)

Ürün	En Yüksek Hasat Nemi(%)	En Uygun Hasat Nemi(%)	Uygulamada Hasat Nemi(%)	Emniyetli Depolama İçin Max. Nem (%) 1 yıl	Tahmini Nem (%) 2 yıl
Çeltik	30	17-23	16-24	13	-
Buğday	28	16-20	9-17	13-14	11-12
Arpa	-	16-20	10-18	13	11
Yulaf	32	-	10-18	13	11
Darı	-	-	10-20	13	10-11
Bezelye	28	22	17-20	17	-
Mısır	35	24-30	14-30	13	11
Soya	-	-	9-20	13	10
Ot	-	70-80	-	20-25	15-20

Çeltik üretiminde kurutmanın faydaları şu şekilde sıralanabilir:

1. Çeltik tarlada olgunlaştıktan sonra hava şartlarından bağımsız olarak hasat edilerek ürün kaybının azaltılması,
2. Hasat zamanının diğer işlerle birlikte planlanabilmesi,
3. Çeltiğin pirince işlenmesi için, çeltik nem oranının belli bir değer altında olmasının sağlanması,
4. Çeltiği bozulmadan uzun süre saklayabilmek için çeltik nem oranının belli bir değer altında olmasının sağlanması,
5. Çeltik üreticisi veya tüccarın çeltiği istediği zaman pazarlayabilmesine olanak sağlanması,
6. Çeltik tohumlarının bozulmadan uzun süre saklanabilmesi,
7. Kaliteli ürün elde edilmesidir (Hacıhafızoğlu 1995).

Çeltik, dünyada 53° kuzey 35° güney enlemleri arasında, Antarktika hariç, her kıtada yetiştirilmektedir. Fakat en yüksek verim, ılıman iklim dediğimiz tropikal iklim kuşağındaki bölgeler dışındaki bölgelerde alınmaktadır.

Bir çeltik tanesi, karyopsis ile onu yapışmaksızın saran iç kavuz ve kapçıktan oluşur. Bu kavuzlar, çeltiğin harmanı sonunda da karyopsisten ayrılmaz. Kavuzlu ürüne çeltik, yalnız kavuzları soyulmuş fakat parlatma işlemi görmemiş taneye ise kargo pirinç veya

kahverengi pirinç, kabukları soyulmuş ve parlatma işlemi yapılmış nihai ürüne ise pirinç denir.

Çeltiğin kültürü yapılan iki türü; *O.sativa* L. (Asya çeltiği) ve *O. glaberrima* L. (Afrika çeltiği) dir. Çeltik, buğdaygiller familyasının *poadeae* alt familyasına ait *Oryza* oymağına dahildir. *Oryza* cinsi yabancılar dahil 21 türe sahiptir. *Oryza sativa* çeltik yetiştirilen bütün ülkelerde yetiştirilmektedir. *O. glaberrima* L. ise yalnız batı Afrika ülkelerinde yetiştirilmekte ancak günden güne yerini *O. sativa*' ya bırakmaktadır (Ocaklı 2012).

Dünyada yaklaşık 1,5 milyar hektar olan tarım alanının, yaklaşık 700 milyon hektarında tahıl ekilmektedir. Dünya tahıl ekilişinin yaklaşık %22' sini karşılayan çeltik, üretiminde ise %28' lik pay almaktadır. Dünya çeltiğinin yaklaşık %91' i Asya kıtasında yapılmaktadır (Şekil 1.1). Dünya çeltik üretimi bakımından Çin ilk sırada yer alırken, bunu sırasıyla Hindistan, Endonezya ve Bangladeş izlemektedir (Çizelge 1.2). Türkiye' de çeltik üretimi son on yılda sürekli bir artış içerisindedir. Üretim artışı, ekiliş alanındaki artış ile birlikte özellikle birim alandan olan verim artışından kaynaklanmaktadır.

Marmara Bölgesi %67 ekiliş ve %72 üretim payı ile önemli ekiliş ve üretim bölgesidir. Bunu %20 ekiliş ve üretim payı ile Karadeniz bölgesi takip etmektedir. İki bölgenin toplam üretimi ülke üretiminin %90' ından fazlasını karşılamaktadır. Trakya bölgesi özellikle Edirne ili Türkiye üretim ve ekilişinin yaklaşık %40' ını yalnız başına karşılamaktadır. Marmara Bölgesinde diğer önemli çeltik üreticisi iller Balıkesir ve Çanakkale'dir. Karadeniz Bölgesinde ise; Samsun, Çorum ve Sinop en önemli çeltik üreticisi illerdir.

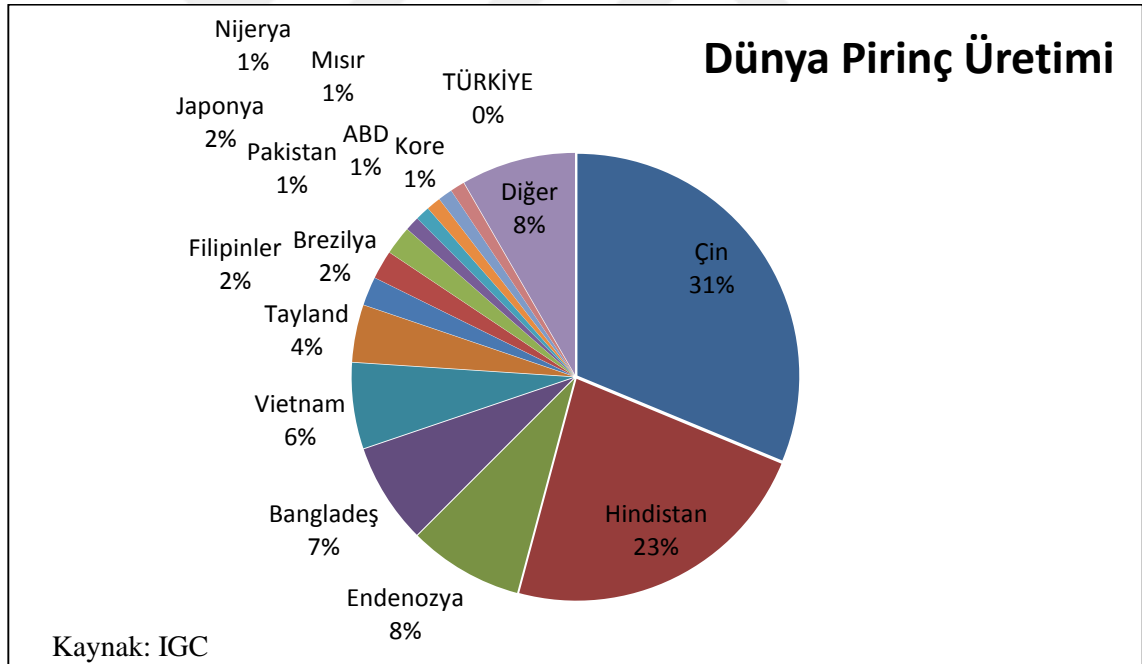
İntroduksiyon yoluyla dışarıdan materyal sağlanırken, aynı zamanda 1979 yılında, Edirne Ziraî Araştırma Enstitüsünde, melezleme ıslahı çalışmalarına başlanmıştır. Bu çalışmalar sonucu, ülkemiz ihtiyacına cevap verebilecek genetik varyasyonlar oluşturularak, ülkemize adapte olabilen, yüksek verimli ve kaliteli 30'un üzerinde çeşit geliştirilmiştir. Geliştirilen bu çeşitlerden "Osmancık-97" yüksek çeltik ve pirinç verimi, kalitesi ve pişme özelliği gibi nedenlerden dolayı, sektörde çok beğenilmiş ve kısa zamanda ekim alanı hızla genişlemiştir. Son yıllarda ülkemizde toplam ekim

alanının %80' inden fazlasını tek başına Osmançık-97 çeşidi kaplamaktadır (Anonim 2011).

Çizelge 1.2. Ülkeler bazında dünya çeltik üretimi (Milyon ton)

ÜLKELER	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13*	2014/2015**
Çin	127,20	130,20	134,33	136,57	137,03	140,70	142,94	142,31
Hindistan	93,35	96,69	99,18	89,09	95,98	105,30	105,20	105,60
Endonezya	35,30	37,00	38,31	36,37	35,50	36,35	36,83	37,53
Bangladeş	29,00	28,80	31,20	31,00	31,70	33,70	33,82	34,59
Vietnam	22,90	24,37	24,39	25,16	26,25	26,88	27,34	27,50
Tayland	18,25	19,80	19,85	20,26	20,26	20,46	20,26	20,20
Filipinler	9,78	10,48	10,75	9,77	10,54	10,71	11,40	11,72
Brezilya	7,69	8,19	8,57	7,93	9,26	7,89	8,04	8,57
Japonya	7,79	7,93	8,03	7,71	7,72	7,65	7,76	7,83
Pakistan	5,45	5,70	6,88	6,80	4,82	6,60	6,00	6,50
ABD	6,27	6,29	6,55	7,13	7,59	5,87	6,36	6,05
Mısır	4,65	4,65	4,67	4,56	3,10	4,25	4,67	4,85
Kore	4,68	4,41	4,84	4,92	4,29	4,22	4,01	4,18
Nijerya	2,55	2,01	2,63	2,23	2,82	2,88	2,37	2,77
Türkiye***	0,42	0,39	0,45	0,45	0,52	0,54	0,53	0,54
Dünya	420,15	432,61	448,78	440,64	449,26	466,40	471,10	474,98

Kaynak: IGC (*) Tahmin, (**) Öngörü, (***) TÜİK (Bin Ton)



Şekil 1.1. Dünya pirinç üretiminde önemli ülkeler ve üretimdeki payları (%)

Çeltik yüksek verim ve kaliteli pirinç elde etmek için salkımların %80' inin saman rengini aldığı, alt kısımdaki tanelerin sert mum devresine ulaştığı ve tanelerin %22-24 arasında nem içerdiği devrede hasat edilmelidir. Çeltik ürününü çok yüksek derecedeki nemde hasat etmek, tanelerin tam olgunlaşmasını engeller ve kurutma için daha fazla

masraf yapılmasına, gereğinden fazla düşük nem de hasat etmek ise hasat ve pirince işleme sırasında daha fazla kırık meydana gelmesine neden olur. Ülkemizde çeltik hasadı bölgelere göre değişmekle birlikte, 15 Eylül ve 30 Ekim tarihleri arasında yapılmaktadır. Edirne ilinde ise hasat Eylül ayı ortalarında başlar ve Ekim sonlarında biter.

Özellikle biçerdöverle yapılan hasatta, elde edilen ürünün nemi oldukça yüksektir (%24-25). Bu oran güneş altında sergenlerde veya mekanik kurutma tesislerinde yapılan kurutma ile düşürülmelidir. Güneş altında kurutmada; çeltik ürünü sert beton veya benzeri zeminlere serilir. Bu şekilde 4-5 gün güneş altında tutulan ürünün nemi istenen düzeye iner. Mekanik kurutmada, ısıtılmış hava ürünün içine belirli bir süre gönderilir. Bu işlem, ürünün nem oranı, belirli bir seviyeye düşüncüye kadar devam eder. Kuruma süresi sıcaklık seviyesine bağlı olarak 4-8 saat arasında değişir. Ürün hasat edildikten sonra 12 saat içerisinde kurutulmalıdır. Bu süre 24 saati geçmemelidir (Ocaklı 2012).

Harman sonunda elde edilen çeltik tanelerinde % 25 dolaylarında bulunan nem, çeltiğin depolanmasında büyük bir sakıncadır. Nemli olan çeltik ürünü kolaylıkla kızıdır, çimlenme gücünü ve pirinç kalitesini yitirir. Bu nedenle, ürünün çuvallanıp ambarlanmasından önce, nem oranının % 14 ve altına düşürülmesi gerekir. Harmandan elde edilen çeltik ürünü bu amaçla, “sergen” adı verilen ve harmandan önce hazırlanmış olan yerlere 4-5 cm kalınlıkta serilir. Fazla sıcakta ya da kızgın güneşte çeltiğin kurutulması doğru değildir. Hasadın yağışlı döneme geldiği yörelerde ve üretimi fazla olan işletmelerde, çeltiği açıkta serip kurutma olanağı yoktur. Bu durumda, çeltik kurutma tesisleri kullanılır. Kurutma sonunda çeltikteki su oranı % 11 dolaylarına indiğinde, ürün çuvallara konulup ambara taşınır. Çeltik ürünü çuvallı ya da yığın olarak ahşap veya beton ambar ve siloda saklanabilir (Bayram 2015).

Mantarın yetişmesi için gereken sentetik kompostun ana maddesi olarak, çeltik yan ürünleri kullanılabilir. Çünkü çeltik sapı ve kavuzları kolayca kayın mantarına dönüştürülebilir. Oldukça değerli olan çeltik sapı ve kavuzları çok kolay yanmaktadır. Dolayısı ile enerji üretiminde kullanılabilir. Aynı zamanda yalıtım malzemesi olarak da kullanılabilir. Çeltik tarımı artıkları, ticari gübreler ile karıştırılarak organik artık olarak toprağa verilebilir. Organik artıkların toprağa ilavesi ile su tutma kapasitesi artarken,

uygun agregasyon sağlaması ile birlikte erozyona karşı dirençli bir yapı da oluşmaktadır. Çeltik tarımı artıkları da bu amaçla kullanılabilir (Ocaklı 2012). Dünyada önemli üretici ülkelerdeki çeltik ekili alan Çizelge 1.3’ de, ülkeler bazında dünya çeltik ithalatı Çizelge 1.4’ de, ülkeler bazında dünya çeltik ihracatı Çizelge 1.5’ de, dünyada yıllar itibariyle pirinç FOB fiyatları Çizelge 1.6’ da gösterilmiştir.

