

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BALKABAĞI TOZUNUN FİZİKOKİMYASAL VE SORPSİYON
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE KURUTMA METOTLARININ ETKİSİ VE
BALKABAĞI TOZUNUN KEK ÜRETİMİNDE KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özge İLGÖY GÖZÜKARA

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BALKABAĞI TOZUNUN FİZİKOKİMYASAL VE SORPSİYON
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE KURUTMA METOTLARININ ETKİSİ VE
BALKABAĞI TOZUNUN KEK ÜRETİMİNDE KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Özge İLGÖY GÖZÜKARA
(506091529)**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. F. Ebru FIRATLIGİL DURMUŞ

HAZİRAN 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 506091529 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Özge İLGÖY GÖZÜKARA**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“BALKABAĞI TOZUNUN FİZİKOKİMYASAL VE SORPSİYON ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE KURUTMA METOTLARININ ETKİSİ VE BALKABAĞI TOZUNUN KEK ÜRETİMİNDE KULLANIMI”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Dr. F. Ebru FIRATLIĞİL DURMUŞ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Beraat ÖZÇELİK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Derya KAHVECİ
Yeditepe Üniversitesi

Teslim Tarihi : **03 Mayıs 2013**
Savunma Tarihi : **05 Haziran 2013**

Eşime ve aileme,

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında desteklerini benden esirgemeyen, çalışmamı yönlendiren değerli hocam Sayın Dr. Ebru Fıratlıgil Durmuş'a teşekkürü bir borç bilirim. Her zaman her türlü destekleri ile yanımda olan dostlarım, Özer Atıl'a ve Tayfun Yaman'a yardımlarından dolayı çok teşekkür ederim. Son olarak tüm hayatım boyunca hep yanımda olan, bana sonsuz derecede güvenen ve emek veren sevgili annem Sebiha İlgöy ve babam Kemal İlgöy'e, abim Ömer Ulaş İlgöy'e ve hayat arkadaşım Ahmet Serkan Gözükara'ya bu zorlu yolda da beni destekledikleri için sonsuz teşekkür ederim.

Mayıs 2013

Özge İlgöy Gözükara
(Gıda Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. MEYVE TOZLARI HAKKINDA GENEL BİLGİ	3
2.1 Meyve Tozlarına Uygulanan Kurutma Yöntemleri.....	4
3. BALKABAĞI HAKKINDA BİLGİ	9
3.1 Balkabağının Kimyasal Bileşimi ve Fonksiyonel Özellikleri	9
3.2 Balkabağının Gıda Endüstrisinde Kullanımı.....	12
4. SORPSİYON İZOTERMLERİ	15
5. BALKABAĞI TOZUNUN KEK ÜRÜNÜNDE UYGULANMASI.....	17
5.1 Kekin Kalitesini Belirleyen Reaksiyonlar	17
5.2 Kek Ununun Zenginleştirilmesi ve Kekin Kalitesi Üzerine Etkisinin İncelenmesi.....	18
6. MATERYAL VE METOT	21
6.1 Materyaller	21
6.2 Balkabağı Tozunun Hazırlanması	21
6.3 Balkabağı Tozunun Sorpsiyon İzotermelerinin Belirlenmesi	21
6.3.1 Sorpsiyon izotermelerinin oluşturulması	21
6.3.2 Sorpsiyon izotermelerinin modellenmesi	22
6.3.3 Sorpsiyon ısısının belirlenmesi	23
6.4 Balkabağı Tozunun Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi	24
6.4.1 Su ve yağ tutma kapasitesi	24
6.4.2 Suda çözünürlük indeksi (WSI)	24
6.4.3 Emülsiyon aktivitesi (EA) ve emülsiyon stabilitesi (ES).....	24
6.5 Kekin Fiziksel ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi	25
6.5.1 Kek formülasyonunun oluşturulması	25
6.5.2 Kek hamurunun yoğunluğu.....	25
6.5.3 Nem miktarı	25
6.5.4 Su aktivitesi	26
6.5.5 Tekstür profil analizi	26
6.5.6 Renk analizi.....	26
6.5.7 Nişasta retrogradasyonu	26
6.5.8 İstatiksel analiz.....	27
7. BULGULAR VE TARTIŞMA	29
7.1 Balkabağı Tozunun Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi	29
7.1.1 Su ve yağ tutma kapasitesi	29
7.1.2 Suda çözünürlük indeksi (WSI)	32

7.1.3 Emülsiyon aktivitesi (EA) ve emülsiyon stabilitesi (ES).....	34
7.2 Balkabağı Tozunun Sorpsiyon Özellikleri	35
7.2.1 Sorpsiyon izotermlerinin belirlenmesi	36
7.2.2 Sorpsiyon izotermlerinin modellenmesi.....	41
7.2.3 Sorpsiyon ısısının belirlenmesi	44
7.3 Kekin Fiziksel ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi	46
7.3.1 Hamur yoğunluğu.....	46
7.3.2 Nem miktarı.....	47
7.3.3 Su aktivitesi	49
7.3.4 Tekstür profil analizi	50
7.3.5 Renk analizi.....	56
7.3.6 Nişasta retrogradasyonu	57
8. SONUÇLAR	61
KAYNAKLAR.....	65
EKLER.....	73
ÖZGEÇMİŞ.....	79

KISALTMALAR

ANOVA	: Varyans Analizi
BTZK	: Balkabağı Tozu ile Zenginleştirilmiş Kek
DKBT	: Dondurarak Kurutulmuş Balkabağı Tozu
DSC	: Diferansiyel Tarama Kalorimetrisi
k.b.	: Kuru Baz
KK	: Kontrol Keki
SHKBT	: Sıcak Hava ile Kurutulmuş Balkabağı Tozu

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1	: Çiğ balkabağının bileşimi.....	10
Çizelge 3.2	: Balkabağı ve bazı meyve ve sebzelerin bileşimi.....	11
Çizelge 3.3	: Sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun bileşimi.....	13
Çizelge 6.1	: Doymuş tuz çözeltilerinin farklı sıcaklıktaki su aktivitesi değerleri ve çözelti için gerekli su ve tuz miktarları.....	22
Çizelge 6.2	: Matematiksel modellemede kullanılan bazı modeller.....	24
Çizelge 7.1	: Dondurarak ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun su ve yağ tutma kapasiteleri.....	29
Çizelge 7.2	: Dondurarak ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun suda çözünürlük indeksleri	33
Çizelge 7.3	: Dondurarak ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun emülsiyon aktivite ve emülsiyon stabilitesi.....	35
Çizelge 7.4	: Sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun 25°C'deki denge bağıl nemi değerleri.....	37
Çizelge 7.5	: Dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun farklı sıcaklıklardaki denge bağıl nemi değerleri	38
Çizelge 7.6	: Dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun sorpsiyon model parametreleri.....	42
Çizelge 7.7	: Sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun sorpsiyon model parametreleri.....	43
Çizelge 7.8	: %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kek ve kontrol kekinin hamur yoğunluğu.....	46
Çizelge 7.9	: %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kek ve kontrol kekin 5 gün boyunca nem içerikleri	47
Çizelge 7.10	: %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kek ve kontrol kekin su aktiviteleri	49
Çizelge 7.11	: %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kek ve kontrol kekin sertlik, yapışkanlık ve esneklik değerleri	51
Çizelge 7.12	: %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kek ve kontrol kekin sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri.....	51
Çizelge 7.13	: %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kek ve kontrol kekinin renk özellikleri.....	56
Çizelge 7.14	: Kontrol kekinin T_0 , T_p , T_c ve ΔH değerleri	58
Çizelge 7.15	: %50 balkabağı tozu içeren kekin T_0 , T_p , T_c ve ΔH değerleri.....	59

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 7.1 : Sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun 25°C’de sorpsiyon izotermi	39
Şekil 7.2 : Dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun 25°C, 35°C ve 45°C’de sorpsiyon izotermi.....	40
Şekil 7.3 : Dondurarak ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun 25°C’de sorpsiyon izotermiinin karşılaştırılması	41
Şekil 7.4 : $\ln(a_w)$ değerine karşılık $1/T$ grafiği	44
Şekil 7.5 : Sorpsiyon ısısının nem içeriği ile değişimi	45
Şekil 7.6 : Kontrol ve balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin nem içeriğine raf ömrünün etkisi.....	49
Şekil 7.7 : Kontrol ve balkabağı ile zenginleştirilmiş kekin tekstür özelliklerinin depolama süresince değişimi.....	55
Şekil 7.8 : Kontrol ve balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin depolama süresince entalpi değişim değerleri	60
Şekil A.1 : Kontrol kekinin DSC diyagramı (1.gün)	74
Şekil A.2 : Kontrol kekinin DSC diyagramı (2.gün)	74
Şekil A.3 : Kontrol kekinin DSC diyagramı (3.gün)	74
Şekil A.4 : Kontrol kekinin DSC diyagramı (4.gün)	75
Şekil A.5 : Kontrol kekinin DSC diyagramı (5.gün)	75
Şekil B.1 : %50 balkabağı ile zenginleştirilmiş kekin DSC diyagramı (1.gün)	76
Şekil B.2 : %50 balkabağı ile zenginleştirilmiş kekin DSC diyagramı (2.gün)	76
Şekil B.3 : %50 balkabağı ile zenginleştirilmiş kekin DSC diyagramı (3.gün)	76
Şekil B.4 : %50 balkabağı ile zenginleştirilmiş kekin DSC diyagramı (4.gün)	77
Şekil B.5 : %50 balkabağı ile zenginleştirilmiş kekin DSC diyagramı (5.gün)	77
Şekil C.1 : %50 balkabağı ile zenginleştirilmiş kekin görüntüsü.....	78
Şekil C.2 : Kontrol kekinin görüntüsü.....	78

BALKABAĞI TOZUNUN FİZİKOKİMYASAL VE SORPSİYON ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE KURUTMA METOTLARININ ETKİSİ VE BALKABAĞI TOZUNUN KEK ÜRETİMİNDE KULLANIMI

ÖZET

Balkabağı, Kabakgiller (Cucurbitaceae) familyasında yer alan, lifli ve turuncu renkli, Türkiye, Amerika, Çin, Mısır ve Hindistan başta olmak üzere dünyada yaygın olarak tüketilen bir meyvedir. Kalsiyum, potasyum gibi mineraller, fitosteroller, çoklu doymamış yağ asitleri, karoteneid ve tokoferol gibi antioksidan vitaminler, çinko gibi iz elementler bakımından oldukça zengin ve sodyum içeriği oldukça düşük olan balkabağının ve balkabağı yağının sağlığa olan faydaları yapılan araştırmalar sonucunda kanıtlanmıştır.

Günümüzde sağlıklı beslenmeye verilen önemin artmasıyla tüketiciler fonksiyonel ve doğal gıdalara yönelmeye başlamışlardır. Balkabağı, sağlık açısından olumlu etkileri bulunan ve lif ve karotenoidler bakımından zengin olması nedeniyle yiyecek ve içecek endüstrisinde kullanım potansiyeli bulunan önemli bir meyvedir. Balkabağı, direk olarak tüketildiği gibi çeşitli işlemlerden geçirilerek reçel, püre, şurup, ekmek, kurabiye, çorba yapımında yaygın olarak hammadde olarak da kullanılmaktadır. Ancak, su aktivitesi sebebiyle balkabağının depolanması süresince, kuru madde ve β -karoten miktarlarında azalma meydana gelmektedir, bunun sonucunda balkabağının kalitesi, raf ömrü ve sağlığa olan olumlu etkileri azalmaktadır. Balkabağının kurutularak saklanması ile kalitesi iyileşmekte ve raf ömrü artmaktadır. Raf ömrünün yanı sıra, kurutma işlemi, balkabağının taşıma ve işleme sırasında da kolaylık sağlamaktadır.

Dünyada tüketilen fırıncılık ürünleri arasında ilk sıralarda yer alan kek, lezzetli ve doyurucu oluşu ve duyuşal özelliklerinin iyi olması sebebiyle tüketiciler tarafından oldukça tercih edilmektedir. Ancak, kekin depolanması sırasında meydana gelen bayatlama, nem ve aroma kaybı, tat ve tekstürel özelliklerde azalma, kekin raf ömrü üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır. Bu olumsuz etkileri ortadan kaldırmak ve kekin raf ömrünü arttırmak amacıyla kullanılan en yaygın yöntemlerden biri ise kekin ana hammaddesi olan buğday ununun farklı gıda bileşenleri ile zenginleştirilmesidir.

Yapılan literatür araştırmaları, çeşitli yöntemlerle kurutularak elde edilmiş balkabağı tozunun ekmek, makarna ya da noddle gibi ürünlerin duyuşal, tekstürel ve besin özelliklerini arttırmak amacıyla kullanıldığını ve bu ürünlerin renk, tat, hacim, tekstür ve besin içeriği gibi özelliklerini geliştirmede başarılı olduğunu göstermiştir. Ancak literatürde balkabağı tozunun fizikokimyasal ve sorpsiyon özelliklerini ve farklı kurutma metotlarının bu özellikler üzerine etkisini inceleyen detaylı bir çalışmaya henüz rastlanamamıştır. Ayrıca literatürde balkabağı tozunun kekin kalitesine ve tekstürel özelliklerine etkisini inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın amacı, dondurarak ve sıcak hava ile kurutma yöntemleri ile elde edilmiş balkabağı tozunun su tutma, yağ tutma, suda çözünürlük indeksi, emülsiyon oluşturma gibi fizikokimyasal özellikleri ve nem sorpsiyon özellikleri üzerine

etkisinin incelenmesi ve balkabağı tozunun kek içinde kullanım olanağının araştırılmasıdır. Çalışmada kullanılan balkabağı suda haşlanarak püre haline getirilmiş ve elekten geçirilerek -80°C’de depolanmıştır. Balkabağı püreleri dondurarak ve sıcak hava ile kurutma yöntemleri ile kurutulmuş ve 450 Mikron elekten geçirilmiş, balkabağı tozu elde edilmiştir. Belirtilen hedefler doğrultusunda öncelikle balkabağı tozunun su ve yağ tutma, suda çözünürlük ve emülsiyon özellikleri belirlenmiştir. Sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun su tutma değeri 6,5 g su/g örnek, yağ tutma değeri 4,1 g yağ/g örnek, suda çözünürlük değeri, %37,6, emülsiyon aktivite ve emülsiyon stabilite değerleri sırasıyla %43,3 ve %93,1, dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun ise su tutma değeri 7,9 g su/g örnek, yağ tutma değeri 5,9 g yağ/g örnek, suda çözünürlük değeri %38,2, emülsiyon aktivite ve emülsiyon stabilite değerleri sırasıyla %47,2 ve %98,2 olarak bulunmuştur. Dondurarak kurutma işlemi ile sıcak hava ile kurutma işlemine kıyasla daha yüksek yağ ve su tutma kapasiteli ve daha iyi emülsiyon özelliklerine sahip ürünler elde edilmektedir. Ancak suda çözünürlük özellikleri üzerine kurutma yönteminin etkisinin önemli olmadığı gözlenmiştir.

Balkabağı tozu ile bulundukları ortam arasındaki nem alışverişinin tahmin edilmesi belirlemek amacıyla sorpsiyon özellikleri incelenmiştir. Sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun 25°C’deki denge nem içerikleri 0,29-0,79 su aktivitesi değerlerinde kuru bazda %5,91-42,73, dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun ise 25°C, 35°C ve 45°C’de denge nem içerikleri 0,28-0,80 su aktivitesi değerlerinde sırasıyla kuru bazda %6,53-41,58; %5,14-45,25 ve %4,85-44,96 olarak değişmektedir. Dondurarak ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozu örneklerinin sorpsiyon izotermelerinin karakteristik J-şekile sahip Tip III izotermine uygun karakteristik özellik gösterdiği gözlenmiştir. Sıcaklık arttıkça dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun daha az nem adsorbladığı gözlenmiştir. Kurutma metodunun etkisi incelendiğinde, dondurarak kurutma yöntemi ile sıcak hava ile kurutma yöntemine kıyasla daha iyi nem adsorplama özellikte ürün elde edildiği gözlenmiştir. Balkabağı tozunun denge nemi ve su aktiviteleri arasındaki ilişkiyi tanımlamak için sorpsiyon izotermeleri çeşitli matematiksel modeller kullanılarak modellenmiştir. Sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozu için en düşük MRE değeri (1,62), en düşük SEM değeri (0,51) ve en yüksek R^2 değeri (0,999) Oswin modeli için elde edilmiştir. Dondurarak kurutulmuş balkabağı tozu için ise, en düşük MRE değeri (1,70), en düşük SEM değeri (0,46) ve en yüksek R^2 değeri (0,999) Henderson modeli için elde edilmiştir. Oswin, Iglesias ve Chirifie, Henderson ve Halsey modellerinin hem dondurarak kurutulmuş hem de sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun tüm deneysel verilerini temsil edecek en iyi model oldukları görülmüştür. Kurutma için gerekli olan enerji miktarının belirlenmesi için sorpsiyon ısısı incelenmiştir ve %8 nem içeriği değerinde 11,40 kJ/mol, %24 nem içeriği değerinde 4,00 kJ/mol ve %40 nem içeriği değerinde 2,43 kJ/mol olarak belirlenmiştir. Nem içeriği arttıkça sorpsiyon ısısı değeri azalmaktadır.

Balkabağı tozunun kekin fiziksel ve kalite özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla kekin içinde yer alan buğday unu %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiştir. Kontrol keki ve %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kek örneklerinin hamur yoğunlukları, depolama süresince nem içerikleri ve su aktivite değerleri incelenmiştir. Kontrol kekinin hamur yoğunluğu değeri 1,24 g/cm³, %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekinin hamur yoğunluğu 1,30 g/cm³ olarak bulunmuştur. Kontrol kekinin nem içeriği değeri %32,9-41,5, %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin nem içeriği

değeri %36,3-43,2 olarak belirlenmiştir. Depolama süresi arttıkça kek örneklerinin nem içeriklerinin azaldığı gözlenmiştir. Kontrol kekinin ve %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin su aktivite değerleri 0,89-0,91 olarak belirlenmiştir. %50 oranında balkabağı tozu ilavesinin kekin hamur yoğunluğunu ve nem içeriği değerini arttırdığı ancak, su aktivitesi değerine önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Kontrol kekinin ve %50 balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin 5 gün boyunca tekstürel özellikleri incelenmiştir. Kontrol kekinin sertlik değerleri 3,20-5,50 N, yapışkanlık değerleri 0,30-0,41, esneklik değerleri 5,12-5,91, sakızimsılık değerleri 1,22-1,85 N, çiğnenebilirlik değerleri 7,50-9,70 N olarak belirlenmiştir. %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin sertlik değerleri 1,69-2,76 N, yapışkanlık değerleri 0,29-0,38, esneklik değerleri 4,94-5,63, sakızimsılık değerleri 0,58-0,80 N, çiğnenebilirlik değerleri 3,09-3,61 N olarak belirlenmiştir. Depolama süresince kek örneklerinin sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerinin arttığı, yapışkanlık ve esneklik değerlerinin azaldığı gözlenmiştir. Kekin %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmesinin, kekin sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerini azalttığı, yapışkanlık ve esneklik değerlerine etkisinin ise az olduğu gözlenmiştir. Kontrol keki ve %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kek örneklerinin renk özellikleri incelenmiştir. Kontrol kekinin L* değeri 61,22, a* değeri 0,58 ve b* değeri 17,20, %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin ise L* değeri 56,85, a* değeri 7,24 ve b* değeri 28,77 olarak bulunmuştur. Balkabağı tozu ilavesinin kekin parlaklığını azalttığı, kırmızılığını ve sarılığını arttırdığı gözlenmiştir.

Balkabağı tozunun nişasta retrogradasyonuna etkisini belirlemek amacıyla, kontrol kekinin ve %50 oranında balkabağı ile zenginleştirilmiş kekin 5 gün boyunca başlangıç değişim sıcaklığı (To), değişim sonrası sıcaklık (Tc), pik değişim sıcaklığı (Tp) ve entalpi değişimi (ΔH) incelenmiştir. Kontrol kekinin başlangıç değişim sıcaklığı (To) 106,2-110,5 °C, pik maksimum sıcaklığı (Tp) 119,6-122,0 °C, değişim sonrası sıcaklık (Tc) 137,9-138,1 °C ve entalpi değişimi (ΔH) 485,1-612,2 J/g olarak belirlenmiştir. %50 balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin başlangıç değişim sıcaklığı (To) 106,0-108,5 °C, pik maksimum sıcaklığı (Tp) 114,7-122,4 °C, değişim sonrası sıcaklık (Tc) 138,0-138,2 °C ve entalpi değişimi (ΔH) 475,2-577,5 J/g olarak belirlenmiştir. Kontrol kekinin ve balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin entalpi değişimi değerlerinin depolama süresince arttığı gözlenmiştir. Balkabağı tozu ilavesinin kekin To, Tp ve Tc değerlerine bir etkisinin olmadığı ancak kekin entalpi değişimi (ΔH) değerlerini azalttığı ve nişasta retrogradasyonunu yavaşlattığı gözlenmiştir.

Bu çalışma göstermektedir ki, dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozu iyi fizikokimyasal ve sorpsiyon özellikler göstermiştir. Dondurarak kurutma işlemi ile sıcak hava ile kurutma işlemine kıyasla daha iyi fizikokimyasal ve sorpsiyon özellikte balkabağı tozu elde edilmiştir. Buna ek olarak, balkabağı tozu kekin tekstürel, nem içeriği, renk gibi özelliklerini geliştirmiş ve bayatlamayı geciktirmiştir. Bu sonuç, balkabağı tozunun gıda sistemleri içinde fonksiyonel bir hammadde olarak kullanabileceğini göstermektedir.

EFFECT OF DRYING METHODS ON PHYSCOCHEMICAL AND SORPTION PROPERTIES OF PUMPKIN POWDER AND USE OF PUMPKIN POWDER IN CAKE PRODUCTION

SUMMARY

Pumpkins, which are from the family of Cucurbitaceae and provide a valuable source of dietary fiber, are grown throughout the world, especially Turkey, United States, China, Egypt and Indian. Pumpkins are rich in calcium, potassium, phytosterols, unsaturated fatty acids, carotenoids, tocopherols and zinc and its sodium value is very low. Pumpkin seed and pumpkin seed oil have been implicated in providing many health benefits.

Since, awareness about consuming healthy and nutritious foods have been increased recently, people tend to consume functional and natural foods. Pumpkin has a positive effect on health owing to its high dietary fiber and carotenoids content and because of these beneficial effects, it is very important fruit that can be used in foods as well. They are consumed either raw or processed and used in cooking and baking as an ingredient of jams, bread, cookies and soups. Fresh pumpkins are very sensitive to spoilage due to its water activity and dry content and β -carotene content is decreased during the storage of fresh pumpkin. Because of that, quality, shelf life and beneficial effects on health are decreased. Drying is one of the most widely used primary methods of food preservation for fresh foods and drying of pumpkin provides better quality and longer shelf life. In addition to this, drying is also provides smaller space for storage and lighter weight for transportation.

Cake is one of the most important elements in the world diet and because of that cake is very delicious, satisfactory and has good sensory properties, the consumers mostly prefer it. However, staling and correspondingly decrease in moisture, flavor, taste and textural properties of cake during storage has negative effects on shelf life of the product. With the aim of removing these negative effects and increasing the shelf life of the product, incorporation of wheat flour with various functional additives has been considered as mostly used method.

It has been reported that, incorporation of pumpkin powder would use for improving the nutritional value, sensory and textural properties and increasing the quality of products such as bread, pasta and noodle. Pumpkin powder would develop the color, taste, volume, textural properties and nutritional value and increase the quality of these products. However, a detailed study of physicochemical and sorption properties of pumpkin powder and effects of drying method on these functional properties of pumpkin powder has not been conducted, yet. In addition to this, the detailed study of effects of pumpkin powder on quality and textural properties of cake has not been conducted, yet.

The aim of this study was to determine effect of drying method on the physico-chemical attributes such as water and oil holding capacity, water adsorption and emulsion properties and water sorption attributes of pumpkin and to determine the effects of adding pumpkin powder on the quality and textural properties of cake.

In this study, pumpkin powder was prepared from fresh pumpkins by removing the seeds, cutting into small pieces followed by soaking. The resulting pumpkin pulp was passed through sieve and then kept in -80°C . Pumpkin pulp was dried with two different methods; hot air drying and freeze drying and passed through a mesh sieve of size 450 Mikron. Firstly, water holding capacity, oil holding capacity, water sorption index, emulsion activity and emulsion stability of pumpkin powder samples were determined. For hot air dried pumpkin powder, water holding capacity was found 6.5 g water/g sample, oil holding capacity was found 4.1 g oil/g sample, water adsorption index was found 37.6%, emulsion activity and emulsion stability was found 43.3% and 93.1, respectively. For freeze dried pumpkin powder, water holding capacity was found 7.9 g water/g sample, oil holding capacity was found 5.9 g oil/g sample, water adsorption index was found 38.2%, emulsion activity and emulsion stability was found 47.2% and 98.2%, respectively. Freeze drying process provided higher water and oil adsorption capacity and better emulsion properties in comparison with hot air drying process for pumpkin powder. But there were no significant differences in water adsorption index values between hot air dried pumpkin powder and freeze dried pumpkin powder.

With the aim of estimation of moisture transfer between pumpkin powder and its environment, sorption properties of pumpkin powder were investigated. Equilibrium moisture content of hot air dried pumpkin powder was found 5.91-42.73% d.b. at a water activity 0.29-0.79 for 25°C . Equilibrium moisture content of freeze dried pumpkin powder was found 6.53-41.58%, 5.14-45.25% and 4.85-44.96% d.b. at a water activity 0.28-0.80 for 25°C , 35°C , 45°C , respectively. The sorption isotherms of hot air dried and freeze dried pumpkin powder showed the shape of type III. The equilibrium moisture content was decreased with increasing temperature at constant water activity. Freeze-dried pumpkin powder showed better moisture adsorption properties in comparison with hot air dried pumpkin powder. With the aim of estimation of relationship between equilibrium moisture content and water activity, sorption isotherms were modeled with various mathematical models. For hot air dried pumpkin powder, the lowest MRE value (1.62), the lowest SEM value (0.51) and the highest R^2 value (0.999) were obtained with Oswin model. For freeze dried pumpkin powder, the lowest MRE value (1.70), the lowest SEM value (0.46) and the highest R^2 value (0.999) were obtained with Henderson model. Oswin, Iglesias and Chirifie, Henderson and Halsey equation were found as best models, which are closest, fit to the experimental adsorption data of pumpkin powder. To determine of energy value, which is required for drying, sorption heat of freeze-dried pumpkin powder was examined. Sorption heat of freeze-dried pumpkin powder was found 11.40 kJ/mol at moisture content 8%, 4.00 kJ/mol at moisture content 24% and 2.43 kJ/mol at moisture content 40%. Sorption heat value was decreased with increasing moisture content.

Effect of pumpkin powder addition on physical and quality properties of cake was evaluated. For this purpose, wheat flour was supplemented with %50 freeze dried pumpkin powder. Batter density and moisture content and water activity during 5 days of storage of control cake and pumpkin cake were determined. Batter density was found 1.24 g/cm^3 for control cake and 1.30 g/cm^3 for pumpkin cake. Moisture content of control cake and pumpkin cake was found 32.9-41.5% and 36.3-43.2%, respectively. Moisture content of cake samples was decreased during 5 days of storage. Pumpkin powder increased the batter density and moisture content of cake and also decreased the rate of moisture transfer during storage. Water activity of cake

samples was found 0.89-0.91. It was observed that pumpkin flour had no significant effect on water activity of cake. Textural properties such as hardness, cohesiveness, springiness, gumminess and chewiness of cake samples were evaluated during 5 days of storage. Hardness, cohesiveness, springiness, gumminess and chewiness of control cake was found 3.20-5.50 N, 0.30-0.41, 5.12-5.91, 1.22-1.85 N, 7.50-9.70 N, respectively. Hardness, cohesiveness, springiness, gumminess and chewiness of pumpkin cake was found 1.69-2.76 N, 0.29-0.38, 4.94-5.63, 0.58-0.80, 3.09-3.61 N, respectively. Hardness, gumminess and chewiness values were increased but, cohesiveness and springiness values were decreased during 5 days of storage for both cake samples. Pumpkin powder decreased hardness, gumminess and chewiness values but it was observed that pumpkin powder had no significant effect on cohesiveness and springiness values of cake. Color values of control and pumpkin cake samples were measured. L* value, a* value and b* value was measured as 61.22, 0.58 and 17.20 for control cake and 56.85, 7.24 and 28.77 for pumpkin cake. Pumpkin powder decreased brightness and increased redness and yellowness of the cake.

With the aim of evaluation of effect of pumpkin powder on starch retrogradation, onset temperature (To), conclusion temperature (Tc), peak temperature (Tp) and enthalpy change (ΔH) were evaluated during 5 days of storage. Onset temperature (To), conclusion temperature (Tc), peak temperature (Tp) and enthalpy change (ΔH) of control cake was found 106.2-110.5°C, 119.6-122.0°C, 137.9-138.1°C and 485.1-612.2 J/g, respectively. Onset temperature (To), conclusion temperature (Tc), peak temperature (Tp) and enthalpy change (ΔH) of pumpkin cake was found 106.0-108.5°C, 114.7-122.4°C, 138.0-138.2°C and 475.2-577.5 J/g, respectively. It was observed that enthalpy values were increased during 5 days of storage. Pumpkin powder decreased enthalpy values of cake and decreased the rate of starch retrogradation; however, pumpkin powder had no significant effect on onset temperature (To), conclusion temperature (Tc) and peak temperature (Tp) values.

