

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**KAHVALTILIK GEVREKLERİ ZENGİNLEŞTİRMEK
AMACIYLA ÜRETİLEN DONDURARAK KURUTULMUŞ
KESTANENİN KALİTE KRİTERLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Elif YURDAKUL

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu: 614.02.00

Sunuş Tarihi: 05. 09. 2008

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. S. Nur DİRİM

Bornova-İZMİR

III

KABUL VE ONAY

Elif YURDAKUL tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan **“Kahvaltılık gevrekleri zenginleştirmek amacıyla üretilen dondurarak kurutulmuş kestanenin kalite kriterlerinin değerlendirilmesi”** başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 05/09/2008 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı : Yrd. Doç. Dr. S. Nur DİRİM

Raportör Üye: Prof. Dr. Figen ERTEKİN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Semih ENGEZ

V

ÖZET

KAHVALTILIK GEVREKLERİ ZENGİNLEŞTİRMEK AMACIYLA ÜRETİLEN DONDURARAK KURUTULMUŞ KESTANENİN KALİTE KRİTERLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

YURDAKUL, Elif

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Bölümü
Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. S. Nur DİRİM
Eylül, 2008, 184 sayfa

Bu çalışmada kahvaltılık gevreklerin zenginleştirilmesi amacıyla üretilen dondurarak kurutulmuş kestanenin kalite kriterlerinin değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Hammadde olarak İzmir- Ödemiş'te bulunan Bozdağ İtimat Şekerleme İmalat San. Tic. Ltd. tarafından ticari olarak satışa sunulan soyulmuş ve dondurulmuş çiğ kestane materyal olarak kullanılmıştır. Farklı haşlama süreleri (10, 15 ve 20 dk.), farklı dilim kalınlıkları (3, 4,5 ve 6 mm) ve farklı plaka sıcaklık derecelerinde (0, 15 ve 30⁰C) dondurarak kurutma yöntemi uygulanarak kurutulmuş ürün elde edilmiştir. Kurutma işleminin sonunda elde edilen üründe kalite kriterlerinin değerlendirilmesi amacıyla geleneksel yöntemle kurutmaya benzer tepsili kurutucu kurutma yöntemi ile de ürün elde edilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda; raf ömrü üzerine etkili olan nem miktarı ile su aktivitesi içeriğinin, bütün denemelerde kabul edilebilir seviyede bulunduğu; dondurarak kurutma metodu ile elde edilmiş örneklerde rengin kararmadığı buna karşın tepsili kurutucu kullanılarak

elde edilmiş kahvaltılık ürünlerde olması istenmeyen renk kararması meydana geldiği gözlemlenmiştir.

Yapılan denemeler sonrası buzdolabı koşullarında bekletilen süt ile yapılan rehidrasyon kapasitesi sonuçlarının oda koşullarında bekletilen süt ile yapılan analizlere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Yığın yoğunluğunun kurutma işleminden etkilendiği, tepsili kurutucu ile kurutulan ve yüksek nem içerikli kestanelerin yığın yoğunluklarının düşük olduğu, buna rağmen dondurarak kurutulan kestanelerin ise işlem koşullarına bağlı olarak farklı yığın yoğunlukları değerlerinin gözlemlendiği saptanmıştır.

Dondurarak kurutma yöntemi uygulanarak yapılan denemeler sonrası elde edilen ürünlerin doku analiz sonuçlarının, tepsili kurutma yöntemi uygulanarak yapılan denemeler sonrası elde edilen ürünlerin doku analiz sonuçlarına göre daha düşük olduğu; tepsili kurutucuda kurutulan ürünlerin daha sert olduğu, elde edilen üründe kıtırlığın, gevrekliğin maksimum düzeyde olmadığı görülmüştür. Dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulan ürünlerde analiz sonuçları Macro ve SEM görüntüleri ile de desteklenmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Kestane, dondurarak kurutma, çölyak hastalığı, kahvaltılık gevrek

VIII

ABSTRACT

EVALUATION OF THE QUALITY CRITERIA OF FREEZE DRIED CHESTNUT PRODUCED FOR ENRICHMENT OF BREAKFAST CEREAL PRODUCTS

YURDAKUL, Elif

Master Thesis in Food Engineering Department

Supervisor: Yrd.Doç.Dr. S. Nur DİRİM

September, 2008, 191 pages

In this study, the quality criteria of freeze dried chestnut produced for enriching the breakfast cereal products were evaluated. The peeled and frozen chestnut was used as a raw material which is obtained from Bozdağ İtimat Şekerleme İmalat San. Tic. Ltd. in İzmir –Ödemiş. The product was dried by applying freeze drying method in different parboiling times (10, 15, 20 min.), different slice thicknesses (3, 4,5, 6mm), different plate temperatures (0, 15, 30 °C). In order to evaluate the quality criteria of the product obtained at the end of the drying process another product was obtained by tray drying method which is expected to represent traditional drying method.

According to the results of analysis moisture content and water activity which are effective on a shelf life were at acceptable levels in all trials. The color of the samples obtained by freeze drying method were not get dark however it was observed that unacceptable color development occurred in tray drying is undesirable for breakfast cereals. It was determined that the bulk density is affected by the drying method.

The bulk density of chestnuts dried by tray dryer with high moisture content were low, at the same time the bulk density of freeze dried chestnuts were affected by different process conditions. According to the results of rehydration analysis, the rehydration capacity with milk which was kept in refrigeration temperature was higher than the rehydration capacity with milk at room temperature.

Texture analysis was also applied to the products obtained by freeze drying method and tray drying method. The results of this analysis showed that, the obtained product was not hard in structure but compared with tray dried product the required crunchy and crispy structure was obtained. The results of analysis of samples which were dehydrated with freeze drying method and tray drying method were supported by the results of Macro pictures and SEM analysis.

Key words: Chestnuts, freeze drying, celiac illness, breakfast cereal.

XI

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam süresince bana değerli görüş ve katkılarıyla yol gösteren, çalışmamın değerlendirilmesinde engin bilgisi ile katkıda bulunan hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. S. Nur DİRİM'e,

Eğitimim için her türlü fedakârlığı gösteren, hayatım boyunca desteklerini ve sevgilerini hissettiğim değerli aileme,

Teşekkürü bir borç bilirim.

Elif YURDAKUL

XIII İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	V
ABSTRACT	VIII
TEŞEKKÜR	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIX
ÇİZELGELER DİZİNİ	XXII
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	6
2.1. Kestane	6
2.1.1. Kestanenin Bitki Sistematığındeki Yeri	6
2.1.2. Kestanenin Ekolojik İstekleri	7
2.1.3. Kestanenin Dünyadaki Üretimi ve Ticareti	7
2.1.3.1. Kestanenin Dünyadaki Üretimi	7

XIV
İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
2.1.3.2. Dünya Kestane Ticareti.....	9
2.1.3.2.1. İhracat.....	9
2.1.3.2.2. İthalat	10
2.1.4. Kestanenin Türkiye'deki Üretimi, Tüketimi ve Ticareti	11
2.1.4.1. Kestanenin Türkiye'deki Üretim	11
2.1.4.2. Kestanenin Türkiye'deki Tüketimi	13
2.1.4.3. Türkiye Kestane Ticareti.....	13
2.1.4.3.1. İhracat.....	13
2.1.4.3.2. İthalat	15
2.1.5. Kestanenin İçeriği	15
2.1.6. Kestanenin Beslenmeye Katkısı	16
2.1.6.1. Karbonhidratlar	17
2.1.6.2. Lifli Maddeler	18
2.1.6.3. Proteinler.....	18

XV

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
2.1.6.4. Yağlar	19
2.1.6.5. Mineral Maddeler	19
2.1.6.6. Vitaminler	20
2.1.7. Kestanenin Değerlendirilmesi	21
2.2. GIDALARIN KURUTULMASI	25
2.2.1. Gıdaları Kurutma yöntemleri	26
2.2.1.1. Sıcak Hava ile Kurutma	26
2.2.1.1.1 Tepsili Kurutucu.....	27
2.2.1.1.2. Akışkan Yatak Kurutucu	27
2.2.1.1.3. Tünel Kurutucu.....	28
2.2.1.2. İnfrared Kurutma	29
2.2.1.3. Osmotik Kurutma	29
2.2.1.4. Vakum Kurutma.....	30
2.2.1.5. Mikrodalga Kurutma.....	31

2.2.1.6. Dondurarak Kurutma	32
-----------------------------------	----

XVI

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

2.2.1.6.1. Dondurarak Kurutma Yönteminin İşleyişi ve Aşamaları.....	34
2.2.1.6.2 Dondurarak Kurutma için Gerekli Koşullar.....	36
2.2.1.6.3 Dondurarak Kurutma Yönteminin Avantajı ve Dezavantajı....	37
2.2.1.6.4 Dondurarak Kurutma Sisteminin Ana Bileşenleri.....	38
2.3. KESTANE KURUTMADA ÖNEMLİ KALİTE UNSURLARI.....	39
2.3.1. Kurutma yöntemlerinin yığın yoğunluğu üzerine etkisi	40
2.3.2. Kurutma yöntemlerinin Renk Özellikleri Üzerine Etkisi	43
2.3.3. Kurutma yöntemlerinin Tekstürel Özellikleri Üzerine Etkisi.....	45
2.4. GLUTENSİZ ÜRÜNLER VE BESLENMEDEKİ ÖNEMİ.....	48
3. MATERYAL VE YÖNTEM	52
3.1. Materyal	52
3.2. Yöntem	52
3.2.1. Kurutucular	52
3.2.1.1. Dondurarak kurutucu	52

3.2.1.2. Tepsili Kurutucu	55
---------------------------------	----

XVII

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.2.2. Deneysel Yöntem	56
3.2.3. Analiz Yöntemleri	61
3.2.3.1. Nem tayini	61
3.2.3.2. Su Aktivitesi tayini.....	62
3.2.3.3. Renk tayini	62
3.2.3.4. Rehidrasyon Kapasitesi tayini	63
3.2.3.5. Yığın Yoğunluğu Tayini.....	63
3.2.3.6. Doku Tayini.....	63
3.2.3.7. Macro ve SEM Görüntüleri.....	64
3.2.4. Deneysel Dizayn ve istatistiksel Analiz.....	67
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	68
4.1. Nem Tayini.....	68
4.2. Su Aktivitesi tayini.....	71
4.3. Renk tayini	74

4.4. Rehidrasyon Kapasitesi tayini	79
--	----

XVIII

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4.5. Yığın Yoğunluğu Tayini.....	89
4.6. Doku Tayini.....	92
4.7. Macro ve SEM Görüntüleri.....	95
5. SONUÇ	107
KAYNAKLAR DİZİNİ	111
EKLER.....	119
ÖZGEÇMİŞ	164

XIX

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

2.1. Suyun değişik halleri için gerekli basınç ve ısı değerleri.....	33
2.2. L*a*b* renk uzayının şematik görünümü.....	44
3.1. Dondurarak kurutucu deneysel düzeneğinin şematik gösterimi.....	53
3.2. Tepsili kurutucu deneysel düzeneğinin şematik gösterimi.....	56
3.3. Dondurarak Kurutulmuş Kestane Denemelere ait akış şeması.....	60
3.4. TaramalıElektronMikroskobu.....	64
4.1. Dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen nem içeriği değerleri.....	69
4.2. Dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen su içeriği değerleri.....	72

4.3. Dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen L* değerleri.....	75
--	----

XX

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Sayfa

4.4. Dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen a* değerleri.....	76
--	----

4.5. Dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen b* değerleri.....	77
--	----

4.6. 3 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait ağırlık değişimleri.....	83
--	----

4.7. 4,5 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait ağırlık değişimleri.....	84
--	----

4.8. 6 mm kalınlığında kesilmiş kestane denemelerine ait ağırlık değişimi.....	86
--	----

4.9. Dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen yığın yoğunluğu değerleri.....	90
---	----

4.10. Dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen doku analizi değerleri.....93

XXI

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Sayfa

- 4.11.** Tüm kurutma örneklerine ait Macro resimleri.....96
- 4.12.** Deneme 20, 21 , 22 ,23'e ait genel görünüş SEM görüntüleri....100
- 4.13.** Deneme 20, 21 , 22 ,23'e ait x100 görünüş SEM görüntüleri.....101
- 4.14.** Deneme 20, 21 , 22 ,23'e ait x250 görünüş SEM görüntüleri.....102
- 4.15.** Deneme 20, 21 , 22 ,23'e ait x500 görünüş SEM görüntüleri.....103
- 4.16.** Deneme 20, 21 , 22 ,23'e ait x1000 görünüş SEM görüntüleri....104

XXII
ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

2.1. Dünya Kestane Üretimi.....	8
2.2. Başlıca Ülkeler İtibariyle Dünya Kestane İhracatı.....	9
2.3. Başlıca Ülkeler İtibariyle Dünya Kestane İthalatı.....	10
2.4. Türkiye’de Kestane Üretimi.....	11
2.5. Türkiye’de İllere göre Kestane Üretimi	12
2.6. Türkiye Kestane İhracatı.....	14
2.7. Türkiye’nin Ülkeler İtibariyle Kestane İhracatı.....	14
2.8. Türkiye’nin Kestane İthalatı.....	15

2.9. Kestane içeriği (100 gr taze kestanenin (yenebilir kısmı)).....	16
2.10. Kestanelerin iriliklerine göre sınıflandırılmasında belirtilen ölçüler.....	22

XXIII

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

	<u>Sayfa</u>
2.11. Kestaneyi değerlendirme yöntemleri.....	24
3.1. Kurutma Denemelerinde Kullanılan İşlem Parametreler.....	59
4.1. 3, 4,5 ve 6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait nem içeriği değerleri çizelgeleri.....	70
4.2. 3, 4,5 ve 6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait su aktivitesideğerleri.....	73
4.3. 3, 4,5 ve 6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait renk değerleri	78
4.4.(a) 3, 4,5 ve 6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait oda koşullarında süt ve su ile yapılan rehidrasyon kapasiteleri değerleri.....	81

4.4.(b) 3, 4,5 ve 6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait buzdolabı koşullarında süt ve su ile yapılan rehidrasyon kapasiteleri değerleri.....	82
4.5. Rehidrasyon kapasitesi analizi sonucu elde edilen sonuçlara ait ortalama a ve b değerleri	88
4.6. 3, 4,5 ve 6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait yığın yoğunluğu değerleri.....	91
4.7. 3, 4,5 ve 6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait kesme kuvveti değerleri.....	94
4.8. Deneme planı izlenerek elde edilmiş deneysel sonuçlar.....	106

1. GİRİŞ

Günümüzde çalışan nüfusun artmasıyla birlikte, tüketiciler alışılmış beslenme alışkanlıklarını sürdürmenin yanı sıra hazırlanması ve tüketilmesi çabuk olan ürünlere yönelmektedirler. Ayrıca farklı tat, koku ve yapıya sahip olan yeni geliştirilmiş gıdalar tüketicinin ilgisini çekmekte ve bu tür ürünlerin üretimi ve tüketimi gün geçtikçe artmaktadır.

Yapılan araştırmalarda; dengeli beslenmenin sağlıklı bir kahvaltıyla başladığı, kahvaltının günün en önemli öğünü olduğu ve bu önemli öğünün hem besleyici hem de uzun süre tok tutan gıdalardan oluşması gerektiği belirtilmektedir. Bu noktada kahvaltılık gevreklerin tüketimi artmakta, giderek temposu hızlanan hayatımızda besleyici, lezzetli ve pratik bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır.

Gıda maddelerinin bozulmadan uzun süre muhafazası konusunda bilinen en eski yöntemlerden biri kurutmadır. Eskiden güneş ve rüzgarın etkisiyle yapılan kurutma işlemi, yirminci yüzyılın ortalarında endüstriyel düzeyde önem kazanmıştır. Kurutma işlemi meyve ve sebze ürünlerine sıklıkla uygulanmaktadır. Meyve ve sebzelerin kurutulması amacıyla yararlanılan kurutma yöntemleri genel olarak; sıcak hava ile kurutma, vakum kurutma, infrared kurutma, ozmotik rehidrasyon, mikrodalga kurutma ve dondurarak kurutma olarak sıralanabilir. İyi kalitede kuru ürün sağlamak amacıyla kullanımı en çok önerilen kurutma yöntemi dondurarak kurutmadır. Dondurarak kurutma tekniği ile üretilmiş olan ürünler günümüzde önemli bir pazar payına sahiptir. Dondurarak kurutma tekniğinin geliştirilerek farklı alanlarda

uygulanabilir olmasıyla birlikte; bu tekniği kullanarak yeni ürünler geliştirme çalışmaları hız kazanmıştır. Bunun bir sonucu olarak da, her geçen gün değişik özellikler kazandırılmış gıda ürünleri tüketici beğenisine sunulmaktadır.

Kestane Türklerin geleneksel gıdalarından biri olup, besin değeri yüksek olan ve sevilerek tüketilen ve eski zamanlardan beri insan beslenmesinde önemli yer alan bir üründür. Kestane, tamamen doğal şartlar altında yetiştirilen, tarımsal ilaç, suni gübre kullanılmayan organik tarım ürünüdür. İçerdiği besin öğelerine ilaveten organik tarım ürünü olması nedeniyle kestane, beslenme diyetlerinde eskiden beri yer aldığı önemini günümüzde de korumaktadır. Kestane, doyurucu özelliğine paralel olarak beslenmeye katkı sağlayan birçok besin öğesine sahiptir. Taze kestane başta nişasta ve çeşitli şekerler olmak üzere iyi kalitede sindirilebilen lifli maddeler, protein, düşük oranda yağ, çeşitli mineral maddeler, B1, B2 ve C vitaminlerini içermektedir.

İşlenmiş kestane kullanılarak hazırlanmış, çölyak hastalarının diyetlerini zenginleştirmek amacıyla üretilen bir ürün ticari anlamda ülkemizde satılmamaktadır. Bu çalışma ile çölyak hastalarının ve özellikle çölyaklı çocukların tüketebileceği kahvaltılık gevrekleri zenginleştirmek üzere katkı maddesi olarak kurutulmuş kestanenin üretilmesi amaçlanmıştır. Çölyak, gluten içeren besinlerin alınmasıyla ortaya çıkan ve ince bağırsak hastalığı olan, genetik olarak glutene duyarlı bireylerde görülen bir hastalıktır. Bu hastalık; bağırsakların glutene karşı göstermiş olduğu reaksiyon sonucu sindirim sistemini zayıflatmakta ya da çalışamaz hale getirmektedir. Çölyaklı hastalar, gluten içeren yiyecekleri tükettiklerinde bağışıklık sistemleri bunu ince

bağırsaklara zarar vererek yanıtlamaktadır. İnce bağırsaklarda sindirimi sağlayan ve villus adı verilen çok küçük ve parmak şekline benzeyen yapı kaybolmakta ve görevini yapamaz hale gelerek alınan besinlerin emilimini engellemektedir. Çölyak hastaları gluten içermeyen mısır, patates, pirinç, soya unu ve nişastaları veya bunlardan yapılan her türlü değişik ürünleri tüketebilmektedirler. Günümüzde çölyak hastaları için glutensiz bisküvi, ekmek, kek, pasta tipi gıdalar pek çok ülkede üretilmekte ve tüketilmektedir. Ancak ülkemizde bu tip gluten içermeyen ürün üretimi sınırlı miktarlarda olup, endüstriyel uygulamaları bulunmamaktadır. Ülkemizde oldukça fazla oranda üretilen ve tüketimi taze ve şekerleme ürün ile sınırlı olan kestane, hem gluten içermemesi hem de zengin lezzet ve besin öğeleri açısından çölyak hastalarının diyetinde kullanılabilme potansiyeline sahiptir.

Kurutma işleminden önce meyve ve sebzelere uygulanan çeşitli ön işlemleri (haşlama, şeker, kükürtdioksit ile muamele gibi), kuru ürünün kalitesini geliştirdiği belirtilmektedir (Neuman, 1972; Speck ve ark., 1997; Alzamora ve Chirife, 1980; Mazza,1983). Özellikle kuru ürünün renk ve tekstürel özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla belirtilen ön işlemlerden yararlanılmaktadır. Materyal olarak kullanılan soyulmuş ve dondurulmuş kestaneler hem ön işlemler olarak hem de kurutma sonrasında doğrudan yenebilmesi için haşlama işlemi uygulanmıştır. Haşlama işlemi sonrası dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulmuş kestane üretilmiş ve uygulanan kurutma işlemlerinin, kestanenin kalite kriterlerinde meydana getirdiği değişiklikler tespit edilmiştir. Çalışmada farklı haşlama süreleri (10, 15 ve 20 dk.), dilim kalınlıkları (3, 4,5 ve 6 mm) ve plaka sıcaklık derecelerinde (0, 15 ve 30⁰C) dondurarak kurutma yöntemi uygulanarak kurutulmuş ürün elde edilmiştir.

Laboratuvar koşullarında dondurarak kurutulmuş kestane üretilmesi ile bu ürünün kalite kriterlerinin değerlendirilmesi ve ülkemizde yalnızca taze olarak tüketilen kestane için farklı kullanım olanaklarının geliştirilmesi, bu sayede üreticilerin daha fazla kestane üretmeleri ve ülkemiz ekonomisi için faydalı bir gelişme olması hedeflenmiştir. Ayrıca dünyada kestane üretiminde ilk sıralarda yer alan ülkemizde kestanenin farklı bir kullanım alanının yaratılması da sağlanacaktır.

Dondurarak kurutma yönteminin uygulanmasının yararları; ürün kolaylıkla rehidre olabilmesi, büzüşme ihmal edilecek kadar az olduğundan ürünün ilk şekli bozulmaması, ürünün fiziksel, kimyasal özellikleri ve besin değeri en üstün düzeyde korunması düşük sıcaklıklarda işlem gerçekleşmesi ve protein denaturasyonunun, enzimatik reaksiyonların ve enzimatik olmayan kararım reaksiyonlarının minimize edilmesinin sağlanmasıdır.

Kestane kurutulması sonucunda elde edilen üründe rehidrasyon kapasitesinin maksimum olması istenilen önemli bir özelliktir. Kurutma işlemi nem içeriğinin azalmasına neden olmakla birlikte diğer kalite kriterlerinden renk ve duysal özellikleri de olumsuz olarak etkileyebilmektedir. Çalışmada maksimum rehidrasyon kapasitesi ile minimum nem içeriğı ve renk değişimini ve kabul edilebilir duysal kaliteyi sağlayacak optimum işlem koşulları yanıt yüzey yöntemi kullanılarak belirlenmesi hedeflenmiştir. Yapılan denemelerde dilim kalınlığı, haşlama süresi ve plaka sıcaklığı bağımsız değişkenler olarak; nem içeriğı, su aktivitesi, renk değişimi, doku analizi, yığın yoğunluğu ve rehidrasyon kapasitesi ise sistemin yanıtı (bağımlı değişkenler) olarak

seçilmiştir. Deneysel veriler 'Box-Behnken' deneme planı izlenerek elde edilmiştir. Box-Behnken 2^3 faktöriyel bir tasarıma 16 denemeyi içermektedir. Ayrıca diğer kurutma koşulları sonuçlarının daha iyi görülebilmesi için 4,5 mm kalınlığındaki kestaneye ait bütün koşullardaki denemeler ile kurutma işleminin sonunda elde edilen üründe kalite kriterlerinin değerlendirilmesi amacıyla geleneksel yöntem olan tepsili kurutucu kurutma yöntemi ile de ürün elde edilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Kestane

Kestane; Kuzey Yarımküre'nin tüm ılıman bölgelerinde yetişen, gövdesi dik, kırmızımtırak kabuklu ve sert yapraklı olan kayıngiller (Fagaceae) familyasının *Castanea* cinsini oluşturan ağaçların yenilebilen tohumlarına verilen addır (Anonim 2, 2008). Kestanenin bulunduğu coğrafyaya göre değişiklik gösteren 13 ayrı türü vardır. Ülkemizin de dahil olduğu Akdeniz havzası içinde yer alan ülkelerde yetişen kestane türü *castanea sativa mill'* dir. 30 m'ye ulaşan bir yapıya sahip kestane ağacının 500–1000 yıl arasında değişen uzun bir yaşam süresi vardır.

2.1.1. Kestanenin Bitki Sistematigindeki Yeri

Bölüm: Spermatophyta (Tohumlu bitkiler)

Alt bölüm: Angiospermae (Kapalı tohumlu bitkiler)

Sınıf: Dicotyledoneae (Çift çenekli bitkiler)

Takım: Fagales

Familya: Fagaceae (Kayıngiller)

Cins: *Castanea*

Tür: *Castanea sativa* (Avrupa), *C.mollissima* (Çin), *C.crenata* (Japon), *C.dentata* (Amerika), *C.seguinii*, *C.davidii*, *C.pumila*, *C.ashei*, *C.alnifolia*, *C.floridana*, *C.pauscipina*, *C.ozarkensis*, *C.henryi* 13 tür

2.1.2. Kestanenin Ekolojik İstekleri

Kestane kışın -30°C 'ye kadar dayanabilmektedir. Ancak ilkbaharın geç ve sonbaharın ilk donlarına karşı hassastır. Kestane yazın yüksek sıcaklıklardan değil, yağışsız geçen mevsimlerde kuraklıktan etkilenmektedir. Yağış kestane yetiştiriciliği için önemlidir. Kestane ağacı hafif, geçirgen, serin ve derin topraklarda yetişmektedir. Kestane topraktaki kirece karşı duyarlıdır. %1 kireç oranı kestane için idealdir. Kireç oranı % 6'yı geçen yerde kestane ağaçları kuruyabilmektedir. Kestane, ağır ve killi toprak türünde yetişmemektedir. Bu tür topraklarda yetiştirilen ağaçlar mantar hastalıklarına yakalanmaktadır (Anonim 1, 2008).

2.1.3. Kestanenin Dünyadaki Üretimi ve Ticareti

2.1.3.1. Kestanenin Dünyadaki Üretimi

Çin Halk Cumhuriyeti ve Güney Kore gibi uzak doğu ülkelerinin en önemli paya sahip olduğu dünya kestane üretiminde Türkiye bu ülkelerin ardından %13.4'lük payla 3. sırada yer almaktadır. Dünya genelinde 15–16 ülkede üretimi yapılmasına rağmen ekonomik anlamda ticari üretimde bulunan ülke sayısı 5-6'yı aşmamaktadır. Dünyadaki kestane üretiminin ton bazında ülkelere göre dağılımı Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Dünya Kestane Üretimi. (2001, 2002, 2003 Food Agriculture Organization , (FAO) değerlerinin ortalamasıdır.)

Ülkeler	Ortalama Üretim (Ton)
Çin Halk Cum.	600.000
Bolivya	35.000
İtalya	40.000
Japonya	29.000
Güney Kore	83.000
Portekiz	30.000
İspanya	10.000
Rusya Federasyonu	16.250
Fransa	14.000
Türkiye	50.000
Diğer Ülkeler	25.000
Toplam	900.000

2.1.3.2. Dünya Kestane Ticareti

2.1.3.2.1. İhracat

En önemli ihracatçı ülke Çin Halk Cumhuriyeti olup, bu ülkeyi İtalya ve Güney Kore takip etmektedir. Türkiye ise %14.4 lük payı ile dünya ihracatında 6. sırada yer almaktadır. Dünyadaki kestane ihracatının ton bazında ülkelere göre dağılımı Çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Başlıca Ülkeler İtibariyle Dünya Kestane İhracatı. (2000, 2001, 2002 FAO değerleridir.)

Ülkeler	2000		2001		2002	
	Miktar (Ton)	Değer (1000\$)	Miktar (Ton)	Değer (1000\$)	Miktar (Ton)	Değer (1000\$)
Almanya	42	134	67	180	125	362
Amerika	163	336	199	335	89	148
Avusturya	172	341	270	645	1.497	2,416
Belçika	104	183	79	151	97	186
Çek Cum.	30	125	54	149	50	217
Çin	35.414	67.785	31.275	56.344	33.412	51.624
Fransa	2.669	4.268	2.711	6.515	2.224	5.020
Hollanda	103	162	133	211	228	434
İngiltere	27	81	2	5	19	52
İsviçre	34	50	39	82	52	132
İtalya	22.414	41.262	23.714	40.366	23.469	46.487
Japonya	295	285	33	36	173	247
Türkiye	5.321	5.407	6.786	7.447	14.351	15.961
Yunanistan	65	176	71	83	131	234
Diğer Ülkeler	15.113	85.200	17.040	76.302	11.190	57.402
Toplam	81.966	205.795	82.473	188.851	87.107	178.506

2.1.3.2.2. İthalat

Dünya ithalatında ise en önemli ülke yaklaşık %35'lik pay ile Japonya olup, onu sırasıyla Fransa, A.B.D. ve Almanya takip etmektedir. Dünyadaki kestane ithalatının ton bazında ülkelere göre dağılımı Çizelge 2.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.3 Başlıca Ülkeler İtibariyle Dünya Kestane İthalatı (2000, 2001, 2002 FAO değerleridir.)

Ülkeler	2000		2001		2002	
	Miktar (Ton)	Değer (1000\$)	Miktar (Ton)	Değer (1000\$)	Miktar (Ton)	Değer (1000\$)
Almanya	3.432	5.727	3.246	5.470	4.300	7.774
Amerika	4.428	11.119	4.885	13.472	4.979	11.387
Avusturya	2.081	4.096	2.114	4.091	4.029	7.104
Belçika	613	906	493	846	669	1.180
Çek Cum.	161	228	133	175	225	333
Çin	9.972	8.872	9.327	9.148	13.571	14.826
Danimarka	104	166	124	203	124	215
Fransa	11.232	8.342	11.654	7.857	9.290	9.536
Hollanda	178	240	238	355	490	697
İngiltere	1.914	3.019	1.629	3.286	2.202	3.176
Kanada	1.793	3.485	1.834	3.682	2.074	4.361
Macaristan	3.020	1.233	3.136	1.328	3.156	1.634
Portekiz	921	842	955	804	995	1.308
Türkiye	2	5	11	8	42	70
Yunanistan	616	814	762	1.349	954	1.293
Diğer Ülkeler	1.686	8.429	4.819	19.724	1.624	8.827
Toplam	42.153	57.523	45.360	71.798	48.724	73.721

2.1.4. Kestanenin Türkiye’deki Üretimi, Tüketimi ve Ticareti

2.1.4.1. Kestanenin Türkiye’deki Üretimi

Türkiye kestane üretiminde dünyanın önde gelen ülkelerinden birisidir. FAO 1999 verilerine göre dünyada kestane üretimi yılda yaklaşık 500.000 ton dolaylarında olup; Çin toplam üretimin %24’ünü, İtalya %14’ünü ve Türkiye %13’sini karşılamaktadır. Ancak üretimimiz son yıllarda genel bir azalış eğilimi göstermektedir. Türkiye’deki kestane üretiminin ton bazında yıllara göre dağılımı Çizelge 2.4’de gösterilmiştir. Bu verilere göre yıllık üretim azalışı 4000 ton dolaylarındadır. Üretimin hızla azalmasına neden olarak kestane ağaçlarına zarar veren mürekkep hastalığı ile kestane dal kanseri gösterilmektedir. Ancak son yıllarda üretim arttırıcı yönde yapılan çalışmalar neticesinde gelecekte kestane üretimimizin önemli ölçüde artması beklenmektedir.

Çizelge 2.4: Türkiye’de Kestane Üretimi. (Kaynak: 1990, 1995, 2000, 2001, 2002, 2003 FAO verileridir.)