Çizelge 1.3. Önemli üretici ülkelerdeki çeltik ekili alan (Milyon ha)

ÜLKELER	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13*	2013/2014**
Hindistan	44,00	43,77	45,40	41,85	42,86	44,10	42,41	43,50
Çin	28,94	28,92	29,24	29,63	29,87	30,06	30,14	30,43
Endonezya	11,90	11,90	12,17	12,10	12,08	12,16	12,19	12,05
Bangladeş	11,20	11,10	11,36	11,60	11,70	11,72	11,65	11,77
Tayland	10,27	10,83	10,80	10,94	10,67	11,00	10,84	10,90
Vietnam	7,20	7,41	7,33	7,42	7,61	7,74	7,86	7,81
Kamboçya	2,52	2,57	2,61	2,68	2,78	2,77	2,95	3,05
Pakistan	3,58	2,55	2,91	2,80	2,10	2,75	2,40	2,76
Brezilya	2,97	2,87	2,91	2,77	2,83	2,43	2,39	2,48
Türkiye***	0,10	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	1,20	1,11
Dünya	154,60	154,70	158,10	155,76	158,21	160,23	157,92	160,76

Kaynak: USDA (*) Tahmin, (**) Öngörü, (***) TÜİK

Çizelge 1.4. Ülkeler bazında dünya çeltik ithalatı (Milyon ton)

ÜLKELER	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13*	2013/14**
Nijerya	1,51	1,80	2,07	2,11	2,49	3,35	2,70	3,03
İran	1,13	1,18	1,26	1,17	1,42	1,65	2,15	1,85
Filipinler	1,75	2,57	2,55	2,15	1,15	1,30	0,87	1,50
AB-28	1,34	1,37	1,09	1,02	1,44	1,30	1,35	1,37
Irak	0,84	0,90	1,15	1,19	1,05	1,38	1,40	1,48
Malezya	0,74	0,94	0,84	0,80	1,04	0,98	0,89	0,95
Güney Afrika	0,92	0,80	0,98	0,80	0,95	0,87	0,90	0,98
Dünya	31,75	29,26	29,09	31,35	35,74	38,85	37,58	38,96

Kaynak: IGC (*) Tahmin, (**) Öngörü

Çizelge 1.5. Ülkeler bazında dünya çeltik ihracatı (Milyon ton)

ÜLKELER	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13*	2013/14**
Hindistan	5,79	4,55	2,10	2,00	2,80	10,21	10,83	9,83
Tayland	9,56	10,17	8,62	8,88	10,65	6,67	6,60	8,22
Vietnam	4,51	4,65	5,99	6,73	7,09	8,01	6,75	6,95
Pakistan	2,85	3,03	3,10	4,05	3,25	3,60	3,30	3,50
ABD	2,92	3,34	3,03	3,51	3,49	3,22	3,41	3,19
Brezilya	0,24	0,55	0,57	0,50	1,47	0,95	0,78	0,93
Arjantin	0,44	0,43	0,59	0,47	0,68	0,58	0,55	0,61
Avustralya	0,23	0,07	0,02	0,06	0,31	0,45	0,53	0,53
Çin	1,31	0,94	0,76	0,60	0,49	0,27	0,45	0,43
Dünya	31,75	29,26	29,09	31,35	35,74	38,85	37,58	38,96

Kaynak: IGC, (*) Tahmin, (**) Öngörü

Çizelge 1.6. Dünyada yıllar itibariyle çeltik fob fiyatları (\$/ton)

ÜRÜN ÇEŞİDİ	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ABD (Uzun tane)	394	436	782	545	510	577	567	628	598
ABD (Orta tane California)	512	557	947	1068	737	821	718	692	815
Tayland %100B (Uzun tane)	311	335	695	587	518	565	588	534	451

Kaynak: FAO

Türkiye çeltik üretiminin %70' i Marmara, %26' sı Karadeniz %2' si Güneydoğu Anadolu, %2' si ise İç Anadolu Bölgelerinde yapılmaktadır. Çeltik üretiminde il düzeyinde de yoğunlaşma vardır. Toplam 5 ilin üretimleri toplam üretimin %84' ünü oluşturmaktadır. Bu illerden Edirne tek başına yaklaşık toplam üretimin %40' ına sahipken Samsun %14, Balıkesir %11, Çanakkale %10, Çorum %7 ve Çankırı %2' lik bir üretim oranına sahiptir. Kalan %15' lik kısmı ise Kırklareli, Tekirdağ, Sinop, Diyarbakır, Şanlıurfa, Kırıkkale, Mersin ve Düzce gibi diğer iller oluşturmuştur (Anonim 2013). Türkiye çeltik ekiliş, üretim ve verim verileri Çizelge 1.7' de, bölgelere göre çeltik üretimi Çizelge 1.8' de ve illere göre çeltik üretimi Çizelge 1.9' da verilmiştir.

Çizelge 1.7. Türkiye çeltik alanı, üretim ve verim değerleri

YILLAR	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Ekiliş (bin ha)	65	70	85	99	94	100	97	99	100	120	111
Üretim (bin ton)	372	490	600	696	648	753	750	860	900	880	900
Verim (kg/da)	572	681	706	702	690	757	775	869	906	735	814

Kaynak: FAO

Çizelge 1.8. Bölgelere göre çeltik üretimi

BÖLGELER	2012		2013	
	Ekiliş (ha)	Üretim (ton)	Ekiliş (ha)	Üretim (ton)
Marmara	84 309	629 763	75 870	627 678
Ege	68	622	0	0
Akdeniz	631	2 919	465	2 408
İç Anadolu	2 945	20 887	2 985	20 179
Karadeniz	27 982	208 740	27 644	232 158
Güneydoğu Anadolu	3 597	16 343	3 489	17 038
Doğu Anadolu	193	726	139	539
TOPLAM	119 725	880 000	110 592	900 000

Kaynak: TÜİK

Çizelge 1.9. İllere göre çeltik üretimi (2013 yılı)

BÖLGE	İl	Ekiliş (da)	Üretim (ton)
Marmara (%70)	Edirne	430 301	361 918
	Balıkesir	129 714	99 467
	Çanakkale	113 477	90 295
	Tekirdağ	31 000	28 899
	Diğer	54 205	47 099
	TOPLAM	758 697	627 678
Karadeniz (%26)	Samsun	144 128	122 710
	Çorum	77 263	65 523
	Diğer	55 053	43 925
	TOPLAM	276 444	232 158
İç Anadolu (%2)	Çankırı	24 700	14 760
	Diğer	5 155	5 419
	TOPLAM	29 855	20 179
Diğer Bölgeler (%2)		40 928	19 985
TOPLAM ÜRETİM		1 105 924	900 000

Kaynak: TÜİK

2002-2013 yılları arasında Türkiye çeltik ithalat-ihracat miktar ve değerlerine ilişkin veriler, Çizelge 1.10' da verilmiştir. 2010 yılında çeltik ithalatı 409 199 ton ile son dönemin en yüksek seviyesindedir. 2013 yılı çeltik ithalat miktarı ise 164 537 ton olup bunun %28,24' ü Dahilde İşleme Rejimi (DİR) kapsamında gerçekleşmiştir. Ülkemizde son dönemde en yüksek çeltik ihracatı, 834 ton ile 2011 yılında yapılmıştır. 2013 yılı çeltik ihracatımız ise 108 tondur. Ülkemiz çeltik üretimi, tüketimi karşılayamadığı için hemen hemen her dönem çeltik ya da pirinç dış alımı gerçekleşmektedir. Ülkemizde, çeltik ithalatının büyük çoğunluğu ABD, Rusya Federasyonu, Bulgaristan ve Yunanistan'dan yapılmaktadır.

Çizelge 1.10. Türkiye'nin çeltik ithalat ve ihracat miktarları

YILLAR	İthalat			İhracat		
	Miktar (Ton)	Değer (Bin \$)	Ort. Fiyat (\$/Ton)	Miktar (Ton)	Değer (Bin \$)	Ort. Fiyat (\$/Ton)
2002	292 024	48 803	167	187	173	924
2003	247 724	55 538	224	398	375	944
2004	35 432	15 254	431	298	334	1 119
2005	102 197	26 231	257	298	351	1 178
2006	105 005	28 786	274	238	292	1 230
2007	6 016	2 101	349	157	258	1 640
2008	45 307	19 823	438	235	269	1 147
2009	63 203	26 188	414	199	316	1 591
2010	409 199	172 977	423	307	371	1 209
2011	277 083	112 349	405	834	564	677
2012	227 539	88 819	390	363	349	962
2013	164 537	70 535	429	108	166	1 539

Kaynak: TÜİK

Bu çalışmada, Türkiye genelinde en yaygın üretimi yapılan Osmancık-97 çeltik çeşidinin, sıcak hava akımı ile kurutulmasında; aynı hava akım hızında dört değişik hava sıcaklığında, zamana bağlı olarak nem değişimi değerleri belirlenmiş ve nem – zaman değerleri görsel olarak elde edilmiştir. Ayrıca deneysel olarak çeşitli parametrelerin kurutma üzerine olan etkileri araştırılırken, enerji tüketimi değerleri de ölçülmüş, böylece ticari tip çeltik kurutucular için enerji ekonomisi sağlayacak optimum koşullar tespit edilmiştir. Bu parametrelerin yanı sıra, değişik hava sıcaklıklarıyla kurutmada, çeltik için çimlenme hızı ve çimlenme gücü oranları gibi fizyolojik özelliklerde belirlenmiş ve istatistiksel farklılıklar araştırılmıştır.



2.KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kalwar ve Raghavan (1993) çalışmalarında fıskiyeli yataklı kurutucuya geometrik olarak benzer ve raflı bir sistem kullanmışlardır. Farklı hava giriş sıcaklığında ve yatak yüksekliğinde, %28-31 ilk nem değerlerinde hasat edilen mısır tanelerini kurutarak kurutma karakteristiklerini belirlemişlerdir. Deneylelerinde ürünlerini ince tabaka olarak kurutmuşlardır. Mısırın nem içeriklerini ve kurutma şartlarını Page modelinde ifade etmişlerdir.

Nguyan ve ark. (2001) başarılı bir çeltik kurutma için laboratuvar ölçekli akışkan yataklı kurutucularda denemelerini yapmışlardır. Yüksek nem içerikli 500 kg çeltiği yığın halde hazırlayıp kurutma işlemine tabi tutmuşlardır. %25 nem içerikli çeltiği %15 neme düşürmek için iki aşamalı olarak kurutmuşlardır. İlk aşama olarak 160 °C ardından 80-100 °C sıcaklıklarda kurutmanın uygun olduğunu tespit etmişlerdir.

Siddique ve Wright (2003) çalışmalarında bezelye tohumlarının farklı kurutma süresi ve sıcaklıklarının etkisini incelemişlerdir. Çalışmalarını 40, 60, 80 ve 100 °C sıcaklıklarda gerçekleştirmişlerdir. Bezelye tohumunun ya yüksek kuruma sıcaklığına ya da uzun kuruma süresine karşı çok hassas olduğunu görmüşlerdir. Bezelye tohumu için en uygun sıcaklığı 40 °C olarak tespit etmişlerdir.

Sogi ve ark. (2003) domates tohumlarını domates artıklarından sedimantasyon ile ayırtmışlar ve akışkan yataklı kabin kurutucularda 50 °C, 70 °C, 90 °C sıcaklıklarda tepsi üzerine 4, 8 ve 12 kg/m² olacak şekilde kurutma işlemine tabi tutmuşlardır. Sorpsiyon izotermelerini 30, 40, 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarda doymuş tuz solüsyonu kullanarak statik model ile açıklamışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre; Domates tohumlarının kurutulması azalan hız evresinde meydana geldiğini belirleyerek Page modelinde en iyi şekilde tanımlamışlardır.

Wongpornchai ve ark. (2004) farklı kurutma yöntemleri ve depolama sürelerinin Khao Dawk Mali 105 pirinç çeşidinin aroma ve öğütme kalitesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Altı kurutma metodu uygulamışlardır. Bunlar; 30 ve 40 °C sıcaklıklarda değiştirilmiş hava hızı ile kurutma, 40, 50 ve 70 °C sıcaklıklarda kurutma ve güneşte kurutma yöntemleridir. Çeltiğin depolama süreleri dikkate alınmadan düşük sıcaklık uygulanan yöntemlerde önemli aroma bileşiğinin (2 asetil, I-pirolin) daha yüksek,

istenmeyen lezzet bileşiklerinin (n-hekzanal, 2-pentilfuran) daha düşük olduğunu gözlemlemişlerdir. Güneşte kurutma yönteminde bunun tam tersi sonuçlar elde etmişlerdir. Genel olarak 10 aylık depolama süresinde önemli aroma bileşiğinde azalma, istenmeyen lezzet bileşiğinde çoğalma olduğunu tespit etmişlerdir. Pirinç veriminin, 70 °C sıcaklıkta diğer kurutma yöntemlerine oranla daha düşük olduğunu görmüşlerdir. Buna rağmen farklı kurutma metotlarının ve depolama zamanının beyazlık konusunda önemli bir değişikliğe yol açmadığını tespit etmişlerdir.