This study showed that, freeze-dried pumpkin powder and hot air dried pumpkin powder has good physicochemical and sorption properties. It was observed that, freeze dried pumpkin powder had better physicochemical and sorption properties in comparison with hot air dried pumpkin powder. In addition to this, pumpkin powder improved textural properties, moisture transfer and color properties of cake and retarded starch retrogradation. This result shows that, pumpkin powder can be used in food systems as a functional ingredient

1. GİRİŞ

Balkabağı, yüksek lif içeriği ve karoteneidler bakımından zengin olması sebebiyle hem ülkemizde hem de dünyada yaygın olarak tüketilen bir meyvedir. Direkt olarak tüketildiği gibi çeşitli işlemlerden geçirilerek reçel, püre, şurup, ekmek, kurabiye, çorba yapımında yaygın olarak kullanılan bir hammadde olma özelliği de göstermektedir (See ve diğ., 2007).

Su aktivitesi sebebiyle taze olarak tüketilen balkabağının depolanması süresince istenmeyen mikrobiyal ve biyokimyasal reaksiyonlar meydana gelmektedir. Bunun sonucunda, kuru madde ve β -karoten miktarlarında azalmalar olmaktadır ve balkabağının kalitesi ve raf ömrü azalmaktadır. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, balkabağının kalitesini iyileştirmek ve raf ömrünü arttırmak amacıyla uygulanacak en iyi metot kurutmadır. Pastörizasyon ve dondurma işlemleri de balkabağının raf ömrünü arttırmak amacıyla kullanılan diğer yöntemlerdendir (Sojak ve Glowacki, 2010). Raf ömrünü arttırmanın yanı sıra balkabağının ve diğer taze meyvelerin kurutularak saklanması, taşıma ve işleme sırasında da kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca depolama, taşıma ve işleme sırasında meydana gelen kayıpları azaltarak verimi arttırmaktadır (Mosquera ve diğ., 2010).

Kek, lezzetli ve doyurucu oluşu, organoleptik özelliklerinin iyi olması ve kolay elde edilebilir olması sebebiyle ülkemizde ve dünyada en çok tüketilen fırıncılık ürünleri arasında gelmektedir. Ancak kekin depolanması sırasında meydana gelen nem kaybı, aroma, renk, tat ve tekstürel özelliklerde azalma ve kekin bayatlaması, kekin kalitesini ve raf ömrünü azaltmaktadır. Kekin ana hammaddesi olan unun içindeki nişastanın yapı taşları olan amiloz ve amilopektinin depolama sırasında kristalleşmesi diğer bir deyişle retrogradasyonu sonucu kek bayatlar ve organoleptik ve tekstürel özelliklerinde azalma gerçekleşir. Depolama sırasında gerçekleşen nişasta retrogradasyonu, kekin kalitesini ve raf ömrünü etkileyen en önemli reaksiyondur. Kekin ana hammaddesi olan buğday ununun farklı gıda bileşenleri ile zenginleştirilmesi ya da yer değiştirilmesi ile nişasta retrogradasyonun engellenmesi ve böylece kekin kalitesinin, tekstürel ve duyuşal özelliklerinin artırılması ve raf

ömrünün uzatılması günümüzde gıda sektöründe yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir.

Yapılan literatür araştırmaları göstermektedir ki, balkabağının farklı kurutma işlemleri ile kurutulması sonucu elde edilen balkabağı tozu; ekmek, makarna ya da noddle gibi ürünlerin duyusal, tekstürel ve besin özelliklerini arttırmak amacıyla kullanılmış ve bu ürünlerin renk, tat, hacim, tekstür ve besin içeriği gibi özelliklerini geliştirmede başarılı olmuştur. Ancak literatürde kurutularak elde edilen balkabağı tozunun kekin kalitesine etkisini inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın birinci amacı, balkabağı tozunun su tutma, yağ tutma, emülsiyon oluşturma gibi fizikokimyasal özelliklerinin ve nem sorpsiyon özelliklerinin belirlenmesidir. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, kurutma metodu gıdanın fizikokimyasal özelliklerini etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Bu nedenle bu çalışmanın ikinci amacı, dondurarak kurutma ve sıcak hava ile kurutma gibi farklı kurutma metotları ile balkabağı tozu elde edilerek, kurutma yöntemlerinin ürünün özelliklerine etkisinin incelenmesidir. Bu çalışmanın üçüncü amacı ise, balkabağı tozunun kek formülasyonunda kullanım olanağının araştırılmasıdır.

2. MEYVE TOZLARI HAKKINDA GENEL BİLGİ

Meyve tozu, taze meyvelerin farklı kurutma yöntemleri ile kurutulması sonucu elde edilen doğal bir üründür ve meyve suyu, pasta, dondurma, hazır puding, meyveli yoğurt, reçel, şekerleme ve içecek gibi gıdaların üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Taze meyveler su aktiviteleri nedeniyle kolay bozunabilir gıdalar arasında yer alırlar ve depolama süresince mikrobiyal bozunma ve istenmeyen biyokimyasal reaksiyonlar sonucu kalitelerinde azalma görülmektedir. Kurutma işlemi ise taze meyvelerin su aktivitelerini düşürerek, biyokimyasal reaksiyonları ve mikrobiyal bozunmayı engelleyerek meyveleri daha stabilize hale getirmektedir ve raf ömrünün uzamasını sağlamaktadır (Marques ve diğ., 2009). Bunun yanı sıra meyvelerin kurutularak saklanması, taşıma, depolama ve işleme sırasında kolaylık sağlaması ve atıkları ve hasat sonrası kayıpları da azaltması sebebiyle dünyada yaygın olarak uygulanmaktadır (Mosquera ve diğ., 2010). Ekonomik faydalarının yanı sıra meyve tozlarının gıda üretiminde kullanılması ile istenilen renk, aroma ve tat özellikleri sağlanmaktadır ve yüksek değerlerde gıdalar elde edilmektedir (Marques ve diğ., 2009).

Meyve tozu üretiminde geleneksel kurutma, vakum kurutma, püskürtmeli kurutma ve dondurarak kurutma yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde en çok kullanılan meyve tozları ise çilek, muz, şeftali, mango, kivi, kavun ve portakaldır (Marques ve diğ., 2009).

Chang ve arkadaşları (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, kurutulmuş ve taze domates meyvesinin antioksidan özellikleri karşılaştırılmıştır. Bu amaçla taze domateslere -50°C'de 5 Pa'da 24 saat dondurarak kurutma işlemi ve fırında 80°C'de 2 saat, ardından 60°C'de 6 saat sıcak hava ile kurutma işlemi uygulanmıştır. Kurutulan örnekler öğütülmüş ve analizlere kadar -40°C'de saklanmıştır. Kurutulmuş ve taze domates ürünlerinin toplam flavonoller, toplam fenolikler, likopen içeriği araştırılmıştır. Çalışma sonucuna göre, kurutma işlemi domates meyvesinin toplam flavonol, toplam fenolik ve likopen miktarını arttırarak besinsel değerini arttırmıştır.

Nunez de Gonzalez ve arkadaşları (2009), taze erik suyu, kurutulmuş erik suyu tozu ve püskürtmeli kurutma ile kurutulmuş erik tozunu kürlenmiş jambona ilave ederek, jambonun lipid oksidasyon, renk ve duyu kalite özelliklerini araştırmışlardır. Çalışmada, kontrol örneği, %2,5 ve %5 taze erik suyu içeren jambon örnekleri, %2,5 ve %5 kurutulmuş erik suyu konsantresi içeren jambon örnekleri ve %2,5 ve %5 püskürtmeli kurutucu ile kurutulmuş erik suyu içeren jambon örnekleri analizlenmiştir. Çalışma sonunda, taze erik suyu, kurutulmuş erik suyu ve püskürtmeli kurutma ile kurutulmuş erik tozunun lipid oksidasyon üzerine etkisi arasında çok büyük farklar gözlenmemiştir. Ancak, püskürtmeli kurutma ile kurutulmuş erik tozu ve taze erik suyu eklenmiş jambonların kontrol örnekleri ile aynı renge sahip oldukları gözlenmiş, kurutulmuş erik suyu tozunun jambonların rengini geliştirdiği ve en yoğun ve en tipik jambon renginin bu örneklerde olduğu gözlenmiştir.

Mango meyvesi ile ilgili yapılan bir çalışmada, taze ve kurutulmuş mango meyvelerinin antioksidan özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, taze mango örnekleri ve 50°C’de fırında kurutulmuş mango örnekleri analizlenmiştir. Yapılan çalışmada, antioksidan kapasiteleri ve bileşen miktarları taze mangoda kurutulmuş mangoya göre daha fazla olmasına rağmen, antioksidan kapasitesinin kurutulmuş mango tozunda taze mangoya kıyasla daha fazla olduğu belirtilmiştir (Tyug ve diğ., 2010).

2.1 Meyve Tozlarına Uygulanan Kurutma Yöntemleri

Kurutma en yaygın olarak kullanılan gıda koruma yöntemlerinden biridir. Kurutma ile gıdada bulunan serbest su gıdadan uzaklaştırılmaktadır, böylece mikroorganizma aktivitesi ve biyokimyasal reaksiyonlar sınırlandırılarak gıdanın kalitesi ve raf ömrü arttırılmaktadır. Ayrıca üründe ağırlık kaybı olduğundan, depolama, işleme ve taşıma sırasında kolaylık sağlamaktadır (Mosquera ve diğ., 2010). Gıdaların kurutulmasında yaygın olarak kullanılan kurutma metotları, geleneksel kurutma (sıcak hava ile), dondurarak kurutma, vakumlu kurutma ve püskürtmeli kurutucu ile kurutmadır.

Geleneksel kurutma yöntemi olarak da bilinen sıcak hava ile kurutma yöntemi, en popüler ve en eski kurutma yöntemlerinden biridir. Sıcak hava ile kurutma yönteminde, gıda sürekli bir sıcak hava akışına maruz bırakılarak serbest su

uzaklaştırılır ve gıdanın raf ömrü 1 yıla kadar uzatılmaktadır (Ratti, 2001). Fakat yüksek sıcaklık uygulamalarının gıdalarının kompozisyonunda, besinsel değerinde, yoğunluk, porlu yapı gibi fiziksel ve mekanik özelliklerinde ve duyu kalitesinde değişime neden olmaktadır (Guinea ve Barroca, 2011). Geleneksel kurutma işleminde, sıcaklık ve hava akış hızı parametreleri önem arz etmektedir. 2011 yılında yapılan bir çalışmada, geleneksel kurutma işlemi için 30°C, 50°C ve 70°C sıcaklık ve 300 m³/saat hava akım hızı değerleri kullanılmıştır (Guinea ve Barroca, 2011). Tyug ve arkadaşları (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, Mango meyvesi 50°C sıcak hava ile kurutulmuştur. Yapılan bir diğer çalışmada ise, domates 80°C’de 2 saat, ardından 60°C’de 6 saat sıcak hava ile kurutulmuştur (Chang ve diğ., 2006).

Dondurarak kurutma yöntemi gıdaların kurutulmasında yaygın olarak kullanılan ve avantajları nedeniyle tercih edilen bir yöntemdir. Dondurarak kurutmada, donmuş bulunan su, süblimasyonla doğrudan buhar haline geçer. Dondurarak kurutma sırasında katı halde bulunan su, ürünün primer yapısını ve şeklini korur, ürünün en düşük düzeyde zarar görmesini sağlar, yüksek kalitede ürün elde edilir. Düşük sıcaklık uygulaması yüksek sıcaklığın neden olduğu mineral ve vitamin, aroma ve koku kaybını önler, ürünün duyu özelliklerinde azalmaya neden olmaz. Ayrıca kurutulan toz ürün daha sonra tekrar dehidre edilebilir (Marques ve diğ., 2009). Dondurarak kurutma metodunda ürünün dondurulma sıcaklığının -40°C’den düşük olması büyük buz kristallerinin oluşumuna neden olmayarak dokuya zarar verilmemesi açısından tercih edilir. Mosquera ve arkadaşları (2010) yaptıkları çalışmada, boro meyvesini -40°C’de 48 saat dondurarak kurutma metodu ile kurutmuşlardır. Bir diğer çalışmada taze domates, -50°C’de 5 Pa’da 24 saat dondurarak kurutma işlemi ile kurutulmuştur (Chang ve diğ., 2006). Guinea ve arkadaşları (2012) tarafından yapılan çalışmada ise, balkabağı ve yeşilbiber -47°C ve -50°C’de 0,666 Pa’da 38 saat dondurarak kurutma işlemi ile kurutulmuştur.

Püskürtmeli kurutucu ile kurutma yöntemi, toz şeklinde istenilen ürünlerin kurutulmasında kullanılan bir yöntemdir. Püskürtmeli kurutucu yönteminde, kurutma tüneline içinde ürüne sıcak hava püskürtülür, ürün tekdüze tanecikler şeklinde kurur. Püskürtmeli kurutma işlemi ile iyi kalitede, düşük su aktiviteli, taşıması ve depolaması kolay, tekdüze tanecikli ürün elde edilir. Ancak kurutma sırasında ürünün kurutma tüneline yapışması operasyonel sorunlara ve ürün veriminin düşmesine sebep olur (Tonon ve diğ., 2009). Püskürtmeli kurutma işleminde,

kurutma hava akış hızı, kompresör basıncı, besleme hızı ve sıcaklık parametreleri önemlidir. Kha ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, püskürtmeli kurutma işlemi için giriş ve çıkış sıcaklığı olarak 120°C/83°C, 140°C/94°C, 160°C/103°C, 180°C/112°C ve 200°C/125°C değerleri kullanılmıştır. Kurutma hızı 56 m³/h, kompresör basıncı 0.06 MPa ve besleme hızı 12-14 mL/dak kullanılan diğer parametrelerdir (2010). Yapılan diğer bir çalışma da ise, açai meyve suyu püskürtmeli kurutma işlemi ile kurutulmuş, çalışmada giriş sıcaklığı olarak 140°C, çıkış sıcaklığı olarak 78°C, kurutma hava hızı olarak 73 m³/h, kompresör basıncı olarak 0,06 MPa ve besleme hızı olarak 15 g/dak kullanılmıştır (Tonon ve diğ., 2009).

Vakum kurutma yöntemi sıcaklığa duyarlı, kolay okside olabilen gıdaların kurutulmasında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Pinedo ve diğ., 2006). Vakum kurutma yönteminde gıda ürünlerindeki serbest su, düşük basınç altında uzaklaştırılır. Geleneksel yöntemle karşılaştırıldığında vakum uygulaması daha düşük sıcaklıklarda kurutma işlemine olanak sağladığı için daha yüksek kalitede ürün elde edilmesini sağlamaktadır (Pinedo ve diğ., 2007). Ayrıca vakum yöntemi sıcak hava ile kurutma yöntemine kıyasla daha yüksek kurutma hızına sahiptir, bu nedenle kurutma işlemi süresi kısa olmaktadır. Proses süresinin kısa olmasının yanı sıra, gıdadan suyu ve oksijeni aynı anda uzaklaştırdığı için oksijenin neden olduğu zararları engellemektedir (Wu ve diğ., 2007). 2007 yılında havuç ve balkabağı ürünleri vakumlu kurutma ile kurutulmuş, kurutma işlemi 50°C, 60°C ve 70°C sıcaklıkta ve 5 ve 15 kPa basınçta yapılmıştır (Pinedo ve diğ., 2007). Pinedo ve Murr tarafından yapılan bir çalışmada, balkabağı vakumlu kurutma ile kurutulmuş ve çalışmada 50°C ve 70°C sıcaklık, 5-25 kPa basınç değerleri kullanılmıştır (2006). Wu ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, patlıcan 300°C ve 500°C sıcaklıklarda ve 2,5 kPa, 5 kPa ve 10 kPa'da vakumlu kurutma uygulanarak kurutulmuştur.

Wang ve arkadaşları (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı kurutma tiplerinin muz püresindeki uçucu aroma bileşenleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, vakumlu kurutma, dondurarak kurutma ve hava ile kurutma metotları kullanılmıştır ve kurutulmuş ürünlerin uçucu bileşen miktarları karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, en iyi aroma değerinin dondurarak kurutulmuş muz tozunda,

daha sonra ise sırayla vakumlu kurutma ve hava ile kurutma ile elde edilmiş ürünlerde gözlemlendiği belirtilmiştir.

Guine ve arkadaşları (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, sıcak hava kurutma ve dondurarak kurutma metotlarının yeşilbiber ve balkabağı üzerine etkileri incelenmiştir. Sıcak hava ile kurutma işlemi 30°C, 50°C ve 70°C sıcaklıklarda uygulanmıştır. Çalışma sonunda artan kurutma sıcaklığının yeşil biberlerin ve balkabaklarının sertliğinde azalmaya neden olduğu, bu azalmanın dondurarak kurutma uygulamasında daha az olduğu gözlenmiştir. Buna ek olarak dondurarak kurutma işlemi uygulanmış yeşilbiber ve balkabağının daha iyi çiğnenebilirlik özelliklerine sahip oldukları belirtilmiştir. Renk değerlerinin ise, dondurarak kurutma işlemi sonucunda elde edilen ürünlerde renk değişimin çok az olduğu, sıcak hava ile kurutulmuş ürünlerde ise sıcaklığın arttıkça renk değerlerinde değişimin arttığı gözlenmiştir.

Chin ve arkadaşları (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, Durian meyvesinin dondurarak kurutma ve püskürtmeli kurutma sırasındaki uçucu bileşen profil değişimi incelenmiştir. Çalışma sonunda, yüksek sıcaklık uygulamasının aldehit, keton ve furan gibi uçucu bileşen oluşumunu hızlandığı gözlenmiştir. Dondurarak kurutma işlemi uygulanmış durian meyvesindeki uçucu bileşen miktarının %71-97 arasında azaldığı, püskürtmeli kurutucu ile kurutulmuş meyvede ise uçucu bileşen miktarının %98-99 arasında azaldığı gözlenmiştir. Bu çalışma, dondurarak kurutma yönteminin püskürtmeli kurutucu yöntemine oranla daha az uçucu bileşen kaybına neden olduğunu kanıtlamaktadır.

Gan ve Latiff (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, dondurarak kurutma ve fırında kurutma işlemleri uygulanmış *Parkia speciosa* sebzесinin kimyasal, fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri araştırılmıştır. Çalışma sonunda, dondurarak kurutma yönteminde fırında kurutma yöntemine göre daha açık renkli ürün elde edildiği gözlenmiştir. Buna ek olarak, dondurarak kurutma yöntemi ile yüksek çözünürlüğe (%30,8), su ve yağ tutma kapasitesine (3,72 g/g ve 1,55 g/g) ürün elde edilmiştir. Buna karşın, fırında kurutma yöntemi ile yüksek emülsiyon kapasitesine (%62,7) ve emülsiyon stabilitesine %99,9 sahip ürün elde edilmiştir. Antioksidan aktiviteleri incelendiğinde ise, dondurarak kurutma uygulaması ile fırında kurutma uygulamasına oranla daha yüksek antioksidan aktivitesine sahip toz ürün elde edildiği belirtilmiştir.

3. BALKABAĞI HAKKINDA BİLGİ

Balkabağı, Kabakgiller (Cucurbitaceae) familyasında yer alan, şekillerine ve yapılarındaki farklılıklara göre Cucurbita pepo, Cucurbita moschata, Cucurbita maxima ve Cucurbita mixta sınıflandırılan lifli ve turuncu renkli bir meyvedir (Xanthopoulou ve diğ., 2009). Direk olarak tüketildiği gibi reçel, püre, şurup, ekmek, kurabiye, çorba yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır. 2011 yılının sonunda özellikle Amerika, Rusya, Çin, Mısır, Hindistan olmak üzere tüm dünyada 24 milyon ton üzerinde balkabağı üretildiği belirtilmiştir (FAOSTAT, 2011). Türkiye’de ise 2012 yılında yaklaşık 93.612 ton balkabağı üretimi gerçekleştirilmiştir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2013).

3.1 Balkabağının Kimyasal Bileşimi ve Fonksiyonel Özellikleri

Balkabağı ve balkabağı yağının sağlığa olan faydaları yapılan araştırmalar sonucunda kanıtlanmıştır. Balkabağı, lif, kalsiyum, potasyum gibi mineraller, fitosteroller, çoklu doymamış yağ asitleri, karoteneid ve tokoferol gibi antioksidan vitaminler, çinko gibi iz elementler bakımından oldukça zengindir ve sodyum içeriği oldukça düşüktür (Xanthopoulou ve diğ., 2009). Aynı zamanda toplam katı içeriği %7-10 arasında değişmektedir (Pinhob ve diğ., 2010). Çiğ balkabağının bileşimi Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Balkabağının içinde bulunan karotenoid gibi lifofilik bileşenler, hem balkabağına turuncu rengini vermekte hem de balkabağına sağlığa faydalı bir besin haline getirmektedir (Pinhob ve diğ., 2010). Karotenoidler, serbest antioksidan ve serbest radikal tutucu olarak görev alırlar ve kanseri önlemede önemli bir rol oynarlar (Lee et al. 2002). Görme duyusu, büyüme ve embriyo gelişimi için oldukça gerekli olan Vitamin A’nın emilimini arttırmaktadırlar (Seoa ve diğ., 2005). Karotenoidler, kayısı, brokoli, havuç, üzüm, ıspanak, kabak ve tatlı patates gibi sebze ve meyvelerde yaygın olarak bulunurlar (Lee et al. 2002). Tüm bu meyve ve sebzelerin yanı sıra, balkabağı karotenoid bakımından oldukça zengin bir meyvedir ve diyetle kullanıldığında, A vitamini eksikliğinde gözlenen görme bozukluğu gibi hastalıkların

oluşmasını engeller (Seoa ve diğ., 2005). Zengin balkabağı içeren diyetin mide, göğüs, akciğer ve kolon kanseri riskini azalttığı, balkabağı yağının ise hipertansiyon ve yüksek kolesterol riskini azalttığı yapılan çalışmalar sonucunda kanıtlanmıştır (Xanthopoulou ve diğ., 2009).

Çizelge 3.1 : Çiğ balkabağının bileşimi (National Agricultural Library, 2011).

Bileşen	Birim	Değer (100 gram)
Su	g	91,60
Enerji	kcal	26
Enerji	kJ	109
Protein	g	1,00
Toplam yağ	g	0,10
Kül	g	0,80
Karbonhidrat	g	6,50
Toplam diyet lifi	g	0,5
Toplam şeker	g	1,36
Mineraller		
Kalsiyum, Ca	mg	21
Demir, Fe	mg	0,80
Magnezyum, Mg	mg	12
Fosfor, P	mg	44
Potasyum, K	mg	340
Sodyum, Na	mg	1
Çinko, Zn	mg	0,32
Bakır, Cu	mg	0,127
Mangan, Mn	mg	0,125
Vitaminler		
Vitamin C	mg	9,0
Tiamin	mg	0,050
Riboflavin	mg	0,110
Niasin	mg	0,600
Pantotenik asit	mg	0,298
Vitamin B-6	mg	0,061
Vitamin A,	mcg_RAE	369
Beta Karoten	mcg	3100
Alfa Karoten	mcg	515
Vitamin A, IU	IU	7384
Lutein + zeaksantin	mcg	1500
Vitamin E	mg	1,06
Fitosteroller	mg	12

Çizelge 3.2’de balkabağı ile kayısı, havuç, kabak ve domates ürünleri besinsel içerikleri açısından karşılaştırılmıştır. Balkabağı, kabak, domates ve kayısıdan daha fazla kalsiyum, α –karoten, β -karoten, Vitamin A içermektedir. Sodyum içeriği ise özellikle havuçla kıyaslandığında oldukça düşüktür. Balkabağının Potasyum ve Vitamin E içeriği ise havuç, kayısı, kabak ve domates ürünlerinden fazladır (Gürbüz, 2006).

Çizelge 3.2 : Balkabağı ve bazı meyve ve sebzelerin bileşimi (Gürbüz, 2006).

Bileşen (100gr) Ürün	Kalsiyum (mg)	Potasyum (mg)	Sodyum (mg)	α - karoten (mcg)	β - karoten (mcg)	Vit. A (IU)	Vit. E (mg)
Balkabağı	21	340	1	515	3100	7384	1,06
Kabak	15	262	2	0	120	200	0,12
Havuç	33	320	69	3477	8285	16811	0,66
Kayısı	13	259	1	19	1094	1926	0,89
Domates	10	237	5	101	449	833	0,54

Murkovic ve arkadaşları (2002) tarafından yapılan bir çalışmada Avusturya’da ticari olarak bulunabilen Cucurbita pepo, C. maxima ve C. Moschata türü balkabaklarının β -karoten, daha sonra lutein ve α - karoten miktarları araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, balkabaklarının β -karoten içeriklerinin 0,06 -7,4 mg/100 g, α -karoten içeriklerinin 0 -7,5 mg/100 g ve lutein içeriklerinin 0 -17 mg/100 g arasında değiştiği belirtilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, Asya’dan alınan Curcubita moschata türü balkabağının karotenoid içeriği araştırılmış ve çalışma sonunda özellikle β -karoten (>%80), daha sonra lutein, lycopene, α - karoten gibi karotenoidler açısından zengin olduğu kanıtlanmıştır (Seoa ve diğ., 2005).

Provesi, Dias ve Amante (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, Cucurbita moschata ve Cucurbita maxima türü balkabaklarının püre yapımı sırasındaki karotenoid içerikleri ve 180 gün depolama boyunca karotenoidlerin stabilitesi incelenmiştir. Yapılan çalışmada, her iki tür balkabağının da α - karoten ve β -karoten miktarlarının yüksek olduğu ve 180 gün sonunda karoten miktarlarında önemli bir değişim olmadığı belirtilmiştir.

3.2 Balkabağının Gıda Endüstrisinde Kullanımı

Balkabağı, pişirildiğinde ya da püre haline getirildiğinde, sebze olarak kullanılan ya da kurabiye, çorba, ekmek gibi diğer gıda maddelerinde hammadde olarak kullanılan bir üründür (Guinéa ve diğ., 2010). Balkabağının lifli yapısı nedeniyle su ve glikoz ile etkileşiminde iyi performans göstermesi, balkabağının iyi bir hammadde olma özelliğini arttırmaktadır (Pinhob ve diğ., 2010). Balkabağının ekmek, tahıllı ürünler, salata ve kek gibi gıdalarda hammadde olarak kullanımın yanı sıra taze olarak da tüketimi mevcuttur. Bunlara ek olarak, yenilebilir yağ olarak gıdalarda kullanımı ise sağlık sebebi ile önerilmektedir (Xanthopoulou ve diğ., 2009). Türkiye’de ise balkabağı, en çok tatlı olarak tüketilmektedir.

Depolama süresince balkabağının kimyasal bileşiminde biyolojik ve duyuşal kalitesinde istenmeyen değışiklikler olmaktadır. Kuru madde, karotenoidler ve β -karoten miktarlarında azalma, yüksek nişasta içeriğı nedeniyle toplam şeker içeriğinde artma gözlenmektedir. Balkabağı, kavun, karpuz, kabak gibi meyvelerin düşük sıcaklıklarda saklanması soğuk zararlanmasına yol açmaktadır. Balkabağı, 10-13°C’de, %50-70 bağıl nemde saklanmalıdır. Balkabağının raf ömrünü arttırmak ve kalitesini iyileştirmek için balkabağına uygulanacak en iyi koruma metodunun kurutma olduğı belirtilmiştir. Dondurma ve pastörizasyon gibi metotlarda balkabağını koruma amaçlı kullanılmaktadır (Sojak ve Glowacki, 2010). Kurutma işleminin sonrası balkabağı hem kaliteli, uzun raf ömürlü hem de taşınması ve saklanması kolay, her mevsim elde edilebilir bir ürün haline gelmektedir (Doymaz, 2007).

Balkabağı yüksek aromalı, tatlı ve sarı turuncu renge sahip bir üründür. Balkabağı tozunun unlu mamül, çorba, sos ve noodle ürünlerinde un katkısı olarak, makarna ve un karışımlarında renklendirici ajan olarak kullanımı yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. Karoten, vitaminler, mineraller, pektin ve diyet lifi bakımından zengin olması sebebi ile balkabağı tozunun katkı olarak kullanılması ekmeğın ve diğer gıda ürünlerinin besinsel kalitesini geliştireceğı belirtilmiştir (See ve diğ., 2007). Sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun bileşimi Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3: Sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun bileşimi (See ve diğ., 2007).

