



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**VANİLİNİN FARKLI KAPLAMA
MATERYALLERİ KULLANILARAK
DONDURARAK KURUTMA YÖNTEMİ İLE
MİKROENKAPSÜLASYONU VE BİSKÜVİ
ÜRETİMİNDE KULLANIMI**

Nuray ÖZKAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak- 2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Nuray ÖZKAN tarafından hazırlanan “Vanilin farklı kaplama materyalleri kullanılarak dondurarak kurutma yöntemi ile mikroenkapsülasyonu ve bisküvi üretiminde kullanımı ” adlı tez çalışması 15/01/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Doç. Dr. M. Kürşat DEMİR

Danışman

Doç. Dr. Nilgün ERTAŞ

Üye

Doç. Dr. Hacer LEVENT

İmza

.....

.....

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/.../21.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. S. Savaş DURDURAN
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Nuray ÖZKAN

Tarih: 25.01.2021

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

VANİLİNİN FARKLI KAPLAMA MATERYALLERİ KULLANILARAK DONDURARAK KURUTMA YÖNTEMİ İLE MİKROENKAPSÜLASYONU VE BİSKÜVİ ÜRETİMİNDE KULLANIMI

Nuray ÖZKAN

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Nilgün ERTAŞ
Doç. Dr. M. Kürşat DEMİR
Doç. Dr. Hacer LEVENT

2021, 95 Sayfa

Bu çalışmada vanilin, maltodekstrin (MM), kazeinat (KM) ve jelatinin (JM) ayrı ayrı kullanıldığı ve maltodekstrin-kazeinat (MKM), maltodekstrin-jelatin (MJM), kazeinat-jelatin (KJM), maltodekstrin-kazeinat-jelatin (MKJM) olmak üzere kombine halde kullanıldığı kaplama materyalleri ile 7 farklı formulasyon kullanılarak dondurarak kurutma yöntemi ile mikroenkapsüle edilmiştir. Mikroenkapsüle vanilin örneklerinin nem miktarı, su aktivitesi, renk ölçümü, parçacık büyüklüğü dağılımı, yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk, parçacık yoğunluğu, porozite, akıcılık, yapışkanlık, higroskopisite, ıslanabilirlik, çözünürlük ve parçacık morfolojisi (SEM) gibi analizlerle karakteristik özellikleri incelenmiştir. Vanilin mikroenkapsülleri bisküvi üretiminde kullanılarak fiziksel, tekstürel ve duyuşsal özellikleri belirlenmiştir.

KM örneğinde yüksek nem, porozite ve higroskopisite değerleri tespit edilirken, akıcılık düşük bulunmuştur. JM düşük nem, su aktivitesi, higroskopisite, ıslanabilirlik ve çözünürlük sonuçlarına ulaşılması ve aynı zamanda partikül morfolojisinde gözlemlenen pürüzlü, aglomere ve büyük yapılar düşük mikroenkapsülasyon başarısına sebep olmuştur. JM'nin diğer tozlara kıyasla yüksek parlaklık ve sarılık değerleri verdiği belirlenmiştir. Maltodekstrin içeren MM örneğinde yüksek higroskopisite ve çözünürlük özelliği ile optimum ve stabil mikroenkapsüle toz olduğu tespit edilmiştir.

Mikroenkapsüle vanilinlerle hazırlanmış olan bisküvilerin çap, kalınlık ve yayılma oranı sonuçlarında istatistikî olarak bir farklılık gözlemlenmemiştir ($p>0.05$). Kontrol grubu bisküviler en yüksek sertlik ve kırılabilirlik değerleri verirken, KM ilaveli bisküvilerin en düşük sertlik ve kırılabilirlik değerleri verdiği tespit edilmiştir. Duyusal analizlerde MM örneği tat, koku, renk, aroma ve genel kabul edilebilirlik olmak üzere tüm kategorilerde en yüksek skoru almış ve panelistler tarafından da bisküvide tercih edilen örnek olmuştur. Bu çalışma ile vanilinin maltodekstrin ile mikroenkapsüle edilerek bisküvi üretiminde kullanılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: vanilin, mikroenkapsülasyon, dondurarak kurutma, bisküvi

ABSTRACT

MS THESIS

MICROENCAPSULATION OF VANILLIN BY FREEZE DRYING METHOD WITH DIFFERENT COATING MATERIALS AND USING IN BISCUITS

Nuray ÖZKAN

**The Graduate School Of Natural ve Applied Science
Of Necmettin Erbakan University
The Degree Of Master Of Science
In Food Engineering**

**Advisor: Assoc. Prof. Nilgün ERTAŞ
Assoc. Prof. M. Kürşat DEMİR
Assoc. Prof. Hacer LEVENT**

2021, 95 Pages

In this study, vanillin was microencapsulated by freeze-drying method using 7 different formulations with coating materials as maltodextrin (MM), caseinate (KM) and gelatin (JM) separately and combination as maltodextrin-caseinate (MKM), maltodextrin-gelatin (MJM), caseinate-gelatin (KJM), maltodextrin-caseinate-gelatin (MKJM). Characteristic properties of the microencapsulated vanillins such as moisture, water activity, porosity, hygroscopicity, wettability, solubility, color and particle morphology (SEM) were investigated. The physical, textural and sensory properties of the microencapsulated vanillins used in biscuit production were determined.

While high moisture, porosity and hygroscopicity values were determined in the KM sample, the fluidity was found to be low. Low moisture, water activity, hygroscopicity, wettability and solubility results, as well as the rough, agglomerated and large structures observed in particle morphology led to low microencapsulation success in JM sample. It has been determined that JM gave high lightness and yellowness values compared to other powders. MM sample containing maltodextrin was an optimum and stable microencapsulated powder with high hygroscopicity and solubility feature was determined.

No statistically significant difference was observed in the results of the diameter, thickness and spreading ratio of the biscuits prepared with microencapsulated vanillins ($p > 0.05$). It was determined that the control group biscuits gave the highest hardness and brittleness values, while the MM added biscuits gave the lowest hardness and brittleness values. In sensory analysis, the MM sample showed the highest score in all categories including taste, odor, color, aroma and general acceptability and became the preferred sample for biscuits by panelists. In this study, it is suggested to use vanillin by microencapsulation with maltodextrin in the production of biscuits.

Keywords: vanillin, microencapsulations, freeze drying, biscuit

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmamda, konumun belirlenmesi, planlanması ve çalışmaların yürütülmesi aşamalarında yakın ilgi ve desteğini esirgemeyen, gelişimini titizlikle takip eden, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım danışman hocam Sayın Doç. Dr. Nilgün ERTAŞ'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bugüne kadar her konuda beni destekleyen ve yalnız bırakmayan eşime, aileme, yüksek lisans ve çalışma arkadaşlarıma en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Nuray ÖZKAN
KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Vanilya Hakkında Genel Bilgi	3
2.2. Vanilya Bitkisinin Üretim Teknikleri	12
2.3. Vanilin İle İlgili Yapılan Çalışmalar	18
2.5. Mikroenkapsülasyon	20
2.6. Mikroenkapsülasyon Yöntemleri	24
2.6.1. Püskürtmeli kurutma yöntemi	25
2.6.2. Dondurarak kurutma yöntemi	28
2.6.3. Akışkan yatak kaplama yöntemi	29
2.6.4. Ekstrüzyon yöntemi	30
2.6.5. Koaservasyon yöntemi (faz ayrımı)	31
2.6.6. Kokristalizasyon yöntemi	32
2.6.7. Lipozom dağıtma yöntemi	32
2.6.8. Emülsifikasyon yöntemi	33
2.6.9. İnklüzyon kompleksi oluşturma yöntemi	34
2.6.10. Sprey soğutma yöntemi	35
2.6.11. Elektroeğirme yöntemi	36
2.7. Bisküvi Ve Üretimi	37
3. MATERYAL VE METOT	46
3.1. Materyal	46
3.2. Metot	46

3.2.1. Vanilin mikroenkapsülasyonu	46
3.2.2. Mikrokapsüllerde yapılan analizler	49
3.2.3. Bisküvi örneklerinin hazırlanması.....	52
3.2.4. Bisküvilerde yapılan analizler	53
3.2.5. İstatistiki analizler.....	54
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	55
4.1. Araştırma Sonuçları	55
4.1.1. Mikrokapsül analizleri.....	55
4.1.2. Bisküvi analizleri.....	71
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	77
5.1. Sonuçlar	77
5.2. Öneriler	81
6. KAYNAKLAR	82
ÖZGEÇMİŞ	95

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 2.1. Vanilyanın taksonomisi	7
Çizelge 2.2. İşlenmiş olan vanilya baklalarının başlıca bileşikleri.....	16
Çizelge 2.3. Vanilin içeren bazı ürünler	17
Çizelge 2.4. Gıda endüstrinde mikroenkapsülasyon işleminde kullanılan kaplama maddeleri	21
Çizelge 2.5. Gıda aroma bileşenleri ve ekstraktları üzerine gerçekleştirilen mikroenkapsülasyon çalışmaları.....	23
Çizelge 2.6. Kaplanan materyalin salınım hızlarını etkileyen faktörler	24
Çizelge 2.7. Mikroenkapsülasyon yöntemleri ve basamakları	25
Çizelge 2.8. Püskürtmeli kurutma yöntemiyle yapılan çalışmalar	27
Çizelge 2.9. Dondurarak Kurutma Yöntemiyle Yapılan Araştırmalar	29
Çizelge 2.10. Bisküvinin dünya ihracat oranları	38
Çizelge 2.11. Türkiye’deki 2003-2014 yılları arası bisküvi üretimi (TÜİK)	39
Çizelge 3.1. Deneme formülasyonları	47
Çizelge 3.2. Bisküvi formülasyonu	52
Çizelge 4.1. Mikrokapsüllerin nem ve su aktivitesi (aw) analiz sonuçları.....	55
Çizelge 4.2. Mikrokapsül vanilinlerin renk ölçümleri.....	57
Çizelge 4.3. Mikrokapsüllerin parçacık büyüklüğü dağılımları	58
Çizelge 4.4. Mikrokapsüllerin yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk ve parçacık yoğunlukları	60
Çizelge 4.5. Mikrokapsüllerin porozite(ϵ), akıcılık (CI) ve yapışkanlık (HR) değerleri	62
Çizelge 4.6. Mikrokapsüllerin higroskopisite, ıslanabilirlik ve çözünürlük değerleri ...	64
Çizelge 4.7. Bisküvilerin çap, kalınlık ve yayılma oranları	71
Çizelge 4.8. Bisküvilerin tekstür profili	72
Çizelge 4.9. Bisküvilerin renk ölçüm sonuçları	74

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Vanilyanın dalındaki hali	4
Şekil 2.2. Vanilyanın kurutulmuş hali	4
Şekil 2.3. Dünya üzerinde vanilyanın 2004-2016 yılları arasındaki tüketim ve üretimi..	9
Şekil 2.4. Vanilin elde edilme yöntemleri	13
Şekil 2.5. Vanilya bitkisinde üretim yöntemleri	14
Şekil 2.6. Vanilyada yapılan elle tozlaşma	14
Şekil 2.7. Vanilin kimyasal yapısı	17
Şekil 2.8. Enkapsüllerin yapısı, A: Çekirdek, B: Kabuk ya da matris, C: Kaplama, D: Bağlayıcı madde	22
Şekil 2.9. Püskürtmeli kurutma (spray dry) sistemi	27
Şekil 2.9. Dondurarak kurutma yönteminde kullanılan makine (liyofilizatör)	29
Şekil 2.11. Akışkan yatak kurutma sistemi	30
Şekil 2.12. Koaservasyon yöntemi	32
Şekil 2.13. Sprey soğutma yöntemi	35
Şekil 2.14. Elektro-püskürtme polimer jeti oluşumu.....	36
Şekil 2.15. a) Elektro-püskürtme kapsülleri b) Elektro-egirme lifleri.....	37
Şekil 3.1. Mikroenkapsüle vanilin tozları.....	47
Şekil 3.2. Vanilin mikroenkapsülasyonu işlem şeması	48
Şekil 3.3. Liyofilizatör	48
Şekil 3.4. Bisküvi örnekleri	53
Şekil 4.1. MM örneğinin SEM görüntüsü	66
Şekil 4.2. KM örneğinin SEM görüntüsü	67
Şekil 4.3. JM örneğinin SEM görüntüsü	67
Şekil 4.4. MKM örneğinin SEM görüntüsü	68
Şekil 4.5. MJM örneğinin SEM görüntüsü	68
Şekil 4.6. KJM örneğinin SEM görüntüsü	69
Şekil 4.7. MKJM örneğinin SEM görüntüsü	69

SİMGELER VE KISALTMALAR

μ l	:Mikrolitre
μ M	:Mikromolar
a*	: (+) kırmızı, (-) yeşil renk değeri
b*	: (+) sarı, (-) mavi renk değeri
Ca	:Kalsiyum
Cu	:Bakır
dk	:Dakika
Fe	:Demir
g	:Gram
Hue	:Renk özü
K	:Potasyum
L*	:Parlaklık renk değeri
M	:Molarite
mg	:Miligram
Mg	:Magnezyum
ml	:Mililitre
mm	:Milimetre
nm	:Nanometre
RDA	:Tavsiye edilen günlük alım miktarı
Rpm	:Returns per minute
Sem	: Taramalı Elektron Mikroskobu
SI	:Doygunluk indeksi
sn	:Saniye
Zn	:Çinko

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüzü birçok özelliği içerisinde biriktirerek getiren vanilya bitkisi yükselişini hala korumaktadır. Tarihsel arka planından bugünkü iktisadi alandaki varlığına kadar birçok disiplini içine alan bir bitki olma özelliği göstermektedir.

Meksika kökenli bir bitki olan vanilya hem tüm dünya üzerinde hem de gıda endüstri çalışmalarında sıklıkla kullanılması ile önem arz etmektedir. Vanilya çeşitli kullanım alanlarına sahip olup bu çalışma kapsamında sadece gıda endüstrisi kullanımı ele alınmaktadır.

Vanilyanın bitkisinin içinde glikozit halinde bulunan bir madde olan vanilin sahip olduğu hoş kokusuyla birçok alanda talep görmekte, gıda alanında kullanımı önemli bir çalışma alanı olarak dikkat çekmektedir. Vanilinin yapısal özellikleri arasında iyi çözünmesi bulunmaktadır. Ancak vanilinin doğada aşırı derecede uçucu olması sebebiyle gıdalara direk eklenmesi ve endüstriyel uygulamaları sınırlı kalmaktadır, özellikle ısı işlem gören unlu mamüllerde kullanımında sıcaklıkla beraber aroma etkisi kaybolmaktadır. Vanilinin uçucu olma özelliği çeşitli proseslerle korunabilmektedir. Bunlardan en önemlisi olan mikroenkapsülasyon teknolojisi, vanilinin stabilitesini ve işlevselliğini arttırmak için ideal bir tekniktir.

Mikroenkapsülasyon aktif bir maddenin (çekirdek materyal) çevresinin bir veya daha fazla kaplama maddesi (duvar materyali) ile sarılıp mikrometre ile milimetre aralığında büyüklüğe sahip kapsüllerin (mikrokapsül) elde edilmesinde kullanılan bir teknolojidir (Gharsallaoui ve ark., 2007). Kapsülleme, işleme ve depolama sırasında biyoaktif bileşiklerin stabilitesini korumayı ve gıda matrisi ile istenmeyen etkileşimleri önlemeyi amaçlamaktadır. Kullanılan mikroenkapsülasyon teknikleri; püskürtmeli kurutma, dondurarak kurutma, akışkan yatak kaplama, ekstrüzyon, koaservasyon, kokristalizasyon, lipozom dağıtma, emülsifikasyon, sprey soğutma, elektrospining gibi yöntemlerdir. Bu yöntemlerden dondurarak kurutma yönteminde aroma kaybının çok düşük olması, elde edilen ürünün rekonstitüsyon özelliklerinin çok iyi olması, çözünen maddelerin gıda içerisindeki hareketi dolayısıyla kayıpların minimum olması sebeplerinden dolayı en çok tercih edilen tekniklerdendir.