Yıllar	Üretim (Ton)
1990	80.000
1995	77.000
2000	50.000
2001	47.000
2002	50.000
2003(*)	50.000

(*) Tahmini

Ülkemizin iklim ve toprak özellikleri kestane yetiştiriciliği için uygun olduğundan önemli bir üretim potansiyeline sahiptir. Üretim ülke

geneline yayılmış durumdadır. Özellikle batı bölgelerimizde kestane yetiştiriciliği önemli bir düzeye ulaşmıştır. Üretim Doğu Karadeniz’de gürgen, kızılâğaç vb. ağaçlarla karışık olarak nadiren de saf kestane toplulukları şeklinde yapılırken, batıya doğru küçük gruplar halinde bol miktarda kestaneliklere rastlanmaktadır. Bölgeler itibariyle üretimde Ege ve Karadeniz Bölgeleri toplam üretimde %90 üzerindeki payla ilk sırayı almışlardır. Çizelge 2.5’de iller itibariyle üretimde sırasıyla Aydın, Kastamonu, İzmir ve Sinop ön plana çıkmakta olduğu görülmektedir (FAO 2001 verileri). Karadeniz’in Ereğli ilçesinden başlayan ve Sinop’a kadar uzanan kıyı şeridinde yetişen küçük meyveli kestane “kuzu kestane” olarak bilinmektedir. Bu şeritte yetişen kestane Türkiye üretiminin %24’ünü oluşturmakta olup, 11.900 tondur (TürkiyeDevlet İstatistik Enstitüsü, 2000 yılı verileri).

Çizelge 2.5. Türkiye’ de Kestane İl Üretimi (Kaynak: FAO 2001 verileri)

İl Üretim	Pay (%)
Aydın	15,18
İzmir	6,75
Sinop	4,54
Kastamonu	3,79
Kütahya	2,55

2.1.4.2. Kestanenin Türkiye'deki Tüketimi

Türkiye'de kestane haşlanmış veya közlenmiş olarak tüketilmektedir. Ateşte közlenmiş olana çoğunlukla 'kestane kebab' denilmektedir, bu yöntem, kestane tohumları üst kısımları hafifçe çizildikten sonra, 200–220⁰C ısıda 10–15 dakika süreyle fırına verilerek hazırlanmaktadır. Kestane aynı zamanda bazı çörek, kek ve pasta çeşitlerinde de kullanılmaktadır. Ayrıca özellikle Bursa ilimizde ve İzmir ilimizin Ödemiş ilçesinde oldukça büyük miktarlarda kestane şekeri üretimi yapılmaktadır (Anonim 2, 2008).

2.1.4.3. Türkiye Kestane Ticareti

2.1.4.3.1. İhracat

Ülkemizde kestane üretimi gittikçe azalma göstermekte ve bu nedenle ihracatımız da azalmaktadır. Türkiye' deki kestane ihracatının ton bazında yıllara göre dağılımı ve Türkiye'nin ülkeler itibariyle kestane ihracatı Çizelge 2.6 ve Çizelge 2.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.6. Türkiye Kestane İhracatı (Kaynak: FAO 1995, 2002, 2003 değerleridir).

Yıllar	Miktar (Ton)	Değer (1000\$)
1995	8	9
2002	14	16
2003	8	12

Çizelge 2.7. Türkiye'nin Ülkeler İtibariyle Kestane İhracatı (Kaynak: FAO 2000, 2001, 2002).

Ülkeler	2000		2001		2002	
	Miktar (Ton)	Değer (1000\$)	Miktar (Ton)	Değer (1000\$)	Miktar (Ton)	Değer (1000\$)
Fransa	5	3	78	87	31	56
Hollanda	12	18	326	392	174	366
Almanya	293	401	1,238	1,619	367	772
İtalya	591	1.066	4.231	5.748	816	1.644
İngiltere	267	391	421	547	211	408
Yunanistan	574	954	820	986	702	1,403
İsveç	10	11	21	23	11	23
Avusturya	152	178	635	878	252	468
Libya	13	8	24	10	4	5
K.K.TürkCum.	43	34	51	46	63	103
Lübnan	2.041	1.431	2.172	2.063	1.418	1.926
İsrail	986	1.683	979	1.273	990	1.797
Suudi Arab.	1.459	994	2.342	1.484	2.132	2.058
Diğer	246	184	619	540	344	497
Toplam	6.692	7.356	12.719	14.077	7.515	10.123

2.1.4.3.2. İthalat

Ülkemizde kestane ithalatı azdır. İthalat hemen her yıl farklı ülkelerden gerçekleştirilmiştir. İthalat değerleri Çizelge 2.8’de yer verilmiştir .

Çizelge 2.8. Türkiye’nin Kestane İthalatı (Kaynak: FAO 2001, 2002, 2003 FAO değerleridir).

Yıllar	Miktar (Ton)	Değer (1000\$)
2001	11	8
2002	42	70
2003	46	55

2.1.5. Kestane İçeriği

100 gr yenilebilir taze kestanenin besin öğeleri Çizelge 2.9’ da gösterilmiştir.

Çizelge 2.9. Kestane içeriği (100 gr taze kestanenin (yenebilir kısmı))
(Anonim 3, 2008).

	Kestane (Taze)	Haşlanmış kestone	Kavrulmuş kestone
Kalori (kcal)	160–199	131	245
Karbonhidrat (g)	34–40	28	veri bulunmamaktadır
Lif (g)	8–10	0.7	0.9
Protein (g)	3.2–5	2	3.2
Yağ (g)	1.8–2.5	1.3	2.2
Sodyum (mg)	3–9	27	2
Potasyum (mg)	395–518	715	592
Fosfor (mg)	88–93	99	107
Kalsiyum (mg)	27	46	29
Demir (mg)	1.0–1.7	1.7	0.9
Magnezyum (mg)	32	54	33
Çinko (mg)	0.5	0.2	0.5
Bakır (mg)	0.4	0.4	0.5
Mangan (mg)	0.9	0.8	1.1
Tiyamin (B1) (mg)	0.1–0.2	veri bulunmamaktadır	0.2
Riboflavin (B2) (mg)	0.1–0.3	veri bulunmamaktadır	0.1
Niyasin (B3) (mg)	1.179	veri bulunmamaktadır	1.342
Pantotenik Asit (B5) (mg)	0.9	veri bulunmamaktadır	0.554

2.1.6. Kestanenin Beslenmeye Katkısı

Kestane eski zamanlardan beri insan beslenmesinde önemli bir yer almıştır. Araştırmacılar ilk zamanlarda Alp yöresinde yaşayan

insanların 4 – 6 aylarını kestane ağırlıklı beslenme ile geçirdiklerini belirtmektedirler. Bu yörede kişi başına kestane tüketiminin yılda 150 kg dolaylarında olduğu ifade edilmektedir. Yenebilir nitelikteki taze kestane başta nişasta ve çeşitli şekerler olmak üzere iyi kalitede sindirilebilen lifli maddeler, protein, düşük oranda yağ, çeşitli mineral maddeler, B1, B2 ve C vitaminlerini içermekte olup, gluten içermemektedir.

Kestanenin besin öğeleri kestane türüne, çeşidine, yetiştiği ekolojik şartlara göre değiştiği gibi uygulanan işleme teknolojilerine göre de değişikliklere uğramaktadır. Örneğin kestane haşlandığı zaman nem oranı yükselmekte ve toplam enerji değeri % 25 oranında azalarak 120 kcal'e düşmektedir. Haşlama esnasında nişasta bileşimi değişmekte ayrıca “K ve Na” miktarları azalırken “Ca” miktarında değişiklik görülmemektedir. Kavrulduğu takdirde nem oranı %20 dolaylarında azalırken, şeker miktarı % 25 oranında artmakta ve enerji değeri 200 kcal olmaktadır (Anonim 2, 2008). Kestane kurutulduğunda raf ömrünün uzaması, besin öğelerinde artması beklenmektedir.

2.1.6.1. Karbonhidratlar

Kestane, karbonhidrat içeriği yönünden oldukça zengindir. Toplam karbonhidrat miktarının önemli bir kısmını nişasta oluşturmakta olup, ortalama 25 g / 100 g'dır. Şeker bileşenleri ise ortalama 10 g / 100 g dolaylarındadır. Şeker bileşenlerinin önemli bir kısmı sakarozdur ve ortalama 8 g / 100 g'dır. Geriye kalan şekerler glikoz, fruktoz ve maltozdur. Meyvedeki nişasta kestanenin pişirilmesinde, meyveye özgü lezzetin öne çıkmasında önemli bir role sahiptir. Şekerler ise kestanenin

duyusal özelliklerinin belirlenmesine ve tadın hissedilmesine yardımcı olurlar. Çözünebilir haldeki karbonhidratlar mikroorganizmaların (özellikle küflerin) gelişmesine ortam sağlamakta ve dolayısıyla taze halde saklanmasında raf ömrünün kısılmasına neden olmaktadır. Ancak bu sorun teknolojik işlemler ve kurutma ile önlenebilmektedir (Fidanza ve Liquori, 1981).

2.1.6.2. Lifli Maddeler

Kestanenin yapısını oluşturan lifli maddeler polisakkaritlerdir. Yenebilir taze kestanede 8–10 g / 100 g dolaylarında lifli madde bulunur. Önemli bir miktarı vücut tarafından sindirilmemektedir. Ancak bağırsak florasının gelişmesinde önemli rol oynamaktadırlar. Bağırsak hareketlerini hızlandırmakta ve kabızlığı önlemektedirler. Böylece zararlı olan maddeler uzun süre bağırsaklarda kalmadan atılmakta ve kandaki kolesterol seviyesinin düşürülmesine yardımcı olmaktadır. Bu özellikleri nedeniyle Amerikan kalp ve Amerikan kanser birlikleri kalp, damar ve kanser hastalıkları riskinin azaltılması için beslenme diyetlerinde kestanenin de dikkate alınması gerektiğini önermektedirler.

2.1.6.3. Proteinler

Yenebilir taze kestane 3,5–5 g / 100 g protein içermektedir. Bu miktar sütteki protein miktarı seviyesindedir. Proteinin yapı taşlarını oluşturan amino asitlerin bir kısmı vücut tarafından sentezlenebildiği gibi bir kısmı da mutlaka dışarıdan alınması zorunludur. Bir gram kestane proteini 11,7 mg triptofan, 54,3 mg lizin, 50,2 mg metiyonin ve sistin

içermekte, bu amino asitlerin günlük alınması önerilen miktarları sırasıyla 11, 51 ve 26 mg olduğu belirtilmektedir (Burnett, 1988).

2.1.6.4. Yağlar

Sert kabuklu meyvelerden; fındık (60–65 g / 100 g), yenebilir ceviz (55–60 g / 100 g), badem (50–55 g / 100 g) yüksek oranda yağ içermektedirler. Taze kestanede ise 1,8–2,5 g / 100 g yağ bulunmaktadır. Kestane düşük oranda yağ ihtiva etmesine karşılık yağ asitlerinin yüzde bileşenleri açısından incelendiğinde linoleik ve linolenik yağ asitlerini % 28,2 ve % 2,6 oranında içerdiği görülmektedir. Her iki yağ asidinde yetişkinlerde kalp hastalıklarının önlenmesinde çocuklarda ise retinanın gelişmesinde etkili olduğu belirtilmektedir (Connor, 1997). Ayrıca günlük toplam kalori hesaplanmasında yetişkinlerde toplam kalorinin % 3'ü, çocuklarda % 4'ünün linolenik asit tarafından karşılanması önerilmektedir (Fidanza ve Liquori, 1981).

2.1.6.5. Mineral Maddeler

Kestanenin mineral madde kompozisyonu incelendiğinde potasyum ön plana çıkmaktadır. Yenebilir kestanede ortalama 500 mg / 100 g seviyesinde olup, günlük alınması gerekli miktar 3000 mg dolaylarındadır. Potasyumun sinir sistemlerinin fonksiyonlarının yerine getirilmesinde kasların, özellikle kalp kaslarının çalışmasında etkili olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca diüretik etkisi de bulunmaktadır. Fosfor ve kalsiyum kemiklerin özellikle dişlerin gelişmesine ve

güçlenmesine yardımcı olmaktadır. Fosforun günlük alınması gerekli miktarı 800 mg' dır. Magnezyum 35 mg / 100 g dolaylarında bulunmakta olup, günlük alınması gereken doz 350 mg'dır. Kalsiyum ve potasyumun alınmasına yardımcı olur. Kemiklerin şekillenmesinde, karbonhidrat ve mineral metabolizmasında önemli rol oynamaktadır. Ayrıca kolesterol düzeyini azalttığı ifade edilmektedir. Kestane 10–12 mg / 100 g sodyum içermektedir.

2.1.6.6.Vitaminler

Taze kestanede B grubuna ait vitaminler de bulunmaktadır. Vitamin B1, 100 g. kestanede 0,1–0,238 mg bulunmaktadır ve günlük alınabilir doz cinsiyete, vücut ağırlığına bağlı olarak değişmektedir. Vitamin B1 enerji, büyüme, iştah, öğrenme kapasitesi üzerinde olumlu etkilerinin yanında vücudu yaşlanmaya, sigara ve alkolün zararlarına karşı korumaktadır. Vitamin B2 taze kestanede 0,168–0,3 mg / 100 g dolaylarında bulunmaktadır. Günlük alınabilir doz 1,3–1,6 mg arasında değişmektedir. Vitamin B2 vücutta antikor üretimi büyüme ve kataraktın önlenmesi için gereklidir. Taze kestanede Vitamin B3, 1,1 mg / 100 g dolaylarında olup, günlük alınması gerekli doz 14-18 mg'dır. Sağlıklı cilt için gerekli bir vitamin olup sinir sistemi fonksiyonlarına, karbonhidrat, protein ve yağ metabolizmasına yardımcı olmaktadır. Günlük alınması gerekli doz 5 mg olan vitamin B5 taze kestanede 0,9 mg / 100 g oranında bulunmaktadır. Kuvvet arttırıcı özelliğinin yanı sıra, karbonhidrat, yağ ve proteinlerin enerjiye dönüşmesinde yardımcı olmaktadır.

2.1.7. Kestanenin Değerlendirilmesi

Bilim ve teknolojinin getirdiği yenilikler alışkanlıklarımızı da yönlendirmektedir. Bu değişim sağlığımızla doğrudan ilişkili olan beslenme tercihlerimizde de kendini göstermektedir. Günümüzde organik gıda maddeleri tercih edilmeye başlanmıştır. Kestane tamamen doğal şartlar altında yetiştirilen, tarımsal ilaç, suni gübre kullanılmayan organik tarım ürünüdür. Kestanenin taze tüketim dışında gıda sanayinde dış ve iç kabukları soyulduktan sonra kestane bazlı mamullerin hazırlanmasında ham ve yardımcı madde olarak kullanılmaktadır.

Yeterli ve dengeli beslenme için gerekli bütün öğeleri içeren kestanenin bedensel ve zihinsel olarak yorgunluğu giderdiği, kan dolaşımını düzenlediğini, karaciğer yorgunluğunu azalttığını belirtmektedirler. Ayrıca kestane yaprakları boğaz ağrısı tedavisinde dezenfektan olarak, kabukların kaynatılması ile elde edilen çayın ateş düşürücü ve sinirleri yatıştırıcı etkisi olduğu bilinmektedir. Kestane ağacı, mobilya, fiçı, yapı kafesleri, sepet ve parke imalatında kullanılmaktadır.

Meyvesinin dışında yapraklarından, kabuğundan, kerestesinden yararlanılan kestane yetiştiriciliğinin geliştirilmesi ülkemiz ekonomisi ve özellikle orman köylerimizin kalkındırılması açısından önem kazandı gibi, kestane döviz kaynağı olabilecek ihraç ürünleri arasında yer almaya da adaydır. Taze tüketim için (kabuklu) sunulan kestaneler toprak, taş gibi kirlı maddelerden arındırıldıktan sonra iriliklerine göre sınıflandırılır. Pazar fiyatlarının belirlenmesinde kestane irilikleri en önemli faktörlerden biri olarak ele alınmaktadır. Kestanelerin iriliklerine

göre sınıflandırılması ve kilogramdaki sayı adedi Çizelge 2.10'da belirtilen ölçüler esas alınmaktadır.

Çizelge 2.10. Kestanelerin iriliklerine göre sınıflandırılmasında belirtilen ölçüler

Sınıfı	Kestane meyvesinin çapı (mm)	Adet / kg
Küçük	25 >	100
Orta	29	80 – 100
Standart	32	70 – 80
İri	38	60 – 70
Spesiyal	>38	45 – 60

Kestanede çözünebilir haldeki karbonhidratlar çeşitli mikroorganizmaların (özellikle küflerin) gelişmesine uygun bir ortam yaratırlar ve dolayısıyla taze halde saklanmasında raf ömrünün kılmasına neden olurlar. Bu sorunun önlenmesi için teknolojik işlemler uygulanır. Taze kestaneye uygulanan teknolojik işlemler:

- Fümigasyon
- Derin dondurma
- Kontrollü atmosfer
- Isıl işlem olarak sıralanabilir.

Kestane taze tüketim dışında gıda sanayinde dış ve iç kabukları soyulduktan sonra kestane bazlı mamullerin hazırlanmasında ham ve

yardımcı madde olarak kullanılmaktadır. Böylece hem katma değer yaratılmakta hem de kestane bazlı ürünlerin daha geniş tüketici gruplarına ulaştırılması sağlanmaktadır. Son yıllarda kestane üretimimizin giderek azalmasına karşın ülkemiz halen dünya kestane üretiminde önemli üreticiler arasında yer almaktadır. Doğal şartlarda yetiştirilen çeşitlerin içersinde sanayiye uygun olanların seçilmesi ve üretime alınması önem kazanmaktadır. Sanayiye uygun kestane çeşitlerinin seçilmesinde aşağıda belirtilen kriterler esas alınabilir.

Sanayiye uygun kestane çeşitlerinde aranan özellikler:

- Meyve yumağı ağaçtan kolayca toplanabilmelidir.
- Meyve dış kabuğu ince ve açık kahve renkli olmalıdır.
- Tohum zarı meyve etinin içersine girmemeli (damarlı) soyulması kolay olmalıdır.
- Meyve eti krem veya açık sarı renkte ve pürüzsüz olmalıdır.
- Meyvenin alt yanağı düzgün, üst kısmı bombeli olmalıdır.
- Isıl işlemlere karşı dayanıklı olmalıdır.
- Nişasta oranı (23-28g / 100g) olmalıdır.
- Şeker oranı (5-8 g / 100g) olmalıdır.
- Protein oranı (2.5-5 g / 100 g) olmalıdır
- Meyve irilikleri uygun olmalıdır.

Kestaneyi değerlendirme yöntemleri gıda sanayi ölçeğinde işlenerek mamul ve yarı mamul olarak hazırlanan ürün grupları Çizelge 2.11'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.11. Kestaneyi değerlendirme yöntemleri

Mamul olarak hazırlanan ürün grupları	Yarı mamul olarak hazırlanan ürün grupları
Kestane şekeri	Derin dondurulmuş vakum ambalajlı temiz bütün kestane
Kestane püresi	Kısmen şekerlendirilmiş derin dondurulmuş temiz bütün kestane
Kestane pulpu	Kurutulmuş kestane
Kestane ezmesi	Kestane unu

2.2. GIDALARIN KURUTULMASI

Gıdaların kurutulması, insanın doğadan öğrendiği ve ilk çağlardan beri güneş ve rüzgarı kullanarak uyguladıkları en eski muhafaza yöntemidir. Bu yöntem doğada çoğu zaman kendi kendine gerçekleşmektedir. Örneğin, çeşitli tahıllar ve baklagiller tarlada kendi halinde kuruyarak dayanıklı hale gelmektedirler (Cemeroğlu ve Acar, 1986). Güneş ve rüzgar ile kurutmanın dışındaki tekniklerin ise son 150 yıl içinde önemi artmış ve 19. yüzyılın sonlarında gıdaların kurutulması yaygınlık kazanmıştır (Keey, 1972). Yöntem, kullanımı ve uygulaması dünyada her geçen gün daha fazla uygulanmakta olan bir işlem haline gelmiştir.

Tarımsal ürünlerin yapısında başlangıçta yüksek oranda su bulunmaktadır. Gıdaların bozulmasını engellemek, mikroorganizmaların gelişmesini ve kimyasal değişiklikleri katalizleyen enzimlerin çalışmasını önlemek için gıdaların yapısındaki suyun uzaklaştırılması gerekmektedir (Demir, 1989).

Kurutma son ürünün kalitesini önemli düzeyde etkilemektedir. Kurutulmuş ürünün kalitesi yığın yoğunluğu, büzülme, gözeneklilik ve diğer fiziksel özellikler (özgül hacim, renk, tekstür, rehidrasyon vb.) ile karakterize edilmektedir (Krokida ve ark., 1997). Kurutma, gıda maddelerinin taşıma masraflarının azaltmak, işleme kolaylığı sağlamak, yeni bir ürün elde etmekte hammadde hazırlamak için uygulanmaktadır (Geankoplis, 1983).

Kurutulacak materyal için hangi kurutma yönteminin ve hatta bu yöntem içinde hangi tip cihazın kullanılacağı, materyalin nitelikleri ve kurutulmuş ürünün kullanım alanı vb. gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu hususta maddenin özellikle, sıvı, katı veya bulamaç halde oluşu gibi fiziksel niteliği çok önemlidir. Örneğin sıvı haldeki bir maddeye valsli ve püskürterek kurutma yöntemi uygulanabildiği halde, katı parçacıklar halindeki maddelerde bu yöntemin uygulanması olanaksızdır. Diğer taraftan yüksek sıcaklık dereceleri gıda maddelerinin yapısında önemli değişikliklere neden olduğundan, herhangi bir gıdanın kurutulmasında uygulanan yöntem bu açıdan dikkatle seçilmelidir (Cemeroğlu ve Acar, 1986).

2.2.1. Gıdaları Kurutma yöntemleri

2.2.1.1. Sıcak Hava ile Kurutma

Sıcak hava ile kurutma, mutlak nemi düşürülmüş ve belli bir sıcaklığa getirilmiş hava yardımıyla gıdalardaki nemin uzaklaştırıldığı sistemlerdir. Sıcak hava ile kurutma yöntemi, gıda maddelerinin kurutulmasında sıkça kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin uygulanmasında genellikle tepsili kurutucular, akışkan yatak kurutucular, tünel kurutucular kullanılmaktadır. Düşük enerji etkinliği ve kurutma süresinin uzunluğu, sıcak hava ile kurutulan ürünlerin düşük gözeneklilik, yüksek görünür yoğunluk ve düşük sorpsiyon kapasitesine sahip olması, ayrıca sıcak hava ile kurutma sırasında yüksek sıcaklık kullanılması ve bunun sonucunda ısısal bozulma nedeniyle ürünlerin

renk, tekstür ve lezzetinde arzu edilmeyen değişimlerin meydana gelmesi diğer kurutma yöntemlerinin kullanımını arttırmıştır.

2.2.1.1.1. Tepsili Kurutucu

Tepsili kurutucularda yalıtılmış bir oda içine vagonlar ile sokulan tepsi veya rafların üzerine belli bir kalınlıkta ürün yayılmakta, hava bir kanaldan içeriye alınarak fan yardımıyla tepsilere paralel olarak veya aşağıdan yukarıya dairesel bir şekilde oda içinde dolaşımı sağlanmaktadır. Tepsili kurutucular domates, elma, armut, erik, sebzeler, et ve balıklar ve şekerleme gibi gıdaların kurutulmasında kullanılmaktadır (Soksahanj ve Jayas, 1995). Tepsili kurutucunun; homojen kurutma sağlaması, havanın tekrar sirkülasyonu nedeniyle maliyetin düşmesi, ısıtma sisteminin kontrollü koşullarda yürütülmesi ve tamamıyla yalıtılmış bir sistem olması gibi avantajları vardır. Buna karşın kapasitesinin düşük olması, kesikli bir sistem olması ve bundan dolayı tam bir otomasyon yapılamaması gibi dezavantajları da bulunmaktadır.

2.2.1.1.2. Akışkan Yatak Kurutucu

Akışkan yatak kurutucuda fanlar yardımıyla üflenen hava, ısıtıcılar üzerinden geçerek partikül halindeki ürünlerin bulunduğu tabanı delikli hazneye gelmektedir. Düşük hava hızında partiküller hareketlenmemekte ve kolon boyunca ölçülebilir bir basınç düşüşü gözlenmektedir. Gazın hızı arttıkça basınç düşüşü de artmaktadır. Havanın kaldırma kuvveti partiküllerin ağırlığından kaynaklanan

yerçekimi kuvvetini yendiği ana kadar basınç düşüşü artmaya devam etmektedir. Bu an aynı zamanda minimum akışkanlaşmanın gözleendiği andır. Teorik olarak partiküller gaz içinde dağıldığı ve birbirinden ayrıldığında yatak stabilize olmaktadır. Gaz hızı arttırılmasına rağmen basınç düşüşü sabit kalır, bu olay küçük bir hız aralığında geçerlidir. Kurutma da gerçek anlamda bu evrede gerçekleşmektedir (McCabe ve Smith, 1976).

Akışkan yatak kurutucu yapışma özelliği olmayan 10µm-20mm aralığında homojen bir dağılım gösteren, düzgün şekilli ürünlere uygulanmaktadır. Gıda ürünlerinden bezelye, havuç, soğan, mantar, patates, et küpleri, tahıllar, kahve çekirdekleri kurutulmasına uygundur (Nargal ve Ooraikul, 1996).

2.2.1.1.3. Tünel Kurutucu

Tünel kurutucular tepsili kurutuculara benzeyen fakat sürekli bir sistemde çalışan kurutuculardır. Isıtılan hava ürün ile paralel akışta, karşıt akışta (zıt) veya kombine bir akışta sistemde dolaşmaktadır. Uygulama alanları arasında makarna, et ürünleri, sebzeler, baharatlar, çeşitli meyveler sayılabilir. En önemli avantajları; sürekli bir sistem olması, havanın hareket ve dolaşım biçiminin ayarlanabilmesi, her tünelde farklı sıcaklık ve rutubet koşullarının oluşturulabilmesidir.

2.2.1.2. İnfared Kurutma

İnfared kurutmada 0,1–100 μm dalga boyu aralığında üretilen radyasyonun bir kısmı gıda tarafından absorblanmakta, diğere bir kısmı gıdanın içinden geçmekte veya gıdadan yansımaktadır. Kurutma ile ilgili olan kısmı absorblanan kısmıdır. İnfared (kızılötesi) kurutma, gıda tarafından absorblanan radyasyon enerjisinin ısıya çevrilerek suyun buharlaşması, dolayısıyla ürünün kurumasının sağlanması temeline dayanmaktadır. İnfared kurutma, ince bir şerit halinde yayılmış tozlar, granüller, küçük katı partiküller ve yapışkan özellik göstermeyen kırılğan materyallere uygundur. Gıdaların yapısı heterojen olduğu için her noktasında absorblama derecesi farklı olmakta, bu nedenle doğrudan bir gıdaya uygulandığında homojen olmayan bir kuruma gözlenmektedir. Gıda sektöründe galeta, nişasta, hardal tozu, kek karışımları ile baharatların kurutulmasında kullanılmaktadır (Funebo, 1997).

2.2.1.3. Ozmotik Dehidrasyon

Meyve ve sebzeler gibi hüresel materyallerin yoğun bir çözelti içinde bekletilmesiyle su oranının düşürülmesi uygulamasına ozmotik dehidrasyon denir. Bu yöntem çoğunlukla ürünlerin kurutulmasında bir ön işlem olarak uygulanmaktadır. Hem ilke, hem de elde edilen ürünün nitelikleri açısından bu teknoloji geleneksel kurutmaya benzememektedir. Burada suyun uzaklaştırılmasında buharlaştırma değil ozmos olayı rol oynamaktadır. Ozmotik dehidrasyon amacıyla kullanılan çözeltinin ozmotik basıncı kurutulacak materyalin ozmotik basıncından daha yüksek olmalıdır. Ancak bu koşulla gıdadan çözeltiliye bir su

taşınması gerçekleşebilir. Bu olay sırasında, meyve ve sebze dokusunu oluşturan hücrelerin duvarları, yarı geçirgen bir membran görevi yapmaktadır. Bu membran yarı geçirgen olmakla birlikte, meyve ve sebzeler dilimlenirken hücre duvarı zarar görmektedir. Çözültiden gıdaya çözünür madde, gıdadan da çözültiye su difüzyonu gerçekleşmektedir (Torreggiani, 1993). Ozmotik dehidrasyon yöntemi (Hawkes ve Flink, 1987), kuru ürünün renk ve aroma özellikleri üzerine ısısız zararını minimize ederek enzimatik esmerleşme reaksiyonlarını önlemektedir. Ozmotik dehidrasyon üzerine yapılmış araştırmalarda, genellikle parçalar halinde kesildikten sonra işlem görmüş meyve ve sebze örneklerine (muz, elma, havuç, kayısı ve şeftali) rastlanmaktadır. Ürünlerin dilim halinde kesildikten sonra işlenmesi yüzey geçirgenliğini arttırmakta böylece kurutma yöntemiyle etkili bir kurutma sağlanabilmektedir.

2.2.1.4. Vakum Kurutma

Vakum kurutmada ısı, madde içindeki saklı enerjinin ortaya çıkarılmasıyla sağlanmaktadır. Bu amaçla ürün, basıncı gittikçe düşen (vakum altında) bir hücrede tutulmakta ve bu sırada ayrıca ısıtılmaya gerek kalmaksızın suyun buharlaşıp uzaklaşması sağlanmaktadır. Vakum kurutma yönteminde yararlanılan çeşitli vakum kurutucularda, kuruma vakum altında, düşük sıcaklık derecelerinde gerçekleşmektedir. Bu tip kurutucuların gerek tesis ve gerek işletme masrafları çok yüksek olduğundan, ısıya çok duyarlı ürünlerin kurutulmalarında veya nem içeriği çok düşük düzeye düşürülmesi gereken ürünler ile katı parçacıklar halindeki ürünler kurutulabilmektedir. Aynı zamanda ortamda hava olmadığından kurutma sırasında oksidasyon tehlikesi ortadan

kalkmaktadır. Vakum kurutma ile kurutulmuş ürünler yüksek gözeneklilik, düşük renk hasarı ve düşük aroma kaybı özelliklerine sahip olmaktadır (Somogyi ve Luh, 1988).

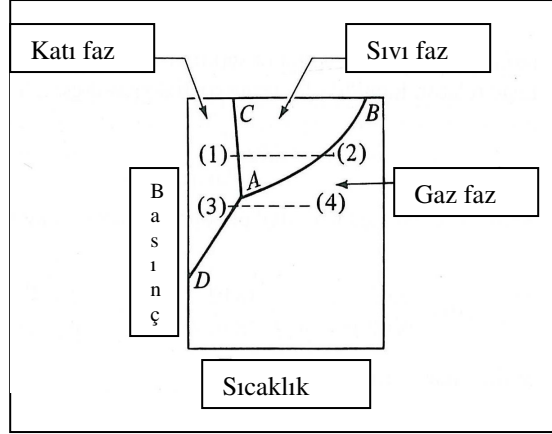
2.2.1.5. Mikrodalga Kurutma

Mikrodalga kurutma yöntemi kuru ürün kalitesini iyileştirmek için alternatif bir yöntem olarak son yıllarda kullanılmaktadır. Mikrodalga birbirini takip eden dikey elektriksel ve manyetik alanların sonucunda oluşan elektromanyetik bir enerjidir. Mikrodalgalara maruz kalacak maddedeki polar moleküller (gıdalarda en bilinen polar molekül sudur) normalde materyalin içinde rastgele sıralanmakta fakat elektriğe maruz kalırlarsa paralel sıralanmaktadırlar. Bu hareketlenme sonucu oluşan enerji bu maddelerin ısınmasına sebep olur. Isınmaya sebep olan fakat dipolar rotasyon kadar etkili olmayan bir diğer mekanizmada iyonik polarizasyondur. Bu mekanizma da ise elektrik yükü taşıyan iyonlar elektrik alana maruz kaldıklarında hızlanırlar. Elektrik alan tarafından aldıkları kinetik enerji diğer iyonlarla çarpıştıklarında ısıya çevrilerek materyalin ısınmasına sebep olur. Mikrodalga kurutma; hem içte hem de yüzeyde bir ısı üretmesine karşın diğer kurutma metotları ısıyı yalnızca yüzeye uygulanması, kurutma süresinin daha kısa olması, gıdanın yüzeyinde kabuk oluşumunu engelleyerek üründe gelişimi sağlaması ve düşük ortam sıcaklıklarında bile kurutma uygulanabildiği için gıdada minimum düzeyde hasar yaratması gibi avantajları vardır. Tüm bu avantajlara rağmen yüksek düzeyde enerji tüketimi maliyeti arttırmaktadır. Mikrodalga kurutma sistemleri makarna, soğan, patates

cipsi ve deniz yosununun kurutulmasında ağırlıklı olarak kullanılmaktadır.

