

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GIDA MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

FINDIK HAMMADDESİNDEN PÜSKÜRTMELİ
KURUTMA VE DONDURARAK KURUTMA
YÖNTEMLERİ İLE FINDIK SÜTÜ TOZU ELDESİ VE
KARAKTERİZASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kübra ÖZKAN GÜNER

Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Ertan ERMİŞ

İSTANBUL

Ağustos 2017

Her hakkı saklıdır.

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GIDA MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

FINDIK HAMMADDESİNDEN PÜSKÜRTMELİ
KURUTMA VE DONDURARAK KURUTMA
YÖNTEMLERİ İLE FINDIK SÜTÜ TOZU ELDESİ VE
KARAKTERİZASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kübra ÖZKAN GÜNER

Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Ertan ERMİŞ

İSTANBUL

Ağustos 2017

Her hakkı saklıdır.

Fen Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan Yrd. Doç. Dr. M. Ertan ERMİŞ (Danışman)



Üye Prof. Dr. Bülent NAZLI



Üye Doç. Dr. Mustafa Tahsin YILMAZ



Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.



Prof. Dr. Ahmet Korhan BİNARK

Enstitü Müdür V.

BEYAN

Bu çalışma İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI GIDA MÜHENDİSLİĞİ'ndeki öğrenciliğim döneminde hazırlanmış olan YÜKSEK LİSANS TEZİ tarafımdan yapılmış ve kaleme alınmış tamamen özgün bir çalışma olup bu çalışmamın başından sonuna kadar bilimsel ahlak kuralları uydum. Bu çalışmam süresince elde etmediğim ve tezimde/raporumda kullanmış olduğum bütün bilgiler ve yorumlar için atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi, patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışta bulunmadığımı beyan ederim.

İmza

Kübra ÖZKAN GÜNER

İÇİNDEKİLER

BEYAN.....	ii
KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ.....	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT	xiii
1 GİRİŞ	1
2 LİTERATÜR BİLGİSİ	3
2.1 Fındık	3
2.2 Bitkisel Kaynaklı Sütler	6
2.2.1 Fındık Sütü.....	8
2.3 Bitkisel Kaynaklı Süt Tozu Üretimi Çalışmaları	9
2.4 Püskürtmeli Kurutma (Spray Drying) Yöntemi	11
2.4.1 Sıcak hava (kurutma havası) üretim düzeni.....	12
2.4.2 Atomizer	12
2.4.3 Kurutma hücresi.....	12
2.4.4 Kollektör	12
2.5 Dondurarak Kurutma (Liyofilizasyon) Yöntemi.....	14
2.6 Gıda Tozları ve Karakterizasyonu.....	16
2.6.1 Toz partiküllerin şekli.....	16

2.6.2	Partikül boyutu.....	17
2.6.3	Yığın yoğunluk ve sıkıştırılmış yoğunluk	18
2.6.4	Partikül yoğunluğu.....	19
2.6.5	Parçacık gözenekliliği.....	19
2.6.6	Akışkanlık.....	20
2.6.7	Keklenme özelliği/yapışkanlık	21
2.6.8	Çözünürlük	22
2.6.9	Nem içeriği ve Su aktivitesi.....	22
3	MATERYAL VE METOT.....	24
3.1	Fındık Sütünün Hazırlanması.....	24
3.2	Fındık Sütü Tozu Eldesi.....	24
3.2.1	Püskürtmeli kurutucu.....	24
3.2.2	Liyofilizatör	24
3.3	Ham Fındık Sütüne yapılan Kimyasal, Fizikokimyasal ve Reolojik Analizler	25
3.3.1	Su aktivitesi (aw) analizi	25
3.3.2	Nem analizi	25
3.3.3	Kül Tayini	26
3.3.4	pH ölçümü	26
3.3.5	Toplam asitlik	26
3.3.6	Toplam yağ	26
3.3.7	Toplam protein.....	27
3.3.8	Yağ asidi kompozisyonu analizi (GC metodu).....	27
3.4	Fındık Sütü Tozunun Kimyasal, Fizikokimyasal Ve Reolojik Analizler	27
3.4.1	Kısmi Çözünürlük analizi	27
3.4.2	Toz akışkanlığı.....	28
3.4.3	Partikül boyutu ve şekli	28

3.4.4	Toz kütle yoğunluğu	28
3.4.5	FTIR analizi	29
3.4.6	DSC analizi	29
3.4.7	Zeta potansiyel analizi	29
3.5	İstatistik Analizler	27
4	BULGULAR VE TARTIŞMA	31
4.1	Fındık Sütü Eldesi ve Karakterizasyonu	31
4.1.1	Fındık Sütünün Kimyasal Bileşimi ve Fizikokimyasal Özellikleri	31
4.1.2	Kolloidal Stabilizasyon	34
4.2	Fındık Sütü Tozu Eldesi Ve Karakterizasyonu	35
4.2.1	Partiküllerin morfolojik yapılarının analizi	35
4.2.2	Fındık sütü tozunun kimyasal analiz sonuçları	37
4.2.2.1	Su aktivitesi	39
4.2.2.2	Nem analizi	40
4.2.2.3	Kül tayini	40
4.2.3	Toz Kütlesi Özellikleri	41
4.2.3.1	Kısmi çözünürlük	41
4.2.3.2	Yığın yoğunluğu	41
4.2.3.3	Toz akış davranışı	42
4.2.4	Moleküler Termal Ve Mikroyapısal Özellikler	43
4.2.4.1	FT-IR analizi	43
4.2.4.2	DSC analizi	47
4.2.4.3	Zeta potansiyel analizi	50
5	SONUÇ VE ÖNERİLER	51
	KAYNAKLAR	53
	ÖZGEÇMİŞ	64

KISALTMALAR

MD: Maltodekstrin

FTIR: Fourier dönüşümlü infrared spektrofotometre

DSC: Diferansiyel taramalı kalorimetre

FAO : Gıda ve tarım örgütü

CVD: Kardiyovasküler hastalıklar

DM: Şeker hastalığı (Diabetes mellitus)

MUFA: Tekli doymamış yağ asidi

PUFA: Çoklu doymamış yağ asidi

TPC: Toplam fenolik içerik

Db: Yığın yoğunluk

Dt: Sıkıştırılmış yoğunluk

CI: Carr indeks

aw : Su aktivitesi

TABLO LİSTESİ

2.1	Türkiye ve Dünyadaki diğer ülkelerin yıllara göre fındık üretim miktarları.....	4
2.2	Bazı fındık çeşitlerinin fiziksel ve kimyasal bileşimleri.....	5
2.3	Bazı yemiş ve tahılların kimyasal bileşimi.....	7
2.4	Carr indeksi ve Hausner oranı sınıflandırılması	19
2.5	Duruş açısına göre toz akışkanlığının sınıflandırılması.....	21
4.1	Fındık Sütünün Kimyasal ve Fizikokimyasal Analiz Sonuçları.....	31
4.2	Fındık sütü (n=3), Badem sütü ve Tam Yağlı İnek Sütünün ana bileşenleri....	32
4.3	Fındık Sütü ve İnek Sütü Yağ Asitleri Kompozisyonu	33
4.4	Püskürtmeli kurutucu ve liyofilizasyon ile elde edilen fındık sütü tozuna uygulanan kimyasal analiz sonuçları	38
4.5	Fındık sütü tozlarının ölçülen duruş açıları.	42
4.6	Püskürtmeli kurutma ve liyofilizasyon yöntemi ile elde edilen fındık sütü tozlarının FTIR dalga boylarına karşılık gelen pik özellikleri.....	47
4.7	Zeta potansiyel değerleri.....	50

ŞEKİL LİSTESİ

2.1	Püskürtmeli kurutucu şematik gösterimi	13
2.2	Dondurarak kurutma	14
2.3	Duruş açısı	21
3.1	Duruş açısı belirleme düzeneği	28
4.1	Fındık sütünün koloidal yapısının ışık mikroskobu (100x) altında görüntüleri	34
4.2	Fındık sütünün stabilizasyonuna ultrason işlemi ve Tween 80'in etkileri.	35
4.3	Püskürtmeli kurutucu ile elde edilen saf, %5 MD, %10 MD, %15 MD içeren fındık sütü tozları	35
4.4	Püskürtmeli kurutucu ve liyofilizasyon ile elde edilmiş fındık sütü tozlarının mikroskop görüntüleri	36
4.5	Fındık sütü tozlarının duruş açılarına göre çekilen fotoğrafları	42
4.6	Liyofilizasyon ile kurutulmuş saf, %5, %10 ve % 15 MD li fındık sütü tozlarının FTIR spektrumları	44
4.7	Püsk. kurutma ile elde edilen saf, %5 , %10 ve %15 MD FTIR spektrumları.	46
4.8	Liyofilizasyon ile kurutulmuş Saf, %5, %10 ve %15 MD li fındık sütü tozlarının DSC profili	48
4.9	MD in DSC profili	48
4.10	Püskürtmeli kurutucuda kurutulmuş Saf, %5, %10 ve %15 MD oranlı fındık sütü tozlarının DSC termogramları	49

SEMBOL LİSTESİ

$^{\circ}\text{C}$: Santigrat derece

μ : Mikron

$^{\circ}$: Derece

%: Yüzde

ξ : Zeta potansiyel

η : Viskozite

ϵ : Dielektrik katsayı

ÖNSÖZ

"Fındık Hammaddesinden Püskürtmeli Kurutma ve Dondurarak Kurutma Yöntemleri ile Fındık Sütü Tozu Eldesi ve Karakterizasyon" isimli bu çalışma İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Gerek laktoz intoleransı yaşayan kişiler gerekse "Veganizim" benzeri akımları benimsemiş kişilerin süt ürünlerine alternatif arayışları gün geçtikçe artmaktadır. Bu durum ise bitkisel kaynaklı süt ve bu sütün kullanım kolaylığı ve raf ömrü bakımında daha avantajlı formu süt tozuna olan talebi ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışma ile ülkemizde önemli miktarlarda üretilen fındık hammaddesi kullanılarak hayvansal süte alternatif olarak katma değeri yüksek, bitkisel kaynaklı süt tozu üretimi ve karakterizasyonu amaçlanmıştır.

Yüksek lisans eğitimim süresince bana yol gösteren ve bu tez çalışmasının düzenlenmesi, gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesinde yardımını ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, bilgi ve tecrübeleri ile beni aydınlatan danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Ertan ERMİŞ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca analiz çalışmaları boyunca yardımlarını esirgemeyen Merve YAŞASIN'a ve çalışmalar boyunca desteğini ve yardımlarını esirgemeyen YTÜ Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Doç.Dr. Tahsin YILMAZ'a ile Arş Gör. Perihan Kübra ÇİÇEK'e teşekkürü bir borç bilirim.

Eğitim hayatım boyunca her türlü fedakârlığı gösteren, benden desteğini ve yardımını eksik etmeyen her daim yanımda olduğunu hissettiğim eşim Cihat GÜNER'e ve kızım Ahsen GÜNER'e en içten dileklerle sonsuz teşekkür ederim. Bununla beraber hayatım boyunca desteğini ve sevgisini eksik etmeyen sevgili babam Bekir ÖZKAN'a ve annem Nazmiye ÖZKAN'A çok teşekkür ederim. Son olarak çalışmalarım boyunca bana destek olan yardımını esirgemeyen sevgili arkadaşım Gizem KÜÇÜK'e çok teşekkür ederim.

ÖZET

Fındık Hammaddesinden Püskürtmeli Kurutma ve Dondurarak Kurutma Yöntemleri ile Fındık Sütü Tozu Eldesi ve Karakterizasyonu

Kübra ÖZKAN GÜNER

Yüksek Lisans Tezi – Gıda Mühendisliği

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Ertan ERMİŞ

Ağustos 2017

Bu çalışma ile ülkemizde önemli miktarlarda üretilen fındık hammaddesi kullanılarak katma değeri yüksek, bitkisel kaynaklı süt tozu üretimi ve karakterizasyonu amaçlanmıştır. Bu amaçla öncelikle kabuğu ayrılmış kavrulmamış fındıktan elde edilen fındık sütüne ultrases teknolojisi ile homojenizasyonu sağlandıktan sonra çeşitli kimyasal ve fizikokimyasal analizler yapılmıştır. Ultrason işleminin fındık sütünün homojen bir yapıya kavuşmasına ve bu yapının stabilitesine olumlu etki ettiği tespit edilmiştir. Bu şekilde homojenize edilmiş fındık sütünden püskürtmeli kurutma ve dondurarak kurutma (liyofilizasyon) olmak üzere iki farklı teknik kullanılarak fındık sütü tozu elde edilmiştir. Her iki yöntemde de saf ve %5, %10,%15 maltodekstrin katkılı olacak şekilde fındık sütü tozları elde edilmiştir.

Elde edilen toz ürüne çeşitli kimyasal, fizikokimyasal ve reolojik testler yapılmış ve sonuçlar her iki yöntemde göre kıyaslanarak tartışılmıştır. Fındık sütü tozu örneklerinden elde edilen nem değerleri %0, %5, %10, %15 MD içeriğinde püskürtmeli kurutucu kullanıldığında sırasıyla 1,54; 1,13; 1,12; 1,08; liyofilizasyon yönteminde ise 2,14; 1,44; 1,19; 1,13 olarak elde edilmiştir. Fındık sütü tozu örneklerinden elde edilen kül değerleri %0, %5, %10, %15 MD içeriğinde püskürtmeli kurutucu kullanıldığında sırasıyla 3,14; 2,26; 1,97; 1,55; liyofilizasyon yönteminde ise

2,07; 1,46; 1,25; 1,15 şeklinde bulunmuştur. Püskürtmeli kurutma ve liyofilizasyon yöntemleri ile elde edilen fındık sütü tozlarının su aktivitesi değerleri MD oranlarına (%0, %5, %10, %15) göre sırası ile 0,348; 0,301; 0,267; 0,255 ve 0,153; 0,114; 0,199; 0,162 olarak bulunmuştur. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen fındık sütü tozlarının serbest ve sıkıştırılmış yoğunlukları MD oranlarına göre sırası ile 0,361;0,301;0,362;0,334 ve 0,580; 0,644; 0,662; 0,625 olarak hesaplanmıştır. Liyofilizasyon yöntemi ile elde edilen fındık sütü tozlarının serbest ve sıkıştırılmış yoğunlukları MD oranlarına (%5, %10, %15) göre sırası ile 0,154; 0,220; 0,336 ve 0,224; 0,335; 0,474 olarak hesaplanmıştır. Püskürtmeli kurutma ve liyofilizasyon yöntemleri ile elde edilen fındık sütü tozlarının kısmi çözünürlükleri MD oranlarına göre sırası ile 25,75; 40,88; 61,88; 64,84 ve 20,25; 36,37; 57,75; 63,62 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca duruş açısı yöntemine (angle of repose) göre fındık sütü tozlarının akışkanlık özellikleri belirlenmiştir. Püskürtmeli kurutmaya ile elde edilen fındık sütü tozlarının akışkanlığı daha yüksek bulunmuştur.

Fındık sütü tozlarının moleküler yapılarını ve ısıya karşı fiziksel durumlarındaki değişiklikleri belirlemek amacı ile FTIR, DSC ve zeta potansiyel analizleri yapılmıştır. Elde edilen FTIR analizi sonucuna göre her iki yöntemde de fındık sütü tozu kimyasal yapılarında herhangi bir farklılığa rastlanmamış benzer bir yapı gösterdikleri belirlenmiştir. DSC analizi sonuçlarına göre iki yöntemle de kurutulan fındık sütü tozlarının endotermik bir tepkime gösterdiği belirlenmiştir. Elde edilen piklere göre püskürtmeli kurutucu ile kurutulan numunelerin liyofilizasyon yöntemine göre daha düşük sıcaklıklarda erime fazına geçtiği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fındık, Fındık sütü tozu, püskürtmeli kurutma, dondurarak kurutma, gıda tozları

ABSTRACT

Production and Characterization of Hazelnut Milk Powder To Using Spray Drying And Lyophilization Methods

Kübra ÖZKAN GÜNER

Master Degree – Food Engineering

Thesis Consultant: Asist. Prof. Dr. Ertan ERMİŞ

August 2017

In this study, we aimed to produce and characterize high value added vegetable milk powder to using hazelnut raw materials which produced significantly in our country. For this purpose, various chemical and physicochemical analyzes were carried out on unbaked hazelnut isolated from shells after than homogenization with hazelnut-boiled ultrasound technology. The study evidenced that ultrasonication has a positive effect on the homogenous structure of hazelnut and its stability. With this homogenized hazelnut milk, hazelnut milk powders was obtained via two different techniques, spray dried dryer and lyophilizer. In both methods, hazelnut milk powders were obtained as pure and 5%, 10%, 15% maltodextrin added.

The obtained powder product made exposure various chemical, physicochemical and rheological tests and the results were compared by comparing with both methods. Hazelnut milk powders samples moisture values for 0%, 5%, 10%, 15% MD content is respectively 1,54; 1,13; 1,12; 1,08 for spray drying and 2,14; 1,44; 1,19; 1,13 for lyophilization. Hazelnut milk powders samples Ash values for 0%, 5%, 10%, 15% MD content is respectively 3,13; 2,25; 1,96; 1,54 for spray drying and 2,07; 1,46; 1,24; 1,14for lyophilization. The water activity values of hazelnut milk powders obtained by spray drying and lyophilization were 0,348 with respect to MD rates (0, 5%, 10%,

15%); 0,301; 0.267; 0.255 and 0.153; 0.114; 0.199; Respectively. According to MD ratios (0,%5, %10, %15), the free and compacted densities of hazelnut milk powder obtained by spray drying were calculated to be 0,361, 0,301, 0,362, 0,334, and 0,580; 0,644; 0,662; 0,625 respectively. Also according to MD ratios (%5, %10, %15), the free and compacted densities of hazelnut milk powder obtained by lyophilization were calculated to be 0,154; 0,220; 0,336 ve 0,224; 0,335; 0,474 respectively. The solubilities of hazelnut milk powders obtained by spray drying and lyophilization were 25,75; 40,88; 61,88; 64,84 and 20,25; 36,37; 57,75; 63,62 according to MD ratios (0,%5, %10, %15) respectively. In addition, the fluidity properties of hazelnut milk powders were determined according to the angle of repose. When compared to lyophilization, the fluidity of hazelnut milk powder obtained by spray drying was found to be higher.

FTIR, DSC and zeta potential analyzes were carried out with the aim of determining changes in molecular structures of hazelnut milk powders and physical states against heat. According to the result of FTIR analysis, it was determined that both methods showed a similar chemical structure of hazelnut milk. DSC analysis results, both hazelnut milk powders dried methods show an endothermic reaction. According to the results, it was observed that the samples dried with spray drier were changed to the melting phase at lower temperatures than the lyophilization method.

Keywords: Hazelnut, Hazelnut milk powder, spray drier, freeze drying, food powders

1 GİRİŞ

Günümüzde hayvansal gıdaların neden olduğu sağlık sorunları nedeniyle bitkisel kaynaklı gıdalara bir yönelim vardır (Stuckler& Basu, 2011). Bu nedenle günümüzde yeni ürün geliştirilmesi çalışmaları sadece beslenme amaçlı değil, aynı zamanda sağlığı iyileştirici ve hastalıkları önleyici ve böylece de hem fiziksel hem de zihinsel refahı iyileştirici ürünlerin geliştirilmesine odaklanmaktadır (Burdock ve Carabin, 2008). Buna en belirgin örnek, sert kabuklu yemişlerden ve/veya tahıllardan üretilen bitkisel kaynaklı süt ürünleridir. Soya, badem, pirinç gibi hammaddelerden elde edilen bitkisel sütler özellikle ABD gıda pazarında önemli bir yere sahiptir (2011 yılı satış hacmi 1,3 milyar dolar civarında) (Packaged Facts, 2012). Bunların içerisinde en yaygın üretilen bitkisel süt, soya fasulyesinden elde edilen soya sütüdür. Bunun yanı sıra badem, pirinç, yulaf ve Hindistan cevizi sütüne olan talepte gün geçtikçe artmaktadır. Günümüzde ticari olarak satılan farklı çeşitte sert kabuklu yemiş ve tahıl sütleri mevcuttur. Bunlar sade olarak satılabildiği gibi farklı içeriklerde de satışa sunulabilmektedir. Bunlar; aromalı, şekerli veya şekersiz, az yağlı ve/veya zenginleştirilmiş şeklinde sınıflandırılabilir (Stone, 2011). Asya hariç hayvansal süt alternatifleri (bitkisel sütler) dünya genelinde nispeten küçük bir pazarı temsil etmektedir. Bununla birlikte, alerji ve aşırı duyarlılık konularında giderek artan bir farkındalık ve bu ürünlerin laktoz içermeyen, kolesterol içermeyen ve düşük kalorili olarak konumlandırılması, satın alma düzeylerinde bir artışa neden olmaktadır (Packaged Facts, 2012).

Sağlıklı beslenme farkındalığının ve hazır gıda ürünlerine olan talebin artması ile tüketici talebi doğrultusunda gıda sanayinde hazır toz gıda ürünlerine ciddi bir yönelim olmuştur. Tüketicilerin tek bir ürün ile bütün ihtiyaçlarını karşılamak istemesi, üreticinin ise gıda ürününün rafta daha uzun süre kalmasını ve taşıma masraflarını azaltmak istemelerinden dolayı her iki tarafta toz ürünlere yönelmektedir (Sharma ve

Jana, 2012). Gıdaların toz formda üretilmesinin başlıca sebepleri arasında ürünün su miktarını düşürerek raf ömrünü uzatmak, taşıma giderlerini en aza indirmek ve gıda ürününün kolay kullanımını gösterilebilir. Gıdalar toz formuna çeşitli kurutma yöntemleri ile getirilmektedir (Ermiş, 2015). Toz formda üretilen hammaddelerin başında ise süt gelmektedir. Süt pek çok sebepten dolayı kısa sürede bozulabilen bir gıdadır (Tan ve Ertürk, 2002). Sütü uzun süre muhafaza ederek daha sonra tüketilebilecek hâle getirmenin yolu ise düşük nem içeriklerinde (%1,5-4) kurutma işlemidir (Koç ve Ertekin, 2016). Günümüzde kullanılan modern kurutma teknikleri ile süt, besin değerinde herhangi bir kayıp olmaksızın toz haline dönüştürülebilmektedir. Süttozu, sütün buharlaştırılıp yoğunlaştırılmasıyla oluşan kuru maddenin toz hâline getirilmesiyle elde edilen dayanıklı ve besin değeri yüksek bir üründür. Süttozu süt verimini ve kalitesini korumak, sütü hammadde olarak kullanan sektörlerin yeterli miktarda süt ya da süttozu ihtiyacını karşılamak amacıyla üretilmektedir. Süttozu çeşitli süt mamulleri (dondurma ve yoğurt teknolojisi), bebek maması, salam, sosis, çikolata, hazır çorbalar gibi ürünlerin üretimi ve buzağı besleme gibi birçok amaç için kullanılmaktadır (Sharma, 2012). Son zamanlarda çeşitli sağlık sorunlarına (laktoz intolerans, diyet bozuklukları, hayvansal proteinlere olan alerjik rahatsızlıklar, kalp ve damar rahatsızlıkları) sebep olan hayvansal sütlere yüksek besin değerine sahip bitkisel sütler alternatif olarak ortaya çıkmış ve bitkisel kaynaklı sütlere eğilim artmıştır. Bitkisel süt eldesinde soya fasulyesi, badem, ceviz, Hindistan cevizi, yer bademi, kavun çekirdeği ve fındık vb. çeşitli sebze ve kuru yemişler hammaddeler olarak kullanılmıştır (Bernat, 2014).