Madhiyanon ve Soptonronnarit (2005) çeltiği iki kademeli akışkan yataklı yığın kurutucuda kurutmuşlar ve hava akımının, hava sıcaklığının ve ilk nem içeriğinin kurutma kinetiğine, un kalitesine ve enerji tüketimine etkisini araştırmışlardır. Hava akış devri %0, 20 ve 30 (sistemdeki hava akış hızı/havanın toplam akış hızı x 100), iç hava sıcaklığı 110, 130 ve 150 °C ve ilk nem oranları %18-35 aralığında olacak şekilde çalışmışlardır. Yapmış oldukları tespitlere göre, nem transferi sadece üfleme alanında gerçekleşmemiş aynı zamanda hava akım bölgesinde de gerçekleşmiştir. Kurutma koşulunu dikkate almadan nem-zaman ilişkisini incelediklerinde, doğrusal olarak grafik oluştuğunu görmüşlerdir. Kurutma koşuluna bağlı olarak ilk nem ile kritik nem içeriği arasındaki fark %4,5 ile %8 arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir.

Cermak ve ark. (2005) Oklahoma eyaletinden mekanik olarak taze küpe çiçeği tohumu hasat etmişler ve nem içeriğinin %50' den fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Küpe çiçeği tohumunun bir an önce kurutulması gerektiği için, yeni hasat edilen nemli, temizlenmemiş ve yüksek miktarlarda yığın kurutma yapabilen kurutucuda (Grain Technology 245XL) kurutmuşlardır. Nem değerlerini düşük üretim maliyetli ve ticari olarak kullanılabilen G-7 taneli ürün nem belirleme cihazı ile saptamışlardır. Bu cihazı aynı zamanda farklı ürünler içinde kullanmışlardır. Cihaz sonuçlarına baktıklarında soya fasulyesi ile küpe çiçeği tohumu arasında %20 nem değerinden düşük nemlerde çok kuvvetli bir bağ olduğunu görmüşlerdir. Ürünlerini depolama için %12 nem değerine kadar kurutmuşlardır.

İzli (2007) mısırın sıcak hava akımıyla kurutulmasında kurutma parametrelerini belirlemiştir. Bu amaçla Uludağ Üniversitesi Tarım Makineleri Bölümü'nde, 700 kg kapasiteli sıcak havayla kurutma düzeneğini tasarlayıp imal etmiştir. Denemeleri bu düzenekte gerçekleştirmiştir. Denemeleri 1 m/s sabit çıkış hızında, 45-55-65-75 °C ve

atmosfer sıcaklıklarında olmak üzere beş farklı sıcaklık değerinde, %16,4 nemden mısır için güvenli depolama nemi olan %10 nem değerine ininceye kadar yapmıştır. Karıştırıcılı ve karıştırıcısız olarak beş farklı sıcaklık değerinde gerçekleştirdiği denemelerde kurutma hızını, çimlenme hızını, çimlenme gücünü, enerji tüketimini, kurutma özelliklerini ve maliyet gibi parametreleri incelemiştir. Denemelerinin sonucunda karıştırıcılı ve karıştırıcısız kurutmada, kurutma süresi, enerji tüketimi ve maliyet açısından 75°C sıcaklıktaki kurutmadan en iyi sonuçları etmiş ancak çimlenme hızı ve çimlenme gücü açısından en iyi sonuçları karıştırıcılı kurutmada 55°C' de karıştırıcısız kurutmada 45°C' deki sıcaklık değerlerinden elde etmiştir.

Taylı (2008) çeltik kurutma çalışmasını iki çeltik çeşidi üzerine yapmıştır. Kurutma yöntemleri olarak; güneş altında kurutma, gölgede kurutma ve bölgede yoğun olarak kullanımı mevcut olan depo tipi kurutucuda kurutma yöntemlerini denemiştir (Şekil 2.1). Çalışmasında çeltik çeşidi olarak Osmançık-97 ve Halibey çeşitlerini kullanmıştır. Uygulanan kurutma yöntemlerinin çeltik depo nemine gelme süreleri, randıman değeri ve çimlenme analizleri yaparak en uygun kurutma yönteminin belirlemesini amaçlamıştır. Her iki çeltik çeşidi içinde kurutma yöntemlerine göre kuruma sürelerini belirlemiş, kurutma sonrası randıman ve çimlenme analizi değerlerini saptamıştır. Bu bilgilere dayanarak uygun kurutma yöntemi ve randıman değerlerini belirlemiş ve uygulamadaki olumsuzluklar için önerilerde bulunmuştur.



Şekil 2.1. Depo tipi eltik kurutucu

Çatak (2008) öncelikle Trakya bölgesinde oldukça yaygın olarak kullanılan çekilir depo tipi kurutma tesislerinin genel durumunu incelemiştir. Araştırma kapsamında, bölgede en çok tercih edilen kurutuculardan dört farklı marka hareketli depo tipi kurutucu sistemini denemeye almıştır. Bu kurutucuların üçü yeni model (Model 2, 3 ve 4) ve biriside nispeten eski olan (Model 1) modeldir (Şekil 2.2). Denemelerde Osmancık-97 eltik çeşidi kullanmıştır. Bu sistemlerin eltik kalitesine etkilerini saptamak amacıyla her bir makineden kurutma öncesi ve kurutma sonrasında alınan örneklerde ilk ve son nem değerleri, maksimum kırksız randıman değerleri, pirinç kırılma dirençleri ve eltik örneklerinin fiziksel özelliklerini saptamıştır. Ayrıca depolama ve pişirme kalitesinin göstergesi olarak ısısal özelliklerden özgül ısı, ısı iletkenlik katsayısı ve ısı yayılım katsayısı değerlerini de saptamıştır.



1



2



3



4

Şekil 2.2. Denemelerde kullanılan farklı kapasitelerdeki depo tipi kurutma sistemleri

Jittanit ve ark. (2010) çalışmalarında önce başlangıç nem içeriği %20-25 olan mısır, çeltik ve buğday tohumlarını 48 ve 80 °C sıcaklıklarda, akışkan yataklı kurutucuda nem değeri %18 olana kadar kurutmuşlardır. Daha sonra nem değerini 18 ve 30 °C sıcaklıklarda fiskeyeli yataklı kurutucuda %14 ve altına kadar düşürmüşlerdir. Sonuç olarak kuruttukları tohumların çimlenme oranlarının yüksek olmasından dolayı iki kademeli kurutma kavramının yapılabilir olduğunu ileri söylemişlerdir. Yine de kurutma sıcaklığının dikkatlice seçilmesi gerektiğini savunmuşlardır. Buğday tohumlarının %90' ı 60 °C sıcaklıktaki kurutmadan sonra çimlenmesine rağmen bütün örnekler için en güvenli sıcaklığın 40 °C olduğunu tespit etmişlerdir.

Pfeifer ve ark. (2010) çalışmalarında kaymalı yataklı kurutucu kullanmışlardır. Kaymalı tip kurutucunun hareketli tip kurutuculara nazaran daha az mekanik zarar

verdiğini öne sürmüşlerdir. Soya fasulyesinin tohum kalitesini ve kuruma performansını ele almışlardır. Hava ve soya fasulyesi tohumu arasındaki ısı ve kütle taşınımını gözlemlemişlerdir. Tohum kalitesini çimlenme, çatlama ve tohum indekslerine göre değerlendirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre hava beslemeyi farklı kademelere bölerek kurutma performansının ve tohum kalitesinin daha da gelişeceğini öne sürmüşlerdir.

İzli ve Işık (2010) çalışmalarında yığın haldeki mısırı kurutmak için en iyi kurutma parametrelerini belirlemişlerdir. Her bir test için 250 kg mısır kullanmışlardır. Hava hızını 1 m/s olarak ayarlamışlardır. Mısırın nem değerini beş farklı sıcaklık değerinde %16,4' den %10 nem değerine düşürmüşlerdir. Kurutma zamanı, çimlenme hızı ve gücü gibi parametreleri tespit etmişlerdir.

Baş (2010) Sakarya yöresinde yaygın olarak yetiştirilen mısır çeşidinin hasat edildikten sonra taneli ve koçanlı olarak çeşitli kurutma yöntemleriyle doğal ortamda (güneşte ve gölgede) ve mısır kurutma makinasında kurutulması sonucu ürünün kuruma sürelerindeki değişimlerini saptamış ve mısırdaki istenen nem değerlerini belirlemiştir. Mısır örneklerinin kuruma eğrisi incelendiğinde kuruma süreleri doğal ortamda güneş altında taneli olarak kurutmada ortalama olarak 55 gün sürerken gölgede kurutmada ortalama olarak 65 gün olarak tespit etmiştir. Bu değerler ürünün yığın miktarına bağlı olarak değişmiştir. Mısır örneklerinin koçan halinde güneş altında kurutmada ortalama olarak 70 gün, gölge altında kurutmada ortalama olarak 90 gün olduğunu tespit etmiştir. Bu değerler de koçan mısırının yığın miktarına bağlı olarak değişmiştir. Mısırın kurutma makinasında kurutulması kuruma süresini önemli ölçüde etkilemiştir. Mısır kurutma makinasının tam dolmuş halindeki 21 ton kapasitesini 2 saat 8 dakikada kurumuştur. Makinada kurutma süre bakımından büyük bir avantaj sağlamış fakat çiftçiye maddi olarak dezavantaj oluşturmuştur. Doğal kurutmanın, basit ve maliyeti düşük olmasından dolayı büyük bir avantaj olduğunu görmüştür. Doğal ortamda güneş altında kurutmada, kuruma esnasında çevre şartlarından dolayı (rüzgar, kuşlar... vs.) mısır tane kayıplarının olduğunu tespit etmiştir. Sonuç olarak kurutma sürelerini ve çevresel dış faktörleri göz önüne aldığı mısırın, mısır kurutma makinasında kurutulmasını uygun görmüştür.

Tunaboyu (2011) çalışmasında haşlanmış buğday, mısır ve bezelyeyi kurutmak için güneş enerjisini kullanmıştır. Kurutma deneylerini hem güneşte sererek hem de güneş enerjisi ile ısıtılan havanın kullanıldığı güneş enerjili-fiskiyeli yataklı kurutucu ile gerçekleştirmiştir. Kurutma yöntemlerinin kuruma hızı ve ürün kalitesi üzerindeki etkilerini haşlanmış buğday, mısır ve bezelyenin kurutulmasında incelemiştir. İncelediği kalite değerleri, renk, büzülme, yığın yoğunluk, görünen yoğunluk, yığın ve iç gözeneklilik, mikroyapı, gözeneklilik boyutu dağılımı ve su emme kapasitesidir. Ayrıca, bezelye için askorbik asit miktarları ölçülmüştür. Bütün örnekler için, güneş enerjili-fiskiyeli yataklı kurutucuda kuruma hızını ve etkin yayınma katsayılarını güneşte sererek kurutma işlemine göre daha yüksek ve bu nedenle kuruma sürelerini önemli derecede daha az bulmuştur. Farklı numunelerin kurutulmasında, etkin yayınma katsayılarını güneş altında kurutmada $0,30 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ – $0,65 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ aralığında, güneş enerjili-fiskiyeli yataklı kurutucuda ise $1,35 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ – $3,65 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ aralığında değiştiğini görmüştür. Genel olarak, güneş enerjili-fiskiyeli yataklı kurutucuda kurutulan örneklerin kalite değerlerinin daha iyi olduğu gözlemlenmiştir.

Srisang ve ark. (2011) filizlendirilmiş kahverengi pirincin sıvılaştırılmış yatakta sıcak hava ile kurutulması çatlamış tane sayısında yüksek oranda bir artışa neden olmaktadır. Yüksek ısılı buharla kurutma tekniği tane kalitesini geliştirmek için alternatif bir metot olsa da pirincin diğer bazı özelliklerini etkileyebilir. Bu nedenle kurutmada kullanılan araçların ve kurutma sıcaklıklarının pirincin kalitesi ve özellikleri (tane çatlaması, glisemik indeks, yapısal özellikler, y-aminobütrik asit içeriği ve mikroorganizma sayısı) üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Sonuçları kurutma araçları ve sıcaklıkların kurutma oranını ve pirincin bazı kalite özelliklerini etkilediğini göstermiştir. Yüksek ısılı buhar yönteminde çatlamış tane sayısının sıcak havayla kurutma yöntemine kıyasla önemli oranda azaldığını gözlemlenmişlerdir. Kurutma araçları ve sıcaklıkların pişirilmiş pirincin yapısal özellikleri ve y-aminobütrik asit içeriğinde önemli bir etkisi olmadığını (130 °C de sıcak hava kurutması hariç), ancak glisemik endeksi etkilediğini görmüşlerdir. Yüksek ısılı buhar ya da sıcak hava ile kurutma sonrasında mikroorganizma sayısının gıda güvenliği açısından kabul edilebilir bir aralıkta olduğunu gözlemlenmişlerdir.