Çalışma kapsamında vanillin termal-olmayan dondurarak kurutma tekniği ile maltodekstrin, kazeinat ve jelatin gibi farklı kaplama materyalleri ve bu duvar malzemelerinin farklı kombinasyonları denenerek mikrokapsüllenmiştir. Mikrokapsülleme sonucunda elde edilen vanilinler bisküvi üretiminde kullanılarak, bisküvi örneklerinde fiziksel, tekstürel ve duyusal özellikler belirlenmiştir. Sektörel olarak bisküvi üretiminde vanilya kullanımında mikroenkapsüle vanillinin kullanılabilirliğinin, kalıcılığının, tat ve aroma profilinin sade vanilin kullanımına oranla karşılaştırılması amacıyla yeni formülasyonlarla katkı sağlanmıştır.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Vanilya Hakkında Genel Bilgi

Orijinal ismi “*Vanilla Planifolia Andrews*” olan vanilya oldukça değerli bir bitkidir. YetiŐtięi yerler ise tropik ve subtropik iklim koşullarının olduğu alanlar olarak görülmektedir. Vanilya ekonomik bakımdan da oldukça yüksek ekonomik değere sahiptir (Haryuni ve Dewi, 2016).

Vanilya bitkisi bitki familya olarak orkide grubuna dahil bir bitkidir. Yaşam içerisinde kullanıldığı yerlere bakılacak olunursa yiyecek-içecek sanayisinde kullanıldığı görülmektedir. Vanilya aromasının (4-hidroksi-3-metoksibenzaldehit) elde edilmesi için vanilya bitkisine olan ihtiyaç neticesinde üretimi yapılan vanilya bitkisi dünyada kullanımı oldukça yüksek bir bitki olarak dikkat çekmektedir (Haryuni ve Dewi, 2016).

Vanilya bitkisinin Őekline bakılacak olunursa yapraklarının sapsız, yassı ve etkili bir yapısının olduğu görülmektedir. Vanilyanın meyvelerine bakıldığında ise her bir meyvenin 15 ile 25 cm arasında uzunluklara sahip olduğu görülmektedir. Bu meyvelerin özellikleri ise Şu Şekildedir:

- Yassı yapı,
- İki taraftan da uca doğru incelen bir yapı,
- Parlak olup siyaha yakın bir renge sahip,
- Benzerlik olarak bakla meyvesi formunda olduğu görülmektedir (Rao ve Ravishankar, 2000).



Şekil 2.1. Vanilyanın dalındaki hali



Şekil 2.2. Vanilyanın kurutulmuş hali

Vanilya bitkisinin ana vatanı Meksika'dır. İlk olarak Meksika'da yetişen bu bitkinin dünyaya yayılması ise İspanyolların Meksika'yı fethetmesiyle gerçekleşmiştir. Böylece vanilyanın yetişme alanı tropikal iklim özellikleri taşıyan Endonezya, Hindistan, Madagaskar, Uganda, Papua Yeni Gine gibi yerlere yayılmıştır. (Bory ve ark., 2008; Palama ve ark., 2010; Tan ve ark., 2011; Anuradha ve ark., 2013).

Vanilyanın yetişebilmesi için gerekli olan koşullar şu şekilde sıralanabilir:

- Vanilyanın yetişebileceği yükseklik en fazla deniz seviyesinden 1500 metreye kadar çıkabilmektedir (Haryuni ve Dewi, 2016).
- Vanilya tropikal iklim koşullarında yetişmesiyle beraber sıcaklık olarak genellikle 25-32 derece aralarında bir sıcaklıkta yetişmeye uygundur. Aksi halde yetiştirilmesinde başarısızlığa uğramak mümkündür (Anilkumar, 2004).
- Yetiştirildiği toprağın sürekli nemli olması yani yıl boyunca neredeyse 10 ay boyunca yağış olan bir bölgede olması vanilya bitkisinin yetişmesi için oldukça önemlidir (Anilkumar, 2004).
- Vanilyanın yetişeceği toprağı organik açıdan yüksek değerlere sahip, zararlı unsurlardan arındırılmış, yapısal olarak gevşek ve kolaylıkla parçalanabilen yapıda olmalıdır (Anilkumar, 2004).
- Hindistan cevizinin yetiştirildiği koşullarda yetiştirme özelliği taşıyan vanilya, nemli ve ılık bölgelerde yetişmektedir (Anilkumar, 2004).

Vanilyanın tarihçesi

Vanilya kelimesinin kökeni İspanyolcadan gelmektedir. Etimolojik olarak bakıldığında anlamsal olarak “*vainilla*” kelimesinden türediği görülmektedir. “*Vainilla*”nın anlamı ise “*kılıç kını*” anlamına gelmektedir. Bunun sebebi ise vanilya bitkisinin görüntüsünün tıpkı küçük bir kılıç kınına andırmasıdır. Vanilya kelimesinin literatürdeki kullanımına bakıldığında ise Philip Miller (1754)’e ait olan “*Gardeners Dictionary*” eserinde görülmektedir.

Vanilya bitkisinin ortaya çıktığı ilk yer Meksika’dır. İspanyollar henüz işgal etmemişken Meksika’nın yerlileri bu bitkiyi kullanmaktaydılar. O dönem içerisinde bitkinin kullanım alanı şimdiki kullanım alanından çok farklı olmasa da yüklenen anlam itibarıyla farklılık göstermektedir. Çünkü o dönem yerliler tarafından oldukça kutsal

kabul edilen bir bitki olarak kabul edildiği görülmektedir. Şimdi ise gıda endüstrisinin başat ürünü olarak kabul edilmektedir (Ecott, 2005).

16. yüzyılda gerçekleşen İspanyol işgalinde vanilyanın yeri oldukça önemlidir. Aztekler, İspanyollara vergi olarak vanilya verdikleri ifade edilmektedir. Öyle ki vanilyanın bu derece önemli kabul edilmesi sadece Aztekler tarafından olmadığı görülmektedir. Çünkü verginin tahsilatında vanilya çubuklarının olmasını isteyen İspanyol Hernñn Cortes bulunmaktadır (Ecott, 2005).

Vanilya bitkisinin yetiştirilme tarihine bakıldığında ise Totonac isimli Meksika yerlileri bulunmaktadır. Bu yerliler yabani orkideleri yetiştirip kullanılabilir bir hale getirmişlerdir. Totonac yerlilerinin bu üretimi Aztek imparatorluğunun kullanım kontrolüne geçmiş daha sonra İspanyolların ve böylece tüm dünyaya yayılmıştır (Ecott, 2005).

Vanilyanın dünyaya yayılması kullanım alanlarının genişlemesiyle mümkün olmuştur. İlk zamanlar sadece kakao ile tüketilen vanilyanın tek başına kullanılması ise 1602'de İngiltere kraliçesi I. Elizabeth'in eczacısı Hugh Morgan'ın önerisiyle gerçekleşmiştir. Çünkü I. Elizabeth vanilyaya özel bir ilgi duymakla beraber şifalı bir bitki olarak görmekteydi. Gerçekleşen öneri sonrasında ilk defa ayrı kullanılan vanilya bitkisinin böylece kullanım alanları da artmıştır (Ecott, 2005).

Vanilya bitkisinin yetiştiriciliğinin başlaması ise ilk olarak Meksika'dan geldikten sonra Londra'da yetiştirilmeye çalışılmıştır. Ancak bitkinin uygun koşullarının oluşturulmasının oldukça zor olduğu ve polinasyonunun gerçekleştirilebilmesi için sadece Meksika'daki bri arı türü ile gerçekleştirilebileceği Charles François Antoine Morren (1837) tarafından keşfedilmiştir. Buradan hareketle vanilyanın polinasyonu için yeni yöntem arayışları gerçekleştirilmiştir. 1841 yılında ismi bilinmeyen bir köle tarafından vanilyanın polinasyonunun el ile yapılabileceği bulunmuştur. El ile yapılmaya başlanan polinasyonunun iklim koşulları uygun olduğu sürece her yerde üretilebileceği ortaya konmuştur (Ecott, 2005).

Vanilyanın elle yapılan polinasyonu neticesinde pahalı bir bitkiye dönüştüğü ifade edilebilir. Vanilyanın yetişmesi için oldukça önemli koşulların ve elle polinasyonunun sağlanması gerekmektedir. Bugün bu koşulların sağlandığı her yerde

aynı vanilya türü de yetişmemektedir. Bu bakımdan da vanilyanın pahalı bir bitki olduğu söylenebilir. Ayrıca pahalı olması sebebiyle vanilya hırsızlıklarının da olduğu görülmektedir (Ecott, 2005).

Vanilyanın en çok tüketilen türü ise Bourbon vanilyası olarak bilinmektedir. Bununla beraber vanilyanın en fazla üreticisi konumda ise Madagaskar ve Endonezya ülkeleri bulunmaktadır (Ecott, 2005).

Vanilyanın taksonomisi

Vanilya türünün, özellikle Güney Amerika bölgesinde yer alıp orijinal habitatlarının aldığı zarar neticesinde şu an tehlike altında olduğu ifade edilmektedir (Diwakaran ve ark., 2006; Domingues de Oliveira ve ark., 2013).

Çizelge 2.1. Vanilyanın taksonomisi

Aile	<i>Orchidaceae</i>
Alt-aile	<i>Orchidoideae</i>
Bölüm	<i>Acrotonaeae</i>
Grup	<i>Neottieae</i>
Alt-grup	<i>Vanillae</i>
Cins	<i>Vanilla</i>

(Fouch'e ve Jouve, 1999).

Vanilla bitkisi içerisinde yaklaşık 110 civarında tür bulunmaktadır. Bu türlerin sadece 3 tanesi önemli olarak kabul edilmektedir. Bunlar ise şu şekildedir:

- “*Vanilla planifolia Andrews (Vanilla fragrans Ames)*”
- “*Vanilla pompona Schiede*”
- “*Vanilla tahitensis JW Moore*”

Bu türler arasında en değerli olarak görülen tür ise “*Vanilla planifolia*” dır. Çünkü bu türün diğerlerine kıyasla daha kaliteli olduğu ifade edilmektedir. Buradan hareketle en fazla yetiştirilen tür olma özelliği de taşımaktadır (Anilkumar, 2004).

Vanilyanın dünyadaki durumu

Vanilya bitkisinin dünya genelinde oldukça önemli bir kullanım alanı bulunmaktadır. Bu durum son zamanlarda organik bitkisel ürünlerin kullanılması talebinin artmasıyla çok daha farklı bir boyuta ulaşmıştır. Vanilyanın pahalı üretimi sonucunda geliştirilen sentetik aroma çeşitlerinin dışında artık doğal vanilya üretiminin geliştirilmesi durumunu ortaya çıkarmıştır (Anilkumar, 2004).

Vanilyanın doğal üretimi talebi neticesinde fiyatlandırılması uluslararası piyasada farklı olduğu görülmektedir. Bunun etkileyicisi olarak ise uluslararası siyasi ilişkiler olabileceği gibi vanilyanın üretildiği alandaki iklim koşullarındaki farklılıklar da fiyatların değişmesini etkilediği ifade edilmektedir (Anilkumar, 2004).

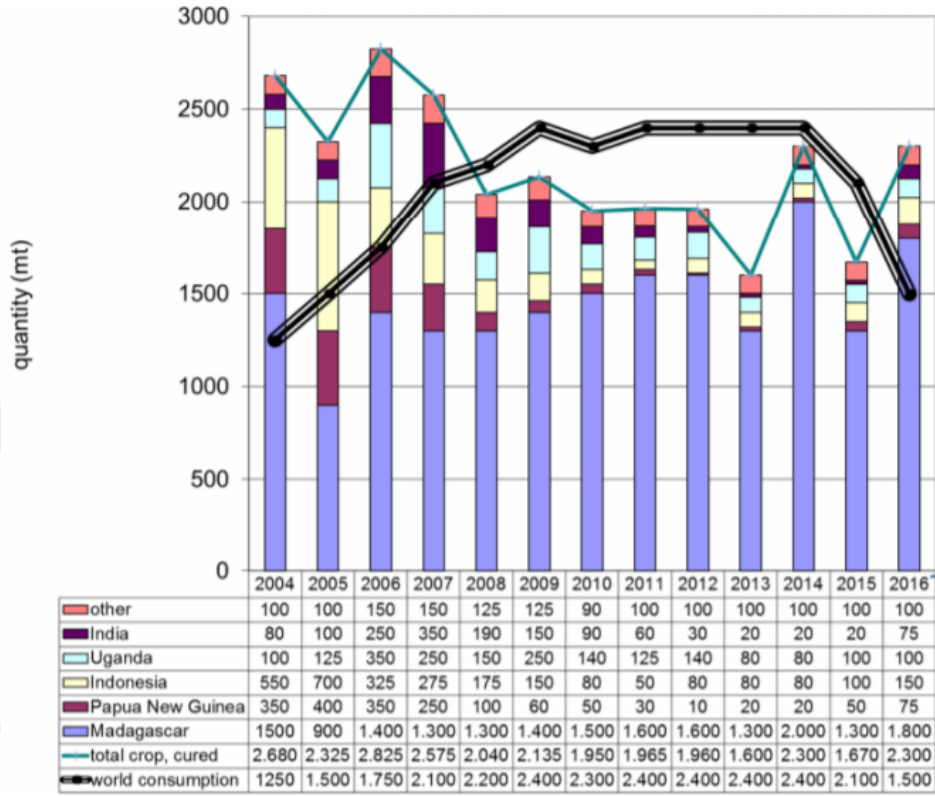
2015 yılının son aylarından bu yana doğal üretimi gerçekleştirilen vanilyaların piyasadaki en büyük pay sahibi olan kullanıcısı Amerika Birleşik Devletleri içerisinde yükselen vanilya fiyatı sabit bir şekilde kaldığı görülmektedir (Anonim, 2020b).

Doğal vanilya üretiminde Amerika'dan önce 2007 yılına bakıldığında en büyük pay sahibi Madagaskar olarak görülmekteydi. 2010 yılına gelindiğinde ise bu pay Endonezya'da idi (Sreedhar, 2009; Elena Dal Bello, 2013). Son olarak 2016'da ise Madagaskar'da vanilya üretimi 1.300 – 1.600 ton miktarında oluşmuş olduğu görülmüştür (Anonim, 2020d). Dünyada vanilya üretiminin yapıldığı diğer ülkelerden birisi de Hindistan'dır. Hindistan'da yapılan doğal vanilya üretim alanı oldukça geniştir (Anilkumar, 2004).

Doğal vanilya üretiminde halen devam etmekte olan girişimler bulunmaktadır. Bu girişimlerden bir tanesi de Brezilya'ya aittir. Brezilya bu konuda daha başlangıç aşamasında olduğu için doğal vanilya üretiminde parmakla gösterilemeyecek kadar küçük bir kesime hitap etmektedir (Kalimuthu ve ark., 2006, Domingues de Oliveira ve ark., 2013).

Vanilya üretiminde en önemli faktörlerden birisi işçiliktir. Çünkü vanilyanın üretiminde elle tozlaşma işlemi uygulanmaktadır. Bu işlemin yapılabilmesi için bu işi yapacak olan kişinin tecrübeli olması gerekmektedir. Bu konuda çok sayıda uzman olmamasına rağmen bu emeği gösteren işçiye verilecek olan ücretin kesintiye uğratılması sebebiyle vanilya üretiminde bir aksama gerçekleşmektedir. Ancak

piyasadan gelen talep doğrultusunda devam etmesi gereken vanilya üretiminin gerçekleşmesi için de işçilik maliyetinin ödenmesi yerine düşük kaliteli vanilya üretimi tercih edilmektedir. Bu yüzden de vanilyaların içerikleri oldukça düşüklük göstermektedir.