Bileşen	Birim	Değer (100 gram)
Nem	g	9,1
Protein	g	9,0
Toplam yağ	g	1,8
Kül	g	5,3
Karbonhidrat	g	72,4
Toplam diyet lifi	g	12,1

Balkabağı ile yapılan bir çalışmada, balkabağı toz haline getirilerek ekmek üretiminde kullanılmıştır ve balkabağı ununun ekmeğin hacmi ve gözenek dağılımı üzerine etkisi ve ekmeğin duyuşal özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla, 1 kg buğday unu ve 0, 5, 10, 25 ve 50 g balkabağı tozu kullanılarak ekmek yapılmıştır. Çalışma sonunda, balkabağı ununun ekmeğin hacminde artışa sebep olduğu ve balkabağı unu içeren ekmekte daha düzgün bir gözenek dağılımı elde edildiği belirtilmiştir (Ptitchkina ve diğ., 1998).

Lee ve arkadaşları (2002) tarafından yapılan bir çalışmada, balkabağı tozunun Asya’da yaygın olarak tüketilen noddle ürününde β -karoten miktarı, fiziksel hamur özellikleri, renk, pişirme özellikleri ve duyuşal karakteristikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla balkabağı unu -70°C ’de dondurarak kurutma işlemi elde edilmiştir. Noddle ürünü eldesinde %0, %2,5, %5,0 ve %10 oranında balkabağı tozu kullanılmıştır. Çalışma sonunda, artan konsantrasyonlardaki balkabağı tozunun Asya noddle ürününde β -karoten miktarını arttırarak pişirme, renk ve duyuşal özellikleri geliştirdiği belirtilmiştir.

See ve arkadaşları (2007) tarafından yapılan çalışmada, balkabağı unu ilave edilmiş ekmeğin fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri araştırılmıştır. Bu çalışmada, taze balkabağı 60°C ’de sıcak hava ile 24 saat kurutulmuş ve kurutma sonrası balkabağı tozunun nem oranı %10-12 olarak belirlenmiştir. Ekmek yapımında sırasıyla %5, %10 ve %15 oranında balkabağı tozu kullanılmıştır. Taze balkabağının, kontrol ve balkabağı unu ilave edilmiş ekmeklerinin ağırlık, hamur hacmi, spesifik hacim gibi fiziksel özellikleri nem, protein, yağ, lif ve kül gibi kimyasal özellikleri analizlenmiştir. Duyusal analizler kontrol ve balkabağı unu ilave edilmiş ekmeklerde yapılmıştır. Balkabağı unu oranının %5’ten %15’e çıkması kül ve lif oranını önemli

ölçüde arttırmıştır, ancak protein ve yağ içeriğinde önemli bir azalma olmuştur. %5 balkabağı unu ilave edilmiş ekmeğin kontrol örneğine göre daha yüksek hamur hacmi ve spesifik hacme sahip olduğu ve duyusal analizde daha yüksek skor aldığı gözlenmiştir. Çalışmada, balkabağı unu ilave etmenin ekmeğin besin değerlerini ve duyusal karakterlerini arttırdığı ve balkabağı ununun ekmek üretiminde buğday ununa katkı olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

Lee ve arkadaşları (2008), %3, %6, %9, %12 ve %15 oranında konsantre edilmiş balkabağı tozu ile ürettikleri sert yuvarlak ekmeklerin kalite özelliklerini incelemişler ve en optimum balkabağı tozu oranını belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla yapılan çalışmada, balkabağı numunesi 70°C’de 24 saat vakumlu kurutma işlemi ile kurutulmuştur. Kurutulmuş balkabağı tozu ile elde edilmiş ekmeklerin, nem miktarı, ağırlık kaybı, spesifik hacim, renk, tekstürel özellikleri ve duyusal kalitesi incelenmiştir ve elde edilen değerler kontrol örneklerinde elde edilen parametre değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonunda, balkabağı tozu ilave edilmiş ekmeklerin kalite özelliklerinin kontrol örneklerine göre daha iyi olduğu ve sert ekmeklerde optimum fiziksel ve duyusal özelliklerin %6-9 oranında balkabağı tozu tarafından sağlandığı belirtilmiştir.

4. SORPSİYON İZOTERMLERİ

Gıdalar ile bulundukları ortam arasındaki nem alışverişinin tahmin edilmesi, gıdaların stabilitelerini, dolayısı ile de raf ömürlerini etkilediği için son derece önemlidir. Nem sorpsiyon izotermi, belirli bir sıcaklık ve belirli bir basınçta gıda maddelerinin su aktivitesi ve denge bağıl nemi arasındaki ilişkiyi belirlemeye yarayan termodinamik bir yöntemdir ve kurutma, karıştırma, paketlenme ve depolama gibi gıda prosesleri hakkında bilgi vermektedir. Bir maddenin nem kazanarak dengeye ulaşması sonucu çizilen izoterm adsorpsiyon; nem kaybederek dengeye ulaşması sonucu elde edilen izoterm desorpsiyon izotermi olarak adlandırılır (Işıksal ve diğ., 2009). Sorpsiyon izotermi, gıdanın spesifik yüzey alanı, por hacmi, por büyüklük dağılımı gibi yapısal özelliklerinin belirlenmesinde kullanılır ve bu veriler depolama ve paketlenme sistemlerinin ve koşullarının seçiminde yada aroma, renk, doku ve bileşenlerin maksimum korunması için sistemin optimizasyonunda kullanılmaktadır (Debnath ve diğ., 2002). Yapılan çalışmalarda taze, kurutulmuş toz halindeki gıdaların sorpsiyon izotermi belirlenmiştir. Genel olarak sabit su aktivitesinde sıcaklık arttıkça, ürünün adsorbe ettiği su miktarı azalmakta, yani sıcaklık arttıkça nem içeriği tüm su aktivitesi değerlerinde azalmaktadır. Yani, ortam sıcaklığının yüksek olması nem adsorpsiyonunu olumsuz yönde etkileyen bir faktördür (Işıksal ve diğ., 2009).

Nem sorpsiyon izotermi oluşturulmasında en sık izopiastik yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemde farklı bağıl nem ortamlarını sağlamak amacı ile LiCl, CH₃COOK, MgCl₂, K₂CO₃, Mg(NO₃)₂, NaBr, NaCl, KCl ve BaCl₂ gibi doymuş tuz çözeltilerinden yararlanılır (Işıksal ve diğ., 2009). Gıdalarda denge nemi, su aktivitesi ve sıcaklık arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi için çeşitli sorpsiyon izoterm modelleri önerilmiştir. Modifiye Henderson, Modifiye Halsey, Modifiye Oswin ve Guggenheim Anderson-de Bour (GAB) denklemleri ASAE (American Society of Agricultural Engineers) tarafından sorpsiyon izotermi belirlemede kullanılan standart denklemler olarak tanımlanmıştır (Arslan ve diğ., 2006).

Yapılan bir çalışmada, farklı kurutma metotları (sıcak hava, dondurarak kurutma, vakumda kurutma) ile kurutulmuş *Inonotus obliquus* cinsi mantarların °C-50°C sıcaklıkları arasında nem sorpsiyon izotermi araştırılmıştır. BET, Oswin, Halsey, Chung ve Pfost, Kuhn, Caurie, Bradley, Henderson ve GAB modelleri ile elde edilen veriler modellenmiştir. 0,08–0,96 su aktite aralığındaki mantarların denge nem içeriklerinin tahminin için en uygun model olarak Oswin modeli belirlenmiştir. Çalışma sonunda, birinci tabaka nem içeriklerinin sıcaklık arttıkça azaldığı ve kurutma metodundan etkilendiğı belirtilmiştir. Çalışmada dondurarak kurutulan mantarın birinci tabaka nem içeriğı değerinin sıcak hava ve vakumla kurutulmuş mantarların birinci tabaka nem içeriğı değerlerinden yüksek olduğu gözlenmiştir (Lee ve Lee, 2008).

5. BALKABAĞI TOZUNUN KEK ÜRÜNÜNDE UYGULANMASI

Ekmek, pasta, makarna, kek, bisküvi gibi fırıncılık ürünleri, dünya üzerinde en çok tüketilen gıdalar olarak belirtilmektedir. Tüm bunların içinde, lezzetli oluşu ve organoleptik özelliklerinin iyi olması sebebiyle kekler tüketici tarafından oldukça tercih edilmektedir. Kek yapımında kullanılan en önemli hammaddeler yağ, şeker, yumurta ve undur ve her bir bileşen kekin yapısı ve kalitesinde önemli rol oynamaktadır. Un ise içinde bulunan nişasta sebebiyle kekin fiziksel ve duyu kalitesi bakımından ayrıca önem içermektedir (Matsakidou ve diğ., 2010).

5.1 Kekin Kalitesini Belirleyen Reaksiyonlar

Kekin pişmesi sonrası, üründe birçok kimyasal ve fiziksel reaksiyonlar gerçekleşir. Bu reaksiyonlar sonucu kekin kalitesinde azalma, renk ve aroma kaybı, kekin tekstürel özelliklerinde azalma gözlenmektedir. Kekin kalitesini etkileyen reaksiyonlardan biri depolama sırasında meydana gelen nem transferidir. Depolama sırasında kekin nem kaybetmesi sonucu kek sertleşmektedir ve ürünün tekstürel özelliklerinde azalma olmaktadır. Kekin kalitesini etkileyen bu reaksiyonlardan en önemlisi ise nişasta retrogradasyonu yani bayatlama olarak bilinmektedir. Gıdaların bayatlaması genel olarak halk arasında sertliğin artması ve bununla paralel olarak tazeliğin azalması olarak tanımlanmaktadır. Ancak bayatlama kompleks bir proses olup, mekanizması hala tam anlamıyla çözülememiştir. Nişasta retrogradasyonun mekanizması ile ilgili yapılan çalışmalar hala devam etmektedir (Ji ve diğ., 2007).

Kekin pişirilmesi sırasında buğdaydan elde edilen unun temel yapı taşı olan nişasta içinde bulunan kristal yapıdaki amiloz ve amilopektin molekülleri suda çözünerek jel formunu oluştururlar. Kekin uzun süre depolanması sırasında ise bu jel formunda bulunan amiloz ve amilopektin molekülleri tekrar kristal yapıya dönüşerek kekin sertleşmesine neden olurlar. Bu olay nişasta retrogradasyonu yani bayatlama olarak tanımlanmaktadır ve kekin tekstürel ve organoleptik kalitesinde azalmaya neden olmaktadır ve kekin kalitesini düşürmektedir. Sıcaklık, pişmiş ürünün spesifik hacmi

ve ürünün nem içeriği, nişasta retrogradasyonunu etkileyen faktörler arasında en önemli olanlarıdır (Seyhun ve diğ., 2005).

Kekin pişmesi sırasında meydana gelen amiloz ve amilopektin moleküllerinin suda çözünerek jel hale gelmesi endotermik bir reaksiyondur ve DSC (Differential scanning calorimetry) ile ölçülmektedir. DSC, gıdalarda ısı ve faz değişimlerini anlamaya yarayan çok önemli bir araçtır. DSC'nin temel prensibi, analizlenen gıdaların faz değişimi sırasında referansla aynı sıcaklığı elde edebilmek için daha fazla ya da daha az enerji harcamalarına dayanmaktadır. Daha fazla ya da daha az enerji harcamaları ise gerçekleşen faz değişim prosesinin endotermik veya ekzotermik olması ile alakalı olarak değişmektedir. DSC ile örnek ve referans arasındaki ısı akış farkı tanımlanarak, erime, donma, camsı hale geçiş ve bayatlama gibi endotermik veya ekzotermik faz değişimleri arasındaki ortaya çıkan ya da absorblanan ısı miktarı hesaplanabilmektedir. DSC direkt olarak proses sırasındaki değişim sıcaklığını ve değişim entalpi miktarını vermektedir (Sablani ve diğ., 2008).

Tekstürel özellikler ve organoleptik (duyusal) özellikler kekin kalitesini belirleyen en önemli özelliklerdir. Tekstürel ve duyusal özellikler, ürünün tüketici tarafından beğenirliği ve raf ömrüyle birebir ilişkilidir. Bu nedenle tekstürel özellikler gıdaların taşınması, işlenmesi ve depolanması sırasında çok önem kazanmaktadır. Tekstürel özellikler, sertlik, yumuşaklık, sululuk gibi parmakla hissedilen özellikleri ve çiğnenebilirlik, yapışkanlık, tanelilik, yağlılık gibi ağızla hissedilen özellikleri kapsamaktadır. Gıdaların tekstürel özelliklerini belirlemek için enstrümantal ve duyusal analizler kullanılmaktadır. Enstrümantal olarak ürünün tekstürel özellikleri TA (Texture Analyzer) cihazı kullanılmaktadır ve bu cihaz ürüne mekanik baskı veya delme işlemi uygulayarak ürünün mekanik şartlara gösterdiği yükü aralıksız olarak kaydeder (Chuang ve diğ., 2006).

5.2 Kek Ununun Zenginleştirilmesi ve Kekin Kalitesi Üzerine Etkisinin İncelenmesi

Kekin depolanması sırasında meydana gelen kalite özelliklerinde azalma, kekin nem kaybetmesi, tekstürel özelliklerinin azalması, aroma, renk ve tatta bozulma ve bayatlama ürünün tüketici beğenirliğini önemli ölçüde etkilemektedir. Son zamanlarda gıdaların farklı gıda bileşenleri ile zenginleştirilmesi ile kalitesinin, tekstürel ve duyusal özelliklerinin artırılması ve raf ömrünün uzatılması gıda

sektöründe yaygın olarak kullanılan yöntemlerdendir. Özellikle buğday ununun farklı gıda maddelerinden elde edilmiş unlarla zenginleştirilerek ya da yer değiştirilerek kalitesinin arttırılması son yıllarda önem kazanmıştır.

Gomez ve arkadaşları (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, buğday ununun nohut unu ile %50 ve %100 oranında yer değiştirilmesi ile elde edilmiş keklerin hacim, tekstür gibi kalite özellikleri incelenmiştir. Bunlara ek olarak dört farklı nohut tipinin, beyaz ve tüm nohut unu ilavesinin de kekin kalitesinin üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışma sonunda, farklı kek ürünlerinde buğday unu yerine nohut ununun kullanılmasının kekin kalite özelliklerini arttırdığı kanıtlanmıştır. Ancak nohut ununun yüzdesi arttıkça kek hacmi azalmıştır, kekin dokusu daha sert, daha yapışkan ve daha az bağlı hale gelmiştir. Tüm nohut yerine beyaz nohut kullanılması bu değişiklikleri azaltmıştır. Lechoso ve Sinaloa tipi nohut kullanımı da bu değişikliklerin azalmasını sağlamıştır.

Lu ve arkadaşları (2010) tarafından yapılan bir çalışmada ise, yeşil çay unu 0%, 10%, 20%, ve 30% oranında buğday unu ile yer değiştirilerek kek elde edilmiştir ve kekin kalite özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonunda, artan yeşil çay unu seviyesi ile kek hamurunun viskozitesi, özgül ağırlığı ve kekin sertlik, yapışkanlık, sakızlılık, protein, toplam diyet lifi, kül ve çeşitli kateşin miktarları artarken hacim, bağlılık, yapışkanlık, esneklik, elastikiyet gibi tekstürel özellikleri ve kekin kabuğunun ve içinin renk özellikleri azalmıştır. Kontrol, 10%, ve 20% oranında yeşil çay unu içeren keklerin duyusal analiz sonuçlarında farklılık gözlenmezken, %30 oranında yeşil çay unu içeren kekin duyusal analiz sonuçlarının daha düşük olduğu gözlenmiştir. Yeşil çay unundan elde edilen kekin farklı kateşinleri içerdiği ve radikal yakalama gücünü azaltarak ve demir iyonlarının şelatlama kabiliyetini azaltarak iyi antioksidan kapasitesine sahip olduğu kanıtlanmıştır.

6. MATERYAL VE METOT

6.1 Materyaller

Bu çalışmada kullanılan balkabağı, un, kabartma tozu, yumurta, sıvı yağ, şeker, şekerli vanilin materyalleri İstanbul'da yer alan yerel bir marketten alınmıştır. Nem sorpsiyonu için kullanılan tuz çözeltileri Merck KGaA (Darmstad, Almanya)'dan alınmıştır.

6.2 Balkabağı Tozunun Hazırlanması

Balkabağı numuneleri kabukları soyulup küp şeklinde doğrandıktan sonra 10 dakika boyunca suda haşlanmış (balkabağı: su 1:2 w:v) ve karışım mikserden geçirilerek püre haline getirilmiştir. Püre karışımı elekten geçirildikten sonra kullanma kadar dondurucuda saklanmıştır.

Balkabağı püreleri kurutma işlemi öncesi dondurucudan çıkarılıp çözdürüldükten sonra sıcak hava ile kurutma (70°C, 17 saat) ve dondurarak kurutma işlemi (-48°C, 13,33 Pa, 18 saat) uygulanarak kurutulmuştur. Kurutulan ürünler daha sonra toz haline getirilerek sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozu (SHKBT) ve dondurarak kurutulmuş balkabağı tozu (DKBT) elde edilmiştir. Balkabağı tozu elekten (450 Mikron) geçirilmiş ve kullanıma kadar oda sıcaklığında desikatörde saklanmıştır.

6.3 Balkabağı Tozunun Sorpsiyon İzotermlerinin Belirlenmesi

6.3.1 Sorpsiyon izotermlerinin oluşturulması

Balkabağı tozunun sorpsiyon izotermi 25°C, 35°C ve 45°C'de gravimetrik metot kullanılarak belirlenmiştir. Analizler üç paralel olarak gerçekleştirilmiştir. Örneklerin çevresinde, istenilen bağıl nemi ya da su aktivitesini (a_w) sağlamak için dokuz adet doymuş tuz çözeltisi (LiCl , CH_3COOK , MgCl_2 , K_2CO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, NaBr , NaCl , KCl ve BaCl_2) hazırlanmıştır. Çizelge 6.1'de kullanılan doymuş tuz çözeltilerinin farklı sıcaklıklardaki su aktivitesi değerleri ve bu çözeltileri hazırlamak için gerekli tuz ve su miktarları verilmiştir. Sıcak hava ile kurutulmuş ve dondurarak kurutulmuş

balkabağı tozunun denge nem içeriklerini belirlemek amacıyla, yaklaşık 2 g örnek ± 0.001 g duyarlılıkla darası alınmış alüminyum kaplara tartılmıştır. Bu kaplar farklı doymuş tuz çözeltilerinin hazırlandığı kavanozlara yerleştirildikten sonra su aktivitesi 0,75'ten fazla olan kavanozlara küf oluşumunu engellemek amacı ile 2 damla toluen ilave edilmiştir ve kavanozların ağzı sıkıca kapatılmıştır. Daha sonra, içinde sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozu bulunan kavanozlar, sıcaklığı 25°C olan inkubatöre, dondurarak kurutulan balkabağı tozu bulunan kavanozlar ise sıcaklığı 25°C, 35°C, 45°C olan inkubatöre (Mettler) konularak, örneklerin denge nemine erişmesi beklenmiştir. Örneklerin dengeye gelmesi yaklaşık 2 hafta sürmüştür. Dengeye gelen örneklerin bağıl nemleri Protimeter su aktivite cihazında (PLC, England) ölçülmüştür, daha sonra örneklerle kuru madde analizi yapılarak denge nemleri, gravimetrik yöntemle kuru madde temelinde hesaplanmıştır. Farklı sıcaklıklardaki adsorpsiyon izotermi, % bağıl neme karşı denge nemlerinin (g su/g km) grafiğe geçirilmesiyle elde edilmiştir.

Çizelge 6.1: Doymuş tuz çözeltilerinin farklı sıcaklıktaki su aktivitesi değerleri ve çözelti için gerekli su ve tuz miktarları.

Tuz Çözeltisi	Çözelti bileşimi (Fıratlıgil-Durmuş, 2008)		Su Aktivitesi (Bertuzzi ve diğ., 2007)		
	Su (ml)	Tuz (g)	25°C	35°C	45°C
LiCl	42,5	75	0,113	0,108	0,103
CH ₃ COOK	37,5	100	0,237	0,216	0,198
MgCl ₂	12,5	100	0,329	0,318	0,308
K ₂ CO ₃	45	100	0,443	0,436	0,430
Mg(NO ₃) ₂	15	100	0,536	0,516	0,497
NaBr	35	100	0,653	0,638	0,624
NaCl	30	100	0,762	0,743	0,726
KCl	40	100	0,934	0,855	0,791
BaCl ₂	35	125	0,900	0,881	0,867

6.3.2 Sorpsiyon izotermi modellerinin modellenmesi

Gıdaların nem sorpsiyon izotermi belirlemek amacıyla önerilen modeller Çizelge 6.2'de gösterilmiştir (Arslan ve diğ., 2006). Balkabağı tozunun üç farklı sıcaklıktaki deneysel sorpsiyon değerleri BET, Oswin, Henderson, Halsey, Iglesias

ve Chirife, Caurie, Chung ve Pfof, Kuhn, Bradley sorpsiyon eşitliklikleri ile modellenmiştir. Sorpsiyon modellerinin parametreleri (A,B,C ve M₀), deneysel verilerden SPSS 13.0 programı kullanılarak lineer olmayan regresyon analizi ile belirlenmiştir. Modellerin uygunluğu, regresyon katsayısı (R²), ortalama bağıl hata (MRE), tahminlenenlerin standart hatası (SEM) ile belirlenmiştir. Ortalama bağıl hata (MRE) ve tahminlenenlerin standart hatası (SEM) sırasıyla aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

$$MRE = \frac{100}{N} \sum \left| \frac{M_{exp} - M_{pre}}{M_{pre}} \right| \quad (6.1)$$

$$SEM = \sqrt{\frac{\sum (M_{exp} - M_{pre})^2}{df}} \quad (6.2)$$

Bu eşitliklerde, M_{exp} ve M_{pre} sırasıyla deneysel ve tahminlenen nem içeriği değerleri, N ise deneysel veri sayısı ve df serbestlik derecesidir.

Çizelge 6.2: Matematiksel modellemede kullanılan bazı modeller (Arslan ve diğ., 2006).

Model	Matematiksel Denklem
GAB	$X = X_m CKa_w / [(1 - Ka_w)(1 - Ka_w + CKa_w)]$
BET	$X = X_m Ca_w / [(1 - a_w)(1 - a_w + Ca_w)]$
Henderson	$X = c \left[-\frac{\ln(1 - a_w)}{A} \right]^{1/B}$
Iglesias ve Chirife	$X = \ln \left[X + \left(X^2 + X_{0.5}^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right] = a + ba_w$
Oswin	$X = A \left[\frac{a_w}{1 - a_w} \right]^B$
Peleg	$X = K_1 a_w^{n1} + K_2 a_w^{n2}$
Smith	$X = c1 - c2 \ln(1 - a_w)$
Caurie	$X = \exp(a + ba_w)$

6.3.3 Sorpsiyon ısısının belirlenmesi

Net izosterik sorpsiyon ısısı, Clasius-Clayperon eşitliğinden türetilen aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır (Fıratlıgil-Durmuş, 2008). Bu eşitlikte a_w su aktivitesi, q_{st} net izosterik sorpsiyon ısısı (kJ/mol), R gaz sabiti ve T mutlak sıcaklık (K)'dir.

$$q_{st} = -R \frac{\partial \ln a_w}{\partial \left(\frac{1}{T} \right)} \quad (6.3)$$

Net izosterik sorpsiyon ısısının belirlenmesi amacıyla $\ln a_w$ değerlerinin $1/T$ değerlerine karşılık grafiği çizilir. Bu grafiğin eğimi $-q_{st}/R$ değerini vermektedir (Fıratlıgil-Durmuş, 2008). Nem içeriğinin etkisini incelemek için, bu işlem farklı nem değerleri için tekrarlanır. Bu metodun uygulanabilmesi için en az iki farklı sıcaklıkta sorpsiyon izoterm ölçümü yapılmış olması gerekmektedir. Bu nedenle sorpsiyon ısısının belirlenmesi sadece dondurarak kurutulmuş balkabağı tozu için yapılmıştır.

6.4 Balkabağı Tozunun Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

6.4.1 Su ve yağ tutma kapasitesi

Su tutma ve yağ tutma kapasitesini belirlemek amacı ile 1 g balkabağı tozu 50 mL'lik tüplere tartılmış ve üzerine 10 mL deiyonize edilmiş distile su ya da mısır yağı eklemiştir, karışım oda sıcaklığında ($\sim 25^{\circ}\text{C}$) 5 saat bekletilmiştir. Elde edilen süspansiyonlar 2300 rpm'de 30 dakika boyunca santrifüjlenmiştir. Su tutma kapasitesi her gram örnek için gram tutulan su, yağ tutma kapasitesi ise her gram örnek için gram tutulan yağ olarak tanımlanmıştır. Mısır yağının yoğunluğu 0,899 g/mL'dir. Analizler üç tekrarlı olarak yapılmıştır.

6.4.2 Suda çözünürlük indeksi (WSI)

Balkabağı tozu (2,5 g) ve distile su (30 mL) 50 mL'lik santifüj tüpünde karıştırılmıştır, karışım 37°C etüvde 30 dakika inkube edildikten sonra 4,000 rpm'de 20 dakika santifüj edilmiştir. Süpernatant dikkatli bir şekilde önceden tartılmış behere alınarak $100 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de fırında kurutulmuştur. % Suda çözünürlük indeksi (% WSI), kurutulmuş süpernatant miktarının 2,5 g balkabağı tozuna oranı ile hesaplanmıştır. Analizler üç tekrarlı olarak yapılmıştır.

6.4.3 Emülsiyon aktivitesi (EA) ve emülsiyon stabilitesi (ES)

25 mL %5 (w/v)'lik süspansiyon örnekleri 11,000 rpm'de 2 dakika homojenize edilmiştir. Daha sonra, 25 ml yoğunluğu 0,899 g/mL olan mısır yağı her örneğe eklenmiş ve 2 dakika homojenize edilmiştir. Elde edilen emülsiyonlardan 10 mL alınarak 1200 rpm'de 5 dakika santrifüj edildikten sonra emülsiyon hacmi ölçülmüştür. Emülsiyon aktivitesi, aşağıdaki eşitlikten yararlanarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Emülsiyon aktivitesi} = (\text{Emülsiyon oluşturmış katmanın hacmi/tüp içindeki toplam içeriğin hacmi}) \times 100 \quad (6.4)$$

Emülsiyon stabilitesi daha önceden hazırlanmış emülsiyonlar kullanılarak belirlenmiştir ve 80°C’de 30 dakika ısıtılmıştır. Daha sonra emülsiyon oda sıcaklığına soğutulmuş ve 1200 rpm’de 5 dakika boyunca santrifüjlenmiştir. Emülsiyon stabilitesi, aşağıdaki eşitlikten yararlanarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Emülsiyon stabilitesi} = (\text{Isıtma sonrası emülsiyon oluşturmış katmanın hacmi/orijinal emülsiyon hacmi}) \times 100 \quad (6.5)$$

6.5 Kekin Fiziksel ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

6.5.1 Kek formülasyonunun oluşturulması

Balkabağı tozunun kekin fiziksel ve kalite özelliklerine etkisini belirlemek amacı ile balkabağı tozu %50 oranda un ile yer değiştirilerek kek formülasyonu oluşturulmuştur.

Kontrol kek formülasyonunda iki adet yumurta, 90 gr şeker, 55 gr sıvı yağ, 200 ml süt, 160 gr elenmiş un, 11 gr kabartma tozu, 5 gr şekerli vanilin kullanılmıştır. Deneme kek formülasyonunda balkabağı tozu %50 oranında un ile yer değiştirilerek kullanılmıştır. Elde edilen karışımlar 175°C’de fırında 45 dakika pişirilerek kek elde edilmiştir. Balkabağı tozu içermeyen kek kontrol amaçlı olarak analizlenmiştir.

Elde edilen kek örnekleri polietilen ağzı kilitli poşet içinde 5 gün süre ile depolanmıştır.

6.5.2 Kek hamurunun yoğunluğu

Kek hamurunun yoğunluğu, belirli bir hacimdeki kek hamurunun ağırlığının, aynı hacimdeki distile suyun ağırlığına oranı olarak tanımlanmıştır. Analizler üç tekrarlı olarak yapılmıştır.

6.5.3 Nem miktarı

Kek örneklerinin nem miktarını belirlemek amacı ile 2 gr kek darası alınmış alüminyum nem kaplarına tartılmıştır ve 70°C’de etüvde kurutulmuştur. Tartım değerleri sabitleninceye kadar her yarım saatte tartım alınmıştır. Kek örneğinin nem

miktarı, son ağırlık değerinden ilk ağırlık değerinin çıkarılması ile hesaplanmıştır. Depolamanın etkisini incelemek amacıyla, bu analiz 5 gün boyunca her gün üç paralel olarak yapılmıştır.

6.5.4 Su aktivitesi

Kek örneklerinin su aktivitesini ölçmek için 10 gr kek numunesi tartılmıştır. Keki su aktivitesi dijital Protimeter su aktivite cihazı (PLC, England) yardımıyla ölçülmüştür. Bu analiz, 5 gün boyunca her gün üç paralelli olarak yapılmıştır.