Doungporn ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada çeşitli kurutma gazları kullanarak kurutulmuş Thai Hom Mali çeltiğinin ince katman kurutma kinetiklerinin tahmin edilmesi için kurutma denkleminin geliştirilmesini amaçlamışlardır. Başlangıç nem değeri %32 kuru baz olan Thai Hom Mali çeltiğini 0,4 m/s sabit hızda ve 40, 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarda farklı gazlar kullanarak (CO₂ ve N₂) kurutmuşlardır. Kurutma oranı kurutma gazlarından etkilenmemiş, ancak kurutma sıcaklıklarının etkisiyle arttığını gözlemlemişlerdir. Nem oranlarını, kurutma süreci esnasında belirli zaman aralıklarında çeşitli modeller ile karşılaştırmışlardır (Newton, Page, Modified Page 1, Henderson ve Pabis, iki zamanlı, difüzyon yaklaştırılması ve Midilli). En iyi nem oranı modelini adım adım gerileme metot yöntemiyle belirlemişlerdir. R² katsayısını, ortalama karekök hatasını ve khi-kare yöntemini en iyi modelin seçilmesi için kriter olarak kullanmışlardır. Çalışmaların da Midilli modelinin her bir kurutma gazında Thai Hom Mali çeltiğinin kuruma davranışını tanımlamak için en iyi model olduğunu görmüşlerdir. Genelleştirilmiş modellerle bir ürünün nem içeriğini tahmin etmenin mümkün olduğunu savunmuşlardır.

Bualuang ve ark. (2013) üç farklı ısı kaynağı kullanarak kurutmanın kurutma kinetikleri üzerindeki etkilerini analiz etmek ve parlatılmış pirincin kurutma sonrasındaki kalitesini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Kurutma sıcaklığını 60 ve 100 °C arasında değiştirmişlerdir. Kızılötesi (KÖ) ısı kaynağının gücünün 1 000 ve 1 500 W hava hızının ise 1,0 ± 0,2 m/s olduğu ortamda çalışmışlardır. Üç kurutma yöntemi denemişlerdir. Birincisi sıcak hava (SH) ikinci KÖ ve üçüncüsü SH+KÖ olarak denemelerini yapmışlardır. Deneysel sonuçlarını çeşitli denge nem içeriği modelleri ve kurutma kinetikleri tahmini için matematiksel kurutma modeli ve etkin difüzyon katsayısı (D_{eff}) ile birlikte Fick difüzyon yasası kullanarak simüle etmişlerdir. Sonuçlara göre SH ve KÖ kurutma yöntemlerinin D_{eff} değerleri 10⁻¹²-10⁻¹¹ m²/s aralığında olup nispeten sıcaklığa bağlı olduğunu görmüşlerdir. Kalite değerlendirmesi için SH + KÖ kurutma yönteminin başak pirinç veriminin en yüksek değere ulaştığını, parlatılmış pirincin sarılığının ve beyazlığının kurutma şartlarından önemli ölçüde etkilendiği sonucuna varmışlardır. (P>0.05)

Rattanamechaiskul ve ark. (2013) yapmış oldukları açıklama şu şekildedir. “Kısmen parlatılmış pirinçte bulunan V tipi amiloz-lipid kompleksleri nişasta sindirilebilirliğini

azaltabilir, böyle kompleksler yüksek sıcaklıkta akışkan yataklı kurutmalarla oluşabilir ve komplekslerin derecesi ısı şartlarına bağlıdır.” Kurutma ortamının (sıcak hava ve nemlendirilmiş sıcak hava), çalışma koşullarının (kurutma havası sıcaklığı ve pH bağlı nemi) ve başlangıç nem içeriğinin V tipi kristalleşme derecesini, sonraki nişasta sindirilebilirliğini (veya glisemik indeks, GI) ve dövülmemiş kabuksuz pirinç (çeltik) dokuları üzerindeki etkisini deneysel olarak incelemiştir. Sonuçları, nemlendirilmiş sıcak havayla çeltik kurutulmasının sıcak hava ile kurutmaya göre daha çok zaman gerektirdiğini göstermiştir. Çeltiğin yüksek kurutma hava sıcaklığı, bağlı nem ve başlangıç nem içeriği, yüksek oranda nişasta jelatinleşmesine ve V tipi amiloz-lipid komplekslerine yol açtığını gözlemlemiştir. Sıcak hava ve nemlendirilmiş sıcak hava ortamında kurutulan çeltiğin referans örneklere göre daha düşük nişasta sindirilebilirliğine ve daha sert dokulara sahip olduğunu saptamışlardır. Araştırdıkları parametreler kapsamında, kurutulmuş çeltik için en düşük glisemik indeks elde etmek için, %33 başlangıç nem içerikli çeltiğin 150 °C nemlendirilmiş sıcak hava ve %6,4 sıcak hava ortamında kurutulması gerektiğini saptamışlardır.

Swasdisevi ve ark. (2013) sıcak hava ve kızgın buhar kullanarak çeltiklerin kurutulması üzerine bir araştırma yapmışlardır. Kurutma deneylerini, tek aşamalı ve iki aşamalı olmak üzere iki kısma ayırmışlardır. Kızgın buhar kullandıklarında hacimsel su buharlaşma oranı, hacimsel ısı aktarımı katsayısı ve sistemin farklı koşullarda özgül enerji tüketimini değerlendirmişler; buhar devresinin etkisini de belirlemişlerdir. Kurutulmuş çeltiğin kalitesini, renk, başak pirinci verimi ve nişasta jelatinizasyonu açısından değerlendirmişlerdir. Tek aşamalı kurutma durumunda, kurutma sıcaklığındaki artış, hacimsel su buharlaşma oranı ve hacimsel ısı aktarımı katsayısında önemli bir artışa sebep olduğunu görmüşlerdir. Diğer taraftan, iki aşamalı kurutma durumunda kurutma sıcaklığındaki artış, hacimsel ısı aktarımı katsayısında önemli bir düşüşe neden olduğunu görmüşler, hacimsel su buharlaşma oranında önemli bir değişim görmemişlerdir. Özgül enerji tüketimi, kurutma sıcaklığındaki artışla birlikte azaldığını tespit etmişlerdir. Aynı sıcaklıkta, kurutma aracı olarak kızgın buhar kullanımı özgül enerji tüketimini azalttığını görmüşlerdir. Yüksek seviyede buhar çevrimi de daha fazla enerji tasarrufu sağlamıştır. Kurutulmuş çeltiğin rengi kurutma sıcaklığındaki değişimden etkilenmemiştir. Kızgın buharla kurutulmuş çeltik, sıcak havayla kurutulmuş çeltikten daha kırmızı ve daha sarı çıktığını tespit etmişlerdir. Kurutma

sıcaklığındaki artışın, tane pirinç verim yüzdesini düşürdüğünü görmüşlerdir. Kızgın buharla kurutma, aynı sıcaklıkta sıcak havayla kurutmaya göre nişasta jelatinizasyonunun seviyesini daha çok arttırdığını, yine de ölçülen en yüksek sıcaklıkta kurutma daha düşük bir nişasta jelatinizasyonu seviyesi sağladığını görmüşlerdir.

Rumruaytum ve ark. (2014) kurutma işleminin Tayland menşeli SungYodPhattalung ve Nauykaur çeltik kültürlerinin fizikokimyasal ve antioksidan özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kurutma işleminin ilk aşamasında sıvılaştırma ve yüksek sıcaklıklı buhar yöntemlerinin bir arada kullanıldığı bir metot izlemiştir. Çeltikleri 170 °C' de farklı sürelerde kurutma için iki aşamalı bir işlem uygulamışlardır. İlk olarak yüksek sıcaklıklı buharda 2,5 ile 4 dakika bekletmişler daha sonra çeltik içeriğindeki nem %13-14' e düşene dek gölgede kurutma yapmışlardır. Kurutma işlemi sonrasında çeltiklerin fizikokimyasal ve antioksidan özelliklerinin sonuçları, yüksek sıcaklıklı buharla kurutma süresi uzadıkça çeltiğin yapıştırıcılık özelliklerinde (örneğin yoğun olduğu viskozite, bozulma, çökme, nihai viskozite ve gerileme gibi özelliklerinde) değişimler olduğunu gözlemlemiştir. Kurutma sıcaklığı arttıkça yapıştırıcılık değerleri azalmıştır. Yüksek sıcaklıklı buharda kurutma süresi uzadıkça SungYodPhattalung' un antioksidan etkileri azalırken, Nauykaur çeltiğinde arttığını gözlemlemiştir.

Sarker ve ark. (2014) endüstriyel kurutucuların yakıt sarfiyatı ve ürün kalitesine ilişkin performanslarını, makinelerin mevcut durumlarının kontrol edilirken ilerleyen zamanlardaki faaliyet verimlerinin de göz önünde bulundurularak değerlendirilmesi gerektiğini savunmuşlardır. Malezya Ulusal Çeltik Depolarına (BERNAS) ait seçilmiş belirli üretim komplekslerinde yapılan bir çalışmada, ortalama 15 ton tutma kapasiteli Endüstriyel Eğik Yataklı Kurutucularda kurutma sıcaklığı ve hava akımının yakıt sarfiyatı ve çeltiğin kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Hasat nemi %22-%23 seviyesinde olan çeltik nem oranı %12,5 civarına düşürüldüğünde elektrik ve yakıt sarfiyatının sırasıyla 1,44-1,95 MJ/kg buharlaşmış su ve 2,77-3,47 MJ/kg buharlaşmış su aralıklarında değiştiğini gözlemlemiştir. Yaptıkları analizlerde, çeltik neminin %22-23' den %12,5 civarına düşürülmesi sırasında 38-39 °C yerine 41-42 °C' lik sıcaklıkta kurutma yapıldığında endüstriyel eğik yataklı kurutucularda elektrik sarfiyatının %20 daha düşük, termal yakıt sarfiyatının ise %10 daha yüksek olduğunu gözlemlemiştir. Ancak başlangıç nem oranları aynı olan çeltik, 38-39 °C' de

kurutulduğunda baş pirinç verimi %1-4 oranında artmış, buna karşın kabul edilebilir bir öğütme seviyesi ve şeffaflıkta öğütmede geri kazanım ve beyazlık derecelerinin hemen hemen birbirine yakın olduğunu görmüşlerdir. 0,27 ve 0,29 m³ arasındaki hava akımının baş pirinç kalitesinde hafif bir artış sağlamakla beraber kurutma süresi üzerinde gözle görülür bir etkisinin olduğunu gözlemlemişlerdir. Makul bir yakıt tüketimi ile pirinç kalitesi elde etmek için başlangıç nem oranı %23' ün altında olan çeltikte kurutma sıcaklığının 39 °C' nin üstünde olmamasını önermişlerdir.

Wang ve ark. (2014) çalışmalarında kabuklu Makademya (*Macademia tetraphylla*) fındıklarının kurutulmasında yüksek frekanslı (YF) enerjinin kullanımını ve geleneksel sıcak havayla kurutma işlemlerinde gereken uzun sürenin kısaltılmasını araştırmışlardır. 27,12 MHz ve 6 kW ölçekli bir YF sistemi, operasyon parametrelerini, kuruma eğrisini ve işlenmiş fındıkların kalite özelliklerini belirlemek üzere kullanmışlardır. Sonuçlara göre 15,5 cm' lik bir elektrot aralığı ile 50 °C sıcak hava sıcaklığının kabul edilebilir bir ısıtma oranı ile istikrarlı numune sıcaklıkları sağladığını görmüşler ve bu değerleri sonraki kurutma testlerinde kullanmışlardır. Kurutma eğrileri üstel bozunma göstermiş, bütün fındıklarda 0,030 kg su/kg kuru madde olmak üzere son nem içeriğine ulaşmak için sıcak havayla kurutmada 750 dakika ve YF ısıtma ve kuru havayla kurutmada 360 dakika gerektiğini tespit etmişlerdir. Fındıkların kurutma kinetiklerini sıcak havayla kurutmada Page modeliyle tanımlamışlardır, ancak YF ve sıcak havayla kurutma için logaritmik bir modeli daha uygun bulmuşlardır. Hem sıcak havayla kurutma için, hem de YF kurutma için peroksit değeri ve serbest yağ asidi kurutma sürecinde arttığını ancak endüstrinin talep ettiği kabul edilebilir aralıkta kaldığını gözlemlemişlerdir. YF süreci fındık sanayisinde hızlı, tek tip ve kalite bakımından kabul edilebilir bir kurutma teknolojisi sunma potansiyeli taşıdığını belirtmişlerdir.

3.MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu kurutmada çalışma materyali olarak Gönen/Balıkesir yöresinden temin edilen Osmancık-97 çeşidi çeltik (*Oryza sativa* L.) kullanılmıştır (Şekil 3.1).