Şekil 2.3. Dünya üzerinde vanilyanın 2004-2016 yılları arasındaki tüketim ve üretimi

Vanilya bitkisinin içinde yer alan vanilin içeriğinin normal koşullarda % 1,7 - 2,0 olması gerekmektedir. Ancak yaşanan işçilik ve vanilya kalitesinin düşüşünden sonra bu miktar % 1,3 - 1,5 arasında oynamaktadır. Bir derece daha düşük kalite olan vanilyalarda (kısa ve kırık vanilya baklaları) durum ise vanilin içeriği % 0,5 - 0,9 civarlarındadır (Anonim, 2020d).

Vanilyanın doğal üretimi dışında sentetik üretimi de bulunmaktadır. Sentetik vanilya üretiminde ilk sıralarda Fransa, ABD, Norveç, Japonya ve Çin bulunmaktadır (Wong, 2012). Dünyada seyreden bu durumda öncü olan vanilya üreticisi olarak ise "Solvay Grup" bulunmaktadır. Bu şirket 2011 yılında diğer büyük bir şirket olan Fransa menşeli Rhodia firmasıyla birleşmiştir. Bu iki şirketin birleşmesi neticesinde dünya vanilya pazarının yarısı bu şirketlerin eline geçmiş bulunmaktadır (Borges da Silva ve

ark., 2009; de Margerie, 2009). Bunların dışında sentetik vanilya üretiminde ikinci en büyük firma ise Norveç'te bulunmaktadır. Norveç'te bulunan firmanın ismi ise Borregaard'dır. Bu firmanın özelliği ise ligninden meydana getirilerek üretilen vaniline ev sahipliği yapıyor olan tek firmadır (Borges da Silva ve ark., 2009).

Vanilya üretiminin dünya üzerindeki dağılıma bakıldığında 2011 yılından itibaren her sene 16.500 ton civarın bir vanilya üretiminin gerçekleştiği belirtilmiştir. Ancak bu miktarın büyük bir çoğunluğu petrokimyasal tabanlı kaynaklarla üretilmektedir. Yani yapay yollarla elde edilen vanilya miktarı yaklaşık 15.000 ton civarında olduğu ifade edilmektedir. Bu da küresel çapta ihtiyaç duyulan vanilyanın % 91'i demektir. 15.000 vanilyanın 500 tonu ise ligninden üretilmektedir. Toplam elde edilen vanilyanın sadece 30 ton civarındaki miktarı doğal üretim ile gerçekleşmektedir (Borges da Silva ve ark., 2009).

Vanilyanın ekonomik değeri

Ekonomik açıdan da önemli bir yere sahip olan vanilyanın üretimin konusundaki hassas noktalarının giderilmesi onun pahalı olmasına neden olmaktadır. Özellikle talep gören ve ihtiyaç sahilinde olan vanilyanın güvenilir şekilde doğal üretiminin gerçekleştirilmesi vanilya alanında önemli bir konu olarak hala gündemde yerini almaktadır. Özellikle son zamanlarda değerli gıda üretimlerinde sentetik olarak üretilen vanilyanın kullanılması, doğal vanilya üretilmesinde engelleyici olarak görülmüştür. Bu nedenle sentetik vanilya üretilmesinde çeşitli kısıtlamalar getirilmeye başlanmıştır. Dolayısıyla bu durum vanilyanın fiyatına yansımıştır. Doğal yollarla üretilen yüksek kalite vanilyaların fiyatlarında artış devam etmektedir (Zhang ve ark., 2014).

Vanilya sadece üretim aşamasında değil aynı zamanda hasat döneminde ve ekstraksiyon esnasında da yüksek maliyetli bir bitki olarak dikkat çekmektedir. Bu yük maliyetli durum sonucunda piyasada görülen vanilya aroma özü içinde ya karanfil yağı ya da lignin hamuru yer almaktadır. Bu tür sentetik vanilya üretiminin arka planında vanilya bitkisinden 5 yaşına kadar yeterli seviyede verim elde edilememesi yer almaktadır. Çünkü vanilya ağaçları beş yaşına geldiklerinde 1,5 ile 3 kilogram civarında üretim sağlamaktadır. Ancak bu durum her yıl artarak devam etmektedir (Anilkumar, 2004).

Büyük bir çoğunluğu kapsayan petrokimyasal tabanlı vanilin üretiminin kilogram başı fiyatlandırması ise 12-25 dolar arasında değişmektedir. Ligninden elde edilen vanilin kilogram başı fiyatı ise 100-200 dolar arasında değişiklik göstermektedir (Borges da Silva ve ark., 2009). Bunlara karşılık doğal üretim olan vanilyanın fiyatı ise kilogram başına 1.200-4.000 dolar arasındadır (Walton ve ark., 2003).

Vanilyanın dünya piyasası içerisinde içinde hem petrokimyasal tabanlı ve lignin tabanlı üretilen vanilyaların dahil olduğu hem de doğal üretim ile gerçekleştirilen vanilyaların olduğu yeri oldukça büyüktür. Fiyatlandırmaya gidildiğinde ise durum 40-700 milyon dolar civarında olduğu ifade edilmektedir (Chen ve ark., 2012).

Yakın zamana gelindiğinde ise 2016 yılında madagaskar'da üretilen vanilya baklasının kilogram fiyatı ise 400 dolar civarında olduğu görülmektedir (Anonim, 2020d).

Türkiye'deki durumu

Türkiye vanilya dışında oldukça geniş bir aromatik bitki dışsattımı ve dışalımına sahiptir. Aromatik bitkilerin tıbbi amaçla kullanılması nihayetinde Türkiye dışsattım ve dışalım noktasında önde gelen bir ülke konumunda yer almaktadır. Bunun sebeplerinden bir tanesi Türkiye'nin sahip olmuş olduğu iklim koşullarıdır. Türkiye birçok iklimi bir arada gösteren geniş bir bitki çeşitliliğine sahip olan florasıyla dikkat çekmektedir. Türkiye'nin bitki çeşitliliğine uygun olan iklim koşulları ve yapısıyla oldukça geniş çaplı ekonomik potansiyeli de içinde barındırmaktadır (Bayram ve ark., 2009).

Türkiye'nin sahip olduğu iklim koşulları her ne kadar çeşitlilik gösterse de vanilya bitkisinin ana vatanındaki gibi koşulları içinde barındıran bir bölgeye sahip değildir. Bu yüzden Türkiye'de vanilya seralarda veyahut botanik bahçelerinde yetiştirilen bir bitki türü olarak yer almaktadır (Anonim, 2020b).

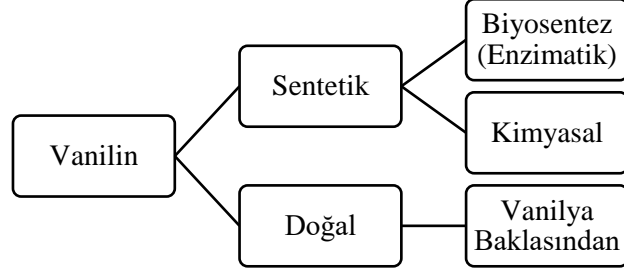
Vanilya bitkisinin morfolojik özellikleri

Vanilya hem bitkisel olarak hem de ekonomik açıdan oldukça önemli bir bitki olarak dikkat çekmektedir. Birçok alanda kendisini gösteren vanilya bitkisinin

morfolojik özellikleri şu şekilde sıralanabilir: Yapısal olarak vanilya bitkisi tırmanan bir özellik göstermektedir. Dallarının uzaması için güneş ışığına ihtiyaç duyan vanilya bitkisi daimî bir tırmanma özelliği göstermektedir. Vanilya bitkisinin büyümüş halinde gövdesinin uzunluğu 20 metre civarındadır. Ancak bu durum yetiştirilme şartlarıyla yakından ilgilidir. Vanilya bitkisinin gövdesi tüysüz bir yapıdadır (Fouch'e ve Jouve, 1999). Vanilya bitkisinin yaprakları da mızrak biçimindedir. Yapraklarının kenarları koyu yeşil renkte olup bazı türlerinde sarıya yakın bir yeşil renk taşımaktadır. Vanilyanın tırmanmasını sağlayan özelliği yaprak kenarlarında bulunan halizonlarıdır. Vanilya bitkisi tıpkı baklaya benzemektedir. Bununla beraber vanilya bitkisi dalından koparıldığı gibi kullanılmamaktadır. Çünkü vanilya bitkisi dalından koparıldıktan sonra aromasının oluşması için kurutulmaya bırakılmalıdır. Kurutulmuş vanilya bitkisinin uzunlukları ise 15-25 cm arasında değişmektedir. Eni ise 5-10 mm civarındadır. Kurutulmuş rengi taze renginden oldukça farklı olup siyaha yakın koyuluktadır (Anonim, 2020c). Vanilya bitkisi kolaylıkla çiçeklenmemektedir. Çiçeklenmesini etkileyen faktörler arasında bitkinin yapısal özellikleri önemli olduğu kadar ikinci veya üçüncü yaşını doldurması önemlidir. Vanilya bitkisinin çiçeklenmesinde gölgede olması ayrı bir etkileyici özellik göstermektedir. Vanilya bitkisinin çiçeklenme sezonu yıl içerisinde bir defa gerçekleşmektedir. Bu dönem ise Aralık ayı ve Mart ayı arasındadır. Vanilya bitkisinin çiçeklenmesinde bir salkımda 15-20 adet baklaya benzer halleri bulunmaktadır. Ayrıca bu salkımlarda bulunan vanilyalar sarı-yeşil arasında bir renge sahip olmaktadır (Anilkumar, 2004). Vanilya bitkisi türlerine göre farklılıklar göstermektedir. Guormet grad sınıfında yer alana vanilya cinsinde bakla uzunluğu 15 cm'nin üzerindedir. Bu cin içerisinde yer alan vanilya % 1.7 civarında vanilin vermektedir. Bu yüzden A sınıfı olma özelliği göstermektedir. Doğal üretim yoluyla elde edilen vanilyaların % 20-25 aralığını Guormet grad oluşturmaktadır. (Sreedhar, 2009).

2.2. Vanilya Bitkisinin Üretim Teknikleri

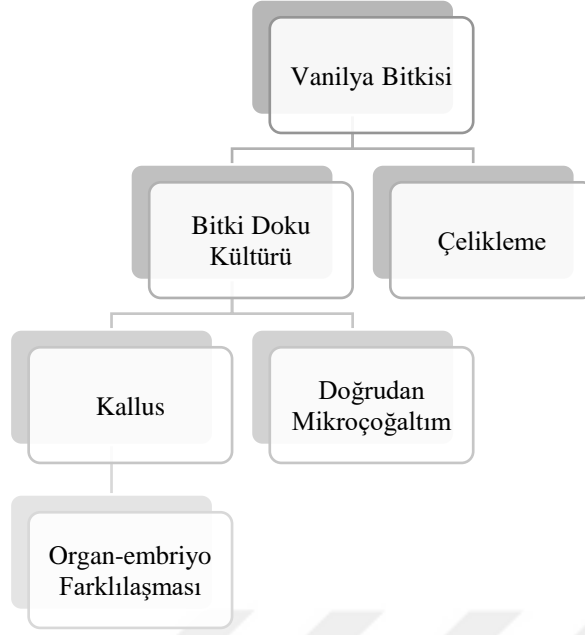
Vanilya bitkisi oldukça meşakkatli bir üretim sürecine sahiptir. Yukarıda genel olarak bahsedilen vanilya bitkisinin doğal ve sentetik olarak üretim şekillerinden bu başlık içerisinde daha ayrıntılı bir şekilde incelenmektedir.



Şekil 2.4. Vanilinin elde edilme yöntemleri

Vanilya bitkisi orkide familyasından geldiğinden dolayı çimlenme süreci doğal yollarla oldukça zor olduğu gibi pratik olarak da neredeyse imkansızdır. Vanilya bitkisinin çoğaltılmasında başlıca üretim yöntemi çeliklemedir. Ancak bu yöntemin birçok dezavantaja sahiptir; maliyetli ve yavaştır (Kalimuthu, ve ark., 2006, Domingues de Oliveira ve ark., 2013).

Çiçekli bir bitki olan vanilya bitkisinin de çiçeklenmesi için tozlaşmaya gereksinimi bulunmaktadır. Vanilya bitkisinin tarihçesinde bahsedildiği gibi vanilya bitkisinin anavatanı olan Meksika’da tozlaşmasını sağlayan özel bir arı türü bulunmaktadır. Ancak sadece Meksika’da olan bu arı türünün dışında başka bir yöntem bulunmak zorunda kalınmıştır. Vanilya tozlaşması için elle yapılan bir yöntem geliştirilerek üretiminin Meksika dışında başka ülkelerde de gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Elle yapılan tozlaşma neticesinde ciddi bir emek kullanımı ve zaman gereksinimi ortaya çıkmaktadır (Arenas ve Dressler, 2010). Vanilya bitkisinin yetiştirilme süreci oldukça meşakkatlidir. Çünkü bitkinin ekiminden tozlaşma sürecine hasat edilinceye kadar tüm süreci elle yapılmaktadır. Bu durum nihayetinde onu en fazla işçilik isteyen bitki sınıfında bulunmasına neden olmaktadır (Anuradha ve ark., 2013).



Şekil 2.5. Vanilya bitkisinde üretim yöntemleri

Vanilya bitkisinin üretim sürecinde 15-20 adet çiçek bulunmaktadır. Ancak bunlardan sadece yarısı civarındakilerde gelişim kaydedilmektedir. Gelişim gösteren bu vanilya çiçeklerinin tozlaşması ile elle yapılmaktadır. Tozlaşmayı yapan işçinin tecrübeli olması bu noktada önemlidir. Çünkü tecrübeli işçi günde ortalama 1000'e yakın çiçeğin tozlaşmasını gerçekleştirebilmektedir (Anilkumar, 2004).



Şekil 2.6. Vanilyada yapılan elle tozlaşma

Vanilya bitkisinin elle tozlaşması gerçekleştirildikten sonra çiçek verme süreci 3 ay civarında sürmektedir. Ancak baklaların olgunlaşması ise yaklaşık 9 ay sürmektedir. Vanilya baklalarının hasat edilmesinde en önemli kriter renkleridir. Rengine bağlı olarak hasat edilen vanilya baklaların rengi koyu yeşilse hasat edilmez. Vanilya baklalarının rengi açık sarı- yeşil arasındaysa ancak o zaman hasat edilir. Çünkü bu renk aralığı vanilya baklalarının olgunluk seviyesini göstermektedir. Ayrıca sadece renk değil uzunluğu da önemli kriterler arasında yer almaktadır. Bununla beraber ekonomik olarak önemli bir özellik olarak da bilinmektedir (Anilkumar, 2004).

Vanilya bitkisinin hasat edildikten sonraki sürecinde işlenmesi gerçekleştirilir. Ancak bu işlem basamakları dörde ayrılmaktadır. Bunlar: vanilya baklalarında yer alan vejetatif büyümenin durdurulmasının gerçekleştiği ilk basamakta ayrıca vanilya aromasının artırılması için enzimatik reaksiyonlarının başlatılması söz konusudur. Bunun için de üç dakika boyunca vanilya baklaları 63-65°C sıcaklıkta bekletilmesi gerekmektedir (Anilkumar, 2004). Sıcak suda bekletilen vanilya baklalarının kalın kumaşlara sarılarak bekletilmesinin olduğu ikinci aşamada sarılan vanilya baklaları hava almayan ahşap kutularda bekletilmektedir. Eğer böyle bir imkân yoksa vanilya baklaları 8 ile 10 gün arasında güneş altında tutulmalıdır (Anilkumar, 2004). Terlemeleri gerçekleştirilen vanilya baklalarının oda sıcaklığına alındığı bu aşamada ise baklalar ahşap raflar üzerinde 3 ile 4 hafta kadar kurutulmaktadır. Bu aşamada tohum ağırlığının düşmesine sebep olmaktadır. Bunun nedeni ise kurutma işleminin yavaş gerçekleşmesidir (Anilkumar, 2004). Üç basamak boyunca işlem gören vanilya baklalarında üçte bir civarında bir ağırlık meydana gelmiştir. Bunun sonucunda ise büzülmüş ve esnek bir yapıya kavuşmuştur. Bu aşamada vanilya baklaları bu halleriyle aroma kazanmaları için ahşap kutularda 2 aya yakın bir süre daha kapalı bekletilmelidir (Anilkumar, 2004).