6.5.5 Tekstür profil analizi

Keklerin tekstür Profili, Lloyd Instruments Texture Analyzer Plus cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla 2,2 cm çaplı, 2 cm yüksekliğinde silindirik kek örneklerine 1mm/s sabit hızla çift sıkıştırma (%50 sıkıştırma) işlemi uygulanmıştır. Tekstür parametreleri olarak sertlik, yapışkanlık, esneklik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik özellikleri belirlenmiştir. Depolama süresinin etkisini incelemek amacıyla, bu analiz 5 gün boyunca üç paralelli olarak yapılmıştır.

6.5.6 Renk analizi

Kekin renk ölçümleri Konica Minolta Chromameter CR-400 renk ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Ölçülen değerler, L*, a* ve b* renk birimi ile ifade edilmiştir. L* değeri parlaklığı, +a* değeri kırmızıyı, -a* değeri yeşili, +b* değeri sarıyı ve -b* değeri maviyi göstermektedir. Kalibrasyon için beyaz seramik kullanılmıştır.

6.5.7 Nişasta retrogradasyonu

Analizler DSC-7 cihazında paslanmaz çelik tavalar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ekipman kullanım öncesi kalibre edilmiş ve boş tava referans olarak kullanılmıştır. Keki orta kısmından alınan örnekler darası alınmış tavaya 8-10 mg olarak tartılmıştır. Örnekler 5°C/dak tarama hızı ile 50°C'den 140°C'ye ısıtılmıştır. Başlangıç değişim sıcaklığı (To) ve değişim sonrası sıcaklık (Tc) olarak elde edilmiştir. Maksimum pik noktasındaki sıcaklık değeri pik değişim sıcaklığı (Tp) olarak tanımlanmıştır. Entalpi değişimi, ısı akışının değişim sıcaklık aralığına integre edilmesi ile tahmin edilmiştir ve Joule/ g örnek olarak tanımlanmıştır. Bu analiz, 5 gün boyunca üç paralelli olarak yapılmıştır.

6.5.8 İstatiksel analiz

İstatistiksel analizler Minitab (Minitab Release 16.0) programı yardımıyla yapılmıştır. Veriler arasındaki farklılığın test edilebilmesi için $\alpha=0,05$ önem düzeyinde varyans analiz (ANOVA) kullanılmış ve ortalamalar Tukey testi ile karşılaştırılmıştır.

7. BULGULAR VE TARTIŞMA

7.1 Balkabağı Tozunun Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

7.1.1 Su ve yağ tutma kapasitesi

Su ve yağ tutma kapasitesi, gıdaların fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan en önemli parametrelerdendir. Su tutma kapasitesi, proteinlerin su ile etkileşime girme derecesini göstermektedir. Yağ tutma kapasitesi ise, gıdalarda bulunan nişastanın hidrofilik karakteri ile ilgilidir (Alkarkhi ve diğ., 2011). Dondurarak kurutulmuş balkabağı tozu ile sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun su tutma ve yağ kapasiteleri Çizelge 7.1’de verilmiştir.

Çizelge 7.1: Dondurarak ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun su ve yağ tutma kapasiteleri.

Örnek ²	Su tutma kapasitesi (g/g örnek) ¹	Yağ tutma kapasitesi (g/g örnek)
DKBT	7,9 ± 0,1 ^a	5,9 ± 0,1 ^a
SHKBT	6,5 ± 0,1 ^b	4,1 ± 0,1 ^b

¹ Ortalama ± standart sapma

² Her sütundaki farklı harfler, değerlerin istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (P < 0,05)

Dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun su tutma kapasiteleri sırasıyla 7,9 g su/g örnek, 6,5 g su/g örnek olarak bulunmuştur ve dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı toz örnekleri yüksek su tutma kapasitesine sahiptir. Su tutma kapasitesi meyve tozundaki nişastanın, diyet lifi ve proteinin fiziksel durumu ile direkt olarak ilgilidir. Protein denatürasyonu sonucu, nişastanın jelleşmesi ile nişastada bulunan amiloz etkili bir şekilde su moleküllerini bağlama kapasitesine sahiptir, bu da yüksek su tutma kapasitesine neden olmaktadır (Alkarkhi ve diğ., 2011).

Dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun su tutma kapasiteleri istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0,05). Dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun su tutma kapasitesi sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun

su tutma kapasitesinin yaklaşık %21'i kadar daha fazladır. Benzer sonuç *Parkia speciosa* tohumunu ile yapılan bir çalışmada da gözlenmiştir. Dondurarak kurutulmuş *Parkia speciosa* tohumunun su tutma kapasitesinin (3,72 g su/g örnek), fırında kurutulmuş *Parkia speciosa* tohumunun su tutma kapasitesinden (3,35 g su/g örnek) yüksek olduğu gözlenmiştir (Gan ve Latiff, 2010). Tunus'ta yetişen hurma meyvesinin üç farklı tipinden elde edilen diyet lifi konsantreleri ile yapılan bir çalışma sonucunda, dondurarak kurutulmuş liflerin tüm türlerinde su tutma kapasitesinin fırında ve güneşte kurutulmuş liflere oranla daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Borchani ve diğ., 2011).

Dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun su tutma kapasiteleri, olgunlaşmış muz kabuğundan elde edilmiş tozun su tutma kapasitesine (6,10-8,19 g su/g örnek) benzerlik göstermektedir ancak, yeşil muz kabuğundan (4,91-5,88 g su/g örnek), yeşil muz pulpundan (3,94-6,31 g su/g örnek) ve olgunlaşmış muz pulpundan (1,4-4,7 g su/g örnek) elde edilmiş tozun su tutma kapasitelerine göre daha yüksektir (Alkarkhi ve diğ., 2011). Mango pulpundan elde edilen diyet lifi tozunun su tutma kapasitesine (11,6 g su/g örnek) kıyasla ise daha düşüktür (Hassan ve diğ., 2011). Nar posası tozu ile yapılan bir çalışmada ise, yalnızca tanelerden elde edilen nar posası tozunun su tutma kapasitesi 4,5 g/g örnek, tüm meyveden elde edilen nar posası tozunun su tutma kapasitesi ise 4,9 g/g örnek bulunmuştur (Martos ve diğ., 2012). Bu değerler, balkabağı tozu ile yapılan çalışma sonucunda elde edilen değere kıyasla daha düşüktür.

Su tutma kapasitesi, protein matriksinin yanı sıra, protein konsantrasyonu, PH, iyonik güç, sıcaklık, polisakkarit, lipit, tuz, diğer komponentlerin varlığı, ısıtma işlem miktarı ve süresi, depolama koşulları gibi faktörlerden etkilenmektedir (Chavan ve diğ., 2001).

Dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun yağ tutma kapasiteleri sırasıyla 5,9 g yağ/g örnek, 4,1 g yağ/g örnek olarak bulunmuştur. Yağ tutma kapasitesi, gıdaların lif içeriğine, toplam yük yoğunluğuna, yüzey özelliklerine ve lif partiküllerinin hidrofobik karakterine bağlı olarak değişmektedir (Borchani ve diğ., 2011). Balkabağı tozunun yüksek yağ tutma kapasitesine sahip olmasının sebebi olarak ürünün yüksek lif içeriği (yaklaşık %12) gösterilebilir.

Dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun su ve yağ tutma kapasiteleri karşılaştırıldığında her iki yöntemde de su tutma kapasitelerinin yağ tutma kapasitelerinden daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Benzer sonuçlar, diyet lifi ile yapılan çalışmada sonucunda elde edilmiştir. Tunus'ta yetişen hurma meyvesinin 3 farklı tipinden diyet lifi türlerinin su tutma kapasitesi değerlerinin, yağ tutma kapasitesi değerlerinden daha yüksek olduğu kanıtlanmıştır (Borchani ve diğ., 2011). Yapılan diğer çalışmada, yeşil ve olgunlaşmış muzun kabuğundan ve pulpundan elde edilen tozun su tutma kapasitelerinin (1,4-8,2 g su/g örnek), yağ tutma kapasitesi değerlerine (0,50-1,30 g yağ/g örnek) oranla daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Alkarkhi ve diğ., 2011).

Dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun yağ tutma kapasiteleri istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P < 0,05$). Dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun yağ tutma kapasitesi, sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun yağ tutma kapasitesinden yaklaşık %30 oranında daha yüksektir. *Parkia speciosa* tohumunu ile yapılan çalışma sonucunda dondurarak kurutulmuş *Parkia speciosa* tohumunun yağ tutma kapasitesinin (1,55 g yağ/g örnek), fırında kurutulmuş *Parkia speciosa* tohumunun yağ tutma kapasitesinden (1,21 g yağ/g örnek) yüksek olduğu gözlenmiştir (Gan ve Latiff, 2010). Tunus'ta yetişen hurma meyvesinin 3 farklı tipinden elde edilen diyet lifi konsantresi ile yapılan çalışma sonucunda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Dondurarak kurutulmuş diyet liflerin tüm türlerinde yağ tutma kapasitesinin fırında ve güneşte kurutulmuş liflere oranla daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Borchani ve diğ., 2011).

Dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun yağ tutma kapasiteleri, Mango kabuğu diyet lifinin (4,0 g yağ/g örnek) (Larrauri ve diğ., 1996) ve limon kabuğu lifinin (2,35 - 5,09 g yağ/g örnek) (Chau & Huang, 2003) yağ tutma kapasitesi değerlerine benzerlik göstermektedir. Nar posası tozu ile yapılan bir çalışmada da, yalnızca tanelerden elde edilen ve tüm meyveden elde edilen nar posası tozunun yağ tutma kapasiteleri 5,9 g yağ/g örnek bulunmuştur (Martos ve diğ., 2012). Bu değerler, balkabağı tozu ile yapılan çalışma sonucunda elde edilen değerlere benzerlik göstermektedir. Yeşil ve olgunlaşmış muzun kabuğundan ve pulpundan elde edilen tozun yağ tutma kapasitesi değerlerine (0,50 -1,30 g yağ/g örnek) oranla daha yüksektir (Alkarkhi ve diğ., 2011).

Sonuçlar göstermektedir ki, dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozu örnekleri yüksek su ve yağ tutma kapasitelerine sahiptir. Balkabağı örneklerinin su ve yağ tutma özellikleri bu ürünlerin gıda sisteminde kullanılmaları için uygundur ve bu özellikler kek bisküvi gibi gıda sistemleri içinde ağız dokusunun ve aromanın ağızda kalma süresinin geliştirilmesi gibi avantajlar sağlayabilmektedir (Fıratlıgil-Durmuş, 2008). Sonuçlara göre, kurutma tipi gıdaların su tutma özelliklerini etkileyen önemli faktörlerden biridir ve dondurarak kurutma işlemi ile sıcak hava ile kurutma işlemine kıyasla daha yüksek su ve yağ tutma kapasiteli ürünler elde edilmektedir.

7.1.2 Suda çözünürlük indeksi (WSI)

Çözünürlük, toz gıdaların sudaki davranışını belirlemek için kullanılan en güvenilir yöntemdir (Caparino ve diğ., 2012). Bu nedenle tozların suda çözünürlüğünün belirlenmesi önemlidir. Dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun suda çözünürlük indeksleri Çizelge 7.2’de gösterilmiştir. Dondurarak kurutulmuş balkabağı tozu ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun suda çözünürlük indeksleri sırasıyla %38,2 ve %37,6 olarak bulunmuştur. Dondurarak kurutma ve sıcak hava ile kurutma yöntemleri ile elde edilen balkabağı tozunun düşük suda çözünürlük indeksine sahip olduğu gözlenmiştir. Bunun sebebi, balkabağı tozunun yüksek miktarda karotenoid, tokoferol gibi yağda çözünür bileşenler ve yüksek oranda yağ asitleri ve çözünebilir olmayan pulp içermesinden kaynaklanmaktadır. Suda çözünürlük indeksi, kurutulan ham maddenin ilk kompozisyonu, içerdiği taşıyıcı ajanlar, uygulanan kurutma yöntemi, sıcaklık, besleme hızı gibi parametreler tarafından etkilenmektedir (Kha ve diğ., 2010).

Her iki kurutma yöntemi sonrasında da ürünlerin suda çözünürlük indekslerinin birbirine benzer olduğu gözlenmiştir. Dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun suda çözünürlük indeksleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($P < 0,05$). Benzer sonuçlar, *Parkia speciosa* tohumunu ile yapılan bir çalışmada da gözlenmiştir. Bu çalışmada, fırında kurutma işlemi sonucunda elde edilen suda çözünürlük indeksinin (%28,6) dondurarak kurutma işlemi sonucunda elde edilen suda çözünürlük indeksine (%30,8) benzer olduğu gözlenmiştir (Gan ve Latiff, 2010). İki farklı mısır gluteni tozu ile yapılan başka bir çalışma sonucunda ise, dondurarak kurutulmuş mısır gluteni tozlarının suda

çözünürlük indekslerinin (%13,20-13,38), fırında kurutulmuş mısır gluteni tozlarının suda çözünürlük indekslerine (%11,16-12,34) benzer olduğu tespit edilmiştir (Singh ve diğ., 2005). Brezilya’da yaygın olarak tüketilen egzotik Marolo meyvesi ile yapılan bir çalışmada ise, dondurarak kurutma ve fırında kurutma metotları kullanılarak elde edilen meyve tozlarının suda çözünürlük indeksleri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, fırında kurutulmuş Marolo meyve tozunun suda çözünürlük indeksinin (%43,87), dondurarak kurutulmuş Marolo meyve tozunun suda çözünürlük indeksine (%51,87) kıyasla daha düşük olduğu gözlenmiştir (Garcia ve diğ., 2011). Bunun nedeni ise, dondurarak kurutma yöntemine göre sıcak hava ile kurutma yöntemi ile daha kompakt bir toz elde edilmesi ve böylece çözünebilir maddelerin sulu faza daha yavaş geçmesi şeklinde açıklanmıştır.

Çizelge 7.2: Dondurarak ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun suda çözünürlük indeksleri.

Örnek ²	Suda çözünürlük indeksi (%) ¹
DKBT	38,2 ± 0,4 ^a
SHKBT	37,6 ± 0,3 ^a

¹ Ortalama ± standart sapma

² Her sütundaki farklı harfler, değerlerin istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (P < 0,05)

Dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun suda çözünürlük indeksleri, dondurarak kurutulmuş *Parkia speciosa* tohumunun suda çözünürlük indeksi (%30,8) ve fırında kurutulmuş *Parkia speciosa* tohumunun suda çözünürlük indeksi (%28,6) ile benzerlik göstermektedir (Gan ve Latiff, 2010). Farklı kurutma koşullarının incelendiği başka bir çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Farklı koşullarda sprey kurutma yöntemi ile kurutulmuş *Gac* meyvesinin suda çözünürlük indeksleri %36,91–38,25 değerleri arasında değişmektedir (Kha ve diğ., 2010). Ananas tozu ile yapılan diğer bir çalışmada ise, balkabağı tozuna kıyasla daha yüksek suda çözünürlük indeksi (ort. %81,56) elde edildiği gözlenmiştir (Abadio ve diğ., 2004). Yapılan diğer bir çalışmada ise, sprey kurutma yöntemi ile kurutulmuş domates tozunun suda çözünürlük indeksinin (%17,7-26,7) balkabağı tozuna kıyasla daha düşük olduğu gözlenmiştir (Sousa ve diğ., 2008).

7.1.3 Emülsiyon aktivitesi (EA) ve emülsiyon stabilitesi (ES)

Emülsiyon özellikleri, gıdalarda önemli fonksiyon özelliklerinden biridir ve emülsiyon aktivitesi ve emülsiyon stabilitesi terimleri yardımıyla tespit edilirler. Emülsiyon aktivitesi (EA) gıda sistemlerinde bulunan proteinlerin yağı emülsiyeye etme kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır (Singh ve diğ., 2005). Emülsiyon stabilitesi ise, bir emülsiyonun depolama sırasında oluşan değişikliklere karşı direnç göstererek yapısını koruyabilme kabiliyetidir (McClements, 2004). Dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun emülsiyon aktivite ve emülsiyon stabilitesi Çizelge 7.3’de verilmiştir. Dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun emülsiyon aktiviteleri sırasıyla %47,2 ve %43,3 olarak bulunmuştur ve düşük emülsiyon özelliklerine sahiptirler. Dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun emülsiyon stabiliteeleri ise sırasıyla %98,2 ve %93,1 olarak bulunmuştur ve yüksek emülsiyon stabilitesine sahip olduğu gözlenmiştir.

Dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun emülsiyon aktivite ve stabilite değerleri istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0,05$). Dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun emülsiyon aktivite ve stabilite değerlerinin sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozuna kıyasla yaklaşık %9 oranında daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bunun sebebi, sıcak hava ile kurutma işlemi sırasında uygulanan sıcaklık işlemi sebebiyle proteinlerin denatüre olması olabilir. Dondurarak ve fırında kurutulmuş mısır gluteni tozu ile yapılan çalışma sonucunda benzer sonuçlar elde edilmiştir. Fırında kurutulmuş mısır gluteni tozunun emülsiyon aktivitesi (%39,6) ve emülsiyon stabilitesinin (%61,2), dondurarak kurutulmuş mısır gluteni tozu emülsiyon aktivitesi (%47,5) ve emülsiyon stabilitesine (%66,5) kıyasla daha düşük olduğu gözlenmiştir (Singh ve diğ., 2005). Bu durumun aksine, dondurarak kurutulmuş *Parkia speciosa* tohum tozunun emülsiyon aktivitesi (%58,5) ve emülsiyon stabilitesinin (%99,7), fırında kurutulmuş *Parkia speciosa* tohum tozunun emülsiyon aktivitesi (%62,7) ve emülsiyon stabilitesine (%99,9) göre çok az daha düşük olduğu gözlenmiştir (Gan ve Latiff, 2010). Sonuçlar göstermektedir ki, kurutma tipi gıdaların emülsiyon özelliklerini etkileyen önemli faktörlerden biridir.

Dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun emülsiyon aktivite değerleri, dondurarak ve fırında kurutulmuş mısır gluteni tozu ile yapılan

çalışma sonuçları (%39,6–47,5) ile benzerlik göstermektedir (Singh ve diğ., 2005). Nar posası tozu ile yapılan bir çalışmada elde edilen sonuçlar (%30,7-37,3) ise balkabağı tozunun emülsiyon aktivite değerlerine göre daha düşük bulunmuştur (Martos ve diğ., 2012). Yapılan bir diğer çalışmada ise, okaranın (%58,8) ve mısır koçanının (%52,7) emülsiyon aktivitelerinin balkabağı tozuna kıyasla daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Kuan ve Liong, 2008). Dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun emülsiyon stabiliteleri ise nar posası tozu ile yapılan çalışma sonuçları (%90,7-93,8) ile benzerlik göstermektedir (Martos ve diğ., 2012). Dondurarak ve fırında kurutulmuş mısır gluten tozunun emülsiyon stabilite değerleri (%61,2-66,5) (Singh ve diğ., 2005) ve okara ve mısır koçanının emülsiyon stabilite değerleri (sırasıyla %58,8-39,4) (Kuan ve Liong, 2008), balkabağı tozuna kıyasla daha düşük elde edilmiştir.

Çizelge 7.3 : Dondurarak ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun emülsiyon aktivite ve emülsiyon stabilitesi.

Örnek ²	Emülsiyon aktivite (%) ¹	Emülsiyon stabilitesi (%)
DKBT	47,2 ± 0,3 ^a	98,2 ± 0,6 ^a
SHKBT	43,3 ± 0,6 ^b	93,1 ± 0,1 ^b

¹ Ortalama ± standart sapma

² Her sütundaki farklı harfler, değerlerin istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (P < 0,05)

7.2 Balkabağı Tozunun Sorpsiyon Özellikleri

Gıdaların sorpsiyon özellikleri, gıda ile bulundukları ortam arasındaki nem alışverişinin tahmin edilmesi, gıdaların stabilitelerini, dolayısı ile de raf ömürlerini etkilediği için son derece önemlidir. Nem sorpsiyon izotermi, belirli bir sıcaklık ve belir bir basınçta gıda maddelerinin su aktivitesi ve denge bağıl nemi arasındaki ilişkiyi belirlemeye yarayan termodinamik bir yöntemdir ve kurutma, karıştırma, paketlenme ve depolama gibi gıda prosesleri hakkında bilgi vermektedir (Işıksal ve diğ., 2009).

Sorpsiyon izotermi, gıdaların higroskopik özelliklerini yansıtır ve genel olarak sabit su aktivitesinde sıcaklık arttıkça, ürünün adsorbe ettiği su miktarı azalmakta, yani sıcaklık arttıkça nem içeriği tüm su aktivitesi değerlerinde azalmaktadır. Ortam

sıcaklığın yüksek olması nem adsorpsiyonunu olumsuz yönde etkileyen bir faktördür (Işıksal ve diğ., 2009).

7.2.1 Sorpsiyon izotermlerinin belirlenmesi

Sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun 25°C’de, dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun ise 25°C, 35°C ve 45°C’de elde edilen deneysel denge nem değerleri Çizelge 7.4 ve Çizelge 7.5’de verilmiştir. Tablolarda her su aktivitesi (a_w) değerine karşılık gelen denge nem değerleri (M), üç ölçümün ortalaması olarak verilmiştir. Elde edilen standart sapma değerleri SS olarak belirtilmiştir. Ölçümlerin standart sapması 0,01 ile 0,31 arasında değişmektedir. Sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun 25°C’deki denge nem içerikleri 0,29-0,79 su aktivitesi değerlerinde kuru bazda %5,91-42,73 arasında değişmektedir. Dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun ise 25°C, 35°C ve 45°C’de denge nem içerikleri 0,28-0,80 su aktivitesi değerlerinde sırasıyla kuru bazda %6,53-41,58; %5,14-45,25 ve %4,85-44,96 olarak değişmektedir. 25°C’de su aktivitesinin 0,6 olduğu yerde sıcak hava ile ve dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun nem içeriklerinin yaklaşık olarak %19 ve %21 olduğu tespit edilmiştir. Arslan ve Toğrul (2005) yaptıkları çalışmada, makarnanın denge nem içeriğini 25°C’de su aktivitesinin 0,6 olduğu yerde yaklaşık olarak % 12 olarak bulmuşlardır. Fermente olmamış kakao tozunun denge nem içeriği 25°C’de su aktivitesinin 0,6 olduğu yerde yaklaşık olarak % 7 olarak bulunmuştur (Sandoval ve Barreiro, 2002). Kırmızı biber için ise aynı sıcaklık ve su aktivitesinde denge nem içeriği yaklaşık %15 olarak tespit edilmiştir (Kaleemullah ve Kailappan, 2004). Sucuk ve pastırmanın aynı sıcaklık ve su aktivitesindeki denge nem içerikleri ise sırasıyla yaklaşık olarak %0,19 ve %0,21 olarak bulunmuştur (Işıksal ve diğ., 2009). Bu sonuçlar ile kıyaslandığında, sıcak hava ile ve dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun denge nem içeriklerinin literatüre göre yüksek olduğu ve yüksek nem sorpsiyon özelliklerine sahip olduğu gözlenmiştir.

Sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun 25°C’de ve dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun 25°C, 35°C ve 45°C’de sorpsiyon izotermi Şekil 7.1 ve Şekil 7.2’de gösterilmiştir. Sıcak hava ile kurutulmuş ve dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun sorpsiyon izotermi, Braunauer sınıflandırmasına göre karakteristik J-şekile sahip Tip III izotermine uygun karakteristik özellik göstermektedir (Brunauer et al., 1940). Kayısı (Mrad ve diğ., 2012), portakal kabuğu ve yaprakları (Bejar ve

diğ., 2012), elma, vişne ve kuş üzümü (Klewicki ve diğ., 2009), çarkıfelek meyvesi (Catelam ve diğ., 2011), açai meyvesi (Tonon ve diğ., 2009), sucuk (Işıksal ve diğ., 2009), ananas pulpu tozu (Gabas ve diğ., 2007) ile yapılan çalışmalarda Tip III izotermi gözlenmiştir. Şeker gibi çözünür maddeler bakımından zengin olan gıdaların, genel olarak Tip III izotermine uygun karakteristik davranış gösterdiği belirtilmiştir (Al-Muhtaseb ve diğ., 2002). Bu tip izoterme uygun özellik gösteren gıdalar, düşük su aktivitesinde düşük miktarda su adsorblarken, yüksek su aktivitesinde yüksek miktarda su adsorblarlar. Bunun sebebi ise yüksek sıcaklıklarda şeker gibi çözünür maddenin suda çözünmesi ve adsorblama yüzeyinin artmasıdır (Bejar ve diğ., 2012). Sabit sıcaklıkta, artan su aktivitesinde denge nem miktarı artmaktadır. Sorpsiyon izotermilerinin iki kısımdan oluştuğu gözlenmiştir. Su aktivitesi 0,65'in altındaki kısımda su aktivitesinin artması ile denge nemi içeriği daha yavaş artarken, üstünde kalan kısımda su aktivitesi arttıkça denge nem içeriğindeki artış daha hızlı olmaktadır.

Çizelge 7.4 : Sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun 25°C'deki denge bağıl nemi değerleri (M, % kuru baz).

25°C		
a_w	M^1	SS^2
0,29	5,9060	0,07
0,35	7,4747	0,11
0,40	8,9299	0,04
0,47	11,5044	0,01
0,52	14,1052	0,14
0,59	18,1830	0,16
0,66	23,3134	0,14
0,74	34,3701	0,05
0,79	42,7262	0,05

¹ Üç ölçümün ortalaması

² Standart sapma

Sıcaklığın nem sorpsiyon üzerine etkisi incelendiğinde, dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun sıcaklık arttıkça daha az higroskopik hale geldiği ve sabit su aktivitesinde sıcaklık yükseldikçe daha az nem adsorbladığı gözlenmiştir. Sıcaklığın etkisi, tüm su aktivite değerlerinde belirgin olmaktadır. Dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun nem içeriği, 0,3 su aktivitesi değerinde sıcaklık 25°C'den 45°C'ye çıkarıldığında %7,27'den %5,10'a düşmektedir. 0,3 su aktivitesinde sıcaklığın

artması ile gerçekleşen bu düşüş yaklaşık olarak %29'dur. 0,65 su aktivitesi değerinde ise sıcaklığın 25°C'den 45°C'ye çıkarılması ile balkabağı tozunun nem içeriğinde %25'lük bir düşüş olmaktadır.

Çizelge 7.5: Dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun farklı sıcaklıklardaki denge bağıl nemi değerleri (M, % kuru baz).