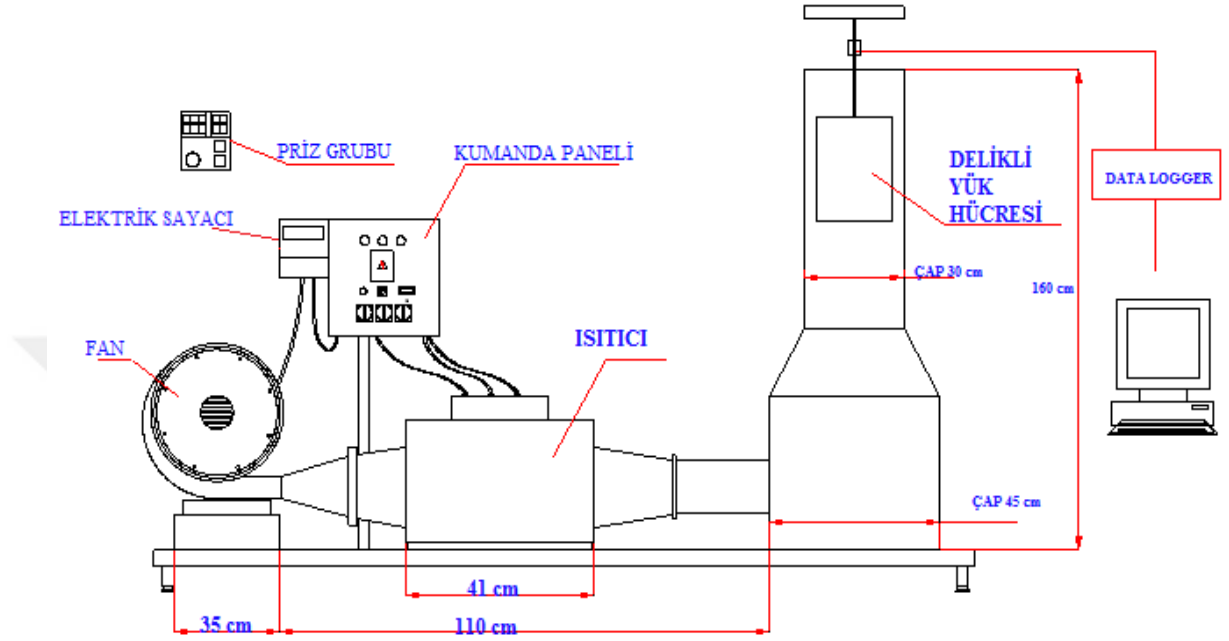


Şekil 3.1. Denemelerde kullanılan Osmancık-97 çeltik örneği

Osmancık-97 çeltiği 1997 yılında Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından ROCCA X EUROPA melezinden geliştirilen ve tescil ettirilen bir çeltik çeşididir. Bitki boyu 95-100 cm' dir. Yapraklar dik ve koyu yeşildir. Sağlam yapılı ve yatmaya dayanıklıdır. Çeltik taneleri sarı renkli ve uzundur. Çeltik bin tane ağırlığı 33-34 g' dır. 130-135 günde olgunlaşan, yüksek verim potansiyeline sahip bir çeşittir. Farklı ekolojilere uyum sağlayabilmektedir. Kök boğaz çürüklüğü hastalığına dayanıklıdır. Salkım boğum ve salkım yanıklığı hastalığına toleranslıdır. Pirinç randımanı %60-65 dir. Tanesi uzun, camsı ve mat görünüştedir. Pirinç bin tane ağırlığı 24-25 g' dır (Anonim 2014).

Çeltiğin kurutma denemeleri, Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından desteklenen ve proje yürütücülüğünü Doç. Dr. Eşref IŞIK' ın yaptığı UAP-Z-

2009/15 nolu proje kapsamında imal edilen ve Biyosistem Mühendisliği Bölümü “Kurutma-Soğutma ve Biyolojik Materyal” isimli laboratuvarda bulunan “Sıcak Hava Kurutma Düzenegi”nde gerçekleştirilmiştir(Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Kurutma düzeneginin şematiği

Düzenekte bir adet fan, ısıtıcı, depo, iletim boruları, kumanda paneli ve ölçme ve değerlendirme sistemi (data logger) bulunmaktadır. Kurutma düzenegi 60 cm derinlik, 196 cm uzunluk ve yerden yüksekliği 10 cm olan paslanmaz sacdan yapılmış tabla üzerine monte edilmiştir. Düzenekte kullanılan paslanmaz sacın kalınlıkları 1,5 – 2,0 mm arasındadır. Kullanılan fan orta basınç radyal tip olup, debisi saatte 1800 m³, statik basıncı 3,5 kPa, gücü 1,5 kW ve devri 2 800 devir/dakika’ dır. Fan da kullanılan motor GAMAK marka kompakt gövdeli motordur. Epoksi boyalı, yağış, nem ve toza dayanıklıdır. Teknik bilgiler Çizelge 3.1’ de ve fanın ve motorunun görüntüsü de Şekil 3.3’ te gösterilmiştir.

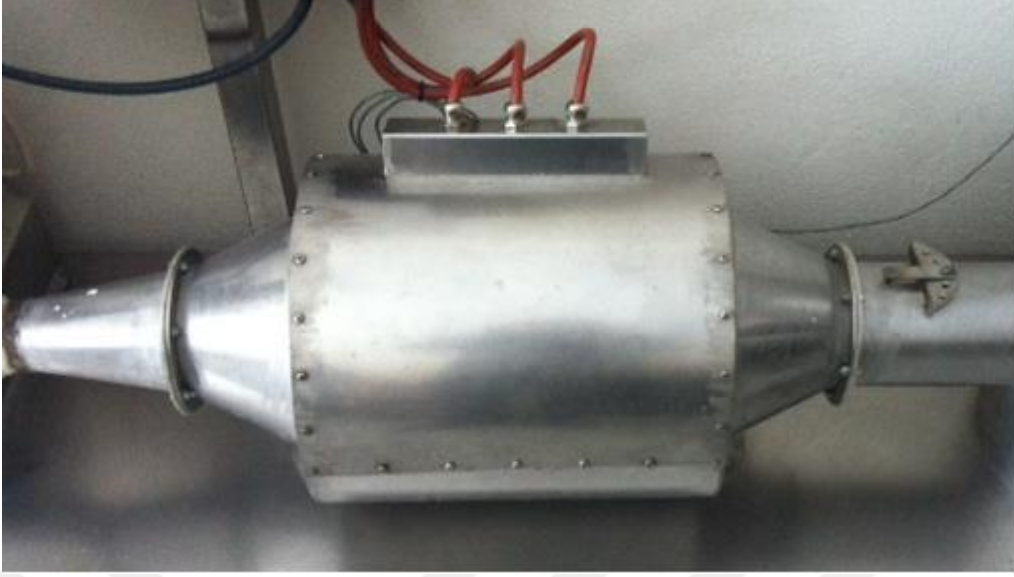
Çizelge 3.1. Fan motorunun teknik özellikleri

VOLT	Hz	A	kW	cosφ	1/dakika
Δ 220	50	5.8	1,5	0.81	2800
γ 380		3.35			



Şekil 3.3. Fan ve motorunun görüntüsü

Hava çıkış deliği 8 cm çapında olan aspiratörden çıkan hava 15 cm alt taban çapı, 25 cm üst çapı olan konik tünel içerisinde geçer ve rezistansların bulunduğu 30 cm çaplı silindirik bölme içerisine gelir. Bu bölmede üç adet rezistans bulunur ve toplam güçleri 10 kW' dır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Isıtıcı düzenek

Rezistanslar kontrol paneli (Şekil 3.5) tarafından istenen sıcaklığa göre ayarlanabilmektedir. Tek bir rezistans ya da üçü ya da her ikisi kontrol paneli tarafından çalıştırılıp kapatılabilir. Denemelerde üçünün de açık olduğu konumda çalışılmıştır.



Şekil 3.5. Kontrol paneli

Rezistanslardan geçen hava, materyalin içerisinde 10 kg olarak asılı halde bulunduğu, yukarı doğru çapı azalan silindirik tünel içerisinde geçerken bünyesinde tutabileceği kadar nem de alarak ortamdan uzaklaşır. Hava çıkış hızı 1 m/s' dir. Materyalin içinde asılı olarak bulunan silindirik bölmenin içerisinde 29 cm çaplı materyalin konulduğu yük hücresi bulunmaktadır. Yük hücresinin uzunluğu 96 cm' dir ve havanın içerisinde rahatça geçebileceği ve materyalin düşmesini de engellemek amacı ile sık ve küçük gözenekli hasır tel (gözenekleri 0,50 mm) kullanılmıştır. Materyalin konulduğu düzenek bir veri kaydedici aracılığı ile her bir dakikada ağırlık olarak bilgisayara aktarılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Yük hücresinin içinde bulunduğu, taban çapı 45 cm ve uç kısmı 30 cm olan silindirik tünel ve veri kaydedici ile bilgisayara aktarım düzeni

Enerji değerinin okunabilmesi için MAKEL marka bir adet üç fazlı dört telli aktif elektronik elektrik sayacı kullanılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Kurutma için harcanan enerji değerlerinin okunduğu sayaç

Düzenekte genel olarak farklı çaplardaki parçaların birleşimi için kaynak yapılmıştır. Genel bağlantılar perçin, vida, cıvata somun grubu ile sabitlenmiştir. Düzenegın genel görünüş fotoğrafı Şekil 3.8’ de gösterilmiştir.

Denemelerde bir adet %0.01 hassasiyetteki dijital nem ölçer (Pfeuffer HE 50, Almanya), bir adet 0,1 m/s hassasiyete sahip dijital anemometre(Thimes Clima, Almanya), bir adet hassas terazi(RADWAG PS4500/C/2, Polonya) kullanılmıştır.



Şekil 3.8. Laboratuvar tipi sıcak hava ile kurutma düzeneğinin genel fotoğrafı

3.2. Yöntem

3.2.1. Çeltiğin başlangıç ve sonuç nemlerine bağlı olarak fiziksel ve mekaniksel özelliklerini belirleme yöntemi

Çeltikler temin edildiğinde başlangıç nem değeri %14 (y.b.) kuru baz değerine sahipti. Çeltikler deney zamanına kadar serin bir yerde bekletildi. Kurutma için gereken kadar (10 kg) çeltikler deney başlangıç nemine getirilmek için su püskürtme yöntemiyle nemlendirildi. Nemlendirilmiş çeltikler iyice karıştırıldı ve ağzları sıkıca kapatılarak deney zamanına kadar +4 °C sıcaklığında buzdolabında bekletildi.

Tanelerin nem içeriği %0,01 hassasiyetteki dijital nem ölçer (Pfeuffer HE 50, Almanya) ile belirlenmiştir. Tohumların boyutlarını belirlemek için, uzunluk (L), genişlik (W) ve kalınlık (T) 0,01 mm hassasiyetindeki dijital kumpas (Tronic, Güney Kore) kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Tohumların uzunluk, kalınlık, genişlik ve kullanılan kumpasın görüntüleri

Tanelerin aritmetik çapı (D_a) ve geometrik çapı (D_g) aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Mohsenin 1970, Ünal ve ark. 2006, İzli 2007).

$$D_a = (L + W + T) / 3 \quad (3.1)$$

$$D_g = (LWT)^{1/3} \quad (3.2)$$

Küresellik ise,

$$\emptyset = (LWT)^{1/3} / L \quad (3.3)$$

Eşitliğiyle hesaplanmıştır (Mohsenin 1970, İzli 2007).

Bin tane ağırlığı 0,001g hassasiyetindeki elektronik teraziyle (RADWAG PS4500/C/2, Polonya) belirlenmiştir. Osmancık-97 çeltik tohumlarının yüzey alanı, geometrik ortalama çapa bağlı olarak, (A_s) aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (İzli 2007).

$$A_s = \pi D_g^2 \quad (3.4)$$

Çeltik tanelerinin sürtünme katsayıları beş farklı yapısal malzemeye karşı (paslanmaz, MDF, galvaniz, alüminyum ve kauçuk), Şekil 3.10’ da gösterilen deney düzeneğinde belirlenmiştir.



Şekil 3.10. Çeltik tanelerinin yuvarlanma açısı belirleme deney düzeneği görünüşü

50 mm çapında 100 mm yüksekliğindeki polyvinylchloride silindir borunun içine örnek tohumları doldurulmuştur. Bu silindir ters çevrilerek test yüzeyine uygun şekilde konulmuş yüzeye değmeden kaldırılmış ve bu şekilde ürünler test yüzeyine bırakılmıştır. Vidalı test mekanizması harekete geçirilerek yapı yukarıya doğru kaldırılmış ve ürünlerin yarısının kaymaya başladığı anda yuvarlanma açıları

kaydedilmiştir (Ünal ve ark. 2006, İzli 2007). Sürtünme katsayısı aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$\mu = \tan \alpha \quad (3.5)$$

Eşitlikte μ sürtünme katsayısı, α yuvarlanma açısıdır.

3.2.2. Çeltiğin sıcak havayla kurutulması yöntemi

Çalışmalarda her bir deneme için 10 kg çeltik kullanılarak 1 m/s hava hızı ile düzenek çalıştırılmıştır. Hava sıcaklığı olarak literatür bilgileri ışığında 50, 60, 70 ve 80 °C hava seçilerek kurutma denemeleri gerçekleştirilmiştir (Taylı ve ark. 2009).