Literatürde fındık sütü tozu eldesi ve karakterizasyonu ile ilgili her hangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada ülkemizde bol miktarda üretilen bitkisel hammadde olarak fındıktan fındık sütü üretimi ve bu fındık sütünden püskürtmeli kurutma ve dondurarak kurutma (liyofilizasyon) yöntemleri kullanılarak süt tozu elde edilmesi, elde edilen bu ürünlerin karakterizasyonunun tespiti amaçlanmıştır. Elde edilen fındık sütü ve fındık sütü tozu örneklerine bazı kimyasal, fiziko-kimyasal ve reolojik analizler yapılarak elde edilen sonuçlar tartışılmıştır. Bu şekilde ülkemizde hammadde olarak üretilen fındıktan katma değeri yüksek ürünlerin üretimi için bilimsel verilerin elde edilmesi amaçlanmıştır.

2 LİTERATÜR BİLGİSİ

2.1 Fındık

Bademden sonra dünyada en yaygın yetiştiriciliği yapılan sert kabuklu meyvelerden biri olan fındık (*Corylus avellana* L.) botanikte, *Fagales* takımının, *Betulaceae* familyasının, *Corylus* cinsine girmektedir. Fındığın tarihi çok eski yıllara dayanmaktadır. Fındığın kültür formlarını oluşturan en önemli cinslerinin anayurdunun Karadeniz Bölgesi olduğu ve kültür fındığının dünyaya buradan yayıldığı bildirilmiştir (Mitra, 2003; Çakal, 2005).

Teşkilatlandırma Genel Müdürlüğü'nün 2010 yılında hazırladıkları fındık raporuna göre, 925.000 ton olan dünya fındık üretiminin yaklaşık % 75'ini karşılayan Türkiye en önemli üretici ülkedir (Turhan, 2011). Türkiye fındık üretiminde ve ihracatında dünya birincisidir. 2012 yılında Türkiye fındıktan yaklaşık olarak 1,8 milyar dolar ihracat geliri elde etmiştir. Türkiye'den sonra en fazla fındık üretimi yapan ülkeler sırasıyla İtalya, İspanya ve ABD'dir. Türkiye'de ve Dünyadaki diğer ülkelerde yıllara göre fındık üretim miktarları Tablo 2.1 de verilmiştir.

Türkiye'de ve dünyada çerez olarak tüketilen fındığın %90 a yakın kısmı kavrulmuş, beyazlatılmış, kıyılmış, dilinmiş, un ve püre halinde çikolata, bisküvi, şekerleme sanayinde tatlı, pasta, dondurma, yemek ve salatalarda yardımcı madde olarak kullanılmaktadır (Anonim, 2015c). Türkiye için önemli bir yere sahip olan fındık hammaddesi kullanılarak katma değeri yüksek alternatif ürünlerin geliştirilmesi ile ülke ekonomisine katkı sağlanma potansiyelinin yüksek olduğu bildirilmektedir (Sıray ve ark. 2015).

Tablo 2.1 Türkiye ve Dünyadaki diğer ülkelerin yıllara göre fındık üretim miktarları (bin ton)

ÜLKELER	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16
TÜRKİYE	530	800	500	600	430	660	549	412	580
İTALYA	115	125	120	107	140	84	132	100	-
A.B.D.	34	36	43	24	35	32	35	36	-
AZERBAYCAN	31	40	35	39	55	40	30	25	-
GÜRCİSTAN	25	35	32	40	30	28	35	35	-
İSPANYA	23	26	18	20	22	16	19	19	-
DİĞER	58	7	27	27	27	25	25	25	-
TOPLAM	815.250	1.069.800	774.600	857.500	739.000	885.000	825.500	660.773	-

Kaynak: Türkiye verileri TÜİK, diğer ülke verileri FAO

Fındık, süte nazaran daha yüksek yağ, protein ve özellikle yüksek miktarda esansiyel aminoasitler; kalsiyum, potasyum, magnezyum, demir, çinko, fosfor gibi mineraller; tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri ve yüksek oleik asit içeriğine sahiptir (Anonim, 2015a). Ayrıca fındık vitamin E (α - tokoferol) yönünden zengin bir kaynaktır. Fındıktaki Vitamin E antioksidan özelliği ile hücrede oksidasyonu önler ve serbest radikal oluşumuna neden olan serbest oksijeni tutarak, çoklu doymamış yağ asitlerinin okside olarak parçalanmasına engel olur (Çetintaş, 2005). Fındık yüksek E vitamini içerdiğinden dolayı plazma kolesterol seviyesini düşürmektedir. Buda insanı kalp damar hastalıklarına karşı korumasını sağlar ve buna bağlı kalp rahatsızlıklarından kaynaklanan ölümlerin ve ani ölümlerin azaldığı tespit edilmiştir (Bada vd., 2004). Yağın iyi bir enerji kaynağı olduğu vücutta insüstasyon ve koruma görevi yaptığı hücre zarının yapısını oluşturduğu hormon sentezinde kullanıldığı ve yağda çözünen besin öğelerini vücut hücrelerine taşıdığı göz önüne alındığı zaman yağ içeriği yüksek olan fındığın insan beslenmesindeki önemi daha çok anlaşılmaktadır (Özdemir ve ark., 1998).Fındıkta oleik asitin yüksek olması depolama sürecinde yağ asitleri stabilizasyonunu sağlamada önemlidir. Fındık yağında bulunan çoklu doymamış yağ asiti miktarı oldukça azdır. Bu da yağın oksidasyonunu ve ransid tat oluşması engelleyerek ürünün stabilitesini ve raf ömrü arttırır bayatlamasını geciktirir. Fındık bu özellikleriyle ceviz, badem, fıstık ve antep fıstığı gibi ürünlere göre daha fazla avantaj sağlamaktadır (Gargia ve ark.,1994). Fındık, düşük glisemik indeksi olan iyi bir fitokimyasal, diyet lifleri ve karbonhidrat kaynağıdır (Lovejoy,2005; Bradley et

al., 2011). Fındıkların besin faydalarının yanı sıra zengin bir tada sahip olması bu kuru yemişin yaygın olarak tüketimini sağlar (Tey et al., 2011a).

Ülkemizde fındıkla ilgili olarak yapılan bir çalışmada fındıktaki nem miktarı ortalama %3.39 olarak yağ miktarı ise ortalama %63.6 olarak belirlenmiştir (Özdemir ve ark., 1998). Fındığın ortalama protein içeriği, kül miktarı ve selüloz içeriği sırası ile %16.38, %2.04 ve %3.10 olarak tespit edilmiştir (Özdemir ve ark., 1998). Yapılan bir diğer çalışmada ise çeşitli fındık örneklerinin nem içeriğinin % 2.49-5.25, yağ içeriğinin ise % 53.95- 68.52 değerleri arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Yağlarda temel yağ asidi olan oleik asidin miktarının ise % 77.99-86.63 arasında değiştiği bildirilmiştir (Turhan, 2011). Fındıkların yağ asitleri kompozisyonu incelendiği zaman oleik asidin ortalama %71.37 değeri ile en yüksek yağ asidi olduğu ve bunu sırasıyla %7.77 değeri ile linoleik asit, %4.52 değeri ile palmitik asit %1.99 değeri ile stearik asidin takip ettiği bildirilmiştir (Özdemir ve ark.,1998). Ülkemizde büyük ekonomik öneme sahip bazı fındık çeşitlerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 2.2 de verilmiştir.

Tablo 2.2 Bazı fındık çeşitlerinin fiziksel ve kimyasal bileşimleri

Fındık çeşitleri	İç oranı (%)	T.Ağ. (g)	Nem (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Ham selüloz (%)	Kül (%)
Tombul	54,60	1,96	3,41	62,80	16,13	3,59	2,26
İkiz	51,90	1,62	3,42	61,90	18,48	2,96	2,05
Sivri	53,80	1,64	3,36	62,70	17,67	3,39	1,98
Palaz	53,70	1,87	3,38	63,30	16,98	3,06	2,06
Geç	54,80	2,05	3,71	61,70	16,62	3,68	1,98
Giresun karası	54,30	2,28	3,14	66,50	13,45	2,67	1,89
Yağlı	54,80	1,54	3,29	66,20	15,36	2,33	2,08
Ortalama	54,00	1,85	3,39	63,60	16,38	3,10	2,04

Kaynak: Özdemir, 1998

2.2 Bitkisel Kaynaklı Sütler

Zengin besinsel değerleriyle, bazı sert kabuklu yemişler ve tahıllardan elde edilen süt ürünleri son zamanlarda gıda, beslenme ve sağlık uzmanları tarafından inek sütüne alternatif olarak gösterilmektedir (Phillips ve ark., 2005; Segura ve ark., 2006). Bu şekilde sütü elde edilen bazı bitkisel hammaddeler, soya fasulyesi (Shimoyamada ve ark., 2012), badem (Ceylan, 2013), ceviz (Cui ve ark., 2013), Hindistan cevizi (Santos ve ark., 2014), kavun çekirdeği (Akubor,2003; Bastıoğlu ve ark., 2016), yer bademi (Okyere vd 2014), bambara yer fıstığı (Poulter ve Caygill, 1980), pirinç (Stone, 2011) ve fındık (Bernat, 2014) olarak sıralanabilir.

Tüm ticari bitkisel sütler, laktoz içermeyen, hayvansal proteinsiz veya kolesterol içermeyen gibi ortak özellikleri paylaşmaktadır. Bitkisel sütler hammaddeleri, beslenme ve sağlık özelliklerini göz önüne alarak, geniş kapsamlı iki farklı grupta sınıflandırılmışlardır. Bunlar sert kabuklu yemiş ve tahıl sütleridir. Her iki ürün bileşiklerinin kardiyovasküler hastalıklar (CVD), tip 2 Diabetes mellitus (DM-2), obezite ve bazı kanserler gibi bazı mevcut kronik hastalıklar üzerindeki etkileri bulunmaktadır. Bu metabolik hastalıklar, günlük yaşam biçimimizle özellikle de enerji açısından zengin bir diyetle bağlantılıdır. Bunlar mikro besinler ve fitokimyasallar gibi koruyucu ve biyoaktif bileşikler içermez. Yukarıda açıklanan bu sınırlı besin maddeleri hem tahıllarda hem de sert kabuklu yemişlerde hazır olarak bulunmaktadır (Fardet, 2010).

Tablo 2.3 de bitkisel hammaddelerden elde edilen sütlerin kimyasal bileşimi gösterilmektedir. Sert kabuklu yemişler tekli (MUFA) ve çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), sebze proteinleri, diyet lifi, fitosteroller, polifenoller, vitaminler ve minerallerden bakımından zengindir. Bu bileşiklerin çoğu antioksidan özelliklere sahiptir (Bernat ve ark., 2014).

Tablo 2.3 Bazı yemiş ve tahılların kimyasal bileşimi

Hammade	Enerji (kcal)	Yağlar (g)	Protein (g)	Karbonhidrat (g)	Nem (g)
Badem	2453	54,65	19,13	6,2	5,87
Fındık	2629	60,75	14,95	16,7	5,31
Ceviz	2738	65,21	15,23	13,71	4,07
Kestane	939	5,3	4	39,7	4,48
Yer bademi	1706	23,74	6,13	42,54	
Arpa	1346	1,16	9,91	77,7	10,09
Mısır	1528	4,74	9,42	74,26	10,37
Yulaf	1670	6,9	16,9	66,3	0
Pirinç	1607	2,64	7,5	81,3	11,4
Hindistan cevizi	1482	33,49	3,33	15,23	46,99

*Kaynak: Bernat (2014)

Bitkisel sütler arasında en çok tercih edilen soya sütüdür (Liu, 1997). Soya sütü düşük kolesterol içeriğine ve yüksek protein içeriğine sahiptir ayrıca serum kolesterolünü düşürmede etkilidir. Soya sütü soya fasulyesi tohumlarının yüksek sıcaklıklarda (80-90 °C) öğütülmesi ile üretilir (Shimoyamada, 2012). Shimoyamada ve ark. 2012, tarafından yapılan bir çalışmada yüksek sıcaklıklarda (50-90 °C) öğütülmüş ve preslenmiş soya fasulyesinin laboratuvar ölçekli hazırlanan soya sütüne etkisi incelenmiştir. Öğütülmüş ve yüksek sıcaklıklarda preslenerek hazırlanan soya sütünde daha fazla çökelti olduğu ve soya sütünün daha düşük protein içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bitkisel sütlerden biride badem sütüdür. Badem ile üretilen süt vejetaryenlere, laktoz intoleransı olanlara, yaşlılara, kalp ve damar hastalığı olanlara ve diyabet hastalarına alternatif bir ürün olabilmektedir (Ceylan, 2013). Ceylan, 2013 tarafından yapılan çalışmada badem hammaddesinden ürettiği sütlerin besin öğeleri miktarları ve enerji değerleri, duyuşal özellikleri, mineral madde miktarları, toplam fenolik madde miktarları, % antioksidan aktiviteleri, yağ asidi kompozisyonları üzerine sulandırma oranlarının ve sulandırma sıcaklıklarının etkisini incelenmiştir. Elde edilen ürünlerin besin bileşimlerinin belirlenmesi sonucunda % ortalama olarak kuru madde, kül, protein, yağ, karbonhidrat değerleri sırasıyla 12,77; 0,43; 3,21; 6,85; 2,44 bulunmuştur ve enerji değeri ortalama olarak 84 (kal/100 ml) olarak hesaplanmıştır. Buna göre enerjinin proteinden, yağdan ve karbonhidrattan

gelen % oranları sırası ile 15, 73 ve 12 olarak hesaplanmıştır. Araştırmada kullanılan bademin enerjisinin proteinden, yağdan ve karbonhidrattan gelen % oranları ise sırası ile 11, 60 ve 29 olarak belirlenmiştir.

Hindistan cevizi popüler bitkisel süt kaynaklarından biridir (Sun ve ark., 2011). 2014 yılında Santos ve arkadaşları hindistancevizi sütü numunelerindeki mikro besleyici mineralleri (Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P ve Zn) ölçmek amacıyla için ultrasonla destekli optik emisyon spektrometresine dayalı bir yöntem kullanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Hindistan cevizi sütünün inek sütüne iyi bir alternatif olduğunu belirlemiştir (Santos ve ark., 2014). Kavun (*Colocynthis citrullus L.*) Nijerya'da sıklıkla tüketilen aynı zamanda çekirdeklerinden de yararlanan besleyici bir meyvedir (Akubor ve ark., 2002). Kavun sütü, kavun tohumlarının kaynatılması, harmanlanması, özütlenmesi, tarama, sakaroz eklenmesi ve pastörizasyon gibi bir dizi işlem ile elde edilmiştir. Akubor ve ark. 2003 yılında yaptıkları çalışmada kavun sütünün % 3.5 protein,% 4.0 yağ ve % 2.5 karbonhidrat içerdiğini bildirmişlerdir. Bir fındık çeşidi olarak sınıflandırılan yer bademi (*Cyperus esculentus L.*), Gana da oldukça talep gören besleyicilik değeri yüksek sert kabuklu yemiş ürünlerden biridir (Okyere ve ark., 2014). Yer bademi aynı zamanda bitkisel süt üretimine oldukça elverişli bir sert kabuklu yemiştir. Okyere ve arkadaşlarının 2014 yılında yaptıkları çalışmada Gana'nın dört farklı bölgesinde yetiştirilen farklı yer bademi (*Cyperus esculentus L.*) çeşitlerine ışınlama işlemi yapılmıştır. Süt örneklerine pH, toplam katı, nem, şeker brix ve viskozitenin belirlenmesi gibi analizler gerçekleştirilmiştir.

2.2.1 Fındık Sütü

Piyasada bulunan bitkisel sütlerin en dikkat çekenleri fındıklardan elde edilen fındık sütüdür. Bu konuda literatürde yeterli bilgi mevcut değildir. Yapılan birkaç araştırmada fındıktan fındık sütü elde edilmiş ve farklı ürün denemeleri yapılmıştır (Bernat et al, 2014; İlyasoğlu et al 2014). İlyasoğlu ve ark. (2014) fındık bulamacından yoğurt benzeri bir ürün elde edip onu incelemiştir. Yapılan bir diğer çalışmada fındık sütü fındıkların ıslatılması ve öğütülmesi ile elde edilmiştir. Ekstraksiyon işlemi fındık:su oranı 8:100 olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Fındık sütü üretimi oda sıcaklığında 30 dakikada gerçekleştirilmiştir. Elde edilen süt 33 MPa basınç altında homojenize ettiklerini ve 85 °C de 30 dakika pastörize ettiklerini bildirmişlerdir (Bernat ve ark., 2014).

Maleki ve arkadaşları 2014 yılında yaptıkları bir çalışmada kefir taneleri ile fermente edilmiş fındık sütü hazırlamışlardır. Elde ettikleri fındık sütünün antioksidan özelliklerini ve fermantasyon sürecinin modifikasyonuna dayalı bu içeceğin fenolik bileşiklerini ve duyuşal özelliklerini tespit etmişlerdir. Fındık sütünün en uygun 25.91 °C'de elde edildiğini ve organoleptik özelliklerin değerlendirilmesinde yüksek kabul puanları aldığını bildirmişlerdir.

İlyasoğlu ve arkadaşları 2015 yılında yaptığı çalışmada yoğurt yapımında fındık bulamacının kullanılması olasılığını değerlendirmişlerdir. Fındık bulamacının toplam katı içeriği ve kullanılan süt tozunun içeriği, ürünün bileşimi, fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri, yağlı asit bileşimi, toplam fenolik içerik (TPC) ve antioksidan aktivitesi üzerine etkileri tepki yüzeyi yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada öncelikle fındık bulamacı hazırlanmıştır. Fındık bulamacı, fındıkların (kavrulmuş veya kızartılmamış) suda ıslatılması, fındığın suda öğütülmesi ve ardından bulamacın filtrelenmesi ile elde edilmiştir. Elde edilen bu fındık bulamacı ürününden yoğurt yapılmıştır. Çalışmada elde edilen ürünün özelliklerinin genel olarak yoğurtla uyumlu bulunduğu belirtilmiştir. Elde edilen ürünün doymamış yağ asitleri bakımından zengin olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, yoğurt üretiminde fındık bulamacının kullanılması yoğurtun sağlığa olan faydalarını arttırmak için önerilebileceği belirtilmiştir.

2.3 Bitkisel Kaynaklı Süt Tozu Üretimi Çalışmaları

Besleyici bir gıda maddesi olan soya toz veya izolat şeklinde bulunur. Soya, yüksek besleyici protein içeriği yanı sıra niasin ve fitokimyasal maddeler bakımından zengin olması ürünü gıda katkı maddesi sektöründe toz ürünleriyle ille cazip bir hammadde haline getirmektedir. Soya gıda sektöründe et ürünleri, pişmiş ürünler ve bebek maması gibi çok çeşitli gıdalarda kullanılır. Bitkisel kaynaklı sütler hayvansal kökenli olmamakla beraber, laktoz ve kolestrol içermez, bu yüzden diyet bozuklukları veya laktoz intolerans gibi problemlerde daha az sorun oluşturur (Liu, 1997). Soya unu, püskürtmeli kurutucu ile kurutulmuş soya sütü özütüdür. Yapılan çalışmalarda püskürtmeli kurutma ile üretilen soya sütü tozunun partikül boyutlarının 36 ila 137 μ m arasında dağılım gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca toz stabilitesini arttırmaya yönelik

kurutmadan farklı hazırlık yöntemleri üzerine çalışmalar sürmektedir (Osthoff ve ark., 2010).

Hindistan cevizi sütü tozu üretimi püskürtmeli kurutma yöntemi ile ilk olarak Bundus ve Noznick tarafından 1970 yılında gerçekleştirilmiştir. Hindistan cevizi sütü tozu üretiminin, tropik ülkelerde uygun olmadığı yazılan raporda belirtilmiştir. Bununla birlikte Phillipines ve Hagenmair (1983), Hindistan cevizi sütü tozunun püskürtmeli kurutmadan önce uygun katkı maddeleri ilave edilerek üretilebileceğini bildirmişlerdir. Makalesinde, gıda katkı maddeleri olarak kazein ve mısır şurubu katkılarının kullanıldığı bildirilmiştir (Hassan, 1985). Mohd Ali Hassan'ın 1985 yılında yaptığı çalışmada Hindistan cevizi sütünün püskürterek kurutma işlemini, sırasıyla 190 ° C ve 90 ° C'lik bir hava giriş ve çıkış sıcaklıkları kullanılarak gerçekleştirdiğini bildirmiştir. Çalışmada katkı maddelerinin gerekli olduğu ve % 10- % 15 oranında yağsız süt, % 5-7 oranında dekstrin olduğunu belirtilmiştir. Elde edilen ürünün inek sütünü andırdığı ve 30 ° C veya 100 ° C'de su ile kolaylıkla yeniden homojen bir solüsyon oluşturulabildiği ifade edilmiştir. Püskürtmeli kurutma ile kurutulmuş hindistan cevizi sütü tozu oda koşullarında polietilen paket içinde üç ay depolanmasında bile tatmin edici bir sonuç verdiği bildirilmiştir.

Kavun tohumu çok miktarda protein, yağ, karbonhidrat ve mineraller gibi diğer metabolitleri içeren atık bir ürün olarak nitelendirilmektedir (De Mello ve diğerleri, 2001). Türkiye'de Ege bölgesi, özellikle de İzmir'de ve çevresinde kurutulmuş kavun tohumları su ve şeker ile geleneksel yollarla karıştırılarak Subye şurup (kavun tohumu sütü + şeker) üretilir ve özellikle yaz aylarında serinletici bir içecek olarak tüketilir (Bastioğlu ve ark., 2016). Bastioğlu ve arkadaşlarının 2016 yılında yaptığı çalışmada kavun tohumu sütü tozu kırık Kırkağaç (*Cucumis melo subsp. melo cv. Kırkağaç*) ve Çeşme (*C. melo subsp. Melo cv. Çeşme*) kavun tohumlarından alternatif bitkisel süt elde etmek amacıyla üretimi gerçekleştirilmiştir. Kavun tohumu sütü 150 ° C giriş havası sıcaklığında, 473 l.h-1 hava akış hızında, 24 m3 h-1 aspirasyon oranı ve 8 ml.min-1 besleme akış hızında püskürtücü kurutucu yoluyla toz formuna dönüştürülmüştür.