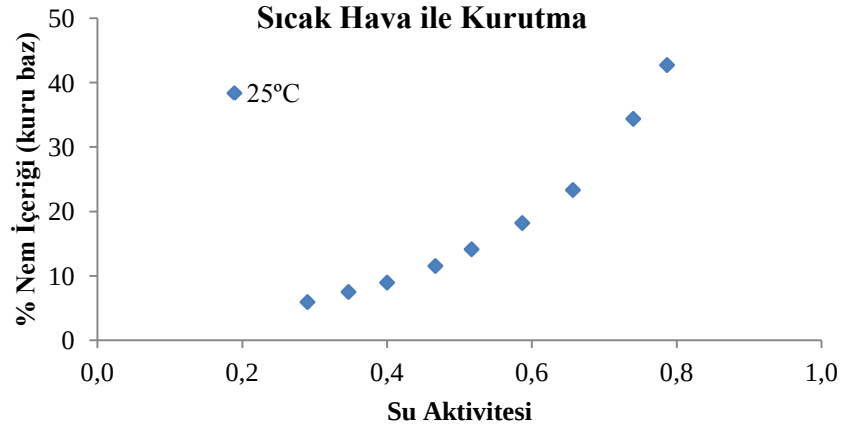
25°C			35°C			45°C		
a _w	M ¹	SS ²	a _w	M ¹	SS ²	a _w	M ¹	SS ²
0,28	6,53	0,22	0,28	5,14	0,12	0,28	4,85	0,06
0,29	7,07	0,08	0,31	6,26	0,20	0,35	5,77	0,22
0,35	8,89	0,08	0,37	8,25	0,04	0,41	6,34	0,07
0,41	11,24	0,06	0,43	10,53	0,02	0,46	8,07	0,08
0,49	15,18	0,04	0,51	12,79	0,18	0,54	12,64	0,18
0,54	18,87	0,15	0,55	16,35	0,23	0,59	16,63	0,31
0,62	26,26	0,06	0,63	25,65	0,18	0,66	23,30	0,12
0,73	38,50	0,17	0,75	37,03	0,23	0,76	34,50	0,22
0,75	41,58	0,20	0,78	45,25	0,12	0,80	44,96	0,25

¹ Üç ölçümün ortalaması

² Standart sapma

Sıcaklık, gıdaların nem sorpsiyon özelliklerini etkileyen önemli bir faktördür. Genel olarak, sabit su aktivitesi değerlerinde, sıcaklık arttıkça denge nem miktarı azalmaktadır (Gabas ve diğ., 2007). Proteinlere bağlanan su miktarı, gıdaların içeriğindeki su bağlama özelliğine sahip hidrofilik grupların varlığına ve bunların sayısına bağlıdır. Sıcaklık arttıkça, gıdanın içinde bulunan ve yüzeyde suyu bağlayan hidrofilik gruplarının sayısı azalmakta ve hidrofobik grupların sayısı çoğalmaktadır. Böylece sıcaklık artarken gıdaların nem adsorblama kabiliyetleri de azalmaktadır (Işıksal ve diğ., 2009). Bazı bilim adamları ise bu hipotezi farklı şekilde açıklamaktadırlar. Yüksek sıcaklıklarda, su moleküllerinin enerji seviyeleri artar ve daha aktif hale gelirler. Bunun sonucunda su molekülleri arasındaki mesafe artar ve aralarındaki çekim gücü azalır. Bu da artan sıcaklıklarda sabit su aktivitesinde su sorpsiyon derecesinde azalmaya neden olmaktadır (Bejar ve diğ., 2012). Sabit nem değerinde ise, balkabağı tozunun su aktivite değerinin sıcaklık ile arttığı gözlenmiştir. Genel olarak sabit nem değerinde yüksek sıcaklıklar yüksek su aktivitesi değerlerine neden olur, bu durum gıdaların daha çabuk bozunmasını sağlar. Bu nedenle, denge neminin sıcaklık ile değişimi, gıdaların depolanması sırasında meydana gelen kimyasal ve mikrobiyolojik reaksiyonlar açısından önem arz

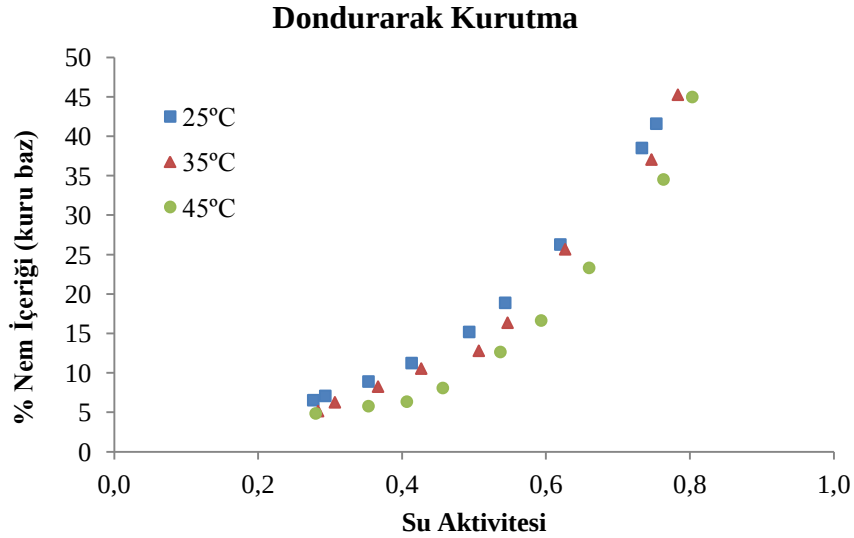
etmektedir (Fıratlıgil-Durmuş, 2008). Elde edilen bu sonuçlar, Yan ve diğ. (2008)'in 10°C, 15°C, 20°C, 30°C ve 40°C'de kurutulmuş ve orta nem içeriğine sahip muz ile, Gabas ve diğ. (2007)'in 20°C, 30°C, 40°C ve 50°C'de vakumlu kurutulmuş ananas pulpu tozu ile, Ertekin ve Gedik (2004)'ün 30°C, 45°C, 60°C'de kurutulmuş üzüm, kayısı, elma ve patates ile, Perez ve diğ. (2008)'in 20°C, 30°C, 40°C ve 50°C'de limon kabuğu ile yaptıkları çalışmalara benzerlik göstermektedir.



Şekil 7.1: Sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun 25°C'de sorpsiyon izotermi.

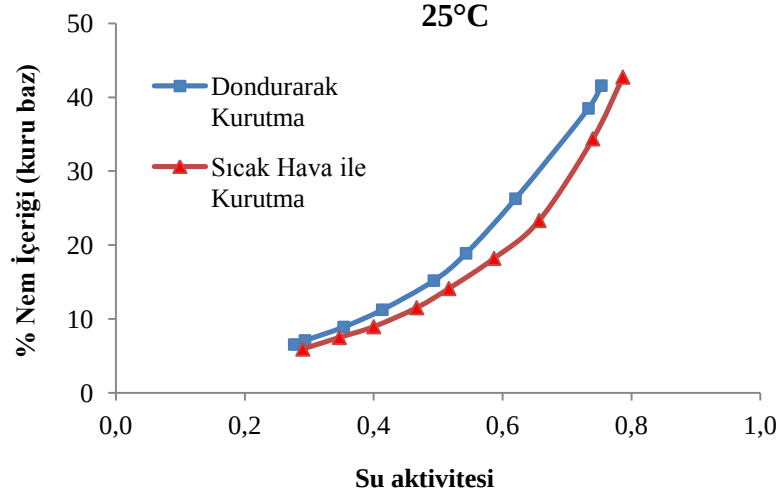
Gıdaya uygulanan kurutma prosesi, gıdaların nem sorpsiyon özelliklerini etkileyen önemli faktörlerdendir. Dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun 25°C'de sorpsiyon izotermi Şekil 7.3'de gösterilmiştir. Kurutma işleminin balkabağı tozunun sorpsiyon özelliklerine etkisini incelendiğinde, 25°C'de dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun denge nem içeriğinin, sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun denge nem içeriğine kıyasla %10 oranında daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu sonuç, Bölüm 7.1.1'de belirtilen dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun su tutma kapasitesinin (7,9 g su/g örnek) sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozuna (6,5 g su/g örnek) kıyasla daha yüksek olması ile paralellik göstermektedir. Benzer sonuçlar, yapılan diğer çalışmalar sonucunda elde edilmiştir. Dondurarak, sıcak hava ve vakumlu kurutma metotlarının soğanın sorpsiyon izotermi üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, dondurarak kurutma işlemi ile vakumlu kurutma ve sıcak hava ile kurutma işlemine kıyasla sabit sıcaklık ve su aktivitesinde daha yüksek denge nem içeriğine sahip ürün elde edildiği gözlenmiştir (Debnatha ve diğ., 2002). Ho Lee ve Ji Lee (2008) yaptıkları çalışmada, dondurarak kurutulmuş mantar tozunun, sıcak hava ile ve vakumla kurutulmuş

mantar tozu örneklerine kıyasla sabit sıcaklık ve su aktivitesinde daha yüksek denge nem içeriğine sahip olduğunu ve daha çok su adsorbladığını belirtmişlerdir. Zencefil tozu (Shin ve diğ., 2003) ve Agaricus mantarı tozu (Park ve diğ., 2002) ile yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 7.2: Dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun 25°C, 35°C ve 45°C’de sorpsiyon izotermi.

Farklı kurutma metodlarının sorpsiyon izotermi üzerine etkisinin incelendiği başka bir çalışmada ise, sıcak hava ile kurutulmuş açai meyvesi tozunun denge nem değerinin dondurarak kurutma metodu ile kıyaslandığında çok az daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Pavan ve diğ., 2012). Sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun dondurarak kurutulmuş balkabağı tozuna kıyasla daha düşük nem sorpsiyon özelliklerine sahip olmasının sebebi, kurutma işlemi sırasında uygulanan yüksek sıcaklık ile balkabağı tozunun yapısının fiziksel ve kimyasal zarara uğrayarak, protein yapısının denatüre olması olarak açıklanabilir. Dondurarak kurutma işlemi ile sıcak hava ile kurutma işlemine göre daha porlu ve daha kompakt yapıda bir toz elde edilmektedir. Bu da gıdanın daha iyi nem adsorblamasına sebep olmaktadır (Ho Lee ve Ji Lee, 2008).



Şekil 7.3: Dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun 25°C'de sorpsiyon izotermelerinin karşılaştırılması.

7.2.2 Sorpsiyon izotermelerinin modellenmesi

Gıdaların denge nemi ve su aktiviteleri arasındaki ilişkiyi tanımlamak için çeşitli matematiksel modeller kullanılmaktadır. Ancak hiçbir modelin tüm gıdalar için tüm su aktivite değerlerinde doğru sonuç vermesi mümkün olmamaktadır. Bunun sebebi ise, suyun farklı su aktivite bölgelerinde farklı mekanizmalar ile gıda matrikslerine bağlı olmasıdır. Matematiksel modelleme için literatürde çok sayıda model bulunmasına rağmen, BET, GAB, Halsey, Oswin, Smith ve Henderson modelleri gıdaların sorpsiyon davranışlarının modellenmesinde yaygın olarak kullanılan modellerdir. Bu modellerden GAB modeli ise en yaygın olarak kullanılan modeldir ve Batı Avrupa gıda araştırma grubu tarafından önerilmektedir (Muhtesab ve diğ., 2002).

Sıcak hava ile ve dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun sorpsiyon izotermeleri, Smith, Oswin, Henderson, Halsey, Chung & Pfost, Bradley, Kuhn, Iglesias & Chirifie ve BET eşitlikleri kullanılarak modellenmiştir. Modellerin istatistiksel olarak uygunluğunun belirlenebilmesi için, regresyon katsayısı (R^2), ortalama bağıl hata (MRE) ve tahminlenenlerin standart hatası (SEM) parametreleri kullanılmıştır. Modellerden en yüksek R^2 ($>0,99$), en düşük MRE (<10) ve SEM değerleri elde edilen modeller en uygun model olarak kabul edilmiştir. Dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun sorpsiyon izotermelerinin modellenmesi kullanılan eşitliklerin model parametreleri ve model uygunluk parametreleri Çizelge 7.6 ve Çizelge 7.7'de verilmiştir.

Çizelge 7.6: Dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun sorpsiyon model parametreleri.

Model	T (°C)	Model Parametreleri		Model Uygunluk Parametreleri		
		A	B	R ²	MRE	SEM
Smith	25	55,868	72,192	0,957	16,99	2,93
	35	56,724	76,703	0,897	28,26	5,06
	45	51,550	72,678	0,901	31,34	4,74
Oswin	25	15,975	0,899	0,997	2,97	1,15
	35	14,274	0,912	0,989	6,26	1,58
	45	11,440	0,979	0,995	4,09	1,19
Henderson	25	0,075	0,785	0,999	1,70	0,46
	35	0,087	0,764	0,977	9,21	2,55
	45	0,122	0,695	0,990	6,55	1,67
Halsey	25	6,386	0,816	0,987	6,71	2,13
	35	5,804	0,815	0,992	4,26	1,68
	45	4,404	0,774	0,991	5,34	2,02
Chung & Pfo	25	1,547	0,043	0,981	11,95	1,94
	35	1,401	0,041	0,942	22,34	3,80
	45	1,290	0,044	0,951	23,41	3,33
Bradley	25	1,522	0,959	0,981	12,86	1,96
	35	1,339	0,962	0,942	26,15	3,91
	45	1,241	0,959	0,951	26,63	3,41
Kuhn	25	13,391	42,507	0,801	35,66	6,31
	35	14,597	43,164	0,703	48,87	8,59
	45	15,045	40,695	0,722	53,63	7,93
Harkins-Jura	25	41,018	-0,432	0,889	13,80	2,68
	35	42,048	-0,363	0,943	10,10	2,52
	45	23,113	-0,385	0,879	14,30	2,19
Iglesias&Chirif	25	13,197	2,532	0,992	6,17	1,29
	35	12,775	1,233	0,991	5,15	1,49
	45	10,884	0,600	0,994	4,54	1,21
BET	25	0,053	0,017	0,813	1,05	0,10
	35	0,038	0,079	0,866	2,13	0,16
	45	0,073	0,039	0,320	3,18	0,16

¹ BET modeli için su aktivitesi aralığı 0,11-0,5¹ dir. Sadece ilk dört veri kullanılmıştır.

Çizelge 7.7: Sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun sorpsiyon model parametreleri.

Model	T (°C)	Model Parametreleri		Model Uygunluk Parametreleri		
		A	B	R ²	MRE	SEM
Smith	25	53,595	73,265	0,930	22,44	3,70
Oswin	25	13,682	0,922	0,999	1,62	0,51
Henderson	25	0,095	0,747	0,995	4,10	1,10
Halsey	25	5,637	0,814	0,995	3,61	1,27
Chung & Pfof	25	1,382	0,043	0,966	16,33	2,57
Bradley	25	1,345	0,959	0,966	17,59	2,61
Kuhn	25	14,880	41,757	0,751	40,43	6,97
Harkins-Jura	25	34,669	-0,402	0,875	13,66	1,80
Iglesias&Chirifie	25	12,019	1,512	0,998	2,74	0,66
BET ¹	25	0,060	0,027	0,894	0,71	0,05

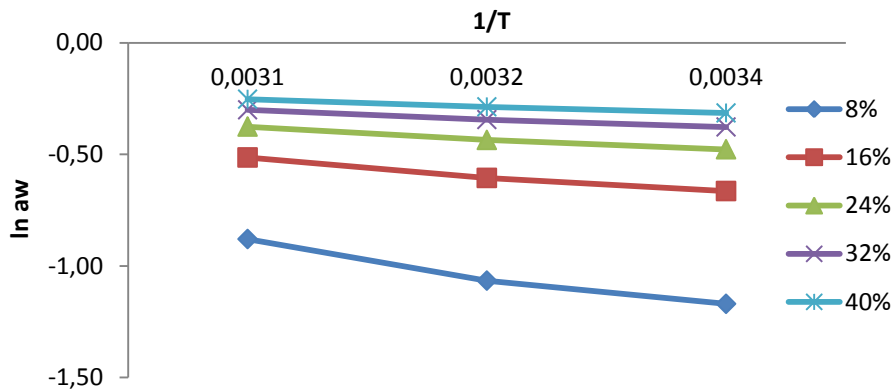
¹ BET modeli için su aktivitesi aralığı 0,11-0,5'dir. Sadece ilk dört veri kullanılmıştır.

Sonuçlar incelendiğinde, sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozu için en düşük MRE değeri (1,62), en düşük SEM değeri (0,51) ve en yüksek R² değeri (0,999) Oswin modeli için elde edilmiştir. Bu modeli Iglesias ve Chirifie, Henderson ve Halsey modelleri izlemektedir. Dondurarak kurutulmuş balkabağı tozu için ise, en düşük MRE değeri (1,70), en düşük SEM değeri (0,46) ve en yüksek R² değeri (0,999) Henderson modeli için elde edilmiştir. Bu modelleri Oswin, Iglesias ve Chirifie ve Halsey modelleri izlemektedir. Sıcak hava ile kurutulmuş ve dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun sorpsiyon davranışlarının modellenmesinde Smith, BET, Chung-Pfof, Bradley, Kuhn ve Harkins-Jura modelleri uygun modeller değildir (MRE >10, R²<0,99). Oswin, Iglesias ve Chirifie, Henderson ve Halsey modelleri hem dondurarak kurutulmuş hemde sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun tüm deneysel verilerini temsil edecek en iyi modellerdir. Akritidis ve diğ. (1988) balkabağı tozu ile yaptıkları çalışmada, deneysel sorpsiyon özelliklerini temsil eden en iyi modelin Henderson olduğunu belirtmişlerdir. Viswanathan ve diğ. (2003) domates ve soğan dilimleri ile yaptıkları çalışmada Henderson ve Halsey modellerinin en iyi şekilde deneysel sorpsiyon özelliklerini temsil ettiklerini göstermişlerdir. Ertekin ve Gedik (2004), elma ve patates ile yaptıkları çalışmada, deneysel sorpsiyon özelliklerini belirlemede kullanılabilecek en iyi modellerin

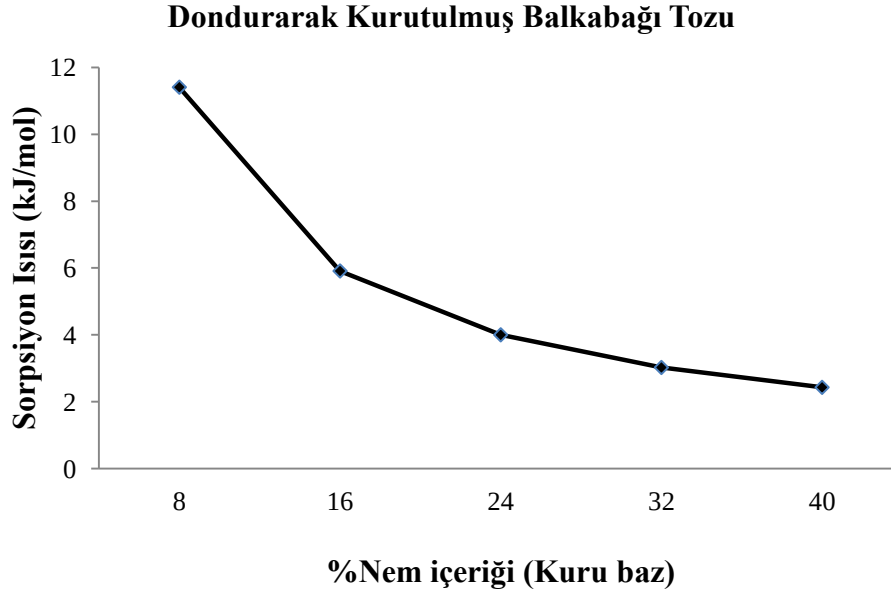
Halsey, GAB ve Oswin olduğunu belirtmişlerdir. Bezelye ile yapılan bir çalışmada, deneysel sorpsiyon özelliklerini temsil eden en iyi modelin Iglesias ve Chirifíe modeli olduğu belirtilmiştir (Sadhna ve diğ., 2006). Johnson ve Brennan (2000) muz ile yaptıkları çalışmada, Henderson, GAB ve Iglesias ve Chirifíe modellerinin deneysel sorpsiyon özelliklerini temsil eden en iyi modeller olduğunu belirtmişlerdir.

7.2.3 Sorpsiyon ısısının belirlenmesi

Sorpsiyonun net isosterik ısısı, kurutma için gerekli olan enerji miktarının belirlenmesinde kullanılabilir ve gıdaların içinde bulunan suyun hangi durumda olduğu hakkında önemli bir bilgi vermektedir. Gıdanın verilen depolama koşullarındaki fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik stabilitesinin bir ölçüsüdür (Fıratlıgil-Durmuş, 2008). Sorpsiyonun net isosterik ısısı suyun gizli buharlaşma ısısına ulaşmış olan gıdalarda nem içeriği, gıdanın içinde bağlı su bulunduğunun bir göstergesidir (Kaymak-Ertekin ve Gedik, 2004; Yan ve diğ., 2008). Sorpsiyon izosterik ısısı, iki veya daha fazla sıcaklıkta tespit edilmiş sorpsiyon izotermelerinden Clausius-Clapeyron eşitliğinden yararlanılarak hesaplanmaktadır. Bu eşitliğe göre, sorpsiyon ısısı, sabit nem içeriğinde $\ln a_w$ değerlerinin $1/T$ değerlerine karşılık çizilen grafiğin eğiminden hesaplanmıştır. Bu amaçla, Halsey modelinden yararlanılarak sabit nem değerindeki ve farklı sıcaklıklardaki su aktivite değerleri kullanılmıştır. Dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun $\ln a_w$ değerine karşı $1/T$ grafiği Şekil 7.4'te verilmiştir. Şekil 7.4'te verilen eğrilerin eğiminden yararlanılarak sorpsiyon ısıları hesaplanmış ve sorpsiyon ısısının nem içeriğine bağlı değişimi Şekil 7.5'te gösterilmiştir.



Şekil 7.4: $\ln (a_w)$ değerine karşılık $1/T$ grafiği.



Şekil 7.5: Sorpsiyon ısısının nem içeriği ile değişimi.

Sorpsiyon ısısı değerleri, %8 nem içeriği değerinde 11,40 kJ/mol iken, %24 nem içeriği değerinde 4,00 kJ/mol ve %40 nem içeriği değerinde 2,43 kJ/mol olarak belirlenmiştir. Sorpsiyon ısısı değerlerinin, nem içeriği arttıkça azaldığı gözlenmiştir. Nem içeriği arttıkça suyu katıdan uzaklaştırmak için gerekli enerji azalmaktadır. Dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun sorpsiyon ısısı, yaklaşık %16 nem içeriğine kadar hızla azalmaktadır ve daha sonra artan nem içeriği ile daha yavaş bir şekilde azalmaktadır. Düşük nem içeriklerinde sorpsiyon ısısının hızlı bir şekilde yükselmesi, gıda maddesinin yüzeyinde oldukça aktif polar yüzeylerin oluşması ile açıklanmaktadır (Lahsasni ve diğ., 2004). Nem içeriği arttıkça, gıdanın içinde bulunan su daha az aktif hale gelerek daha düşük sorpsiyon ısısına neden olmaktadır (Simal ve diğ., 2007). Benzer sonuçlar, Lahsasni ve diğ. (2004)'in dikenli armut, Ho Lee ve Ji Lee (2008)'in mantar tozu, Yan ve diğ. (2008)'in muz, Bejar ve diğ. (2012)'in portakal kabuğu ve yaprakları, Akanbi ve diğ. (2006)'in kurutulmuş domates dilimleri ve Perez ve diğ. (2008)'in limon kabuğu ile yaptıkları çalışma sonucunda elde edilmiştir. Johnson ve Brennan (2000)'in muz ile yaptıkları çalışmada sorpsiyon ısısı artan nem içeriği ile azalmaktadır ancak elde edilen sorpsiyon ısısı değerleri bu çalışmada elde edilen sorpsiyon ısısı değerlerine kıyasla oldukça yüksektir.

7.3 Kekin Fiziksel ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

7.3.1 Hamur yoğunluğu

Hamur yoğunluğu, kek hamuru içine nüfus eden hava miktarını gösteren bir terimdir ve kekin çırpma özelliklerini belirlemek amacıyla kullanılan önemli bir parametredir. %50 oranında dondurarak kurutulmuş balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kek (BKZK) ile kontrol kekinin (KK) hamur yoğunluğu değerleri Çizelge 7.8’de verilmiştir.

Çizelge 7.8: %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kek ve kontrol kekinin hamur yoğunluğu.

Örnek ²	Hamur yoğunluğu (g/cm ³) ¹
KK	1,24 ± 0,01 ^a
BTZK	1,30 ± 0,01 ^b

¹ Ortalama ± standart sapma

² Her sütundaki farklı harfler, değerlerin istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (P < 0,05)

Kontrol kekinin hamur yoğunluğu 1,24 g/cm³, %50 oranında dondurarak kurutulmuş balkabağı tozu eklenen kekin hamur yoğunluğu ise 1,30 g/cm³ olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Gomez ve diğ. (2007)’in katlı kek ile yaptıkları çalışma sonuçlarına (1,02-1,80 g/cm³) benzerlik göstermektedir. Matsakidou ve diğ. (2010)’in Madeira keki (0,94-0,98 g/cm³), Hera ve diğ. (2012)’in yeşil mercimek unu ile zenginleştirilmiş kek (0,88-0,99 g/cm³), Wilderjans ve diğ. (2008)’in pound kek (0,81-0,85 g/cm³) ve Gomez ve diğ. (2008)’in pound kek ve pandispanya keki (0,51-1,05 g/cm³) ile yaptıkları çalışma sonuçlarına kıyasla yüksektir. %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilen kekin hamur yoğunluğu, istatistiksel olarak kontrol kekinin hamur yoğunluğundan farklıdır (P<0,05). Sonuçlar incelendiğinde, %50 oranında dondurarak kurutulmuş balkabağı tozu ilavesinin kekin hamur yoğunluğunu az miktarda arttırdığı gözlenmiştir. Hamur yoğunluğundaki bu artış, çırpma sırasında kek hamuru içine daha az havanın nüfus ettiğinin bir göstergesidir (Gomez ve diğ., 2007). Kek hamurunun yoğunluğu, kekin büyüklük ve tekstürel özelliklerinin yanı sıra hacim özelliklerini belirleyen önemli bir parametredir. Yüksek hamur yoğunluğu, hamurun içine daha az havanın nüfus ettiğini göstermektedir, bunun sonucunda hamur daha az hacimli olmaktadır. Ancak daha çok havanın nüfus etmesi ürünün raf ömrünü azaltacağından, kek ürünüde yüksek hamur yoğunluğu

istenilmektedir (Kim ve diğ., 2012). Hamur yoğunluğundaki bu artışın sebebi olarak, balkabağının yüksek oranda diyet lifi (yaklaşık %12) içermesi gösterilebilir. Buğday ununun farklı oranlarda yeşil çay tozu ile zenginleştirilmesi sonucu elde edilen kek ile yapılan çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiştir. Çalışma sonuçları incelendiğinde, artan oranlarda yeşil çay tozunun kekin hamur yoğunluğunu arttırdığı gözlenmiştir ve bunun sebebi olarak yeşil çayın yüksek oranda diyet lifi içermesi gösterilmiştir (Ming Lu ve diğ., 2010).

7.3.2 Nem miktarı

Kekin içinde bulunan su, ürünün tekstürel özelliklerini, yapısını ve depolama stabilitesini etkileyen önemli bir bileşendir. Özellikle depolama sırasında meydana gelen nem transferi, nişasta retrogradasyonunu etkileyen önemli parametrelerden biridir. Bu nedenle, kekin nem içeriğinin ve depolama sırasında gerçekleşen nem transferinin belirlenmesi, raf ömrü açısından önem taşımaktadır. %50 oranında dondurarak kurutulmuş balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kek ve kontrol kekinin 5 gün boyunca nem içeriği incelenmiş ve sonuçlar Çizelge 7.9’da verilmiştir. Çizelge 7.9 incelendiğinde, kontrol kekinin nem içeriğinin %32,9-41,5, %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin nem içeriğinin ise %36,3-43,2 değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir. Benzer sonuçlar, Ulziiargal ve diğ. (2013)’in ekmek (%36,57-39,53), Kim ve diğ. (2012)’in pandispanya keki (%30,11-32,17) ve Ming Lu ve diğ. (2010)’in yeşil çay tozu ilave edilmiş kek (%30,34-30,79) ile yaptıkları çalışma sonucunda elde edilmiştir. Sowmya ve diğ. (2009)’in susam yağı ile elde ettikleri kek (%20,3-21,6) ile yaptıkları çalışma sonuçlarına kıyasla yüksektir.

Çizelge 7.9: %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kek ve kontrol kekin 5 gün boyunca nem içerikleri.

Örnek ³	1.gün ¹	2.gün ²	3.gün	4.gün	5.gün
KK ^x	41,5±0,2 ^a	39,7±0,1 ^b	37,7±0,2 ^c	35,3±0,2 ^d	32,9±0,1 ^e
BTZK ^y	43,2±0,3 ^a	41,4±0,1 ^b	39,7±0,1 ^c	38,1±0,1 ^d	36,3±0,2 ^e

¹ Ortalama ± standart sapma

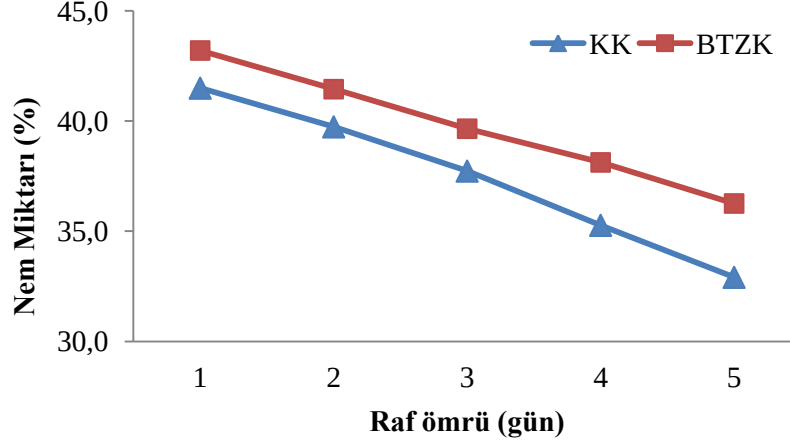
² Yatay sütundaki farklı harfler, gün bazında değerlerin istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (P < 0,05)

³ Dikey sütundaki farklı harfler, kek bazında değerlerin istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (P < 0,05)

Kontrol ve balkabağı tozu ilave edilmiş kek örneklerinin nem içeriğine depolamanın etkisi Şekil 7.6'da verilmiştir. Kontrol kekinin nem içeriği 1.gün %41,5 iken, 5.gün sonunda bu değerin %32,9'e düştüğü gözlenmiştir. %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin nem içeriği ise 1.gün %43,2 iken, 5.gün sonunda %36,3 değerine düşmüştür. 5 gün sonunda kontrol kekinin nem içeriğindeki azalma yaklaşık olarak %20 iken, balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin nem içeriğindeki azalma yaklaşık olarak %16 olmuştur. Depolama boyunca nem, kek hamurunun içinden kek hamurunun kabuğuna doğru olmaktadır ve daha sonra ürün yüzeyinden buharlaşmaktadır. Benzer şekilde, MiGao kek örneklerinin nem içeriğine raf ömrünün etkisini inceleyen bir çalışmada, kekin nem içeriğinin 5 gün sonunda %39,5'tan %28,3'e düştüğü gözlenmiştir (Ji ve diğ., 2007). Hanan ve Ahmed (2013)'in karpuz ve kavun kabuğu tozu ilave edilmiş kek, Zhou ve diğ. (2011)'in katlı kek, Indrani ve diğ. (2000) Hindistan'a özgü Parotta ekmeği ve Patela ve diğ. (2005)'in ekmek ile yaptıkları çalışma sonucunda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Chiavaroa ve diğ. (2008)'in ekmek ile yaptıkları çalışmada ise nem içeriğinin depolama boyunca değişmediği gözlenmiştir.