2.2.1.6. Dondurarak Kurutma

Dondurarak kurutma gıda maddelerindeki nemin uzaklaştırılması için uygulanan bir diğer yöntemdir (Heldman ve Singh, 1989). Gıda maddeleri için “liyofilizasyon” ya da dondurarak kurutma canlılığı askıya alma anlamına gelmektedir. Dondurarak kurutma, dondurulmuş maddenin içinde bulunan donmuş su zerreciklerinin, süblimasyon için uygun koşullar yaratılması yoluyla maddeden dışarı çıkarılarak maddenin kurutulmasıdır. Süblimasyon maddenin katı (su için buz) halden gaz (su için su buharı) haline, maddenin sıvı hali atlanarak geçiş yapmasıdır. Bir maddenin hangi hali (katı, sıvı, ya da gaz) alacağını belirleyen iki temel faktör vardır. Biri sıcaklık, diğeri ise atmosfer basıncıdır. Bir maddenin belli bir hali alabilmesi için sıcaklığın ve basıncın belirli bir sınır aralığında olması gerekmektedir. Şekil 2.1, suyun değişik halleri için gerekli basınç ve sıcaklık değerlerini göstermektedir.



Şekil 2.1. Suyun değişik halleri için gerekli basınç ve sıcaklık değerleri (Geankoplis, 1983)

Donma noktası (32 F veya 0°C) ile kaynama noktası (212 $^{\circ}\text{F}$ veya 100°C) arasında, basıncın da 1 atm olduğu deniz seviyesinde su sıvı haline geçebilmektedir. Fakat sıcaklığı 32 $^{\circ}\text{F}$ ya da 0°C üzerine çıkarırken atmosfer basıncını da 0,06 atm altında tutabildiğinde su erimek için yeterli sıcaklıkta olmakta ama sıvı halini oluşturmak için gerekli basınç olmamakta, dolayısıyla gaz haline gelmektedir (Anonim5, 2008).

Dondurarak kurutma yöntemi; kuşkonmaz, fasulye, lahana, karnabahar, kereviz, mantar, soğan, domates, bezelye, gibi sebzelere; yumurta, bebek mamaları ve askeri yemekler gibi hazır gıdalara uygulanmaktadır. İri meyveler ve sebzelerde genellikle dilimler halinde kurutma yapılmaktadır. Dondurarak kurutulmuş sebzeler ve otlar ticari anlamda ağırlıklı olarak hazır çorba benzeri ambalajlanmış, pişirmeye

hazır kuru ürünlerde kullanılırken, liyofilize meyveler bunların yanında tahıl ve gevrek içerikli kahvaltılık malzemelerde ve orta seviyede kurutulmak suretiyle kek, pasta gibi ürünlerde süsleme ve dolgu malzemesi olarak da kullanılmaktadırlar. Kahvaltılık meyveler malzemenin ambalajının içinde önceden karıştırılmış olarak bulunabileceği gibi isterse tüketici kendisi de öğününe karıştırabilir.

2.2.1.6.1. Dondurarak Kurutma Yönteminin İşleyişi ve Aşamaları

Dondurarak Kurutma işlemi üç temel aşamadan meydana gelmektedir.

1. Dondurma,
2. Birincil kurutma (süblimasyon),
3. İkincil kurutma (desorpsiyon).

a. Dondurma

Dondurma sıcaklığı ve süresi gıdalarda bulunan çözeltilerin fonksiyonlarına göre değişiklik gösterir. Saf suyun donma sıcaklığı donma işlemi boyunca sabit kalır. Gıdaların donma sıcaklıkları saf suyunkinden bir miktar daha düşüktür, çünkü çözelti donmamış olan kısımda gittikçe konsantre hale gelir böylece donma noktası sıcaklığı çözeltinin tamamı donuncaya dek bir düşüş gösterir. Dondurma işleminin yavaş ya da hızlı yapılması konusunda seçim dondurulacak olan ürünün karakteristik özelliklerine göre değişebilir. Dondurma işlemi genellikle ürünün soğuk hava ile temas etmesi veya dondurucu yüzeyle teması

sonucu gerekleŒir ki bunlar genellikle yavaŒ bir donma iŒlemi sağlar. Hızlı dondurma için kriyojenik sıvılar kullanılabilir veya direk daldırma yöntemi uygulanabilir. Ayrıca hızlı dondurmaya sağlamak amacıyla IQF (Individual Quick Freezing, Bireysel Hızlı Dondurma) veya hava üfleme tip dondurucular kullanılabilir (Mellor, 1978).

b. Birincil kurutma (süblimasyon)

Katı bir fazın sıvı faza geçmeden doğrudan doğruya gaz faza geçmesi olayına süblimasyon adı verilir. Bu aşamanın esası vakum altında buzun süblimasyonuna dayanır. Latent ısı için gerekli ısı sağlandığında buz süblime olur. Süblimasyonda sürücü kuvvet buz yüzeyindeki su buharı basıncı ile kurutucudaki kısmi su buharı basıncı arasındaki farktır. Süblimasyon için gerekli enerji; radyasyon, kondüksiyon veya mikrodalga ile elde edilir. Dondurma iŒlemi tamamlandıktan sonra donmuş ürün kurutma amacıyla kapalı bölme yerleŒtirilir. Bir pompa yardımıyla vakum uygulanır ve içerideki hava uzaklaŒtırılır. Bunun sonucunda gerekli buharlaşma enerjisinin de sağlanmasıyla buz yavaŒça süblime olmaya başlar (Mellor, 1978).

c. İkincil kurutma

Üründeki buz kristalleri tamamen süblime olduğu zaman ikincil kurutma başlar. Bu aşamada kuruyan üründe bulunan bağlı suyun bir kısmı buharlaŒtırılır. Bu aşamada sıcaklık limit değerin altında tutulmalıdır. İkincil kurutmada birincil kurutmaya oranla çok daha az su uzaklaşmasına rağmen daha uzun süre gereklidir (Mellor, 1978).

2.2.1.6.2 Dondurarak Kurutma için Gerekli Koşullar

Öncelikle kurutulacak ürün dondurulmuş yani katı fazda olmalıdır. Süblimasyonun gerçekleşmesi ve devamının sağlanması için su buharı moleküllerinin buz ortamından ayrılmasının sağlanması gerekir. Bunun için en etkili metot, daha düşük basınçlı ortam ve daha soğuk bir yüzey (kondenser) yaratarak su buharı moleküllerinin bu yüzeye doğru hareketinin sağlanmasıdır. Bu koşullar altında su buharı molekülleri soğuk olan yüzeye difüze olacaklar ve bu yüzeyde yoğunlaşarak buz kristalleri halinde tutulacaklardır. Bundan sonraki aşama ise su buharı moleküllerinin kondenserde hapsedilmesi için daha kolay bir yol izlemeleri amacıyla bir yöntem bulmaktır. Bunun için su buharı moleküllerinin çarpışacağı hava ve yoğunlaşmayan diğer moleküllerin uzaklaştırılması gerekir. Bunun için en etkili yöntemse vakum pompası kullanmaktır. Dondurarak kurutma işleminin devam etme hızı, dondurulmuş ürünün aldığı ısı miktarına çok büyük oranda bağlıdır. Buz süblime oldukça ısı absorbe edecektir. Bu enerji su buharı formundaki molekülleri hızlandırmak amacıyla gereklidir. Bu enerji süblimasyon buharlaşma enerjisi olarak isimlendirilir. Eğer bu ısı sağlanmazsa süblimasyon hızında giderek bir azalma görülür. Bu ısı kurutma hücresinin duvarlarından veya yüzeyinden kondüksiyon veya radyasyon ile sağlanabilir. Fakat verilen bu ısı enerjisi hiçbir koşulda üründen ayrılan enerjiden fazla olmamalıdır aksi koşulda ürün katı fazdan sıvı faza geçiş gösterir ve süblimasyon gerçekleşemez dolayısıyla da kurutma işlemi başarılı olamaz (McCleary, 1987).

2.2.1.6.3 Dondurarak Kurutma Yönteminin Avantajı ve Dezavantajı

Ürün stabil olmayan ve ısıya duyarlı bir yapıya sahipse, rehidrasyonun hızlı ve tam olarak gerçekleşmesi istenmekteyse, kurutulacak ürün ekonomik açıdan yüksek değere sahipse ve ürün ağırlığının minimize edilmesi istenmekteyse dondurarak kurutma uygulaması yapılabilmektedir (Taylor ve Zhai, 2000).

Dondurarak kurutma yönteminin birçok avantajı bulunmaktadır. Bu yöntem sonucu oluşan ürünün içyapısı gözenekli olduğundan, ürün kolaylıkla rehidre olabilmekte, büzüşme ihmal edilecek kadar az olduğundan ürünün ilk şekli bozulmamaktadır. Ürünün fiziksel, kimyasal özellikleri ve besin değerinin en üstün düzeyde korunduğu ve ısıya duyarlı ürünlerin kurutulmasında kullanılabilecek en uygun yöntemdir. İşlemin düşük sıcaklıklarda gerçekleşmesi protein denaturasyonunun, enzimatik reaksiyonların ve enzimatik olmayan kararma reaksiyonlarının minimize edilmesini sağlamaktadır (Yağcıoğlu, 1999). Dondurarak kurutma işlemi suyu uzaklaştırılmasıyla ürünlerin ağırlığı azalmakta dolayısıyla nakliyat maliyetinin düşmesine yol açmaktadır (Anonim 16,2008).

Dondurarak kurutma işleminin avantajlarına karşılık dezavantajları da vardır. Diğer kurutma yöntemlerine göre daha yüksek yatırım ve işletme masrafları gerektirmektedir. Kalın dilimli ürünlerin kurutulmasında kurutma süresi çok uzamaktadır. Bu nedenle kurutulacak materyal küçük parçalı ve ince dilimli hale getirilmelidir. Kurumuş ürün gözenekli yapısından dolayı çok kırılgan ve hassastır. Depolama ve taşıma yapılırken dikkat edilmelidir (Yağcıoğlu, 1999).

2.2.1.6.4 Dondurarak Kurutma Sisteminin Ana Bileşenleri

Dondurarak kurutma sisteminin ana bileşenleri;

- Kurutma hücresi
- Kondenser
- Vakum pompası

Kullanılan kurutma hücresi, kg/cm^2 bazında 1033 kg basınca dayanabildiği sürece her türlü büyüklükte kullanılabilir. Kondenser, hareket eden su buharı moleküllerinin sıkıştırılabileceği yol üzerinde bulunmalıdır. Kondenserin yüzeyi ile temas eden su buharı enerjisini vererek buz kristallerine dönüşür. Böylelikle su buharı sistemden uzaklaştırılmış olur ve su buharının vakum pompasına doğru hareket engellenmiş olur. Arzulanan uygulamaya göre kullanılacak kondenser seçimi değişebilir. Kullanılan pompa hücre içindeki basıncı 4mmHg'nın altına düşürebilecek kapasiteye sahip olmalıdır (McCleary, 1987).

2.3. KESTANE KURUTMADA ÖNEMLİ KALİTE UNSURLARI

Hava ile kurutma, sürekli sıcak havanın verilmesi ile gıdaların kurutularak korunmasında kullanılan en yaygın işlemidir. Hava ile kurutma, gıdaların raf ömrünü uzatmaktadır. Fakat konvensiyonel yolla kurutulan gıdalar, orijinal hallerindeki özellikleri kaybetmektedirler. Vakumlu dondurarak kurutma, diğer kurutma yöntemlerine oranla suyun uzaklaştırılarak yüksek kalitede ürün elde edilmesinde kullanılan en iyi yöntemdir. Dondurarak kurutma, donmuş gıdaların süblimasyonu ile kurutulmasına dayanmaktadır.

Kuruma sırasında, hacimde azalma ve gözeneklilik gibi ürünün fiziksel yapısındaki değişimler görülebilmektedir. Ratti (2002) tarafından yapılan çalışmada; dondurarak kurutma ve sıcak hava ile kurutma yöntemi uygulanan çileklerde son üründe hacim azalması karşılaştırmış, dondurarak kurutma sırasında büzüşmenin asgari düzeyde (% 5-% 15) gerçekleştiği, hava ile kurutma sırasında ise büzüşmenin aşırı (% 80 civarında) olduğu görülmüştür.

Dondurarak kurutma ve hava ile kurutma sırasında rengin değişimi üzerine yapılan çalışmalarda, sadece görünüşte farklılığın kurutma yöntemi ile ilgili olmadığı, renk ile antioksidan ve vitamin içeriği arasındaki yakın ilişkiden dolayı da renk değişiminin olduğu görülmüştür. Hava ile kurutma sırasında esmerleşme ve rengin değişimi, pigment yıkımını kapsayan değişik reaksiyonların sonucunda meydana gelmektedir. Kuruma sırasında yüksek sıcaklığın rengin değişiminde etkili olduğu görülmüştür (Bakker, Bridle ve Kopman, 1992).

Kurutma, kalite parametresi olan rehidrasyon, renk ve büzüşmeyi etkilemektedir. Literatürde en çok çalışılan kalite parametresi rehidrasyondur. Kuruma koşulları ve kuruma önışlemleri rehidrasyonu etkilemektedir.

2.3.1. Kurutma yöntemlerinin yığın yoğunluğu üzerine etkisi

Yığın yoğunluğu, bir gıda materyalinin birim hacminin ağırlığı olarak tanımlanır. Bir başka ifade ile metreküp hacmi dolduran ürünün ağırlığı (kg) yığın yoğunludur. Yığın yoğunluğu kurutulmuş ürünün bir kalite göstergesidir ve kurutma yöntemleri ile kurutma koşullarından etkilenmektedir. Eğer kurutulmuş üründe büzülme olmamışsa ve ürün başlangıçtaki boyutlarını korumuşsa, bu ürünün yığın yoğunluğu, sadece kaybettiği su kadar azalmıştır. Fakat kurutulan ürünlerde, özellikle meyve ve sebzelerde daima bir buruşma, büzüşme ortaya çıkmaktadır. Bu da kuru ürünün yığın yoğunluğu değerlerini değiştirmektedir. Her ürün, uygulanan kurutma yöntemine ve kurutma koşullarına bağılı olarak kendine özgü bir büzülme niteliği göstermektedir. Böylece kuru ürünün hacminde az veya çok azalma meydana geldiğinden yığın yoğunluğu da değişmektedir (Ratti,1994).

Lozano ve arkadaşları (1983) tarafından yapılan bir çalışmada; armut, patates ve sarımsağı sıcak hava ile kurutma yöntemini uygulamışlardır. Yığın yoğunluğunda homojen bir değişim gözlenmemiştir. Havucun ve armudun yığın yoğunluğu, nem içeriğinin azalmasıyla artmakta, patatesin ve sarımsağın yığın yoğunluğu, nem içeriğinin azalmasıyla belli bir değere kadar artmakta daha sonra azalmakta olduğu görülmüştür.

Donsi ve ark. (1996) elma ve patates üzerine sıcak hava ile kurutma, vakum altında kurutma ve dondurarak kurutma yöntemlerini uygulamışlardır. Elmanın ve patatesin yığın yoğunluğu dondurarak kurutma yönteminde nem içeriğinin azalmasıyla azalmaktadır. Patatesin yığın yoğunluğu sıcak hava ile kurutma yönteminde nem içeriğinin azalmasıyla azalmaktadır.

Ertekin ve ark.(2007) değişik nem içeriklerinde ayvanın büzülme, porozite, görünür yoğunluk ve yığın yoğunluğunun kuruma yöntemleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Yığın yoğunluğunun inin azalmasıyla azaldığı, diğer yöntemlerde ise, sıcak hava ve ozmotik dehidrasyonu kombinasyonu ile kurutma, infrared kurutma ile tepsili ve akışkan yatak kurtma yöntemlerinde ise nem içeriğinin azalmasıyla yığın yoğunluğunun arttığı görülmüştür.

Krokida ve Maroulis (1997) elma, muz, havuç ve patatese, sıcak hava ile kurutma, mikrodalga ile kurutma, dondurarak kurutma, ozmotik dehidrasyon ve vakum kurutma yöntemleri uygulamışlardır. Yığın yoğunluğunun kurutma yönteminden büyük ölçüde etkilendiğini saptamışlardır. Vakum altında kurutma yönteminde sıcak hava ile kurutma yöntemine göre daha düşük yığın yoğunluğu olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmada dondurarak kurutma yönteminde yığın yoğunluğunun diğer yöntemler ile elde edilen sonuçlara göre en düşük değerlerde olduğu görülmüştür. Yığın yoğunluğu üzerine elma ve muz için mikrodalga kurutma ve sıcak hava ile kurutma yöntemlerinin benzer etkilerini saptamışlardır. Mikrodalga yöntemiyle kurutulmuş havuç ve patates için yığın yoğunluğunun vakum altında kurutma yöntemiyle kurutulmuş örneklere göre daha düşük olduğunu gözlemlemişlerdir.

Ozmotik dehidrasyon yöntemi uygulanan elmanın yığın yoğunluğunun artmakta olduğu buna karşın muzun yığın yoğunluğunun azalmakta olduğunu saptamışlardır. Elmanın yığın yoğunluğu uygulanan tüm kurutma metotlarında nem içeriğinin azalmasıyla azalmaktadır. Havucun yığın yoğunluğu, sıcak hava ile kurutma yöntemi süresince uzaklaşan su kadar artmakta buna karşın uygulanan diğer kurutma metotlarında azalmaktadır. Patatesin yığın yoğunluğu, vakum altında kurutma ve sıcak hava ile kurutma yöntemlerinde nem içeriğinin azalmasıyla artarken, mikrodalga kurutma yöntemiyle kurutulan örneklerin yığın yoğunluğu azalmaktadır. Muzun yığın yoğunluğu, vakum altında kurutma ve dondurarak kurutma yöntemleri uygulandığında azalırken, sıcak hava ile kurutma, mikrodalga kurutma ve ozmotik dehidrasyon yöntemleri uygulandığında artmaktadır. Çalışmada dondurularak kurutulmuş ürünlerin gözenekliliği diğer kurutma yöntemlerine göre daha büyük (% 80 – 90) olduğu bulunmuştur. Aynı araştırmacılar mikrodalga yöntemiyle kurutulmuş patates ve havuçta gözenekliliği % 75, elma ve muzda ise % 60 ve % 25 olarak bulmuşlardır. Vakum altında kurutma yöntemiyle kurutulmuş muz ve elmada gözenekliliği % 70 havuç ve patatesin gözenekliliğini ise % 50 ve 25 olarak saptamışlardır.

Büzülme, örneğin hacim, alan ve kalınlık ölçülerindeki değişimin ilk ölçülerine oranına denir. Kurutulan tüm ürünler için, nem içeriğinin azalmasıyla büzülme azalmaktadır. Donsi ve ark. (1996) tarafından yapılan bir çalışmada sıcak hava ile kurutma, vakum kurutma, dondurarak kurutma ve hava hızının değişken olduğu zorlamalı konveksiyon sıcak hava ile kurutma yöntemlerini, elma ve patates ürünleri üzerinde uygulamış ve bu ürünlerin değişik kurutma prosesleri

sırasında yığın yoğunluğu ve büzülme değerleri incelemişlerdir. Farklı yöntemlerle kurutulmuş elmaların yığın yoğunluğunda meydana gelen değişme, nem içeriğinin bir fonksiyonu olarak gösterilmiştir. Kuruma ilerledikçe ısı uygulanan kurutma yöntemlerinde yoğunluk azalırken, dondurarak kurutulmuş örneklerin hacim azalmasının çok daha düşük olduğu görülmüştür. Dondurarak kurutulmuş ürünlerde sürekli bir hacim azalması görülmezken, diğer kurutma yöntemleriyle kurutulmuş örneklerde büzülme değerinde bir azalma eğilimi görülmektedir.

Krokida ve Maroulis (1997) elma, muz, havuç ve patatese, sıcak hava ile, mikrodalga ile kurutma, dondurarak kurutma, osmatik kurutma ve vakum kurutma yöntemleri uygulamışlar ve dondurularak kurutulmuş ürünlerde büzülme olmadığını saptamışlardır. Osmotik ve geleneksel kurutulmuş ürünlerde büzülmenin çok fazla olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar dondurularak kurutulmuş ürünlerde büzülmenin minimum olduğunu, sıcak hava ile kurutulmuş ürünlerde ise nem içeriğinin azalmasıyla ürünün boyutlarının azaldığı saptanmıştır.

2.3.2. Kurutma yöntemlerinin Renk Özellikleri Üzerine Etkisi

Kuru bir ürünün kabul edilebilirliği, kurutma işlemi sonrasında doğal renginin korunmasına önemli ölçüde bağlıdır. Kurutma işlemi sırasında renk bozunma mekanizmalarının açıklanması amacıyla çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Yapılan çalışmaların çoğu kuru ürünlerin kurutma sonrası Hunter renk değerlerinin (L, a, b) ölçümü temeline dayanmaktadır. Şekil 2.2’de L^*, a^*, b^* renk uzayının şematik görünümü verilmiştir. Şekilde siyahtan beyaza doğru değişen dikey L^* eksenini parlaklık değerini vermekte olup, ölçülen renge göre 0 ile 100 arasında

değişen değerler alabilmektedir. Renk uzayı üzerinde bulunan a* eksenini pozitif değer aldığı anda ölçülen renk kırmızı, negatif değer aldığı anda ise yeşil olmaktadır. Aynı şekilde b* eksenini pozitif değer aldığı anda ölçülen renk sarı, negatif değer aldığı anda ise mavidir.

Şekil 2.2. L*,a*,b* renk uzayının şematik görünümü.(Soysal, 2000)

Gıdaların kurutulması sırasında ortaya çıkan en önemli renk değişimleri enzimatik ve enzimatik olmayan (Maillard reaksiyonları) esmerleşme reaksiyonları sonucu oluşmaktadır (Katara ve Nath, 1985). Kurutma sırasında gıdalarda meydana gelen Maillard reaksiyonları kuru üründe kahverengi pigment oluşumuna yol açarak renk üzerinde kimyasal değişmelerin meydana gelmesine neden olmaktadır. Özellikle havuçta kurutmadaki yüksek ısıyla önemli derecede karoten kaybı meydana gelmektedir. Bazı meyvelerde ise ısısız bozulma nedeniyle önemli ölçüde antosiyanin kaybı oluşmaktadır. Antosiyanin pigmenti içeren ürünlerde dondurarak kurutma ve vakum kurutma renk açısından iyi sonuçlar vermektedir. Bu amaçla vakum kurutma ve dondurarak

kurutma yöntemlerinin kombine bir şekilde kullanılması kuru ürünün renk kalitesini iyileştirmede ideal bir yöntem olarak kabul edilmiştir (Yang ve Atallah, 1985).

Vakum-mikrodalga kurutma yönteminin havuç dilimlerinin rengi üzerine olan etkisini, Lin ve ark (1998) incelemiş, sıcak hava ile kurutma ve dondurarak kurutma yöntemleriyle karşılaştırmışlardır. Sıcak hava ile kurutulmuş havuç dilimlerinin renginin, dondurarak kurutma ve vakum-mikrodalga yöntemlerinin uygulandığı örneklerin rengine göre daha koyu olduğu ve daha az kırmızı ve sarı Hue değerlerine sahip oldukları belirtilmiştir. Dondurarak kurutulmuş örneklerin en yüksek açıklık derecesine ve vakum-mikrodalga kurutma yöntemi ile kurutulmuş örneklere göre daha düşük sarı Hue değerine sahip olduğu gözlemlenmektedir. Sıcak hava ile ve vakum-mikrodalga yöntemleri ile kurutulan havuç dilimlerindeki daha koyu görünüş, ürünlerin kurutma sırasında yüksek ısıya maruz kalmaları ile açıklanabilmektedir. Buna karşılık dondurarak kurutma sisteminde ısı uygulamasının olmaması renk koyulaşmasının minimum düzeyde gerçekleşmesi sonucunu doğurmaktadır. Isı uygulamasına dayalı kurutma yöntemlerinde, kullanılan ısının renkteki esmerleşme ya da koyulaşma üzerine etkisi dikkate alındığında dondurarak kurutma yöntemi en iyi renk kalitesinde kuru ürün sunmaktadır.

2.3.3. Kurutma yöntemlerinin Tekstürel Özellikleri Üzerine Etkisi

Tekstür genel olarak gıdanın yapısal özelliklerinden kaynaklanan, dokunma duyusuyla hissedilen, gıdaya uygulanan belli bir kuvvet

karşısında gıdada meydana gelen deformasyon, disintegrasyon veya akmaya bağlı olan fiziksel özelliklerin tümü olarak tanımlanabilir (Bourne, 1982).

Gıdanın kalite kriterlerinden biri olan tekstür tüketici kabul edilebilirliği önemli derecede etkilemektedir. Gıdanın tekstürü; sertlik, yumuşaklık, çiğnenebilirlik, kumluluk, unluluk, yapışkanlık, sululuk, yağlılık vb. gibi duyuşal karakteristiklerinden oluşmaktadır. Tekstürel özelliklerin ölçümünde ise sıkıştırma, kaydırarak kesme, kesme, germe kuvveti gibi kuvvetlerden yararlanılmaktadır. Basınç metre, sertlik ölçen aletler (sıkıştırma), tenderometre, tekstürmetre, maturemetre, fibrometre, vizkosimetreler ve Instron gibi ekipmanlar tekstür ölçümünde kullanılmaktadır.

Sebze ve meyvelerin kurutulmaları sırasında tekstürlerinde meydana gelen değişimleri azaltmak ve tekstürlerini geliştirmek amacıyla kurutma öncesinde bazı fiziksel ve kimyasal önlemler uygulanmaktadır.

Vakum-mikrodalga, sıcak hava ve dondurarak kurutma yöntemlerinin ürünün tekstürel özellikleri bakımından karşılaştırıldığı bir çalışmada (Lin ve ark.,1998) ise havuç dilimlerinin tekstürel özellikleri, delme kuvvetinin ölçülmesi ile ifade edilmiştir. Delme kuvveti ürünün yüzey sertliğini ölçer ve kurutma sırasında oluşan sertlik derecesinin bir göstergesidir (Kim ve Toledo, 1987). Vakum-mikrodalga yöntemiyle kurutulmuş havuç dilimlerinin tekstürleri sıcak hava ile kurutma yöntemiyle kurutulan örneklere göre daha yumuşak iken, dondurarak

kurutma yöntemi ile kurutulan örneklere göre daha sert olduğu görülmüştür.

2.4. GLUTENSİZ ÜRÜNLER VE BESLENMEDEKİ ÖNEMİ

Buğday, arpa, yulaf, çavdar, tritikale ile bunların melezlerinde veya türevlerinde bulunan gluten proteini, bu proteine toleransı olmayan bazı bireylerde sağlık problemlerine yol açmaktadır. Genetik olarak yatkın bireylerde glutene karşı bağışıklık sisteminin gösterdiği cevap sonucu ortaya çıkan ve çölyak adı verilen bu hastalık yaşam boyu devam eden bir intoleranstır (Gren ve Jabri, 2006). Glutene karşı reaksiyon demir, folik asit, kalsiyum ve yağda çözünen vitaminler gibi birçok önemli besin maddesinin emilmemesine yol açan ince bağırsak iltihabı ve bağırsaklarda bulunan ve besin emiliminden sorumlu villüslerin yapısal olarak bozulması ile ilgilidir. Villusler besin maddelerinin ince bağırsaktan emilip kan dolaşımına katılmasını sağlarlar. Sağlıksız ve hasar görmüş villüslere sahip kişilerde yedikleri dolaşıma katılamayacağı için çok iyi besinler tüketmiş olsa bile yetersiz beslenme görülecektir (Anonim16, 2008). Bu yapısal bozulmanın ortaya çıkmasında üç temel neden söz konusudur: Genetik yatkınlık, çevresel faktörler ve bağışıklık sistemi kaynaklı iltihaplanmadır. Bu hastalığın tek etkin tedavisi yaşam boyu sıkı glutensiz bir diyetdir ve böylelikle bağırsak hasarı geri dönüşüme uğrayarak normal haline dönmektedir.

Çölyak hastalarının gluten ve gluten benzeri proteinleri içeren tahılları (buğday, çavdar, arpa, tritikale ve yulaf) tüketmekten kaçınmaları gerekmektedir. Bu proteinlerde bulunan özel bazı aminoasitler dizilimleri içeren peptidler çölyak hastalığına neden olmaktadır. Bu peptid zincirleri buğdayda gliadin, çavdar da seklain, yulafta avidin ve arpada hordein olarak bulunmaktadır (Başman ve ark.,

2006). Gluten, buğday unundaki protein yapısını oluşturmakta ve yapısı glutenin ve gliadinden meydana gelmektedir. Gliadin hamur yapısında elastikiyet ve uzamadan sorumludur, glutenin ise dirençli yapının oluşmasını sağlamaktadır. Gluten matriksi hamurun uzayabilirlik, çekmeye karşı direnç, karıştırma toleransı ve gaz tutma yeteneği gibi önemli özellikleri belirlemektedir. Makarna, erişte ve mantı gibi gıdalarda ise gluten yapıyı bir arada tutarak pişme sırasında dağılmayı önlemektedir.

Glutensiz ürünler için Kodeks Standardı, Dünya Sağlık Örgütü'ne (World Health Organization, WHO) bağlı Kodeks Alimentarius Komisyonu (Codex Alimentarius Commission) ve Gıda ve Tarım Örgütü (Food Agricultural Organization, FAO) tarafından 1976 yılında kabul edilmiştir. 1981 yılında ve 2000 yılında taslak yeniden düzenlenerek glutensiz ürünler şu şekilde tanımlanmıştır:

(a) Buğday ve kızıl buğday, durum buğdayı, arpa, çavdar, yulaf gibi prolamın içeren buğday ve bütün *Triticum* türlerinden yapılmamış olanlar veya bunların melez türlerinden oluşan ürünlerden gluten miktarı 200 ppm'i aşmayanlar,

(b) Glutensiz olarak tabir edilen buğday, yulaf, çavdar, arpa ve bunların melez çeşitlerinden gelen ingredientlerden oluşan ve gluten seviyesi 200 ppm'i aşmayanlar,

(c) İlk iki maddedeki ingredientlerin 200 ppm gluten seviyesini aşmayan ikili karışımları.