Vanilya baklalarının hasat sonrasında gördükleri işlemler neticesinde elde edilen ürünlerin derecelendirilmesi gerçekleşmektedir. Ülkeler bu noktada birbirlerinden ayrılmaktadır. Vanilya üretiminde öncülük yapan beş ülkenin beşi de kendi içinde farklı bir derecelendirme sistemi oluşturulmuştur (Ridley, 1992; Anuradha ve ark., 2013).

Yapay Tozlaşma

Vanilya bitkisi yapısal olarak yapay tozlaşmaya müsait bir özellik taşımaktadır. Ana vatanında bu tozlaşmaya gereksinimi olmayan vanilya bitkisinin diğer ülkelerdeki

yetiştiriciliğinde yapay tozlaşmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun sebebi ise yapısal olarak rostellum olmasıdır. Bu da stigma ile polenler arasındaki temasın doğrudan olmasını engellemektedir. Dolayısıyla vanilya tozlaşması elle yapılmaktadır. Elle yapılan tozlaşmada ise yardımcı olarak bambu çubukları kullanılmaktadır (Anilkumar, 2004).

Çizelge 2.2. İşlenmiş olan vanilya baklalarının başlıca bileşikleri

Bileşik	Kuru ağırlık olarak (g/kg)
Vanilin	20,0
Vanilik asit	1,0
p- Hidroksibenzaldehit	2,0
p-Hidroksibenzil metil eter	0,2
Şeker	250,0
Yağ	150,0
Selüloz	150,0-300,0
Mineral	60,0
Su	350,0

(Tan ve Chin, 2015).

Doğal vanilin

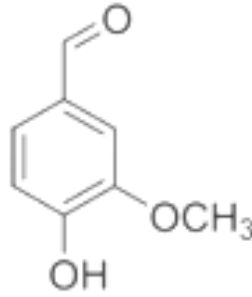
Doğal üretim ile gerçekleştirilen vanilya bitkisinin üretiminden sonra elde edilen doğal vanilin içinde 200'ü geçkin bileşen bulunmaktadır. Uygulamaya maruz kalan vanilinlerin içerisinde bu bileşen oranı % 1-2 arasındadır. Doğal vanilinin özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

- Vanilinin moleküler formülü $C_8H_8O_3$ şeklindedir ve fenolik aldehit ve organik bir bileşik olarak ifade edilmektedir. (Gallage ve Moller, 2015).
- Vanilin oda sıcaklığı içerisinde bulunan suyun içinde düşük bir çözünürlüğe sahiptir (Gallage ve Moller, 2015).
- Vanilin sıcak su, alkol ya da eter içerisinde koyulduğunda oda sıcaklığındaki suya kıyasla daha hızlı çözünmektedir (Gallage ve Moller, 2015).
- Vanilin, aroması vanilya gibi olan, beyaz kristal özellikli, yoğun bir tada sahip olan aroma tozu olarak ifade edilmektedir (Gallage ve Moller, 2015).

Çizelge 2.3. Vanilin içeren bazı ürünler

Ürün ismi	Marka	Üreten Kampanya
Vanilla Frappucino	Starbucks	Pepsi
Strawberries & Cream Frappucino	Starbucks	Pepsi
Vanilla shake	Slim Fast	Unilever
Strawberried & Cream Shake	Ensure	Abbott
Vanilla Drink Powder	Nesquik	Nestle
The Activator Smoothie-Vanilla	Smoothie King	Smoothie King
Belgian Blend French Vanilla Latte	Godiva	Coca Cola
Vanilla Bean Coolata	Dunkin Donuts	Dunkin Brands
Orange & Cream Soda	Jones Soda Co.	Jones Soda Co.
Cream Soda	Mug Root beer	Pepsi
Diet Cream Sod	Mug Root beer	Pepsi
Vanilla Coke Zero	Coca Cola	Coca Cola
Vanilla Cream Root beer	Barq's	Coca Cola
Orange Cream Soda	Boylan's	Boylan's Bottle Co.
Diet Cream Soda	Boylan's	Boylan's Bottle Co.

(Tan ve ark., 2011)



Şekil 2.7. Vanilin kimyasal yapısı

Vanilin bileşiğinin tıbbi özellikleri

Tarihsel süreç içerisinde vanilyanın şifalı bir bitki olarak kullanıldığı ifade edilmiştir. Bu durum günümüzde de özelliğini taşıyarak devam etmektedir. Vanilin farmasötik endüstride kullanılmakta ve bu endüstri içerisinde ilaç üretim prosesinde başlangıç materyali olarak görülmektedir (Wong, 2012).

Vanilinde antihipertansif özelliğinin bulunması sebebiyle “metildopal” isimli ilaç üretilmiştir. Bu ilaç vanilinden meydana gelmekle birlikte en yaygın kullanılan uyuşturuculardan birisi halini almıştır (Wong, 2012).

Ayrıca vanilya bitkisinde anti mikrobiyal özelliklerinin de olduğu bilinmektedir. Bu özelliğiyle ilaç sektöründe katkı maddesi olarak da kullanılmaktadır. Bunların dışında kanserojen özellikleri de içinde barındırmaktadır. Bununla beraber metastaza karşı koruyucu özelliği de bulunmaktadır (Wong, 2012).

Vaniline ait ilaç alanın kullanılmasına ilişkin en eski kayıtlarda karminatif özelliğiyle kullanılması yer almaktadır. Bunun dışında yine ilaç alanında aromasından dolayı ilaçların tatlandırılmasında kullanılmakta olduğu görülmektedir (Anonim, 2020a).

2.3. Vanilin İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Vanilya baharatı geçmişten günümüze önemini hala korumasıyla dikkat çekmektedir. Öyle ki sadece belirli koşullar altında yetişebilen bu bitki dünyanın her yerinde yetiştirilebilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmış ve hayata geçirilmiştir. Bunun sebebi ise vanilya baharatının tüketiciler tarafından yüksek talep görmesidir. Bu talebin karşılanması ve vanilyanın özütünün özelliklerini koruyabilmesi için çalışmalar günümüzde gıda endüstrisinin önemli bir konusu olmuştur. Yapılan çalışmalar vanilya bitkisinin kullanım alanlarının geliştirilmesini ve vanilyanın özütünü koruyarak gıdalarla birleşmesini sağlayacak yöntemlerin geliştirilmesini kapsamaktadır. Vanilin özütünün kaplama materyalleri ile mikroenkapsülasyonu üzerine yapılan bazı çalışmalar şu şekildedir;

Funk ve Brodelius (1992) tarafından yapılan bir çalışmada vanilin asit oluşumunda elistör olarak kinetin kullanılmış ve en yüksek indüksiyon oranı olarak 20 µg kinetin/g hücre varlığı belirlenmiştir.

Mohammad ve ark., (2015) vanilini çok katmanlı emülsiyon ile mikrokapsül içine almak ve ardından onu korumak ve salınımını kontrol etmek amacıyla püskürtmeyle kurutmuşlardır. Kullanılan tekniklerle vanilini kapsüllemenin mümkün olduğunu ve bunların vanilini 80°C’de bile koruduğunu belirtmişlerdir. Azalan

çözünürlük ve düşük salım oranları, vanilinin gıda ve ilaçlara salınmasını kontrol etmede geliştirilen tekniğin potansiyelini göstermiştir.

Noshad ve ark., (2015) tarafından yapılan çalışmada vanilinin mikrokapsülleme işleminde kaplama malzemesi olarak soya proteini izolatu ve maltodekstrin kullanılarak püskürtmeli kurutma yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda 184°C’de % 8.5 maltodekstrin konsantrasyonu ve % 0.36 vanilin konsantrasyonu ile elde edilen mikrokapsüllü tozun, kapsülleme verimliliği, partikül boyutu ve nem içeriği açısından incelenen örnekler arasında optimum seviyede olduğu belirtilmiştir. Seçilen optimum koşullarda üretilen tozların taramalı elektron mikroskobu (SEM), çekirdek malzemenin daha iyi korunmasını ve tutulmasını sağlayan, görünür çatlak veya yarık olmaksızın küresel bir şekil olduğu tespit edilmiştir.

Hundre ve ark., (2015) vanilinin mikroenkapsülasyonu üzerine yaptıkları çalışmada kapsülasyon materyali olarak peynir altı suyu protein izolatu ve β -siklodekstrin değerlendirilmiştir. Elde edilen enkapsüle vanilin sprej kurutmaya tabi tutulmuş ve sonuç olarak peynir altı suyu protein izolatu sprej-dondurularak kurutma mikrokapsüllemiş vanilin, yüzeyde çok sayıda ince gözenekli küresel bir şekil göstermiş ve bu da iyi bir rehidrasyon yeteneği olduğu sonucuna varılmıştır. Öte yandan, gözeneksiz küresel bir şekil gösteren sprej kurutma tozu ve dondurularak kurutma kapsüllemiş toz, pullu yapıya sahip daha büyük parçacık boyutları vermiştir. FTIR analizi, vanilin ve duvar malzemeleri arasında etkileşim olmadığını doğrulamıştır. Ayrıca, püskürtmeyle dondurularak kurutulmuş vanilin + peynir altı suyu protein izolatu numunesi, püskürtülerek kurutulmuş ve dondurularak kurutulmuş mikrokapsüllemiş numunelere göre daha iyi termal stabilite sergilediği belirtilmiştir.

Calva Estrada ve ark., (2018) tarafından vanilyanın mikrokapsülleme ve toz karakterizasyonuna yönelik yapılan bir çalışmada kapsülasyon materyali olarak peynir altı suyu protein konsantresi kullanılmış ve vanilya örnekleri püskürtülerek kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Çalışma sonucunda her iki mikropartikül de spreyle kurutulmuş proses sırasında yüksek vanilin tutma ve antioksidan aktivite görülmüştür. Ancak sentetik vanilya özütü ve peynir altı suyu protein konsantresi mikropartikülleri, depolama sırasında doğal vanilya özütü ve peynir altı suyu protein konsantresi mikropartiküllerinden daha yüksek vanilin tutma göstermiştir. Mikrokapsüllerin mikrografları, farklı su aktivitelerinde depolama sırasında stabilite ve bütünlüğü

sağlamak için ideal olan morfolojik özelliklere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Böylece peynir altı suyu protein konsantresi, vanilya özleri ile toz üretmek için uygun bir duvar malzemesi bulunduğu söylenebilir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, vanilya özlerinin antioksidan aktivitesinden sorumlu bileşiklerin kapsüllemesini garanti etmek için umut verici olduğunu, bu ürünlerin fonksiyonel gıdalara dahil edilebilirliklerini rapor etmişlerdir.

2.5. Mikroenkapsülasyon

Vanilya bitkisinin üretiminde işleme sürecinde birçok yöntem bulunmaktadır. Bunların başında enkapsülasyon yöntemi gelmektedir. Bu yöntem ile bir matris meydana getirilerek vanilya içinde yer alan değerli bileşenlerin zarar görmeden korunması sağlanmaktadır (Poshadri ve Kuna, 2010; Renu ve Zehra, 2015).

Mikroenkapsülasyon; mikrokapsülleme ya da mikrokapsül oluşturma anlamına gelmektedir. Mikrokapsülleme basitçe; katı, sıvı ve gazın inert polimerik bir madde ile bir film halinde kaplanması işlemi olarak tanımlanabilir. Genel olarak etkin madde “çekirdek” ve kaplama maddesi de “çeper” olarak adlandırılır. Mikroenkapsülasyon ürünlerinin ortaya çıkışı 1950’lerde, basınca duyarlı karbonsuz kopya kağıdı üretilmesi yönünde gerçekleştirilen araştırmalar sonucunda başlamıştır (Green ve Scheicher, 1955). Mikrokapsül boyutları 0.2-5000 µm aralığındadır. Bu aralık, 5000 µm den büyük olduğunda ise makrokapsül olarak ifade edilmektedir (Barbosa ve ark., 2005).

Kapsülleme, işleme ve depolama sırasında biyoaktif bileşiklerin stabilitesini korumayı ve gıda matrisi ile istenmeyen etkileşimleri önlemeyi amaçlamaktadır. Mikroenkapsülasyon teknolojisinin gıda endüstrisinde kullanım amaçları ise; kaplanacak maddenin dış etkenlere karşı korunması (nem, sıcaklık, hava ve ışık gibi); buharlaşarak kaybolmasının önlenmesi; fiziksel özelliklerinin daha iyi korunması; maddenin kaplanmasıyla taşınmasının kolaylaştırılması; biyoaktif moleküllerin (antioksidanlar, mineraller, vitaminler, fitosteroller, lutein, yağ asitleri, likopen) ve yaşayan hücrelerin korunarak hapsedilmesi, doğru yerde ve doğru zamanda çalışmasının sağlanması; kaplanacak maddenin tat ve kokusunun maskelenmesi; başka bileşenlerle reaksiyona girmesinin önlenmesi; küçük miktarlarda kullanımı istendiğinde seyreltilmesi şeklinde sıralanabilir (Desai ve Park, 2005).

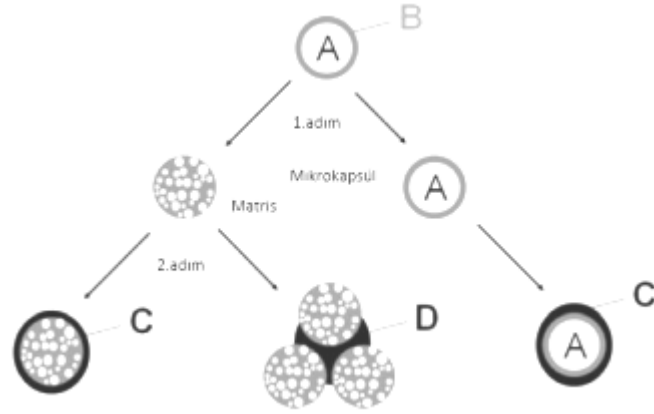
Çizelge 2.4. Gıda endüstrinde mikroenkapsülasyon işleminde kullanılan kaplama maddeleri

Kaplama Materyali	Enkapsülasyon Teknolojisi
Nişasta ve türevleri Maltodekstrinler Şuruplar Siklodekstrinler	Püskürterek kurutma, akışkan yatak kaplama, ekstrüzyon, dondurarak kurutma, kokristalizasyon, moleküler inklüzyon
Selüloz ve türevleri MC, HPMC, HPC, EMC, EC CMC*	Püskürterek kurutma, akışkan yatak kaplama, ekstrüzyon, emülsifikasyon/çökeltme, koaservasyon
Bitki sıvıları GA, GT, GK, MG*	Püskürterek kurutma, akışkan yatak kaplama, ekstrüzyon, koaservasyon, dondurarak kurutma
Bitki ekstraktları Guar, LBG*, tara Pektinler SSPS*	Ekstrüzyon, faz ayrılması, püskürterek kurutma, koaservasyon, dondurarak kurutma
Deniz ürünü ekstraktları Karragenan ve aljinat	Püskürterek kurutma, ekstrüzyon, koaservasyon, emülsifikasyon
Proteinler Gluten, kazeinler Peynir altı suyu tozu proteinleri, Jelatin	Akışkan yatak kaplama, püskürterek kurutma, koaservasyon, emülsifikasyon, ekstrüzyon, dondurarak kurutma
Lipitler Yağ asitleri ve alkoller Gliseritler Vakslar Lipozomlar	Akışkan yatak kaplama, püskürterek soğutma, ekstrüzyon, santrifüj süspansiyon ayırma, emülsifikasyon, lipozom tutuklama
Diğerleri PVP*, şelak Parafin	Püskürterek kurutma, akışkan yatak kaplama, püskürterek soğutma

(El-Abbasi ve ark., 2015) *MC: Metilselüloz, HPMC: Hidroksipropil metilselüloz, HPC: Hidroksipropil selüloz, EMC: Etil metilselüloz, CMC: Karboksimetil selüloz, GA: Gam arabik (Arap zımkı), GT: Kitle (Ağaç sakızı), GK: Karaya zımkı, MG: Mesquite ağacı zımkı, LBG: Keçiboynuzu zımkı, SSPS: Çözünür soya polisakkarit, PVP: Polivinilpirolidon

Mikrokapsül içerisinde yer alan madde veya karışım çekirdek, iç faz veya dolgu olarak ifade edilirken dış kısımda yer alan duvar ise kabuk, kaplama, duvar materyali veya membran olarak isimlendirilmektedir (Gharsallaoui ve ark., 2007). Mikrokapsüllerin görünüşleri çekirdek materyalinin fiziko-kimyasal özelliklerine, duvar materyalinin kompozisyonuna ve mikroenkapsülasyon tekniğine göre değişim göstermektedir.