Kontrol keki ve balkabağı tozu ilave edilmiş kekin nem içerikleri istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0,05$). Sonuçlar incelendiğinde, balkabağı tozu ilavesinin kekin nem içeriğini yaklaşık olarak %5 oranında arttırdığı gözlenmiştir. Nem içeriği bayatlamayı etkileyen önemli bir parametredir ve yüksek su aktivite değeri nişasta retrogradasyonunu yavaşlatmaktadır. Yapılan bilimsel çalışmalar, ekmeğin nem içeriğinin %2 oranında artmasının nişasta retrogradasyonunu yavaşlattığını ve ekmeğin raf ömrünü 1 gün uzattığını kanıtlamıştır (Seyhun ve diğ., 2005). Bu nedenle, kekin nem içeriğindeki bu artışın, nişasta retrogradasyonunu yavaşlatacağı düşünülmektedir. Benzer sonuçlar, yapılan diğer çalışmalar sonucunda elde edilmiştir. Ptitchkina ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, ekmek ununu %5, %10, %25 ve %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirmişler ve balkabağı tozunun ekmeğin nem içeriğine etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, balkabağı tozunun ekmeğin nem içeriğini attırdığı gözlenmiştir. Özellikle en yüksek artışın, %50 oranında balkabağı tozunun ilave edildiği ekmek örneğinde gözlemlendiği belirtilmiştir. %5, %10 ve %15 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilen ekmek ile yapılan diğer bir çalışmada ise, tüm oranlarda balkabağı tozu ilavesinin ekmeğin nem içeriğini arttırdığı, en yüksek artışın ise %15 oranında balkabağı tozu ilave edilmiş

ekmek örneklerinde elde edildiği belirtilmiştir (Nadiah ve diğ., 2007). Rakcejeva ve diğ. (2011)'in beyaz ekme ile yaptıkları çalışmada ise balkabağı tozu ilavesinin nem içeriğinde herhangi bir değişikliğe neden olmadığı gözlenmiştir.



Şekil 7.6: Kontrol ve balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin nem içeriğine raf ömrünün etkisi.

7.3.3 Su aktivitesi

Kek ürününde orta ve yüksek su aktivite değerleri sebebiyle gelişen küf ve mikroorganizmalar sonucu tat ve tekstürel özelliklerde istenmeyen etkiler meydana gelmektedir ve ürünün raf ömrü kısalmaktadır. Su aktivitesi, bu istenmeyen etkileri önlemek ve ürünün raf ömrünü uzatmak açısından çok önemli bir parametredir (Bernasconi, 2011). Kontrol ve balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin raf ömrü süresince su aktivite değerleri Çizelge 7.10'da verilmiştir.

Çizelge 7.10: %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kek ve kontrol kekin su aktiviteleri.

Örnek ³	1.gün ¹	2.gün ²	3.gün	4.gün	5.gün
KK ^x	0,89±0,6 ^a	0,89± 0,6 ^a	0,90± 0,6 ^a	0,90± 0,0 ^a	0,91± 0,6 ^a
BTZK ^x	0,90±0,0 ^a	0,89± 0,6 ^a	0,90± 0,6 ^a	0,91± 0,6 ^a	0,91±0,0 ^a

¹ Ortalama ± standart sapma

² Yatay sütundaki farklı harfler, gün bazında değerlerin istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (P < 0,05)

³ Dikey sütundaki farklı harfler, kek bazında değerlerin istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (P < 0,05)

Kontrol kekinin ve %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin su aktivite değerleri 0,89-0,91 arasında değişmektedir. Benzer sonuçlar, Ming Lu ve

diğ. (2010)'in pandispanya keki (0,90-0,91), Ji ve diğ. (2007)'in MiGao keki (ort. 0,92) ve Roca ve diğ. (2006)'in pandispanya keki (0,86-0,88) ile yaptıkları çalışmada elde edilmiştir. Bu sonuçlar, Wang ve diğ. (2004)'in beyaz ekmek (0,95-0,97) ile yaptıkları çalışma sonuçlarına kıyasla düşüktür. Balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin su aktivite değerleri istatistiksel olarak kontrol kekinin su aktivite değerlerinden farklı değildir ($P<0,05$). Bu sonuç, balkabağı tozunun kekin su aktivitesi üzerinde etkisinin olmadığını göstermektedir. Buna ek olarak, her iki kek örneği için su aktivite değerlerinin raf ömrü süresince değişmediği gözlenmiştir. Benzer sonuçlar, Ji ve diğ. (2007)'in MiGao keki ve Czuchajowska ve Pomeranz (2007)'in beyaz ekmek ile yapılan çalışma sonucunda elde edilmiştir.

7.3.4 Tekstür profil analizi

Tekstür, kekin yapısı, duyuşal özellikleri ve sertlik, çiğnenebilirlik, sululuk gibi karakteristik özelliklerini belirtir ve kekin tüketici tarafından kabulünü ve raf ömrünü direkt olarak etkilediği için çok önemli bir parametredir. Kekin depolama sırasında meydana gelen nişasta retrogradasyonu ve nem transferi sonucu kekin tekstürel özelliklerinde azalma gerçekleşmektedir ve ürünün raf ömrü azalmaktadır. Balkabağı tozunun kekin raf ömrü üzerine etkisinin incelenebilmesi için kekin tekstürel özelliklerinin tespiti önemlidir. Kontrol kekinin ve %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin sertlik, yapışkanlık ve esneklik değerleri Çizelge 7.11'de, sakızımsılık ve çiğnenebilirlik değerleri ise Çizelge 7.12'de verilmiştir. Bu değerlerin depolama ile değişimi Şekil 7.7'de verilmiştir.

Kontrol kekinin sertlik değerleri 3,20-5,50 N arasında değişmekte iken, %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin sertlik değerleri 1,69-2,76 N arasında değişmektedir. Benzer sonuçlar; Hwan Kim ve diğ. (2012)'in pandispanya keki (4,63-6,41 N), Ming Lu ve diğ. (2010)'un yeşil çay tozu ile zenginleştirilmiş kek (1,73-3,27 N), Chueamchaitrakun ve diğ. (2011)'in pirinç unu ile elde ettikleri kek (0,69-1,82 N), Paraskevopoulou ve Kiosseoglou (1997)'in yumurta sarısı konsantresi ile zenginleştirilmiş kek (2,8-7,8 N), Gomez ve diğ. (2011)'in dondurulmuş hamur ile elde ettikleri kek (3,94-7,18 N), Hera ve diğ. (2012)'in mercimek unu ile elde ettikleri kek (2,38-8,27 N) ve Matsakidou ve diğ. (2010)'in margarin ve ekstra saf zeytinyağı kullanarak elde ettikleri kek (2,29-3,39 N) ile yaptıkları çalışma sonucunda elde edilmiştir.

Çizelge 7.11: %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kek ve kontrol kekin sertlik, yapışkanlık ve esneklik değerleri.

Raf ömrü	Sertlik (N) ¹		Yapışkanlık ²		Esneklik (mm) ³	
	KK ^x	BTZK ^y	KK ^x	BTZK ^x	KK ^x	BTZK ^x
1.gün	3,20±0,04 ^a	1,69±0,01 ^a	0,41±0,01 ^a	0,38±0,01 ^a	5,91±0,12 ^a	5,63±0,12 ^a
2.gün	3,62±0,04 ^b	1,85±0,01 ^b	0,38±0,01 ^b	0,36±0,00 ^b	5,57±0,04 ^b	5,24±0,03 ^b
3.gün	4,06±0,05 ^c	2,15±0,01 ^c	0,35±0,01 ^c	0,32±0,00 ^c	5,31±0,01 ^c	5,11±0,02 ^c
4.gün	5,19±0,08 ^d	2,31±0,01 ^d	0,33±0,01 ^d	0,31±0,00 ^d	5,19±0,00 ^d	5,01±0,01 ^d
5.gün	5,50±0,15 ^e	2,76±0,16 ^e	0,30±0,01 ^e	0,29±0,01 ^e	5,05±0,04 ^e	4,94±0,05 ^e

¹ Ortalama ± standart sapma

² Dikey sütundaki farklı harfler, gün bazında değerlerin istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (P < 0,05)

³ Yatay sütundaki farklı harfler, kek bazında değerlerin istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (P < 0,05)

Çizelge 7.12: %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kek ve kontrol kekin sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri.

Raf ömrü ³	Sakızimsılık (N) ¹		Çiğnenebilirlik (Nmm) ²	
	KK ^x	BTZK ^y	KK ^x	BTZK ^y
1.gün	1,22± 0,02 ^a	0,58± 0,01 ^a	7,50± 0,03 ^a	3,09± 0,02 ^a
2.gün	1,39± 0,06 ^b	0,63± 0,02 ^b	8,08± 0,06 ^b	3,21± 0,02 ^b
3.gün	1,52± 0,01 ^c	0,70± 0,01 ^c	9,00± 0,01 ^c	3,35± 0,02 ^c
4.gün	1,77± 0,02 ^d	0,76± 0,01 ^d	9,47± 0,08 ^d	3,44± 0,03 ^d
5.gün	1,85± 0,01 ^e	0,80± 0,01 ^e	9,70± 0,04 ^e	3,61± 0,04 ^e

¹ Ortalama ± standart sapma

² Dikey sütundaki farklı harfler, gün bazında değerlerin istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (P < 0,05)

³ Yatay sütundaki farklı harfler, kek bazında değerlerin istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (P < 0,05)

Sonuçlar incelendiğinde, sertlik değerlerinin depolama süresince arttığı gözlenmiştir (Şekil 7.7). Bunun sebebi, kekin depolanması sırasında meydana gelen nişasta retrogradasyonu nedeniyle, ürünün nem kaybetmesidir, böylece ürünün sertliği artmaktadır (Chueamchaitrakun ve diğ., 2011). Bu sonuç, Bölüm 7.3.2’de verilen balkabağı ile zenginleştirilmiş kek ile kontrol kekinin depolama süresince nem içeriğinin azalması ile paralellik göstermektedir. Benzer sonuçlar, Ji ve diğ.

(2007)'in MiGao keki, Ziobro ve diğ. (2013)'in glutensiz ekmek, Gomez ve diğ. (2007)'in katlı kek ve Ulziijargal ve diğ. (2013)'in mantar ile zenginleştirilmiş ekmek ile yaptığı çalışmalar sonucunda elde edilmiştir.

%50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin sertlik değerleri istatistiksel olarak kontrol kekinin sertlik değerlerinden farklıdır ($P<0,05$). Sonuçlar, balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin sertlik değerlerinin kontrol kekine kıyasla daha düşük olduğunu göstermektedir. Buna ek olarak, balkabağı tozu ilavesi ile kekin depolama süresince sertlik değerindeki artışı %72'den %62'ye düşmektedir. Balkabağı tozunun, kekin sertlik özelliklerini iyileştirerek, üründe bayatlamayı geciktirdiği ve ürünün kalitesini arttırdığı düşünülmektedir. Benzer sonuç, Ho Lee ve diğ. (2002)'in noddle ürünü ile yaptığı çalışmada elde edilmiştir. Çalışmada sonucunda, %10 oranında balkabağı tozu ilavesinin ürünün sertlik değerini azalttığı gözlenmiştir.

Yapışkanlık, gıda yapısının iç direncini gösteren bir özelliktir ve gıdanın diğer bir malzemeyi kendine yapıştırabilme kabiliyetini gösterir (Ming Lu ve diğ., 2010). Kontrol kekinin yapışkanlık değerleri 0,30-0,41 arasında değişirken, %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin yapışkanlık değerleri 0,29-0,38 arasında değişmektedir. Benzer sonuçlar, Chueamchaitrakun ve diğ. (2011)'in pirinç unu kullanarak elde ettikleri kek (0,14-0,46), Hera ve diğ. (2012)'in nohut unu ile zenginleştirilmiş kek (0,35-0,65), Gupta ve diğ. (2011)'in kurabiye (0,17-1,21) ile yaptıkları çalışma sonucunda elde edilmiştir. Ming Lu ve diğ. (2010)'in pandispanya keki (0,62-0,79), Gomez ve diğ. (2011)'in kek (0,63-0,66), Hwan Kim ve di. (2012)'in pandispanya keki (0,61-0,69), Gomez ve diğ. (2008)'in nohut unu ile zenginleştirilmiş kek (0,47-0,76) ve Chuang ve Yeh (2006)'in pirinç unu ile elde ettikleri kek (0,83-1,11) ile yaptıkları çalışma sonuçlarına kıyasla daha düşüktür.

Esneklik, ürünün aldığı darbe sonucu eski haline dönme kabiliyetini gösteren bir terimdir (Ming Lu ve diğ., 2010). Kontrol kekinin esneklik değerleri 5,12-5,91 arasında değişirken, %50 oranında balkabağı ile zenginleştirilmiş kekin esneklik değerleri 4,94-5,63 arasında değişmektedir. Benzer sonuçlar, Chueamchaitrakun ve diğ. (2011)'in pirinç unu kullanarak elde ettikleri kek (4,27-7,73) ve Hwan Kim ve diğ. (2012)'in pandispanya keki ile yaptıkları çalışma sonucunda elde edilmiştir. Chuang ve Yeh (2006)'in pirinç unu ile zenginleştirilmiş kek (1,26-1,98), Wilderjans ve diğ. (2010)'in kek (0,40-0,47), Hera ve diğ. (2012)'in mercimek unu ile

zenginleştirilmiş kek (0,66-0,91) ve Al-Muhtaseb ve diğ.(2013)'in Madeira keki (0,71-0,91) ile yaptıkları çalışma sonucuna kıyasla yüksektir.

Sonuçlar incelendiğinde, yapışkanlık ve esneklik değerlerinin depolama boyunca azaldığı gözlenmiştir (Şekil 7.7). Nişasta retrogradasyonuna bağlı olarak kekin bileşenleri arasındaki molekül içi çekimin azalması, kekin kuruması ve ufalanarak dağılmaya karşı eğimli olması sonucu kekin yapışkanlığı azalmaktadır (Gomez ve diğ., 2007). Esneklik ise, depolama boyunca nem içeriğinin azalması sonucu azalmaktadır. Esnekliğin ve yapışkanlığın azalması ise, bayatlamamanın önemli bir göstergesidir (Al-Muhtaseb, ve diğ., 2013). Benzer sonuçlar, Ziobro ve diğ. (2013)'in glutensiz ekmek, Ulziijargal ve diğ. (2013)'in mantar ile zenginleştirilmiş ekmek, Chiavaroa ve diğ. (2008)'in ekmek ve Gomez ve diğ. (2007)'in kek ile yaptıkları çalışma sonucunda elde edilmiştir. Balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin ve kontrol kekinin yapışkanlık ve esneklik değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark yoktur ($P < 0,05$). Balkabağı tozunun kekin yapışkanlık ve esneklik değerine önemli bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Benzer sonuç, Ho Lee ve diğ. (2002)'in noddle ürünü ile yaptığı çalışmada elde edilmiştir ve çalışma sonucunda balkabağı tozu ilavesinin ürünün yapışkanlık ve esneklik özelliğine etkisinin olmadığı belirtilmiştir.

Sakızımsılık, yarı katı bir gıdayı yutulmaya hazır hale getirmek için gerekli parçalama kuvvetini göstermektedir (Al-Muhtaseb ve diğ., 2013). Kontrol kekinin sakızımsılık değerleri 1,22-1,85 N arasında değişirken, %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin sakızımsılık değerleri 0,58-0,80 N arasında değişmektedir. Benzer sonuçlar, Chuang ve Yeh (2006)'in pirinç unu ile zenginleştirilmiş kek (0,71-2,18 N), Ming Lu ve diğ. (2010)'in yeşil çay tozu ile zenginleştirilmiş kek (1,37-2,05 N), Chueamchaitrakun ve diğ. (2011)'in pirinç unu içeren kek (0,12-0,69 N) ve Matsakidou ve diğ. (2010)'in margarin ve ekstra saf zeytinyağı kullanarak elde ettikleri kek (1,35-1,68 N) ile yaptıkları çalışma sonucunda elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Hwan Kim ve diğ. (2012)'in pandispanya keki (3,12-4,46) ve Al-Muhtaseb ve diğ. (2013)'in Madeira keki (1,88-3,16) ile yaptıkları çalışma sonuçlarına kıyasla düşüktür.

Çiğnenebilirlik, katı gıdaların çiğnenerek yutulabilir hale gelmesi için gereken kuvveti göstermektedir (Al-Muhtaseb ve diğ., 2013). Kontrol kekinin çiğnenebilirlik değerleri 7,50-9,70 N arasında değişirken, %50 oranında balkabağı tozu ile

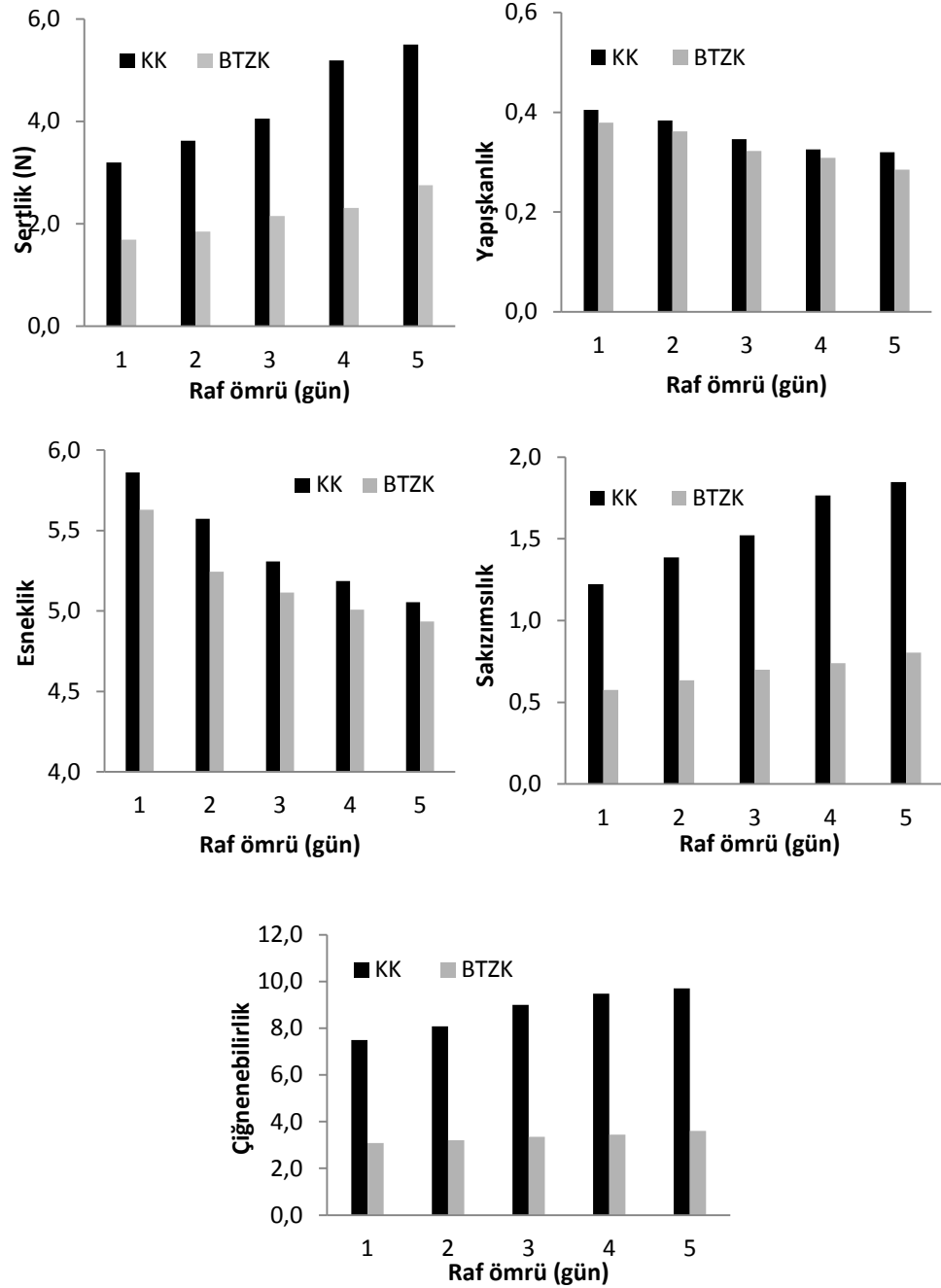
zenginleştirilmiş kekin çiğnenebilirlik değerleri 3,09-3,61 N arasında değişmektedir. Benzer sonuçlar, Gomez ve diğ. (2011)'in kek (2,95-4,34), Gomez ve diğ. (2008)'in nohut unu ile zenginleştirilmiş kek (1,96-4,73), Chueamchaitrakun ve diğ. (2011)'in pirinç unu ile zenginleştirilmiş kek (0,52-4,92) ile yaptıkları çalışmalar sonucunda elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Matsakidou ve diğ. (2010)'in margarin ve ekstra saf zeytinyağı kullanarak elde ettikleri kek (1,10-1,60) ve Chuang ve Yeh (2006)'in pirinç unu içeren kek (1,40-2,68) ile yaptıkları çalışma sonuçlarına kıyasla yüksektir.

Sonuçlar, kontrol kekinin ve %50 balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerinin depolama boyunca arttığını göstermektedir (Şekil 7.7). Sakızimsılık ve çiğnenebilirlik, genel olarak sertlik ile direkt olarak ilişkilidir. Depolama boyunca, nişasta retrogradasyonu sonucu, kekin nem içeriğinde azalma ve sertliğinde artma ve bunlara bağlı olarak ürünün sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerinde de artma olmaktadır (Gomez ve diğ., 2007). Bu sonuç, balkabağı ile zenginleştirilmiş kek ile kontrol kekinin sertlik sonuçları ile paralellik göstermektedir. Benzer sonuçlar, Ziobro ve diğ. (2013)'in glutensiz ekmek, Ji ve diğ. (2007)'in MiGao keki ve Gomez ve diğ. (2007)'in katlı kek ile yaptığı çalışmalar sonucunda elde edilmiştir. Ulziijargal ve diğ. (2013)'in mantar ile zenginleştirilmiş ekmek ile yaptıkları çalışmada ise, bu çalışmanın aksine sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerinin depolama süresince azaldığı gözlenmiştir.

Balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri istatistiksel olarak kontrol kekinin sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerinden farklıdır ($P<0,05$). %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri kontrol kekine kıyasla daha düşüktür. Buna ek olarak, balkabağı tozu ilavesi ile kekin depolama süresince sakızimsılık değerindeki artışı %51'den %38'e, çiğnenebilirlik değerindeki artışı ise %29'dan %16'ya düşmektedir. Bu sonuçlar, balkabağı tozunun kekin sakızimsızlık ve çiğnenebilirlik özelliklerini iyileştirerek ürünün kalitesini ve raf ömrünü arttırdığını göstermektedir.

Tüm sonuçlar incelendiğinde, kekin %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmesinin, kekin sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerini azalttığı, yapışkanlık ve esneklik değerlerine ise istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir (Şekil 7.7). Yapılan duyusal paneller sonucunda, en iyi tekstürel özellikler için kekin düşük sertlik, yüksek yapışkanlık, yüksek esneklik,

düşük sakızimsılık ve düşük çiğnenebilirlik özelliklerine sahip olması gerektiği belirtilmiştir (Al-Muhtaseb ve diğ., 2013). Balkabağı, kekte istenilen düşük sertlik, düşük sakızimsılık ve düşük çiğnenebilirlik özelliklerini sağlamış ve ürünün tekstürel özelliklerini iyileştirmiştir.



Şekil 7.7: Kontrol ve balkabağı ile zenginleştirilmiş kekin tekstür özelliklerinin depolama süresince değişimi.

7.3.5 Renk analizi

Renk özellikleri, kekin tüketici tarafından beğenirliğini direkt olarak etkileyen önemli bir özelliktir. %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kek ile kontrol kekinin kabuğunun renk özellikleri, L*, a* ve b* yardımıyla belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 7.13’de verilmiştir.

Çizelge 7.13: %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kek ve kontrol kekinin renk özellikleri.

Örnek ²	L ¹	a	b
KK	61,22± 1,06 ^a	0,58± 0,03 ^a	17,20± 0,18 ^a
BTZK	56,85± 0,28 ^b	7,24± 0,29 ^b	28,77± 0,54 ^b

¹ Ortalama ± standart sapma

² Her sütundaki farklı harfler, değerlerin istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (P < 0,05)

Kontrol kekinin L* değeri 61,22, a* değeri 0,58 ve b* değeri 17,20, %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin ise L* değeri 56,85, a* değeri 7,24 ve b* değeri 28,77 olarak bulunmuştur. Kim ve diğ. (2012)’in pandispanya keki ile yaptıkları çalışma sonucunda daha yüksek L*, daha düşük a* ve benzer b* değerleri elde edilmiştir. Ming Lu ve diğ. (2010)’in yeşil çay tozu ile elde edilmiş kek ile yaptıkları çalışma sonucunda daha düşük L* (42,98-49,02), benzer a* (5,60-11,68) ve b* (14,60-17,62) değerleri elde edilmiştir. Gomez ve diğ. (2011)’in kek ve ile yaptıkları çalışma sonucunda daha düşük L* (49,16-48,67), daha yüksek a* (14,25-15,00) ve benzer b* (18,23-19,29) değerleri elde edilmiştir. Singh ve Mohamed (2007)’in kurabiye ile yaptıkları çalışma sonucunda benzer L* (64,0-66,3), benzer a* (0,0-11,9) ve daha yüksek b* (33,1-38,1) değerleri elde edilmiştir. Chiavaroa ve diğ. (2008)’in ekmek ile yaptıkları çalışma sonucunda daha düşük L* (47,9-54,2) ve a* (9,6-10,9) ve benzer b* (11,7-20,1) değerleri elde edilmiştir. Ulziiargal ve diğ. (2013)’in mantar tozu ile zenginleştirilmiş ekmek ile yaptıkları çalışma sonucunda ise benzer L* (47,47-70,68), benzer a* (3,32-12,26) ve benzer b* (12,95-25,61) değerleri elde edilmiştir.

%50 oranında balkabağı tozu ilavesinin, kekin L* değerini azalttığı, a* ve b* değerlerini ise arttırdığı gözlenmiştir. L* değeri parlaklığı, +a* değeri kırmızıyı ve -a* değeri yeşili, +b* değeri sarıyı ve -b* değeri maviyi belirtmektedir (See ve diğ.,

2007). Sonuçlar göstermektedir ki, balkabağı tozu ilavesi sonucunda kekin parlaklığını azaltmış, kırmızılığını ve sarılığını arttırmıştır. Balkabağı ile zenginleştirilmiş kekin daha kırmızı ve daha sarı renge sahip olmasının sebebi balkabağı tozunun turuncu renkte olmasıdır. Parlaklığın azalması sonucu kek daha koyu renkte olmaktadır. Balkabağı ile zenginleştirilmiş kekin daha koyu renkte olmasının sebebi, pişirme sırasında meydana gelen şeker ve aminoasitler arasında meydana gelen Maillard reaksiyonları ve şekerin karamelizasyonu olabilir (Gomez ve diğ., 2008; See ve diğ., 2007; Gomez ve diğ., 2011). Buna ek olarak, keke buğday unu dışında farklı bir toz ekleme durumunda, tozun tipi ve rengi de kekin renk özelliklerini etkilemektedir (Kim ve diğ., 2012). Kekte koyu renk, tüketici beğenirliliği negatif olarak etkileyen ve istenmeyen bir özelliktir (Ulziijargal ve diğ., 2013). Benzer sonuçlar, See ve diğ. (2007)'in balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş ekmek ile yaptıkları çalışma sonucunda elde edilmiştir. Çalışmada, %15 oranında balkabağı tozu ilavesinin kekin L* değerlerini düşürürken, a* ve b* değerlerini arttırdığı gözlenmiştir. Rakcejeva ve diğ. (2011)'in balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş ekmek ile yaptıkları çalışmada da, balkabağı tozu ilavesinin ekmeğin L* değerini azalttığı, a* ve b* değerini yükselttiği gözlenmiştir. Ho Lee ve diğ. (2002)'in noodle ile yaptıkları çalışma sonucunda, %10 oranında balkabağı tozu ilavesinin benzer şekilde L* değerini azalttığı, a* ve b* değerlerini ise arttırdığı gözlenmiştir.

Renk, kekin tüketici tarafından kabulünü ilk olarak etkileyen bir özellik olduğu için çok önemli bir parametredir. Buna ek olarak, genel olarak rengin oluşumu pişirme işleminin son basamağında meydana geldiği için, doğru sonuçlar elde edebilmek için pişirme işleminin tamamlandığını değerlendirmek gerekmektedir. Genel olarak ürünün yüzey rengi, hamurun su içeriği, pH, indirgen şeker ve aminoasit miktarı gibi fizikokimyasal özelliklerine ve pişirme sırasında uygulanan sıcaklık, hava hızı, bağıl nem gibi işlem koşullarına bağlıdır.