Suzihaque ve arkadaşları 2015 yılında yaptıkları bir çalışmada muz sütü tozu üretimine sprey ve dondurarak kurutma metodunun etkisini, sprey kurutucu içindeki pompa besleme hızını ve muz sütü tozu oranının etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak

muz süt tozu oranının artmasında toz veriminin daha düşük olduğu ortaya çıkmıştır. Ananas (*Ananas Comosus*) *Bromeliaceae* familyasında bulunan tropik bir meyvedir. (Aliyu Abdulhammeed Bello, 2012). Suzihaque ve arkadaşları 2015 yılında ananas tozu üretimi için sprey kurutma yöntemini kullanmışlardır. Ananas % 4 db'den düşük nem içeriğine, %25 maltodekstrin konsantrasyonu ve 150 °C kurutma sıcaklığında sahip olduğu belirtilmiştir. Ananas tozlarının, 150 °C'de ve % 25'lik maltodekstrin konsantrasyonunda 80 g olarak en yüksek seviyede üretildiği belirtilmiştir. Tozların parçacık boyutunun en düşük giriş kurutma sıcaklığı 130 ° C'da 4.097 mikrometre olduğu belirtilmiştir. Mango antioksidanlar (β -karoten ve vitamin C) bakımından zengin olup kanseri ve kalp hastalıklarını önlemede etkili bir meyvedir. Mangolar, mango sütlü içecekler, pudingler, krema, dondurma vb. gıda ürünlerinde kullanılabilir. Chauhan ve arkadaşının 2013 yılında yaptığı çalışmada konveksiyonlu kurutma, havalandırma ve öğütme işlemleri ile elde etmiş olduğu mango sütü tozuna uygulanan ambalajlama yönteminin depolama ömrüne etkisini incelemiştir. Sonuç olarak ise toz haline getirilmiş mango sütünün çok daha stabil ve uzun ömürlü olduğu tespit edilmiştir.

2.4 Püskürtmeli Kurutma (Spray Drying) Yöntemi

Püskürtmeli kurutma (spray drying) yöntemi, gıda sanayinde yaygın bir şekilde kullanılan gelimi kurutma yöntemlerinden biridir. Bu yöntemin yaygın olarak kullanılmasının sebepleri beslenen sıvı çözeltinin çok sulu halden koyu kıvama kadar değişik vizkosite aralığında olabilmesi ve elde edilen ürünün, fiziksel ve kimyasal yapısına göre, ince toz haline gelebilmesi sağlanabilmektedir. Püskürtmeli kurutma yöntemi, sıvı çözeltinin bir atomizerden ince damlacıklar halinde bir silindirik gövde içine püskürtülerek sıcak hava ile karılatırılıp, damlacığın içerdiği nemin hızlı bir şekilde uçurulması esasına dayanır (Cemeroğlu, 2004; Koç, 2008). Kütle ve ısı transferinin beraber gerçekleştiği bu işlem sırasında, sıcak havayla damlacıklara ısı aktarılır ve bu ısı sayesinde çözeltideki uçucu maddenin buharlaşarak gaz fazına geii sağlanmaktadır. Damlacıklardan suyun buharlaşması çok hızlı bir şekilde gerçekleştiğinden dolayı, 110-200 °C'ye kadar yüksek sıcaklıkta hava kullanılmasına rağmen kuruyan ürünün sıcaklığı 50-70 °C civarında bulunur. Kuruma işlemi genellikle 3-10 saniye gibi kısa bir süre içerisinde gerçekleşmektedir. Kuruyan ve katı hale geçen toz partiküller, gaz akımı ile sürüklenerek sistem çıkışında toplanmaktadır

(Saygı, 2013). Püskürtmeli kurutucu sistemleri dört ana kısımdan oluşmaktadır. Püskürtmeli kurutucu sistemi Şekil 2.1’de gösterilmiştir (Koç, 2008).

2.4.1 Sıcak hava (kurutma havası) üretim düzeni

Gıda sanayisinde kullanılmak üzere sıcak hava üretim sistemlerinden buhar, elektrikli ısıtıcılar, sıcak hava jeneratörleri gibi sistemler tercih edilmektedir. Bahsedilen buharlı ısıtıcılar, içinden basınçlı buhar geçirilen genel olarak paslanmaz çelikten yapılmış bir dizi boru demetinden oluşan bir ısı değiştiricidir. Hava bir hava filtresinden geçirilerek tozlardan arındırılır ve ısıtıcılar sayesinde istenilen sıcaklık derecesinde (150-220 °C) ısıtılarak kurutma hücrelerine üflenir (MEB, 2012).

2.4.2 Atomizer

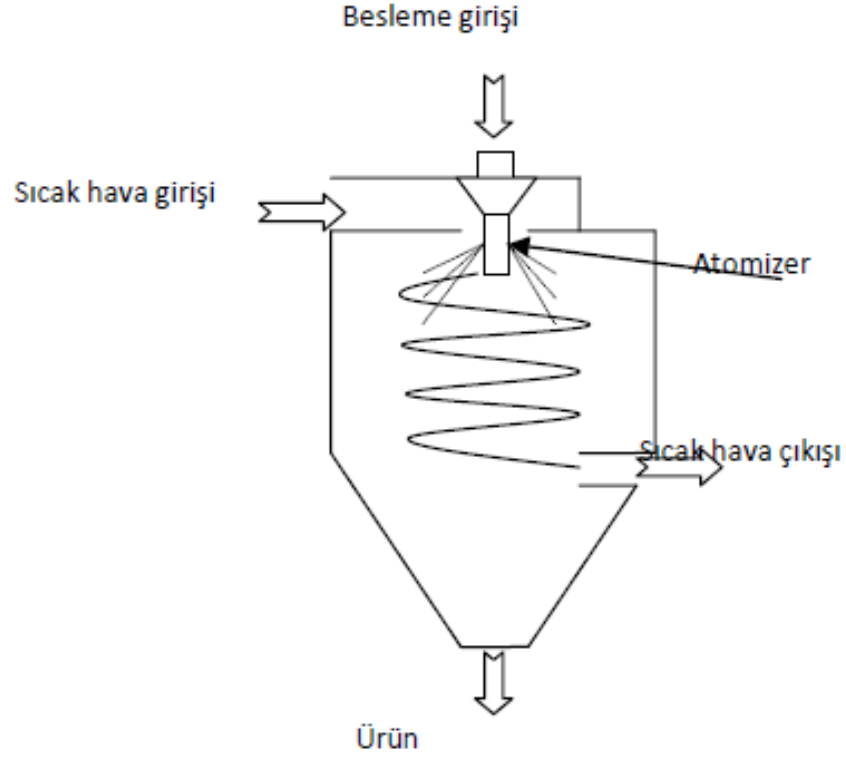
Püskürtmeli kurutucudaki en önemli kısım “atomizer”dir. Atomizer, kurutulacak olan sıvıyı, çeşitli faktörlere bağlı olarak basınç altında 5-100µ (mikron) arasında küçük damlacıklara parçalayan düzendir. Atomizasyon şekil, yapı, hız, boyut dağılımı ve parçacık büyüklüğü üzerinde etkili olup püskürtmeli kurutucunun en merkezi işlemidir. Gıda sanayisinde genel olarak memeli (nozel) püskürtücüler ve santrifugal (atomizer) püskürtücüler olmak üzere iki çeşit atomizer kullanılır (Wiley, 2015).

2.4.3 Kurutma hücresi

Kurutma hücresi paslanmaz çelik malzemesinden yapılmış olup, dış yüzeyi çok iyi bir şekilde yalıtılmıştır. Yalıtım malzemesinin üzeri koruyucu metal sac ile kaplanmıştır. Kurutma kulelerinin çapları ve yükseklikleri kurutma kapasitesine göre değişmektedir. Kulenin üst kısmı silindirik ve alt kısmı ise konik şeklindedir (MEB, 2012).

2.4.4 Kollektör

Kurutulmuş ürünün sıcak havadan ayrılması amacıyla değişik tipte kollektörler (toplayıcı) kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygını siklon tipi kollektörlerdir (Wiley, 2015).



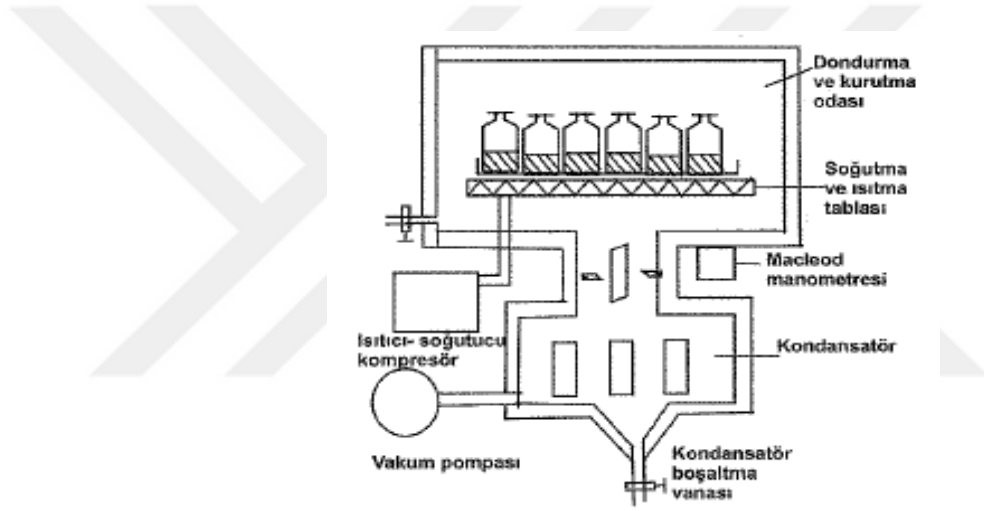
Şekil 2.1. Püskürtmeli kurutucu şematik gösterimi (Kaynak: Koç, 2008)

Gıda endüstrisinde püskürtmeli kurutma yöntemi; süt, peynir altı suyu, yoğurt, dondurma karışımları, bebek mamaları, yumurta, kahve, çay, meyve ve sebze suları, yenilebilir proteinler gibi pek çok gıda maddesinin kurutulmasında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Saygı, 2013).

Püskürtmeli kurutma yönteminin bazı avantajları bulunmaktadır. Püskürtmeli kurutmayı diğer yöntemlerden üstün kılan özelliği işlem süresinin kısa sürmesidir. Damlacıkların çok küçük boyutlarda olması ve bunun yanı sıra kurutma yüzeyinin büyük olması damlacıkların çok hızlı bir şekilde kurumasını sağlamaktadır. Bu özelliği ile ürünün kalitesi önemli ölçüde korunmaktadır (Karaça ve ark., 2017). Püskürtmeli kurutma ile elde edilen ürünün sıcaklığının düşük olması ve ürünün genellikle yüksek akıcılığa sahip olması, elde edilen tozun taşınması, kullanımının kolay olması ve yüksek üretim düzeylerinde iyi bir verim elde edilmesi diğer yöntemlere göre avantajları arasında sayılmaktadır. Püskürtmeli kurutma yönteminin avantajlarının yanı sıra elde edilen ürünün yığın yoğunluğunun düşük olması, daha fazla buharlaştırma yükü ve başka bir madde için kullanımında esnek olmaması gibi dezavantajları da bulunmaktadır (Saygı, 2013).

2.5 Dondurarak Kurutma (Liyofilizasyon) Yöntemi

Yaygın olarak kullanılan kurutma yöntemlerinden liyofilizasyon sulu çözelti veya süspansiyon halindeki katılardaki donmuş suyun veya herhangi bir çözücünün düşük basınç altında (vakum altında) süblimasyon yoluyla uzaklaştırılması esasına dayanmaktadır. Kurutma işleminin gerçekleştiği odada süblimasyon ile buhar olarak ayrıştırılan su veya çözücü kondenser aracılığı ile uzaklaştırılır (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003). Bu yöntemde kurutma işlemi liyofilizatör adı verilen ekipmanlar ile yapılır. Liyofilizatörler soğutucu (kondenser), dondurma ve kurutma odası, vakum pompası olacak şekilde üç bölümden oluşmaktadır (Şekil 2.2). Ayrıca liyofilizatörde soğutma ve ısıtmayı sağlayan kompresör ve ısıtıcılar bulunur (Doğanay, 2009).



Şekil 2.2 Dondurarak kurutma (Kaynak: Doğanay,2009)

Liyofilizasyonla kurutma işlemi dondurma, birinci kurutma ve ikinci kurutma olacak şekilde üç ana adımda gerçekleşir. Birinci adımda üründeki suyun hepsi buz haline geçene kadar ürün dondurulur. İlk aşamada tamamen katılaşma gerçekleştikten sonra, birinci kurutma aşamasında buzun süblimasyonunda gerekli ısıyı sağlamak için sıcaklık yavaşça artırılarak donmuş sıvı kurutulacak maddeden uzaklaştırılır. Bunun için kurutulacak maddenin olduğu sistemin basıncı donmuş çözücünün buhar basıncına yakın veya daha az olması gerekmektedir. İkinci kurutma aşaması birinci kurutma aşamasının bitmesinden hemen sonra başlar ve bağlı suyun (donmamış) genellikle oda sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklarda desorpsiyonla uzaklaştırılmasını içerir (Gieseler, 2004).

Gıda teknolojisi alanında gıdaların taze halde düşük sıcaklıklarda korunabilmesi için gerekli olan enerji ihtiyacını ortadan kaldırmasının yanı sıra kurutulan ürünlerin raf ömrünü uzatması dondurarak kurutma tekniğinin uygulanmasına olanak sağlamıştır (Dobooğlu, 2012). Liyofilizasyonla kurutma yöntemi gıda sanayisinde geleneksel kurutma yöntemleri ile kurutulmaları güç olan meyve ve sebzeler, bebek mamaları ve askeri yemekler gibi hazır gıdalar için uygulanmaktadır. Liyofilize sebzeler ve bitkiler ticari anlamda çoğunlukla hazır çorba benzeri ambalajlanmış kullanıma hazır kuru ürünlerde kullanılırken, dondurulmuş meyveler tahıl ve gevrek içerikli kahvaltılık ürünlerde kullanılmaktadırlar (Yurdakul, 2008). Liyofilizasyon yöntemi genellikle biyoteknolojik ürünler, bazı kimyasal maddeler ve ilaç endüstrisinde sıklıkla kullanılmaktadır. Liyofilizasyon ilaç endüstrisinde, zamanla bozulabilen ilaçların moleküllerinin kararlı hale getirilmesi ve böylece biyoaktivitenin korunması amacıyla uygulanmaktadır (Kırmacı, 2008).

Geleneksel kurutma yöntemleri ile kıyaslandığı zaman kural olarak en kaliteli ürün liyofilizasyon ile elde edilen ürünlerdir. Burada ki en önemli etken olan yapısal sertlik süblimasyonun meydana geldiği yüzeyin donmuş olması ile sağlanmaktadır. Yapısal sertlik kurutulmuş maddenin şeklinin bozulmasını engellemektedir (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003). Liyofilizasyon ile kurutma yöntemi geleneksel kurutma yöntemlerine göre besin değeri, renk, tat ve koku özelliklerindeki değişimin ve yığın yoğunluğunun az olmasından dolayı daha avantajlı olmaktadır. Liyofilizasyon yönteminde yüksek sıcaklıklarda çalışılmadığından çoğunlukla biyolojik orjinli sıvı veya fazla miktarda su ihtiva eden katı maddelerin uzun süren etkilerden en az zarar göreceği şekilde kurutulmaları sağlanır ve diğer geleneksel kurutma yöntemlerine göre enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları, protein denatürasyonu ve enzimatik reaksiyonlar en aza indirilir (Dobooğlu, 2012).

Liyofilizasyonda kurutma hızının çok düşük olması ve çok yüksek miktarda enerji kullanılmasını gerektiren vakumlama işlemlerinden dolayı gıdalar için pahalı bir kurutma yöntemidir. Liyofilizasyon ile kurutulmuş ürünlerin soğukta depolanmaya ihtiyacı olmadığı için yüksek maliyeti ile bir denge sağlamaktadır (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003)

2.6 Gıda Tozları ve Karakterizasyonu

Gıda tozları gıda endüstrisinde büyük bir öneme sahip olup genel olarak kristal veya amorf (düzensiz) formlarda bulunmaktadır. Gıda hammaddeleri sağlanan üstünlüklerinden dolayı bir takım teknikler ile kurutulmuş ve ticarileştirilmiştir (Ermiş, 2015). Gıdaları toz formuna dönüştürmek, raf ömrünü uzatır ve ürünün ortam sıcaklığında bile kalitede herhangi bir kayıp olmaksızın uzun süre depolanmasını sağlar. Gıdaların toz formu genellikle nakliye, taşıma, işleme ve ürün formülasyonlarında kolaylık sağlamak için kullanılmaktadır. Gıda tozları şekerleme, fırıncılık ve et ürünleri gibi çeşitli gıdalarda kullanılabilir. Son zamanlarda süt fabrikası ve toz işletmecileri, pazarlama uzmanları tozlara daha fazla değer katmaya büyük önem vermekte olup bunun yollarını aramaktadır. Tozlar, toz yapısı, parçacık boyutu dağılımı, yığın yoğunluğu, parçacık yoğunluğu, akışkanlık, rehidrasyon (ıslanabilirlik, batırılabilirlik, dağılıbilirlik, çözünürlük), higroskopiklik, ısı kararlılığı, emülsiyonlaştırıcı, cam geçiş sıcaklığı, su aktivitesi, yapışkanlık, keklenme gibi özellikler de dahil olmak üzere birçok fiziksel ve işlevsel özelliklere sahiptirler (Sharma ve ark., 2012). Gıda tozları ve özellikle süt esaslı tozlar için önem taşıyan bazı fonksiyonel özellikler aşağıda belirtilmiştir.

2.6.1 Toz partiküllerin şekli

Partikül şekli toz özelliklerini ve partikül ünitesi işlemlerinin performansını etkileyebilen bir özelliktir. Örneğin partiküllerin şekli tozların paketleme davranışını etkileyerek yığın yoğunluğunu ve depolama kapasitesini arttırabilmektedir. Parçacık yüzeylerinin birbirlerine nasıl temas ettiğini etkileyerek bu şekilde toz işleme işlemlerinde toz akışını ve performansını etkileyebilmektedir (Fitzpatrick, 2013). Toz parçacıklarının şekli hammaddenin türüne, ısıl işlem derecesine ve diğer bileşim ve işleme parametrelerine bağlıdır. Toz parçacıkları çok karmaşık rastgele şekillere sahip 3 boyutlu nesnel olduğundan dolayı toz parçacıklarının gerçek şekli çok zor belirlenir. Çok basit olarak parçacık şekli küresel, iğne şekilli, plaka şeklinde vb. isimlerle nitel olarak belirtilmektedir (Barbosa-Cánovas ve ark., 2005a).

Bir süt tozu parçacığı genellikle yağ globülleri, kazein miselleri ve serum proteinleri gömülü olan bir amorf laktoz kütlesinden ve diğer bileşenlerden oluşur.

Aynı zamanda, parçacık yüzeylerinin temas halinde olmadığı tıkalı hava boşlukları da içerir (Anonim, 2000). Toz partiküllerinin yüzey oluşumunda 3 mekanizma önerilmiştir. Bunlar; kurutma boyunca kabuk oluşumu, kurutma boyunca katı-çözünen ayrımı ve atomizasyon sırasında hava-sıvı ara yüzeyinde protein adsorpsiyonudur. Süt damlacıkları kurutma sırasında ayrı ayrı toz yüzeyleri olan katı parçacıklara dönüştürülmektedir Püskürtülerek kurutulmuş süt tozu parçacıklarındaki yağ partikülleri katmanlar şeklinde en dıştaki yüzeyi kaplar ve bunun altında protein veya proteinlere bağlı yağlar bulunur (Sharma ve ark., 2012)

2.6.2 Partikül boyutu

Partikül büyüklüğü, toz içindeki parçacıkların boyutu, akışkanlık, sıkıştırılabilirlik, toksisite ve patlayıcılık dahil olmak üzere tozların toplu davranış özelliklerini etkilediğinden en önemli parçacık özelliklerinden biridir (Fitzpatrick, 2013). Özellikle, partikül boyutu partiküllerin kendi aralarında ve parçacıklar ile çevrelenen sıvı arasındaki etkileşim derecesinin belirlenmesinde çok önemlidir. Farklı parçacıkların farklı şekilleri olduğu için parçacık boyutunu ölçmede hangi boyut kullanılması gerektiği belirlenmelidir. Eşdeğer küresel çap tanımlamaları parçacık boyutundaki sorunun üstesinden gelmek için parçacık boyutunu tanımlamada sıklıkla kullanılır. Bir küre 3 boyutlu bir parçacıktır ancak geometrisini ve boyutunu tam olarak tanımlamak için gereken tek şey çapının tanımlaması olan 1 boyutlu parametredir. Bir parçacığın eşdeğer küresel çapı tanımlanırken sıklıkla kütle, hacim, yüzey alanı, yansıyan alan, çökelme ve elek özellikleri kullanılır. Farklı parçacık boyutu ölçüm aletleri genellikle eşdeğer küre çaplarını ölçebilir, örneğin lazer kırınım teknikleri hacim çapını ölçebilir, ancak elek analizi elek çapını ölçer. Sonuç olarak, farklı enstrümanlar aynı dökme malzeme için partikül boyutunu farklı olarak ölçebilmektedir (Fitzpatrick, 2013).

Bir tozun veya parçacıklı malzemenin boyut terimi görecelidir. Genel olarak bir parçacıklı malzemenin toz olarak kabul edilmesi için boyutunun 1 mm den daha az olması gerektiği kabul edilmiştir (Barbosa-Cánovas ve ark., 2005a).

Süt tozunun partikül boyutu görünüşü, sulandırma özelliği ve akış karakteristiği ile ilgilidir. Orijinal süt özelliklerinden, işleme koşullarından ve kurutma işleminde kullanılan ekipman tipinden etkilenir (Anonim, 2000). Kurutulmuş toz

partikülleri genellikle çapları 10 ila 250 μm arasında olan küresel şekillidir. Hızlı dağılma yaklaşık 150 ila 200 μm 'lik bir parçacık boyutunu gerektirir. Topaklanmış süt tozu parçacıkları (aglomerat) daha büyük ve düzensiz şekillerdedir. Büyük partikül boyutuna sahip toz dağılımı daha yüksek miktarlarda bulunmaktadır. Toz dağılımı ince parçacıkların yüzdesi ($<90 \mu\text{m}$) arttıkça azalmaktadır (Singh ve Newstead, 1992). Ortalama partikül boyutu (kümülatif dağılımın medyan değeri), normal yağsız süt tozları için 85 μm , yağlı süt tozları için ise 230 -250 μm aralığında değişmektedir (Sharma ve ark., 2012).