Mikrokapsüller basit küre şeklinde ve etrafında homojen bir duvara sahip çekirdek yapılarıdır. İç faz veya dolgu materyali olarak da adlandırılan bu çekirdek yapı etrafında kaplama materyali kullanılmaktadır (Gharsallaoui ve ark., 2007).



Şekil 2.8. Enkapsüllerin yapısı, A: Çekirdek, B: Kabuk ya da matris, C: Kaplama, D: Bağlayıcı madde

Mikrokapsülasyon yönteminde kullanılan çekirdek materyali bir veya birden fazla olabilmektedir (Koç ve ark., 2015). Mikroenkapsülasyon işleminin en fazla uygulandığı bileşenler arasında vitaminler, mineraller, renk bileşenleri, yağlar ve enzimler bulunmaktadır. (Freund ve ark., 1988).

Mikroenkapsülasyon uygulanan farklı gıda katkıları aşağıdaki gibidir;

- Aromatik maddeler (tatlandırıcılar, çeşniler, baharatlar vd.)
 - Asitler, bazlar ve tamponlar (sitrik asit, laktik asit, sodyum bikarbonat vd.)
 - Lipidler (balık yağları, süt yağı, bitkisel yağlar vd.)
 - Enzimler ve mikroorganizmalar (proteazlar, probiyotik bakteriler vd.)
 - Yapay tatlandırıcılar (aspartam vd.)
 - Antioksidanlar
 - Koruyucular
 - Pigmentler ve boyar maddeler
 - Uçucu yağlar
 - Mineraller (kalsiyum, demir, çinko vd.)
 - Aminoasitler ve peptitler
 - Vitaminler ve pro-vitaminler (vitamin A, karotenler, vitamin K, vitamin C vd.)
- Modifiye nişastalar

Çizelge 2.5. Gıda aroma bileşenleri ve ekstraktları üzerine gerçekleştirilen mikroenkapsülasyon çalışmaları

Yöntem	Çekirdek Materyal	Kaplama Materyali	Kaynak
Püskürterek kurutma	2-asetil-1-pirolin (Pirinç aroması)	Gam arabik, maltodekstrin	Apintanapong ve ark., 2003
Püskürterek kurutma	Sumak ekstraktı	Sodyum klorür, sakkaroz, glikoz, nişasta	Bayram ve ark., 2005
Püskürterek kurutma	Sumak ekstraktı	Peynir altı suyu tozu, süt tozu, guar gam	Bayram ve ark., 2005
Püskürterek kurutma	Sumak ekstraktı	Maltodekstrin	Caliskan ve ark., 2013
Püskürterek kurutma	D-limonen	Gam arabik, maltodekstrin, modifiye nişasta	Soottitantawatve ark., 2005
Püskürterek kurutma	Limon aroması	Maltodekstrin, gam arabik	Janiszewska ve ark., 2015
Dondurarak kurutma	Limonen	Gam arabik, sakkaroz, jelatin	Kaushik ve ark., 2007
Püskürterek kurutma	Mandalina aroması	Maltodekstrin, soya proteini, gam arabik, polisorbata80	García ve ark., 2015
Püskürterek kurutma	L-mentol	Gam arabik, modifiye nişasta (Capsul ve HI-CAP 100)	Soottitantawatve ark., 2005
Kompleks koaservasyon	β -pinen	Kazeinat, peynir altı suyu protein izolatu, karboksimetilselüloz	Koupantsis ve ark., 2014
Püskürterek kurutma	Michelia alba ekstraktı	Oktanik süksinik anhidrat (OSA)	Samakradhamr ve ark., 2016
Püskürterek ve dondurarak kurutma	Vanilya ekstraktı	Nişasta türevleri (Capsul ve Hi Cap 100)	Rodríguez ve ark., 2013
Püskürterek kurutma	Vanilya ekstraktı	Maltodekstrin, modifiye nişasta (Flomax 8)	Setyaningsih ve ark., 2008
Püskürterek kurutma	Vanilya ekstraktı	Maltodekstrin, mısır nişastası	Sariga ve ark., 2015 Sariga ve ark., 2016
Dondurarak kurutma	Vanilya ekstraktı	Maltodekstrin (DE 10, DE 20)	Ocampo ve ark., 2017
Püskürterek kurutma, dondurarak kurutma	Vanilin	Peynir altı suyu proteini izolatu, β -siklodekstrin	Hundre ve ark., 2015
Püskürterek kurutma	Vanilin	Soya proteini izolatu, modifiye nişasta, kitosan	Noshad ve ark., 2015
Moleküler hapsetme	Kahve aroması	β -siklodekstrin	Szente ve ark., 1986.

Aroma salınımının özel koşullarda gerçekleştirilebilmesi ve raf ömrünün uzatılabilmesi için enkapsülasyon teknikleri kullanılmaktadır. Enkapsülasyon teknoloji sayesinde işleme ve depolama sürecinde mevcut aroma bileşenlerinin buharlaşması, bozunması ve migrasyonu korunabilmektedir. (Reineccius, 1995; Madene ve ark.,

2006). Enkapsülasyonla sıvı halde bulunan aroma bileşenleri toz hale dönüştürülebilmektedir (Madene ve ark., 2006; Uhlemann ve Reiß, 2010;).

Çizelge 2.6. Kaplanan materyalin salınım hızlarını etkileyen faktörler

Kaplama özellikleri	Yoğunluk, kristallenme derecesi, yönelim, çözünürlük, plastikleştirici düzeyi, çapraz bağlanma, ön işlemler
Kapsül özellikleri	Boyut, duvar kalınlığı, yapı, uyumluluk, kaplama tabakaları, son işlem
Deneysel parametreler	Sıcaklık, pH, nem, çözgen, mekanik hareket, kısmi basınç farkı (kaplama iç ve dışındaki)

2.6. Mikroenkapsülasyon Yöntemleri

Enkapsülasyonda çekirdek kaplama materyalinin yapısıyla ilişkili olarak birçok yöntem tercih edilebilmektedir. Kaplama materyalinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanı sıra gıda bileşenlerinin kullanım yeri dikkate alınarak enkapsülasyon yöntemi belirlenmektedir (Druaux ve Voilley, 1997; Renu ve Zehra, 2015). Literatürde, mikroenkapsülasyon teknolojisi kapsamında gerçekleştirilen yöntemler (Sobel ve ark., 2014);

Fiziksel Yöntemler;

- Püskürterek kurutma
- Püskürterek soğutma
- Döner disk
- Akışkan yatak (kurutma, granülasyon, kaplama)
- Ekstrüzyon
- Koekstrüzyon
- Moleküler enkapsülasyon

Kimyasal Yöntemler;

- Faz ayrımı
- Çözücü ile evaporasyon
- Koaservasyon
- Arayüzey polimerasyonu
- Lipozom
- Koekstrüzyon

Çizelge 2.7. Mikroenkapsülasyon yöntemleri ve basamakları

Mikroenkapsülasyon Yöntemi	İşlem Basamakları
Püskürterek kurutma	<ul style="list-style-type: none">- Dispersiyon hazırlama- Dispersiyonun homojenizasyonu- Beslenen dispersiyonun atomizasyonu- Atomize parçacıkların kurutulması
Püskürterek soğutma	<ul style="list-style-type: none">- Dispersiyon hazırlama- Dispersiyonun homojenizasyonu- Beslenen dispersiyonun atomizasyonu
Akışkan yatakta kaplama	<ul style="list-style-type: none">- Kaplama sıvısının hazırlanması- Kaplanacak olan maddenin akışkanlaştırılması- Kaplanacak olan maddenin kaplanması
Ekstrüzyon	<ul style="list-style-type: none">- Eritilmiş kaplama sıvısının hazırlanması- Erimiş polimerlere kaplanacak maddenin dispersiyonu- Kaplama maddesi - kaplanacak madde dispersiyonunun soğutulması veya dehidrate edici sıvı içerisinden geçirilmesi
Dondurarak kurutma	<ul style="list-style-type: none">- Kaplanacak madde karışımının kaplama sıvısı içerisine karıştırılması- Karışımın dondurularak kurutulması
Koaservasyon	<ul style="list-style-type: none">- Birbirine karışmayan üçlü kimyasal sıvı fazının oluşturulması- Kaplanmış materyalin dinlendirilmesi- Kaplanmış materyalin katılaştırılması
Kokristalizasyon	<ul style="list-style-type: none">- Süper doymun sakkaroz sıvısının hazırlanması- Kaplama materyalinin süper doymun sıvıya eklenmesi- Sıvının, sakkarozun kristalizasyon sıcaklığına ulaşması ile gerekli ısının emilimi
Lipozom tutuklama	<ul style="list-style-type: none">- Mikro akışkanlaştırma- Ultrasonikasyon- Uzaklaştırılacak kısmın buharlaştırılması

2.6.1. Püskürtmeli kurutma yöntemi

Püskürtmeli kurutma mikroenkapsülasyon yöntemleri arasında en sık kullanılan yöntem olarak bilinmektedir. Literatürde özellikle püskürtmeli kurutma olarak bilinen bu yöntemin en eski yöntem olduğu ve en fazla kullanılan yöntem olduğu ifade

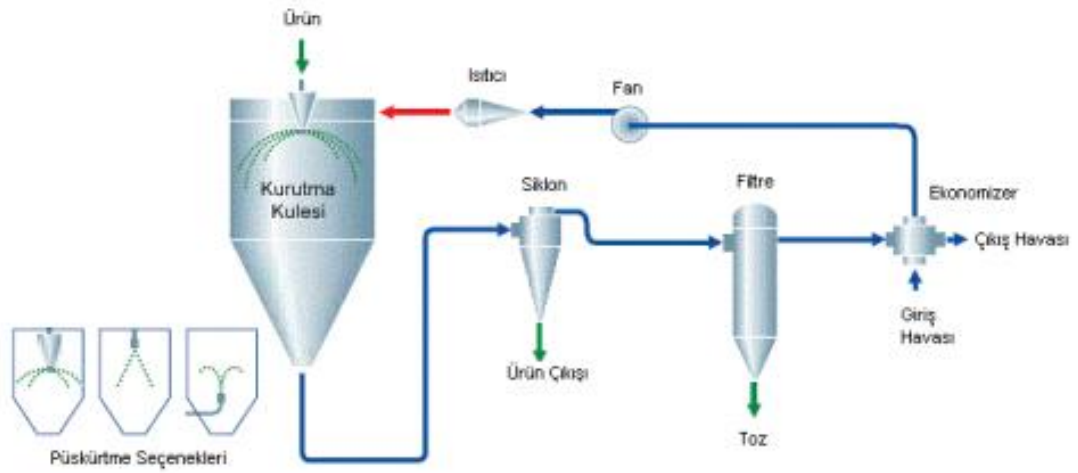
edilmektedir. Bunun sebebi ise maliyet açısından ekonomik ve uygulanması kolay bir yöntem olması olarak işaret edilmektedir. Püskürtmeli kurutmanın sahip olduğu bu özellikler sonucunda kaliteli ve sağlam olan kapsüller elde edilmektedir. Dolayısıyla püskürtmeli kurutma yöntemi gıda endüstrisinde yaygın kullanılmaktadır (Gouin, 2004).

Bu yöntem içerisinde kaplama materyalleri olarak proteinler, selülozlar, karbohidratlar ve gamlar kullanılmaktadır (Gharsallaoui ve ark., 2007).

Bu yöntem içerisinde kaplanacak olan biyoaktif bileşenin yer aldığı çözeltinin sıcak ve soğuk hava akışı gerçekleşmektedir. Bu hava akışı içerisinde temas geçen damlacıkların kurutulması işlemi yapılmaktadır (Gonnet ve ark., 2010). Bu bağlamda mikroenkapsülasyon işleminde kullanılacak olan püskürtmeli kurutma yönteminin işlem aşamaları şu şekilde sıralanmaktadır: dispersiyon/emülsiyon hazırlamak, dispersiyon/emülsiyonun homojenizasyonunun yapılması, homojenizasyonu yapılmış olan dispersiyon/emülsiyonun atomizasyonunun yapılması son olarak da elde edilen atomizasyon parçacıklarının kurutulması (Shahidi ve Han, 1993).

Püskürtmeli kurutma yönteminin dezavantajları ise; suda çözünmesi bakımında çok sayıda kaplama materyalinin bulunmaması, bu açıdan sınırlı bir yelpazeye sahip olması, ısıya hassasiyeti olan biyoaktif bileşenlerin yüksek sıcaklık uygulandığında kolaylıkla bozunmaların gerçekleşmesi (Gouin, 2004).

Püskürtmeli kurutma yönteminde yer alan kaplama materyallerinde olması gereken özellikler şu şekilde sıralanabilir; suda iyi çözünebilmeli, yüksek sıcaklık karşısında dayanıklı olmalı, difüzyon gücünün, camsı geçiş özelliğinin, kristalitesinin ve emülsiyon oluşturma hızının yüksek olması ve maliyet açısından da ekonomik olması gerekmektedir (Zuidam, 2010).



Şekil 2.9. Püskürtmeli kurutma (spray dry) sistemi

Püskürtmeli kurutma sistemi kapsamında uygun bulunan çekirdek materyali ve kaplama materyalleri ile yapılan çalışma örnekleri Çizelge 2.8’de verilmiştir.

Çizelge 2.8. Püskürtmeli kurutma yöntemiyle yapılan çalışmalar

Çekirdek materyal	Kaplama materyali	Hava giriş sıcaklığı (°C)	Hava çıkış sıcaklığı (°C)	Enkapsülasyon gereksesi	Kaynak
Süt yağı	Peynir altı suyu proteinleri/laktoz	160	80	Oksidasyon önlenmesi	Young v.d., (1993)
Etil butirat ve Etil kaprilat	Peynir altı suyu proteinleri/laktoz	160	80	Aroma korunması	Rosenberg ve Sheu, (1996)
Likopen	Jelatin/sakkaroz	190	52	Depolama stabilitesini artırma	Shu v.d., (2006)
Linoleik asit	Düşük/yüksek moleküler ağırlıklı çözünür soya polisakkaridi	200	100-110	Oksidasyon önlenmesi	Fang v.d., (2003)
Siyah havuç antosiyanin pigmenti	Maltodekstrin	160	107	Depolama stabilitesini artırma	Ersus ve Yurdagel, (2007)
Portakal yağı	Laktoz/kazeinat	180	80	Aroma korunması	Edris ve Bergnstahl, (2001)
D-limonen	Gam arabik/maltodekstrin/modifiye nişasta	200	110	Oksidasyon önlenmesi	Soottitantawat v.d., (2005)
Portakal kabuğu yağı	Mesquite gam	200	110	Oksidasyon önlenmesi	Beristain v.d., (2002)
Balık yağı	Mısır şurubu tozu/lesitin/Sodyum kazeinat	210	95	Oksidasyon önlenmesi	Keogh v.d., (2001)
Limon yağı	β -siklodekstrin	160	60	Aroma korunması	Baik v.d., (2004)
Balık yağı	Metil selüloz/maltodekstrin/lesitin	160	65	Oksidasyon önlenmesi	Bhandari v.d., (1999)
Konjüge linoleik asit	Peynir altı suyu proteini	200	110	Oksidasyon önlenmesi	Kolanowski v.d., (2006)
Ton balığı yağı	Kitozan/lesitin	180	-	Oksidasyon önlenmesi	Jimenez v.d., (2004)
Balık yağı	Kazeinatlar/laktoz	177	75	Oksidasyon önlenmesi	Klinkesor v.d., (2005)
Karabiber oleoresini	Gam arabik/modifiye nişasta	176-180	105-115	Aroma korunması	Shaikh v.d., (2006)

2.6.2. Dondurarak kurutma yöntemi

Dondurarak kurutma yönteminin esasında işlenecek olan materyalin ilk olarak dondurulup materyal üzerinde meydana gelen buz kristallere süblimasyon uygulanarak uzaklaştırılması yer almaktadır. Dondurarak kurutma yönteminin aşamaları şu şekilde sıralanmaktadır (Toledo, 2004). İlk aşamada işlem görecektir olan ürünün dondurulması yer almaktadır. Bu aşamada ürün derin dondurucu gibi bir araç yoluyla şoklama yöntemi ile üründe var olan suyun, buz haline dönüştürülmesi gerçekleştirilir. İkinci aşamada temel kurutma gerçekleştirilir. Burada da süblimasyon ile üründe buz haline gelmiş olan suyun uzaklaştırılması söz konusudur. Son aşamada ise ikinci kurutma gerçekleştirilir ve burada üründeki suyun uzaklaştırılması işlemi gerçekleştirilir (Toledo, 2004).