7.3.6 Nişasta retrogradasyonu

Nişasta retrogradasyonu, depolama süresince kekin bayatlamasından sorumlu olan en önemli reaksiyondur (Ji ve diğ., 2007). Diferansiyel Tarama Kalorimetesi (DSC) ile nişasta retrogradasyonu reaksiyonu sırasında oluşan entalpi değişimleri hakkında bilgi alınabilmektedir (Sablani ve diğ., 2008). Bu amaçla, kontrol kekinin ve %50

oranında balkabağı ile zenginleştirilmiş kekin 5 gün boyunca her gün başlangıç değişim sıcaklığı (T_o), değişim sonrası sıcaklık (T_c), pik değişim sıcaklığı (T_p) ve entalpi değişimi (ΔH) belirlenmiştir ve sonuçlar sırasıyla Çizelge 7.14 ve Çizelge 7.15’de verilmiştir.

Çizelge 7.14: Kontrol kekinin T_o , T_p , T_c ve ΔH değerleri.

Raf ömrü	T_o ¹	T_p ²	T_c	ΔH (J/g)
1.gün	110,5±2,5 ^a	121,0±3,4 ^a	137,9±0,4 ^a	485,1±01,0 ^a
2.gün	108,6±0,7 ^a	122,0±0,5 ^a	138,0±0,1 ^a	515,7±11,2 ^b
3.gün	108,5±4,6 ^a	119,6±4,6 ^a	138,0±0,1 ^a	541,1±03,0 ^c
4.gün	109,3±1,6 ^a	121,6±1,6 ^a	137,9±0,2 ^a	569,6±37,2 ^d
5.gün	106,2±2,7 ^a	121,2±1,4 ^a	138,1±0,1 ^a	612,2±43,9 ^e

¹ Ortalama ± standart sapma

² Sütundaki farklı harfler, değerlerin istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir (P< 0,05)

Kontrol kekinin başlangıç değişim sıcaklığı (T_o) 106,2-110,5 °C, pik maksimum sıcaklığı (T_p) 119,6-122,0 °C ve değişim sonrası sıcaklık (T_c) 137,9-138,1 °C arasında değişmektedir. %50 balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin başlangıç değişim sıcaklığı (T_o) 106,0-108,5 °C, pik maksimum sıcaklığı (T_p) 114,7-122,4 °C ve değişim sonrası sıcaklık (T_c) 138,0-138,2 °C arasında değişmektedir. Düşük su içeriğine sahip, nişasta/su karışımı bir ürün yani kek ısıtıldığında, iki adet endotermik pik ortaya çıkmaktadır. Bunlardan ilki, jelatinize olmuş granüller içinde amilopektinin tekrar kristallenmesidir ve bu pik 70°C civarında gözlenmektedir. Diğeri ise jelatinizasyon sırasında düşük sıcaklıklarda oluşan amiloz-lipid komplekslerinin birbirinden ayrılmasıdır ve bu pik 100°C civarında gözlenmektedir. (Primo Martin ve diğ., 2007). Amiloz-lipid komplekslerinin ayrılması, bir günden daha kısa bir zaman içinde oluşurken, amilopektin kristallenmesi haftalar sürmektedir (Ji ve diğ., (2007). Kontrol ve %50 balkabağı ile zenginleştirilmiş keke ait grafikler incelendiğinde 100°C civarında tek bir pik gözlenmiştir, 100°C civarında ortaya çıkan bu pikin amiloz-lipid komplekslerinin ayrılması nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmektedir. Kontrol kekinin ve balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin oda sıcaklığında depolanması süresince, T_o , T_p ve T_c değerlerindeki farkın istatistiksel

olarak önemli olmadığı gözlenmiştir ($P < 0,05$). Benzer sonuçlar, Ji ve diğ. (2007)'in MiGao keki, Wilderjans ve diğ. (2010)'in ekmek, Shaikh ve diğ. (2007)'in chapatti ile yaptıkları çalışma sonucunda elde edilmiştir. Indrani ve diğ. (2000)'in ekmek, Barcenas ve Rosell (2007)'in ekmek, Ji ve diğ. (2010)'in MiGao keki ve Salehifar ve diğ. (2011)'in düz ekmek ile yaptığı çalışmada daha düşük T_0 , T_p ve T_c değerler elde edilmiş ancak bu değerler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı gözlenmiştir.

Çizelge 7.15: %50 balkabağı tozu içeren kekin T_0 , T_p , T_c ve ΔH değerleri.

Raf ömrü	T_0	T_p	T_c	ΔH (J/g)
1.gün	107,6±1,0 ^a	120,1±1,4 ^a	138,2±0,1 ^a	475,2±06,9 ^a
2.gün	108,5±0,9 ^a	122,4±1,1 ^a	138,1±0,2 ^a	481,6±09,3 ^b
3.gün	104,5±1,4 ^a	114,7±0,2 ^a	138,1±0,3 ^a	509,5±16,0 ^c
4.gün	108,1±0,9 ^a	120,3±0,7 ^a	138,0±0,4 ^a	545,3±36,8 ^d
5.gün	106,0±3,4 ^a	120,9±1,6 ^a	138,1±0,0 ^a	577,5±18,6 ^e

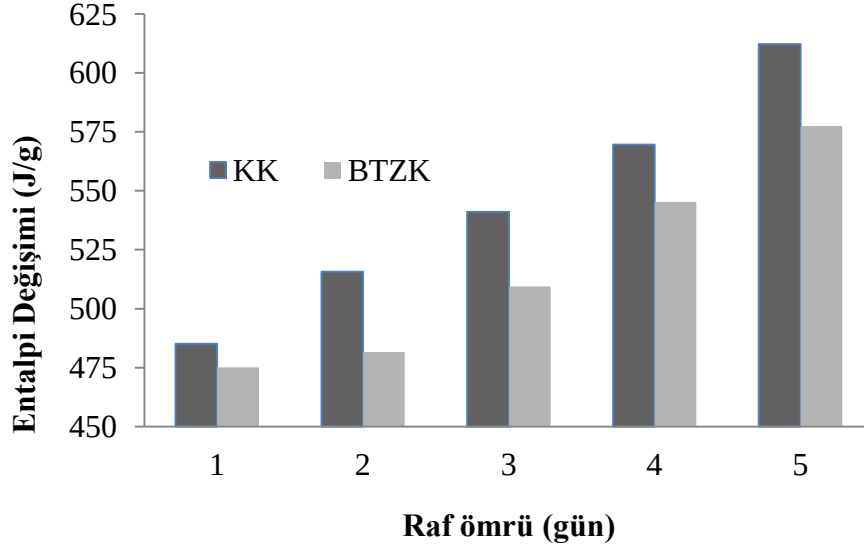
¹ Ortalama ± standart sapma

² Sütundaki farklı harfler, değerlerin istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir

($P < 0,05$)

Kontrol kekinin ve %50 oranında balkabağı ile zenginleştirilmiş kekin entalpi değişiminin (ΔH) depolama süresince değişimi Şekil 7.8'de verilmiştir. Kontrol kekinin entalpi değişimi (ΔH) 485,1-612,2 J/g arasında değişirken, %50 oranında balkabağı ile zenginleştirilmiş kekin entalpi değişimi (ΔH) 475,2-577,5 J/g arasında değişmektedir. Benzer sonuçlar, Salehifar ve diğ. (2011)'in düz ekmek (193,47-481,35), Shaikh ve diğ. (2007)'in chapatti (539,97-594,06) ve Salehifar (2011)'in ekmek 312,69-571,42 ile yaptıkları çalışma sonucunda elde edilmiştir. Indrani ve diğ. (2000)'in ekmek, Ji ve diğ. (2010)'in MiGao keki ile yaptıkları çalışma sonucunda daha düşük değerler elde edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, kontrol kekinin ve balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin entalpi değişimi değerlerinin depolama süresince arttığı gözlenmiştir. Depolama sırasında, kristaller kendini yenilerler ve kristallik özelliklerini yeniden kazanırlar. Bu nedenle, depolama süresi arttıkça, kendini yenileyen ve kristallik özelliğini yeniden kazanan kristaller erime için daha fazla enerjiye ihtiyaç duyarlar. Depolama süresinin arttıkça, retrogradasyon enerjisinin artmasının sebebi budur (Salehifar ve diğ., 2011). Benzer sonuçlar, Ji ve diğ. (2007)'in MiGao keki, Ribotta ve Le Bail (2007)'in ekmek, Salehifar ve diğ.

(2011)'in düz ekmek, Primo-Martin ve diğ. (2007)'in ekmek, Patel ve diğ. (2005)'in ekmek, Ji ve diğ. (2010)'in MiGao keki, Barcenar ve Rosell (2007)'in ekmek, Indrani ve diğ. (2000)'in ekmek, Salehifar (2011)'in ekmek, Shaikh ve diğ. (2007)'in chapatti ile yaptıkları çalışma sonucunda elde edilmiştir.



Şekil 7.8: Kontrol ve baskabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin depolama süresince entalpi değişim değerleri.

Sonuçlar incelendiğinde, baskabağı tozu ilavesinin kekin T_o , T_p ve T_c değerlerine bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Şekil 7.8 incelendiğinde baskabağı tozu ilavesinin kekin entalpi değişimi (ΔH) değerlerini azalttığı ve nişasta retrogradasyonunu yavaşlattığı gözlenmiştir. Kontrol kekinin entalpi değişimi (ΔH) değeri depolama süresi boyunca yaklaşık %26 oranında artarken, %50 oranında baskabağı tozu ilavesi sonucunda, entalpi değişimi (ΔH) değeri depolama süresi boyunca yaklaşık %21 olarak artmaktadır. Bayatlama prosesi ürünün nişasta içeriği ile yakından ilgilidir. Yapılan çalışmalar, nişasta miktarının artmasının nişasta retrogradasyonunu hızlandırdığını göstermektedir (Ji ve diğ., 2007). Baskabağı tozu ilavesinin kekin entalpi değişimi (ΔH) değerlerini azaltmasının ve nişasta retrogradasyonunu yavaşlatmasının sebebi olarak, baskabağı tozunun buğday ununa kıyasla daha düşük nişasta içeriğine sahip olması düşünülmektedir. Her ne kadar nişasta bayatlama prosesinde önemli bir rol oynasa da, matriks içinde yer alan nişasta ve diğer bileşenler arasındaki etkileşimler nedeniyle bu proses tam olarak açıklığa kavuşmamıştır (Ribotta ve Le Bail, 2007). Literatürde, baskabağı tozunun nişasta retrogradasyonuna etkisini inceleyen herhangi bir çalışma bulunamamıştır.

8. SONUÇLAR

Bu çalışmada, lif, vitamin ve karetoneidler bakımından zengin olan balkabağının kurutularak raf ömrünün arttırılması ve elde edilen balkabağı tozunun gıda sistemleri içinde değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, balkabağı tozu elde etmek amacıyla sıcak hava ile kurutma ve dondurarak kurutma yöntemleri kullanılmıştır. Balkabağı tozunun fizikokimyasal özellikleri (su ve yağ tutma özellikleri, suda çözünürlük özellikleri, emülsiyon aktivite ve stabilite özellikleri) ve kurutma metotlarının balkabağı tozunun fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisi karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Balkabağı tozunun, diğer ürünler içinde kullanımını ve stabilesinin belirlenemebilmesi amacıyla dondurarak ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun sorpsiyon özellikleri incelenmiş ve çeşitli matematiksel modeller yardımıyla modellenmiştir. Buna ek olarak, balkabağı tozunun kek formülasyonunda kullanımını belirlemek amacıyla kek belirli oranda balkabağı tozu ile zenginleştirilmiştir. Balkabağı tozunun kekin fiziksel (nem miktarı, hamur yoğunluğu, su aktivitesi) ve kalite özelliklerine (tekstür özellikleri, renk, DSC ile entalpi miktarı) etkisi incelenmiştir. Depolamanın etkisini incelemek amacıyla kek örnekleri 5 gün süreyle depolanmıştır.

Dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun fizikokimyasal özellikleri incelendiğinde, balkabağı tozu örneklerinin yüksek su ve yağ tutma kapasitelerine, ortalama emülsiyon aktivitesine ve yüksek emülsiyon stabilitesine, düşük suda çözünürlük özelliklerine sahip olduğu görülmüştür. Dondurarak ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun fizikokimyasal özellikleri bu ürünlerin gıda sisteminde kullanılmaları için uygundur ve bu özellikler kek bisküvi gibi gıda sistemleri içinde ağız dokusunun ve aromanın ağızda kalma süresinin geliştirilmesi gibi avantajlar sağlayabilmektedir. Sonuçlara göre, kurutma tipi gıdaların su tutma ve yağ tutma özelliklerini etkileyen önemli faktörlerden biridir ve dondurarak kurutma işlemi ile sıcak hava ile kurutma işlemine kıyasla daha yüksek yağ ve su tutma kapasiteli ve daha iyi emülsiyon özelliklerine sahip ürünler

elde edilmektedir. Ancak suda çözünürlük özellikleri üzerine kurutma yönteminin etkisi olmadığı gözlenmiştir.

Gıdaların sorpsiyon özellikleri, gıda ile bulundukları ortam arasındaki nem alışverişinin tahmin edilmesi, gıdaların stabilitelerini, dolayısı ile de raf ömürlerini etkilediği için son derece önem arz etmektedir. Dondurarak kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozu örneklerinin yüksek nem sorpsiyon özelliklerine sahip olduğu ve sorpsiyon izotermelerinin, Braunauer sınıflandırmasına göre karakteristik J-şekile sahip Tip III izotermine uygun karakteristik özellik gösterdiği gözlenmiştir. Sıcaklık nem sorpsiyon üzerinde etkilidir, dondurarak kurutulmuş balkabağı tozunun sıcaklık arttıkça daha az higroskopik hale geldiği ve daha az nem adsorbladığı gözlenmiştir. Kurutma metodunun etkisi incelendiğinde, dondurarak kurutma yöntemi ile sıcak hava ile kurutma yöntemine kıyasla daha iyi nem adsorplama özellikte ürün elde edildiği gözlenmiştir. Modelleme sonuçları incelendiğinde, Oswin, Iglesias ve Chirifie, Henderson ve Halsey modellerinin hem dondurarak kurutulmuş hemde sıcak hava ile kurutulmuş balkabağı tozunun tüm deneysel verilerini temsil edecek en iyi model oldukları görülmüştür.

Balkabağı tozunun kekin fiziksel özelliklerine etkisi incelenmiştir. %50 oranında balkabağı tozu ilavesinin kekin hamur yoğunluğunu ve nem içeriği değerini arttırdığı gözlenmiştir. Ancak, su aktivitesi değerine önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Keklerin depolama süresince nem içeriklerinin azaldığı gözlenmiştir, ancak balkabağı ilavesi ile bu azalma daha yavaş olmaktadır ve ürünün kalitesi artmaktadır.

Kek örneklerinin depolama süresince sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik özelliklerinin arttığı, yapışkanlık ve esneklik özelliklerinin azaldığı gözlenmiştir. Kekin %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmesinin, kekin sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerini azalttığı, yapışkanlık ve esneklik değerlerine etkisinin ise az olduğu gözlenmiştir. Balkabağı, kekte istenilen düşük sertlik, düşük sakızimsılık ve düşük çiğnenebilirlik özelliklerini sağlamış ve ürünün tekstürel özelliklerini iyileştirmiştir.

Renk özellikleri incelendiğinde, balkabağı tozu ilavesinin kekin parlaklığını azalttığı, kırmızılığını ve sarılığını arttırdığı gözlenmiştir. Balkabağı ile zenginleştirilmiş kekin daha kırmızı ve daha sarı renge sahip olmasının sebebi balkabağı tozunun

turuncu renkte olmasıdır. Balkabağı ilavesi ile pişirme sırasında meydana gelen Maillard reaksiyonu sebebiyle kek daha koyu renkte olmaktadır.

Balkabağı tozunun bayatlama üzerine etkisi incelendiğinde, balkabağı tozu ilavesinin kekin T_o , T_p ve T_c değerlerine bir etkisinin olmadığı ancak kekin entalpi değişimi (ΔH) değerlerini azalttığı ve nişasta retrogradasyonunu yavaşlattığı gözlenmiştir. Kontrol kekinin ve balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin entalpi değişimi değerlerinin depolama süresince arttığı gözlenmiştir.

Bu çalışma ile elde edilen tüm sonuçlar, balkabağı tozunun iyi fizikokimyasal ve sorpsiyon özellikler göstermesi sebebiyle, gıda sistemleri içinde fonksiyonel bir hammadde olarak kullanabileceğini göstermektedir. Ayrıca kek ürününde tekstürel, nem içeriği, renk gibi özelliklerini geliştirmek ve bayatlamayı geciktirmek amacı ile kullanılabileceğini göstermektedir. Bu çalışma, sıcak hava ve dondurarak kurutma haricinde farklı kurutma yöntemlerinin balkabağın tozunun fizikokimyasal ve sorpsiyon özelliklerine etkisinin incelenmesi ya da balkabağı tozunun %50 haricinde farklı oranlarda kek ürününe ilavesi ve kekin fiziksel ve kalite özelliklerine etkisinin araştırılması ile geliştirilebilir. Ayrıca yüksek lif ve vitamin içeren ve karetonoidler bakımından zengin olan balkabağı tozunun ürünün besinsel özelliklerine etkisinin incelenmesi gibi ileriye yönelik çalışmalar ile bu çalışma desteklenmelidir.

KAYNAKLAR

- Abadio, F. D. B., Domingues, A. M., Borges, S. V., Oliveira, V. M.** (2004). Physical properties of powdered pineapple (*Ananas comosus*) juice: Effect of maltodextrin concentration and atomization speed. *Journal of Food Engineering*, **64** (3), 285–287.
- Akanbi, C. T., Adeyemi, R. S., Ojo, A.** (2006). Drying characteristics and sorption isotherm of tomato slices. *Journal of Food Engineering*, **73**, 157-163.
- Akritidis, C. B., Tsatsarelis, C. A., Bagiatis, C. B.** (1988). Equilibrium moisture content of pumpkin seed. *Transactions of the ASAE*, **31** (6), 1824-1828.
- Alkarkhi, A. F. M., Bin Ramli, S., Yong, Y. S., Easa, A. M.** (2011). Comparing physicochemical properties of banana pulp and peel flours prepared from green and ripe fruits. *Food Chemistry*, **129**, 312–318.
- Al-Muhtaseb, A. H., Hararah, M. A., Megahey, E. K., McMinn, W. A. M., Magee, T. R. E.** (2010). Moisture adsorption isotherms of microwave-baked Madeira cake. *LWT - Food Science and Technology*, **43**, 1042–1049.
- Al Muhtaseb, H., McMinn, W. A. M., Magee, T. R. A.** (2002). Moisture sorption isotherm characteristics of food products: a review. *Trans IChemE*, **80** (C), 118-128.
- Al-Muhtaseb, H., McMinn, W. A. M., Megahey, E., Neill, G., Ronnie, M., Rashid, U.** (2013). Textural characteristics of microwave-baked and convective-baked madeira cake. *Journal of Food Processing Technology*, **4** (2), 1-8.
- Arevalo-Pinedo, A. ve Murr, F. E. X.** (2007). Influence of pre-treatments on the drying kinetics during vacuum drying of carrot and pumpkin. *Journal of Food Engineering*, **80**, 152–156.
- Arevalo-Pinedo, A. ve Murr, F. E. X.** (2006). Kinetics of vacuum drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*): Modeling with shrinkage. *Journal of Food Engineering*, **76**, 562–567.
- Arslan, N. ve Toğrul, H.** (2005). Modelling of water sorption isotherms of macaroni stored in a chamber under controlled humidity and thermodynamic approach. *Journal of Food Engineering*, **69**, 133–145.
- Arslan, N. ve Toğrul, H.** (2006). The fitting of various models to water sorption isotherms of tea stored in a chamber under controlled temperature and humidity. *Journal of Stored Products Research*, **42**, 112–135.

- Barcenas, M. E. ve Rosell, C. M.** (2007). Different approaches for increasing the shelf life of partially baked bread: Low temperatures and hydrocolloid addition. *Food Chemistry*, **100**, 1594–1601.
- Bejar, A. K., Mihoubi, N. B., Kechaou, N.** (2012). Moisture sorption isotherms – Experimental and mathematical investigations of orange (*Citrus sinensis*) peel and leaves. *Food Chemistry*, **132**, 1728–1735.
- Bertuzzi, M. A., Castro Vidaurre, E. F., Armada, M., Gottifredi, J. C.** (2007). Water vapor permeability of edible starch based films. *Journal of Food Engineering*, **80**, 972–978.
- Borchani, C., Besbes, S., Masmoudi, M., Blecker, C., Paquot, M., Attia, H.** (2011). Effect of drying methods on physico-chemical and antioxidant properties of date fibre concentrates. *Food Chemistry*, **125**, 1194–1201.
- Catelam, K. T., Trindade, C. S. F., Romero, J. T.** (2011). Water adsorption isotherms and isosteric sorption heat of spray-dried and freeze-dried dehydrated passion fruit pulp with additives and skimmed milk. *Ciênc. Agrotec.*, **35** (6), 1196-1203.
- Chang, C. H., Lin, H. Y., Chang, C. Y., Liu, Y. C.** (2006). Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. *Journal of Food Engineering*, **77**, 478–485.
- Chin, S. T., Nazimah, S. A. H., Quek, S. Y., Man, Y. B. C., Rahman, R. A., Hashim, D. M.** (2008). Changes of volatiles' attribute in durian pulp during freeze- and spray-drying process. *LWT - Food Science and Technology*, **41**, 1899-1905.
- Chiavaro, E., Vittadinia, E., Musci, M., Bianchi, F., Curtia, E.** (2008). Shelf-life stability of artisanally and industrially produced durum wheat sourdough bread (Altamura bread). *LWT*, **41**, 58–70.
- Chuang, G. C. C. ve Yeh, A.** (2006). Rheological characteristics and texture attributes of glutinous rice cakes (mochi). *Journal of Food Engineering*, **74**, 314–323.
- Chueamchaitrakun, P., Chompreeda, P., Haruthaithanasan, V., Suwonsichon, T., Kasemsamran, S., Prinyawiwatkul, W.** (2011). Sensory descriptive and texture profile analyses of butter cakes made from composite rice flours. *International Journal of Food Science and Technology*, **46**, 2358–2365.
- Correa, S. C., Clerici, M. T. P. S., Garcia, J. S., Ferreira, E. B., Eberlin, M. N., Azevedo, L.** (2011). Evaluation of dehydrated marolo (*Annona crassiflora*) flour and carpels by freeze-drying and convective hot-air drying. *Food Research International*, **44**, 2385–2390.
- Czuchajowska, Z., Pomeranz, Y.** (1989). Differential scanning calorimetry, water activity, and moisture contents in crumb center and nearcrust zones of bread during storage. *Cereal Chemistry*, **66**, 305–309.
- Debnath, S., Hemavathy, J., Bhat, K. K.** (2002). Moisture sorption studies on onion powder. *Food Chemistry*, 479-482.

- De la Hera, E., Ruiz Paris, E., Oliete, B., Gomez, M.** (2012). Studies of the quality of cakes made with wheat-lentil composite flours. *LWT - Food Science and Technology*, **49**, 48-54.
- De Sousa, A. S., Borges, S. V., Magalhaes, N. F., Ricardo, H. V., Azevedo, A. D.** (2008). Spray-dried tomato powder: Reconstitution properties and colour. *Brazilian Archives Of Biology And Technology*, **51 (4)**, 807-814.
- Doymaz, İ.** (2007). The kinetics of forced convective air-drying of pumpkin slices. *Journal of Food Engineering*, **79**, 243–248.
- Fıratlıgil-Durmuş, F. E.** (2008). Kırmızı biber tohumunun endüstriyel olarak değerlendirilmesi, protein ekstraksiyonu, fonksiyonel özellikleri ve mayonez üretiminde kullanımı (doktora tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Gabas, A. L., Telis, V. R. N., Sobral, P. J. A., Telis-Romero, J.** (2007). Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. *Journal of Food Engineering*, **82**, 246–252.
- Gan, C. Y. ve Latiff, A. A.** (2010). Antioxidant Parkia speciosa pod powder as potential functional flour in food application: Physicochemical properties characterization. *Food Hydrocolloids*, 1-7.
- Gomez, M., Oliete, B., Rosell, C. M., Pando, V., Fernandez, E.** (2008). Studies on cake quality made of wheatechickpea flour blends. *LWT - Food Science and Technology*, **41**, 1701-1709.
- Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P. A., Blanco, C. A., Rosell, C. M.** (2007). Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*, **21**, 167–173.
- Gomez, M., Ruiz, E., Oliete, B.** (2011). Effect of batter freezing conditions and resting time on cake quality. *LWT - Food Science and Technology*, **44**, 911-916.
- Goula, A. M., Karapantsios, T. D., Achillias, D. S., Adamopoulos, K. G.** (2008). Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp. *Journal of Food Engineering*, **85**, 73–83.
- Guine, R. P. F. ve Barroca, M. J.** (2012), Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and greenpepper). *Food and Bioproducts Processing*, **90**, 58–63.
- Guine, R. P. F., Pinho, S., Barroca, M. J.** (2011). Study of the convective drying of pumpkin (Cucurbita maxima). *Food and Bioproducts Processing*, **89 (4)**, 422.
- Gupta, M., Bawa, A. S., Ghannam, N. A.** (2011). Effect of barley flour and freeze–thaw cycles on textural nutritional and functional properties of cookies. *Food and Bioproducts Processing*, **89 (4)**, 520-527.
- Gürbüz, D.** (2006). Balkabağının ozmotik kurutulması ve ozmotik kurutmanın kurutma hızına ve tekrar su alma özelliğine etkisi (yüksek lisans tezi), sf. 4.

- Hanan, M. A. A. ve Ahmed, A. R.** (2013). Utilization of watermelon rinds and sharlyn melon peels as a natural source of dietary fiber and antioxidants in cake. *Annals of Agricultural Science*, **58** (1), 83-95.
- Hassan, F. A., İsmail, A., Hamid, A. A., Azlan, A., Al-sheraji, S. A.** (2011). Characterisation of fibre-rich powder and antioxidant capacity of Mangifera pajang K. fruit peels. *Food Chemistry*, **126**, 283–288.
- Indrani, D., Jyothsna Rao, S., Udaya Sankar, K., Venkateswara Rao, G.** (2000). Changes in the physical-chemical and organoleptic characteristics of parotta during storage. *Food Research International*, **33**, 323±329.
- Işıksal, S., Soyer, A., Ercan, E.** (2009). Sucuk ve pastırmanın desorpsiyon izotermlerine sıcaklığın etkisi. *Gıda Dergisi*, **34** (1), 11-20.
- Ji, Y., Zhu, K., Chen, Z. C., Zhou, H., Ma, J., Qian, H.** (2010). Effects of different additives on rice cake texture and cake staling. *Journal of Texture Studies*, **41**, 703–713.
- Ji, Y., Zhu, K., Qian, H., Zhou, H.** (2007). Staling of cake prepared from rice flour and sticky rice flour. *Food Chemistry*, **104**, 53–58.
- Kaleemullah, S., Kailappan, R.** (2004). Moisture Sorption Isotherms of Red Chillies. *Biosystems Engineering*, **88** (1), 95–104.
- Kaymak-Ertekin, F. ve Gedik, A.** (2004). Sorption isotherms and isosteric heat of sorption for grapes, apricots, apples and potatoes. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, **37**, 429–438.
- Klewick, R., Konopacka, D., Uzcwiwek, M.** (2009). Sorption isotherms for osmoconvectively-dried and osmo-freezedried apple, sour cherry, and blackcurrant. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 75–79.
- Kha, T. C., Nguyen, M. H., Roach, P. D.** (2010). Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. *Journal of Food Engineering*, **98**, 385–392.
- Kim, J. H., Lee, H. J., Lee, H. S., Lim, E. J., Imm, J. Y., Suh, H. J.** (2012). Physical and sensory characteristics of fibre-enriched sponge cakes made with *Opuntia humifusa*. *LWT - Food Science and Technology*, **47**, 478-484.
- Kuan, Y. H. ve Liong, M. T.** (2008). Chemical and physicochemical characterization of agrowaste fibrous materials and residues. *J. Agric. Food Chem.*, **56**, 9252–9257.
- Lahsasni, S., Kouhila, M., Mahrouz, M.** (2002). Adsorption–desorption isotherms and heat of sorption of prickly pear fruit (*Opuntia ficus indica*). *Energy Conversion and Management*, **45**, 249–261.
- Lee, C. H., Cho, J. K., Lee, S. J., Koh, W., Park, W., Kim, C. H.** (2002). Enhancing β -Carotene content in asian noodles by adding pumpkin powder. *Cereal Chem.*, **79** (4), 593–595.