2.6.3 Yığın yoğunluk ve sıkıştırılmış yoğunluk

Yığın yoğunluğu bir gıda ürününün birim hacminin ağırlığı olarak tanımlanmaktadır. Gıda ürünün yığın yoğunluğu, kurutulan üründe büzülme olmamış ve ürün ilk önceki boyutlarını korumuşsa sadece kaybettiği su kadar azalmıştır. Ama kurutulan ürünlerde kurutma yöntemine ve kurutma koşullarına bağlı olarak büzülme gerçekleşir ve buda ürünün yığın yoğunluğu miktarını etkiler. Kurutulmuş gıda ürününün kaybettiği su miktarına göre hacminde ve ağırlığında kayıplar meydana gelerek ürünün yığın yoğunluğunu değiştirmektedir (Ratti, 1994).

Yığın yoğunluk sabit bir hacmi işgal eden toz kütesinin bir ölçüsü olmakla beraber parçacık yoğunluğuna, parçacık iç gözenekliliğine ve kabın içindeki parçacıkların düzenlenmesine bağlıdır. Yığın yoğunluk katı ve sıvı hacimlerini, açık ve kapalı gözenekleri içerir. Gıda tozlarının yığın yoğunluğu ekonomik, ticari ve fonksiyonel olarak önemli bir özelliktir. Tozlar uzun mesafelere gönderildiğinde, hacim azaltmak için yüksek bir yığın yoğunluğuna sahip olmaları önemlidir. Yüksek yığın yoğunluğu da ambalaj malzemesinden tasarrufu sağlamaya yardımcı olmaktadır. Toz yoğunluğu aynı zamanda kap hacmini, paketleme malzemesinin gereksinimini ve taşıma için makine seçimini de belirler. Aglomerasyondan (topaklanma) etkilenen düşük yığın yoğunluğu da anlık tozların önemli bir özelliğidir (Barbosa-C'novas ve Juliano 2005).

Sıkıştırılmış yoğunluk bir miktar tozun belirli koşullar altında vurulduktan veya titreştikten sonra belirlenen yoğunluktur (Sharma ve ark., 2012). Sıkıştırma boyunca toz davranışını tanımlamada en önemli özelliktir. Sıkıştırılmış yoğunluk ve yığın yoğunluk arasındaki oran Hausner oranı olarak bilinir ve sıklıkla tozlarda bir iç

sürtünme indeksi olarak kullanılmaktadır (Ganesana ve ark., 2008). Hausner oranı yığın ve sıkıştırılmış yoğunluktan toz akışkanlığını ölçmek için kullanılan bir yöntemdir. Hausner oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanır (Tripathi ve ark., 2013).

$$\text{Hausner oranı} = D_t/D_b \quad (1)$$

D_b = Yığın yoğunluk, D_t = Sıkıştırılmış yoğunluk

Carr tarafından geliştirilen Carr indeksi toz yoğunluğunun hacimce akışkanlığını ölçmede uygulanan bir yöntemdir. Bir tozun sıkıştırılabilirlik yüzdesi tozlar arası etkileşimin ve kararlılığın bir ölçüsüdür. Carr indeksi aşağıdaki denkleme göre hesaplanır (Tripathi ve ark., 2013).

$$\text{Carr indeks (\%Sıkıştırılabilirlik)} = 100X(1 - D_b/D_t) \quad (2)$$

D_b = Yığın yoğunluk, D_t = Sıkıştırılmış yoğunluk

Tablo 2.4 Carr indeksi ve Hausner oranı sınıflandırılması

Carr indeks (CI), %	Hausner oranı	Akışkanlık
0-10	1,00-1,11	Mükemmel
11-15	1,12-1,18	İyi
16-20	1,19-1,25	Uygun
21-25	1,26-1,34	Orta
26-31	1,35-1,45	Zayıf
32-37	1,46-1,59	Çok zayıf

*Kaynak: Shishir, 2014

2.6.4 Partikül yoğunluğu

Görünür partikül yoğunluğu açık gözenekler hariç olmak üzere kapalı gözenekleri içeren bir parçacığın birim hacmi başına kütlelerdir. Görünür partikül yoğunluğunun ölçümü için gaz veya sıvı piknometri gibi gaz veya sıvı yer değiştirme yöntemleri kullanılır. Gerçek partikül yoğunluğu ise açık ve kapalı gözenekler hariç parçacık kütlelerinin parçacık hacmine oranıdır (Sharma ve ark., 2012).

2.6.5 Parçacık gözenekliliği

Toplam yatak hacmi boyunca hava veya boşluk alanının fraksiyonu olarak tanımlanır. Mekanik sıkıştırma, parçacık boyutu (parçacık boyutu dağılımı), nem, sıcaklık, her bileşenin kimyasal yapısı, işleme koşulları, nem ve depolama esnasındaki

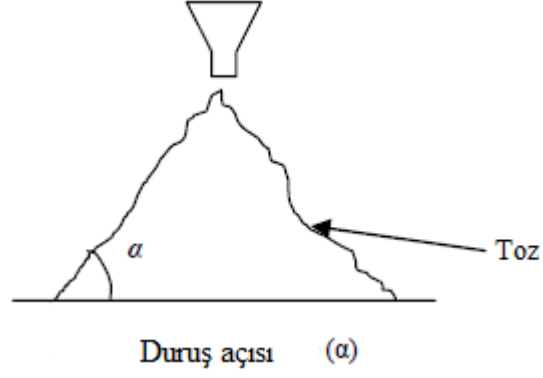
sıcaklık gibi faktörlerden etkilenir. Yapışkanlığın artması, kütlelerin su emme veya buharlaştırmaya bağlı olarak değişmesi veya yağlı bileşenlerin sıcaklık ile faz değişiminden dolayı değişiklikler meydana gelmiştir (Barbosa-C'anvas ve Juliano 2005).

2.6.6 Akışkanlık

Bir tozun akışkanlığı, toz parçacıklarının birbirine göre hareket etme kolaylığı, yani akışa direnç anlamına gelmektedir (Kim ve ark., 2005). Bu özellik bir tozun serbest akış özelliğinin bir ölçüsüdür. Süt tozlarının doğru akışı üretici ve uygun paketleme, işleme ve ölçme işlemleri açısından önemlidir. Tozların akıcılık özelliği süt endüstrisinde taşıma, depolama ve boşaltım, hesaplanan miktarların dozajlanması ya da tozların karıştırılması ve havalandırılması için gerekli parametrelerin seçilmesinde önemlidir (Ilari, 2002). Doğru toz akışının sağlanması tıkanıklığı önlemek ve makine tasarımı için belirleyici bir faktördür (Prescott ve Barnum 2000). Genel olarak, akış özellikleri iyi olan tozlar, büyük yığın halindeki tozlardır. Yağ içeriği yüksek tozlar, daha az yağ içeren tozlardan daha düşük akışkanlığa sahiptir. Yağın düşük erime noktası fraksiyonu orta veya yüksek erime dereceli yağ parçacıkları olan toz elde etmek için kristalize edilebilir, bu da daha iyi akışkanlığa neden olmaktadır (Ilari and Loisel 1991).

Gıda tozlarının akışkanlığını ölçmede bugüne kadar birçok yöntem kullanılmıştır. Kullanılan tekniklerden bazıları dairesel kesme hücresi (annular shear cell), dönerli hücre (rotational cell), Jenike shear cell, Hausner oranı ve Carr indisi, duruş açısı (angle of repose) ve toz akışı ölçer (Powder Flow Tester) dir (Ermiş, 2015). Kayma mukavemeti ölçümü, yoğunluk ölçümü ve duruş açısı ölçümü toz malzemelerin potansiyel akışkanlığını sağlamak için kullanılan yaygın tekniklerden bazılarıdır (Bodhmag, 2006).

Duruş açısı (angle of repose) farklı yapıdaki tozların akışkanlığını ölçmek için güvenilir, hızlı ve basit bir yöntemdir. Düşük yaslanma açısına sahip tozlar serbestçe akan yani akışkanlığı iyi tozları, daha yüksek açılara sahip tozlar ise düşük akışkanlığa sahip olduklarını gösterir (Bodhmag, 2006). Duruş açısı belli bir yükseklikten bırakılan toz kütlelerinin oluşturduğu yığının eğimi ile yatay çizginin oluşturduğu açı olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Duruş açısı (Bodhmage, 2006)

50-60° ve büyük açılara sahip tozların akışkanlığı düşük, 30-40° açısına sahip tozların akışkanlığının da kısmen iyi olduğu anlamına gelir (Ermiş, 2015). Duruş açısı kullanılarak tozların akışkanlıklarının sınıflandırılması Tablo 2.5’ te gösterilmiştir (Bodhmage, 2006).

Tablo 2.5 Duruş açısına göre toz akışkanlığının sınıflandırılması

Tanımlama	Duruş Açısı (Angle of Repose)
Çok akışkan	25-30°
Akışkan	30-38°
Geçerli akış	38-45°
Yapışkan	45-55°
Çok yapışkan	>55°

*Kaynak: Bodhmage, 2006

2.6.7 Keklenme özelliği/yapışkanlık

Keklenme özelliği serbest halde bulunan ya da suda çözünebilen amorf parçacıkların iki veya daha fazlasının bir araya gelerek katı bir yapı oluşturması olarak ifade edilmektedir. Amorf haldeki parçacıkların kısmi olarak çözünmesi ve kristal yapıda olan tozun tekrar kristalizasyonu sonucu keklenme ortaya çıkabilmektedir. Kek oluşumu üretimde yer alan alet ekipmanın üzerinde topaklanmaya sebep olarak üretimde probleme yol açmaktadır. Kek oluşumuna depolama şartları (sıcaklık, nem, kütle yoğunluğu, basınç vb.) parçacıkların içeriği, moleküler dağılım ve mekanik kenetleme etki eder (Ermiş, 2015).

Gıda tozlarının yapışma özelliği kohezyon ve adhezyon şeklinde gruplandırılmaktadır. Tozların yapışkanlık özelliği peynir altı suyu, laktoz, protein hidrolizatı, yağlı süt ve şekerli gıdalar gibi bazı maddelerin kurutularak toz formuna getirilmesi işleminde büyük bir problem oluşturmaktadır. Yapışkanlık nem, viskozite, sıcaklık, basınç, partikül yüzey kompozisyonu ve gıda katkı maddelerinin bulunması gibi faktörlerden etkilenmektedir (Ermış, 2015).

2.6.8 Çözünürlük

Çözünürlük süt tozlarının önemli bir özelliğidir. Az çözünen tozlar işleme zorluklarına ve ekonomik kayıplara neden olabilmektedir. Çözünürlük tozun bileşenlerinin çözelti veya süspansiyon haline getirilebileceği nihai koşulların bir ölçüsüdür. Çözünürlük esas olarak tozun kimyasal bileşimine ve fiziksel durumuna bağlıdır. Süt tozlarının çözünürlüğüne sütte bulunan laktik asit, süte uygulanan ısı işlem, püskürtülerek kurutma yöntemi ve protein içindeki tuz iyonları olumsuz yönde etki eden faktörlerdir (Singh ve Newstead.,1992).

2.6.9 Nem içeriği ve Su aktivitesi

Toz ürünlerin nem içeriği diğer fiziksel ve kimyasal özelliklere etki etmesi nedeniyle önemli özelliklerden olup gıda stabilitesi için kritik bir faktördür (Dobooğlu, 2012). Gıdalarda nem miktarı arttıkça mikrobiyal gelişmeye elverişli bir ortam oluşmaktadır ve gıdalarda enzimatik olmayan esmerleşme tepkimeleri meydana gelmektedir (Ayhan, 2000). Nem, kurutularak işlenen ve ambalajlanan gıda maddelerinin işleme öncesi ve işlendikten sonra raf ömrünü, depolama koşullarını belirlemede kalite ölçütüdür. Gıdalar nem içerikleri bakımından yüksek (a_w 0,90-1,00), orta (a_w 0,60-0,90) ve düşük nemli ($a_w < 0,60$) olarak sınıflandırılabilirler (Özay ve ark., 1993). Gıdalarda nem bağlı nem, absorbe olmuş nem ve serbest olmak üzere üç şekilde bulunmaktadır. Bağlı nem gıda ürünündeki protein ve karbonhidrat moleküllerine bağlı bir şekilde bulunur. Absorbe nem gıdaların dış yüzeylerinde konumlanmış halde, serbest nem ise moleküller arasında bulunmaktadır (Dobooğlu, 2012) .

Su aktivitesi (a_w) gıda teknolojisinde önemli bir parametre olup kolaylıkla ölçülebilen bir fizikokimyasal özelliktir (Özay ve ark., 1993). Gıdalardaki nem içeriğinden farklı olarak su aktivitesi gıda kalitesinde fiziksel, kimyasal ve

mikrobiyolojik kararlılığı belirlemektedir. Su aktivitesi termodinamik açıdan gıdanın içinde bulunan suyun buhar basıncının aynı sıcaklıktaki saf suyun denge buhar basıncına oranı şeklinde ifade edilmektedir. Su aktivitesi değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir. Genel olarak su aktivitesi suyun gıda ürününe yapısal ve kimyasal olarak ne kadar sıkı bağlandığının göstergesidir.

Mikroorganizmalar farklı su aktivitesi değerlerinde faaliyet gösterebilmektedir. Genel olarak su aktivitesi 0,6'nın altında bütün mikrobiyolojik faaliyetlerin durduğu kabul edilmektedir. Küf faaliyetleri 0,70-0,75 su aktivitesi değerlerinde durmaktadır. Gıdalarda bozulmaya sebep olan çoğu bakteriler ise 0,90 altındaki su aktivitesi değerlerinde metabolik faaliyetleri durmaktadır (Kırmacı, 2008).



3 MATERYAL VE METOT

3.1 Fındık Sütünün Hazırlanması

Fındık sütünün eldesi için Bernat ve ark (2015a) ve Al-Nabulsi ve ark (2014) tarafından uygulanan teknikler modifiye edilerek uygulanmıştır. Bu amaç için kabuklarından ayrılmış olan fındık içleri havanda ezilip 1:15 (%12 kuru madde olacak şekilde) oranında destile su ile karıştırılarak homojenizatör cihazı (WiseTis HG-15A) ile homojen bir karışım haline getirilmiştir. Daha sonra bu karışım kaba filtreden (40 µm) süzülerek sıvı karışımın içerisindeki yağ globüllerinin daha da küçültülerek homojen hale getirilmesi için ultrason cihazı (Hielscher UP200Ht) (100 W güçte, 20kHz'de 10 dakika süre ile) kullanılarak homojenizasyonu sağlanmıştır (Ertugay ve ark., 2004). Elde edilen fındık sütüne kimyasal, fiziko-kimyasal ve stabilite testleri yapılmıştır.

3.2 Fındık Sütü Tozu Eldesi

Fındık sütleri püskürtmeli kurutma ve dondurarak kurutma yöntemi olmak üzere iki yöntemle toz haline getirilmiştir.

3.2.1 Püskürtmeli kurutucu

Fındık sütü tozu üretiminde laboratuvar ölçekli püskürtmeli kurutucu kullanılmıştır (Büchi Mini Sprey Dryer, Flawil, Switzerland). Hava giriş sıcaklığı 150 °C, aspirasyon oranı 24 m³/h dir. Fındık sütleri saf halde ve %5, %10 ve %15 oranlarında maltodekstrin karıştırılarak kurutulup toz haline getirilmiştir.

3.2.2 Liyofilizatör

Bu amaçla laboratuvar ölçekli Teknosem marka TRS 2/-2V model liyofilizatör kullanılmıştır. Kurutma işlemi öncesinde kondenser sıcaklığı -55 °C'ye ayarlanmıştır.

Örnekler liyofilizatör tepsilerine yerleştirilerek kurutma haznesinin kapağı kapatılmıştır. Vakum açılarak basınç ayarı yapılmıştır. Örnekler 2 gün boyunca kurutulmuştur.

3.3 Ham Fındık Sütüne yapılan Kimyasal, Fizikokimyasal ve Reolojik Analizler

Fındık sütüne su aktivitesi (aw), % nem, % kül, pH, toplam asitlik, toplam yağ, toplam protein ve yağ asidi kompozisyonu analizleri yapılmıştır. Ayrıca kamera entegre edilmiş ışık mikroskobu (BEL Bio photonics) kullanılarak kolloid yapının görsel olarak incelenmesi Ertugay ve ark., (2004) tarafından belirtildiği şekilde yapılmıştır. Fındık sütünün stabilitesi cam tüplerde 1 hafta bekletilerek incelenmiştir.

3.3.1 Su aktivitesi (aw) analizi

Bu amaç için Novasina LabSwift (Lachen, İsviçre) su aktivitesi ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçümler cihazın kullanma kılavuzunda belirtildiği şekilde yapılmıştır. Cihaz ile birlikte gelen kaplara ürün doldurularak ve cihazın kapağı kapatıldıktan sonra otomatik olarak su aktivitesi ölçümü yapılmıştır (Yodkaew, 2016).

3.3.2 Nem analizi

AOAC 934.01 no'lu metoda göre etüv kullanılarak yapılmıştır (AOAC, 1990). Kurutma örnek kaplarına tartılarak konulan örnekler 105 °C'de ısıtılmış etüve yerleştirilerek kurutma işlemi 24 saat süre ile yapılmıştır. Süre sonunda kurutma kabı desikatöre alınarak oda sıcaklığında sabit tartıma gelinceye kadar bekletilmiştir (Çam ve Ersus, 2008). Soğuduktan sonra örnekler tartılarak % nem miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\%Nem : [(m1 - m2) / m] \times 100 \quad (3)$$

Bu formülde m1 kurutulmadan önceki ağırlığı, m2 kurutulduktan sonraki ağırlığı, m alınan örnek ağırlığını (g) ifade etmektedir.

3.3.3 Kül Tayini

Etüvde kurutma ve kül fırınında yakma yöntemi kullanılarak kül tayini yapılmıştır (AOAC, 2000). Porselen krozeye alınan numunenin üzerine birkaç damla etil alkol damlatılmış ve 105 °C'ye ısıtılmış etüvde 1-2 saat kuruması sağlanmıştır. Yapılan ön kurutmadan sonra örnek kapları kül fırınına yerleştirilerek 600 °C sıcaklıkta 4 saat süre ile yakma işlemi gerçekleştirilmiş ve kül homojen bir renk alınca soğuması için çıkarılarak, desikatörde oda sıcaklığına gelene kadar bekletilmiştir. Daha sonra tartılarak fındık sütünün kül miktarı aşağıda belirtilen formüle göre % kül olarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Kül: } [(m_2 - m_1) / m] \times 100 \quad (4)$$

Bu formülde m1 yakmadan önceki krozenin ağırlığını, m2 yakmadan sonraki kroze ve külün toplam ağırlığını, m alınan örnek ağırlığını (g) ifade etmektedir.

3.3.4 pH ölçümü

pH-metre (Hanna HI2211) kullanılarak ölçümler yapılmıştır (Demirkaya ve Ceylan, 2013). Öncelikli olarak pH metrenin, standart pH değeri 4 ve 7 olan standart çözeltiler kullanılarak oda sıcaklığında kalibrasyonu yapılmış ve daha sonra pH elektrodu ve sıcaklık elektrodu saf su ile yıkanarak elektrotlar pH'sı ölçülecek numuneye daldırılmak suretiyle pH değeri sabitleninceye kadar beklenmiş ve ekrandaki skaladan rakam okunarak ve not edilmiştir.

3.3.5 Toplam asitlik

Bu analiz AOAC 947.05 metoduna göre yapılmıştır (AOAC, 1995). Analizde %2'lik fenolftalein çözeltisi numuneye eklenerek 0.25 N ayarlı sodyum hidroksit ile standart renk tonu (pembe) elde edilinceye kadar titrasyon yapılmıştır. Tüketilen miktardan sütteki asitlik miktarı hesaplanarak g laktik asit/L şeklinde belirtilmiştir.

3.3.6 Toplam yağ

Toplam yağ miktarı analizi Soxhlet cihazında yapılmıştır (AOAC, 2000). Analizde soxhlet kartuşuna kurutulmuş fındık örneğinden 5 gram alınmıştır. Cam tüpe yerleştirilen kartuşun üzerinden 300 mL hekzan eklenip soxhlet cihazına yerleştirilmiştir. 4 saat ekstrakte edilen cam balonlar rotary cihazına evaporasyon

amacıyla konulmuştur. Rotary evaporatörden alınan örnek, çözgeni tamamen uçuruluncaya kadar etüvde bekletilmiştir. Evaporasyon sonrası ham yağ miktarı mL yağ/100 g kuru örnek olarak hesaplanmıştır.

3.3.7 Toplam protein

Ham protein oranını Kjehdahl Metodu (AOAC, 2000) ile belirlemek amacıyla fındık sütü ve etüvde kurutulmuş süt örneği kullanılarak, kuru madde ve süt örneklerinde paralel olarak çalışılmıştır. Kjehdahl yöntemi yakma, damıtma ve titrasyon olmak üzere 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. Toplam azot miktarından da ham protein oranı % olarak hesaplanmıştır.

3.3.8 Yağ asidi kompozisyonu analizi (GC metodu)

Fındık sütünün yağ asidi kompozisyonunu belirlemek amacıyla Agilent FAMES Metodu (Masood ve ark., 2005) ile AOCS Ce 2-66 Metodu (Ratnayake ve ark., 2006) kullanılarak Thermo marka Trace 1300 model gaz kromatografisi cihazında çalışılmıştır. Fındık sütü numunesinden iki paralel çalışılmıştır. 0,1 gram fındık sütü numunesi ile 10 mL hekzan falkon tüpe alınmış ve 30 saniye vortexlenmiştir. Homojen karışıma 2 N, 100 µL metanollü KOH çözeltisi otomatik pipetle eklenmiştir. Tekrar 30 saniye vortex yapıldıktan sonra 5 dakika süre ve 40×10 rpm devir sayısında santrifüj cihazı başlatılmıştır. Faz ayrımı gerçekleşen falkon tüplerinin üst kısmında kalan sıvıdan GC'ye verilmek üzere viallere alınmıştır. Analiz sonucu elde edilen veriler düzenlenip yorumlanmıştır.

3.4 Fındık Sütü Tozuna Uygulanan Kimyasal, Fizikokimyasal Ve Reolojik Analizler

Fındık sütü tozu örneklerine su aktivitesi (a_w), %nem ve %kül analizleri fındık sütüne uygulanan metotlarla aynı şekilde yapılmıştır.