Ülkemizde glutensiz ürünler ile ilgili yasal düzenlemeler 2003 yılında yayınlanan Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği (TGKY) Glutensiz ürünler tebliği (Tebliğ no: 2003/33) ile belirlenmiştir.

Glutensiz ürün bileşimlerinde nişasta ve un kombinasyonları kullanılmaktadır. Mısır unu, pirinç unu, patates unu, soya unu, nohut unu gibi unlar ve bunlardan elde edilen nişastalar glutensiz ürün üretiminde kullanılmaktadır.

Araştırmalara göre; dengeli beslenmenin sağlıklı bir kahvaltıyla başladığı, kahvaltının günün en önemli öğünü olduğu konusunda bileşilmekte ve bu önemli öğünün hem besleyici hem de uzun süre tok tutan gıdalardan oluşması gerektiği belirtilmektedir. Bu noktada kahvaltılık gevrekler tüketimi artmakta, giderek temposu hızlanan hayatımızda besleyici, lezzetli ve pratik bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kestane, doyurucu özelliğine paralel olarak insanların beslenmesine katkı sağlayan birçok besin ögesini içermektedir. Ülkemizde çölyaklı hastaların ve özellikle çölyaklı çocukların tüketebileceği kestane içerikli kahvaltılık gevrek bulunmamakta ve gluten içermeyen ürünlerin üretimi oldukça sınırlı olmaktadır. Glutensiz olarak özel üretilen ürünler az olduğu için fiyatları da yüksektir. Gluten içeren ürünlerin üretiminde kullanılan ekipmanların glutensiz ürün üretmek amacıyla kullanılması kontaminasyon riskini beraberinde getireceğinden üreticilerin glutensiz ürünler için ayrı bir hat oluşturmaları gerekir. Bu ise birçok üretici için ek maliyet oluşturmaktadır. Bu ek maliyet ve Pazar payının düşük olması nedeniyle

Üreticiler bu konuya sıcak bakmamaktadır. Bu nedenle glutensiz ürünlerin yurtdışından ithal edilmekte ve bu da fiyatların yüksek olmasına neden olmaktadır. Ek 1 izelge 2.12’de Türkiye’de Piyasada bulunan bazı glutensiz ürün eşitleri gösterilmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Denemelerde hammadde olarak kullanılan kestane soyulmuş ve dondurulmuş olarak Bozdağ İtimat Şekerleme İmalat San. Tic. Ltd. Ödemiş/ İzmir firmasından temin edilmiştir. Deneme öncesi örnekler derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

3.2. Yöntem

Çalışmada uygulanan analizler ayrı başlıklar altında belirtilmiş, en az iki tekrar olacak şekilde yapılmış ve sonuçların ortalaması verilmiştir.

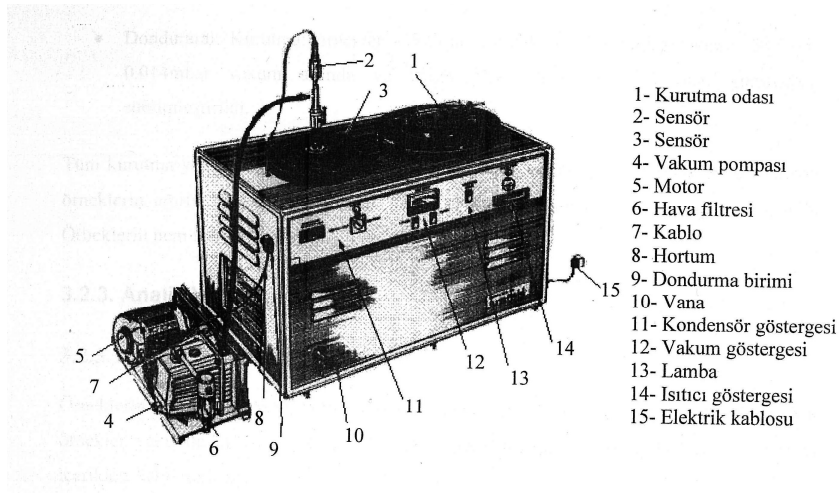
3.2.1 Kurutucular

Dilimlenmiş kestanenin kurutulması için dondurarak kurutma ve tepsili kurutucu ekipmanları kullanılmıştır.

3.2.1.1. Dondurarak Kurutucu

Gıda Mühendisliği Pilot Tesisi'nde bulunan (FT33 Vacuum Freze Drier, Armfield Ltd., İngiltere) laboratuvar tipi dondurarak kurutucu kullanılmıştır. Şematik diyagramı gösterilen ekipmanda, içerideki vakumu sağlayan bir vakum pompası, sublimasyonda gerekli enerjiyi

sağlayan plakalar, ürünün kurutma sırasında izlenebilmesini olanak sağlayan cam kapak, içerideki basıncı gösteren bir basınç göstergesi ve sıcaklığı gösteren dijital gösterge bulunmaktadır. Dondurarak kurutma cihazı çalıştırılır ve kondenser sıcaklığı -52°C ' ye ulaşıncaya kadar beklenir. Örnekler kurutucu içine dondurulduktan sonra yerleştirilir ve vakum uygulanır.



Şekil 3.1. Dondurarak kurutucu deneysel düzeneğinin şematik gösterimi

Dondurarak kurutma cihazının çalışma prensibi şu şekildedir: Kondenser çalışma sıcaklığına (-55°C) gelene dek pompa çalıştırılmamalıdır. Kondenser bölümünün altındaki valfi açarak daha önceden kalma kondensatın tümünün boşaltılmış olduğundan emin olmak gerekir. Bu bölme boşalttıktan sonra valf kapatılır ve sıkıca kapatıldığından emin olunur.

Ana elektrik kaynağı açılır ve cihaz kondenser pozisyonuna ayarlanır. Böylelikle soğutma sisteminin çalışması başlatılmış olur. Dondurarak kurutma cihazı kondenser sıcaklığının (-55°C) olması için yaklaşık 20 dk. bu şekilde çalıştırılır. İstenilen sıcaklığa ulaşınca kondenserin üzerinde bulunan izolasyon vanası kapanır. Vakum pompası açılır. Kurutma bölmesinin üzerindeki kapak kaldırılır ve dondurulmuş örnekler bu bölmeye yerleştirilir. Kapak yeniden dikkatlice kapanır. İzolasyon valfi açılır ve böylelikle bölmeye vakum uygulanmış olur.

Dondurarak kurutma işleminin tamamlanması için gereken süre örneğin doğal özelliklerine ve su içeriğine bağlıdır. Blmedeki rnekler kapakta bulunan cam pencereden bölmenin içinde bulunan bir aydınlatıcı yardımıyla görülebilmektedir. Isı bölmenin altında bulunan ısıtıcıyla sağlanır ve bu ısı enerji regülatörü ile kontrol edilebilir.

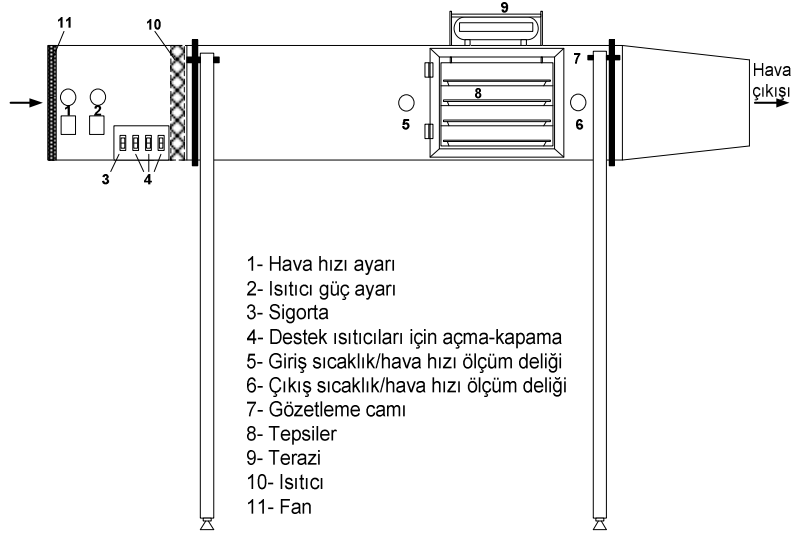
Dondurarak kurutma işlemi sona erdiğinde; vakum pompası kapatılır, vakum kondenseri altında bulunan boşaltma valfi açılarak boşaltılır, vakum boşaltıldıktan sonra kapak kaldırılarak örnekler alınır ve boşaltma valfi kapatılır.

Çözündürme işlemi için; izolasyon vanasının ve pompanın kapalı olduğu kontrol edilir, cihaz çözündürme pozisyonuna getirilir, boşaltma valfi açılır ve tüm su sistemden boşaltıldıktan sonra valf kapanır.

3.2.1.2. Tepsili kurutucu

Gıda Mühendisliği Pilot Tesisi'nde bulunan (Armfield Ltd. UOP8, İngiltere) laboratuvar tipi tepsili kurutucu kullanılmıştır. Şematik diyagramı gösterilen tepsili kurutucu, ayaklar üzerine monte edilerek operatörün kolay çalışmasını sağlamak üzere 1,4 m'ye yükseltilmiş, uzunluğu 2,95 m, genişliği 22x22 cm olan bir hava kanalından oluşmaktadır. Kurutma kabini, elektrikli ısıtıcı, hava akımını sağlayan fan, hava hızı ve sıcaklık kontrol sistemleriyle donanmıştır.

Hava hızı kanalda 0,3–1,8 m/s aralığında, fan kontrol sistemi ile manuel olarak ayarlanabilmektedir. Isıtıcı sistem 1,5 kW'lık 4 adet elektrikli ısıtıcıdan oluşmaktadır. Sıcaklık bir ısı ölçer ile ölçülmekte ve kurutucu sıcaklığı sıcaklık kontrol sistemi ile $\pm 1^{\circ}\text{C}$ duyarlılıkla ayarlanabilmektedir. Kurutma işleminin gerçekleştirildiği 3 adet tepsi kurutma süresince, hava kanalının üzerindeki askıya bağlanarak, havada asılı şekilde kalmaktadır. Tepsilerin hava kanalına sokulup çıkarılması hava kanalının yan tarafına monte edilmiş cam kapıdan sağlanmaktadır. Tepsili kurutucuda giren havanın rutubeti ayarlanamadığı için ortam koşullarındaki hava fan aracılığıyla emilerek, ısıtıcılar üzerinden geçirilmektedir. Bu şekilde istenilen sıcaklık ve hava hızı değerine ayarlanan hava, tepsilerin üzerinden geçirilerek kurutma işlemi yapılmaktadır. Kurutma sırasında hava hızı ile rutubeti anemometre (Air Flow Developments, LCA 6000, Almanya) ile ölçülmüştür.



Şekil 3.2. Tepsili kurutucu deneysel düzeneğinin şematik gösterimi

3.2.2. Deneysel Yöntem

Satın alınan kestaneler farklı dilim kalınlığında kesilerek ve farklı sürede haşlanarak kurutma denemelerinde kullanılmıştır. İstenilen ürünün elde edilmesi amacıyla donmuş kestaneler erimeden bir bıçak yardımıyla manuel olarak 3, 4,5 ve 6 mm kalınlığında dilimlenmiş, 10, 15, 20 dk haşlama süresi boyunca atmosfer basıncı altında 100°C 'de kaynayan su içinde haşlanmıştır. Arçelik 2513D marka ev tipi derin dondurucuda -4°C 'de dondurma işlemi ardından Armfield marka vakumlu dondurarak kurutucuya beslenerek kurutma işlemi farklı plaka sıcaklık dereceleri (0, 15 ve 30°C) uygulanarak

kurutulmuş ürün elde edilmiştir. Kurutulmuş kestaneler buzdolabı koşullarda depolanmıştır.

Çalışma kapsamında dondurarak kurutulmuş kestanenin elde edilmesi ve elde edilen üründe kalite kriterlerinin tespiti amaçlanmıştır. Piyasada dondurarak kurutulmuş kestane olmadığından kalite kriterlerinin karşılaştırılmasının yapılabilmesi için ayrıca dilim kalınlıkları 3, 4,5 ve 6 mm olan ve 15 dk haşlanmış kestaneler, hava hızı 1,3 m/sn ve 30⁰C hava sıcaklığı ile tepsili kurutucuda kurutulmuştur. Tüm kurutma yöntemlerinde belirli zaman aralıklarında kurutuculardan örnekler alınmıştır. Alınan örneklerin ağırlıkları ölçülmüştür. Ağırlık kayıpları analitik terazi (Scaltec SBA 61, Almanya) ile izlenerek belirlenmiştir.

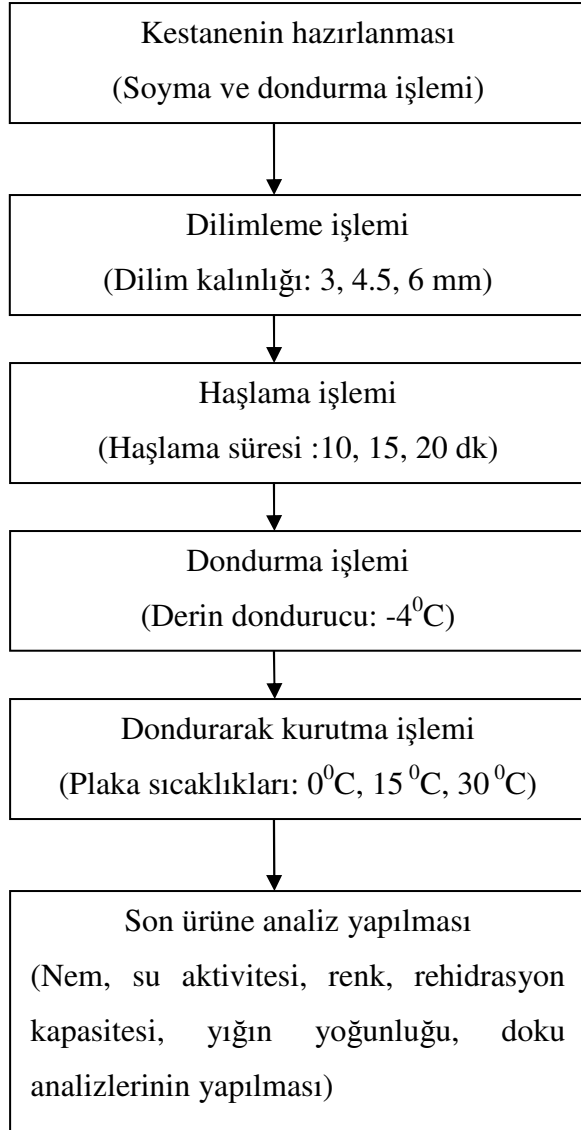
Dondurarak kurutulmuş üründe; nem, su aktivitesi, yığın yoğunluk, doku, rehidrasyon kapasitesi (oda sıcaklığı ve buzdolabı koşullarındaki süt ve su örnekleri ile uygulama) ve renk değerleri yapılan analizlerle belirlenmiş aynı analizler tepsili kurutucu ile kurutulan örneklere de uygulanmıştır. Kestanelerin kurutulması sonucunda elde edilen üründe rehidrasyon kapasitesinin maksimum olması istenilen önemli bir özelliktir. Kurutma işlemi nem içeriğinin azalmasına neden olmakla birlikte diğer kalite kriterlerinden renk ve duyusal özellikleri de olumsuz olarak etkileyebilmektedir.

Çalışmada maksimum rehidrasyon kapasitesi ile minimum nem içeriği ve renk değişimini ve kabul edilebilir duyusal kaliteyi sağlayacak optimum işlem koşulları yanıt yüzey yöntemi kullanılarak belirlenmesi hedeflenmiştir.

Yapılan denemelerde dilim kalınlığı, haşlama süresi ve plaka sıcaklığı bağımsız değişkenler olarak; nem içeriği, su aktivitesi, renk değişimi, doku analizi, yağın yoğunluğu ve rehidrasyon kapasitesi ise sistemin yanıtı (bağımlı değişkenler) olarak seçilmiştir. Deneysel veriler 'Box-Benkhen' deneme planı izlenerek elde edilmiştir. Box-Benkhen 2³ faktöriyel bir tasarıma 16 denemeyi içermektedir. Ayrıca diğer kurutma koşulları sonuçlarının daha iyi görülebilmesi için deneme deseni içerisinde yer almayan 4,5 mm kalınlığındaki kestanenin bütün koşullara ait denemeleri ile kurutma işleminin sonunda elde edilen üründe kalite kriterlerinin değerlendirilmesi amacıyla geleneksel yöntem olan tepsili kurutucu kurutma yöntemi ile de ürün elde edilmiştir. Dondurarak kurutma ile Tepsili kurutucuda kurutma denemelerinde yer alan işlem parametreleri Çizelge 3.1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kurutma Denemelerinde Kullanılan İşlem Parametreler

Kurutma Denemeleri (Run Order)	Haşlama süresi(dk)	Dilim kalınlığı (mm)	Plaka sıcaklığı (°C)
DONDURARAK KURUTMA DENEMELERİ			
1	15 (0)	3 (-1)	30 (+1)
2	20 (+1)	3 (-1)	15 (0)
3	10 (-1)	4,5 (0)	0 (-1)
4	10 (-1)	6 (+1)	15 (0)
5	15 (0)	4,5 (0)	15 (0)
6	20 (+1)	6 (+1)	15 (0)
7	20 (+1)	4,5 (0)	0 (-1)
8	15 (0)	4,5 (0)	15 (0)
9	20 (+1)	4,5 (0)	30 (+1)
10	15 (0)	6 (+1)	30 (+1)
11	15 (0)	4,5 (0)	15 (0)
12	15 (0)	6 (+1)	0 (-1)
13	15 (0)	4,5 (0)	15 (0)
14	10 (-1)	4,5 (0)	30 (+1)
15	10 (-1)	3 (-1)	15 (0)
16	15 (0)	3 (-1)	0 (-1)
17	15 (0)	4,5 (0)	0 (-1)
18	15 (0)	4,5 (0)	30 (+1)
19	15 (0)	3 (-1)	15 (0)
20	15 (0)	6 (+1)	15 (0)
TEPSİLİ KURUTUCUDA KURUTMA DENEMELERİ			
21	15	3	Hava hızı: 1,3m/sn, hava sıcaklığı: 30°C
22	15	4,5	Hava hızı: 1,3m/sn, hava sıcaklığı: 30°C
23	15	6	Hava hızı: 1,3m/sn, hava sıcaklığı: 30°C



Şekil 3.3. Dondurarak kurutulmuş kestane üretim akış şeması

Ön denemelerde soyulmuş ve dondurulmuş kestane farklı dilim kalınlıklarında kesilmiş, farklı haşlama sürelerinde haşlanmış ve dondurarak kurutma yöntemi uygulanarak denemeler yapılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen bulgular değerlendirilerek, esas denemelerde kullanılacak dondurularak kurutulmuş kestane özellikleri belirlenmiştir.

Ön denemelerde haşlama süresi 5 dakikadan az olduğunda kestanelerin çiğ olarak kaldığı, 25 dakikadan daha çok haşlandığında ise kestanelerin yenilmeyecek durumda dağıldığı görülmüştür. Kahvaltılık gevreğe katkı maddesi olarak hedeflenen son üründe kestanelerin dilim kalınlığının tüketiciler tarafından kabul edilebilirliği göz önüne alınarak, tüketime uygun kalınlıklar seçilmiştir.

3.2.3. Analiz Yöntemleri

Hammaddeye (taze kestane) ve kurutulmuş kestaneye nem tayini ve su aktivitesi analizi; kurutulmuş kestaneye ayrıca rehidrasyon kapasitesi (oda koşullarında ve buzdolabında koşullarında muhafaza edilen süt ve su ile uygulamalar), renk analizi, büzüşme, yığın yoğunluk ve doku tayini ile Macro ve SEM görüntü analizleri uygulanmıştır.

3.2.3.1. Nem Tayini

Hammaddede (taze kestane) ve kurutulmuş kestanede nem tayini, $\pm 5g$ hassasiyete sahip hızlı ölçüm sağlayan infrared nem ölçüm cihazı kullanılarak $100^{\circ}C$ ' de belirlenmiştir. Bu amaçla, minimum 5 g toz örnek hızlı bir şekilde aletin paslanmaz çelikten yapılmış sızdırmaz haznesine

yerleştirilmiştir. Nem içeriği değeri için 10 dakikadan az bir süre içinde sistem dengeye ulaşmış ve cihazın göstergesinden nem içeriği değeri doğrudan okunarak sonuç % nem olarak hesaplanmıştır.

3.2.3.2. Su Aktivitesi Tayini

Dondurarak ve tepsili kurutucuda kurutulmuş kestane örneklerinin su aktivitesi, $\pm 0,001$ hassasiyete sahip su aktivitesi ölçüm probu (Testo AG 400, Germany) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, yaklaşık 3 – 4 g toz örnek hızlı bir şekilde aletin paslanmaz çelikten yapılmış sızdırmaz haznesine yerleştirilmiştir. Su aktivitesi değerinde 10 dk boyunca 0.001'den az bir değişim olduğunda, sistemin dengeye ulaştığı kabul edilmiş ve cihazın göstergesinden su aktivitesi değeri okunmuştur.

3.2.3.3. Renk Tayini

Renk analizleri Hunter Lab Renk Tayin Cihazı, (Color Flex, USA) kullanılarak yapılmıştır. Dilim halinde kurutulmuş kestaneler Hunter Kolorimetresine yerleştirilmişler ve beş ayrı açıdan renk değerleri okunmuştur. Bu değerlerin ortalamaları esas olarak alınmıştır. Kurutulmuş kestanede renk, L^* (parlaklık), a^* (+ kırmızı, - yeşil) ve b^* (+ sarı, - mavi) değerleri ölçülmüştür.

3.2.3.4. Rehidrasyon Kapasitesi Analizi

Son üründe rehidrasyon kapasitesinin belirlenmesi için oda koşullarında ve buzdolabında koşullarında muhafaza edilen süt ve su ile farklı sürelerde ölçümler alınmıştır. Bu amaçla, 2 g örnek 50 ml sıvı içeren beherlere konulmuş ve 1, 2, 3, 4 ve 5 dakikalar sonunda süzülerek ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen ağırlık değişimleri sonuçları doğrultusunda grafikler çizilmiştir.

3.2.3.5. Yığın Yoğunluğu Analizi

Örneklerin (2 g kurutulmuş kestane) ağırlığı analitik terazi (Scaltec SBA 61, Almanya) ile ölçülmüş, hacmi ise sıvı yer değiştirme prensibine göre mezür ($\pm 0,2$ ml) ile inert bir sıvı olan toluen (20 ml) kullanılarak ölçülmüştür. Bu verilerle yığın yoğunluğu (kg/m^3) hesaplanmıştır.

3.2.3.6. Doku Analizi

Çalışmada doku analizi, Instron (Model 1140 Food Testing System, Cambridge, UK) kullanılarak yapılmıştır. Analizlerde Warner Bratzler meat shear – 13 mm diameter başlığı kullanılarak 3, 4,5, 6 mm kalınlığında dilimlenmiş kestane örnekleri 5 kg yük başlığı ile sıkıştırılmıştır. Çalışmada başlık hızı 200 mm/dk ve kağıt hızı 100 mm/dk olacak şekilde ayarlanmıştır. Dilim halinde kurutulmuş kestaneler on paralel olacak şekilde doku tayini yapılmıştır. H yüksekliğinde (cm) sıkıştırılabilirlik hesaplanmıştır.

3.2.3.7 Macro ve SEM Görüntüleri

Dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilmiş örnekler ve tepsili kurutucu kullanılarak elde edilmiş örneklerin dokularında meydana gelen değişimleri gözlemlemek için Macro (Nikon COOLPIX L2, Japan) ve SEM (JSM- 6060 JEOL) görüntüleri çekilmiştir. Elde edilen son ürünlerde parçacık boyutu ve partikül görünümünü tespit edebilmek amacıyla ürünlerin, Dokuz Eylül Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Karakterizasyon Laboratuvarında bulunan Scanning Electron Microscope cihazında görüntüleri alınmıştır. Kestane örnekleri, numune hazırlama aşamasında 32 mm çapında olan pirinç tablaların üzerine 5 adet numune konulacak şekilde boyutları küçültülmüş, numuneler karbon bantla yapıştırılmış ve altınla kaplandıktan sonra incelemeye alınmışlardır. Örnekler 10 kV hızlandırıcı voltajı altında genel görünüş, 100, 250, 500, 1000 kat büyütülerek incelenmiştir.



Şekil 3.4. Taramalı Elektron Mikroskobu (MODEL: JSM-6060 JEOL)

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntü, yüksek voltaj ile hızlandırılmış elektronların numune üzerine odaklanması, bu elektron demetinin numune yüzeyinde taratılması sırasında elektron ve numune atomları arasında oluşan çeşitli girişimler sonucunda meydana gelen etkilerin uygun algılayıcılarda toplanması ve sinyal güçlendiricilerden geçirildikten sonra bir katot ışınları tüpünün ekranına aktarılmasıyla elde edilir.

SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu)'un Çalışma Prensibi şu şekildedir: Taramalı Elektron Mikroskobu Optik Kolon, Numune Hücresi ve Görüntüleme Sistemi olmak üzere üç temel kısımdan oluşmaktadır. Optik kolon kısmında; elektron demetinin kaynağı olan elektron tabancası, elektronları numuneye doğru hızlandırmak için yüksek gerilimin uygulandığı anot plakası, ince elektron demeti elde etmek için kondenser mercekle, demeti numune üzerinde odaklamak için objektif merceğe, bu merceğe bağlı çeşitli çapta apatürler ve elektron demetinin numune yüzeyini taraması için tarama bobinleri yer almaktadır. Mercek sistemleri elektro magnetik alan ile elektron demetini inceltmekte veya numune üzerine odaklamaktadır. Tüm optik kolon ve numune 10^{-4} Pa gibi bir vakumda tutulmaktadır. Görüntü sisteminde, elektron demeti ile numune girişimi sonucunda oluşan çeşitli elektron ve ışınları toplayan dedektörler, bunların sinyal çoğaltıcıları ve numune yüzeyinde elektron demetini görüntü ekranıyla senkronize tarayan magnetik bobinler bulunmaktadır.

SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu)'un Teknik özellikleri:

- Taramalı elektron mikroskobu (SEM) tamamen dijital olup bilgisayar kontrolü ile çalışmaktadır.
- Elektron kaynağı olarak K-tipi tungsten flaman kullanılmaktadır.
- Akım değeri yaklaşık 1pA'den 0,3μA ye kadar değişmektedir.
- 5 eksen motorize Kartezyen kontrolü (X=20 mm, Y=10 mm, Z= 40mm, Tilt= -10+90 °C, Dönme =360 °) ile çalışmaktadır.
- 30 kV hızlandırıcı voltajı ve 8 mm çalışma aralığı koşullarında 3,5 nm çözünürlük elde edilmektedir.
- 8x -300,000x arası büyültme kapasitesine sahiptir.(Çalışma aralığının 48 mm ve hızlandırma voltajında 10 kV olması durumunda 5x büyültmesine kadar inilmektedir).
- Üç tip numune tutucu vardır:
 1. 10 mm çapında numunenin yerleştirildiği 5 veya 10 mm yüksekliğindeki pirinç tablaların sabitlendiği tekli tutucu,
 2. Aynı ölçülerdeki tablolardan dört numunenin birden bakılmasını olanak sağlayan dörtlü tutucu,
 3. 32 mm çapında numunenin yerleştirildiği 5 veya 10 mm yüksekliğindeki pirinç tablaların yerleştirildiği tutucudur.

Sistem gereği elektron iletimi sağlanmalıdır, fakat kestane örneği elektron iletmediği için daha net görüntü sağlamak amacıyla örnekler altın ile kaplanmıştır. Yapılan analizde dondurularak kurutulmuş denemelerden 20 numaralı deneme hariç diğer örneklerin numune

hazırlama aşaması sırasında boyut küçültme işlemi yapılırken örneklerin parçalanmasından ve kaplamanın yapılamamasından dolayı SEM görüntülerinin çekimi yapılamamıştır.

3.2.4. Deneysel Dizayn ve İstatistiksel Analiz

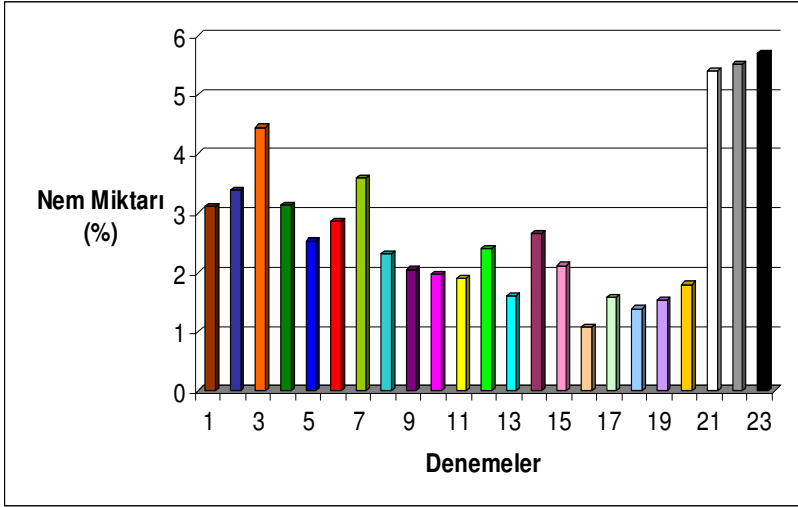
Kestanelerin kurutulmasında maksimum rehidrasyon kapasitesi ile minimum nem içeriği ve renk değişimini ve kabul edilebilir duyu kaliteyi sağlayacak optimum işlem koşulları yanıt yüzey yöntemi kullanılarak belirlenmesi hedeflenmiştir. Yapılan denemelerde dilim kalınlığı, haşlama süresi ve plaka sıcaklığı bağımsız değişkenler olarak; nem içeriği, su aktivitesi, renk değişimi, doku analizi, yığın yoğunluğu ve rehidrasyon kapasitesi ise sistemin yanıtı (bağımlı değişkenler) olarak seçilmiştir. Deneysel veriler 'Box-Behnken' deneme planı izlenerek elde edilmiştir. Box-Behnken dizaynında her bir bağımsız değişken deneysel dizayna 3 seviyede katılmaktadır. Box-Behnken 2^3 faktöriyel bir tasarıma 16 denemeyi içermektedir. Ayrıca diğer kurutma koşulları sonuçlarının daha iyi görülebilmesi için 4,5 mm kalınlığındaki kestaneye ait bütün koşullardaki denemeler ile kurutma işleminin sonunda elde edilen üründe kalite kriterlerinin değerlendirilmesi amacıyla geleneksel yöntem olan tepsili kurutucu kurutma yöntemi ile de ürün elde edilmiştir. Çalışmada objektif ve subjektif analizler sonucu elde edilen bulgular Design-Expert 7 paket programı ve SPSS Production Facility programı kullanılarak %95 güven aralığında varyans analizi (ANOVA) uygulanarak değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Materyal olarak soyulmuş ve dondurulmuş kestanenin kullanıldığı kurutma denemelerinde, taze kestane ile bu üründen elde edilen dondurarak ve tepsili kurutucuda kurutulmuş kestanenin kalite özellikleri incelenmiştir.