Dondurarak kurutma yönteminin avantajları; üründeki aromanın zarar görmeden korunması, işlem sonrasında ortaya çıkan ürünün fiziksel ve yapısal özelliklerinin iyi olması, işlemle beraber çözünen biyoaktif maddeler üründe çok fazla kayba neden olmaması şeklinde sıralanabilir (Gouin, 2004).

Dondurarak kurutma yönteminin dezavantajları; işlem sürecinde enerji tüketimi oldukça yüksektir, işlemin uzun sürmesi, maliyetinin yüksek olması ve ortaya çıkan ürünlerde deliklerin oluşması şeklinde sıralanabilir (Zuidam, 2010).



Şekil 2.9. Dondurarak kurutma yönteminde kullanılan makine (liyofilizatör)

Dondurarak kurutma sistemi kapsamında uygun bulunan çekirdek materyali ve kaplama materyalleri ile yapılan çalışma örnekleri Çizelge 2. 10’da verilmiştir.

Çizelge 2.9. Dondurarak Kurutma Yöntemiyle Yapılan Araştırmalar

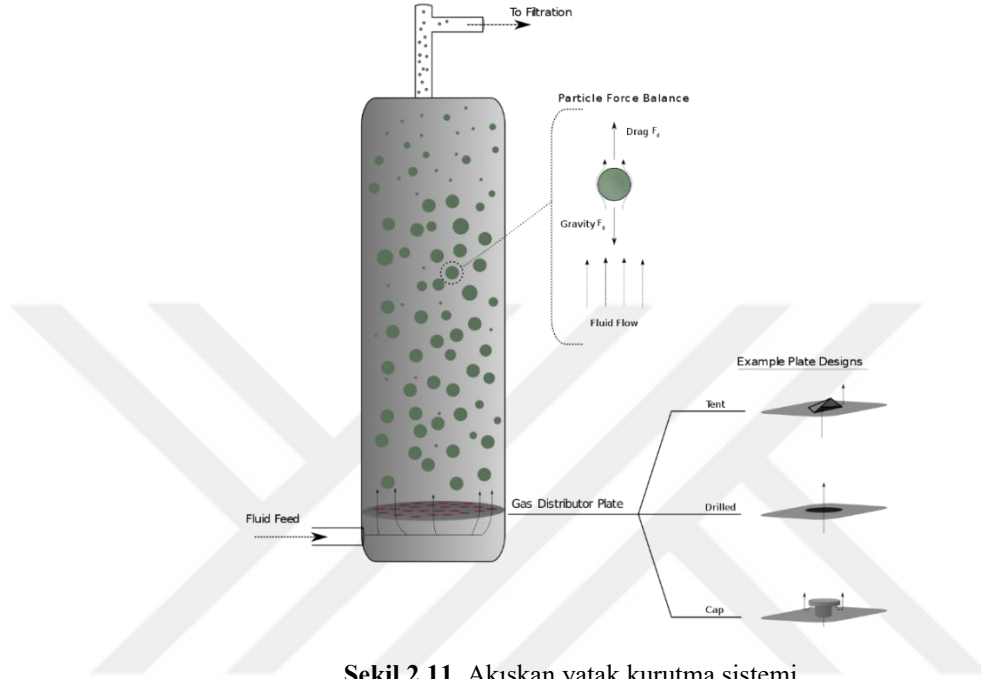
Çekirdek materyali	Kaplama materyali	Enkapsülasyon gerekçesi	Kaynak
Safran karotenoidleri	Pullan / polivinilpirolidon	Oksidasyon önlemesi	Selim ve ark., (2000)
Metil linoleat	Gam arabik	Oksidasyon önlemesi	Minemoto ve ark., (1997)
Balık yağı	Sodyum kazeinat / laktoz / maltodekstrin	Oksidasyon önlemesi	Heinzelmann ve ark., (2000)
Düşük-trans katı yağ	Palmitik sakkaroz esteri / sodyum kazeinat	Oksidasyon önlemesi	Cerimedo ve ark., (2008)
Limonen	Gam arabik / sakkaroz / jelatin	Aroma koruması	Kaushik ve Ross, (2007)
Portakal yağı	Akasya gamı/ modifiye nişastası	Aroma koruması	Buffo ve Reineccius, (2001)
Balık yağı	Pullulan / laktoz / jelatin / sakkaroz	Oksidasyon önlemesi	Koç ve ark., (2008)

2.6.3. Akışkan yatak kaplama yöntemi

D.E. Wurster’in keşfetmiş olduğu akışkan yatak kaplama yöntemi 1950’lerden bu yanaen çok eczacılık sektöründe ilaçların filmle kaplanması aşamasında, tat maskeleyme işlemlerinde, ürünlerin dengeli kalmaları için ve hedeflenen bölgedeki etkinin gösterilmesi için kullanılmaktadır(Hall ve Pondell, 1980; Arshady, 1993).

Günümüzde hala gelişmekte olan akışkan yatak kaplama yönteminin dezavantajlı olarak görülen noktası maliyetinin yüksek olmasıdır. Ancak son zamanlarda yapılan çalışmalarla maliyetin düşük olduğu ürünlerin elde edildiği görülmektedir. Bu sayede gıda endüstrisinde ürünlerin kaplanmasında bir alternatif olarak dikkat çekmeye başlamıştır. Genel itibariyle akışkan yatak kaplama yönteminde yatakta bulunan partiküllere materyal üzerinde duvar olarak kullanılan sıvının püskürtülmesi ile bir katman meydana getirme söz konusudur (Onwulata, 2005). Akışkan yatak kapma yöntemi içerisinde üç taraflı bir püskürtme gerçekleşmektedir; üstten, alttan ve son olarak açılı (Desai ve Park, 2005).

Akışkan yatak kaplama yönteminin dikkat çekici bir biçimde çocukların beslenmesinde yer alan destekleyici vitaminler ve minerallerin enkapsülasyonunda kullanıldığı ifade edilmektedir. Buna ek olarak et endüstrisinde de kullanıldığı görülmektedir (Dezarn, 1995).



Şekil 2.11. Akışkan yatak kurutma sistemi

2.6.4. Ekstrüzyon yöntemi

Ekstrüzyon yönteminden özellikle aromatik maddelerin kaplanması işleminde yararlanılmaktadır (Desai ve Park 2005). Yöntemin esasında, uçucu ve sabit olmayan aroma bileşenlerinin karbonhidratın camsı matriksi yoluyla oksidasyon işlemine dayanabilen güçlü kapsüllerin oluşturulması işlemi yer almaktadır (Gouin, 2004, Reineccius, 1991).

Ekstrüzyon yönteminin sağlamış olduğu avantaj ürünlerin raf ömürlerinin daha fazla olmasını sağlamaktır. Bunun sebebi ise biyoaktif bileşenlerin oksidasyonunu önlemesidir. Buna karşılık dezavantajları arasında kaplama materyali olarak kullanılacak olan materyallerin az sayıda olması yer almakla birlikte 500 ile 1000 arasındaki büyüklükte oluşturulması istenilen kapsüllerin oldukça fazla vakit alması yer

almaktadır. Çünkü meydana gelen zaman problemi geniş çaplı üretimi engellemektedir (Gouin, 2004).

2.6.5. Koaservasyon yöntemi (faz ayrımı)

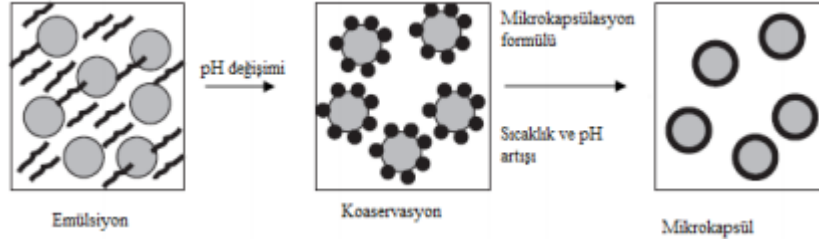
Koaservasyon yöntemi, enkapsülasyon teknolojilerinin temelini oluşturmaktadır (Risch 1995). Çünkü koaservasyon yöntemi, enkapsülasyon kapsamında yapılan çalışmalarda kullanılan ilk yöntem olma özelliğini taşımaktadır. Yöntemin sahip olduğu temel prensip ise ilk olarak kaplama maddesinde bulunan sıvı kısmının polimerik çözeltide ayrıştırılması söz konusudur. Bununla beraber çekirdek materyalini de homojen bir katman şeklinde kaplaması yer almaktadır (Desai ve Park 2005, Peker ve Arslan, 2011). Bu yöntemde önemli olan kısım polimerik çözeltidir. Çözünürlüğün etkisinin artırılması için etkili olan ısı, tuz veya zıt yüklü polimer kullanımı ile koaservasyonu başlatmaktadır (Gonnet ve ark., 2010).

Koaservasyon yöntemi ikiye ayrılmaktadır (Gonnet ve ark., 2010);

- İlki basit koaservasyon yöntemidir. Bu yöntem içerisinde sadece bir tane polimer kullanılmaktadır.
- İkinci Koaservasyon yöntemi ise karmaşık Koaservasyon yöntemidir. Burada ise en az iki çeşit polimer kullanılmaktadır.

Koaservasyon yöntemi çoğunlukla ürünlerde var olan aroma yağlarının, vitaminlerin, koruyucuların ve enzimlerin enkapsülasyonunda kullanılmaktadır. Çünkü bu materyallerin enkapsülasyonunda oldukça kullanışlı olduğu görülmektedir (Zuidam, 2010). Koaservasyon yöntemi yaygın olarak gıda endüstrisinde kullanılan bir yöntem değildir. Yöntemin hem maliyet açısından yüksek olması hem de uygulanan işlem basamaklarının karmaşık olması gıda endüstrisinde yaygın kullanılmamasına neden olmaktadır (Soper, 1995).

Koaservasyon yöntem ile değeri yüksek biyoaktif maddeler elde edilebilmesi bakımından maliyeti yüksek olsa da ürünler enkapsüle edilmektedir (Gouin, 2004).



Şekil 2.12. Koaservasyon yöntemi

2.6.6. Kokristalizasyon yöntemi

Kokristalizasyon yönteminde öne çıkan materyal doymuş sakkaroz şurubudur. Çünkü kaplamada biyoaktif bileşeni çevreleyen materyal olarak kullanılmaktadır. Barbosa, (2005)'nin ifadesine göre biyoaktif bileşenler ilk olarak sakkaroz kristalleri arasında yer almakta olan çatlaklarda bulunmaktadır. Buradan hareketle doymuş sakkaroz şurubu miktarı önceden belirlenmiş olan çekirdek malzeme ile birleştirilir. Daha sonrasında ise işlem görmüş olan materyal kabın dışarısına çıkartılarak var olan nem içeriği sabitlenene dek kurutulur. Kokristalizasyon yönteminin püskürtmeli kurutma ve ekstrüzyon yöntemine kıyasla daha verimli olduğu ifade edilmektedir. Bunun sebebi ise uçucu yağların enkapsülasyonundaki verimin daha yüksek olmasıdır (Beristain ve ark., 1996).

2.6.7. Lipozom dağıtma yöntemi

Yöntemin ismini aldığı lipozom, fosfolipidlerin su içerisinde dağıtılması sonrasında kendiliğinden ortaya çıkan küreye benzeyen kabarcıklara denilmektedir (Teschke ve Souze, 2002).

Lipozomların yapısal özellikleri arasında lipit ve sulu fazlara sahip olması yer almaktadır. Bu sayede su içinde ve yağda çözünerek amfifilik materyallerin kapsüllenmesinde kullanılmaktadır. Lipozom dağıtma yönteminin avantajları şu şekilde sıralanabilir (Jafari ve ark., 2008):

- Lipozom dağıtma yöntemi ile enkapsüle edilmiş olan ürünün uygun görülen zamana değin korunabilmesi (Jafari ve ark., 2008),
- Lipozom dağıtma yöntemi ile enkapsüle edilmiş olan ürünün sahip olduğu salınım oranının kontrol edilebilirliği (Jafari ve ark., 2008),

- Lipozom dağıtma yöntemi ile enkapsüle edilmiş olan biyoaktif ajanlar mide içi sindirimden korunabilmesi (Jafari ve ark., 2008),
- Lipozom dağıtma yöntemi ile enkapsüle edilmiş olan ürünlerin tatlarının korunabilmesi (Kailasapathy, 2002; Kim ve ark., 2008),
- Lipozom dağıtma yöntemi ile enkapsüle edilmiş olan ürünlerde depolama işleminin etkinliğinin artırılması (Kailasapathy, 2002; Kim ve ark., 2008),
- Lipozom dağıtma yöntemi ile enkapsüle edilmiş olan ürünlerin bir diğer özelliği ise sağlık açısından olumlu özellikleri olan bileşenleri içine almasıdır. Bu sayede elde edilen gıdaların faydalı özellikleri artış göstermektedir (Kailasapathy, 2002; Kim ve ark., 2008).

2.6.8. Emülsifikasyon yöntemi

Emülsifikasyon yöntemi esasında süreksiz olan ve sürekli olan fazların ilişkileri bulunmaktadır. Bu yöntem genellikle hidrokolooidlerin enkapsülasyonunda (aljinat, pektin, karragenan vb.) kullanılmaktadır. Emülsifikasyon yönteminin özellikle probiyotik bakterilerin mikroenkapsülasyonunda kullanıldığı görülmektedir. Bunun sebebi ise bu yöntemle bakterilerin canlılığının yüksek olmasıdır. Bu yöntem ile elde edilen kapsüllerin boyutları ise küçük boyutlardadır. Hücre için ek korumaya yönelik jel boncukların kaplama tabakasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için ise ikinci bir çözeltiye alınarak yeniden kaplanması sağlanmaktadır (Chen ve Chen, 2007; Kailasapathy, 2009; De Vos ve ark., 2010).

Emülsifikasyon yönteminde izlenen işlem basamaklarının ilkinde süreksiz faz olan hücre polimer süspansiyonun küçük bir hacmi sürekli faz olan büyük hacimli bitkisel yağın içerisine daldırılmaktadır. İkinci basamakta ise meydana getirilen karışımın su emülsiyonu oluşturulması için homojenleştirme işlemi gerçekleştirilir. Meydana gelen suda çözünür polimerin sürekli faz (yağ) içinde küçük jellerin oluşması için çözünmez bir yapı göstermesi gerekmektedir (Burgain ve ark., 2011).