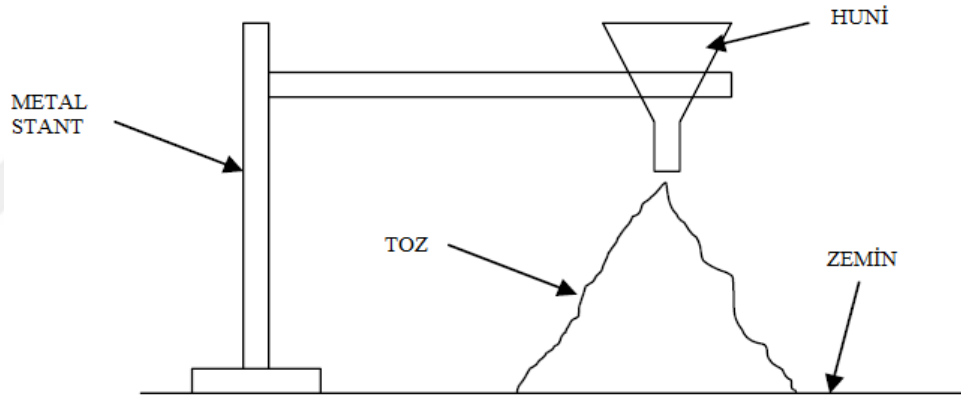
3.4.1 Kısmi çözünürlük analizi

Kısmi çözünürlük analizi için Bastıoğlu ve arkadaşları (2016) tarafından belirtilen yöntem bazı değişiklikler yapılarak uygulanmıştır. 1 g fındık sütü tozu 25 ml saf suya aktarılmıştır. Oluşan çözelti manyetik karıştırıcıda 5 dakika homojenize

edilmiştir. Çözeltideki yüzer maddeler eppendorflara alınarak 420 rpm de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Tüplerdeki süpernatant kısımdan 2 ml alınarak petri kaplarına koyulmuştur. Tartımları yapıldıktan sonra etüvde 5 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutma sonrası yine tartımlar alınarak gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

3.4.2 Toz akışkanlığı

Tozun akışkanlık özelliği Chauhan ve Patil (2013) tarafından belirtilen duruş açısı (angle of repose) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Toz numunelerden 5 er gram tartılıp 1 cm çapında açıklığa sahip bir huniden zemine 4 cm yükseklikte boşaltılmıştır. Kullanılan yöntem Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Düz zeminde oluşan tozların yatay biçimde fotoğrafları çekilmiştir. Bu fotoğraflar ile oluşan tozların cetvel yardımı ile duruş açıları belirlenmiştir. Elde edilen duruş açılarına göre tozların akışkanlığı belirlenmiştir.



Şekil 3.1 Duruş açısı belirleme düzeneği

3.4.3 Partikül boyutu ve şekli

Toz numunelerin her biri BEL marka BIO3T model ışık mikroskopunda 4X büyütme oranında Ertugay ve ark., (2004) tarafından belirtildiği şekilde incelenmiştir.

3.4.4 Toz kütle yoğunluğu

Fındık sütü tozunun yığın ve sıkıştırılmış yoğunluğu Bastıoğlu ve arkadaşları (2016) tarafından belirtilen şekilde bazı değişiklikler yapılarak uygulanmıştır. Ölçüm için 25 ml lik mezür kullanılmıştır. İlk önce mezürün darası alınmış daha sonra 25 ml hacimdeki mezürde serbest tozun ağırlığı tartılmıştır. Fındık tozu ağırlığının hacme bölünmesi ile yığın (serbest) kütle yoğunluk hesaplanmıştır. Daha sonra mezüre

konulan toza 20 kez vurma işlemi yapılarak tozun sıkıştırılması sağlanmıştır. Sıkıştırılan tozun miktarı tartılıp hacme bölünerek sıkıştırılmış kütle yoğunluğu bulunmuştur.

$$d=m/v \quad (5)$$

Bu formülde m örneğin ağırlığını (g), v örneğin hacmini (ml), d yoğunluğu (g/ml) ifade etmektedir.

3.4.5 FTIR analizi

Fındık sütü tozlarının kimyasal yapıları, ATR-FTIR spektroskopisi kullanılarak karakterize edilmiştir. FTIR analizi için metod Yılmaz ve ark. (2016) belirttiği şekilde uygulanmıştır. Spektrumların elde edilmesi için KBr ışın dağıtıcı ve DLaTGS detektörü ile teçhizatlandırılmış Bruker Tensor 27 spektroskopisi kullanılmıştır. Elmas ATR hücresi ile teçhizatlandırılmış ATR aksesuarı kullanılmıştır. Enstrüman kontrolü ve data eldesi OPUS programı (V 7.2, Bruker GmbH) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örneklerin ATR-FTIR spektrası herbir spektrada 16 tarama biriktiren 2 cm^{-1} 'lik çözünürlük ile 4000 'den 600 cm^{-1} dalgasayısı aralığında kaydedilmiştir. Arka plan olarak, bütün ölçümler öncesinde aynı şartlarda hava spektrumu incelenmiştir.

3.4.6 DSC analizi

Fındık sütü tozlarının termal özellikleri diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC, Q100, TA Instruments Inc., New Castle, DE, USA) kullanılarak tespit edilmiştir (Yılmaz ve ark., 2016). Analiz nitrojen atmosferi altında, 20 mL/dk sabit akış hızı gerçekleştirilmiştir. Her bir analiz için 5 mg örnek alüminyum pan içine yerleştirilmiş ve hermetikli olarak kapatılmıştır. $0 \text{ }^\circ \text{C}$ ile $250 \text{ }^\circ \text{C}$ arasında sıcaklık uygulanmış ve sıcaklık artışı $10 \text{ }^\circ \text{C/dk}$ olarak ayarlanmıştır. Referans olarak hermetikli kapatılmış boş bir alüminyum pan kullanılmıştır.

3.4.7 Zeta potansiyel analizi

Fındık sütü tozlarının zeta potansiyel ölçümleri Nano ZSP (Malvern Instruments Corp., Worcestershire, U.K.) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Yılmaz ve ark., 2016). Bu amaçla, her bir örnekten 10 mg tartılarak 10 mL fosfat

tampon çözeltisi (PBS) içinde disperse edilmiş ve elektrot bulunduran zeta potansiyel hücrelerine alınmıştır. Bütün ölçümler 25 °C’de gerçekleştirilmiştir. Fındık sütü tozlarının zeta potansiyelleri aşağıdaki denklemde verilen Smoulokowski model denklemine göre hesaplanmıştır.

$$\xi = \eta\mu/\varepsilon \quad (6)$$

Bu denklemde η viskozite, μ elektroforetik hareketlilik ve ε solventin dielektrik katsayısını ifade etmektedir.

3.5 İstatistiki Analizler

Veriler Windows ortamında Minitab (v17, Minitab Inc, PA, USA) programı kullanılarak istatistiksel analizlere tabi tutuldu. Hipotezlerin test edilmesinde tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) ve TUKEY çoklu karşılaştırma analizleri uygulandı. Testlerde anlamlılık düzeyi olarak 0.05 belirlendi.

4 BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Fındık Sütü Eldesi ve Karakterizasyonu

4.1.1 Fındık Sütünün Kimyasal Bileşimi ve Fizikokimyasal Özellikleri

Araştırmada elde edilen fındık sütüne uygulanmış olan kimyasal ve fizikokimyasal analiz sonuçları ve standart sapma değerleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1 Fındık Sütünün Kimyasal ve Fizikokimyasal Analiz Sonuçları (n=3)

Bileşen	Ortalama(\pm ss)
Su Aktivitesi	0,98 \pm 0,01
Ph	6,93 \pm 0,02
Toplam Asitlik*	1,33 \pm 0,10
Nem**	88,42 \pm 0,01
Kül**	0,21 \pm 0,03
Toplam Protein**	1,43 \pm 0,07
Toplam Yağ**	8,60 \pm 0,07

*g/L laktik asit eşdeğer **g/100g fındık sütü

Fındık sütü elde etmek amacıyla yaklaşık olarak %12 kuru maddeye sahip olacak şekilde 150 gram fındık ve 1 L su kullanılmıştır. Bernat ve ark. (2015b) benzer bir çalışmada badem sütünü %8 kuru madde içerecek şekilde hazırlamışlardır. İnek sütü kuru madde içeriği ve yapılan diğer çalışmalarda elde edilen bitkisel kaynaklı süt örneklerinin kuru madde içerikleri ile uyumlu olması açısından bu çalışmada 1 litre su ve 150 gram kavrulmamış fındık kullanarak hazırlanan fındık sütünden %11,6 oranında kuru madde elde edilmiştir.

Tablo 4.2’te bu çalışmada elde edilen fındık sütüne ait bileşenler ile tam yağlı inek sütü ve Bernat ve ark. 2015b tarafından rapor edilen badem sütüne ait bileşenlerin % oranları karşılaştırılmıştır. Fındık önemli bir mineral ve lif kaynağıdır. Ancak yapılan analiz sonuçları incelendiğinde kül miktarının beklenen değerlerin altında

olduđu belirlenmiřtir. Bunun nedeni olarak homojenizasyon ve sütün filtre edilmesi iřlemleri ařamasında ayrılan posada mineral maddelerin süzülmeden kalmıř olabileceđi dűřünülmektedir.

Tablo 4.2 Fındık sütün (n=3), Badem sütün ve Tam Yağlı İnek Sütünün ana bileşenleri (g/100 g)

Bileşen	Fındık Sütün	Badem Sütün*	Tam Yağlı İnek Sütün**
Su	88,59±0,16	93,4	87,6
Toplam KM	11,41±0,16	6,6	12,4
Kül	0,21±0,03	0,3	0,7
Toplam Protein	1,43±0,07	1,4	3,3
Toplam Yağ	8,6±0,17	4,0	3,0

*Bernat ve ark., 2015b, **Anonim, 2016 a; Iyengar, 1982

Protein miktarı fındık ve bademde inek sütüne göre daha düşük oranda bulunmaktadır (Anonim, 2016a). Bu nedenle fındık ve bademden elde edilen sütün protein miktarlarında farklılık olması beklenebilir. Sütlerin hazırlanmasında kullanılan kuru madde oranları göz önünde bulundurulduğunda fındık sütünün protein miktarının düşük olduğu tespit edilmiş ve bunun da proteinlerin bir miktarının süzme işlemi esnasında posa kısmında ayrılması ile ortaya çıktığı sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmada elde edilen fındık sütünün yağ içeriğinin Bernat ve ark.(2015b) tarafından elde edilen badem sütünündeki yağ içeriğine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, fındığın bademe göre daha fazla yağ içermesi (Anonim, 2016a) ile açıklanabilir.

Tablo 4.3 Fındık Sütü ve İnek Sütü Yağ Asitleri Kompozisyonu (g/100 g toplam yağ asidi)

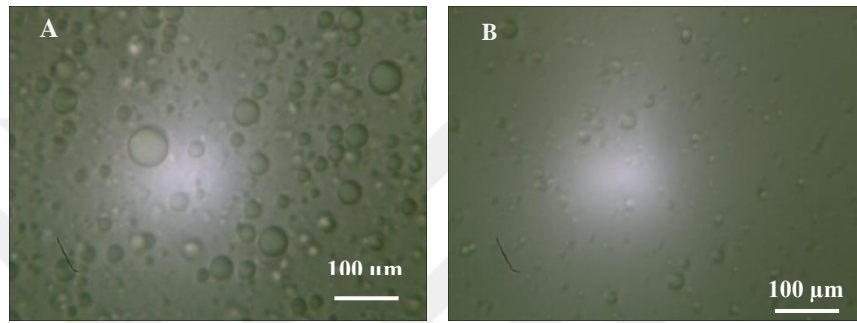
Yağ Asitleri	Fındık Sütü(±ss)	İnek Sütü*(±ss)
Laurik Asit (C12:0)	0,25±0,12	3,3±0,2
Miristik Asit (C14:0)	0,21±0,05	10,9±0,5
Miristoleik Asit (C14:1 Cis-9)	0,12±na	0,8±0,4
Palmitik Asit (C16:0)	6,76±0,56	30,6±0,9
Palmitoleik Asit (C16:1 Cis-9)	0,17±0,01	1,0±na
Margarik Asit (C17:0)	0,06±na	0,4±na
Heptadesenoik Asit (C17:1 Cis-10)	0,60±0,75	0,1±na
Stearik Asit (C18:0)	3,11±0,11	12,2±0,4
Oleik Asit (C18:1 Cis-9)	80,97±0,15	22,8±1,0
Linoleik Asit (C18:2 Cis-9,12)	7,07±0,52	1,6±0,1
Linolenik Asit (C18:3 Cis-6,9,12)	0,20±0,12	0,7±na
γ-Linoleik Asit (C18:3 Cis-9,12,15)	0,12±0,01	0,7±na

*Kaynak: Mansson,2008

Bulgular yapılan bazı çalışmalarla (Özdemir ve ark., 1998) karşılaştırıldığında fındık yağında en yüksek miktardan en düşük miktara doğru oleik asit, linoleik asit, palmitik asit ve stearik asit sıralamasının benzer olduğu, miktarlarında ise farklılıklar olduğu belirlenmiştir. İnsan beslenmesi açısından önemli yağ asitlerinden olan oleik asit ve linoleik asit miktarlarının inek sütü ile karşılaştırıldığında fındık sütünde yüksek çıkması olumlu sonuçlardan biridir (Tablo 4.3). Fermente ürünün yağ asitleri bitkisel kaynaklı olduğundan doymamış yağ asitlerini önemli miktarda içermektedir. Doymamış yağ asitlerinin otooksidasyona karşı olan duyarlılığı göz önüne alındığında yağ asidi kompozisyonunda çıkan farklılık nedenlerinin depolama şartları ve süresinden kaynaklanabileceği şeklinde yorumlanmıştır. Fermente ürünün kimyasal ve duyuşal özelliklerini koruyabilmesi için bu faktörlere dikkat edilmesi gerekmektedir.

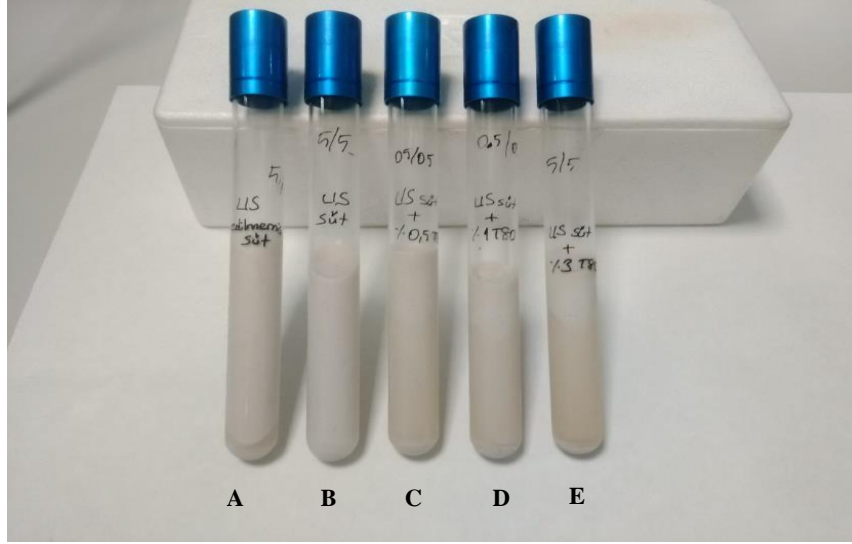
4.1.2 Kolloidal Stabilizasyon

Şekil 4.1’de fındık sütünün kolloidal stabilizasyonunu sağlamak için uygulanmış olan ultrases teknolojisinin etkinliğini gözlemek amacıyla sütün kolloidal yapısının ışık mikroskobu altındaki görüntüleri verilmiştir. Ultrasonik homojenizatörden önce ve sonra olmak üzere her iki duruma ait görüntüler alınarak karşılaştırma olanağı sağlanmıştır. Elde edilen görüntüler, ultrasonik homojenizatörün yağ moleküllerinin boyutlarını küçülterek bir araya gelmelerini ve büyük moleküller oluşturarak stabilizasyonun bozulmasını engellediğini göstermektedir.



Şekil 4.1 Fındık sütünün kolloidal yapısının ışık mikroskobu (100x) altında görüntüleri A: Homojenizasyondan sonra, B: Ultrason işleminde sonra

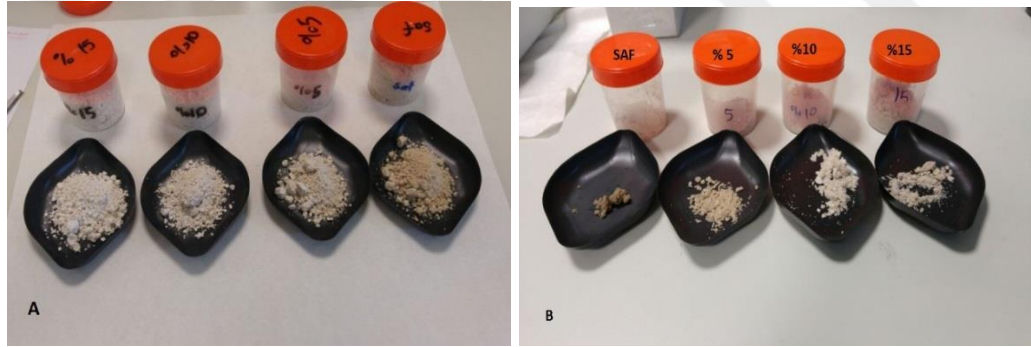
Ayrıca fındık sütünün stabilizasyonu 1 hafta bekletilerek ultrason işleminin ve farklı konsantrasyonlarda emülsifiye edici madde (Tween 80) kullanımının kolloidal stabilizasyona etkileri incelenmiştir. Şekil 4.2’de görüldüğü üzere ultrason işleminin stabilizasyona olumlu etkileri olmuş ve ayrışma gözlemlenmemiştir. Ancak ultrason uygulanarak farklı oranlarda Tween 80 katılan fındık sütü örneklerinde ayrışmalar gözlemlenmiştir. Bunun nedeni, Tween 80 ile yağ bileşenlerinin su içeriği ile emülsifiye olması sonrasında protein yapıların üstte birikmesi şeklinde yorumlanmıştır.



Şekil 4.2 Fındık sütünün stabilizasyonuna ultrason işlemi ve Tween 80'in etkileri. A: Homojenize edilmiş, B: Homojenize edilip Ultrason işlemi uygulanmış, C: %0,5 Tween 80 katılmış, D: %1 Tween 80 katılmış, E: %3 Tween 80 katılmış

4.2 Fındık Sütü Tozu Eldesi Ve Karakterizasyonu

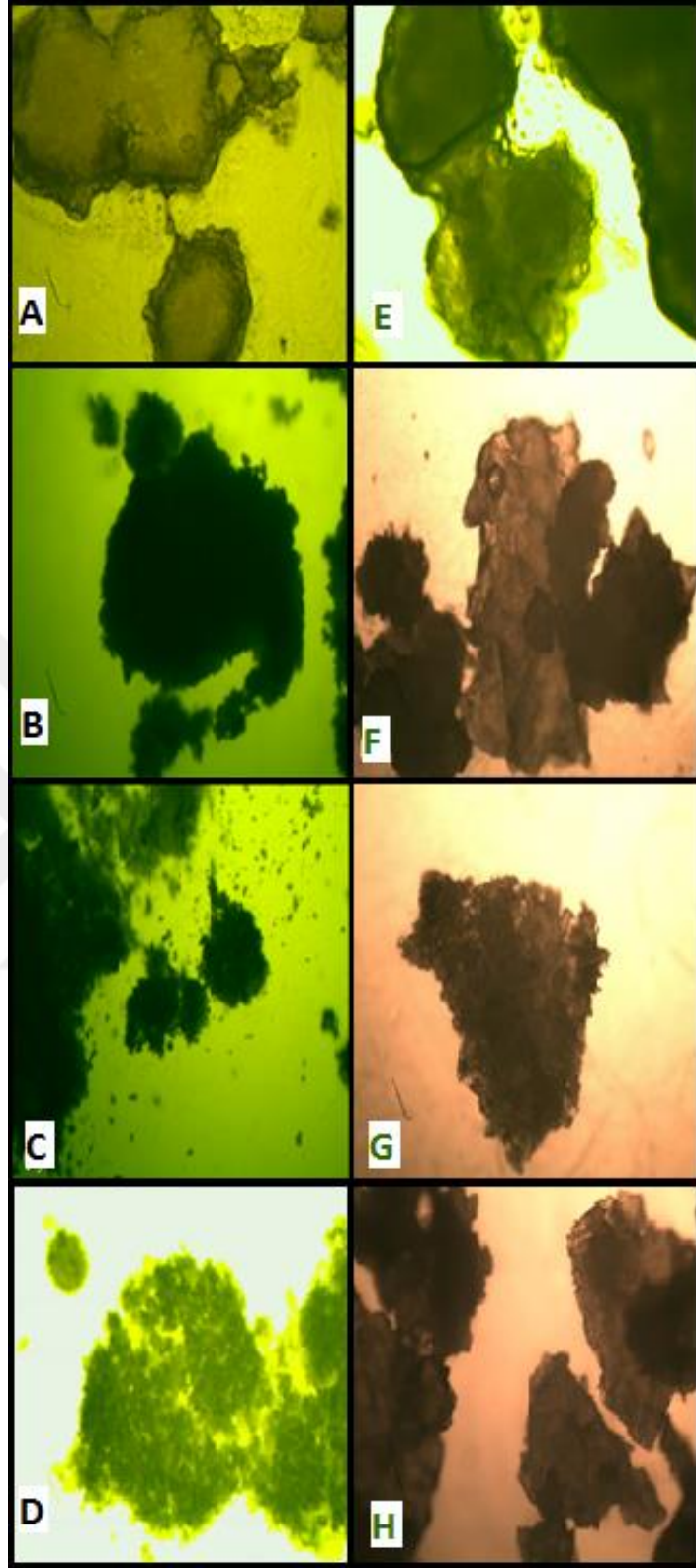
Püskürtmeli kurutucu ve liyofilizasyon ile elde edilen fındık sütü tozları Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3 A: Püskürtmeli kurutucu ile elde edilen saf, %5 MD, %10 MD, %15 MD içeren fındık sütü tozları B: Liyofilizasyon ile elde edilen saf, %5 MD, %10 MD, %15 MD içeren fındık sütü tozları

4.2.1 Partiküllerin morfolojik yapılarının analizi

Püskürtmeli kurutucu ve liyofilizasyon ile elde edilen fındık sütü tozu numuneleri ışık mikroskobu altında incelenmiştir. Elde edilen görüntüler Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Püskürtmeli kurutucu ve liyofilizasyon ile elde edilmiş fındık sütü tozlarının mikroskop görüntüleri. Soldakiler püskürtmeli kurutucu ile elde edilen; A: saf fındık sütü tozu B: % 5 MD içeren fındık sütü tozu C: %10 MD içeren fındık sütü tozu D: %15 MD fındık sütü tozu. Sağdakiler liyofilizasyon ile elde edilen; E: saf fındık sütü tozu F:%5 MD içeren fındık sütü tozu G: %10 MD içeren fındık sütü tozu H: %15 MD içeren fındık sütü tozu

Mikroskop görüntüleri incelendiği zaman püskürtmeli kurutucu ile elde edilen fındık sütü tozlarında düzensiz bir yapı olduğu, partiküllerin bir arada kümелendiği söylenebilir. Liyofilizasyon ile elde edilen fındık sütü tozlarında yine düzensiz şekillerin baskın olduğu fakat partiküllerin daha az kümelenmiş bir durumda olduğu söylenebilir. Her iki yöntem ile elde edilen fındık sütü tozlarından saf numunelerde yağlı ve yapışkan bir yapı olduğu gözlenmiştir. Yine her iki yöntemle elde edilen tozlarda maltodekstrin ilave edilen fındık sütü tozu partiküllerinin serbest bir dağılım gösterdiği gözlenmiştir. Liyofilizasyon ile elde edilen fındık sütü tozlarında diğer yönteme göre camsı bir yapıda olduğu gözlenmiştir.