- Lee, C. H., Chun, S. S., Kim, M. Y.** (2008). Quality characteristics of hard roll bread with concentrated sweet pumpkin powder. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, **37** (7), 914-920.
- Lee, J. H. ve Lee, M. J.** (2008). Effect of drying method on the moisture sorption isotherms for *Inonotus obliquus* mushroom. *LWT*, **41**, 1478–1484.
- Lu, T. M., Lee, C. C., Maud, J. L., Lin, S. D.** (2010). Quality and antioxidant property of green tea sponge cake. *Food Chemistry*, **119**, 1090–1095.
- Martin, C. P., van Nieuwenhuijzen, N. H., Hamera, R. J., van Vlieta, T.** (2007). Crystallinity changes in wheat starch during the bread-making process: Starch crystallinity in the bread crust. *Journal of Cereal Science*, **45**, 219–226.
- Martos, M. V., Navajas, Y. R., Sanchez, A. M., Zapata, E. S., Fernandez-Lopez, J., Sendra, E., Barbera, E. S., Navarro, C., Perez-Alvarez, J. A.** (2012). Chemical, physico-chemical and functional properties of pomegranate (*Punica granatum* L.) bagasses powder co-product. *Journal of Food Engineering*, **110**, 220-224.
- Marques, L. G., Prado, M. M., Freire, J. T.** (2009). Rehydration characteristics of freeze-dried tropical fruits. *LWT - Food Science and Technology*, **42**, 1232–1237.
- Matsakidou, A., Blekas, G., Paraskevopoulou, A.** (2010). Aroma and physical characteristics of cakes prepared by replacing margarine with extra virgin olive oil. *LWT - Food Science and Technology*, **43**, 949–957.
- McClements, D. J.** (2004). Emulsion stability, in: *Food Emulsions: Principles, Practices and Techniques*, Eds, McClements, D. J., 2nd ed., Boca Raton, FL, CRC Press.
- Mosquera, L. H., Moraga, G., Martinez-Navarrete, N.** (2010). Effect of maltodextrin on the stability of freeze-dried borojó (*Borojoa patinoi* Cuatrec.) powder. *Journal of Food Engineering*, **97**, 72–78.
- Mrad, N. D., Bonazzi, C., Boudhrioua, N., Kechaou, N., Courtois, F.** (2012). Influence of sugar composition on water sorption isotherms and on glass transition in apricots. *Journal of Food Engineering*, **111**, 403–411.
- Murkovic, M., Lleder, U. M., Neunteufl, H.** (2002). Carotenoid content in different varieties of pumpkins. *Journal Of Food Composition and Analysis*, **15**, 633–638.
- Nunez de Gonzalez, M. T., Hafley, B. S., Boleman, R. M., Miller, R. M., Rhee, K. S., Keeton, J. T.** (2009). Qualitative effects of fresh and dried plum ingredients on vacuum-packaged, sliced hams. *Meat Science*, **83**, 74–81.
- Paraskevopoulou, A. ve Kiosseoglou, V.** (1997). Texture profile analysis of heat-formed gels and cakes prepared with low cholesterol egg yolk concentrates. *Journal Of Food Science*, **62** (1), 208.
- Patela, B. K., Waniskab, R. D., Seetharamana, K.** (2005). Impact of different baking processes on bread firmness and starch properties in breadcrumb. *Journal of Cereal Science*, **42**, 173–184.

- Pavan, M. A., Schmidt, S. J., Feng, H.** (2012). Water sorption behavior and thermal analysis of freeze-dried, Refractance window-dried and hot-air dried açai (*Euterpe oleracea* Martius) juice. *LWT - Food Science and Technology*, **48**, 75-81.
- Perez, J. V. G., Carcel, J. A., Clemente, G., Mulet, A.** (2008). Water sorption isotherms for lemon peel at different temperatures and isosteric heats. *LWT*, **41**, 18-25.
- Provesi, J. G., Dias, C. O., Amante, E. R.** (2011). Changes in carotenoids during processing and storage of pumpkin puree. *Food Chemistry*, **128**, 195-202.
- Ptitchkina, N. M., Novokreschonova, L. V., Piskunova, G. V., Morris, E. R.** (1998). Large enhancements in loaf volume and organoleptic acceptability of wheat bread by small additions of pumpkin powder: Possible role of acetylated pectin in stabilising gas-cell structure. *Food Hydrocolloids*, **12**, 333-337.
- Ratti, C.** (2001). Hot air and freeze drying of high value foods: A review. *Journal of Food Engineering*, **49**, 311-319.
- Rakcejeva, T., Galoburda, R., Cude, L., Strautniece, E.** (2011). Use of dried pumpkins in wheat bread production. *Procedia Food Science*, **1**, 441-447.
- Ribotta, P. D., Le Bail, A.** (2007). Thermo-physical assessment of bread during staling. *WT*, **40**, 879-884.
- Roca, E., Guillard, V., Guilbert, S., Gontard, N.** (2006). Moisture migration in a cereal composite food at high water activity: Effects of initial porosity and fat content. *Journal of Cereal Science*, **43**, 144-151.
- Sablani, S. S., Shrestha, A. K., Bhandari, B. R.** (2008). A new method of producing date powder granules: Physicochemical characteristics of powder. *Journal of Food Engineering*, **87**, 416-421.
- Sadhna, A., Rohit, S., Fellow, R., Sahib, K. B.** (2006). Moisture adsorption characteristics of pea. *Journal of Research*, **43 (1)**, 54-58.
- Salehifar, M., Ardebili, M. S., Azizi, M. H.** (2011). Changes in wheat starch crystallinity during staling of flat breads: Effects of protein on retrogradation. *Journal of Food Biosciences and Technology*, **1**, 25-32.
- Salehifar, M.** (2011). Effects of protein variation on starch crystallinity and bread staling. 2011 International Conference on Food Engineering and Biotechnology, Singapore.
- Sandoval, A. J. ve Barreiro, J. A.** (2002). Water sorption isotherms of non fermentated cocoa beans (*Theobroma cocoa*). *Journal of Food Engineering*, **51**, 119-123.
- See, E. F., Wan Nadiah, W. A., Noor Aziah, A. A.** (2007). Physico-chemical and sensory evaluation of breads supplemented with pumpkin flour. *Asean Food Journal*, **14 (2)**, 123-130.

- Seo, J. S., Burrib, B. J., Quan, Z., Neidlinger, T. R. (2005).** Extraction and chromatography of carotenoids from pumpkin. *Journal of Chromatography A*, **1073**, 371–375.
- Seyhun, N., Sumnu, G., Şahin, S. (2005).** Effects of different starch types on retardation of staling of microwave-baked cakes. *Food and Bioproducts Processing*, **83 (C1)**, 1–5.
- Shaikh, I. M., Ghodke, S. K., Ananthanarayan, L. (2007).** Staling of chapatti Indian unleavened flat bread. *Food Chemistry*, **101**, 113–119.
- Sojak, M. ve Glowacki, S. (2010).** Analysis of giant pumpkin (*Cucurbita maxima*) drying kinetics in various technologies of convective drying. *Journal of Food Engineering*, **99**, 323–329.
- Simal, S., Femenia, A., Palou, A. C., Rossello, C. (2007).** Water desorption thermodynamic properties of pineapple. *Journal of Food Engineering*, **80**, 1293–1301.
- Singh, N., Kaur, M., Sandhu, K. S. (2005).** Physicochemical and Functional Properties of Freeze-Dried and Oven Dried Corn Gluten Meals. *Drying Technology*, **23**, 975–988.
- Sowmya, M., Jeyarani, T., Jyotsna, R., Indrani, D. (2009).** Effect of replacement of fat with sesame oil and additives on rheological, microstructural, quality characteristics and fatty acid profile of cakes. *Food Hydrocolloids*, **23**, 1827–1836.
- Tonon, R. V., Baroni, A. F., Brabet, C., Gibert, O., Pallet, D., Hubinger, M. D. (2009).** Water sorption and glass transition temperature of spray dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice. *Journal of Food Engineering*, **94**, 215–221.
- Tyug, T. S., Johar, M. H., Ismail, A. (2010).** Antioxidant properties of fresh, powder, and fiber products of mango (*Mangifera Foetida*) fruit. *International Journal of Food Properties*, **13 (4)**, 682 – 691.
- Ulziijargal, E., Yang, J. H., Lin, L. Y., Chen, C. P., Mau, J. L. (2013).** Quality of bread supplemented with mushroom mycelia. *Food Chemistry*, **138**, 70–76.
- Viswanathan, R., Jayas, D. S., Hulasare, R. B. (2003).** Sorption Isotherms of Tomato Slices and Onion Shreds. *Biosystems Engineering*, **86 (4)**, 465–472.
- Wang, X., Choi, S. G., Kerr, W. L. (2004).** Water dynamics in white bread and starch gels as affected by water and gluten content. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, **37**, 377–384.
- Wang, J., Li, Y. Z., Chen, R. R., Bao, J. Y., Yang, G. M. (2007).** Comparison of volatiles of banana powder dehydrated by vacuum belt drying, freeze-drying and air-drying. *Food Chemistry*, **104**, 1516–1521.
- Wilderjans, E., Luyts, A., Goesaert, H., Brijs, K., Delcour, J. A. (2010).** A model approach to starch and protein functionality in a pound cake system. *Food Chemistry*, **120**, 44–51.

- Wu, L., Orikasa, T., Ogawa, Y., Tagawa, A.** (2007). Vacuum drying characteristics of eggplants. *Journal of Food Engineering*, **83**, 422-429.
- Yan, Z., Sousa-Gallagher, M. J., Oliveira, F. A. R.** (2008). Sorption isotherms and moisture sorption hysteresis of intermediate moisture content banana. *Journal of Food Engineering*, **86**, 342-348.
- Xanthopoulou, M. N., Nomikos, T., Fragopoulou, E., Antonopoulou, S.** (2009). Antioxidant and lipoxygenase inhibitory activities of pumpkin seed extracts. *Food Research International*, **42**, 641-646.
- Zhou, J., Fabuion, J. M., Walker, C. E.** (2011). Evaluation of different types of fats for use in high-ratio layer cakes. *LWT - Food Science and Technology*, **44**, 1802-1808.
- Ziobro, R., Witczak, T., Juszczak, L., Korus, J.** (2013). Supplementation of gluten-free bread with non-gluten proteins: Effect on dough rheological properties and bread characteristic. *Food Hydrocolloids*, **32**, 213-220.
- Pumpkin Composition.** (t.y.). *National Agricultural Library*, Alındığı tarih: 19.04.2012, adres: http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-in/list_nut_edit.pl
- Pumpkin production.** (t.y.). *Food and Agriculture Organization Of The United Nations*, Alınan tarih: 27.04.2013, adres: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancr>
- Sebze ürünleri üretim miktarları.** (2012). *Türkiye İstatistik Kurumu*. Alındığı tarih: 19.04.2013, adres: http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb_id=45&ust_id=13

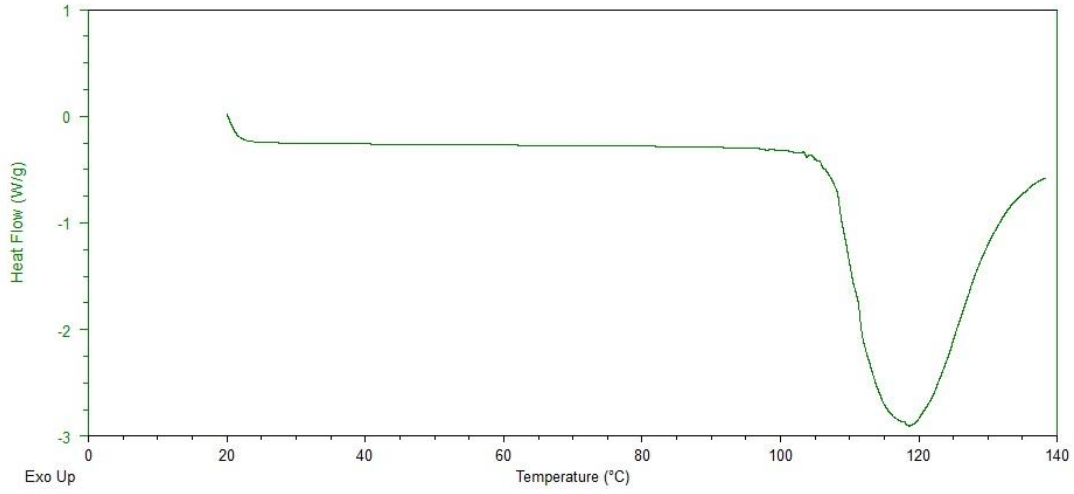
EKLER

EK A: Kontrol kekinin 5 günlük DSC diyagramları

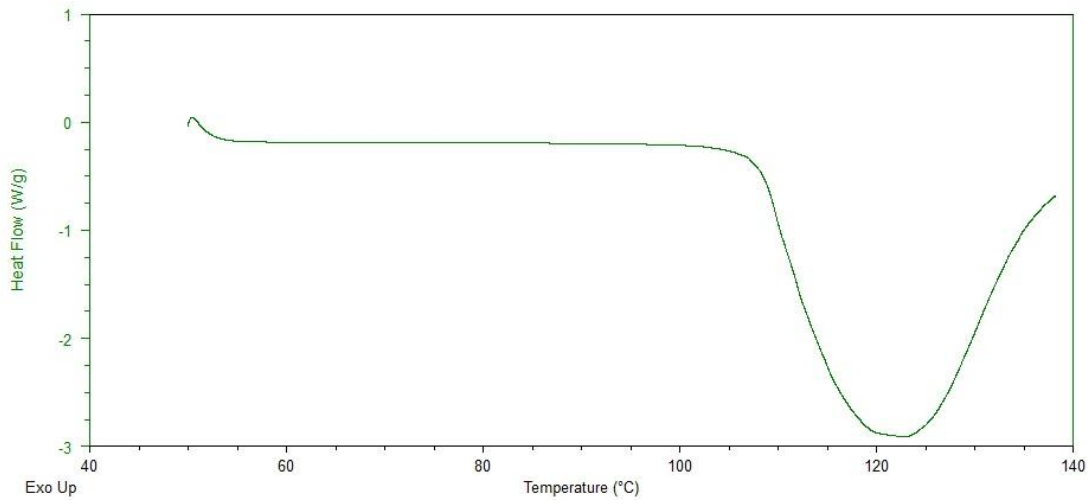
EK B: %50 oranında balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekinin 5 günlük DSC diyagramları

EK C: %50 Balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş ve kontrol kekinin görüntüsü

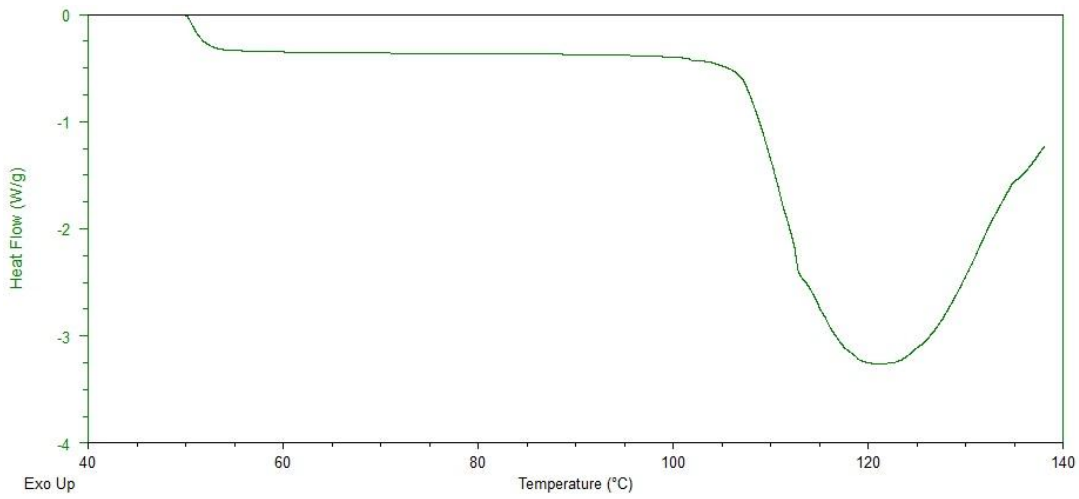
EK A



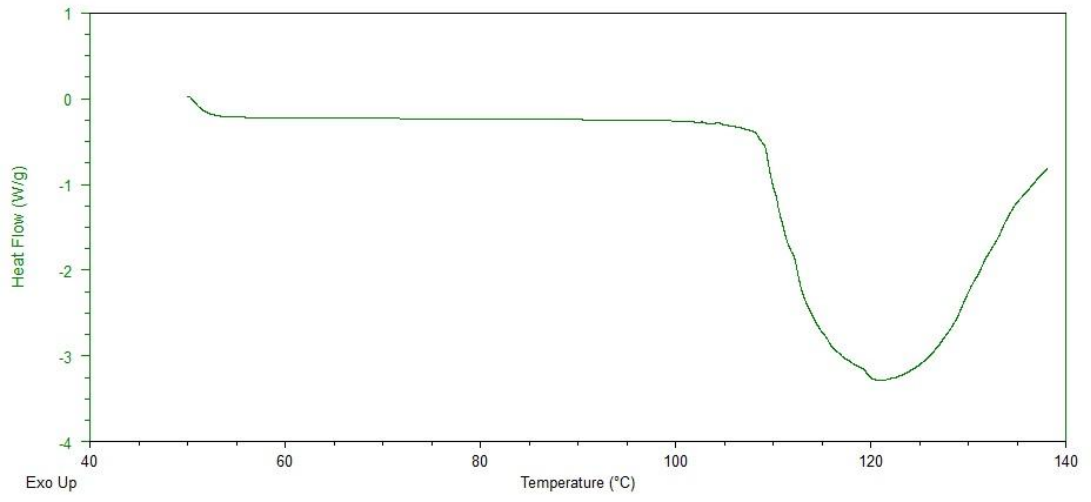
Şekil A.1: Kontrol kekinin DSC diyagramı (1.gün).



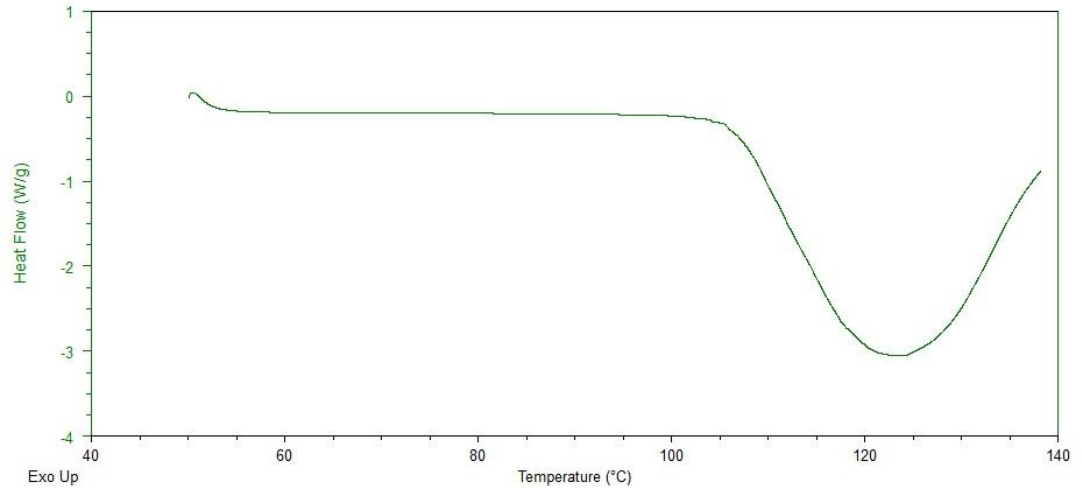
Şekil A.2: Kontrol kekinin DSC diyagramı (2.gün).



Şekil A.3: Kontrol kekinin DSC diyagramı (3.gün).

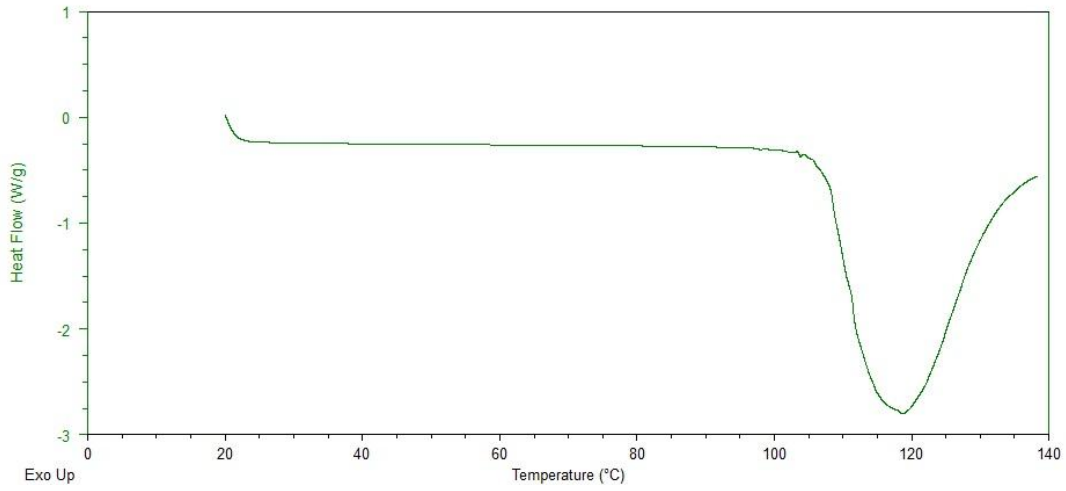


Şekil A.4: Kontrol kekinin DSC diyagramı (4.gün).

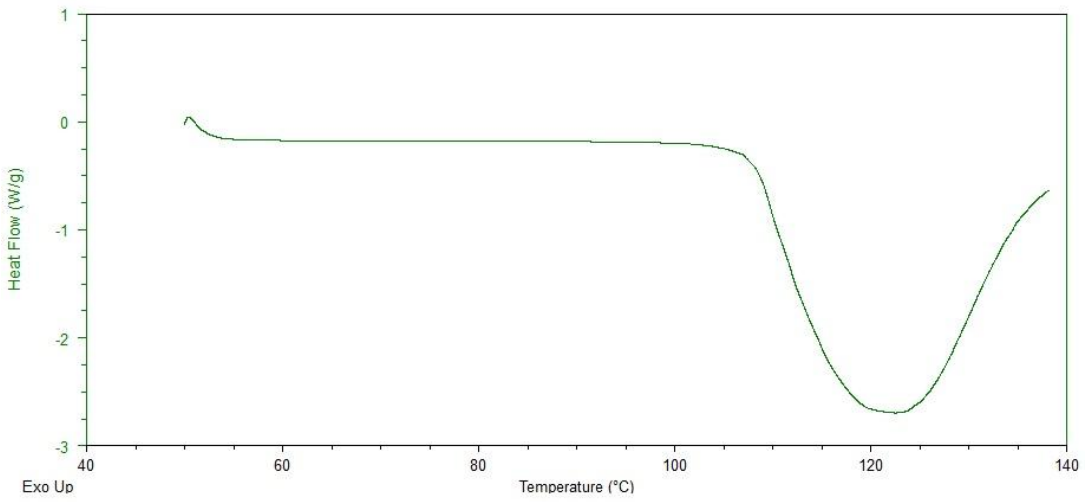


Şekil A.5: Kontrol kekinin DSC diyagramı (5.gün).

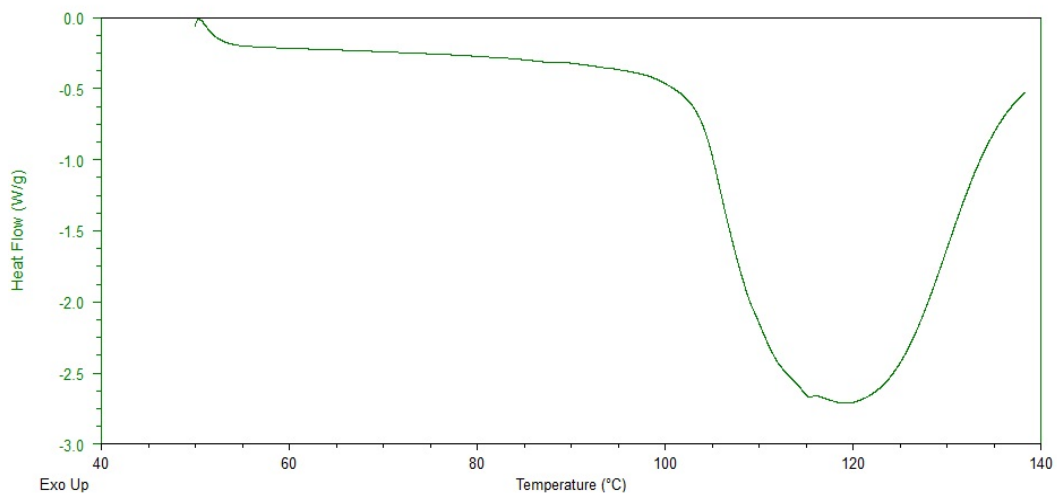
EK B



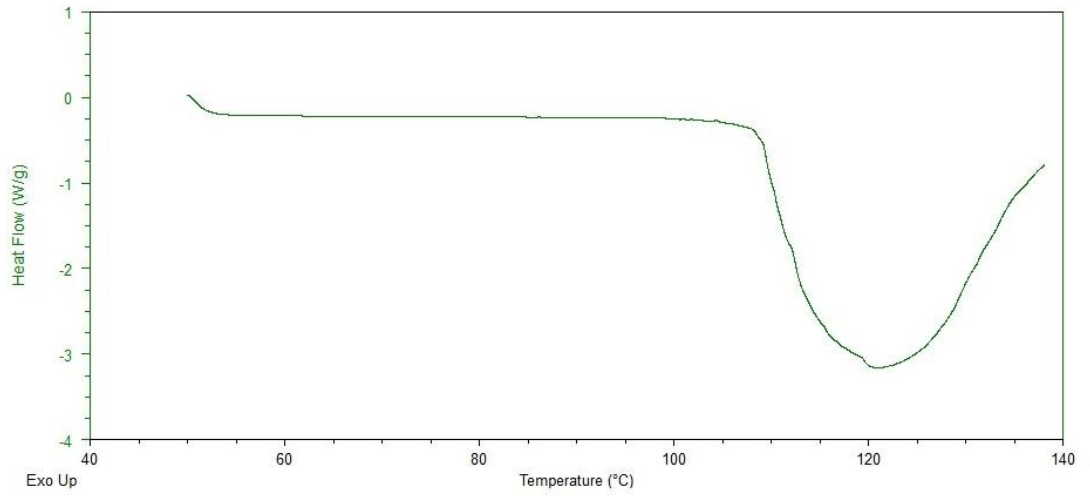
Şekil B.1: %50 balkabağı ile zenginleştirilmiş kekin DSC diyagramı (1.gün).



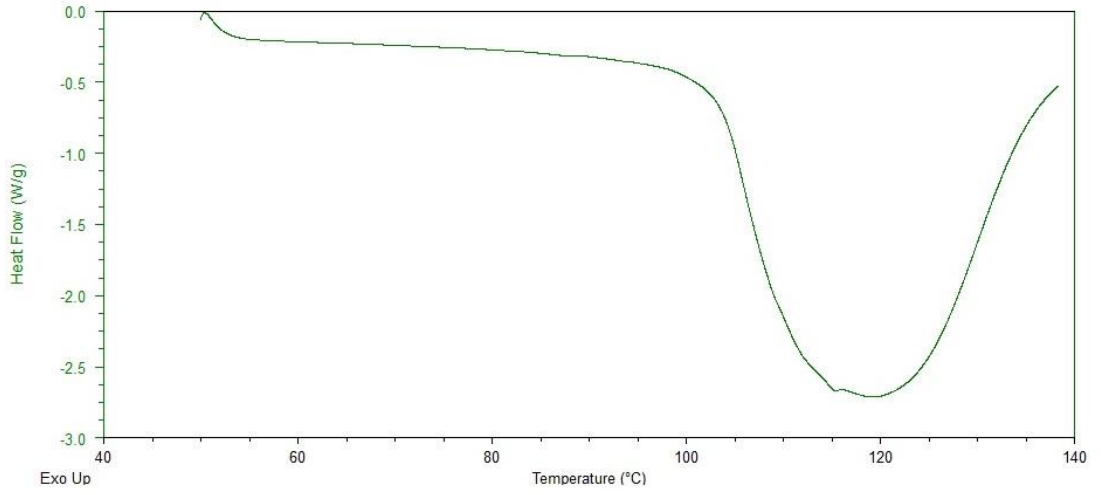
Şekil B.2: %50 balkabağı ile zenginleştirilmiş kekin DSC diyagramı (2.gün).



Şekil B.3: %50 balkabağı ile zenginleştirilmiş kekin DSC diyagramı (3.gün).



Şekil B.4: %50 balkabağı ile zenginleştirilmiş kekin DSC diyagramı (4.gün).



Şekil B.5: %50 balkabağı ile zenginleştirilmiş kekin DSC diyagramı (5.gün).

EK C



Şekil C.1: %50 Balkabağı tozu ile zenginleştirilmiş kekin görüntüsü.



Şekil C.2: Kontrol kekinin görüntüsü.

ÖZGEÇMİŞ

VESİKALIK
FOTO

Ad Soyadı: Özge İLGÖY GÖZÜKARA

Doğum Yeri ve Tarihi: Eskişehir - 22.05.1986

Adres:

E-Posta: ozgeilgoy@gmail.com

Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği (2004-2009)

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

2011-2012 Yasal ve Bilimsel İşler Uzmanı-Kraft Foods

2010-2011 Arge ve Kalite Asistanı-Danone Baby Foods