4.1. Nem Tayini

Kurutma işlemi uygulanmış bir gıda maddesinin nem miktarı raf ömrü açısından belirleyici bir özelliktir. Nem miktarı arttıkça mikrobiyal gelişme açısından daha uygun bir ortam oluşmaktadır. Kurumanın etkinliğinin belirlenmesi için kurutulmuş ürünün nem içeriği çok büyük önem taşımaktadır. Sıcak hava kurutmasıyla ürünlerdeki suyun sadece % 90-95'i yok edilmektedir. Oysa dondurarak kurutmaya daha düşük nem seviyelerine kadar kurutma yapmak mümkündür. Bu nedenle gıda veya diğer ürünlerde dondurarak kurutmanın raf ömrünü sıcak hava kurutmasına kıyasla daha fazla uzatmaktadır. Dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen değerler Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Taze kestanenin nem miktarı % 46,32 iken; dondurarak kurutma yöntemi uygulanarak yapılan denemeler sonrası elde edilen ürünlerin nem miktarı değerleri % 5'in altında olduğu, tepsili kurutma yöntemi uygulanarak yapılan denemeler sonrası elde edilen ürünlerin nem miktarı değerlerinin ise % 5-6 arasında olduğu görülmüştür. Raf ömrü üzerine etkili olan nem miktarı bütün denemelerde kabul edilebilir seviyede bulunmuştur.



Şekil 4.1. Dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen nem içeriği değerleri.

Şekil 4.1’de görüldüğü üzere en yüksek nem yüzdesi 5,7 ile 6mm kalınlığında 15 dk haşlama süresine sahip tepsili kurutucuda kurutulan denemeye (deneme 23) ve en düşük nem içeriğine ise 3 mm kalınlığında 15 dk. haşlama süresine sahip dondurarak kurutulan denemeye (deneme 16) ait olduğu görülmüştür. Çizelge 4.1.’de 3, 4,5 ve 6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait nem içeriği değerleri gösterilmiştir

Çizelge 4.1. 3, 4,5 ve 6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait nem içeriği değerleri çizelgeleri

	Deneme Koşulları	Nem Miktarı (%)
3 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait deneme numaraları	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (1)	3.12
	20dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (2)	3.38
	10dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (15)	2.12
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (16)	1.08
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (19)	1.54
	15dk.haşlama, tepsili kurutma (21)	5.40
4,5 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait deneme numaraları	10dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (3)	4.45
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (5)	2.53
	20dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (7)	3.60
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (8)	2.32
	20dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (9)	2.05
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (11)	1.91
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (13)	1.61
	10dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (14)	2.65
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (17)	1.58
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (18)	1.39
	15dk.haşlama, tepsili kurutma (22)	5.52
6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait deneme numaraları	10dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (4)	3.13
	20dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (6)	2.86
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (10)	1.98
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (12)	2.40
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (20)	1.80
	15dk.haşlama, tepsili kurutma (23)	5.70

Sonuçlara göre; plaka sıcaklığının nem miktarı üzerinde etkili olmadığı buna karşın farklı haşlama sürelerinin nem miktarı üzerine etkili olduğu, haşlama süresi kısa tutulduğunda nem miktarının fazla olduğu görülmüştür.

Çalışmada dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen nem içeriği değerleri karşılaştırıldığında

tepsili kurutucuda kurutma yöntemi kullanılarak elde edilen denemelerde nem içeriğinin dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilen denemelere göre yüksek olduğu, haşlama süresinin nem miktarı üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

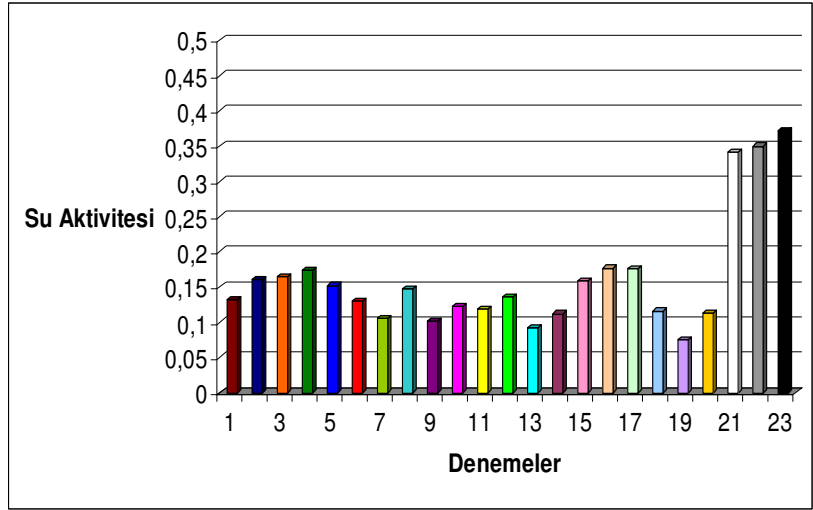
Kestane örnekleri için nem miktarlarına ait istatistiksel analiz çizelgesi Ek 3. (a,b,c)'de verilmiştir.

4.2. Su Aktivitesi Tayini

Gıdaların korunmasında, işlem ve depolama sırasında besin değerini korumak amaçlanır. Gıda bileşenlerinin bozulması, kötü tat, koku oluşumu, renk bozulması ve yapısal özelliklerde meydana gelen değişimler sonucu gıdaların kalitesinde değişiklikler görülmektedir. Bu olaylar gıdanın raf ömrünü belirleme de önemlidir. Bütün gıdalar su içermektedir ve bu durum gıdalardaki biyolojik ve kimyasal değişikliklerden kaynaklanan bozulmalara neden olmaktadır. Gıdaların korunması amacıyla göz önünde tutulması gereken ve mikrobiyolojik gelişme ile enzim aktivitesi açısından su miktarını en iyi açıklayan kriter su aktivitesidir. Su aktivitesi, gıda ürünlerinde suyun yapısal ve kimyasal olarak ne kadar sıkı bağlandığının ölçülmesidir. Gerek gıdanın işlenmesi gerekse depolanması sırasında su aktivitesinin kontrolü önemlidir. Dondurarak kurutmaya sıcak hava ile kurutmaya göre daha düşük su aktivitesi seviyelerine kadar kurutma yapmak mümkündür.

Dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen değerler Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Taze kestanenin su aktivitesi değeri 0,99 iken; dondurarak kurutma yöntemi uygulanarak

yapılan denemeler sonrası elde edilen ürünlerin su aktivitesi değerlerinin 0,20'nin altında olduğu, tepsili kurutma yöntemi uygulanarak yapılan denemeler sonrası elde edilen ürünlerin su aktivitesi değerlerinin ise 0,30-0,40 arasında olduğu görülmüştür.



Şekil 4.2. Dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen su içeriği değerleri

Şekil 4.2.'de görüldüğü üzere en yüksek su aktivitesi değeri 0,37 ile 6mm kalınlığında 15 dk haşlama süresine sahip tepsili kurutucuda kurutulan denemeye (deneme 23) ve en düşük su aktivitesi değerine ise 3mm kalınlığında 15 dk. haşlama süresine sahip dondurarak kurutulan denemeye (deneme 19) ait olduğu görülmüştür. Çizelge 4.2.'de 3, 4,5 ve 6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait su aktivitesi değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. 3, 4,5 ve 6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait su aktivitesi değerleri

	Deneme Koşulları	Su Aktivitesi Değeri
3 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait deneme numaraları	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (1)	0.13
	20dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (2)	0.16
	10dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (15)	0.14
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (16)	0.17
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (19)	0.07
	15dk.haşlama, tepsili kurutma (21)	0.34
4,5 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait deneme numaraları	10dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (3)	0.16
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (5)	0.15
	20dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (7)	0.10
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (8)	0.14
	20dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (9)	0.10
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (11)	0.11
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (13)	0.09
	10dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (14)	0.11
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (17)	17.60
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (18)	11.60
15dk.haşlama, tepsili kurutma (22)	35.00	
6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait deneme numaraları	10dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (4)	15.40
	20dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (6)	13.05
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (10)	12.20
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (12)	13.60
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (20)	11.30
	15dk.haşlama, tepsili kurutma (23)	37.20

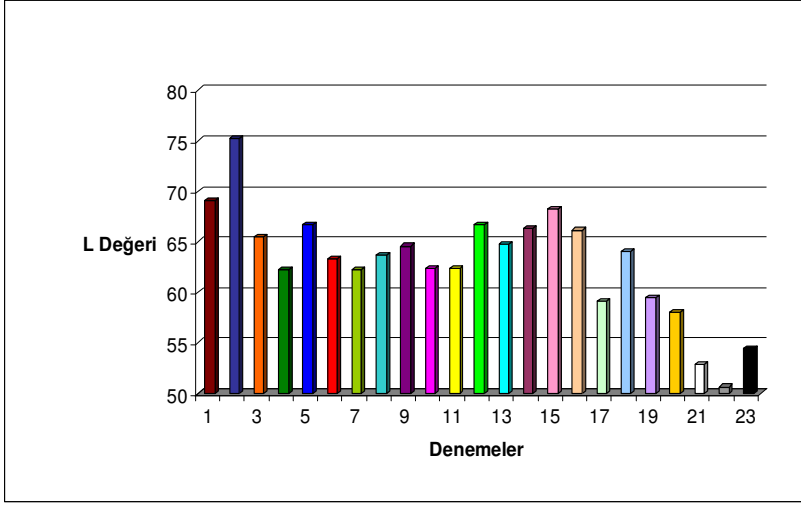
Farklı deneme koşullarında uygulanmış örneklerin su aktivitesi değerlerinin istenilen seviyede olduğu, haşlama süresinin ve plaka sıcaklığının kurutma koşulları üzerinde etkili olmadığı görülmüştür. dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen su aktivitesi içeriği değerleri karşılaştırıldığında da tepsili kurutucuda kurutma yöntemi kullanılarak elde edilen denemelerde su

aktivitesi içeriğinin dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilen denemelere göre yüksek olduğu görülmüştür.

Kestane örnekleri için su içeriği değerlerine ait istatistiksel analiz çizelgesi Ek 4 (a,b,c)'de verilmiştir.

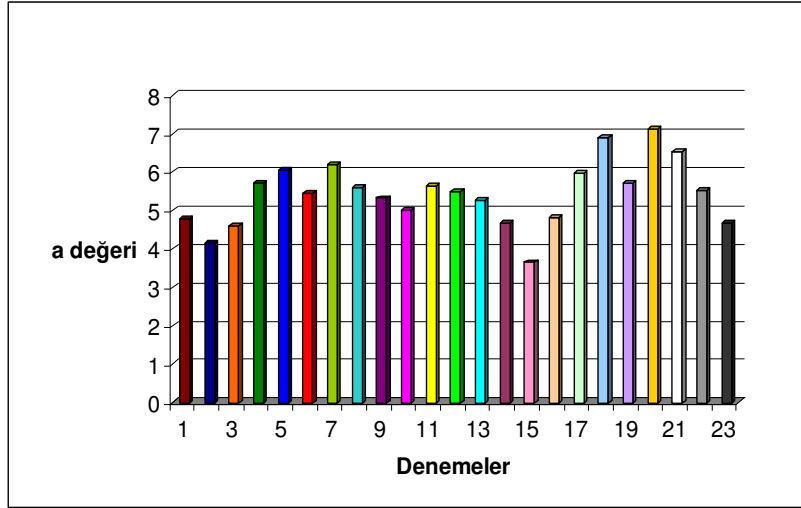
4.3. Renk Analizi

Taze ürün ile kurutucuda kurutulan ürünlerdeki renk değişimlerinin belirlenmesi amacıyla her bir denemede kullanılan kurutulmuş ürünlerde 3 tekrarlı olarak renk ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler cihazın C konumunda $L^*a^*b^*$ modunda yapılmıştır. Değerlendirmede, 1976 yılında uluslar arası aydınlatma (Renk) komisyonu (CIE) tarafından önerilen, CIE 1976 $L^*a^*b^*$, üç bölümü kapsayan transforms spectral bilgilendirmesinden oluşmaktadır. L^* değeri parlaklığı (açıklığı-koyuluğu), a^* kırmızı-yeşil rengi ve b^* değeri sarı-mavi rengi temsil etmektedir. Renk ölçümleri sırasında ürün renk değişimi kaydedilmiştir. Dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen L^* Değerleri Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Dondurarak kurutma yöntemi uygulanarak yapılan denemeler sonrası elde edilen ürünlerin L^* değerlerinin, tepsili kurutma yöntemi uygulanarak yapılan denemeler sonrası elde edilen ürünlerin L^* değerlerine göre yüksek olduğu görülmüştür.



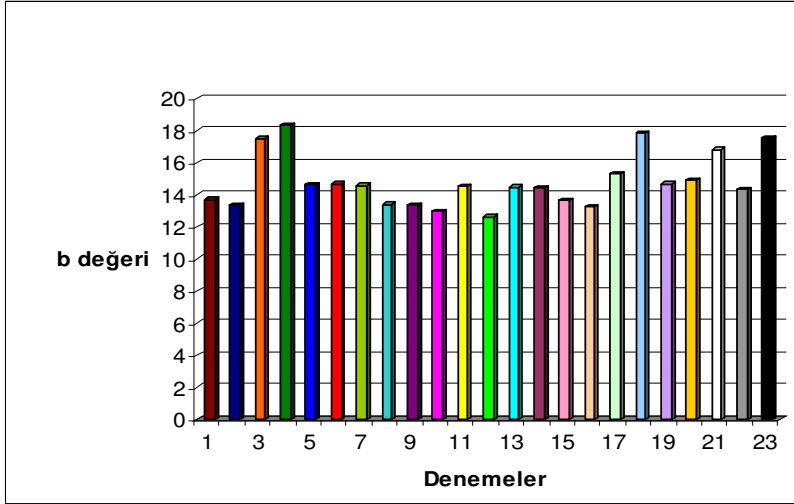
Şekil 4.3. Dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen L* değerleri

Dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen a* (kırmızı-yeşil rengi) değerleri Şekil 4.4.'de gösterilmiştir. Şekil 4.4.'de görüldüğü üzere en yüksek a* değerine ile 6mm kalınlığında 15 dk haşlama süresi ve plaka sıcaklığı 15⁰C sahip olan dondurarak kurutulan denemeye (deneme 20) ve en düşük a* değerine ise 3mm kalınlığında 10 dk. haşlama süresi ve plaka sıcaklığı 15⁰C sahip olan dondurarak kurutulan denemeye (deneme 15) ait olduğu görülmüştür.



Şekil 4.4. Dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen a* değerleri

Dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen b* (sarı-mavi rengi) değerleri Şekil 4.5’de gösterilmiştir. Şekil 4.5’de görüldüğü üzere en yüksek b* değerine 6mm kalınlığında 10 dk haşlama süresi ve plaka sıcaklığı 15⁰C sahip olan dondurarak kurutulan denemeye (deneme 4) ve en düşük b* değerine ise 6 mm kalınlığında 15 dk. haşlama süresi ve plaka sıcaklığı 10⁰C sahip olan dondurarak kurutulan denemeye (deneme 12) ait olduğu görülmüştür. Denemelerin b değerleri a* değerlerine göre yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.5. Dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen b^* değerleri

Çizelge 4.3.'de 3, 4,5 ve 6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait renk değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. 3, 4,5 ve 6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait renk değerleri

	Deneme Koşulları	L Değeri
3 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait deneme numaraları	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (1)	69.10
	20dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (2)	75.24
	10dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (15)	68.24
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (16)	66.14
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (19)	59.48
	15dk.haşlama, tepsili kurutma (21)	52.81
4,5 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait deneme numaraları	10dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (3)	65.48
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (5)	66.68
	20dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (7)	62.20
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (8)	63.64
	20dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (9)	64.58
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (11)	62.36
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (13)	64.75
	10dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (14)	67.32
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (17)	59.10
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (18)	63.60
15dk.haşlama, tepsili kurutma (22)	50.63	
6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait deneme numaraları	10dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (4)	61.08
	20dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (6)	64.53
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (10)	62.34
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (12)	66.68
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (20)	58.02
	15dk.haşlama, tepsili kurutma (23)	54.45

Çalışmada, haşlama süresinin ve plaka sıcaklığının kurutma koşulları üzerinde etkili olduğu, plaka sıcaklığının düşük seviyede tutulduğunda renk değerinin fazla olduğu, haşlama süresi uzun tutulduğunda ise renk değerinin yüksek olduğu görülmüştür.

Dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen L* değerleri karşılaştırıldığında da tepsili kurutucuda kurutma yöntemi kullanılarak elde edilen denemelerde L* değerinin

dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilen denemelere göre düşük olduğu görülmüştür. Kaliteli ürünü tanımlayan özelliklerden birisi de kahvaltılık ürünün açık renk olmasıdır. Bu sebeple arzu edilen renk çok önemli kalite göstergesidir. Çalışmada minimum renk değişiminin amaçlandığı kahvaltılık gevrek ürünüde, 4,5 mm kalınlığında tepsili kurutma yöntemi uygulanarak elde edilen üründe “L* değerinin” en az olduğu, yani en koyu renkte elde edilen ürün olduğu, 3mm kalınlığında, 20 dk haşlanan ve 15⁰C plaka sıcaklığında dondurarak kurutma yöntemi uygulanarak elde edilen üründe ise “L* değerinin” en yüksek olduğu, yani istenilen en açık renkte ürün olduğu görülmüştür.

Kestane örnekleri için renk değerlerine ait istatistiksel analiz çizelgesi Ek 5 (a,b,c)’de verilmiştir.

4.4. Rehidrasyon Kapasitesi

Kahvaltılık gevrek tüketiminde yapı bozulmadan su tutma kapasitesinin artması istenilen bir özelliktir. Son üründe rehidrasyon kapasitesinin belirlenmesi için oda koşullarında (+25⁰C) ve buzdolabında koşullarında (+4⁰C) muhafaza edilen süt ve su ile farklı sürelerde ölçümler alınmıştır. Bu amaçla, 2 g örnek 50 ml sıvı içeren beherlere konulmuş ve 1, 2, 3, 4 ve 5 dakikalar sonunda süzülerek ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen ağırlık sonuçları doğrultusunda zaman karşı ağırlık değişimleri grafik halinde çizilmiştir. Sıcak hava ile kurutulmuş ürünlerin dış kabuğunun sertleşmesinden dolayı sıvıyı absorbe etmeleri uzun bir süre gerekmekte, dondurarak kurutulmuş ürünlerin sıvıyı absorbe etmeleri çok kolay ve kısa sürede gerçekleşmektedir.

Dondurarak kurutma yöntemi uygulanarak yapılan denemeler sonrası buzdolabı koşullarında bekletilen süt ile yapılan rehidrasyon kapasitesi analizlerinin oda koşullarında bekletilen süt ile yapılan analizlere göre rehidrasyon kapasitesinin dah azla olduğu saptanmıştır.

3, 4,5 ve 6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait oda ve buzdolabı koşullarında süt ve su ile yapılan rehidrasyon kapasiteleri değeri Çizelge 4.4.'de gösterilmiştir.

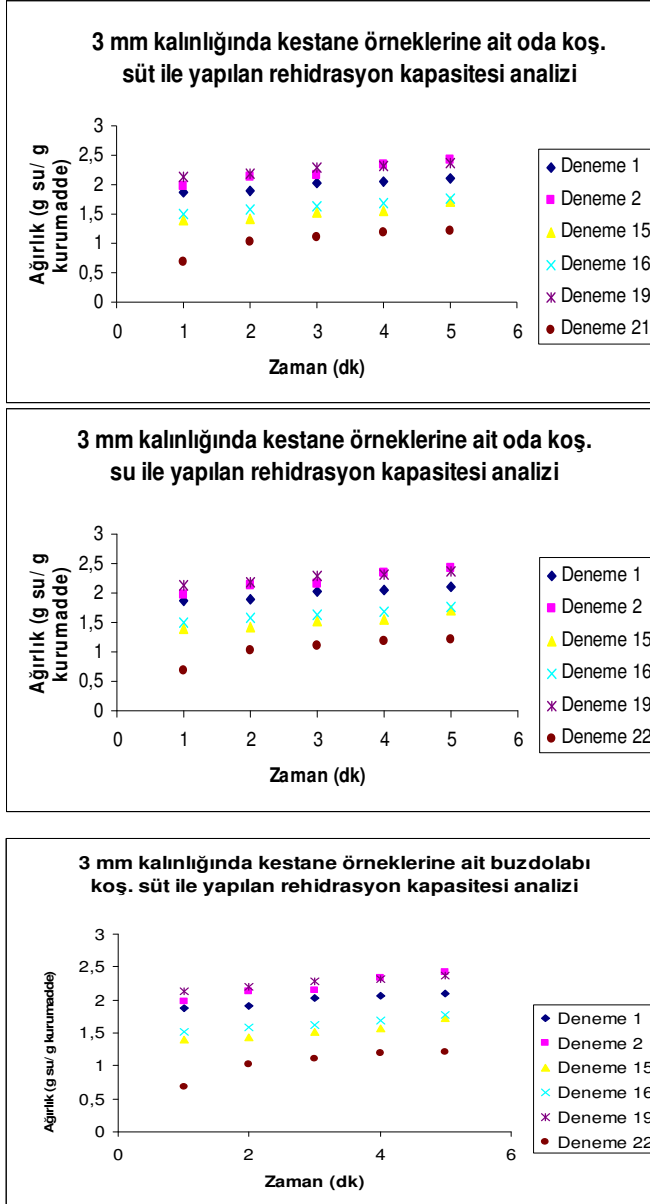
Çizelge 4.4.(a) 3, 4,5 ve 6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait oda koşullarında süt ve su ile yapılan rehidrasyon kapasiteleri değerleri.

Deneme Numaraları	Oda koşullarında süt ile yapılan rehidrasyon kapasitesi değerleri					Oda koşullarında su ile yapılan rehidrasyon kapasitesi değerleri				
	Zaman (dk)					Zaman (dk)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	5.76	5.81	6.06	6.13	6.20	5.76	5.81	6.06	6.13	6.20
2	5.95	6.25	6.31	6.68	6.83	5.95	6.25	6.31	6.68	6.83
3	3.09	3.82	4.03	4.26	4.35	4.37	4.42	4.47	4.71	5.61
4	3.71	4.31	4.33	4.38	4.45	3.71	4.31	4.33	4.38	4.45
5	5.57	5.61	5.63	5.66	5.70	5.04	5.25	5.35	5.40	6.27
6	5.18	5.35	5.48	5.59	5.64	5.18	5.35	5.48	5.59	5.64
7	5.64	5.96	5.98	6.05	6.20	5.72	5.75	6.15	6.18	6.16
8	4.98	5.07	5.32	5.60	5.64	5.71	5.85	5.80	6.05	6.47
9	5.28	5.62	5.64	5.68	6.20	5.80	5.85	5.99	6.09	6.05
10	5.34	5.46	5.54	5.56	5.60	5.34	5.46	5.54	5.56	5.60
11	5.44	5.79	5.87	5.88	6.20	5.82	5.85	5.93	5.96	6.10
12	5.11	5.54	5.63	5.68	6.28	5.11	5.54	5.63	5.68	6.28
13	5.31	5.64	5.71	5.77	5.81	5.39	5.70	5.74	5.84	6.10
14	4.40	4.67	4.83	5.01	5.23	5.33	5.40	5.49	5.83	5.90
15	4.80	4.85	5.05	5.13	5.43	4.80	4.85	5.05	5.13	5.46
16	5.02	5.16	5.24	5.39	5.53	5.02	5.16	5.24	5.39	5.53
17	5.84	5.89	5.96	6.11	6.31	5.99	6.09	6.14	6.17	6.34
18	5.11	5.24	5.72	6.13	6.16	5.79	5.82	5.94	6.16	6.47
19	6.27	6.39	6.57	6.63	6.73	6.27	6.39	6.57	6.63	6.70
20	4.75	5.29	5.41	5.45	5.59	4.75	5.29	5.41	5.45	5.59
21	3.38	4.05	4.22	4.38	4.43	3.38	4.05	4.22	4.38	4.43
22	2.74	2.76	3.00	3.03	3.16	2.70	2.97	3.02	3.70	3.95
23	3.66	4.10	4.18	4.26	4.34	3.66	4.10	4.18	4.26	4.34

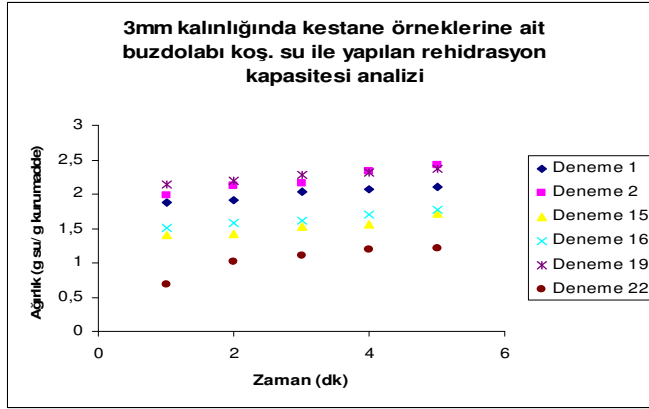
Çizelge 4.4.(b) 3, 4,5 ve 6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait buzdolabı koşullarında süt ve su ile yapılan rehidrasyon kapasitesi değerleri

Deneme No	Buzdolabı koşullarında süt ile yapılan rehidrasyon kap. değerleri					Buzdolabı koşullarında su ile yapılan rehidrasyon kap. değerleri				
	Zaman (dk)					Zaman (dk)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	5.76	5.81	6.06	6.13	6.20	5.76	5.81	6.06	6.13	6.20
2	5.95	6.25	6.31	6.68	6.83	5.95	6.25	6.31	6.68	6.83
3	3.71	4.07	4.19	4.33	4.40	4.19	4.28	4.35	4.48	4.79
4	3.71	4.31	4.33	4.38	4.45	3.71	4.31	4.33	4.38	4.45
5	5.18	5.36	5.49	5.51	5.79	5.36	5.61	5.65	5.75	5.84
6	5.18	5.35	5.48	5.59	5.64	5.18	5.35	5.48	5.59	5.64
7	5.82	5.93	5.98	6.18	6.38	5.77	6.10	6.21	6.50	6.53
8	4.93	5.32	5.48	5.79	5.81	5.81	5.89	5.93	5.98	6.03
9	5.86	6.02	6.05	6.20	6.58	5.87	6.22	6.36	6.42	6.60
10	5.34	5.46	5.54	5.56	5.60	5.34	5.46	5.54	5.56	5.60
11	5.12	5.67	5.83	5.83	5.94	5.84	5.88	5.97	6.08	6.23
12	5.11	5.54	5.63	5.68	6.28	5.11	5.54	5.63	5.68	6.28
13	5.30	5.32	5.93	5.93	6.14	5.68	5.88	5.90	6.26	6.42
14	4.95	5.10	5.35	5.35	5.49	5.31	5.33	5.60	5.70	5.78
15	4.80	4.85	5.05	5.13	5.43	4.80	4.85	5.05	5.13	5.43
16	5.02	5.16	5.24	5.39	5.53	5.02	5.16	5.24	5.39	5.53
17	5.24	5.38	5.51	6.03	6.23	5.92	5.99	6.32	6.34	6.40
18	5.24	5.50	5.98	6.10	6.30	5.87	5.91	6.14	6.36	6.42
19	6.27	6.39	6.57	6.63	6.73	6.27	6.39	6.57	6.63	6.73
20	4.75	5.29	5.41	5.45	5.59	4.75	5.29	5.41	5.45	5.59
21	3.38	4.05	4.22	4.38	4.43	3.38	4.05	4.22	4.38	4.43
22	2.53	2.70	2.94	3.03	3.06	2.60	2.97	3.00	3.59	4.49
23	3.66	4.10	4.18	4.26	4.34	3.66	4.10	4.18	4.26	4.34

3 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait ağırlık değişimleri Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

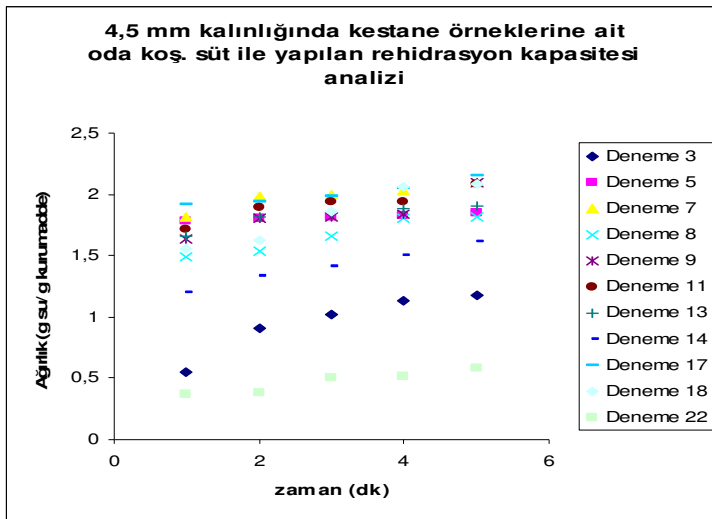


Şekil 4.6. 3 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait ağırlık değişimleri

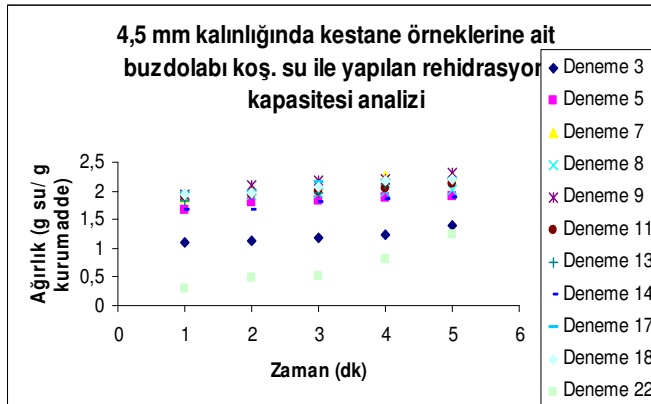
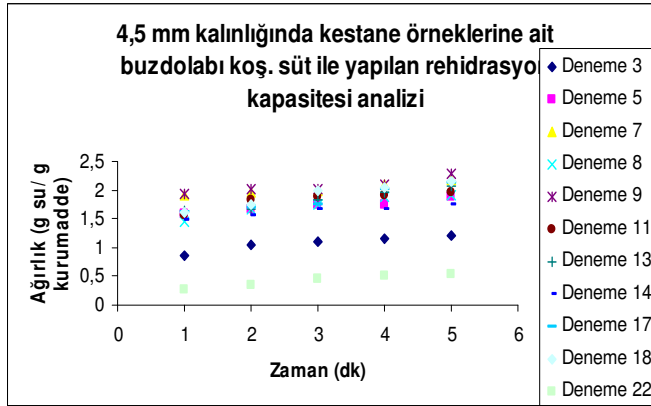
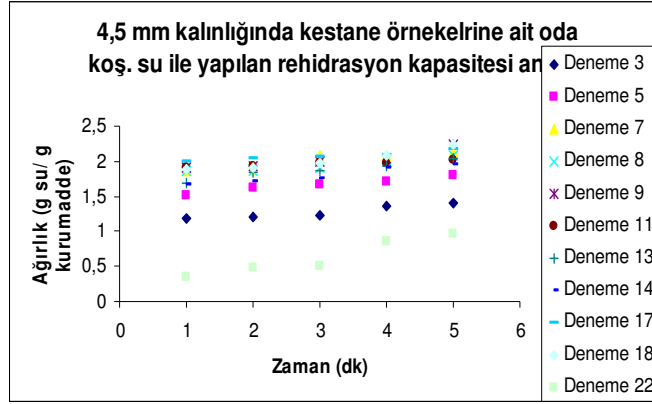


Şekil 4.6. (devam) 3 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait ağırlık değişimleri

3 mm kalınlığındaki kestane örnekleri sonuçlarından elde edilen denklemlere ait a ve b ile R^2 değerleri Ek 2. (a)'de gösterilmiştir. 4,5 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait ağırlık değişimleri Şekil 4.7'de gösterilmiştir.