4.2.2 Fındık sütü tozunun kimyasal analiz sonuçları

Fındık sütü tozuna uygulanan kimyasal analiz sonuçları (nem, aw, kül, çözünürlük, yoğunluk) Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.4 Püskürtmeli kurutucu ve liyofilizasyon ile elde edilen fındık sütü tozuna uygulanan kimyasal analiz sonuçları

	Numune	Su Aktivitesi	Serbest Yoğunluk (kg.m ⁻³)	Sıkıştırılmış yoğunluk (kg.m ⁻³)	Kül (%)	Kısmi Çözünürlük (%)	Nem (%)
Püskürtmeli kurutma	Saf	0,348(±0,006) ^a	361(±12) ^a	580(±20) ^b	3,14(±0,07) ^a	25,75(±4,52) ^{c,d}	1,54(±0,07) ^a
	5%	0,301(±0,003) ^b	301(±12) ^b	644(±14) ^a	2,26(±0,04) ^b	40,88(±4,95) ^b	1,13(±0,01) ^c
	10%	0,267(±0,002) ^c	362(±18) ^a	662(±10) ^a	1,97(±0,23) ^c	61,88(±4,23) ^a	1,12(±0,02) ^c
	15%	0,255(±0,004) ^d	334(±7) ^{a,b}	625(±11) ^a	1,55(±0,01) ^d	64,87(±5,08) ^a	1,08(±0,03) ^c
Dondurarak kurutma	Saf	0,153(±0,004) ^f	-	-	2,07(±0,02) ^{b,c}	20,25(±5,10) ^d	2,14(±0,05) ^a
	5%	0,114(±0,004) ^g	154(±5) ^d	224(±10) ^e	1,46(±0,06) ^{d,e}	36,37(±5,77) ^{b,c}	1,44(±0,09) ^b
	10%	0,199(±0,002) ^e	220(±12) ^c	335(±12) ^d	1,25(±0,02) ^{e,f}	57,75(±6,90) ^a	1,19(±0,05) ^c
	15%	0,162(±0,002) ^f	336(±14) ^{a,b}	474(±13) ^c	1,15(±0,11) ^f	63,62(±5,05) ^a	1,13(±0,04) ^c

a, b, c, d, e, f, g: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P <0.05)

4.2.2.1 Su aktivitesi

Toz ürünlerinin su aktivitesi gıda stabilitesi için kritik bir faktördür. Püskürtmeli kurutucu ile elde edilen fındık sütü tozlarının su aktivitesi değerleri sırası ile saf, %5, %10 ve %15 olmak üzere 0.348,0.301,0.267 ve 0.255 olarak ölçülmüştür. Liyofilizasyon ile kurutulmuş fındık sütü tozlarının su aktivitesi değerleri ise sırası ile saf, %5, %10 ve %15 olmak üzere 0.153, 0.114, 0.199 ve 0.162 dir. Püskürtmeli kurutma yönteminde MD oranının artmasına bağlı olarak su aktivitesinin giderek azaldığı görülmektedir. Püskürtmeli kurutma yönteminde MD oranının artması su aktivitesi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olmuştur. Su aktivitesinin en düşük olduğu numune 0.114 değeri ile liyofilizasyon ile kurutulmuş olan %5 MD içeren fındık sütü tozu, en yüksek olduğu numune ise 0.348 değeri ile püskürtmeli kurutucu ile kurutulan saf fındık sütü tozu olmuştur. Suya bağımlı gerçekleşen enzimatik reaksiyonlar ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları düşük su aktivitelerinde ($a_w=0,2$) yavaşlamaktadır. Su aktivitesinin 0,3'ün üzerinde olması ise enzimatik aktivitenin artmasına neden olmaktadır. Liyofilizasyon ile kurutulan fındık sütü tozlarının su aktivitesi değerleri püskürtmeli kurutmaya kıyasla daha düşük değerlerde olduğu görülmüştür. Bunun sebebi ise liyofilizasyonla kurutma yönteminde gıdada bulunan bağlı suyun uzaklaştırılmasına dayandırılabilir. Buradan fındık sütü tozunda liyofilizasyon ile kurutma yönteminin püskürtmeli kurutma yöntemine göre toz ürünlerin korunması ve dayanıklılığı açısından daha etkili olduğu sonucuna varabiliriz. Bütün bunların yanı sıra elde edilen su aktivitesi değerlerine göre püskürtmeli kurutucu ve liyofilizasyon ile elde edilen fındık sütü tozlarının güvenli depolama sınırları içerisinde olduğu söylenebilir. Aynı şekilde bu tozların dayanıklı bir ürün olduğu ve su aktivitesi 0,6'nın altında tüm mikrobiyolojik faaliyetlerin kontrol altında olduğu kabul edildiğinden bu su aktivitesi değerlerinde elde edilen üründe mikroorganizmaların faaliyet göstermeyeceği söylenebilir.

Gıdalar nem içerikleri açısından yüksek (a_w 0.9-1), orta (a_w 0.60-0.90) ve düşük nemli ($a_w <0.60$) olarak gruplandırılabilir. Bu değerler göz önüne alındığı zaman püskürtmeli kurutucu ve liyofilizasyon ile elde edilen fındık sütü tozlarının düşük nemli gıdalar içerisine girdiği görülmektedir.

4.2.2.2 Nem analizi

Gıda endüstrisinde kurutulmuş tozların maksimum nem tanımlama sınırları % 3-4 olup elde ettiğimiz fındık sütü tozundaki nem miktarı bu değerlerin altında bulunmuştur. Buradan kullandığımız her iki kurutma yönteminin de ürünümüzden yeterli miktarda suyun uçup fındık sütünün kurumasında etkili olduğunu söyleyebiliriz. Nem miktarının en az olduğu numune püskürtmeli kurutma yöntemi ile kurutulan 1.088 değeri ile %15 MD oranlı fındık sütü olmuştur. Nem miktarının en fazla olduğu numune ise 2.14 değeri liyofilizasyon ile kurutulan saf fındık sütü tozu olmuştur. Genel olarak bakıldığında zaman saf fındık sütündeki nemi uzaklaştırmada püskürtmeli kurutma yönteminin daha etkili olduğu söylenebilir. Liyofilizasyon ile kurutma yönteminde püskürtmeli kurutma yöntemine göre nemin biraz daha fazla olmasının sebebi dondurma işlemiyle suyun tam olarak uzaklaştırılamamış olması söylenebilir. Püskürtmeli kurutmada püskürtme ve yüksek sıcaklığın etkisiyle suyun daha fazla uzaklaştırıldığı söyleyebiliriz. Bununla beraber elde edilen nem oranları her iki kurutma yönteminde de oldukça düşük ve birbirine yakın değerlerde olduğundan bu yöntemlerin kurutmada etkili olduğu sonucuna varabiliriz. Bunun yanı sıra her iki kurutma yönteminde de fındık sütü tozlarına eklenen MD oranının artması nemi uzaklaştırmada olumlu bir etkiye sahip olmuştur. Buradan fındık sütü tozuna eklenen MD nin daha az nem tuttuğu sonucuna varabiliriz.

4.2.2.3 Kül tayini

Fındık sütü tozlarının yakılması sonucu püskürtmeli kurutma ve liyofilizasyon ile elde edilen ürünlerin kül miktarları MD oranının artması ile azaldığı görülmektedir. Bu da saf fındık sütü tozunda bulunan mineral maddenin MD katılması ile kül miktarının azalması toplamda daha az fındık sütü tozunun bulunmasından kaynaklı olduğu söylenebilir. Ve püskürtmeli kurutucu ile kurutulan fındık sütü tozlarının kül miktarının liyofilizatör ile kurutulmuş olanlara göre biraz daha fazla olduğu görülmüştür. Bu durum liyofilizatör ile kurutulan üründe toplam kütlenin fazla olmasına sebep olan immobilize suyun kalması ile açıklanabilir.

4.2.3 Toz Kütlesi Özellikleri

Fındık sütü tozlarının kütle özelliklerinden olan kısmi çözünürlük, yığın yoğunluğu ve akış davranışları incelenerek elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

4.2.3.1 Kısmi çözünürlük

Püskürtmeli kurutma yöntemi ile elde edilen fındık sütü tozlarının kısmi çözünürlüğü liyofilizasyon yöntemi ile elde edilenlere göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bunun sebebi ise püskürtmeli kurutucu yönteminde uygulanan püskürtmenin etkisi ile tozun daha küçük parçacık boyutlarına geçerek orada daha fazla gözenekler oluşturması olarak değerlendirilebilir. Liyofilizasyon yönteminde toz ürün direk dondurulduğundan burada porlar oluşmadığı bunun da çözünürlüğü azalttığı söylenebilir. Bu şekilde gözeneklerin artması ile çözünürlüğün daha yüksek olduğu sonucuna varılabilir. Gıda sanayinde gıda tozlarının çözünürlüğü önemli bir parametre olduğundan kurutma işlemlerinde püskürtmeli kurutma yönteminin daha uygun olduğu söylenebilir. Her iki yöntemle de elde edilen fındık sütü tozlarına ilave edilen MD oranının artması ile kısmi çözünürlüğün arttığı gözlenmiştir. Buradan MD nin kısmi çözünürlüğünün fındık sütü tozundan yüksek olduğunu söyleyebiliriz. Genel olarak fındık sütü tozlarının kısmi çözünürlüğünün düşük olduğunu söyleyebiliriz. Bu da fındık sütü tozlarının yüksek yağ içeriğine sahip olmasından kaynaklı olduğu düşünülebilir.

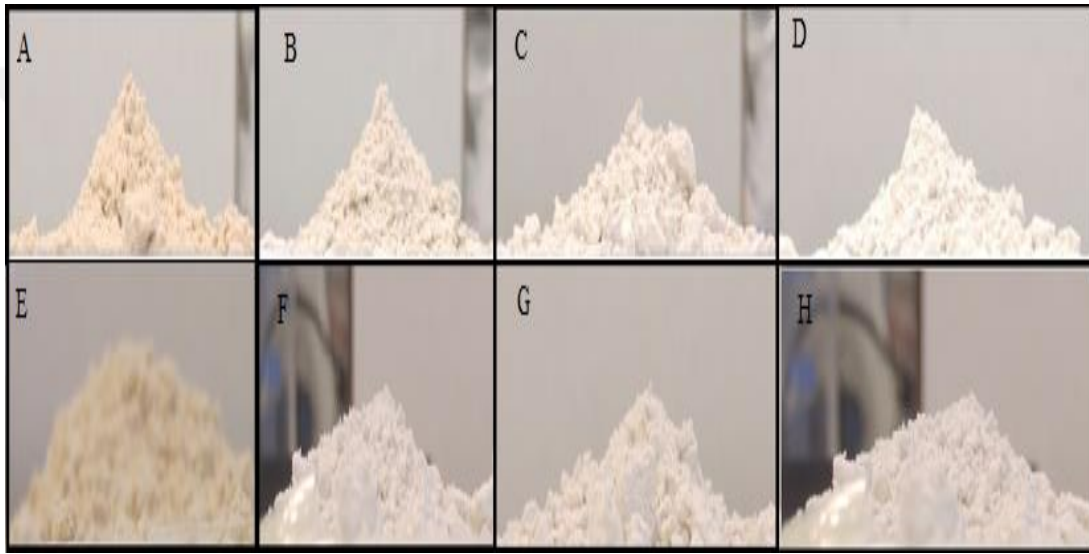
4.2.3.2 Yığın yoğunluğu

Kurutma başarısındaki bir diğer faktör yoğunluktaki değişmedir (Barbosa-Canovas et al. 2005). Kurutulmuş ürünlerde kurutma metoduna göre elde edilen ürün kendine özgü bir büzülme gerçekleştirir. Düşük toz yoğunluğu, ürün oksidasyonu ihtimalinden ötürü arzu edilmeyen bir durumdur (Samaram et al. 2014). Her iki kurutma yönteminde de sıkıştırılma işlemi ile numunelerin yoğunluklarının değiştiği gözlenmiştir. Bu durum fındık sütü tozlarının küçük partikül boyutuna sahip olmaları ve yüksek yağ içeriğinden kaynaklandığı söylenebilir. Püskürtmeli kurutucu ile elde edilen numunelerin liyofilize numunelere göre daha yüksek yoğunluğa sahip olduğu gözlenmiştir. Püskürtmeli kurutucu ile elde edilen saf fındık sütü tozunun serbest yoğunluğu 361 kg.m^{-3} olarak tespit edilmiştir. Bu değer Çeşme kavun çekirdeği sütü tozunun serbest yoğunluk değeri ile aynı bulunmuştur (Bastioğlu ve ark., 2016).

Yoğunluk gıdaların kalitesi açısından önemli bir faktördür. Bu açıdan burada püskürtmeli kurutucunun daha etkili olduğu sonucuna varabiliriz. Ayrıca liyofilizasyon ile elde edilmiş fındık sütü tozunda yığın ve sıkıştırılmış olan her iki yoğunlukta da MD oranının artması ile yoğunlukların değiştiği görülmektedir.

4.2.3.3 Toz akış davranışı

Duruş açısı yöntemine göre elde ettiğimiz fındık sütü tozlarının fotoğrafları Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Bu fotoğraflar kullanılarak duruş açıları açılölçer yardımı ile belirlenmiştir. Ölçülen duruş açıları Tablo 4.5' te verilmiştir.



Şekil 4.5 Fındık sütü tozlarının duruş açılarına göre çekilen fotoğrafları. Üsttekiler liyofilizasyon ile elde edilen A: Saf B: % 5 MD C:%10 MD:%15 MD katkılı fındık sütü tozu. Alttekiler püskürtmeli kurutma ile elde edilen E: Saf F: % 5 MD G:%10 MD H:%15 MD katkılı fındık sütü tozu.

Tablo 4.5 Fındık sütü tozlarının ölçülen duruş açıları.

	<i>Duruş Açısı Değerleri (Derece)</i>	
	Liyofilizasyon	Püskürtmeli Kurucu
Saf	42°	30°
5%	39°	26°
10%	34°	23°
15%	29°	21°

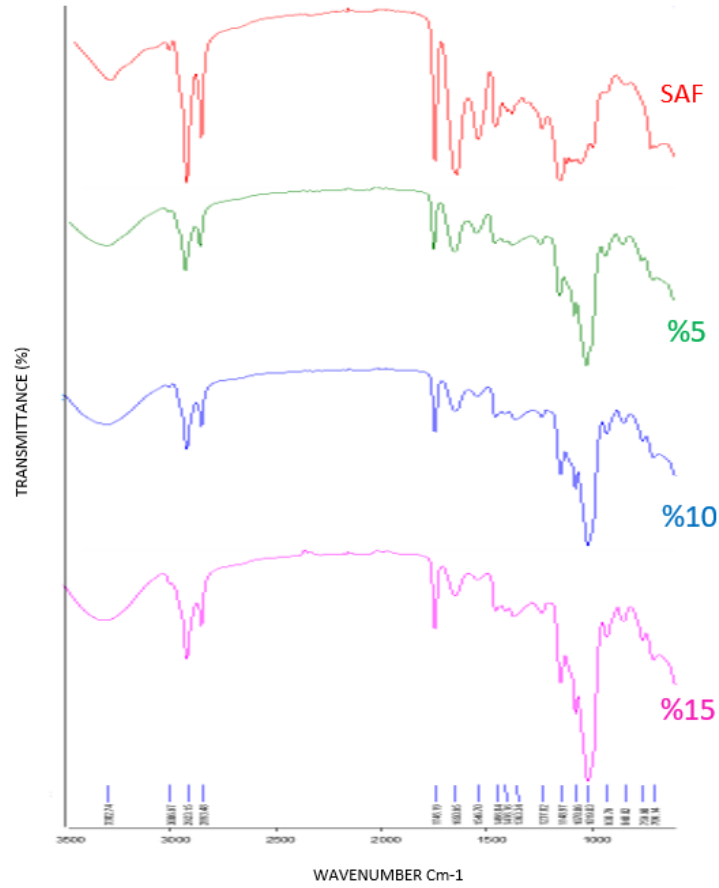
Liyofilizasyon ile elde edilen tozların duruş açıları sırası ile saf, %5,%10 ve %15 MD oranlı olacak şekilde 42°,39°,34° ve 29° olarak ölçülmüştür. Püskürtmeli kurutma yöntemine göre elde edilen tozların duruş açıları ise sırası ile saf, %5,%10 ve %15 MD oranlı olacak şekilde 30°, 26°,23° ve 21° olarak ölçülmüştür (Tablo 4.5). Literatürden edinilen bilgiye göre açının büyük olması akışkanlığın az, açının küçük olması akışkanlığın yüksek olduğunu gösterir (Tablo 2.5). Her iki kurutma yönteminde de MD oranının artması ile fındık sütü tozlarının daha akışkan olduğu gözlenmiştir. Saf numunelerin akışkanlığı MD katkılı fındık sütü tozlarından daha az olduğu gözlenmiştir. Bu da MD nin akışkanlığı arttırdığı ürünü daha akışkan bir toz hale getirdiği sonucuna varabiliriz. Bunun yanı sıra püskürtmeli kurutucu ile elde edilen tozların duruş açılarının liyofilizasyona göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Bu da püskürtmeli kurutmayla elde edilen tozların liyofilizasyona göre daha yüksek akışkanlıkta olduğunu göstermektedir. Bunun sebebi ise püskürtmeli kurutmada püskürtme ve sıcak havanın etkisi ile sütün daha küçük parçacıklara bölünmüş olduğu bunun da akışı arttırdığı söylenebilir. Liyofilizasyonda fındık sütü tozlarının daha büyük parçacıklar halinde kalmış olması ve oluşan kristal yapıların akışkanlığı azalttığı düşünülebilir. Püskürtmeli kurutucu ile elde edilen fındık sütü tozları Carr sınıflandırmasına göre çok akışkan grubuna girmektedir. Liyofilizasyon ile elde edilen fındık sütü tozlarının ise Carr sınıflandırmasında saf ve %5 MD katkılı fındık sütü tozu geçerli bir akışta, %10 MD katkılı fındık sütü tozu akışkan, %15 MD katkılı fındık sütü tozu ise çok akışkan olarak sınıflandırabiliriz.

4.2.4 Moleküler Termal Ve Mikroyapısal Özellikler

Fındık sütü tozlarının moleküler termal özelliklerini belirlemek amacı ile FTIR, DSC ve zeta potansiyel analizleri yapılmıştır.

4.2.4.1 FT-IR analizi

Liyofilizasyon ile kurutulmuş saf, %5, %10 ve %15 MD li fındık sütü tozlarının kızılötesi spektrumları Şekil 4.5'te gösterilmektedir. Saf fındık sütü tozu spektrumları 3292, 3009, 2922, 2853, 1744, 1649, 1547, 1461, 1400, 1376, 1350, 1277, 1237, 1166,1096,1061, 1022, 987, 815 ve 721 cm⁻¹ olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.6 Liyofilizasyon ile kurutulmuş saf, %5, %10 ve % 15 MD li fındık sütü tozlarının FTIR spektrumları.

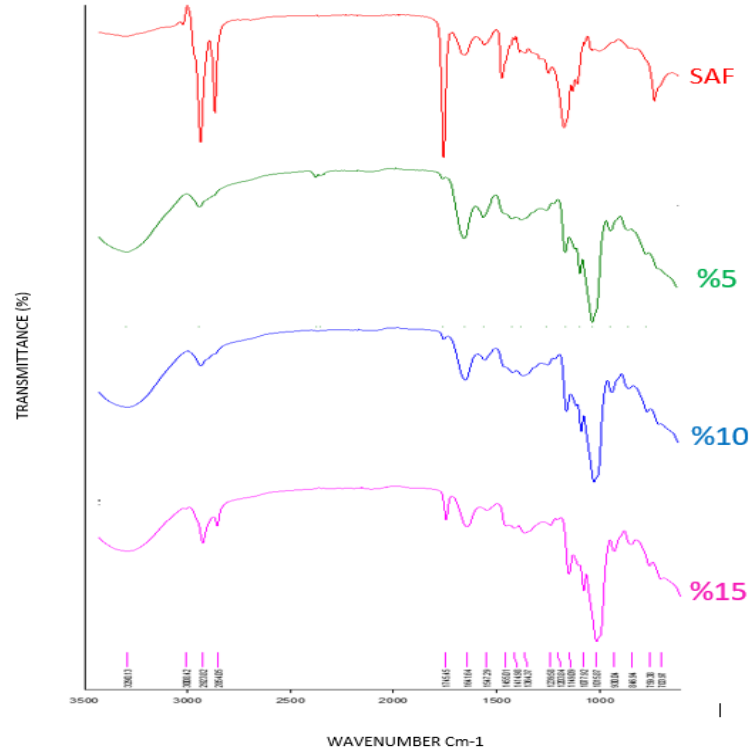
Literatürden edinilen bilgiye göre bir bileşiğin 4000-2500 cm^{-1} dalga boyları arası molekülde O-H , N-H, C-H Gerilme Bölgesini ifade etmektedir. Abd El-Rahman & Al-Jameel, (2014) ve Chereddy et al., (2013) 3450 ve 3524 cm^{-1} de gerilimin karakteristik yoğunluklarını hidroksil grubunun varlığını gösterdiğini bildirmişlerdir. Bütün bu bilgilere dayanarak yaptığımız çalışmada 3292 ve 3009 cm^{-1} pik değerlerinde karbonil (C-H gerilme) grubunun varlığına bunun yanı sıra bu bölgede hidroksil grubunun bulunmadığı sonucuna varabiliriz. Yine gerilme bölgesi aralığına giren 2922 ve 2853 cm^{-1} pik değerlerimiz alifatik C-H --titreşimlerinin bulunduğu aralığa girerek burada C-H bağının var olduğunu göstermiştir. Edinilen bilgiye göre 1800-1650 cm^{-1} bölgesi karbonil (C=O) grubudur. Saf fındık sütü tozunda tespit edilen 1744 pik değeri bu bölgede karbonil grubunun varlığını göstermektedir. C = C Çift-Bağ Gerilme Bölgesi, 1650-1550 cm^{-1} arasındır. Tespit edilen 1649 bandı C=C çift bağının varlığını göstermektedir. 1550-650 cm^{-1} aralığı C-O, N=O, C-X Gerilme bölgesi olup N=O Gerilme (asimetrik, simetrik) 1550-1350 cm^{-1} aralığındandır. Bu bilgiden yola çıkarak elde ettiğimiz 1547, 1461,1400 ve 1376 cm^{-1} bantları bize burada N=O bağının

bulduğunu göstermektedir. 1277, 1237, 1166, 1096, 1061 ve 1022 cm^{-1} bantları ise bu bölgede C-O bağının bulunduğunu göstermektedir.