Denemeler sırasında her dakikada bir, ağırlık, her 15 dakikada bir, enerji tüketim değerleri ölçülerek, analiz yapmak amacıyla bilgisayara aktarılmıştır. Kurutma sonrası istenilen neme ulaşma aşağıdaki formülden yola çıkılarak, ağırlık üzerinden takip edilmiştir. Biyolojik malzemenin nem kazanımını sağlamak için kullanılan ve kuru baza göre nem tayini aşağıdaki eşitlikler kullanılarak yapılmıştır (Işık ve Ünal 2007). Biyolojik malzemenin nem kazanımı;

$$Q = W_i \left(\frac{M_f - M_i}{100 - M_f} \right) \quad (3.6)$$

Q= Biyolojik malzemeye (tohum, dane vb.) eklenen su kütlesi

W_i= Biyolojik malzemenin başlangıç kütlesi (kg)

M_f= Biyolojik malzemenin son nem içeriği (% k.b.)

M_i= Biyolojik malzemenin başlangıç nem içeriği (%)

Kuru baza göre nem tayini;

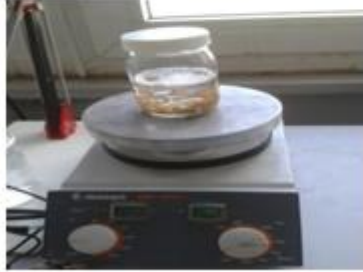
$$Nem (\%) = \frac{W_o - W}{W} \times 100 \quad (3.7)$$

W= Kuru ürün ağırlığı (kg)

W_o= Yaş ürün ağırlığı (kg)

Bu parametreler dışında, her denemenin sonunda kurutulan çeltik tanelerin çimlenme hızı ve gücü oranları da aşağıda belirtilen yöntemler ile belirlenmiştir.

Araştırma iki aşamalı olarak yürütülmüştür. Denemenin birinci aşamasında materyal kurutma işlemine tabi tutulmuştur. İkinci aşamasında ise Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Laboratuvarında çimlendirme testleri yapılmıştır. Laboratuvar denemesi farklı kurutma sıcaklıklarının çeltik çimlenmesi üzerine etkisini belirlemek amacıyla, beş kurutma sıcaklığında (Kontrol, 50°C, 60°C, 70°C ve 80°C) Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre üç tekrarlamalı olarak oluşturulmuştur. Benzer büyüklükte farklı sıcaklıklarda kurutulan çeltik çeşidine ait tohumlar önce %1 sodyum hipoklorit çözeltisinde 10 dakika bekletilerek yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur (Dahanda ve ark. 2004). Daha sonra üzerlerindeki sodyum hipokloriti uzaklaştırmak için tohumlar steril saf su ile üç defa yıkanmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Tohumların yüzey sterilizasyonu

Steril edilmiş tohumlar içerisinde 15 ml saf su bulunan önceden steril edilmiş 15 cm çaplı petri kaplarına, her kaba 50 tohum olacak şekilde, yine önceden steril edilmiş özel filtre kağıtları arasına yerleştirilmiştir (Şekil 3.12). Petri kapları daha sonra çimlendirme kabine alınarak sabit sıcaklıkta (25 °C) sürekli karanlıkta 5 gün süresince çimlenmesi (ISTA 2006) ve 14 gün süresince de erken fide gelişiminin incelenmesi için bırakılmıştır. Kökçükleri 1 mm kadar uzamış tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir.



Şekil 3.12. Tohumların petri kaplarına yerleştirilmesi

Laboratuvar denemesinde çimlenme süresince (5'inci gün) belirlenen özellikler aşağıda verilmiştir.

- Çimlenme hızı: 5 gün sonunda petri kaplarında çimlenen tohumlar sayılmış ve çimlenme oranları (%) olarak belirlenmiştir.

Erken fide gelişim döneminde (çimlenmeye bırakıldıktan 14 gün sonra) her petri kabından tesadüfi olarak seçilmiş beş bitki üzerinde belirlenen özellikler aşağıda verilmiştir.

- Çimlenme gücü: 14 gün sonunda petri kaplarında çimlenen tohumlar sayılmış ve çimlenme oranları (%) olarak belirlenmiştir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Tohumların çimlenme oranlarının belirlenmesi

Çeltiğin sıcak hava ile kurutulmasında;

- a) Enerji tüketim değeri
- b) Çalışma ortam sıcaklığı
- c) Ürünün kurutulduğu sıcaklık
- d) Kurutucu hazneye hava giriş ve çıkış hızları
- e) Kurutulacak ürün ağırlığı
- f) Kurutulmuş ürün ağırlığı gibi parametreler ölçülmüş ve kaydedilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1. Çeltiğin Başlangıç ve Sonuç Nemlerine Bağlı Olarak Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri

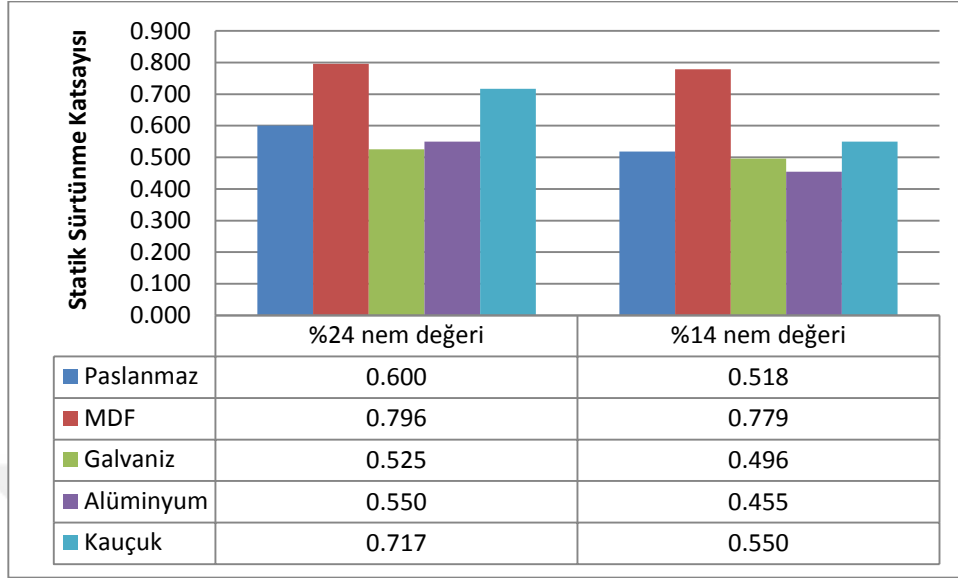
Denemelerde kullanılan başlangıç (%24) ve son nemdeki (%14) çeltiğe ait en, boy kalınlık, yüzey alanı, küresellik, aritmetik ortalama çap, geometrik ortalama çap ve bin tane ağırlığı değerleri Çizelge 4.1’ de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Başlangıç ve son nem değerlerinde çeltik tanelerinin fiziksel ve mekaniksel özellikleri

Parametreler	Nem Değeri (% y.b.)	
	%24	%14
	Fiziksel ve Mekaniksel Özellikler	
Uzunluk (mm)	9,10	8,94
Genişlik (mm)	3,50	3,07
Kalınlık (mm)	2,30	2,01
Yüzey Alanı (mm ²)	54,89	44,41
Küresellik (%)	45,93	42,00
Aritmetik Ortalama Çap (mm)	4,97	4,64
Geometrik Ortalama Çap (mm)	4,18	3,76
Bin tane ağırlığı (g)	35,28	31,68

Çizelge 4.1’ de yer alan uzunluk, genişlik ve kalınlık ölçüleri için yüz adet tohum üzerinden ölçüm yapılmış ve ortalamaları alınmıştır. Çıkan rakamlar doğrultusunda da yüzey alanı, küresellik, aritmetik ortalama çap ve geometrik ortalama çap değerleri elde edilmiştir. Bin tane ağırlığı hassas terazide on tekerrür yapılarak elde edilmiştir. Çizelge 4.1 incelendiğinde, çeltikte %24’ den %14 nem azalışında %1,78 uzunlukta, %14 genişlikte, kalınlıkta ise %14,42 oranında bir azalış görülmektedir. Bu azalış oranları yüzey alanında %23,60 küresellikte %9,36 bin tane ağırlığında %11,36 olarak gerçekleşirken, aritmetik ortalama çapta %7,11 ve geometrik ortalama çapta %11,17’ lik bir azalış söz konusudur. Şekil 4.1’ de başlangıç ve son neme bağlı olarak çeltik danelerine ilişkin nem-statik sürtünme katsayısı arasındaki ilişki görülmektedir. Yuvarlanma açısı tespit düzeneğinde alüminyum, kauçuk, paslanmaz çelik, MDF ve galvaniz sac kullanılmıştır. Başlangıç nemindeki (%24) çeltiklerin statik sürtünme katsayısı kauçuk malzemede 0,72, paslanmaz çelik malzemede, alüminyum malzemede, MDF malzemede ve galvaniz sac malzemede sırası ile 0,60, 0,55, 0,80, 0,53 olarak tespit edilmiştir. Son nemdeki (%14) çeltiklerin statik sürtünme katsayısı kauçuk

malzemede 0,55 iken, paslanmaz çelik malzemede 0,52, alüminyum malzemede 0,46, MDF malzemede 0,78 ve galvaniz sac malzemede 0,50 olarak saptanmıştır.

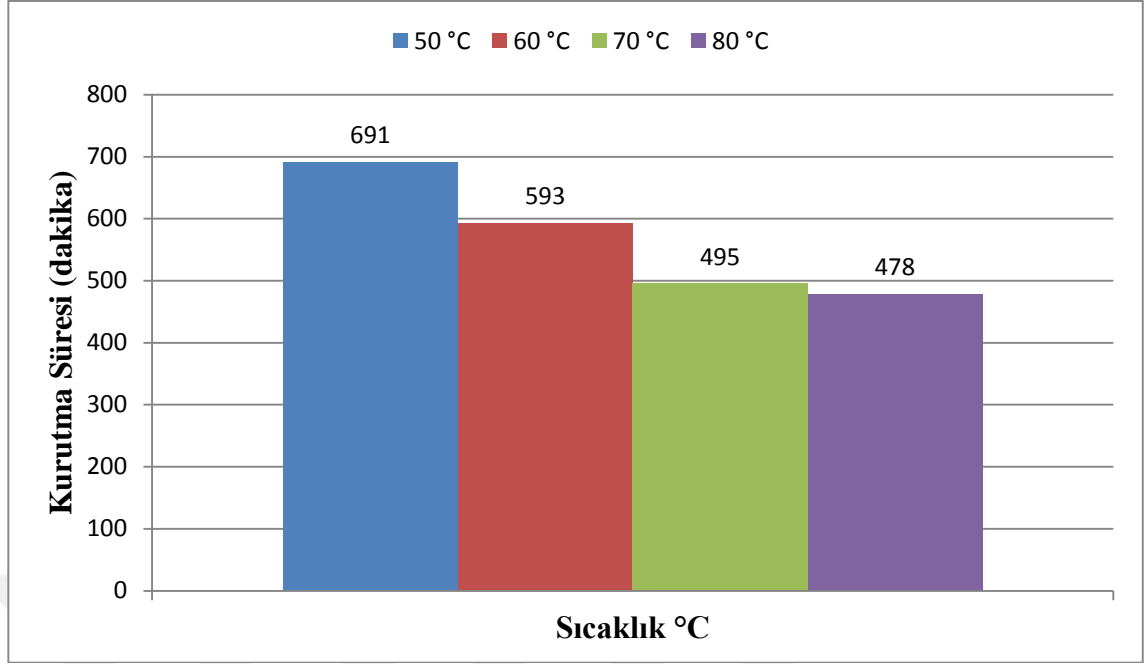


Şekil 4.1. Çeltikte nem içeriğinin statik sürtünme katsayısına etkisi

4.2. Nem Zaman ilişkisi

4.2.1. Dört farklı sıcak hava ile kurutmada nem zaman ilişkisi

Kurutulan %24 nemdeki ürünler, uygun depolama nemi olan %14 nem değerine kadar kurutulmuştur. Toplam kurutma süreleri Şekil 4.2’ de verilmiştir. Şekil 4.2 incelendiğinde, 80 °C’ de toplam kurutma süresinin 478 dakika, 70 °C’ de 495 dakika, 60 °C’ de 593 dakika, 50 °C’ de ise 691 dakika olarak tespit edilmiştir.