2.6.9. İnküzyon kompleksi oluşturma yöntemi

İnküzyon kompleksi oluşturma yönteminde, siklodekstrinlerin aglomerasyonu sırasında inküzyon komplekslerinin konuk moleküllerden ve siklodekstrinlerden oluşturulduğu bir kombine işlem yapılmaktadır. Az miktarda su varlığında yeterli çalkalama, karmaşık oluşum ve güçlü aglomeralar halinde bağlanma ile sonuçlanır. Aglomeratlar güçlü ve stabildir ve diğerlerinin yanı sıra gıdalarda (konuk moleküller aromalardır), farmasötiklerde (konuk moleküller ilaçtır) ve tarımda (konuk moleküller çeşitli tarım kimyasallarıdır) faydalıdır (Majid ve Ripmeester, 1991).

İnküzyon Kompleksi Oluşturma Yöntemi içerisinde işlem sürecinde siklodekstrinler kullanılmaktadır. Buna ek olarak enkapsülasyon düzeyi ise moleküler seviyede olmaktadır (Gökmen ve ark., 2012).

Bu yöntem içerisinde etkin olan faktör siklodekstrinlerdir ve siklodekstrinler gıda ürünlerinin içerisinde doğal olarak bulunmamaktadırlar. Buna karşılık bazı ülkelerde siklodekstrinlerin gıdalarla kullanılmasına izin verilmektedir. Aromatik maddelerin kapsüle edilmesi için kullanılabilen siklodekstrin çeşidi β - siklodekstrindir. Bunun sebebi ise β - siklodekstrin ile sıvı şekilde olan ortamlarda aromatik maddelerle bağ kurabiliyor olmasıdır (Bayrak, 2006).

- İnküzyon kompleksi oluşturma yönteminin avantajları şu şekilde sıralanabilir :
- Bu yöntem ile çözünürlüğü düşük seviyede olan bileşiklerin su içerisindeki çözünürlüğünün artırılması sağlanmaktadır.
- Çözünürlüğünün artırılması ile ürünlerin raf ömürlerinin süresinin uzatılması sağlanmaktadır. Çünkü bu yöntem ile ürünün moleküllerin sıcaklığa, ışığa, hidrolize ve oksidasyona yönelik korunması söz konusudur.
- Bu yöntem ile ürünün tatlarının maskelenmesi ve kokularının maskelenmesi sağlanmaktadır.
- Uçucu aromalara sahip olan ürünlerin moleküler inküzyon aromalarının korunmasında oldukça etkili bir yöntemdir. Bunun sebebi ise β - siklodekstrinin

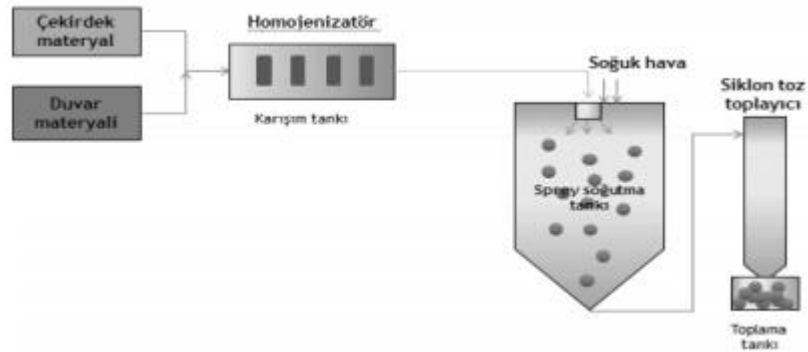
kullanılmasıdır (Desai ve Park 2005, Akçakoca ve Atav 2006, Avcı ve Dönmez 2010, Gökmen ve ark., 2012).

2.6.10. Sprey soğutma yöntemi

Aktif olan ısı ve suya duyarlı maddelerin kaplanmasında ön plana çıkan sprej soğutma yöntemi günümüzde gıda bileşenlerinde yapılacak olan enkapsülasyon için kullanılmasıyla dikkat çekmektedir. Sprej soğutma yönteminin aşamaları şu şekilde sıralanabilmektedir (Garti ve McClements, 2012):

- Aktif halde olan maddenin işlem sürecinde ilk olarak kaplama materyali/mataryelleri içerisindeki dispersiyonu gerçekleştirilir.
- İkinci aşamada ise bu karışımın atomizasyonu yapılır.
- Son olarak ise katılaştırma gerçekleştirilir (Garti ve McClements, 2012).

Bu yöntem içerisinde kaplama materyalleri olarak şunlar kullanılmaktadır; hidrojenize olan yağlar, yağ asitleri, proteinler (sadece düşük sıcaklıklarda jel oluşturabilme özelliği olan) ve mumlar. Bu yöntemin kullanılmasındaki amaçlardan bir tanesi dengeli farmasötik kapsüllerin üretiminde etkili olmasıdır. Bunun sebebi ise diğer enkapsülasyon yöntemlerine karşın benzersiz bir matris serbest bırakma mekanizmasına sahip olmasıdır. Özellikle suya duyarlı olan aktif maddelerde kullanılan bu yöntemdir (Lakkis, 2007).

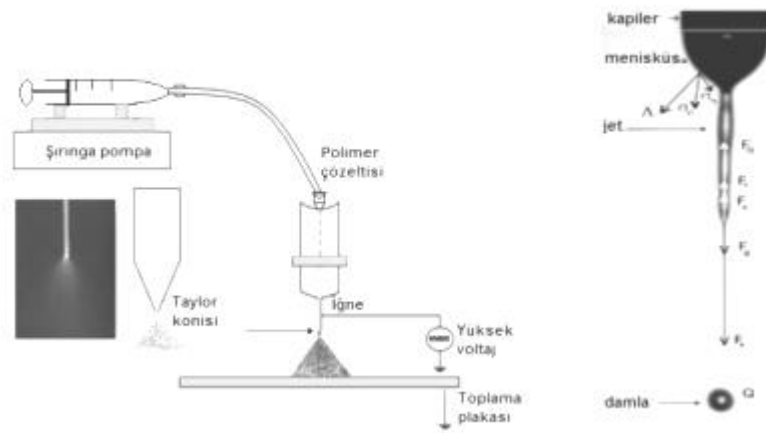


Şekil 2.13. Sprej soğutma yöntemi

2.6.11. Elektroğirme yöntemi

Elektroğirme yöntemi Doshi ve Reneker tarafından popüler hale getirilmiştir. Elektroğirme yöntemi, yüksek bir elektrik alanı boyunca bir polimer çözelti jetinin, orta ölçekli bir sıvı jetinin nano ölçekli liflere dönüştürülmesinden oluşur. Polimer çözeltisinin hazırlanması için seçilen çözücü, elyaf bütünlüğünü desteklemek için uygun buhar basıncına, viskoziteye ve yüzey gerilimine sahip olması gerekmektedir. Bu temel faktörlerin yanı sıra, elektroğirme yöntemleri, Taylor Cone oluşumunu ve jet kararsızlığını etkileyen diğer parametrelerin, yani çözelti veya eriyik iletkenliği, elektrostatik, elektrik alan kuvveti, yüzey yükü ve iyonizasyon alanı gibi anlaşılmasını gerektirir. 1964'te Sir Geoffrey Taylor tarafından elektro-hidrokinamik kararlılık konusunda ilk ayrıntılı matematiksel çalışmayı yayınlamıştır. Dolayısıyla jet konisine "Taylor konisi" ismi Sir Geoffrey Taylor'dan gelmektedir (Sarkar ve ark., 2010)

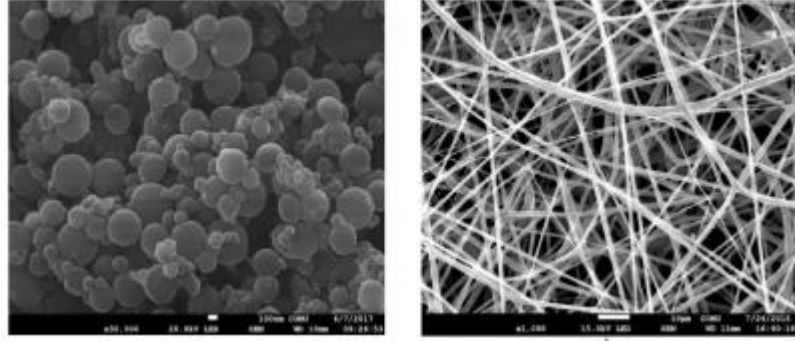
Yöntem kendi içerisinde sonuçları itibariyle ikiye ayrılmaktadır. Bunlardan ilki elektro-püskürtme diğeri ise elektro-ğirmedir. Şekil 2.13'te verilen görselde elektro-püskürtme işlemleri uygulanmaktadır.



Şekil 2.14. Elektro-püskürtme polimer jeti oluşumu

Yöntemin kendi içerisinde ikiye ayrılmasının sebebi atomizasyon işlemi esnasında uygulanan voltaj ve işlem içinde kullanılan sıvının sahip olduğu özellikler etkilidir. Çünkü bu kriterlerle meydana gelen partiküllerin yapılarında değişimler oluşmaktadır (Cloupeau, M., Prunet-Foch, B., 1994). Bu değişimler elektro-ğirmede

uzun lifler şeklinde görülmektedir. Bunun sebebi ise polimer çözeltinin yüksek derece konsantrasyona sahip olmasıyla meydana gelen jetin stabilize olmasıdır. Diğer taraftan elektro-püskürtmedeki değişim ise kapsüller meydana gelmektedir. Bunun nedeni ise polimer çözeltinin düşük derece konsantrasyonun olmasıdır. Bu durum da Taylor koni şeklinde meydana gelen jet sonucunu oluşturmasıdır (Anu Bhushani ve J., Anandharamakrishnan, C., 2014).



Şekil 2.15. a) Elektro-püskürtme kapsülleri b) Elektro-eğirme lifleri

2.7. Bisküvi Ve Üretimi

Bisküvinin tarihsel sürecine bakıldığında Romalılar tarafından keşfedildiği görülmektedir. Bisküvi kelimesinin etimolojik geçmişine bakıldığında ise Fransızca kökenli olduğu görülmektedir. Bisküvi – *'biscuit'* kelimesi iki kelimedenden meydana gelmektedir. Başındaki *'bis'*, *'iki kez'* demektir. *'cuis'* ise *'pişmiş'* demektir. İki kelimenin birleşmesiyle iki kez pişmiş anlamı ortaya çıkmaktadır (Bilgin, 2006; Ulusoy, 2011; Alpan, 2012; Anonim, 2012; Çelik, 2012; Anonim, 2013a; Anonim, 2013b).

Türkiye’de bisküvi kelimesinin tanımlanması ise Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından şu şekilde yapılmıştır; tahıl unu veya unları içinde kabarmayı sağlayıcı maddeler, beyaz şeker, yemeklik tuz, nebati yağ ve gerektiğinde glikoz, invert şeker, süt tozu, yumurta, peynir altı suyu tuzu, nişasta gibi yenilebilen maddeler, katkı ve çeşni maddeleri katıldıktan sonra, içilebilir nitelikte su ile yoğrularak ve tekniğine uygun olarak işlenmesi, şekil vermesi ve pişirilmesi sonucunda elde edilen unlu mamul (Anonim, 2013a).

Bisküvi başlı başına bir sektör olarak dünyada önemli bir yere sahiptir. Bu açıdan yaklaşıldığında başta Avrupa Birliği ülkeleri olmak üzere dünya üzerinde

giderek büyüyen bir özellik gösterirken yıllık 15 milyon tonu aşkın bir üretim kapasitesine sahip olduğu görülmektedir (Aktaş, 2011).

Dünya üzerinde en fazla üretimin Avrupa Birliği ülkelerinde olduğu ve bu üretim gücüyle ihracat alanında da önde gelen ülkeler oldukları görülmektedir. 2015 yılında dünyadaki toplan ihracat oranının neredeyse %34'lük dilimini Almanya, Hollanda, Belçika, İngiltere ve Meksika oluşturmuştur (Anonim, 2018).

Dünya bisküvi piyasasında Türkiye'nin de önemli bir konumu bulunmaktadır. Bunun sebeplerinden en önemlisi kültürel beslenme şeklinin dışında geliştirilen ayaküstü beslenmedir. Bu beslenme biçimi ise toplumsal bir yaşam tarzının değişmesiyle ilişkilidir. İnsanların sahip oldukları zaman eskisine kıyasla daha kıymetli bir hal alması sebebiyle beslenmelerinin de etkilenmesine yol açmıştır. Bu yüzden insanların taleplerini karşılayacak zaman kaybını ortadan kaldıracak gıda tüketiminin gelişimi söz konusu olmuştur. Temel yiyeceklerin dışında atıştırmalık kapsamı içerisinde yer alan gıdaların üretilmesi baş göstermiştir. Ancak bisküvinin tarihsel süreç içerisinde çıkış noktası bu konuyla ilişkili değildir. Daha çok lüks bir tüketim maddesi olarak konumlanmıştır. Ancak toplumsal arz-talep ışığında toplumun her kesimine ulaşan ürün çeşitliliğinin oluşması söz konusu olmuştur. Türkiye de ise bisküvinin toplumsal hayata girişi 1924 yılı ile başlamıştır (Bilgin, 2006; Aktaş, 2011; Ulusoy, 2011)

Çizelge 2.10. Bisküvinin dünya ihracat oranları

No	İhracatçı Ülke	2014 İhracat Miktarı	2014 İhracat Değeri	2015 İhracat Miktarı	2015 İhracat Değeri	2014-2015 Yıllık Değişim (Değer) %	Dünya İhracatındaki Payı %
1	Almanya	212.374	845.789	217.753	730.808	-14	10,2
2	Hollanda	232.873	765.722	245.090	669.107	-13	9,4
3	Belçika	171.293	660.262	173.435	561.571	-15	7,9
4	İngiltere	114.758	496.056	121.997	476.681	-3,9	6,6
5	Meksika	159.314	365.407	205.925	408.479	12	5,6
6	Kanada	93.717	363.327	85.995	334.215	-8,0	4,6
7	Türkiye	152.701	311.027	161.867	321.754	3,4	4,5
8	Fransa	65.485	336.663	63.846	275.906	-18	3,9
9	Polonya	88.869	311.154	89.988	269.082	-14	3,8
10	İspanya	102.875	274.566	107.613	227.933	-17	3,2
	Diğerleri	1.229.412	3.194.062	1.138.654	2.862.868	-10	40,3
	Dünya Toplamı	2.623.671	7.924.035	2.612.163	7.138.404	-10	100

Türkiye'deki bisküvi üretimi ve ihracatına bakıldığında ise Türkiye İstatistik Kurumu'nun verilerinde 2011 yılı itibariyle 605 bin ton üretim yapılmış olduğu görülmektedir. Ayrıca bu üretim kapasitesiyle dünyada bisküvi ihracatında 9. sırada yer almıştır (Alpan, 2012; Anonim, 2018).

Çizelge 2.11. Türkiye'deki 2003-2014 yılları arası bisküvi üretimi (TÜİK)

Yıl	Üretim	Yıl	Üretim
2003	530.000	2009	583.547
2004	550.000	2010	570.274
2005	401.526	2011	605.028
2006	429.512	2012	619.173
2007	489.524	2013	665.666
2008	628.541	2014	710.640

Bisküvi dünya ve Türkiye'deki durumunda bahsedildiği gibi oldukça önemli bir konumdadır. Bu durum üretim şekillerinin de şekillenmesini beraberinde getirmektedir. Gittikçe artan bisküvi talebi doğrultusunda var olan kapasitelerin genişletilmesi durumu ortaya çıkmaktadır. Bunun sağlanabilmesi için ise teknik anlamdaki gelişmelerin üretim alanına taşınmasıyla gerçekleşebilmektedir.