%5 MD fındık sütü tozu spektrumları şekilde gösterildiği gibidir. Elde edilen spektrumlar 3281, 2926, 2360, 2342, 1743, 1639, 1547, 1405, 1365, 1240, 1149, 1077, 1017, 929, 843 ve 758 cm^{-1} olarak tespit edilmiştir. En yüksek pik değeri olan 3281 cm^{-1} bandı gerilme bölgesinde C-H bağı varlığını göstermektedir. 2926 cm^{-1} bandı ise alifatik C-H titreşimlerinin bulunduğu aralığa girerek burada C-H bağının var olduğunu göstermiştir. Kaynakta verilen bilgiye göre, 2500-2000 cm^{-1} arası $\text{C}\equiv\text{N}$ ve $\text{C}\equiv\text{C}$ Üçlü-Bağ Gerilme Bölgesidir. Buradan yola çıkarak tespit ettiğimiz 2360 ve 2342 cm^{-1} bantları bize bu bölgede P—H bağının olduğunu göstermektedir. Bunların yanı sıra tespit edilen 1743 cm^{-1} bandı burada karbonil varlığını göstermektedir. 1639 bandı ise $\text{C}=\text{C}$ çift bağının varlığını göstermektedir. Elde edilen 1547, 1405 ve 1365 cm^{-1} bantları $\text{N}=\text{O}$ gerilme bağının varlığını belirtmektedir. 1240, 1149, 1077 ve 1016 cm^{-1} bantları C-O gerilme bağının bulunduğunu gösterir.

%10 MD fındık sütü tozunun elde edilen spektrumları şekilde gösterilmiştir. Sonuçlarda 3278, 2925, 1744, 1640, 1546, 1411, 1363, 1240, 1205, 1149, 1102, 1077, 1016, 929, 845, 759, 702 cm^{-1} spektrumları tespit edilmiştir. En yüksek pik olan 3278 cm^{-1} bandı C-H gerilme bağının bulunduğu göstermektedir. 2925 cm^{-1} bandı alifatik C—H bağının olduğuna, 1744 bandı ise karbonil grubunun varlığını gösterirken bunun ester olabileceği söylenebilir. 1640 bandı $\text{C}=\text{C}$ çift bağının varlığını göstermektedir. 1546, 1411, 1363 cm^{-1} bantları $\text{N}=\text{O}$ gerilme bağının varlığını gösterirken 1240, 1205, 1149, 1102, 1016 cm^{-1} bantları C-O gerilme bağının bulunduğunu gösterir.

%15 MD fındık sütü tozu elde edilen spektrumlar şekilde verilmiştir. Analiz sonucunda 3290, 3008, 2923, 2854, 1745, 1641, 1547, 1455, 1414, 1364, 1239, 1203, 1149, 1077, 1015, 930, 846, 759, 503 cm^{-1} spektrumları elde edilmiştir. Buradan zirve olan 3290 ve 3008 cm^{-1} değerleri C-H bağının varlığını göstermektedir. 2923 ve 2854 cm^{-1} bantları alifatik C—H bağının olduğuna, 1745 cm^{-1} bandı ise karbonil grubunun varlığını gösterirken bunun ester olduğu söylenebilir. 1641 cm^{-1} bandı $\text{C}=\text{C}$ çift bağının varlığını, 1547, 1455, 1414, 1364 cm^{-1} bantları $\text{N}=\text{O}$ gerilme bağının varlığını, 1239, 1203, 1149, 1077, 1015 1016 cm^{-1} bantları C-O gerilme bağının bulunduğunu göstermektedir.



Şekil 4.7 Püskürtmeli kurutma ile elde edilen saf, %5, %10 ve %15 MD FTIR spektrumları.

Şekil 4.6 da püskürtmeli kurutma ile elde edilen fındık sütü tozu spektrumları verilmiştir. Saf fındık sütü tozu spektrumları 3290, 3006, 2923, 2853, 1745, 1639, 1537, 1456, 1415, 1400, 1378, 1236, 1143, 1117, 1096, 1080, 1053, 996, 846, 831, 720, 696 cm^{-1} olarak tespit edilmiştir. Saf ve %5 MD fındık sütü tozlarında elde edilen 3290, 3006 ve 3004 cm^{-1} bantları bu bölgede C-H bağının varlığını göstermektedir. %10 MD fındık sütü tozunda elde edilen 3302 bandı burada N-H varlığını göstermektedir. Elde edilen 2923 ve 2853 cm^{-1} bantları burada alifatik C-H (doymuş) bağının varlığını göstermektedir. Bütün örneklerde bulunan 1745 bandı hepsinde C=O bağının varlığını göstermektedir. Elde edilen ve bütün örneklerde bulunan 1639 cm^{-1} bandı ise C=C bağının varlığına işaretler. 1537 cm^{-1} bandı ise yine bütün örneklerde N=O bağının bulunmasını göstermektedir. Elde edilen ve bütün örneklerde bulunan 1236 cm^{-1} bantları ise C-O bağının varlığını göstermektedir.

Önceden yapılan bazı çalışmalarda maltodextrin tipik piklerinin 1646 cm^{-1} (C-OH grupları ve O-H gerilmeleri), 1704 cm^{-1} (C=O gerilmesi), 2925 cm^{-1} (CH grupları), 3400-3475 cm^{-1} (hidroksil grupları) olduğu ve 800-1500 cm^{-1} aralığının tipik karbonhidrat bölgesi olduğu rapor edilmiştir (Paulino ve ark., 2011; Sritham ve Gunasekaran, 2017). Bu çalışmada MD spesifik bantlarının 929 cm^{-1} ile 759 cm^{-1} arasında olduğu tespit edilmiştir.

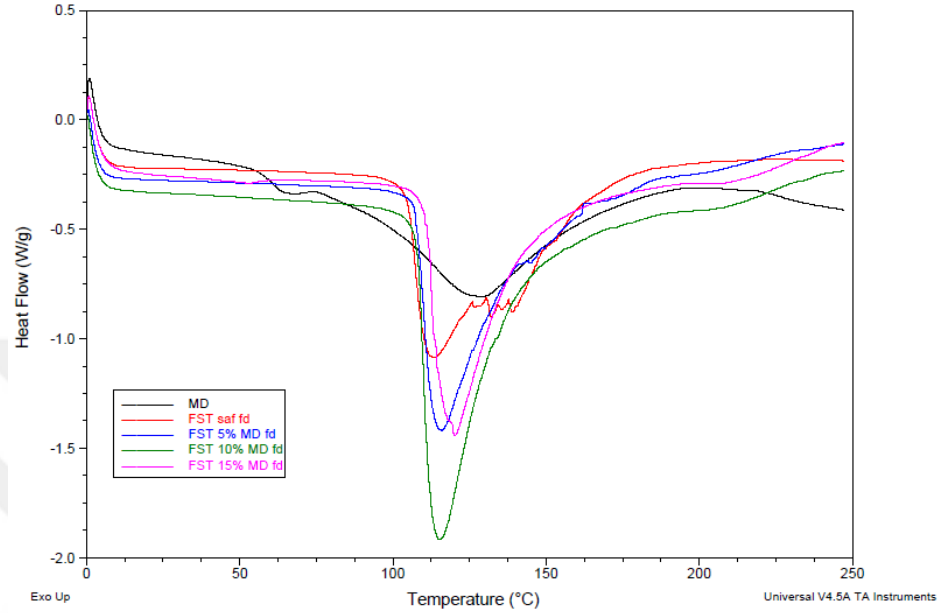
Tablo 4.6 Püskürtmeli kurutma ve liyofilizasyon yöntemi ile elde edilen fındık sütü tozlarının FTIR dalga boylarına karşılık gelen pik özellikleri.

MD	Liyofilizasyon				Püskürtmeli kurutma			Pik özelliği
	0%	5%	10%	15%	0%	5%	10%	
-	3292,9	3281,6	3278,9	3290,1	3290,7	3290,4	3302,7	C-H bağı
3031,4	3009,3	-	-	3008,4	3006,4	3004,9	3006,9	C-H gerilme
2923,1	2922,7	2926,5	2925,6	2923,8	2923,0	2923,1	2923,1	Alifatik C-H
-	2853,1	-	-	2854,0	2853,4	2853,6	2853,4	Alifatik C-H
2359,8	-	2360,3	-	-	-	-	-	P-H
-	-	2342,0	-	-	-	-	-	P-H
2167,6	-	-	-	-	-	-	-	
-	1744,3	1743,5	1744,8	1745,4	1745,0	1745,2	1745,1	C=O ester
1641,8	1649,8	1639,4	1640,2	1641,6	1639,6	1646,6	1650,9	C=C çift bağ
1631,8	-	-	-	-	-	-	-	C=C çift bağ ve O-H gerilmesi
-	1547,5	1547,1	1546,8	1547,2	1537,5	1542,5	1546,7	N=O gerilme
-	1461,8	-	-	1455,0	1456,2	1455,5	1456,0	N=O gerilme
1409,2	1400,6	1405,9	1411,1	1414,9	1415,1	-	1416,1	N=O gerilme
-	-	-	-	-	1400,7	-	-	N=O gerilme
1357,3	1376,8	1365,5	1363,2	1364,3	1378,2	1376,0	1363,3	N=O gerilme
-	1350,8	-	-	-	-	-	-	N=O gerilme
1249,8	1277,9	1240,6	1240,9	1239,5	1236,5	1237,7	1237,8	C-O gerilme
-	1237,1	-	1205,4	1203,8	-	-	-	C-O gerilme
1147,7	1166,1	1149,1	1149,0	1149,0	1143,7	1148,6	1148,9	C-O gerilme
-	1118,9	-	1102,9	-	1117,9	-	-	C-O gerilme
1076,9	1096,0	1077,8	1077,7	1077,9	1096,2	1077,8	1078,0	C-O gerilme
-	1061,8	-	-	-	1080,5	-	-	C-O gerilme
1013,8	1022,2	1017,7	1016,0	1015,8	1053,6	1020,7	1019,0	C-O gerilme
994,51	987,75	-	-	-	996,87	-	-	
928,52	-	929,75	929,76	930,04	-	930,77	930,79	
846,84	815,59	843,62	845,99	846,94	846,80	847,25	848,02	
758,61	-	758,58	759,08	759,38	-	759,29	759,90	
704,86	721,69	-	702,36	-	720,62	704,53	706,14	

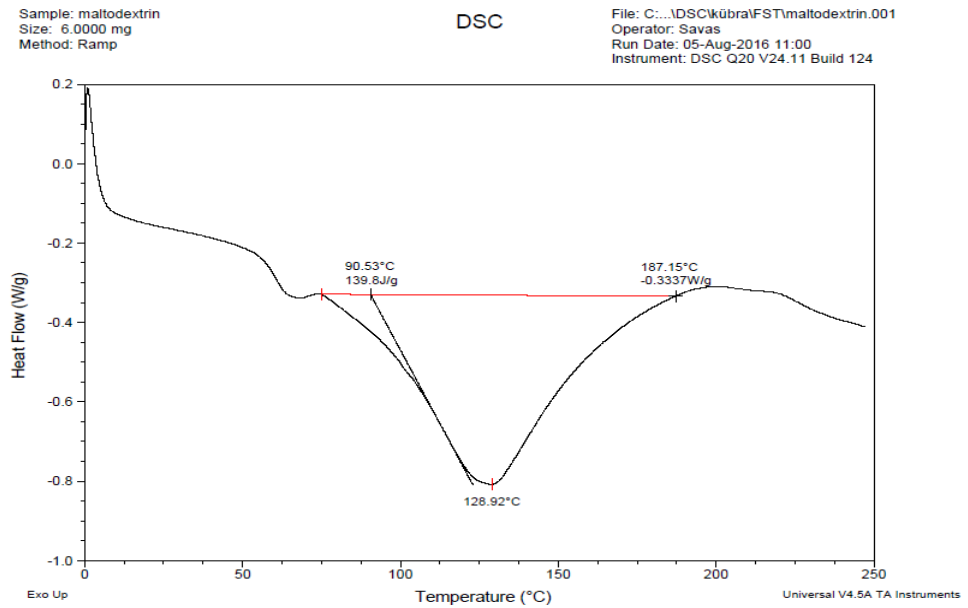
4.2.4.2 DSC analizi

Fındık sütü tozlarına fiziksel durumlarındaki değişiklikleri belirlemek amacı ile DSC analizi yapılmıştır. Şekil 4.8’de liyofilizasyon ile kurutulmuş saf, %5, %10 ve %15 MD li fındık sütü tozlarının DSC termogramları gösterilmektedir. %15 MD oranlı fındık sütü tozu 120 °C de bir endotermik zirve göstermiştir. Elde edilen bu nokta ise

erime noktasına karşılık gelmektedir. Diğer numunelere bakıldığı zaman saf,%5 ve %10 MD oranlı fındık sütü tozları sırası ile 111, 115 ve 115 °C de erime noktasına karşılık gelen endotermik bir tepkime göstermiştir. Sonuçlar incelendiği zaman bütün numunelerde erime faz geçişinin olduğu gözlenmektedir.

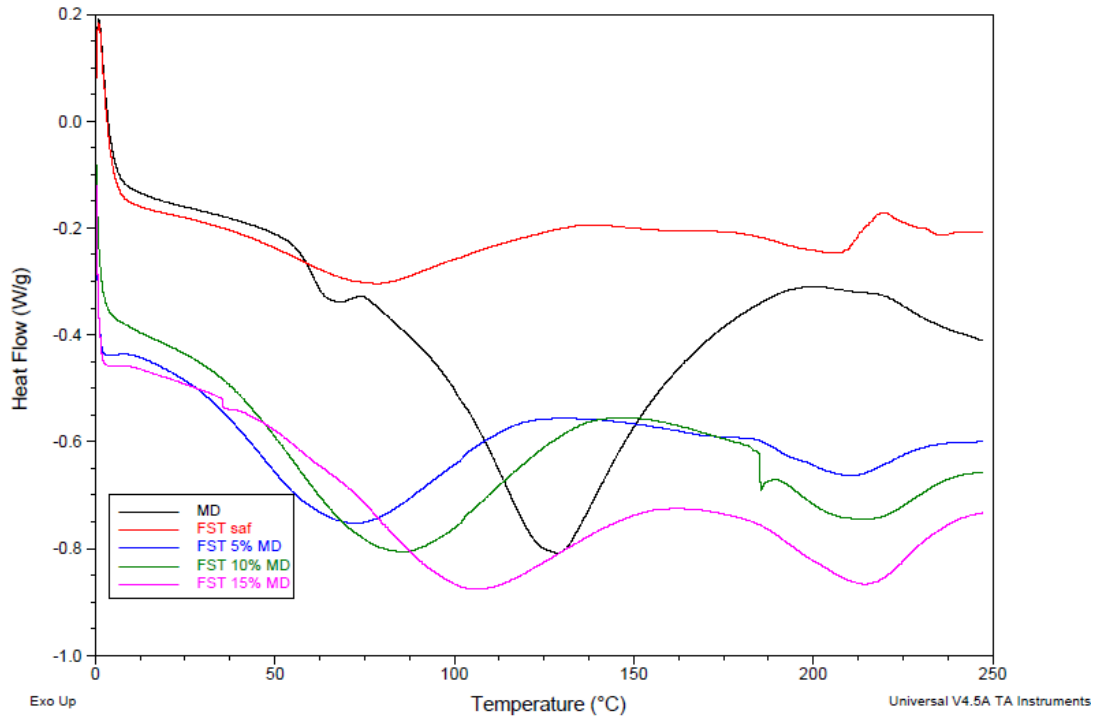


Şekil 4.8 Liyofilizasyon ile kurutulmuş Saf, %5, %10 ve %15 MD li fındık sütü tozlarının DSC profili.



Şekil 4.9 MD in DSC profili.

Püskürtmeli kurutucu ile kurutulmuş saf, %5, %10 ve %15 MD oranlı fındık sütü tozlarının DSC termogramları Şekil 4.10'da gösterilmektedir. Sonuçlar incelendiği zaman %15 MD oranlı fındık sütü tozu 104 °C de bir zirve pik olduğu görülmektedir. Bu tepkimenin endotermik olarak gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Diğer numunelere bakıldığı zaman ise saf, %5 ve %10 MD oranlı fındık sütü tozları sırası ile 78, 69 ve 84°C de pik vererek bütün numuneler endotermik tepkime göstermiştir. Liyofilizasyon yöntemi ile kıyaslandığı zaman püskürtmeli kurutma ile elde edilen fındık sütü tozları daha düşük sıcaklıklarda erime fazına geçtiklerini söyleyebiliriz. Püskürtmeli kurutma ile numunelerin sıcaklığa karşı daha hassas olduğu sonucuna varabiliriz. Buna sebep olarak püskürtmeli kurutmada uygulanan yüksek sıcaklık değerleri olduğu söylenebilir. Ayrıca numunelerin MD oranlarının artmasına bağlı olarak ısıl dayanımlarını arttırdığı söylenebilir. Bu da gıda proseslerinde uygulanan ısıl işlemlerde ve depolamada stabilitenin artması anlamına gelmektedir ve böylece yüksek MD içerikli fındık sütü tozlarının endüstriyel anlamda daha kullanılabilir olduğu sonucuna varılabilir.



Şekil 4.10 Püskürtmeli kurutucuda kurutulmuş Saf, %5, %10 ve %15 MD oranlı fındık sütü tozlarının DSC termogramları.

4.2.4.3 Zeta potansiyel analizi

Saf, %5, %10 ve %15 MD oranlı fındık sütü tozlarının stabilitesini belirlemek amacı ile yapılan zeta potansiyeli ölçümleri Tablo 4.5'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre püskürtmeli kurutma ile elde edilen fındık sütü tozlarında birbirine yakın negatif zeta potansiyel değerleri tespit edilmiştir. Zeta potansiyel değeri eksiye indiği zaman parçacıkların elektrik yükü parçacıklar arasındaki itici kuvvetlerin sistemde ağırlıklı olduğunu varsayacak kadar güçlü oldukları ve böylece parçacıkları sabit tuttuğu ortaya konmuştur (özellikle -30 ila -45 Mv arası) (Heurtault, Saulnier, Pech, Proust, & Benoit, 2003). Elde ettiğimiz sonuçlara göre her iki yöntemle de elde edilen fındık sütü tozlarının zeta potansiyel değerlerinin -30 ile -40 mV arasında olduğu ve buna bağlı olarak partiküllerin iyi disperse oldukları ve kararlı dispersiyon yapısında oldukları anlaşılmaktadır. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen fındık sütü tozlarında saf numune en yüksek zeta potansiyel değerine sahipken, diğer numunelerde MD miktarının artması ile zeta potansiyeli artmıştır. Bunların yanı sıra dondurarak kurutma ile elde edilen fındık sütü tozlarında da negatif zeta potansiyel değerleri gözlenirken püskürtmeli kurutmaya göre biraz daha düşük olduğu gözlenmiştir. Burada saf numune en düşük zeta potansiyel değerine sahipken diğer numunelerde MD miktarının artması ile zeta potansiyel önce azalmış sonra artmıştır.

Her iki kurutma yöntemi ile elde edilen fındık sütü tozlarının iletkenliği MD oranının artması ile azaldığı gözlenmiştir. Buradan fındık sütü tozlarının iletkenliğinin MD den fazla olduğu sonucuna varabiliriz.

Tablo 4.7 Zeta potansiyel değerleri.

	Numuneler	Zeta Potansiyel (mV)	Conductivity (mS/cm)
Püskürtmeli kurutma	0% MD	-40.77 (\pm 3.08) ^a	0.08 (\pm 0.02) ^c
	5% MD	-38.10 (\pm 0.54) ^{a,b}	0.06 (\pm 0.01) ^c
	10% MD	-38.70 (\pm 0.08) ^{a,b}	0.05 (\pm 0.02) ^c
	15% MD	-39.30 (\pm 0.62) ^a	0.06 (\pm 0.02) ^c
Dondurarak kurutma	0% MD	-31.30 (\pm 0.28) ^e	0.24 (\pm 0.03) ^{a,b}
	5% MD	-34.80 (\pm 0.88) ^{c,d}	0.12 (\pm 0.02) ^{b,c}
	10% MD	-33.80 (\pm 0.24) ^{d,e}	0.06 (\pm 0.01) ^c
	15% MD	-35.53 (\pm 1.31) ^{b,c}	0.04 (\pm 0.01) ^c

a, b, c, d, e; Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P <0.05)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemiz, fındık üretiminde dünya ülkeleri arasında ilk sırada yer almaktadır. Ulusal ekonomimize büyük katkısı bulunan fındık, aynı zamanda esansiyel yağ asitleri ve fitosteroller, mineraller, vitaminler vb. gibi bazı bileşenler açısından zengin olması bakımından sağlık açısından faydalı bir üründür.

Fındık sütüne su aktivitesi (a_w), % nem, % kül, pH, toplam asitlik, toplam yağ, toplam protein ve yağ asidi analizleri uygulanmıştır. Fındık sütünün badem sütüne göre içerdiği protein ve mineral madde miktarı benzerlik göstermektedir. Ancak yağ miktarı fındık sütünde daha yüksek çıkmıştır.

Fındık sütleri püskürtmeli kurutma ve liyofilizasyon yöntemleri ile kurutularak fındık sütü tozları elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre her iki kurutma yönteminin de fındık sütünü kurutmada etkili yöntemler olduğu tespit edilmiştir. Fındık sütü tozlarına su aktivitesi (a_w), % nem, % kül analizleri yapılmıştır. Bu sonuçlara göre elde edilen fındık sütü tozlarının düşük nemli ve güvenilir bir gıda tozu olduğunu söyleyebiliriz. Numunelerimizin %nem miktarları karşılaştırıldığında püskürtmeli kurutma yönteminin kullanılması endüstride daha güvenilir ve uzun ömürlü toz ürünlerin üretilmesini sağlayacağı görülmüştür. Bununla beraber numunedeki MD oranı arttıkça nem miktarı düşmekte, bu da toz ürünlerin depolama ömrünü arttırdığını göstermektedir. Ayrıca her iki yöntemde de elde edilen numunelerin su aktivitesi değerleri mikroorganizma üremesine elverişli değildir ve bu durum raf ömrünün uzun olmasında, depolama ve taşıma işlemlerinde mikrobiyal stabilite anlamına gelmektedir. Fındık sütü tozlarının toz kütlesi özelliklerini belirlemek amacı ile kısmi çözünürlük, serbest ve sıkıştırılmış yoğunluk ve toz akış davranışları incelenmiştir. Saf fındık sütü tozlarının kısmi çözünürlükleri genel olarak az bulunmuştur. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen fındık sütü tozlarının kısmi çözünürlük oranları daha yüksek çıkmıştır. Bunun beraber her iki yöntemle de MD eklenmesi çözünürlüğü arttırarak endüstriyel bazda kullanım için uygun bir ürün

ortaya koymaktadır. Akış özelliği incelendiği zaman genel olarak fındık sütü tozlarının akışkan olduğunu söyleyebiliriz. Bunun yanı sıra püskürtmeli kurutma ile elde edilen fındık sütü tozlarının daha akışkan olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca termal ve mikroyapısal özellikleri için FTIR, DSC ve zeta potansiyel analizleri uygulanmıştır. FTIR analizi verilerine göre her iki yöntemle de elde edilen fındık sütü tozlarının benzer bir moleküler yapı gösterdiği tespit edilmiştir. Kurutma yöntemlerinin moleküler yapıda belli bir değişikliğe sebep olmadığı sonucuna varılmıştır. Her iki yöntemle de elde edilen fındık sütü tozlarının DSC termogramlarına göre endotermik bir tepkime gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca püskürtmeli kurutma yöntemi ile elde edilen fındık sütü tozlarının liyofilizasyon yöntemine göre daha düşük sıcaklıkta erime fazına geçtiğini söyleyebiliriz. Bu da püskürtmeli kurutmada uygulanan yüksek sıcaklıktan dolayı olduğu düşünülebilir. Elde edilen zeta potansiyel değerlerine göre fındık sütü tozlarının kararlı bir yapıda olduğunu söyleyebiliriz.