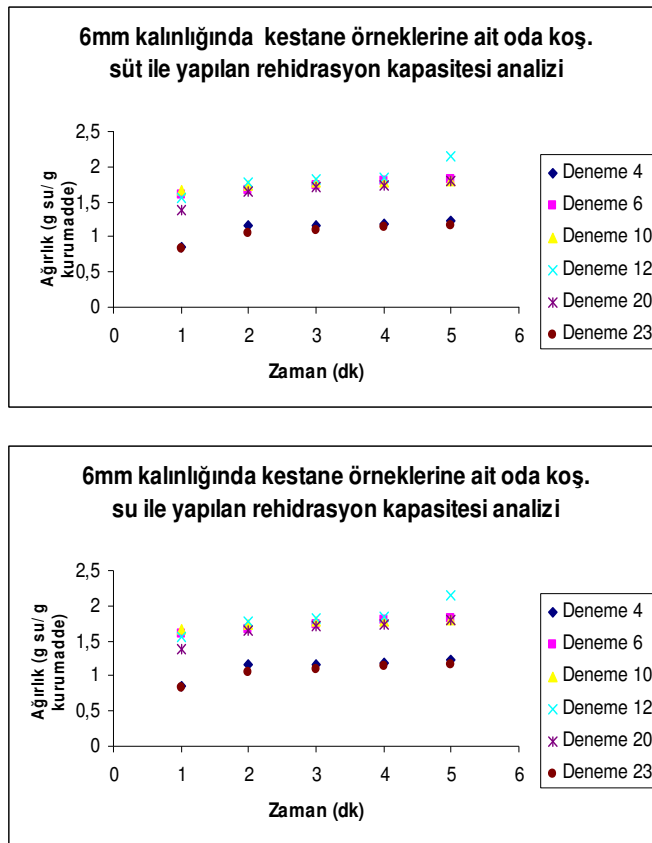


Şekil 4.7. 4,5 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait ağırlık değişimleri

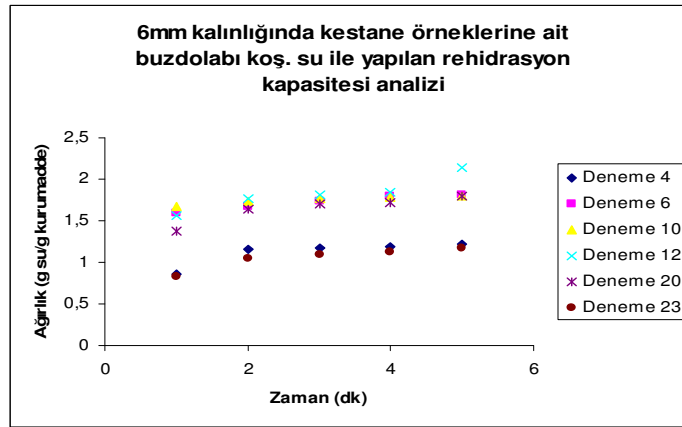
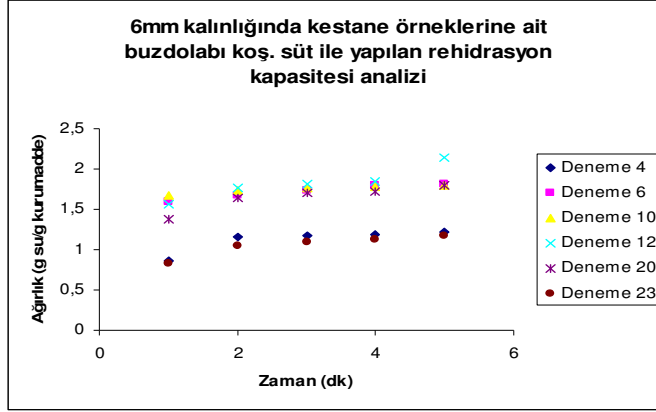


Şekil 4.7.(devam) 4,5 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait ağırlık değişimleri

4,5 mm kalınlığındaki kestane örneklerin sonuçları ile elde edilen denklemlere ait a ve b ile R^2 değerleri Ek 2. (b)'de gösterilmiştir. 6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait ağırlık değişimleri Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. 6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait ağırlık değişimleri



Şekil 4.8.(devam) 6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait ağırlık değişimleri

6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerin sonuçları ile elde edilen denklemlere ait a ve b ile R^2 değerleri Ek 2. (c).de gösterilmiştir.

Elde edilen ağırlık artışları sonuçları doğrultusunda zaman karşı ağırlık artışıdaki değişimler grafik halinde çizilmiştir. Söz konusu grafikler üzerinde saptanan en uygun denklemleri, örneklerin ağırlık artışı değerlerinin zamana bağlı olarak arttığını ve bu artışın en iyi şekilde doğrusal ampirik bir denklem ile ifade edilebileceği sonucu vermiştir. Denklemlerde x dakika olarak zamanı ve y gram olarak ağırlık artışını ifade etmektedir. 3, 4,5 ve 6 mm kalınlığındaki kestane denemelerine ait rehidrasyon kapasitesinin analizi için oda koşullarında (+25 °C) ve buzdolabında koşullarında (+4 °C) muhafaza edilen süt ve su ile elde edilen sonuçlara ait "y=ax+b" denklemleri değerleri Çizelge 4.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Rehidrasyon kapasitesi analizi sonucu elde edilen sonuçlara ait ortalama a ve b değerleri

y=ax+b	4,5 mm dilim kalınlığı için	R ²	3 mm dilim kalınlığı için	R ²	6 mm dilim kalınlığı için	R ²
Oda Koş.(25 ⁰ C) süt	y=0,17x+4,66	0,91	y=0,17x+5,09	0,93	y=0,15x+4,58	0,84
Buzdolabı Koş.(25 ⁰ C) süt	y=0,14x+5,13	0,92	y=0,13x+5,45	0,93	y=0,14x+5,03	0,85
Oda Koş.(4 ⁰ C) su	y=0,18x+5,00	0,90	y=0,18x+5,11	0,94	y=0,16x+4,38	0,93
Buzdolabı Koş.(4 ⁰ C) su	y=0,16x+5,12	0,92	y=0,19x+5,20	0,95	y=0,19x+4,71	0,90

3 ve 4,5 mm kalınlığındaki kestane denemelerine ait rehidrasyon kapasitesinin analizi için oda koşullarında (+25 °C) ve buzdolabında koşullarında (+4 °C) muhafaza edilen süt ve su ile elde edilen sonuçlara ait ortalama R² sonuçlarının kabul edilen (>0,90) seviyeden daha iyi olduğu görülmekte buna karşın 6 mm kalınlığındaki kestane denemelerine ait rehidrasyon kapasitesinin analizi için oda ve buzdolabı koşullarında (+25 °C) muhafaza edilen süt ile elde edilen sonuçlara ait

ortalama R^2 sonuçlarının kabul edilen ($>0,90$) seviyeden daha düşük olduğu görülmektedir.

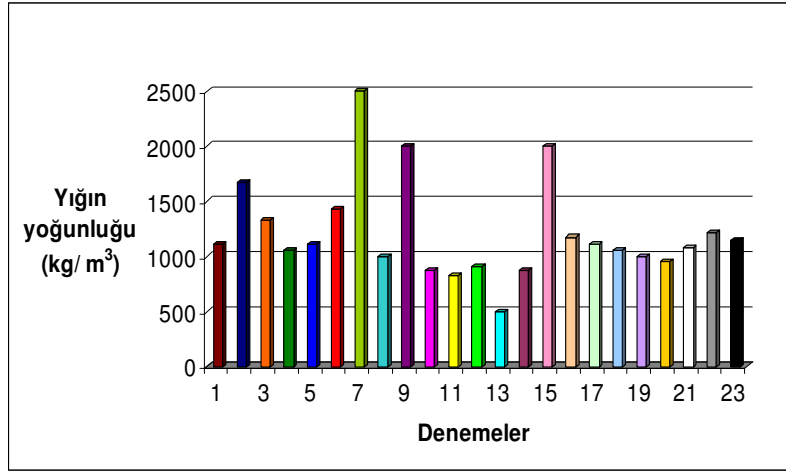
4.5. Yığın Yoğunluğu Analizi

Yığın yoğunluğu kurutma işleminden etkilenmektedir. Örnekler 2 g olarak tartılmış, sıvı yer değiştirme prensibine göre inert bir sıvı olan toluen (20 ml) kullanılarak hacmi ölçülmüştür. Bu verilerle yığın yoğunluğu (kg/m^3) hesaplanmıştır.

Madamba ve ark.,(1993) sarımsağın yığın yoğunluğunun nem içeriğinin azalmasıyla azaldığını saptamışlardır. Isısal kurutma yöntemlerinde suyun buharlaşmasına bağlı ağırlık kaybı aynı oranda toplam hacim azalması ile dengelenirken, dondurarak kurutulmuş örneklerin hacim azalması çok düşüktür. Sıcak hava ile kurutulan kestanelerin yığın yoğunluklarının nem içeriğinin yüksek olması durumunda azaldığı gözlenmiştir. Benzer sonuçlar armut, havuç, patates ve sarımsak için Lozano ve ar. (1983); elma ve patates için Donsi ve ark. (1996); muz, havuç ve patates için Krokida ve Maroulis (1997) tarafından gözlenmiştir.

Dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen yığın yoğunluk değerleri Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Dondurarak kurutma yöntemi uygulanarak yapılan denemeler sonrası elde edilen ürünlerin yığın yoğunluk değerlerinin, tepsili kurutma yöntemi uygulanarak yapılan denemeler sonrası elde edilen ürünlerin yığın yoğunluk değerlerine göre genelde daha yüksek olduğu görülmüştür. Şekil 4.9'da görüldüğü üzere en yüksek yığın yoğunluğu

değeri 2500 kg/m^3 ile 4,5mm kalınlığında 20 dk haşlama süresine ve plaka sıcaklığı 0°C olan dondurarak kurutulan denemeye (deneme 7) ve en düşük yığın yoğunluğuna sahip değerine 4,5 mm kalınlığında 15 dk. haşlama süresine ve plaka sıcaklığı 15°C olan dondurarak kurutulan denemeye (deneme 13) ait olduğu görülmüştür. Kurutulmuş kestane örneklerinde en yüksek yığın yoğunluk (kg/m^3) sahip örneğin. Dondurarak kurutulan kestanelerin yığın yoğunluklarında ise kurutma süresinin artmasıyla belirgin bir şekilde arttığı saptanmıştır.



Şekil 4.9. Dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen yığın yoğunluğu değerleri

Kestane örneklerine ait yığın yoğunluğu değerleri Çizelge 4.6.'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. 3, 4,5 ve 6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait yığın yoğunluğu değerleri

	Deneme Koşulları	Yığın Yoğunluğu Değeri
3 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait deneme numaraları	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (1)	1111.1
	20dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (2)	1666.6
	10dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (15)	2000.0
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (16)	1176.4
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (19)	1000.0
	15dk.haşlama, tepsili kurutma (21)	1081.0
4,5 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait deneme numaraları	10dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (3)	1333.3
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (5)	1111.1
	20dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (7)	2500.0
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (8)	1000.0
	20dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (9)	2000.0
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (11)	833.3
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (13)	500.0
	10dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (14)	869.0
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (17)	1111.1
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (18)	1052.6
15dk.haşlama, tepsili kurutma (22)	1212.2	
6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait deneme numaraları	10dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (4)	1052.6
	20dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (6)	1428.7
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (10)	839.6
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (12)	901.0
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (20)	972.4
	15dk.haşlama, tepsili kurutma (23)	1142.8

Çalışmada, haşlama süresinin ve plaka sıcaklığının yığın yoğunluğu üzerinde etkili olduğu, haşlama süresi uzun tutulduğunda yığın yoğunluğu değerinin yüksek olduğu, plaka sıcaklığı en yüksek değerde olduğunda ise yığın yoğunluğu değerinin düşük olduğu görülmüştür. Yığın yoğunluğu genelde nem miktarının azalması ile almaktadır. Yapılan analiz sonucu yığın yoğunluğunun nem miktarı azalmasına rağmen arttığı görülmektedir. Bunun nedeni dondurarak kurutma öncesi örneklerle haşlama işlemi uygulanması böylelikle nişasta jelatinizasyonundan kaynaklandığı saptanmıştır.

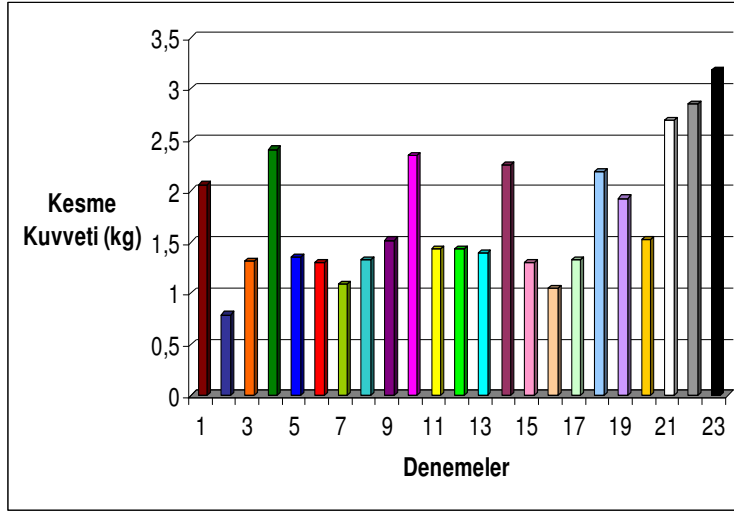
Kestane örneklerinin yığın yoğunluğu analizine ait istatistiksel analiz tabloları Ek 6 (a,b,c)'da verilmiştir.

4.6. Doku Analizi

Çalışmada elde edilecek üründe kıtırlığın, yumuşaklığın maksimum olması hedeflenmiştir. Çalışmada doku analizi, Instron cihazı (Model 1140 Food Testing System, Cambridge, UK) kullanılarak yapılan analizlerde 3, 4,5, 6 mm kalınlığında dilimlenmiş kestane örnekleri 5 kg yük başlığı ile sıkıştırılmış ve on paralel olacak şekilde doku tayini yapılmıştır. Kesme işlemi sırasında cihazın çizme haznesine konulan kağıt üzerine cihaz tarafından pikler çizilmiş, kestane örneklerine ait pik yükseklikleri hesaplanarak ortalamaları alınmıştır. Çizim kağıdının eni ölçülerek (15,3 cm), 5kg yük başlığına denk geldiği düşünülerek pik yükseklik ortalamaları (cm) ile orantı kurulmuş, her bir denemeye ait kesme kuvvetinin kaç kg' a denk geldiği bulunmuştur.

Dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen değerler Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Dondurarak kurutma yöntemi uygulanarak yapılan denemeler sonrası elde edilen ürünlerin doku analiz sonuçları, tepsili kurutma yöntemi uygulanarak yapılan denemeler sonrası elde edilen ürünlerin doku analiz sonuçlarına göre daha düşüktür. Şekil 4.10'da görüldüğü üzere en yüksek kesme kuvvetine sahip 6 mm kalınlığında 15 dk haşlama süresine sahip tepsili kurutucuda kurutulan denemeye (deneme 23)ve en düşük kesme kuvvetine sahip olan ise 3 mm kalınlığında 20 dk. haşlama süresine ve

plaka sıcaklığı 15⁰C olan dondurarak kurutulan denemeye (deneme 2) ait olduğu görülmüştür.



Şekil 4.10. Dondurarak kurutma ile tepsili kurutucuda yapılan denemeler sonrası elde edilen doku analizi değeri

Kestane örneklerine ait kesme kuvveti değeri Çizelge 4.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. 3, 4,5 ve 6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait kesme kuvveti değerleri

	Deneme Koşulları	Kesme Kuvveti Değeri
3 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait deneme numaraları	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (1)	2.06
	20dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (2)	0.78
	10dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (15)	1.30
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (16)	1.04
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (19)	1.92
	15dk.haşlama, tepsili kurutma (21)	2.68
4,5 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait deneme numaraları	10dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (3)	1.31
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (5)	1.35
	20dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (7)	1.08
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (8)	1.32
	20dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (9)	1.51
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (11)	1.43
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (13)	1.39
	10dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (14)	2.25
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (17)	1.32
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (18)	2.18
	15dk.haşlama, tepsili kurutma (22)	2.84
6 mm kalınlığında kesilmiş kestane örneklerine ait deneme numaraları	10dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (4)	1.40
	20dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (6)	1.30
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 30 ⁰ C (10)	2.34
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 0 ⁰ C (12)	1.43
	15dk.haşlama, plaka sıcaklığı 15 ⁰ C (20)	1.52
	15dk.haşlama, tepsili kurutma (23)	3.18

Yapılan denemeler sonrası elde edilen doku analizi değerleri karşılaştırıldığında da tepsili kurutucuda kurutma yöntemi kullanılarak elde edilen denemelerde doku analizi değerinin dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilen denemelere göre yüksek olduğu görülmüştür. Tepsili kurutucuda kurutulan ürünlerin daha sert olduğu, elde edilen üründe kıtırlığın, gevrekliğin maksimum düzeyde olmadığı görülmüştür.

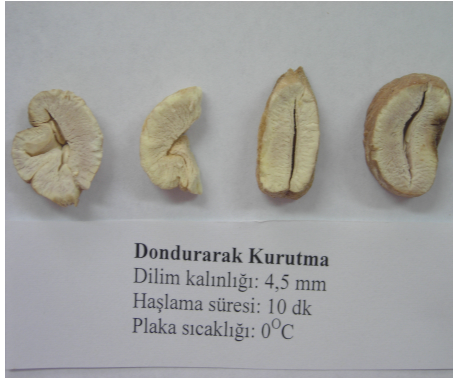
3, 4,5 ve 6mm kalınlığındaki kestane Denemelerinin doku analiz sonuçlarına ait istatistiksel analiz tabloları Ek 7 (a, b, c)'de verilmiştir.

4.7. Macro ve SEM görüntüleri

Dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilmiş örnekler ve tepsili kurutucu kullanılarak elde edilmiş örneklerde meydana geldiği değişimleri gözlemlemek için Macro ve SEM görüntüleri çekilmiştir.

Kestane örnekleri, numune hazırlama aşamasında 32 mm çapında olan pirinç tabloların üzerine 5 adet numune konulacak şekilde boyutları küçültülmüş, numuneler karbon bantla yapıştırılmış ve kestane örneği elektron iletmediği için daha net görüntü sağlamak amacıyla örnekler altın ile kaplanmıştır. Örnekler 10 kV hızlandırıcı voltajı altında genel görünüş,100, 250, 500, 1000 kat büyütülerek incelenmiştir.

Yapılan analizde dondurularak kurutulmuş denemelerden 20 numaralı deneme hariç diğer örneklerin numune hazırlama aşaması sırasında boyut küçültme işlemi yapılırken örneklerin parçalanmasından ve kaplamanın yapılamamasından dolayı SEM görüntülerinin çekimi yapılamamıştır. Aşağıda sırasıyla dondurarak kurutulmuş tüm denemelere ait macro görüntüler ve 6 mm kalınlığında 15 dk. haşlama süresine ve plaka sıcaklığı 15⁰C olan dondurarak kurutulan deneme (deneme 20) ile tepsili kurutucuda kurutulmuş tüm örneklere ait SEM görüntüleri verilmektedir. SEM görüntülerinde her bir örnek genel, 100, 250, 500, 1000 kat büyütülmüştür.

**1. Deneme****2. Deneme****3. Deneme****4. Deneme****5. Deneme****6. Deneme****Şekil 4.11.** Tüm kurutma örneklerine ait Macro resimleri



7. Deneme



8. Deneme



9. Deneme



10. Deneme



11. Deneme



12. Deneme

Şekil 4.11. (devam) Tüm kurutma örneklerine ait Macro resimleri



13. Deneme



14. Deneme



15. Deneme



16. Deneme



17. Deneme



18. Deneme

Şekil 4.11.(devam) Tüm kurutma örneklerine ait Macro resimleri



19. Deneme



20. Deneme



21. Deneme

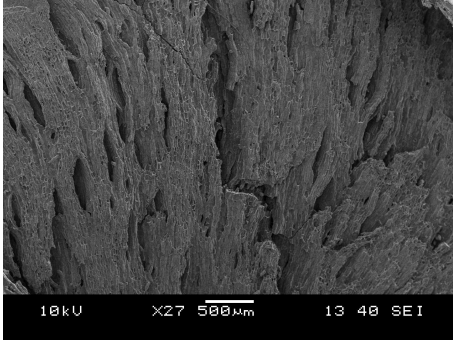


22. Deneme



23. Deneme

Şekil 4.11. (devam) Tüm kurutma örneklerine ait Macro resimleri

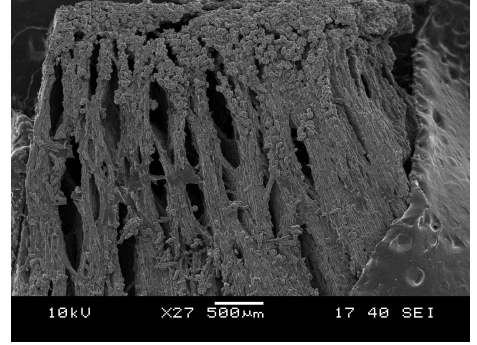


20. Deneme genel görünüş

Dilim Kalınlığı: 6mm

Haşlama süresi: 15dk

Plaka sıcaklığı: 15⁰C

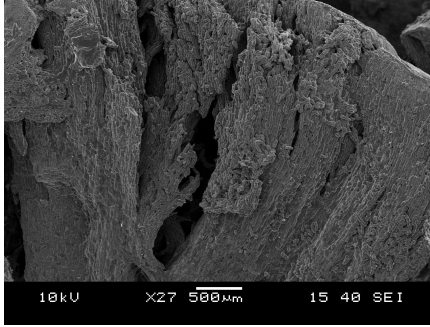


21. Deneme genel görünüş

Dilim Kalınlığı: 3mm

Haşlama süresi: 15dk

Tepsili kurutucuda kurutma

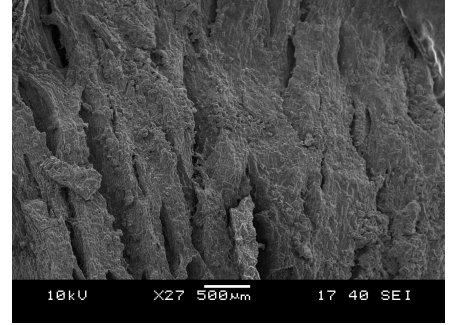


22. Deneme genel görünüş

Dilim Kalınlığı: 4,5 mm

Haşlama süresi: 15dk

Tepsili kurutucuda kurutma



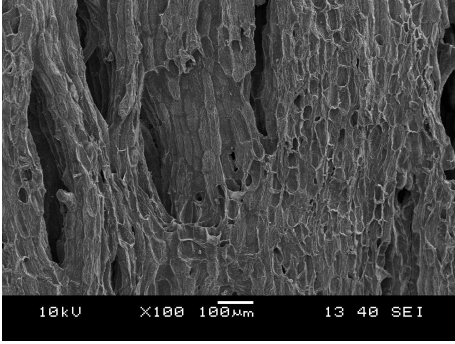
23. Deneme genel görünüş

Dilim Kalınlığı: 4,5 mm

Haşlama süresi: 15dk

Tepsili kurutucuda kurutma

Şekil 4.12. Deneme 20, 21 , 22 ,23'e ait genel görünüş SEM görüntüleri

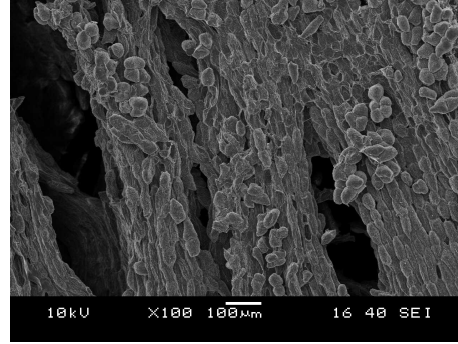


20. Deneme x100 görünüş

Dilim Kalınlığı: 6mm

Haşlama süresi: 15dk

Plaka sıcaklığı: 15⁰C

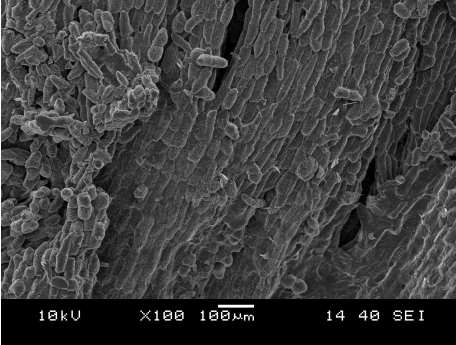


21. Deneme x100 görünüş

Dilim Kalınlığı: 3mm

Haşlama süresi: 15dk

Tepsili kurutucuda kurutma

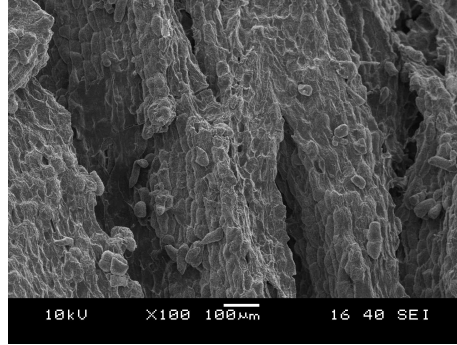


22. Deneme x100 görünüş

Dilim Kalınlığı: 4,5 mm

Haşlama süresi: 15dk

Tepsili kurutucuda kurutma



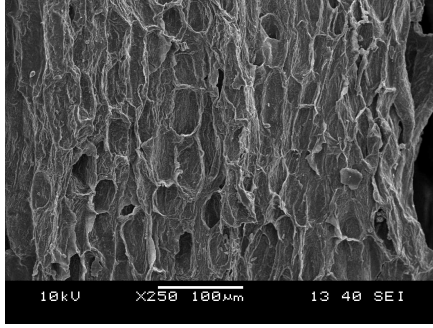
23. Deneme x100 görünüş

Dilim Kalınlığı: 4,5 mm

Haşlama süresi: 15dk

Tepsili kurutucuda kurutma

Şekil 4.13. Deneme 20, 21 , 22 ,23'e ait x100 görünüş SEM görüntüleri

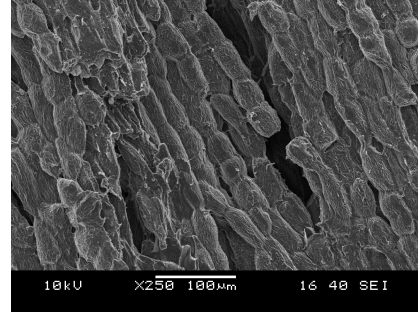


20. Deneme x250 görünüş

Dilim Kalınlığı: 6mm

Haşlama süresi: 15dk

Plaka sıcaklığı: 15⁰C

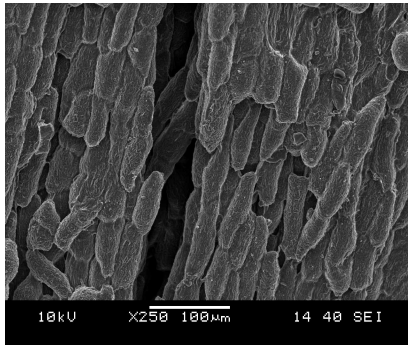


21. Deneme x250 görünüş

Dilim Kalınlığı: 3mm

Haşlama süresi: 15dk

Tepsili kurutucuda kurutma

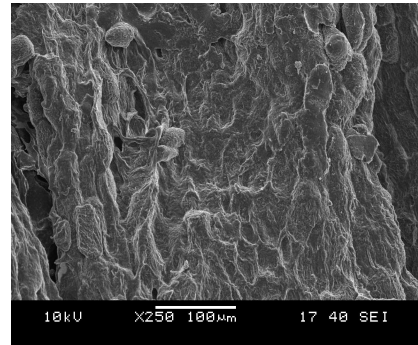


22. Deneme x250 görünüş

Dilim Kalınlığı: 4,5 mm

Haşlama süresi: 15dk

Tepsili kurutucuda kurutma



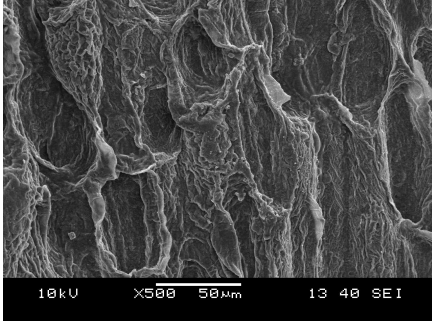
23. Deneme x250 görünüş

Dilim Kalınlığı: 4,5 mm

Haşlama süresi: 15dk

Tepsili kurutucuda kurutma

Şekil 4.14. Deneme 20, 21 , 22 ,23'e ait x250 görünüş SEM görüntüleri

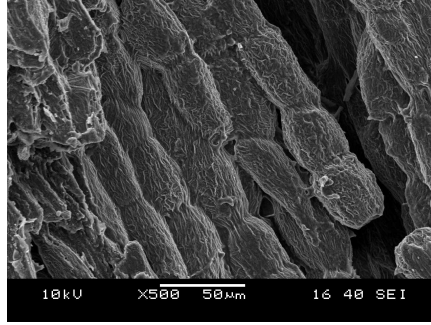


20. Deneme x500 görünüş

Dilim Kalınlığı: 6mm

Haşlama süresi: 15dk

Plaka sıcaklığı: 15⁰C

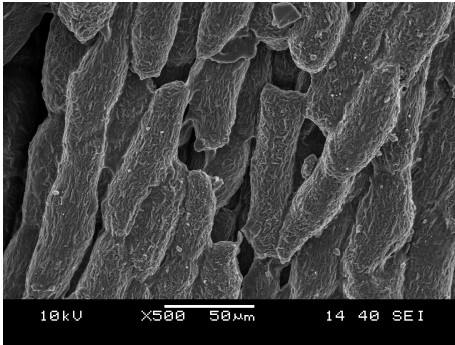


21. Deneme x500 görünüş

Dilim Kalınlığı: 3mm

Haşlama süresi: 15dk

Tepsili kurutucuda kurutma

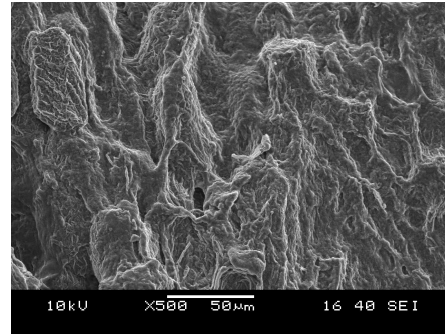


22. Deneme x500 görünüş

Dilim Kalınlığı: 4,5 mm

Haşlama süresi: 15dk

Tepsili kurutucuda kurutma



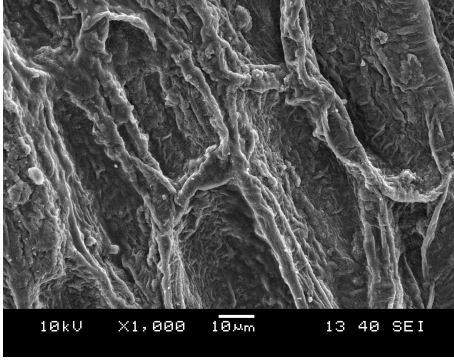
23. Deneme x500 görünüş

Dilim Kalınlığı: 4,5 mm

Haşlama süresi: 15dk

Tepsili kurutucuda kurutma

Şekil 4.15. Deneme 20, 21 , 22 ,23'e ait x500 görünüş SEM görüntüleri

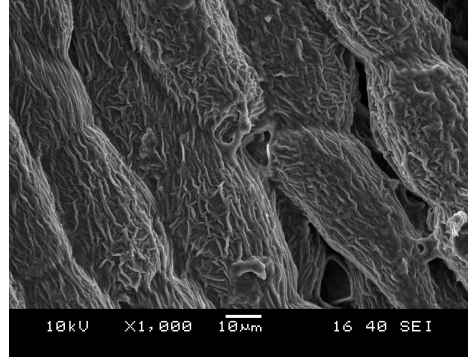


20. Deneme x1000 görünüş

Dilim Kalınlığı: 6mm

Haşlama süresi: 15dk

Plaka sıcaklığı: 15⁰C

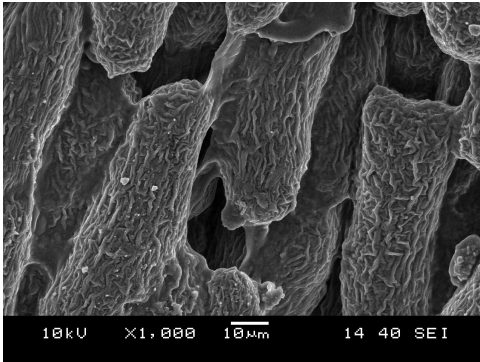


21. Deneme x1000 görünüş

Dilim Kalınlığı: 3mm

Haşlama süresi: 15dk

Tepsili kurutucuda kurutma

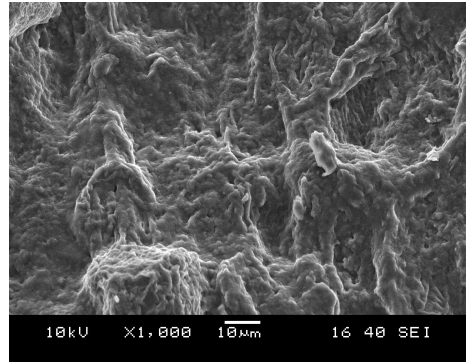


22. Deneme x1000 görünüş

Dilim Kalınlığı: 4,5 mm

Haşlama süresi: 15dk

Tepsili kurutucuda kurutma



23. Deneme x1000 görünüş

Dilim Kalınlığı: 4,5 mm

Haşlama süresi: 15dk

Tepsili kurutucuda kurutma

Şekil 4.16. Deneme 20, 21 , 22 ,23'e ait x1000 görünüş SEM görüntüleri

İncelemeler sonucunda dondurarak kurutulmuş örnekler tepsili kurutucuda kurutulmuş örneklere göre daha az gözenekli bir yapıda oldukları görülmektedir. Bunun nedeni dondurma işleminin hızla gerçekleşmesi sonucu oluşan buz kristallerinin daha küçük olması ve örnekte daha homojen dağılmış olmalarıdır. Bu gözenekli yapı örneğin rehidrasyon hızının yükselmesini sağlar bu nedenle de dondurarak kurutulan ürünün kalitesinin daha yüksek olduğu söylenebilir. Ortalama partikül boyutlarına bakılacak olursa, dondurarak kurutulan örnek görüntüde ortalama tanecik boyutlarının daha küçük olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.8. Deneme planı izlenerek elde edilmiş deneysel sonuçlar