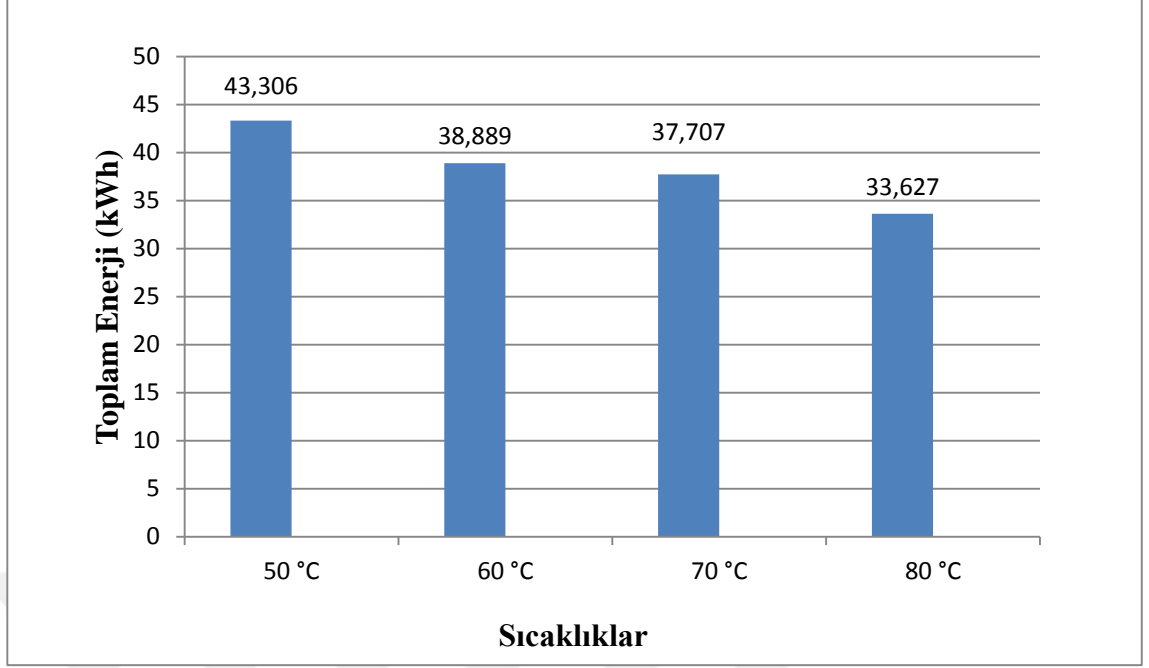
Şekil 4.2. Çeltiğin farklı sıcaklıklardaki kurutma süreleri

Yapılan incelemeler sonucu 50 °C sıcaklıkta kurutma süresinin en yüksek olduğu, 80 °C ise havanın bünyesinde tutabileceği nem miktarı fazla olduğundan dolayı, kurutma süresinin en az olduğu sıcaklık olarak tespit edilmiştir.

4.3. Enerji Tüketimi

4.3.1. Dört farklı sıcak hava ile kurutmada enerji tüketimi

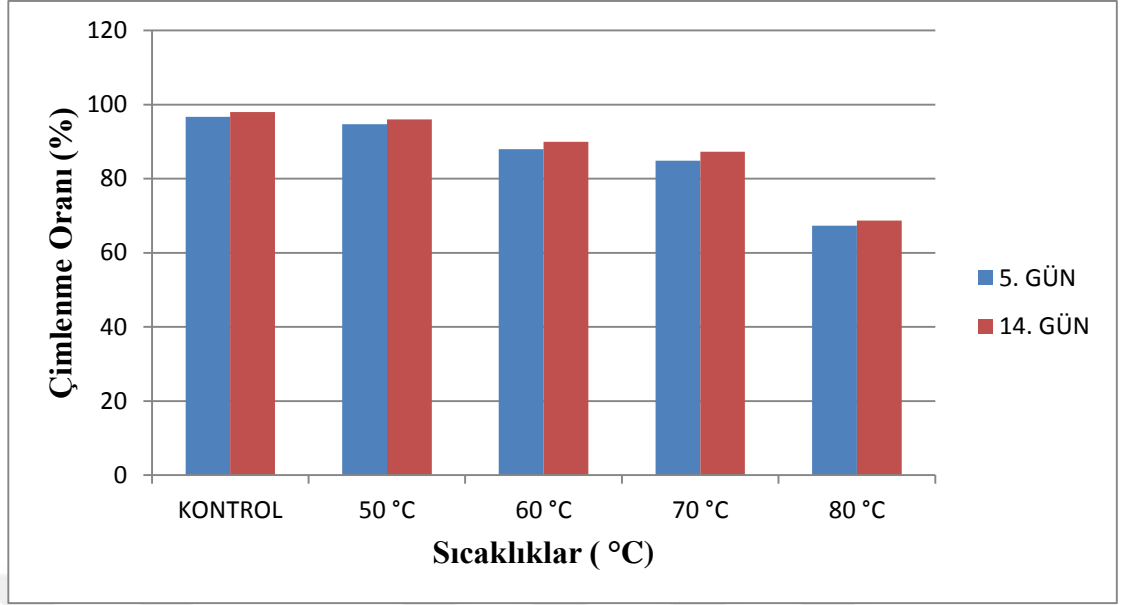
Dört farklı sıcaklıktaki toplam enerji tüketim değerleri Şekil 4.3' de verilmiştir. Dört farklı sıcaklık incelendiğinde 50 °C kurutmada 43,306 kWh, 60 °C kurutmada 38,889 kWh, 70 °C kurutmada 37,707 kWh ve 80 °C kurutmada 33,627 kWh enerji tüketildiği belirlenmiştir. En fazla enerji tüketimi 43,306 kWh ile 50 °C sıcaklıkta, en az enerji tüketimi 33,627 kWh ile 80 °C sıcaklıkta elde edilmiştir. 80 °C' de aslında daha büyük bir elektrik gücü tüketilirken, kuruma süresi kısa olduğundan toplam kuruma işleminde tüketilen elektrik enerjisi miktarı düşük olmaktadır.



Şekil 4.3. Kurutmada toplam enerji tüketim değerleri

4.4. Çimlenme Oranları

Laboratuvar denemesinden elde edilen veriler Tesadüf Parsellerinde Deneme Desenine göre varyans analizi yapılmıştır. Araştırmada incelenen özelliklerin ortalama değerleri arasındaki farkların istatistiki anlamda önemlilikleri, JUMP paket programı kullanılarak belirlenmiştir. Dört farklı sıcaklıkta kurtulan çeltiğin çimlenme oranları Şekil 4.4' de verilmiştir. Kurutulan çeltiklerin 5'inci gün çimlenme oranları 50 °C sıcaklıkta % 94,7; 60 °C sıcaklıkta % 88,7; 70 °C sıcaklıkta % 84,0 ve 80 °C sıcaklıkta % 67,3 olmuştur. 5'inci gün çimlenme oranlarına göre en fazla % 94,7 ile 50 °C sıcaklıkta olurken en az % 67,3 ile 80 °C sıcaklıkta olmuştur. Kurutulan çeltiklerin 14'üncü gün çimlenme oranları 50 °C sıcaklıkta % 96,0; 60 °C sıcaklıkta % 90,0; 70 °C sıcaklıkta % 87,3 ve 80 °C sıcaklıkta % 68,7 olmuştur. 14'üncü gün çimlenme oranlarına göre en fazla % 96,0 ile 50 °C sıcaklıkta olurken en az % 68,7 ile 80 °C sıcaklıkta olmuştur.



Şekil 4.4. Çeltiğin farklı sıcaklıklardaki çimlenme oranları

Çizelge 4.3’ de kurutulan çeltiklerin 5’inci ve 14’üncü gün çimlenme oranlarına ait varyans analizi sonuçları gösterilmektedir. Yapılan varyans analizine göre %1 düzeyinde gruplar arasında fark bulunmuştur (Bayram 2015).

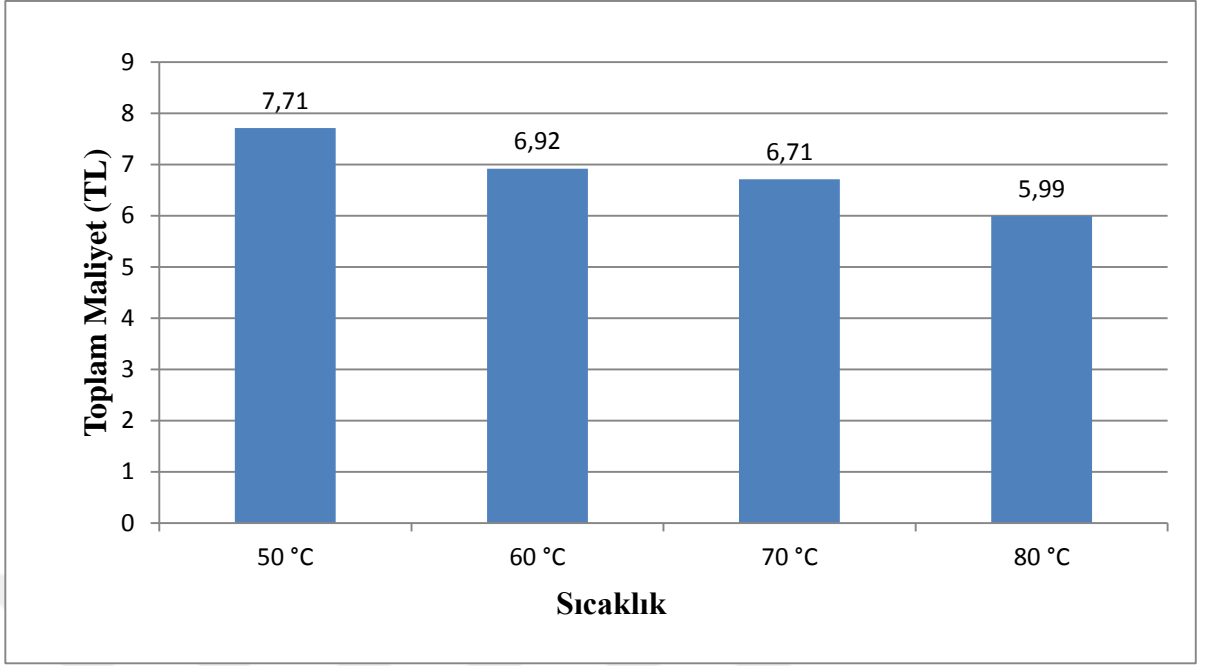
Çizelge 4.3. Farklı kurutma sıcaklıklarının çeltik çimlenme komponentleri üzerine etkisi

Kurutma Sıcaklığı	5.gün (Çimlenme Hızı) Çimlenme Oranı (%)	14.gün (Çimlenme Gücü) Çimlenme Oranı (%)	Kök Ağırlığı (g)	Sap Ağırlığı (g)	Kuru Kök Ağırlığı (g)	Kuru Sap Ağırlığı (g)	Kök Uzunluğu (cm)	Sap Uzunluğu (cm)
Kontrol	96,7 a	98,0 a	1,21 a	1,99 a	0,19 a	0,21 a	10,79	8,41
50	94,7 a	96,0 a	1,19 a	1,69 b	0,16 ab	0,18 ab	10,68	8,18
60	88,0 b	90,0 b	1,09 a	1,65 b	0,15 b	0,17 b	9,86	8,16
70	84,0 c	87,3 b	1,05 a	1,48 b	0,15 b	0,16 b	9,28	7,87
80	67,3 d	68,7 c	0,69 b	0,95 c	0,09 c	0,09 c	7,57	7,09
Varyans Analizi								
Sıcaklık	**	**	*	**	**	**	ns	ns

** %1 önemli, * %5 önemli, ns önemsiz

4.5. Maliyetler

Dört farklı sıcaklıktaki toplam enerji maliyetleri Şekil 4.5' de verilmiştir. 50 °C' deki kurutma maliyeti 7,71 TL, 60 °C sıcaklıkta 6,92 TL, 70 °C sıcaklıkta 6,71 TL, 80 °C sıcaklıkta 5,99 TL olmuştur. Toplam maliyetlere göre en fazla 7,71 TL ile 50 °C sıcaklıkta kurutulan çeltikler olurken en düşük 5,99 TL ile 80 °C sıcaklıkta kurutulan çeltikler olmuştur.



Şekil 4.8. Kurutmalarda toplam maliyet

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Denemelerde kullanılan çeltiğin başlangıç (% 24) ve son nemine (% 14) göre fiziksel ve mekaniksel özellikleri belirlenmiştir. Çeltiğin başlangıç ve son nemlerine göre boyutları uzunluk 9,10; 8,94 mm, genişlik 3,50; 3,07 mm ve kalınlık 2,30; 2,01 mm olarak belirlenmiştir. Yüzey alanı 54,89; 44,41 mm², küresellik % 45,93; 42,00, aritmetik ortalama çap 4,97; 4,64 mm, geometrik ortalama çap 4,18; 3,76 mm, bin tane ağırlığı 35,28; 31,68 g olarak saptanmıştır. Statik sürtünme katsayısı incelendiğinde başlangıç ve son neme göre kauçuk malzemede 0,72; 0,55, paslanmaz çelik malzemede 0,60; 0,52, alüminyum malzemede 0,55; 0,46, MDF malzemede 0,80; 0,78 ve galvaniz sac malzemede 0,53; 0,50 olarak saptanmıştır. Statik sürtünme katsayı sonuçları incelendiğinde başlangıç ve son neme göre en büyük fark kauçuk malzemede görülürken en küçük fark MDF malzemede görülmektedir. Çatak 2008 yılında yapmış olduğu yüksek lisans çalışmasında ise kurutma öncesi nem değeri 16,6; 21,5 neme sahip, kurutma sonrası 13,6; 14,5 neme sahip çeltikte çalışmıştır. Başlangıç ve son nem değerlere göre uzunluk, genişlik ve kalınlık için sırası ile 8,8; 8,72, 3,20; 3,15, 2,18; 2,16 sonuçlarını elde etmiştir. Geometrik ortalama çap, küresellik ve yüzey alanını son neme göre değerlerini ise sırası ile 3,89 mm - %44,7 – 47,73 mm² olarak tespit etmiştir. İki çalışmada benzer sonuçlar tespit edilmiştir. Aradaki farklılıklar başlangıç ve son nemlerin ayrıca kurutma düzeneğindeki kapasitelerin her iki çalışmada da farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Yapılan denemelerde kurutma sıcaklığı olarak 50-60-70-80 °C sıcaklıklar kullanılmıştır. Denemelerde kurutma süresine göre en kısa sürenin 478 dakika ile 80 °C sıcaklıkta yapılan kurutmanın olduğu belirlenmiştir. En uzun kurutma süresinin ise 691 dakika olan 50 °C de olduğu belirlenmiştir. Taylı ve arkadaşlarının 2009 yılında yapmış oldukları çalışmalarında ise güneşte, gölgede ve 40 °C sıcaklıkta depo tipi kurutucuda çeltiği kurutmuşlardır. Yaptıkları çalışmada 40 °C sıcaklıktaki kurutma süresini 360 dakika olarak belirlemişlerdir. İki çalışma arasındaki farklılıkların en büyük sebebi kurutma sisteminin teknik özellikleri ve kurutulan ürün miktarlarının farklı olmasıdır.