Elde edilen bitkisel kaynaklı ürün sağlık açısından hayvansal sütleri tüketemeyen veya tüketmek istemeyen insanlar için alternatif bir ürün olarak düşünülebilir. Bu bitkisel süt ürünü ile hayvansal sütle elde edilen yoğurt, kefir gibi fermente gıdaları üretme çalışmaları yapılabilir. Bu tür ürünler laktoz intoleransı olanlara, vejetaryanlara, diyabet hastalarına alternatif olarak sunulabilir. Bunlara ek olarak bu fındık sütü tozları; unlu mamül, dondurma, toz içecekler gibi süt ve süt tozu içeren ürünlere besin değeri ve aroma katmak amacı ile kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Akubor I, Ogbadu L, (2003). Effects of Processing Methods on The Quality and Acceptability of Melon Milk. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58: 1–6.
- Al-Nabulsi, A., Shaker, R., Osaili, T., Al-Taani, M., Olaimat, A., Awaisheh, S., Abushelaibi, A., and Holley, R. (2014). Sensory Evaluation of Flavored Soy Milk-Based Yogurt: A Comparison between Jordanian and Malaysian Consumers. *Journal of Food Science and Engineering* 4:27-35.
- Anonymous, (2000). Particle sizes of milk powders. Part I. Dairy Products Technology Center – Dairy Ingredients Applications Program, CA. Dairy Ingredients Fax 2:1–2.
- Anonim, (2015a). <http://www.turkomp.gov.tr/food/407>. [Erişim Tarihi: 24.12.2015]
- Anonim, (2015b). URL <http://www.tmo.gov.tr /Upload/ Document/ raporlar/ Fındık Sektor Raporu. pdf>. [Erişim Tarihi: 24.11.2016]
- Anonim, (2015c). Türkiye’de Fındık. URL <http://www.ftg.org.tr/tr/turk-findigi-turkiyede-findik.html>. [Erişim Tarihi: 24.11.2016]
- Anonim, (2016a). <http://www.turkomp.gov.tr/compare>. [Erişim Tarihi:28.06.2016].
- Anonim, (2016b). <http://www.turkomp.gov.tr/food/659>. {Erişim Tarihi: 29.06.2016}.
- Anonim,(2016c).<http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/gida/moduller/yogurt.pdf>. [Erişim Tarihi: 14.07.2016]
- AOAC, (1990). Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Analytical Chemists, Washington, DC.

- AOAC, (2000). Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Analytical Chemists, Washington, DC.
- Ayhan, K., (2000). Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Yayını. Ankara, s.522.
- Barbosa-C' anovas GV, Juliano P. (2005). Physical and chemical properties of food powders. In: Onwulata C, editor. Encapsulated and powdered foods. New York, N.Y.: Taylor and Francis Group, LLC. 39–71.
- Bastioğlu A., Tomruk D., Koç M., Ertekin F., (2016). Spray Dried Melon Seed Milk Powder: Physical, Rheological and Sensory Properties. *Journal Food Science Technology* 10.1007, 13197-016-2214-z
- Bernat, N. Chafer, M. Chiralt, A. And Gonzalez-Martinez, C., (2014). Vegetable milks and their fermented derivative products. *International Journal of Food Studies* (3): 93-124.
- Bernat, N. Chafer, M. Chiralt, A. And Gonzalez-Martinez, C. (2015a). Probiotic fermented almond “milk” as an alternativ t ocow-milk yoghurt. *International Journal of Food Studies* (4):201-211s.
- Bernat, N. Chafer, M. Chiralt, A. Gonzalez-Martinez, C. and Laparra, J. (2015b). Almond milk fermented with different potentiall probiotic bacteria improves iron uptake by intestinal epithelial (Caco-2) cells. . *International Journal of Food Studies* (4):49-60s.
- Besler, T., ve Ünal, N, R., (2008). Beslenmede Sütün Önemi. Sağlık Bakanlığı Yayınları (Yayın No:727), Ankara.
- Bodhmage, A., (2006). Correlation between physical properties and flowability indicators for fine powders. Master of Science in the Department of Chemical Engineering University of Saskatchewan Saskatoon, Saskatchewan.
- Bodyfelt, F. W., Tobias, J. and Trout, G. M. (1988). The Sensory Evaluation of Dairy Products. Van. Nostrand Reinhold. P. 598. London.

- Burdock, G. A., Carabin, I. G. (2008). Breaking down the barriers to functional foods, nutraceuticals and claims. Elsevier. doi:10.1016/B978-012373901-8.00007-X
- Bradley, W., Bolling, C.Y., Chen, O., McKay, D.L. & Blumberg, J.B. (2011). Tree nut phytochemicals: composition, antioxidant capacity, bioactivity, impact factors. A systematic review of almonds, Brazils, cashews, hazelnuts, macadamias, pecans, pine nuts, pistachios and walnuts. *Nutrition Research Reviews*, 24: 244–275.
- Cemeroğlu, B., (2004). Meyve ve sebze işleme teknolojisi. Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 627s.
- Ceylan, M., (2013). “Badem sütü üretimi ve optimizasyonu”, Yüksek lisans tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Hatay.
- Chandan, R. (1997). Dairy-Based ingredients. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. 96-99.
- Chauhan A , Patil V, (2013). Effect of Packaging Material on Storage Ability of Mango Milk Powder and The Quality of Reconstituted Mango Milk Drink. *Powder Technology* 239: 86-93
- Coşkun, T., (2005). Fonksiyonel Besinlerin Sağlığımız Üzerine Etkileri. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 3.
- Coşkun, T., (2006). Pro-, Pre- ve Simbiyotikler. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*; 49: 128-148.
- Çakal, M. (2005). “Fındıklarda bazı kırılma özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma”. Yüksek lisans tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, 57s, Isparta.
- Cui, X., Chen, S., Wang, Y., Han, J., (2012). Fermentation conditions of walnut milk beverage inoculated with kefir grains. *Food Science and Technology* 50: 349-352.

- Çam, M., Ersus, S., (2008). Dondurularak Kurutulmuş Çilek Meyvesinin Toplam Fenolik Madde İçeriğinin ve Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, Erzurum.
- Çetintas, G., (2005). “Fındık yağı işleme aşamalarında kalite kriterlerinde ve Aflatoksin konsantrasyonunda olan değişimler”. Yüksek lisans tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, 75s., Isparta.
- De Mello L.S.M., Bora S.P., Narain N., (2001). Fatty and amino acids composition of melon (*Cucumis melo* Var. *saccharinus*) seeds. *Journal Food Composition and Analysis* 14:69–74.
- Demirkaya, A.K., Ceylan, Z.G., (2013). Bilecik’te tüketime sunulan yoğurtların kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesinin araştırılması. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi* 8(3): 202- 209.
- Doboğlu, H., (2012). “ Liyofilizasyonun Karadut (*Morus Nigra*) Kurutmadaki Potansiyelinin Konveksiyonel Ve Vakumlu Kurutma Teknikleriyle Kıyaslanarak Belirlenmesi”. Yüksek Lisans Tezi. Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomühendislik Anabilim Dalı, Kahramanmaraş, 2012.
- Doğanay, T., (2009). Kurutma, *Modern Farmasötik Teknoloji* (2. Baskı), Türk Eczacılar Birliği Eczacılık Akademisi Yayını.
- Erbaş, M., (2006). Yeni Bir Gıda Grubu Olarak Fonksiyonel Gıdalar. *Türkiye 9. Gıda Kongresi*; 24-26 Mayıs 2006, Bolu; 791.
- Ermış, E. (2015). Gıda Tozları: Özellikleri ve Karakterizasyonu. *Gıda* 40 (5): 287-294.
- Ertugay, M.F., Şengül, M., and Şengül, M., (2004). Effect of Ultrasound Treatment on Milk Homogenisation and Particle Size Distribution of Fat. *Turkish Journal Veterinary Animal Sciences* 28: 303-308s
- Fardet, A. (2010). New hypotheses for the healthprotective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fibre. *Nutrition Research Reviews*, 23 (1): 65-134.

- Fitzpatrick, J., (2013). Handbook of Food Powders. Powder properties in food production systems, İrlanda, 289-293.
- Ganesana V, Rosentraterb KA, Muthukumarappana K. (2008). Flowability and handling characteristics of bulk solids and powders – a review with implications for DDGS. *Biosyst Eng.*, 101: 425-435.
- Gieseler, H. 2004. Product Morphology and Drying Behavior Delineated by a New Freeze-Drying Microbalanc, PhD Thesis, Department of Pharmaceutical Technology, University of Nuremberg-Erlangen, Erlangen, Germany.
- Gonçalvez, D., Perez, C., Reolon, G., Segura, N., Lema, P., Gambaro, A., Ares, G., ve Varela, P., (2005). Effect of Thickeners on the Texture Of Stirred Yogurt, *Alim Nutr Araraquara* 16(3): 207-211.
- Gürsoy, O., Kınık, Ö., (2004). Fonksiyonel Gıda İngrediyenti Olarak Probiyotikler ve Yasal Düzenlemeler için Japonya Modeli. *Türk Mikrobiyal Cem Dergisi* 34: 200-209.
- Hanif, M.S., Zahoor, T., Iqbal, Z., Haq, I., Arif, A.M., (2012) National Institute of Food Science and Techonology University of Agriculture, *Pakistan Journal of Food Sciences*, 22(2): 61-70.
- Hassan M, (1985). Production of Spray-Dried Coconut Milk Powder. *Pertanika* 8(1): 127 – 130
- Heurtault, B., Saulnier, P., Pech, B., Proust, J. E., & Benoit, J. P. (2003). Physico-chemical stability of colloidal lipid particles. *Biomaterials* 24: 4283–4300.
- Holzapfel, W.H., Haberer, P., Snel, J., Schillinger, U., Huis in't Veld, J.H.J., (1998). Overview of gut flora and probiotics. *International Journal of Food Microbiology* 41: 85-101.
- Ilari, J.L., (2002). Flow properties of industrial dairy powders. *Lait* 82:383–399.
- Ilari, J.L., Loisel, C., (1991). La maîtrise de la fonctionnalit'e des poudres. *Process*, 1063:39–43.

- Iyengar, G. V, 1982. Elemental Composition of Human and Animal Milk. Int Atomic Energy Agency, Vienna.
- İlyasoğlu, H., Yılmaz, F., Burnaz, N., Baltacı, C., (2014). Preliminary assessment of a yoghurt-like product manufactured from hazelnut slurry: Study using response surface methodology. *LWT-Food Science and Technology*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.06.023>.
- Kalantzopoulos, G. 1997. Fermented products with probiotic qualities. *Anaerobe* 3:185-190.
- Karaça, A., C., Bafkaya, H., Güzel, Ö., M. Mehmet Ak, M. M. (2017). Püskürtmeli kurutma işleminin meyve suyu konsantrelerinin fenolik madde içeriğine ve antioksidan aktivitesine etkisi. *GIDA* 42 (3): 297-304
- Kırmacı, V., (2008). “Dondurarak Kurutma Sisteminin Tasarımı, İmalatı ve Performans Deneylerinin Yapılması”. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara, s.151.
- Kim EH, Chen XD, Pearce D.(2002). Surface characterization of four industrial spray-dried dairy powders in relation to chemical composition, structure and wetting property. *Colloid Surface B* 26:197–212.
- Klaenhammer, T.R., (2000). Probiotic bacteria: today and tomorrow. *Journal of Nutrition* 130:4155-4165.
- Koç, B., (2008). “Püskürtmeli kurutma yöntemi ile yoğurt tozu üretim koşullarının optimizasyonu”. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 204 s.
- Koç,M., Ertekin,F., (2016). Şeker İçeriği Yüksek Gıdaların Püskürtülerek Kurutulması: Ürün Kazanımı ve Toz Ürün Özelliklerinin Geliştirilmesi. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 4(5) :336-344.
- Liu, K.-S. (1997). Nonfermented oriental soyfoods. In *Soybeans: Chemistry, Technology, and Utilization* (K.-S. Liu, ed.) pp. 138–165, Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, MD.

- Lovejoy, J.C., (2005). The impact of nuts on diabetes and diabetes risk. *Current Diabetes Reports*, 5, 379–384.
- Maleki, N., Khodaiyan, F., Mousavi, S., (2014). Antioxidant Activity of Fermented Hazelnut Milk. *Food Science Biotechnology* 24(1): 107-115.
- Mansson, H.L., 2008. Fatty acids in bovine milk fat. *Food and Nutrition Research* 52:10.3402
- Masood, A., Stark, K.D., Salem N., (2005). A simplified and efficient method for the analysis of fatty acid methyl esters suitable for large clinical studies. *The Journal of Lipid Research*, 46, 2299-2305.
- Milli Eğitim Bakanlığı, (2012). *GıdaTehnolojisi Süt Tozu Modülü*, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- Mitra, S. K., Rathore, D. S., Bose, T. K., (2003). Temperate fruits. Horticulture and Allied Publishers, India, 27/3p.
- Okyere, A., Odamtten, G., (2014). Physicochemical, functional and sensory attributes of milk prepared from irradiated tiger nut (*Cyperus esculentus L.*). *Journal of Radiation Research and Applied Sciences* 7: 583-588.
- Osthoff G., Hugo A., Wyk P., Wit M., Meyer S., (2010). Characterization of a Spray-Dried Soymilk Powder and Changes Observed During Storage. *Food Science Technology International* 16(2): 169–78.
- Özay, G., Pala, M., Saygı, B., (1993). Bazı Gıdaların Su Aktivitesi Yönünden İncelenmesi., *GIDA*(1993) 18(6): 377-383
- Özdemir, F., Topuz, A., ve Doğan, Ü., (1998). Fındık Çeşitlerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri., *Gıda* 23 (1), 37-41.
- Paulino, Alexandre & Fajardo, André ve Júnior, Andrea & Muniz, Edvani & Tambourgi, Elias. (2011). Two-step synthesis and properties of a magnetic-field-sensitive modified maltodextrin-based hydrogel. *Polymer International*. 60. 1324 - 1333.

- Packaged Facts., (2012). Dairy alternative beverages in the u.s.: soy milk, almond milk, rice milks and other dairy milk alternatives. Retrieved from <https://www.packagedfacts.com/Soy-Milk-Dairy-6504961/>.
- Peyronel, F., Campos, R. (2012). Methods used in the study of the physical properties of fats. In A. G. Marangoni (Ed.), *Structure–function analysis of edible fats*, 262–277.
- Phillips, K., Ruggio, D., Ashraf-Khorassani, M., (2005). Phytosterol composition of nuts and seeds commonly consumed in the united states. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(24): 9436-9445.
- Poulter, N., Caygill, J., (1980). Vegetable Milk Processing and Rehydration Characteristics of Bambara Groundnut. *Journal Science Food Agriculture* 31:158-163
- Prescott JK., Barnum RA., (2000). On powder flowability. *Pharmaceutical Technology* 24: 63–84.
- Ratnayake, W.N., Hansen, S.L., Kennedy M.P., (2006). Evaluation of the CP-Sil 88 and SP-2560 GC Columns Used in the Recently Approved AOCS Official Method Ce 1h-05: Determination of cis-, trans-, Saturated, Monounsaturated, and Polyunsaturated Fatty Acids in Vegetable or Non-ruminant Animal Oils and Fats by Capillary GLC Method. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83(6): 475-478.
- Ratti, C., (1994). Shrinkage During Drying of Foodstuffs. *Journal of Food Engineering*, 23: 91-105.
- Roberfroid, M.B., (2000). Prebiotics and probiotics: are they functional foods? *Am. J. Cli. Nutr.* 71:16825-16875.
- Sadikoğu, H.,Özdemir, M., (2003). Dondurarak kurutma teknolojisi ve evreleri. *Gıda*, 28 (6):643-649.
- Samona A.,Robinson RK., (1994). Effect of yoghurtcultures on the survival of bifidobacteria in fermentedmilks. *Journal DairyTechnology*, 47: 58-60.

- Santos D., Carvalho L., Lima D., Lea D., Teixeira L., Korn M., (2014). Determination Of Micronutrient Minerals İn Coconut Milk By ICP OES After Ultrasound-Assisted Extraction Procedure. *Journal of Food Composition and Analysis* 34: 75-80
- Saygı G.,(2008). “Kızılılık Püresinin Püskürtmeli Kurutucuda Optimum Kurutma Parametrelerinin Belirlenmesi”. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 155 s.
- Segura, R., Javierre, C., Lizarraga, M. A., & Ros, E. (2006). Other relevant components of nuts: phytosterols, folate and minerals. *British Journal of Nutrition*, 96 (1): 36-44.
- Shah, N. P. (2001). Functional foods from probiotics and prebiotics. *Food Technology* 55(11): 46-53.
- Sharma, A., Jana, A., Chavan, R., (2012). Functionality of Milk Powders and Milk-Based Powders for End Use Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(5): 518-528
- Shimoyamada M., Mogami M., Tsuzuki K., Honda Y., (2012). Characterization Of Soymilk Prepared By Milling And Pressing At High Temperature. *Journal of Food Processing and Preservation* 38: 830-836
- Shishira, M., Taipa, F.S., Aziza, N.A., Taliba, R.A., (2014). Physical Properties of Spray-dried Pink Guava (*Psidium guajava*) Powder. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 2: 74 – 81
- Sıray, E., Akman R., Savran H.E., Duyar Ö., Özdemir F., Göğüs A., Sayılı M., (2015). Fındık Yetiştiriciliği Konusunda Çalışan Araştırmacıların Mevcut Durumu ve Sorunlarının Belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, s. 2.
- Singh, H., Newstead DF. (1992). Aspects of proteins in milk powder manufacture. In: Fox PF, editor. *Advanced dairy chemistry*, vol. 1. Proteins. 2nd ed. New York: Elsevier Applied. Science Pub. 735–65.

- Sun, J., Yu, B., Curran, P., Liu, S.Q., (2011). Quantitative analysis of volatiles in transesterified coconut oil by headspace-solid-phase microextraction-gas chromatography– mass spectrometry. *Food Chemistry* 129: 1882–1888.
- Suzihaque, M., Hashib A., Ibrahima U., (2015). Effect of Inlet Temperature on Pineapple Powder and Banana Milk Powder. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 195: 2829 – 2838
- Sritham, E., Gunasekaran, S., (2017). FTIR spectroscopic evaluation of sucrose-maltodextrin-sodium citrate bioglass. *Food Hydrocolloids* 1-12
- Stone, D. (2011). Emerging trend of dairy-free almond milk. *Food Magazine*. Retrieved from <http://www.foodmag.com.au/news/emerging-trend-of-dairy-free-almond-milk> [Erişim Tarihi: 10.08.2016].
- Stuckler, D., Basu, S., (2011). Evaluating the health burden of chronic diseases. In D. Struckler and K. Siegel (Eds.) *Sick societies: Responding to the global challenge of chronic disease*. New York: Oxford University press.
- Tey, S.L., Brown, R., Chisholm, A., Gray, A., Williams, S. & Delahunty, C. (2011a). Current guidelines for nut consumption are achievable and sustainable: a hazelnut intervention. *British Journal of Nutrition*, 105: 1503–1511.
- Tunçtürk, Y., Zorba, Ö., Özrenk, E., (2000). Farklı Homojenizasyon Basıncı Derecelerinin Set Yoğurtların Bazı Fiziksel, Kimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Özelliklerine Etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(1):45-52.
- Turhan, S., (2011). “Türk Fındık Yağlarının Trigliserit Yapılarının Belirlenmesi”. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 50 s.
- Tripathi, R., Verma, S., Easwari, T.S., Shah, H., (2013). Standardization Of Some Herbal Antidiabetic Drugs In Polyherbal Formulation & Their Comparative Study. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, Vol. 4(8): 3256-3265.

Yağcı, R., (2002). Probiyotikler ve Prebiyotikler. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi* ,45:337-344.

Yılmaz, A., Bozkurt, F., Çicek, P., Dertli, E., Durak, M., Yılmaz.,M.T., (2016) A novel antifungal surface-coating application to limit postharvest decay on coated apples: Molecular, thermal and morphological properties of electrospun zein–nanofiber mats loaded with curcumin. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 37: 74–83.

Yurdakul, E. (2008). “Kahvaltılık Gevrekleri Zenginleştirmek zicAmacıyla Üretilen Dondurarak Kurutulmuş Kestanenin Kalite Kriterlerinin Değerlendirilmesi”. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 189s.

Wiley,J.,Sons, (2015). *Spray Drying Techniques for Food Ingredient Encapsulation*, Institute of Food Technologists Series (First Edition), United States.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler:

Adı Soyadı : Kübra ÖZKAN GÜNER

Doğum tarihi : 03.08.1992

Doğum yeri : Birecik

Medeni Durumu: Evli

Eğitim:

İlkokul : Emin Saygın İlköğretim Okulu : 1999-2006

Lise : Abdulkadir Konukoğlu Lisesi : 2006 - 2010

Lisans: Fırat Üniversitesi Biyomühendislik Bölümü:2010-2014

Akademik Projeler:

- Doğal ortamlarından izole edilen bazı mikroorganizmaların L-cysteine üretim, kapasitelerinin belirlenmesi (2017), *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Bilimsel Araştırma Komisyonu (16.000,00 TL Bütçeli)*, Proje Personeli
- Endemik Mikroorganizmalarla Helal Standartlarına Uygun Ulusal Gıda Katkı Maddesi Üretimi ve Mikroorganizma Bankası Oluşturulması (2017), *KOSGEB Arge İnovasyon Programı (580.000,00 TL Bütçeli)*, Proje Yürütücüsü