Deneme No	Factor1 Haşlama süre (dk)	Factor2 Dilim kalınlığı (mm)	Factor3 Plaka sıcaklığı (°C)	Nem miktarı (%)	Su aktv. Değeri	Renk (L*) Değ.	Doku analizi (kg)	Yığın yoğunluk (kg/m ³)
1	15 (0)	3 (-1)	30 (+1)	3.12	13.25	69.10	2.06	1111.11
2	20 (+1)	3 (-1)	15 (0)	3.38	16.10	75.24	0.78	1666.66
3	10 (-1)	4,5 (0)	0 (-1)	4.45	16.50	65.48	1.31	1333.33
4	10 (-1)	6 (+1)	15 (0)	3.13	17.40	62.28	2.40	1052.66
5	15 (0)	4,5 (0)	15 (0)	2.53	15.20	66.68	1.35	1111.11
6	20 (+1)	6 (+1)	15 (0)	2.86	13.05	63.30	1.30	1428.50
7	20 (+1)	4,5 (0)	0 (-1)	3.60	10.58	62.20	1.00	2500.00
8	15 (0)	4,5 (0)	15 (0)	2.32	14.70	63.64	1.30	1000.00
9	20 (+1)	4,5 (0)	30 (+1)	2.05	10.10	64.58	1.50	2000.00
10	15 (0)	6 (+1)	30 (+1)	1.98	12.20	62.34	2.30	869.50
11	15 (0)	4,5 (0)	15 (0)	1.91	11.90	62.36	1.40	833.30
12	15 (0)	6 (+1)	0 (-1)	2.40	13.60	66.68	1.40	909.00
13	15 (0)	4,5 (0)	15 (0)	1.61	9.17	64.75	1.30	500.00
14	10 (-1)	4,5 (0)	30 (+1)	2.66	11.23	66.32	2.20	869.50
15	10 (-1)	3 (-1)	15 (0)	2.12	15.90	68.24	1.30	2000.00
16	15 (0)	3 (-1)	0 (-1)	1.08	17.70	66.14	1.00	1176.40
17	15 (0)	4,5 (0)	0 (-1)	1.58	17.60	59.10	1.30	1111.11
18	15 (0)	4,5 (0)	30 (+1)	1.39	11.60	64.00	2.10	1052.66
19	15 (0)	3 (-1)	15 (0)	1.54	7.50	59.48	1.90	1000.00
20	15 (0)	6 (+1)	15 (0)	1.80	11.30	58.02	1.50	952.30
21	15.00	-	3.00	5.40	34.10	52.81	2.60	1081.00
22	15.00	-	4.50	5.52	35.00	50.63	2.80	1212.10
23	15.00	-	6.00	5.70	37.20	54.45	3.10	1142.80

5. SONUÇ

Bu çalışmada, haşlama işlemi ardından dondurarak kurutma yöntemi ile kahvaltılık gevrekleri zenginleştirmek üzere katkı maddesi olarak dondurarak kurutulmuş kestane elde edilmiş ve bu ürünün kalite karakteristikleri incelenmiştir.

Hammadde olarak soyulmuş ve dondurulmuş kestane kullanılmıştır. Kestaneler erimeden farklı dilim kalınlıklarında kesilmiş, farklı sürelerde haşlanılmış ve farklı plaka sıcaklık dereceleri uygulanarak dondurarak kurutulmuş ürün elde edilmiştir. Kurutma işleminin sonunda elde edilen üründe kalite kriterlerinin değerlendirilmesi amacıyla geleneksel yöntem olan tepsili kurutucu kurutma yöntemi ile de ürün elde edilmiştir.

Bu araştırma kapsamında, iyi kalitede kuru ürün sağlamak amacıyla kullanımı en çok önerilen dondurarak kurutma yöntemi kullanılarak kestanenin kalite özellikleri arttırılmak istenmektedir. Türkiye’de kestane ürün çeşitliliği azdır. Bu amaçla ülkemizde yalnızca taze olarak tüketilen kestane için farklı kullanım olanaklarının geliştirilmesi, bu sayede üreticilerin daha fazla kestane üretmeleri ve ülkemiz ekonomisi için faydalı bir gelişme olması hedeflenmiştir. Ayrıca dünyada kestane üretiminde ilk sıralarda yer alan ülkemizde kestanenin farklı bir kullanım alanının yaratılması da sağlanacaktır.

Çalışmada elde edilecek üründe kırırlığın, yumuşaklığın maksimum olması ve ürünün yapısı bozulmadan su tutma kapasitesinin artması istenilen özelliklerdir. Kurutma işlemi kalite kriterlerinden renk

ve duyuşal özellikleri de olumsuz olarak etkileyebilmektedir. Keştanenin kurutulması için optimum işlem koşulların yanıt yüzey yöntemi kullanılarak belirlenmesi hedeflenmiştir. Yanıt yüzey yöntemi kurutma işleminin karakterize edilmesi, geliştirilmesi ve optimizasyonu için az sayıda deneme ile tüm işlem değişkenlerini ve bu değişkenler arasındaki interaksiyonlarını bir arda inceleyen etkin bir yöntemdir.

Yapılan denemelerde dilim kalınlığı, haşlama süresi ve plaka sıcaklığı bağımsız değişkenler olarak; nem içeriği, su aktivitesi, renk değişimi, doku analizi, yığın yoğunluğu ve rehidrasyon kapasitesi ise sistemin yanıtı (bağımlı değişkenler) olarak seçilmiştir. Deneysel veriler ‘Box-Behnken’ deneme planı izlenerek elde edilmiştir. Box-Behnken 2³ faktöriyel bir tasarıma 16 denemeyi içermektedir. Ayrıca diğer kurutma koşulları sonuçlarının daha iyi görülebilmesi için 4,5 mm kalınlığındaki keştaneye ait bütün koşullardaki denemeler ile kurutma işleminin sonunda elde edilen üründe kalite kriterlerinin değerlendirilmesi amacıyla geleneksel yöntem olan tepsili kurutucu kurutma yöntemi ile de ürün elde edilmiştir. Çalışmada yanıt yüzey yöntemine göre değişkenlerin sistem yanıtı üzerinde etkileşimi olmadığı görülmüş, bu nedenle her bir değişkenin yanıt üzerinde etkileşimini görmek amacıyla varyans analizi (ANOVA) gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sonrası yapılan değerlendirmede plaka sıcaklığının yüksek olması, kurutma süresini azaltırken, plaka sıcaklığının düşük tutulduğu taktirde kuruma süresinin uzadığı g r lm ştir.

Yapılan analizler sonucunda; raf ömrü üzerine etkili olan nem miktarı, su aktivitesi içeriği, bütün denemelerde kabul edilebilir seviyede

bulunduğu ve birbirleriyle orantılı sonuçlar verdiği; dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilmiş örneklerde rengin kararmadığı buna karşın tepsili kurutucu kullanılarak elde edilmiş kahvaltılık ürünlerde olması istenmeyen renk kararması meydana geldiği gözlemlenmiştir. Sıcak hava ile kurutulmuş ürünlerin dış kabuğunun sertleşmesinden dolayı sıvıyı absorbe etmeleri uzun bir süre gerektirmekte, dondurarak kurutulmuş ürünlerin sıvıyı absorbe etmeleri ise çok daha kolay ve kısa sürede gerçekleşmektedir.

Buzdolabı koşullarında bekletilen süt ile yapılan rehidrasyon kapasitesi analiz sonuçlarının oda koşullarında bekletilen süt ile yapılan analizlere göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Yığın yoğunluğunun kurutma işleminden etkilendiği, tepsili kurutucu ile kurutulan ve yüksek nem içerikli kestanelerin yığın yoğunluklarının düşük olduğu, buna rağmen dondurarak kurutulan kestanelerin ise işlem koşullarına bağlı olarak farklı yığın yoğunlukları değerlerinin gözlendiği saptanmıştır. Dondurarak kurutma yöntemi uygulanarak yapılan denemeler sonrası elde edilen ürünlerin doku analiz sonuçları, tepsili kurutma yöntemi uygulanarak elde edilen ürünlerin doku analiz sonuçlarına göre daha düşük olduğu; tepsili kurutucuda kurutulan ürünlerin daha sert olduğu, elde edilen üründe kıtırlığın, gevrekliğin maksimum düzeyde olmadığı görülmüştür. Dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulan ürünlerde büzüşmenin iz miktarda olduğu, buna karşın tepsili kurutma yöntemi ile kurutulan ürünlerde yüksek oranda büzüşmenin gözlemlenmiştir. Yapılan SEM analizi ile kurutma işlemleri sonucu elde edilen ürünlerdeki partikül yapılarının farklılığı gözlemlenebilmiştir.

6 mm kalınlığında 15 dk. haşlama süresine ve plaka sıcaklığı 15⁰C olan dondurarak kurutulan denemenin (deneme 20) daha gözenekli bir yapıya sahip olduğu, bunun da rehidre olabilme özelliğini arttırdığı görölmüştür. Bütün bu bilgilerin doğrultusunda, dondurarak kurutma yönteminin kullanılması ile daha kaliteli son ürün eldesinin mümkün olduğu söylenebilir.

Haşlama süresinin kısa tutulması ürünün haşlama sırasında dağılmasını önlemekte, plaka sıcaklığının en yüksek seviyede olması durumunda kurutma süresi kısalmaktadır.

Hedeflenen kalite kriterlerine en uygun olan örneğin dilim kalınlığı 4,5 mm, haşlama süresi 15 dk ve plaka sıcaklığı 15⁰C olan denemenin (Deneme 11) olduğu görölmüştür.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Alzamora,S.M. & Chirife, J., 1980, Some Factors Controlling The Kinetics of Moisture Movement During Avacoda Dehydration, Journal of Food Science, Vol.45, pp. 1649–1657.

Anonim1, 2008, Kestanenin Ekolojik İstekleri <http://www.ito.org.tr>,
www.bilgilik.com

Anonim2, 2008, Kestane ile Genel Bilgi,
<http://tr.wikipedia.org/wiki/Kestane>

Anonim3, 2008, Kestane içeriği Tablosu, <http://www.marianigroup.com>

Anonim4, 2008, Suyun değişik halleri için gerekli basınç ve ısı değerleri
<http://www.nadidem.net/bmk/Gidalari05.pdf>

Anonim5, 2008, How Freeze Drying Works (Dondurarak Kurutma Nasıl İşler?), Tom Haris; Howstuffworks,
<http://recipes.howstuffworks.com/freeze-drying.htm>

Anonim6, 2008, The Lyophilization process (Liyofilizasyon İşlemi),
<http://www.vetter-pharma.com/vcc/lyo/lyo2>

Anonim7, 2008, Comparison with Liquid-Phase Drying (Sıvı Evreli Kurutmayla Kıyaslama); <http://www.rpi.edu/dept/chem-eng/Biotech-Environ/LYO/section2.html>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Anonim8, 2008, Freeze Drying & Freeze Dried Food (Dondurarak Kurutma ve Dondurularak Kurutulmuş F-Gıdalar), Mary Bellis,
<http://inventors.about.com/library/inventors/blfrdrfood.htm>

Anonim9, 2008, Principles of Lyophilization Equipment (Liyofilizasyon Aygıtlarının İlkeleri;
<http://www.rpi.edu/dept/chem-eng/Biotech-Environ/DOWNSTREAM/sect3.htm>

Anonim10, 2008, What is lyophilization?/ Advantages (Liyofilizasyon nedir?/
Avantajları), Lyo-San Inc., Quebec – Canada web sayfaları
<http://www.lyo-san.ca/english/lyophilisation.html#avantages>

Anonim11,2000, D.İ.Eyayınları

Anonim12, 2000, F.A.Osito.web.<http://fao.org>

Anonim13, 2008, <http://www.commercialfreezedry.com>.

Anonim14, 2001, DİE, Tarım İstatistikleri Özeti 2001

Anonim15, 2002, DİE, Tarım İstatistikleri Özeti 2002

Anonim16, 2008, <http://consensus.nih.gov>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Başman , A., Köksal, H.& Yalçın, S., 2006, Glutensiz Hububat Ürünleri, Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongresi, pp. 95-98, 7-8 Eylül 2006, Gaziantep.

Bourne, M.C.,1982, Food Texture and Viscosity, Academic Pres, New York.

Burnett M.S., 1988, The grain that grows on a tree. Rprinted from “Chestnutworks”. Portland, Oregon: 12-15.

Cemeroğlu, B.,1992. Meyve ve sebze işleme endüstrisinde temel analiz metotları Ankara.

Cemeroğlu, B. ve Acar, J., 1986. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Gıda Teknolojisi Derneği, Yayın No: 6, Ankara.

Connor W.E., 1997, The beneficial effects of omega-3 fatty acids: cardiovascular disease and neuro - development. Current opinion in Lipidology,8:1-3

Demir, Ş., 1989. Bazı meyvelerin Sera içinde kurutma karakteristikleri, Doktora tezi, Bornova.

Donsi, G., Ferrari, G., and Nigro, R., 1996. The Effect of Process Conditions on Physical Structure of Dehydrated Foods, Food and Bioproducts, Vol. 74, pp; 73-80.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Ertekin, F., Eren, İ., Koç, B., 2008. Modelling bulk density, Porosity and Shrinkage of Quince During Drying: The Effect of Drying Method, Journal Food Engineering Vol. 85, pp.340-349.

Fidanza F. and Liguori G., 1981. Nutrizione umana. Ed. Idelson, Napoli.

Funebo, T. 1997. Microwave Assisted Air Dehydration of Fruits and Vegetables. SIK Report No: 633. Swedish Institute for Food and Biotechnology and Department of Food Science, Chalmers University of Technology.

Geankoplis, K., 1983. Transport Processes and Unit Operations, 3rd Edition, Prentice – Hall International, Inc., New Jersey.

Grassi G., Mastronicola M. and Parente A., 1997 Atti del Convegno nazionale sul castagno, Cison di Valmaniro (TV): 575 Il tempo delle castagne; www.marrone.net/iltempodellecastagne

Gren, P.H.R. and Jabri, B., 2006, Celiac Disease, Annual Review of Medicine, Vol.57, pp.207-221.

Hawkes, J. and Flink, J.M., 1987, Osmotic Concentration of Fruit Slices Prior to Freeze Dehydration, Journal Of Food Processing and Preservation, Vol.2, pp. 265-284.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Heldman, D.R. and Singh P.R., 1989. Gıda işleme mühendisliği, Dondurarak Kurutma Süreci

Hunter, R.S., 1975, Scales for the measurements of color difference. In The Measurement of Appearance. John Wiley & Sons, New York.

Katara, D.K. and Nath, N., 1985, Effect of Pretreatments on Quality of Dried Potato Cubes, Indian Food Packer, pp. 68-73.

Keey, R.B., 1972. Drying Principles and Practise, Pergamon Pres

Kim, M.H. and Toledo, R.T. 1987, Effect of Osmotic Dehydration and High Temperature Fluidized Bed Drying on Properties of Dehydrated Rabbiteye Bluberries, J.Food Sci., Vol. 52, pp.980-984.

Krokida M.K. and Maroulis, Z.B., 1997. Effect of Dring Method on Shrinkage and Porosity, Drying Technology, Vol.15, pp. 2441–2458.

Lin, T.M., Durance, T.D. and Scaman, C.H., 1998, Charactesition of Vacuum Microwave, Air and Freze Dried Carrot Slices, Food Research International, Vol. 31, pp. 111-117.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Lozano, J.E., Rotstein, E., and Urbicain M.J., 1983. Shrinkage, Porosity and Bulk Density of Foodstuffs at Changing Moisture Contents, Journal Food Science Vol. 48, pp.1497-1502.

Madamba, P.S., Driscoll, R.H., and Buckle, K.A., 1993, Bulk Density, Porosity and Resistance to Air Flow of Garlic Slices, Drying Technology Vol.11, pp.1837-1854.

Mazza, G., 1983, Dehydration of Carrots, Effect of Pre-Drying Treatments on Moisture Transport and Product Quality, J.Food Technology, Vol.18, pp. 113-123.

McCabe, W.L. and Smith, J.C. 1976. Unit Operations of Chemical Engineering 3rd Ed. McGraw-Hill. New York.

McCleary J.P., 1987, Vacuum Freeze Drying , A Method Used To Salvage Water Damaged Archival and Librarian Materials: A Ramp Study with Guidelines, Paris.

Mellor, J.D., 1978, Fundamentals of Freeze Drying, New York, pp. 8-15

Nargal, M.S. and Ooraikul, B. 1996. Effect of Some Physical and Chemical Pretreatments on Improvement of Drying Characteristics of Hash-Brown Potatoes. Journal of Food Science and Technology-Mysore. (33) 436-439.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Neuman ,H.J., 1972, Dehydrated Celery: Effect of Predrying Treatments and Rehydration Procedures on Reconstitution, J. Food Sci., Vol. 37, pp. 437–441.

Ratti,C., 1994, Shrinkage During Drying of Foodstuffs, J. of Food Engineering, Vol. 23, pp. 91-105.

Ratti, C., Makhlouf, J., Shishegarha, F., 2002, Freeze Drying Characteristics of Strawberries, Drying Techonology, Vol.20 (1),pp. 131-145.

Soksahanj,H. and Jayas, D.S. 1995. Drying of foodstuffs.In Handbook of Insdustrial Drying” Ed.A.S.Mujumdar , pp. 345-372.

Somogyi, L.P. and Luh, B.S., 1988, Vegetable Dehydration, In Commercial Vegetable Processing Ed. B.S.Luh and J.G. Woodroof. 2nd Edition, an Avi Book, pp. 387-473.

Soysal, Y., 2000. İşletme Ölçeğinde Çeşitli Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kurutulmasına Yönelik Bir araştırma, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı Doktora Tezi. Adana.

Speck, P, Escher, F. and Soims, J., 1997, Effect of Salt Prettreatment on Quality and Storage Stability of Air-Dried Carrots, Lebensim. – Wiss. U. –Technology Vol. 6, pp. 308–313.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Taylor, R., Zhai, S., 2000, Department of Chemical Engineering
University of Cambridge, Cambridge U.K.

Toledo , R.T., 1979. Fundamentals of Food Process Engineering, AVI,
Publishing Co., Westport, Conn.

Torreggiani, D. 1993. Osmotic Dehydration in Fruit and Vegetable
Processing. Food Research International. (26) 59-68.

Yağcıoğlu, A., 1999, Tarım Ürünleri Kurutma Tebliği, İzmir. Ege
Üniversitesi, 225.

Yang, C.S.T. and Atallah, W.A.,1985, Effect of Four Drying Methods
on the Quality of Intermediate Moisture Lowbush, blueberries. Journal
of Food Science Vol. 50 pp. 1233-1237.

EKLER

Ek 1. Türkiye’de Piyasada Bulunan Bazı Glutensiz Ürün Çeşitleri

Ek 2. 3, 4,5 ve 6 mm kalınlığındaki kestane denemelerine ait a ve b ile R^2 değerleri

Ek 3. 3, 4,5 ve 6mm kalınlığındaki kestane örneklerinin nem miktarlarına ait istatistiksel analiz tabloları

Ek 4. 3, 4,5 ve 6mm kalınlığındaki kestane örneklerinin su aktivitesi değerlerine ait istatistiksel analiz tabloları

Ek 5. 3, 4,5 ve 6mm kalınlığındaki kestane örneklerinin renk analiz değerlerine ait istatistiksel analiz tabloları

Ek 6. 3, 4,5 ve 6mm kalınlığındaki kestane örneklerinin yığın yoğunluk değerlerine ait istatistiksel analiz tabloları

Ek 7. 3, 4,5 ve 6mm kalınlığındaki kestane örneklerinin sertlik (doku)analizine ait istatistiksel analiz tabloları

Ek 8. Dondurarak kurutucu ve tepsili kurutucu resimleri

EKLER

Ek1. Türkiye’de Piyasada Bulunan Bazı Glutensiz Ürün Çeşitleri

ÜRÜN ADI
Schar
Glutensiz Schar Mix B 1000g Ekmek Unu
Glutensiz Schar Mix C 1000g Çok Amaçlı Un
Glutensiz Schar Spagetti 500 g
Glutensiz Schar Ditali 500g Boncuk Makarna
Glutensiz Schar Rigati 500 g Düdük Makarna
Glutensiz Schar Pipette 500 g Mantı Makarna
Glutensiz Schar Capeli D’Angelo 250g Şehriye
Glutensiz Schar Solena cereal bar 25g Bar
Glutensiz Schar Quadritos 2x20 g Siyah Çikolata Kaplı Gofret
Glutensiz Schar Snack 3x35 g Çikolata Kaplı Fındıklı Gofret
Glutensiz Schar Mini Sorrisini 100g Kaymaklı Çikolatalı Bisküvi
Glutensiz Schar Wafers 100g Vanilyalı Gofret
Glutensiz Schar Wafers 100 g Fındıklı Gofret
Glutano
Glutensiz Glutano Ekmek ve Kek Unu 500 g
Glutensiz Glutano Bol Lifli Ekmek Unu 500 g
Glutensiz Glutano Çay Bisküvileri 125g
Glutensiz Glutano Kayıslı Bisküvi 150g
Glutensiz Glutano Parça Çikolatalı Bisküvi 150g
Glutensiz Glutano Kremalı Bisküvi 150g
Glutensiz Glutano Hindistan Cevizli Bisküvi 125g
Glutensiz Glutano Çikolata Kaplı Bisküvi 125g
Glutensiz Glutano Çikolatalı Gofret 125 g
Glutensiz Glutano Limonlu Gofret 125g
Glutensiz Glutano Çikolata Kaplı Fındıklı Bar 75g
Glutensiz Glutano Glutensiz Karamelli Bisküvi 100g
Glutensiz Glutano Kraker Ekmek 275g
Glutensiz Glutano Tuzlu Kraker 150g
Glutensiz Glutano Makarna 500g
Glutensiz Glutano Spagetti 500g
Loprofin
Loprofin Glutensiz Un Karışımı 500g
Loprofin Spagetti 500g

Loprofin Penne 500 g
Türkiye’de Bazı Üretilen Glutensiz Ürünler
Sinangil Glutensiz Un 500 g
Ankara Halk Ekmek Glutensiz Ekmek Unu 2 kg
İHE Glutensiz Ekmek 450g
İHE Glutensiz Hamburger Ekmeği 450g
İHE Glutensiz Miks 1000g
İHE Glutensiz Miks 500g
Eti Pronot Glutensiz Bisküvi 85 g
Doğa Glutensiz Müsli 250 g

Ek 2. 3, 4,5 ve 6 mm kalınlığındaki kestane denemelerine ait a ve b ile R² değerleri

Ek 2. (a) 3 mm kalınlığındaki kestane denemelerine ait a ve b ile R² değerleri

Deneme No	Oda Koş. (25 ⁰ C) süt			Buzdolabı Koş. (25 ⁰ C) süt			Oda Koş. (4 ⁰ C) su			Buzdolabı Koş. (4 ⁰ C) su		
	a	b	R ²	a	b	R ²	a	b	R ²	a	b	R ²
1	0,12	5,63	0,93	0,12	5,53	0,94	0,06	5,84	0,96	0,06	5,92	0,94
2	0,219	5,74	0,96	0,10	6,09	0,96	0,17	6,03	0,90	0,22	5,31	0,96
15	0,154	4,59	0,93	0,10	5,33	0,95	0,29	4,78	0,95	0,16	4,89	0,98
16	0,19	5,05	0,99	0,15	5,27	0,95	0,29	4,61	0,92	0,23	5,18	0,95
19	0,116	6,17	0,97	0,17	6,12	0,94	0,06	6,25	0,97	0,15	6,45	0,89
21	0,243	3,36	0,81	0,10	4,36	0,84	0,2	3,16	0,92	0,32	3,41	0,94

Ek 2. (b) 4,5 mm kalınlığındaki kestane denemelerine ait a ve b ile R^2 değerleri

Deneme No	Oda Koş. (25 ⁰ C) süt			Buzdolabı Koş. (25 ⁰ C) süt			Oda Koş. (4 ⁰ C) su			Buzdolabı Koş. (4 ⁰ C) su		
	a	b	R ²	a	b	R ²	a	b	R ²	a	b	R ²
4	0,15	3,77	0,67	0,12	4,38	0,85	0,08	3,93	0,92	0,20	4,21	0,93
6	0,11	5,1	0,96	0,20	5,12	0,95	0,19	4,92	0,98	0,14	5,1	0,94
10	0,06	5,31	0,90	0,12	5,39	0,79	0,13	4,91	0,93	0,15	5,21	0,98
12	0,24	4,90	0,87	0,19	5,20	0,80	0,14	4,88	0,91	0,27	4,91	0,92
20	0,18	4,74	0,80	0,09	5,4	0,77	0,18	4,48	0,9	0,13	5,1	0,65
23	0,15	3,65	0,81	0,12	4,61	0,88	0,23	3,13	0,92	0,25	3,55	0,95

Ek 2. (c) 6 mm kalınlığındaki kestane denemelerine ait a ve b ile R^2 değerleri

Deneme No	Oda Koş. (25 ⁰ C) süt			Buzdolabı Koş. (25 ⁰ C) süt			Oda Koş. (4 ⁰ C) su			Buzdolabı Koş. (4 ⁰ C) su		
	a	b	R ²	a	b	R ²	a	b	R ²	a	b	R ²
3	0,2	3,02	0,86	0,11	4,20	0,92	0,16	3,64	0,90	0,14	3,9	0,89
5	0,1	4,94	0,95	0,01	5,54	0,98	0,13	5,05	0,93	0,11	5,3	0,92
7	0,1	5,50	0,98	0,13	5,66	0,90	0,13	5,64	0,94	0,192	5,6	0,94
8	0,2	4,76	0,95	0,12	5,534	0,90	0,22	4,79	0,93	0,053	5,7	0,98
9	0,2	5,11	0,82	0,15	5,56	0,88	0,16	5,65	0,88	0,166	5,7	0,92
11	0,2	5,36	0,87	0,05	5,75	0,97	0,18	5,12	0,79	0,098	5,7	0,95
13	0,1	5,30	0,80	0,15	5,28	0,92	0,22	4,98	0,95	0,186	5,47	0,94
14	0,2	4,22	0,99	0,15	5,11	0,92	0,13	4,84	0,95	0,131	5,1	0,94
17	0,116	5,674	0,92	0,078	5,91	0,92	0,19	4,89	0,67	0,131	5,8	0,87
18	0,229	4,775	0,93	0,17	5,52	0,90	0,27	5,00	0,95	0,155	5,6	0,95
22	0,111	2,605	0,93	0,32	2,29	0,92	0,13	5,43	0,92	0,44	2,01	0,88

Ek 3. 3, 4,5 ve 6mm kalınlığındaki kestane Denemelerinin nem miktarlarına ait istatistiksel analiz tabloları

EK 3. (a) 3mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA

Analizi Tablosu

DİLİM KALINLIĞI : 3 mm

DEĞİŞKEN: HAŞLAMA SÜRESİ

SABİT: PLAKA SICAKLIĞI15 °C

NEM	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
10,00	3	5,5700	,18193	,10504	5,1181	6,0219	5,46	5,78
15,00	3	1,6367	,05132	,02963	1,5092	1,7641	1,58	1,68
20,00	3	5,8967	,42525	,24552	4,8403	6,9530	5,48	6,33
Total	9	4,3678	2,06635	,68878	2,7794	5,9561	1,58	6,33

NEM	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	33,725	2	16,863	233,592	,000
Within Groups	,433	6	,072		
Total	34,159	8			

EK 3. (a) 3mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA Analizi Tablosu

DİLİM KALINLIĞI : 3 mm

DEĞİŞKEN: PLAKA SICAKLIĞI

SABİT: HAŞLAMA SÜRESİ

NEM	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
,00	3	1,5700	,42673	,24637	,5099	2,6301	1,08	1,86
15,00	3	1,6367	,05132	,02963	1,5092	1,7641	1,58	1,68
30,00	3	1,3167	,27429	,15836	,6353	1,9980	1,00	1,48
Total	9	1,5078	,29389	,09796	1,2819	1,7337	1,00	1,86

NEM	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	,171	2	,086	,987	,426
Within Groups	,520	6	,087		
Total	,691	8			

EK 3 (b) 4,5 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu****DİLİM KALINLIĞI** : 4,5 mm**DEĞİŞKEN**: HAŞLAMA SÜRESİ**SABİT**: PLAKA SICAKLIĞI 0 °C

NEM	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
10,00	3	2,1567	,20008	,11552	1,6596	2,6537	1,96	2,36
15,00	3	3,3167	,54123	,31248	1,9722	4,6612	2,85	3,91
20,00	3	3,4500	,50408	,29103	2,1978	4,7022	2,90	3,89
Total	9	2,9744	,72545	,24182	2,4168	3,5321	1,96	3,91

NEM	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	3,036	2	1,518	7,757	,022
Within Groups	1,174	6	,196		
Total	4,210	8			

EK 3. (b) 4,5 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu****DİLİM KALINLIĞI** : 4,5 mm**DEĞİŞKEN**: PLAKA SICAKLIĞI**SABİT**: HAŞLAMA SÜRESİ 15dk.