Denemelerde, çeltiklerin kurutulmasında harcanan enerji miktarlarına göre en fazla harcanan enerjinin 43,306 kWh olan 50 °C’ de olduğu, en az harcanan enerjinin 33,627 kWh olan 80 °C’ de olduğu tespit edilmiştir. Çeltiğin kurutma maliyetleri

incelendiğinde en fazla 7,71 TL ile 50 °C sıcaklıkta kurutulan çeltikler olurken en düşük 5,99 TL ile 80 °C sıcaklıkta kurutulan çeltikler olmuştur. Taylı ve arkadaşlarının 2009 yılında yapmış oldukları çalışmalarda 40 °C’ de kuruttukları çeltiklerin kurutma maliyetini saatlik 90 TL, toplam 6 saat kurutma süresi sonunda 540 TL toplam maliyet tespit etmişlerdir. Sonuçlarda ki farklılığın en büyük sebebi; Taylı ve arkadaşlarının kullandığı makinalar yüksek kapasiteli olduğu için kiralama usulü çalışmış olmalarıdır. Çeltiklerin çimlenme hızı (5.gün çimlenme oranı) oranları incelendiğinde, 50 °C’ de kurutulan çeltiklerin en yüksek orana sahip olduğu (%94,7), en düşük oranın ise %67,3 ile 80 °C’ de olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklık artışının çimlenme oranlarında azalma meydana getirdiği belirlenmiştir.

Çeltiklerin çimlenme gücü (14.gün çimlenme gücü) oranları incelendiğinde, yine en yüksek oran olan %96,0 ile 50 °C’ de kurutulan çeltiklerde olduğu görülmüştür. En düşük oran ise %68,7 ile 80 °C’ de kurutmada gerçekleşmiştir. Taylı 2008 yılında yaptığı çalışmalarında benzer sonuçlar elde etmiştir. En iyi 5.gün çimlenme oranlarını %98,0 ve %97,2 ile gölgede ve güneşte kurutmada elde etmiştir. Gölgede ve güneşte kurutmada sıcaklıklar ortalama olarak 17-20 °C arasında olduğunu belirlemiştir. Yüksek kapasiteli kurutucuda elde ettiği 40 °C’ de kuruttuğu çeltiklerin çimlenme oranını %84,62 olduğunu görmüştür. Her iki denemelerde de düşük sıcaklıklarda kurutmanın çimlenme oranlarında avantaj sağladığı görülmüştür.

Sıcak hava ile kurutmada kurutma sıcaklığını kurutulacak ürünün miktarına ve kullanım yerine göre doğru bir şekilde tespit etmek gerekir. Yüksek sıcaklıkta kurutma işlemi, zaman, harcanan enerji ve maliyet bakımından avantajlı gözükse de eğer ürün tohum olarak kullanılacak ise yüksek sıcaklık sakıncalıdır. Çünkü 5’inci ve 14’üncü gün çimlenme oranlarına bakıldığında sıcaklık artışı ile çimlenme oranlarının azalması doğru orantılıdır. Eğer çeltik tohumluk değil de başka amaç ile kullanılacaksa yüksek sıcaklıkta kurutma tercih edilebilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Anonim, 2011.** Ulusal hububat konseyi çeltik raporu.
http://uhk.org.tr/dosyalar/UHK_celtikraporu.pdf -(Erişim tarihi: 09.01.2015).
- Anonim, 2013.** Toprak mahsulleri ofisi genel müdürlüğü. Hububat Sektör Raporu.
<http://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/raporlar/2013hububatsektorraporu.pdf> -
(Erişim tarihi: 30.01.2015).
- Anonim, 2014.** Trakya tarımsal araştırma enstitüsü müdürlüğü.
<http://arastirma.tarim.gov.tr/ttae/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=17> -(Erişim Tarihi: 12.11.2014).
- Baş, B. 2010.** Mısırın çeşitli kurutma yöntemleriyle kurutulması üzerine bir araştırma. *Yüksek Lisans Tezi*, Namık Kemal Üniversitesi, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Bayram, G., 2015. Yazılı Görüşme.** Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bursa, (Görüşme tarihi: 02.04.2015), gbyram@uludag.edu.tr
- Bualuang, O., Tirawanichakul, Y., Tirawanichakul, S. 2013.** Comparative study between hot air and infrared drying of parboiled rice: kinetics and qualities aspects. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37 (2013): 1119-1132.
- Çatak, S. 2008.** Trakya bölgesindeki çeltik kurutma tesislerinde aşırı kurutma probleminin kalite ve ekonomik açıdan etkilerinin saptanması. *Yüksek Lisans Tezi*, Namık Kemal Üniversitesi, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Cermak, S.C., Isbell, T.A., Isbell, J.E., Akerman, G.G., Lowery, B.A., Deppe, A.B. 2005.** Batch drying of cuphea seeds. *Industrial crops and products*, 21: 353-359.
- Dhanda, S. S., Sethi, G. S., Behl, R. K. 2004.** Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. *J. Agron & Crop Sci.*, 190: 6-12.
- Doungporn, S., Poomsa-ad, N., Wiset, L. 2012.** Drying equations of Thai Hom Mali paddy by using hot air, carbon dioxide and nitrogen gases as drying media. *Food and Bioproducts Processing*, 90 (2012): 187-198.
- FAO, 2015.** Food and Agriculture Organization of The United Nations Statistics Division. <http://faostat3.fao.org/download/P/PP/E> -Erişim Tarihi: (04.05.2015).
- Hachafizoğlu, O. 1995.** Çeltik kurutmada optimizasyon. *Yüksek Lisans Tezi*, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Edirne.
- IGC, 2015.** International Grains Council.
<http://www.igc.int/downloads/publications/wgsindex.pdf> -Erişim Tarihi: (04.05.2015).

ISTA, 2006. Internatioanal rules for seed testing, edition 2006, international seed testing association, ISTA, Zurich, Switzerland.

Işık, E., Alibaş, İ. 2000. Tarımsal ürünlerin kurutulmasında kullanılan yöntemler ve kurutma sistemleri. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yardımcı Ders Notu No:3, Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa. S.1-4.

Işık, E., Ünal, H. 2007. Moisture-dependent physical properties of white speckled red kidney bean grains. *Journal of Food Engineering*, 82: 209-216.

İzli, N. 2007. Mısırın sıcak hava ile akımıyla kurutulmasında kurutma parametrelerinin belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Bursa.

İzli, N., Işık, E. 2010. Determination of economic cost, vigour and rate germination in batch drying of maize seeds. *International Agrophysics*, 24: 93-96.

Jittanit, W., Srzednicki, G., Driscoll, R. 2010. Corn, rice, and wheat seed drying by two-stage concept. *Drying Technology*, 28: 807-815.

Kalwar, M. I., Raghavan, G. S. Y. 1993. Batch drying of shelled corn in two-dimensional spouted beds with draft plates. *Drying Technology*, 11(2): 339-354.

Karaaslan, S. 2008. Sebze ve endüstri bitkilerinin mikrodalgayla kurutulması üzerine çalışmalar. *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Adana.

Madhiyanon, T., Soponronnarit, S. 2005. High temperature spouted bed paddy drying with varied downcomer air flows and moisture contents: Effects on drying kinetics, critical moisture content, and milling quality. *Drying Technology*, 23: 473-495.

Mohsenin, N. N. 1970. Physical properties of plant and animal materials (2nd Ed.). *Journal of Food Engineering*, 57: 25-335.

Nguyen, H. L., Driscoll, R. H., Srzednicki, G. 2001. Drying of high moisture content paddy in a pilot scale triangular spouted bed dryer. *Drying Technology*, 19(2): 375-387.

Ocaklı, I. 2012. İldeki çeltik işletmelerinin analizi sektörün bölgesel rekabet gücü, sorunlar, öneriler. Edirne İli Çeltik Sektör Raporu. <http://investinedirne.org.tr/uploads/docs/06112013MLHBom.pdf> -(Erişim tarihi: 09.01.2015).

Pfeifer, A.A., Murata, V.V., Barrozo, M.A.S. 2010. Modelling of soybean seed drying in concurrent sliding bed dryers: Effect of the number of stages on the seed quality and drying performance. *Biosystems Engineering*, 107: 341-348.

Rattanamechaiskul, C., Soponronnarit, S., Prachayawarakorn, S., Tungtrakul, P. 2013. Optimal operating conditions to produce nutritious partially parboiled brown rice in a humidified hot air fluidized bed dryer. *Drying Technology*, 31: 368-377.

Rumruaytum, P., Borompichaichartkul, C., Kongpensook, V. 2014. Effect of drying involving fluidisation in superheated steam on physicochemical and antioxidant properties of Thai native rice cultivars. *Journal of Food Engineering*, 123 (2014): 143-147.

Sarker, M.S.H., Ibrahim, M.N., Aziz, N.A., Salleh, P.M. 2014. Energy and rice quality aspects during of freshly harvested paddy with industrial inclined bed dryer. *Energy Conversion and Management*, 77 (2014): 389-395.

Siddique, A.B., Wright, D. 2003. Effects of different drying time and temperature on moisture percentage and seed quality of pea seeds. *Asian Journal of Plant Sciences*, 2(13): 978-982.

Sogi, D.S., Shivhare, U.S., Garg, S.K., Bawa, A.S. 2003. Water sorption isotherm and drying characteristics of tomato seeds. *Biosystems Engineering*, 84 (3): 297-301.

Srisang, N., Varanyanond, W., Soponronnarit, S., Prachayawarakorn, S. 2011. Effects of heating media and operating conditions on drying kinetics and quality of germinated brown rice. *Journal of Food Engineering*, 107 (2011): 385-392.

Swasdisevi, T., Devahastin, S., Thanasookprasert, S., Soponronnarit, S. 2013. Comparative evaluation of hot-air and superheated-steam impinging stream drying as novel alternatives for paddy drying. *Drying Technology*, 31: 717-725.

Taylı, T. 2008. Çeltiğin farklı yöntemlerle kurutulmasında bazı kurutma parametrelerinin saptanması. *Yüksek Lisans Tezi*, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Tekirdağ.

Taylı, T., Toruk, F., Ülger, P. 2009. Çeltiğin kurutulması ve kurutma parametrelerinin saptanması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6 (1): 37-43.

Tunaboyu, F. 2011. Haşlanmış buğday, mısır ve bezelyenin kurutulmasında güneş enerjili-fiskiyeli yataklı kurutucunun kurutulması. *Yüksek Lisans Tezi*, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara.

TÜİK, 2015. Türkiye İstatistik Kurumu.

<http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist> –Erişim tarihi: (04.05.2015).

USDA, 2015. United States Department of Agriculture.

<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdReport.aspx?hidReportRetrievalName=World+Rice+Production%2c+Consumption%2c+and+Stocks&hidReportRetrievalID=681&hidReportRetrievalTemplateID=7> –Erişim Tarihi: (04.05.2015).

Ünal, H., Işık, E., Alpsoy, H. C. 2006. Some physical and mechanical properties of black-eyed pea grains. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9 (9): 1799-1806.

Wongpornchai, S., Dumri, K., Jongkaewwattana, S., Siri, B. 2004. Effects of drying methods and storage time on the aroma and milling quality of rice (*Oryza sativa* L.) cv. Khao Dawk Mali 105. *Food Chemistry*, 87 (2004): 407–414.

Wang, Y., Zhang, L., Johnson, J., Gao, M., Tang, J., Powers, J. R., Wang, S. 2014. Developing hot air-assisted radio frequency drying for in-shell macadamia nuts. *Food Bioprocess Technol*, 7: 278-288.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hilal ERDOĞAN

Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa, 24.11.1987

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Bursa Atatürk Anadolu Lisesi, 2004

Lisans : Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım
Makinaları Bölümü,

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Madosan A.Ş. 2012-2013
Pilot A.Ş. 2013-2014

İletişim (e-posta) : hilalerdogan@uludag.edu.tr