NEM	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Maks. Değer	Ort. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
,00	3	3,3167	,54123	,31248	1,9722	4,6612	2,85	3,91
15,00	3	2,5000	,15524	,08963	2,1144	2,8856	2,35	2,66
30,00	3	1,3900	,22068	,12741	,8418	1,9382	1,18	1,62
Total	9	2,4022	,89040	,29680	1,7178	3,0866	1,18	3,91

NEM	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	5,611	2	2,806	23,013	,002
Within Groups	,731	6	,122		
Total	6,343	8			

EK 3. (b) 4,5 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu****DİLİM KALINLIĞI** : 4,5 mm**DEĞİŞKEN**: HAŞLAMA SÜRESİ**SABİT**: PLAKA SICAKLIĞI 30 °C

NEM	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
10,00	3	2,7467	,53154	,30688	1,4263	4,0671	2,24	3,30
15,00	3	1,3900	,22068	,12741	,8418	1,9382	1,18	1,62
20,00	3	3,6100	,61944	,35763	2,0712	5,1488	2,90	4,04
Total	9	2,5822	1,05736	,35245	1,7695	3,3950	1,18	4,04

NEM	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	Sig.
Between Groups	7,514	2	3,757	15,766	,004
Within Groups	1,430	6	,238		
Total	8,944	8			

EK 3. (c) 6 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu****DİLİM KALINLIĞI : 6 mm****DEĞİŞKEN: HAŞLAMA SÜRESİ****SABİT: PLAKA SICAKLIĞI 15 °C**

NEM	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
10,00	3	3,8767	,50767	,29311	2,6155	5,1378	3,31	4,29
15,00	3	2,2400	,08544	,04933	2,0278	2,4522	2,16	2,33
20,00	3	5,0367	,21079	,12170	4,5130	5,5603	4,86	5,27
Total	9	3,7178	1,24823	,41608	2,7583	4,6772	2,16	5,27

NEM	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	Sig.
Between Groups	11,846	2	5,923	57,416	,000
Within Groups	,619	6	,103		
Total	12,465	8			

EK 3. (c) 6 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu****DİLİM KALINLIĞI : 6 mm****DEĞİŞKEN: PLAKA SICAKLIĞI****SABİT: HAŞLAMA SÜRESİ**

NEM	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
,00	3	2,2567	,36199	,20899	1,3574	3,1559	1,96	2,66
15,00	3	2,2400	,08544	,04933	2,0278	2,4522	2,16	2,33
30,00	3	2,3300	,35341	,20404	1,4521	3,2079	2,06	2,73
Total	9	2,2756	,25986	,08662	2,0758	2,4753	1,96	2,73

NEM	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	Sig.
Between Groups	,014	2	,007	,078	,926
Within Groups	,526	6	,088		
Total	,540	8			

EK 3. (d) Tepsili kurutucuda kurutma denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu****TEPSİLİ KURUTMA****DEĞİŞKEN : DİLİM KALINLIĞI****SABİT: HAŞLAMA SÜRESİ**

NEM	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
3,00	3	5,9333	,17214	,09939	5,5057	6,3610	5,81	6,13
4,50	3	5,8233	,05508	,03180	5,6865	5,9601	5,76	5,86
6,00	3	5,8733	,14189	,08192	5,5209	6,2258	5,72	6,00
Total	9	5,8767	,12440	,04147	5,7810	5,9723	5,72	6,13

NEM	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	Sig.
Between Groups	,018	2	,009	,517	,621
Within Groups	,106	6	,018		
Total	,124	8			

Ek 4. 3, 4,5 ve 6mm kalınlığındaki kestane Denemelerinin su aktivitesine ait istatistiksel analiz tabloları

EK 4. (a) 3mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA

Analizi Tablosu

DİLİM KALINLIĞI : 3 mm

DEĞİŞKEN: HAŞLAMA SÜRESİ

SABİT: PLAKA SICAKLIĞI 15 °C

SU	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
10,00	3	14,7333	2,47049	1,42634	8,5963	20,8704	12,10	17,00
15,00	3	7,4767	,30271	,17477	6,7247	8,2286	7,20	7,80
20,00	3	16,2000	1,11355	,64291	13,4338	18,9662	15,00	17,20
Total	9	12,8033	4,26874	1,42291	9,5221	16,0846	7,20	17,20

SU	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	130,907	2	65,453	26,410	,001
Within Groups	14,870	6	2,478		
Total	145,777	8			

EK 4. (a) 3mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA Analizi Tablosu

DİLİM KALINLIĞI : 3 mm
DEĞİŞKEN: PLAKA SICAKLIĞI
SABİT: HAŞLAMA SÜRESİ

SU	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
,00	3	8,0067	,15044	,08686	7,6329	8,3804	7,85	8,15
15,00	3	7,4767	,30271	,17477	6,7247	8,2286	7,20	7,80
30,00	3	15,0667	1,90088	1,09747	10,3446	19,7887	13,20	17,00
Total	9	10,1833	3,79453	1,26484	7,2666	13,1001	7,20	17,00

SU	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	107,733	2	53,866	43,352	,000
Within Groups	7,455	6	1,243		
Total	115,188	8			

EK 4. (b) 4,5 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu****DİLİM KALINLIĞI** : 4,5 mm**DEĞİŞKEN**: HAŞLAMA SÜRESİ**SABİT**: PLAKA SICAKLIĞI 0 °C

SU	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
10,00	3	13,9633	2,30288	1,32957	8,2427	19,6840	11,33	15,60
15,00	3	19,3667	2,47857	1,43101	13,2095	25,5238	17,60	22,20
20,00	3	11,2333	1,48436	,85700	7,5460	14,9207	9,60	12,50
Total	9	14,8544	4,03268	1,34423	11,7547	17,9542	9,60	22,20

SU	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	102,800	2	51,400	11,297	,009
Within Groups	27,300	6	4,550		
Total	130,100	8			

EK 4. (b) 4,5 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu**

DİLİM KALINLIĞI : 4,5 mm
DEĞİŞKEN: PLAKA SICAKLIĞI
SABİT: HAŞLAMA SÜRESİ 15dk.

SU	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
,00	3	19,3667	2,47857	1,43101	13,2095	25,5238	17,60	22,20
15,00	3	17,1333	,77675	,44845	15,2038	19,0629	16,50	18,00
30,00	3	11,6000	2,35797	1,36137	5,7425	17,4575	9,60	14,20
Total	9	16,0333	3,88169	1,29390	13,0496	19,0171	9,60	22,20

SU	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	95,927	2	47,963	11,692	,009
Within Groups	24,613	6	4,102		
Total	120,540	8			

EK 4. (b) 4,5 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu****DİLİM KALINLIĞI** : 4,5 mm**DEĞİŞKEN**: HAŞLAMA SÜRESİ**SABİT**: PLAKA SICAKLIĞI 30 °C

SU	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
10,00	3	12,3333	3,33217	1,92383	4,0558	20,6109	9,30	15,90
15,00	3	11,6000	2,35797	1,36137	5,7425	17,4575	9,60	14,20
20,00	3	11,1667	1,46401	,84525	7,5299	14,8035	9,60	12,50
Total	9	11,7000	2,22767	,74256	9,9877	13,4123	9,30	15,90

SU	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	2,087	2	1,043	,166	,850
Within Groups	37,613	6	6,269		
Total	39,700	8			

EK 4. (c) 6 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA

Analizi Tablosu

DİLİM KALINLIĞI : 6 mm
DEĞİŞKEN: HAŞLAMA SÜRESİ
SABİT: PLAKA SICAKLIĞI 15 °C

SU	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
10,00	3	14,3000	1,45258	,83865	10,6916	17,9084	12,80	15,70
15,00	3	11,5433	,70401	,40646	9,7945	13,2922	10,80	12,20
20,00	3	12,5667	,95044	,54874	10,2056	14,9277	11,60	13,50
Total	9	12,8033	1,52761	,50920	11,6291	13,9776	10,80	15,70

SU	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	11,651	2	5,825	4,980	,053
Within Groups	7,018	6	1,170		
Total	18,669	8			

EK 4. (c) 6 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu****DİLİM KALINLIĞI : 6 mm****DEĞİŞKEN: PLAKA SICAKLIĞI****SABİT: HAŞLAMA SÜRESİ**

SU	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
,00	3	11,4500	1,63936	,94648	7,3776	15,5224	9,95	13,20
15,00	3	11,5433	,70401	,40646	9,7945	13,2922	10,80	12,20
30,00	3	11,6333	1,91398	1,10504	6,8787	16,3879	9,60	13,40
Total	9	11,5422	1,31069	,43690	10,5347	12,5497	9,60	13,40

SU	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	,050	2	,025	,011	,989
Within Groups	13,693	6	2,282		
Total	13,743	8			

EK 4. (d) Tepsili kurutucuda kurutulan Denemeleri için ANOVA

Analizi Tablosu

TEPSİLİ KURUTMA

DEĞİŞKEN : DİLİM KALINLIĞI

SABİT: HAŞLAMA SÜRESİ

SU	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
3,00	3	16,4000	2,72213	1,57162	9,6379	23,1621	14,40	19,50
4,50	3	16,5533	,60871	,35144	15,0412	18,0655	15,86	17,00
6,00	3	16,1667	3,90043	2,25191	6,4775	25,8559	11,70	18,90
Total	9	16,3733	2,40352	,80117	14,5258	18,2208	11,70	19,50

SU	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	,227	2	,114	,015	,985
Within Groups	45,988	6	7,665		
Total	46,215	8			

Ek 5. 3, 4,5 ve 6mm kalınlığındaki kestane Denemelerinin renk değerlerine ait istatistiksel analiz tabloları

EK 5. (a) 3mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA

Analizi Tablosu

DİLİM KALINLIĞI : 3 mm

DEĞİŞKEN: HAŞLAMA SÜRESİ

SABİT: PLAKA SICAKLIĞI15 °C

L DEĞERİ	N	Ortalama Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
10,00	3	77,8967	,03055	,01764	77,8208	77,9726	77,87	77,93
15,00	3	59,5167	,13614	,07860	59,1785	59,8549	59,41	59,67
20,00	3	66,7000	,31177	,18000	65,9255	67,4745	66,34	66,88
Total	9	68,0378	8,02359	2,67453	61,8703	74,2053	59,41	77,93

L DEĞERİ	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	514,790	2	257,395	6618,729	,000
Within Groups	,233	6	,039		
Total	515,023	8			

EK 5. (a) 3mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu****DİLİM KALINLIĞI : 3 mm****DEĞİŞKEN: PLAKA SICAKLIĞI****SABİT: HAŞLAMA SÜRESİ**

L DEĞERİ	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
0	3	66,6333	2,86150	1,65209	59,52495	73,74172	63,33	68,35
15	3	59,5166	0,13613	0,07859	59,17848	59,85485	59,41	59,67
30	3	70,9666	0,12220	0,07055	70,6631	71,27023	70,86	71,1
Total	9	65,7055	5,20781	1,73593	61,70248	69,70864	59,41	71,1

L DEĞERİ	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
BetweenGroups	200,527	2	100,264	36,585	,000
Within Groups	16,443	6	2,741		
Total	216,971	8			

EK 5. (b) 4,5 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu**

DİLİM KALINLIĞI : 4,5 mm
DEĞİŞKEN: HAŞLAMA SÜRESİ
SABİT: PLAKA SICAKLIĞI 0 °C

L DEĞERİ	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Lower Bound	Upper Bound		
10,00	3	64,2100	,08000	,04619	64,0113	64,4087	64,13	64,29
15,00	3	59,1500	,05292	,03055	59,0186	59,2814	59,11	59,21
20,00	3	63,5100	,28844	,16653	62,7935	64,2265	63,19	63,75
Total	9	62,2900	2,37929	,79310	60,4611	64,1189	59,11	64,29

L DEĞERİ	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	45,103	2	22,552	732,195	,000
Within Groups	,185	6	,031		
Total	45,288	8			

EK 5. (b) 4,5 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA

Analizi Tablosu

DİLİM KALINLIĞI : 4,5 mm

DEĞİŞKEN: PLAKA SICAKLIĞI

SABİT: HAŞLAMA SÜRESİ 15dk

LDEĞERİ	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
,00	3	59,1500	,05292	,03055	59,0186	59,2814	59,11	59,21
15,00	3	64,6100	,10583	,06110	64,3471	64,8729	64,53	64,73
30,00	3	63,8867	,35019	,20218	63,0167	64,7566	63,66	64,29
Total	9	62,5489	2,57498	,85833	60,5696	64,5282	59,11	64,73

L DEĞERİ	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	52,771	2	26,385	579,333	,000
Within Groups	,273	6	,046		
Total	53,044	8			

EK 5. (b) 4,5 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA Analizi Tablosu

DİLİM KALINLIĞI : 4,5 mm
DEĞİŞKEN: HAŞLAMA SÜRESİ
SABİT: PLAKA SICAKLIĞI 30 °C

L DEĞERİ	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
10,00	3	68,5633	,32316	,18658	67,7606	69,3661	68,32	68,93
15,00	3	63,8867	,35019	,20218	63,0167	64,7566	63,66	64,29
20,00	3	64,9767	,10263	,05925	64,7217	65,2316	64,89	65,09
Total	9	65,8089	2,13303	,71101	64,1693	67,4485	63,66	68,93

L DEĞERİ	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	35,923	2	17,962	226,790	,000
Within Groups	,475	6	,079		
Total	36,399	8			

EK 5. (c) 6 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu****DİLİM KALINLIĞI : 6 mm****DEĞİŞKEN: HAŞLAMA SÜRESİ****SABİT: PLAKA SICAKLIĞI 15 °C**

L DEĞERİ	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
10,00	3	56,0933	,18339	,10588	55,6378	56,5489	55,95	56,30
15,00	3	58,0000	,07000	,04041	57,8261	58,1739	57,95	58,08
20,00	3	65,3267	,14012	,08090	64,9786	65,6747	65,19	65,47
Total	9	59,8067	4,22324	1,40775	56,5604	63,0529	55,95	65,47

L DEĞERİ	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	142,570	2	71,285	3676,587	,000
Within Groups	,116	6	,019		
Total	142,686	8			

EK 5. (c) 6 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu****DİLİM KALINLIĞI : 6 mm****DEĞİŞKEN: PLAKA SICAKLIĞI****SABİT: HAŞLAMA SÜRESİ**

L DEĞERİ	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
,00	3	63,0933	,17156	,09905	62,6672	63,5195	62,91	63,25
15,00	3	58,0000	,07000	,04041	57,8261	58,1739	57,95	58,08
30,00	3	65,5000	,43347	,25027	64,4232	66,5768	65,00	65,77
Total	9	62,1978	3,32469	1,10823	59,6422	64,7534	57,95	65,77

L DEĞERİ	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	87,984	2	43,992	593,863	,000
Within Groups	,444	6	,074		
Total	88,429	8			

EK 5. (d) Tepsili Kurutucuda kurutulmuş kestane denemeleri için**ANOVA Analizi Tablosu****DEĞİŞKEN : DİLİM KALINLIĞI****SABİT: HAŞLAMA SÜRESİ**

L DEĞERİ	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
3,00	3	47,4500	,47697	,27538	46,2651	48,6349	47,15	48,00
4,50	3	44,7733	1,84641	1,06603	40,1866	49,3601	42,97	46,66
6,00	3	54,3333	,98419	,56822	51,8885	56,7782	53,48	55,41
Total	9	48,8522	4,40382	1,46794	45,4671	52,2373	42,97	55,41

L DEĞERİ	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	145,938	2	72,969	47,533	,000
Within Groups	9,211	6	1,535		
Total	155,149	8			

Ek 6. 3, 4,5 ve 6mm kalınlığındaki kestane Denemelerinin yığın yoğunluğuna ait istatistiksel analiz tabloları

EK 6. (a) 3mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA

Analizi Tablosu

DİLİM KALINLIĞI : 3 mm

DEĞİŞKEN: HAŞLAMA SÜRESİ

SABİT: PLAKA SICAKLIĞI15 °C

YIĞIN YOĞUNLUĞU	Ortalama	Standart sapma	Hata	95% güven aralığı ile ortalama		Minimum	Maximum
				Alt sınır	Üst sınır		
0,00	1190,5887	14,17468	8,18375	1155,3768	1225,8005	1176,47	1204,82
15,00	980,7198	21,88123	12,63313	926,3638	1035,0758	956,94	1000,00
30,00	1125,8546	15,99313	9,23364	1086,1254	1165,5837	1111,11	1142,86
Total	1099,0544	94,32028	31,44009	1026,5534	1171,5554	956,94	1204,82

YIĞIN YOĞ.	Kareler Toplamı	df	Ort.Kareler Toplamı	F-değeri	p-değeri
Between Groups	69299,541	2	34649,771	111,117	,000
Within Groups	1870,980	6	311,830		
Total	71170,521	8			

EK 6. (a) 3mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu****DİLİM KALINLIĞI : 3 mm****DEĞİŞKEN: PLAKA SICAKLIĞI****SABİT: HAŞLAMA SÜRESİ**

YIĞIN YOĞ.	Ortalama	Standart sapma	Hata	95% güven aralığı ile ortalama		Minimum	Maksimum
				Alt sınır	Üst sınır		
10,00	1931,1998	74,63518	43,09064	1745,7957	2116,6039	1851,85	2000,00
15,00	980,7198	21,88123	12,63313	926,3638	1035,0758	956,94	1000,00
20,00	1677,2711	57,29786	33,08094	1534,9353	1819,6069	1626,02	1739,13
Total	1529,7303	428,91435	142,97145	1200,0375	1859,4230	956,94	2000,00

YIĞIN YOĞ.	Kareler Toplamı	df	Ort.Kareler Toplamı	F-değeri	p-değeri
Between Groups	1453075,68 6	2	726537,843	233,557	,000
Within Groups	18664,486	6	3110,748		
Total	1471740,17 2	8			

EK 6. (b) 4,5 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu****DİLİM KALINLIĞI** : 4,5 mm**DEĞİŞKEN**: HAŞLAMA SÜRESİ**SABİT**: PLAKA SICAKLIĞI 0 °C

YİĞİN YOĞ.	Ortalama	Standart sapma	Hata	95% güven aralığı ile ortalama		Minimum	Maksimum
				Alt sınır	Üst sınır		
10,00	1354,6650	23,16693	13,37543	1297,1152	1412,2149	1333,33	1379,31
15,00	1130,1106	16,77134	9,68294	1088,4483	1171,7729	1111,11	1142,86
20,00	2576,9231	84,06972	48,53768	2368,0823	2785,7639	2500,00	2666,67
Total	1687,2329	675,77521	225,25840	1167,7861	2206,6797	1111,11	2666,67

YİĞİN YOĞUNLUK	Kareler Toplamı	df	Ort.Kareler Toplamı	F-değeri	p-değeri
Between Groups	3637605,709	2	1818802,855	691,937	,000
Within Groups	15771,406	6	2628,568		
Total	3653377,115	8			

EK 6. (b) 4,5 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu**

DİLİM KALINLIĞI : 4,5 mm
DEĞİŞKEN: PLAKA SICAKLIĞI
SABİT: HAŞLAMA SÜRESİ 15dk.

Yığın Yoğ.	Ortalama	Standart sapma	Hata	95% güven aralığı ile ortalama		Minimum	Maksimum
				Alt sınır	Üst sınır		
10,00	868,5283	16,96974	9,79748	826,3731	910,6834	851,06	884,96
15,00	1038,1807	13,59640	7,84989	1004,4053	1071,9560	1025,64	1052,63
20,00	1913,2081	82,89217	47,85782	1707,2925	2119,1237	1834,86	2000,00
Total	1273,3057	487,40368	162,46789	898,6540	1647,9573	851,06	2000,00

Yığın yoğ.	Kareler Toplamı	df	Ort.Kareler Toplamı	F-değeri	p-değeri
Between Groups	1885810,871	2	942905,436	385,177	,000
Within Groups	14687,892	6	2447,982		
Total	1900498,763	8			

EK 6. (b) 4,5 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu****DİLİM KALINLIĞI** : 4,5 mm**DEĞİŞKEN**: HAŞLAMA SÜRESİ**SABİT**: PLAKA SICAKLIĞI 30 °C

Yığın Yoğ.	Ortalama	Standart sapma	Hata	95% güven aralığı ile ortalama		Minimum	Maksimum
				Alt sınır	Üst sınır		
,00	1130,1106	16,77134	9,68294	1088,4483	1171,7729	1111,11	1142,86
15,00	1115,6215	25,28403	14,59774	1052,8125	1178,4305	1092,90	1142,86
30,00	1038,1807	13,59640	7,84989	1004,4053	1071,9560	1025,64	1052,63
Total	1094,6376	45,91973	15,30658	1059,3406	1129,9346	1025,64	1142,86

Yığın yoğ.	Kareler Toplamı	df	Ort.Kareler Toplamı	F-değeri	p-değeri
Between Groups	14658,129	2	7329,064	19,890	,002
Within Groups	2210,844	6	368,474		
Total	16868,973	8			

EK 6. (c) 6 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu****DİLİM KALINLIĞI : 6 mm****DEĞİŞKEN: PLAKA SICAKLIĞI****SABİT: HAŞLAMA SÜRESİ**

Yığın Yoğ.	Ortalama	Standart sapma	Hata	95% güven aralığı ile ortalama		Minimum	Maksimum
				Alt sınır	Üst sınır		
,00	909,4041	20,67361	11,93592	858,0480	960,7602	888,89	930,23
15,00	966,2882	12,27458	7,08673	935,7964	996,7799	952,38	975,61
30,00	868,5283	16,96974	9,79748	826,3731	910,6834	851,06	884,96
Total	914,7402	44,99403	14,99801	880,1547	949,3257	851,06	975,61

Yığın Yoğunluk	Kareler Toplamı	df	Ort.Kareler Toplamı	F-değeri	p-değeri
Between Groups	14463,628	2	7231,814	25,051	,001
Within Groups	1732,071	6	288,679		
Total	16195,699	8			

EK 6. (c) 6 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu****DİLİM KALINLIĞI : 6 mm****DEĞİŞKEN: HAŞLAMA SÜRESİ****SABİT: PLAKA SICAKLIĞI 15 °C**

YIĞIN YOĞ.	Ortalama	Standart sapma	Hata	95% güven aralığı ile ortalama		Minimum	Maksimum
				Alt sınır	Üst sınır		
10,00	1053,1179	27,72323	16,00601	984,2496	1121,9862	1025,64	1081,08
15,00	966,2882	12,27458	7,08673	935,7964	996,7799	952,38	975,61
20,00	1422,2452	30,68627	17,71673	1346,0163	1498,4741	1388,89	1449,28
Total	1147,2171	210,77625	70,25875	985,2001	1309,2341	952,38	1449,28

Yığın yoğ.	Kareler Toplamı	df	Ort.Karele r Toplamı	F-değeri	p-değeri
Between Groups	351691,231	2	175845,615	283,486	,000
Within Groups	3721,779	6	620,297		
Total	355413,010	8			

EK 6. (d) Tepsili kurutucuda kurutulmuş kestane denemeleri için**ANOVA Analizi Tablosu****TEPSİLİ KURUTMA****DEĞİŞKEN : DİLİM KALINLIĞI****SABİT: HAŞLAMA SÜRESİ**

Yığın Yoğ.	Ortalama	Standart sapma	Hata	95% güven aralığı ile ortalama		Minimum	Maksimum
				Alt sınır	Üst sınır		
3,00	1098,1121	145,26796	26,13547	985,6602	1210,5639	1063,83	1149,43
4,50	1207,5157	22,14313	12,78434	1152,5091	1262,5223	1183,43	1226,99
6,00	1125,9243	19,25952	11,11949	1078,0810	1173,7676	1104,97	1142,86
Total	1143,8507	56,14790	18,71597	1100,6916	1187,0098	1063,83	1226,99

Yığın Yoğ.	Kareler Toplamı	df	Ort.Kareler Toplamı	F-değeri	p-değeri
Between Groups	19399,823	2	9699,911	9,998	,012
Within Groups	5820,871	6	970,145		
Total	25220,693	8			

Ek 7. 3, 4,5 ve 6mm kalınlığındaki kestane örneklerinin doku analizine ait istatistiksel analiz tabloları

EK 7. (a) 3mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA

Analizi Tablosu

DİLİM KALINLIĞI : 3 mm

DEĞİŞKEN: HAŞLAMA SÜRESİ

SABİT: PLAKA SICAKLIĞI15 °C

SERTLIK	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
10,00	34	3,3667	,15275	,08819	3,9872	4,7461	4,20	4,50
15,00	32	2,6667	,37859	,21858	1,7262	3,6071	2,40	3,10
20,00	32	2,5733	,11015	,06360	2,2997	2,8470	2,50	2,70
Total	93	2,2022	,89947	,29982	2,5108	3,8936	2,40	4,50

SERTLIK	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F-değeri	p-değeri
Between Groups	6,115	2	3,057	51,298	,000
Within Groups	,358	6	,060		
Total	6,472	8			

EK 7. (a) 3mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu****DİLİM KALINLIĞI : 3 mm****DEĞİŞKEN: PLAKA SICAKLIĞI****SABİT: HAŞLAMA SÜRESİ**

SERTLİK	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
,00	3	7,5667	,45092	,26034	6,4465	8,6868	7,10	8,00
15,00	3	2,6667	,37859	,21858	1,7262	3,6071	2,40	3,10
30,00	3	4,7667	1,05987	,61192	2,1338	7,3995	3,80	5,90
Total	9	5,0000	2,21359	,73786	3,2985	6,7015	2,40	8,00

SERTLİK	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	36,260	2	18,130	37,000	,000
Within Groups	2,940	6	,490		
Total	39,200	8			

EK 7. (b) 4,5 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu**

DİLİM KALINLIĞI : 4,5 mm
DEĞİŞKEN: HAŞLAMA SÜRESİ
SABİT: PLAKA SICAKLIĞI 0 °C

SERTLİK	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
10,00	3	7,9000	2,12838	1,22882	2,6128	13,1872	6,00	10,20
15,00	3	7,4667	,15275	,08819	7,0872	7,8461	7,30	7,60
20,00	3	3,8667	,50332	,29059	2,6163	5,1170	3,40	4,40
Total	9	6,4111	2,20876	,73625	4,7133	8,1089	3,40	10,20

SERTLİK	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	29,416	2	14,708	9,180	,015
Within Groups	9,613	6	1,602		
Total	39,029	8			

EK 7. (b) 4,5 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu****DİLİM KALINLIĞI : 4,5 mm****DEĞİŞKEN: PLAKA SICAKLIĞI****SABİT: HAŞLAMA SÜRESİ 15dk.**

SERTLİK	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
,00	3	7,4667	,15275	,08819	7,0872	7,8461	7,30	7,60
15,00	3	2,8667	,15275	,08819	2,4872	3,2461	2,70	3,00
30,00	3	8,7333	,25166	,14530	8,1082	9,3585	8,50	9,00
Total	9	6,3556	2,67867	,89289	4,2965	8,4146	2,70	9,00

SERTLİK	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	57,182	2	28,591	779,758	,000
Within Groups	,220	6	,037		
Total	57,402	8			

EK 7. (b) 4,5 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu****DİLİM KALINLIĞI : 4,5 mm****DEĞİŞKEN: HAŞLAMA SÜRESİ****SABİT: PLAKA SICAKLIĞI 30 °C**

SERTLİK	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95%	Min. Değer	Maks. Değer	Ort. Değer
					Güven aralığı			
					Alt sınır	Üst sınır		
10,00	3	4,0000	,43589	,25166	2,9172	5,0828	3,50	4,30
15,00	3	8,7333	,25166	,14530	8,1082	9,3585	8,50	9,00
20,00	3	5,5000	,26458	,15275	4,8428	6,1572	5,20	5,70
Total	9	6,0778	2,11411	,70470	4,4527	7,7028	3,50	9,00

SERTLİK	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	35,109	2	17,554	162,876	,000
Within Groups	,647	6	,108		
Total	35,756	8			

EK 7. (c) 6 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA

Analizi Tablosu

DİLİM KALINLIĞI : 6 mm
DEĞİŞKEN: PLAKA SICAKLIĞI
SABİT: HAŞLAMA SÜRESİ

SERTLIK	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
,00	3	4,2667	,83267	,48074	2,1982	6,3351	3,60	5,20
15,00	3	8,0000	,50000	,28868	6,7579	9,2421	7,50	8,50
30,00	3	6,8667	,40415	,23333	5,8627	7,8706	6,50	7,30
Total	9	6,3778	1,73909	,57970	5,0410	7,7146	3,60	8,50

SERTLIK	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	21,982	2	10,991	29,795	,001
Within Groups	2,213	6	,369		
Total	24,196	8			

EK 7. (c) 6 mm Kalınlığındaki kestane Denemeleri için ANOVA**Analizi Tablosu****DİLİM KALINLIĞI : 6 mm****DEĞİŞKEN: HAŞLAMA SÜRESİ****SABİT: PLAKA SICAKLIĞI 15 °C**

SERTLİK	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
10,00	3	10,9000	1,37477	,79373	7,4849	14,3151	9,40	12,10
15,00	3	8,0000	,50000	,28868	6,7579	9,2421	7,50	8,50
20,00	3	8,4000	,45826	,26458	7,2616	9,5384	8,00	8,90
Total	9	9,1000	1,56205	,52068	7,8993	10,3007	7,50	12,10

SERTLİK	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	14,820	2	7,410	9,460	,014
Within Groups	4,700	6	,783		
Total	19,520	8			

**EK 7. (d) Tepsili kurutucuda kurutulan kestane Denemeleri için
ANOVA Analizi Tablosu**

TEPSİLİ KURUTMA
DEĞİŞKEN : DİLİM KALINLIĞI
SABİT: HAŞLAMA SÜRESİ

SERTLİK	N	Ort. Değer	Std. Sapma	Std. Hata	95% Güven aralığı		Min. Değer	Maks. Değer
					Alt sınır	Üst sınır		
3,00	3	7,7533	1,10206	,63627	5,0157	10,4910	6,80	8,96
4,50	3	12,1667	2,41109	1,39204	6,1772	18,1561	9,90	14,70
6,00	3	14,0333	2,45425	1,41696	7,9366	20,1300	11,20	15,50
Total	9	11,3178	3,32609	1,10870	8,7611	13,8744	6,80	15,50

SERTLİK	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F- değeri	p-değeri
Between Groups	62,400	2	31,200	7,172	,026
Within Groups	26,102	6	4,350		
Total	88,503	8			

Ek 8. Dondurarak kurutucu ve tepsili kurutucunun resimleri



Ek Şekil 1. Dondurarak kurutucu sistemi.



Ek Şekil 2. Tepsili kurutucu sistemi

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Erzurum'da doğmuş; ilk, orta ve lise öğrenimini Burdur, Kıbrıs, Sarıkamış/Kars ve İzmir'de tamamlamıştır. 2001-2006 yılları arasında Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümünde lisans öğrenimini tamamlamış ve 2006 yılında Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başlamıştır.