Bisküvi üretiminde ihtiyaç duyulan malzemeler ise üretimde ana hammadde olarak kullanılması gerekenler olarak listelenmektedir. Bu malzemeler; un, sıvı yağ (bitkisel hidrojene) ve şekerdir. Bu ana malzemelere ek olarak süt tozu, tuz, karamel, kakao, yumurta kullanılabilceği gibi ayrıca yapılacak olan bisküvinin özelliklerine uygun katkı maddeleri de eklenebilmektedir. Bisküvinin görüldüğü gibi ana malzemelerinden bir tanesi undur. Bisküvide çoğunlukla Tr. Compactum unu kullanılmaktadır. Buna ek olarak Tr. Aestium'unda bulunan yumuşak çeşitleri arasından elde edilen zayıf unlar da bisküvi yapımında kullanılmaktadır (Elgün ve Ertugay, 1995).

Bisküvi yapımında unun sahip olduğu incelik en önemli kriterlerden birisidir. Eğer bisküvi hem gevrek hem de lezzetli olması amaçlanmışsa unun ince öğütülmüş olması önemlidir. Çünkü bisküvinin kıvam olarak ağırda erimesi bekleniyorsa unun inceliği çok önemlidir (Anonim, 2013b).

Bisküvi üretiminde çoğunlukla glüten açısından düşük seviyede olunan unlar kullanılmaktadır. Fakat bu durum yapılacak olan bisküvinin özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Çünkü bisküvinin özelliklerine bağlı olarak eklenecek olan katkı maddeleri kullanılacak olan unun çeşidini de etkilemektedir. Buradan hareketle glüten açısından yüksek unlar kullanılabilirdiği gibi farklı yapıda unlar da kullanılabilir. Bisküvinin özelliklerine göre değişse de genel olarak kullanılan unun glüten miktarı % 7.5 ile % 12 arasında değişmektedir (Öztürk, 1998; Ulusoy, 2011; Anonim, 2013b).

Bisküvi için hazırlanan hamurda beklenen özellikler şu şekilde sıralanabilir:

- Hamurların elaskiyeti düşük olmalıdır (Ünal 1991),
- Hamurların uzama kabiliyeti yüksek olmalıdır (Hoseney 1998; Manley 1998).
- Hamur için kullanılacak olan unun glüten seviyesi ya düşük olmalıdır ya da orta seviye olmalıdır (Uluöz 1965; Köksel ve ark., 2000).
- Hamur için kullanılacak olan unun sedimentasyon değerlerinin zayıf olması gerekmektedir (Uluöz 1965; Köksel ve ark., 2000).
- Hamur için kullanılacak olan unun α -amilaz aktivitesinin düşük olması gerekmektedir (Hoseney 1998).
- Hamur için kullanılacak olan unun bisküviye ideal olan rengi vermesi gerekmektedir (Faridi ve ark., 2000).
- Hamurun kolayca şekil alabilecek yapıda olması gerekmektedir (Faridi ve ark., 2000).

Bisküvi hamurunun yayılma oranı önemli olduğu için unun özellikleri oldukça önemlidir. Çünkü yayılma oranı yüksek hamur elde edilmek istenirse unun partikül boyutunun küçük olması gerekmektedir. Ancak yayılma oranı düşük sert buğday unu kullanılırsa daha az yayılma gerçekleşecektir. Çünkü sert buğday unu partikül boyutu büyüktür. Bu sebeple suyu tutma kapasitesi de yüksek olmaktadır ve bu durum bisküviyi sert yapmaktadır (Doğan ve Uğur 2005; İnkaya, 2008).

Bisküvi hamur üretiminde bir diğer ana hammadde ise yağlardır. Çoğunlukla yüzey aktif maddeler kullanılmakla beraber antioksidan katkılı hidrojene katı yağlar kullanılmaktadır. Bu kapsam dahilinde şorteningler tercih edilmektedir. Bisküvi hamur

yapımında yağların kullanılma oranı ise %10 ile %30 arasında değişmektedir (Elgün ve Ertugay, 1995).

Bisküvi hamurunda yağın önemi şu şekilde sırlanabilir:

- Yağlar hamurun işlenmesinde ve yayılmasında aktif rol oynar (İnkaya, 2008),
- Yağlar bisküvinin görüntüsünü etkiler (İnkaya, 2008),
- Yağlar bisküvinin tadını ve aromasında ana bileşendir (İnkaya, 2008),
- Yağlar bisküvinin kalorisinin arttırılmasını sağlamaktadır (Nas ve ark., 2001; Çelik, 2012),
- Yağlar ile bisküvinin muhafaza kalitesi sağlanmaktadır (Nas ve ark., 2001; Çelik, 2012),
- Yağlar ile bisküvi içinde diğer bir hammadde olan şekerin sertleştirici etkisinin azaltılması sağlanmaktadır,
- Kullanılan yağ oranı istenilen hamur yapısına ulaşmayı sağlamaktadır. Çünkü un içinde bulunan nişastanın ve glütenin kitle oluşumunu ilk olarak parçalar sonrasında hazmeder ve böylece hamuru yumuşak bir dokuya kavuşturur. Öyle ki hamur yapımında az su kullanıldığı takdirde nişastanın ve glütenin topaklanmaması için yağ oranı arttırılmaktadır (Ünal, 1986; Ulusoy, 2011; Anonim, 2013b).

Bisküvi yapımında dikkat edilecek özelliklerden bir tanesi de içeriğinde yer alan yağ ve suyun birbirlerine olan oranlarıdır. Çünkü bu iki malzemenin oranları hamurun kıvamını, tadını ve aromasını direkt etkiler. İlk olarak malzemelerin karıştırılmasında su ve un etkileşime girerek glüten oluşumunu sağlamaktadır. Bu durum neticesinde bisküvide istenilen sertlik elde edilebilmektedir. Eklenen yağ ile ise hamurun içinde yer alan hava kabarcıklarının tutulması sağlanır. Yağ ile hamurun pişme sürecinde ürünün yapısı etkilenmektedir. Bir diğer görevi ise emülgatör özelliği sağlamasıdır. Böylece hamurda katmanlı bir yapı oluşmasında yardımcı olacağı gibi bisküvinin aromasında da katkı sağlamaktadır (Anonim, 2000; Kaçar, 2010; Çelik, 2012).

Bisküvi hamurunun diğer bir hammaddesi ise sudur. Suyun bisküvi üzerinde oldukça önemli bir rolü bulunmaktadır. Özellikle bileşen olarak kullanılan suyun içinde bulunan organik maddelerin, çözünen minerallerin özellikleri, miktarları önemlidir. Çünkü bu özellikler hamurun doğrudan işlenebilirliğini etkilemektedir. Ayrıca

bisküvinin tadını, rengini ve fiziksel özelliklerini de etkilediği ifade edilmektedir (Yaz, 2001; Ulusoy, 2011; Anonim, 2013b).

Bisküvi içerisinde suyun rolleri arasında bisküvi hamurunun ana bileşeni olma özelliği taşıyor olması yer almaktadır. Çünkü bisküvi hamurunun yapısında bulunan biyopolimerlerin birbirleriyle olan etkileşimlerinde aktiftir. Bisküvi hamuru içerisinde yer alan diğer hammaddelerin de çözülebilmesinde suya ihtiyaç duyulmaktadır (Ünal 1991; İnkaya, 2008).

Bisküvi üretiminde görüldüğü gibi su, yağ, un ve şekerin büyük bir önemi bulunmaktadır. Bu malzemelerin dışında bisküvinin içerisinde kullanılan ürünler ise süt ve süt ürünleri, yumurta, nişasta, tuz, karamel ve kabartıcılar kullanılmaktadır. Bu ürünlerin özellikleri neticesinde bisküvi hamuru içerisindeki oranlarda değişiklikler meydana gelmektedir.

Bisküvi yapımında kullanılan kabartıcılar arasında biyolojik kabartıcı olarak mayalar kullanılmaktadır. Diğer taraftan ise kimyasal olan kabartıcılar arasında amonyum bikarbonat ve sodyum bikarbonat bulunmaktadır. Bunlarla beraber asit dengesinin sağlanabilmesi için bir fosfat bileşiği kullanılmaktadır. Çünkü sodyum bikarbonat tek başına kullanıldığında üründe renk değişimine sebep olmaktadır. Ayrıca ürünün sertleşmesini ve tadının acılaşmasına neden olmaktadır. Malzemeler karıştırılırken sodyum bikarbonat başka hiçbir bileşenle karıştırılmamalıdır. Çünkü karıştırıldığında sahip olduğu bir miktar gazı kaybetmektedir. Bunun için doğrudan hazırlanan hamur içerisine dahil edilmelidir. Sodyum bikarbonata karşın amonyum bikarbonat ise yüksek ısıya ihtiyaç duymaktadır. Bunun nedeni ise fırındaki ısının CO₂ gazı ve amonyak gazı çıkartmasını sağlanabilmesidir. Bisküvide kabarmanın yüksek olması istenildiğinde genellikle amonyum bikarbonat ve sodyum bikarbonat asit özelliği olan bir maddeyle sodyum alüminyum trifosfatla kullanılmaktadır. Böylece bisküvide kabarma daha yüksek ve düzgün olmaktadır. Kullanılan kimyasal kabartıcıların dengeli olması gerekmektedir. Çünkü alkali fazlalığı neticesinde üründe sabun lezzeti ve renginin sararması gerçekleşebilmektedir. Kullanılan asidin fazla olması ile de üründe asidik ve ekşi bir tat meydana gelmektedir. Bu yüzden bisküvi içeriğindeki malzemelerin dengesi oldukça önemlidir (Ünal, 1986; Ulusoy, 2011; Anonim, 2013b).

Bisküvi içerisinde yer alan diğer ürünlerden süt ve süt ürünlerinin kullanılması ise üründe yumuşak bir yapının olmasını sağlarken diğer taraftan renginin güzel olmasını,

aromasının güzelleşmesinde etkindir. Kullanılan süttozu gibi malzemelerde ise kullanım amacı mayalı hamurlarda tampon görevi görüyor olmasıdır. Çünkü üründe pH'ı yükselterek hamurda hacmin artmasını sağlamaktadır (Ünal, 1986; Ulusoy, 2011; Anonim, 2013b).

Bisküvi yapımında kullanılan diğer malzemelerden yumurta ise hamurun sertleşmesini sağladığı gibi gevrek bir yapıya kavuşmasına yardımcı olmaktadır. Özellikle pasta bisküvilerinin yapımında kullanılmaktadır. Diğer bir malzeme ise nişastadır nişasta ise sıkı bir yapıya sahip olan bisküvilerin sertliğini azaltmak ve kullanılan kremanın bağlanmasını sağlamak için kullanılmaktadır. Ana madde olarak geçerse de tuz ise oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Çünkü tuz bisküvinin lezzetini belirlemede etkili bir malzemedir. Ancak kullanılma oranı oldukça önemlidir. Kullanılması gereken miktarın üzerinde kullanıldığında hamurun hacmini küçültebileceği gibi içindeki glütenin sertliğini arttırabilmektedir. Eğer bisküvi yapımında taze maya kullanılıyorsa mayanın aktivasyonunu da olumsuz etkilemektedir. Bu yüzden de hamurun lipitlerini bağlama kapasitesini düşürmektedir. Bu riske girilmeden tuzlu bisküvilerde tuz içeriğinin dışında, bisküvinin üzerinde kullanılması tercih edilmektedir. Bisküvinin tat ve kokusunu etkileyen diğer bir malzeme ise karamel ve melastır (Ünal, 1986; Ulusoy, 2011).

Tatlandırıcılar bisküvi yapımında üç şekilde kullanılmaktadır; pudra, şurup ve irmik. Dikkat çeken tatlandırıcılar ise başta kristal şeker olmak üzere invert şurup, glikoz şurupları, melas ve malt şuruplarıdır (Ulusoy, 2011; Anonim, 2013b).

Tatlandırıcıların bisküviye yaptığı etkiler ise sadece tat konusunda değildir. Bunun dışında hamurun yayılmasından tekstür, renk ve aroma oluşuma kadar etkisi olduğu ifade edilmektedir (Maache-Rezzoug ve ark., 1998; Faridi ve ark., 2000; İnkaya, 2008; Ulusoy, 2011). Bir diğer önemli etkisi ise bisküvinin pişmesi esnasında ortaya çıkmaktadır. Çünkü burada nişastanın jelatinizasyonunun ve protein denatürasyonunun engellenmesi durumu söz konudur (Faridi ve ark. 2000). Bu etkiler sonucunda tatlandırıcılar bisküviye gevreklik sağlamaktadır. Bunlara ek olarak yağ oranı yüksek olan ürünlerde antioksidan açısından iyi bir etki göstermesi özelliğine sahiptir (Ünal 1991; İnkaya, 2008).

Bisküvi içerisinde kullanılacak olan tatlandırıcıların diğer malzemelerle olan ilişkisi nedeniyle (yumurta ve su / süt) miktarının % 85 - 95 arasında olması

gerekmektedir. Bu oranı geçtiği takdirde bisküvinin yapısından görünümüne hatta bisküvi hamurunun makineden işlenebilme özelliklerine etki etmektedir (Ünal 1991; Faridi ve ark. 2000; İnkaya, 2008; Ulusoy, 2011; Anonim, 2013b).

Bisküvi üretiminde fabrikalar çoğunlukla invert şuruba başvurmaktadırlar. Çünkü bu sayede bisküvinin rengi ve nem hareketleri kontrol edilebilir olmaktadır. Soğuma esnasında oluşabilecek olan kılcal çatlamaaların önüne geçilebilmesi için invert şurup en uygunu olarak görülmektedir. İvert şurubun bu özelliği ile bisküvide yumuşaklık sağlandığı gibi ürünün renginde de istenilen renk aralığı yakalanmaktadır (Ulusoy, 2011).

Bisküvinin ve bisküviye benzeyen ürünler içerisinde şeker kullanımı geniş bir alan kaplamaktadır. Dolayısıyla bu durum son yıllarda sağlık üzerine olumsuz etkisi olan yüksek şeker hakkındaki çalışmaların ana konusu haline gelmiştir. Buradan hareketle bisküvi ve bisküvi türevi ürünlerin içeriklerinde bulunan şeker hakkında çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Çalışmalar kapsamında birçok araştırma olduğu gibi bazıları ise aşağıdaki verilmiştir.

Zoulias ve ark. (2000), düşük yağlı bisküvi geliştirilmesi üzerine yaptıkları bir çalışmada asesülfam-K ve polioller şeker ikame maddesi olarak değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda da ortaya çıkan ürün ile sakkaroz kullanılarak yapılan bisküvilerle benzer özellikler taşıdığı ortaya konmuştur. Diğer yandan laktitol ve sorbitol tatlandırıcıların kullanıldığı ürünlerin özellikleri ise diğerlerine göre yumuşak ve gevreklik açısından daha az gevrek oldukları ifade edilmiştir. Mannitol ile yapılan bisküviler de ise bisküvinin yayılmasında olumsuz sonuçlar elde edilmiştir. Bununla beraber bisküvinin tadında ve görüntüsünde de iyi sonuçların alınmasını engellediği tespit edilmiştir.

Bisküvide farklı şekerler kullanılarak yapılan çalışmalardan bir tanesi de Gallagher ve arkadaşlarının (2003) oligofruktoz ile bisküvi ürettikleri çalışmadır. Bu çalışmalar neticesinde elde edilen oligofruktozun bisküviyi daha yumuşak yaparken bisküviye farklı yüzey rengi verdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Savitha ve arkadaşları (2008) tarafından yapılan bir çalışmada maltodekstrin ve sükruloz kullanılarak elde edilen bisküvi hamurunun yayılması ve bisküvilerin kalitesi

belirlenmiştir. Bisküvi hamurunda maltodekstrin ve sükraloz kullanımının hamurun yayılma ve kalite özellikleri üzerinde olumlu etki gösterdiği ifade edilmiştir.

Musthaq ve arkadaşları (2010) tarafından ksilitolün tatlandırıcısı ile yapılan bisküvi çalışmasında bisküvilerin sertlik değerlerinin azaldığı görülmüştür. Bunun sebebi ise sakkaroz yerine ksilitolün kullanımının artması olarak gösterilmiştir. Bunun dışında bisküvilerin duyuşal değerlendirilmesinde alınan en iyi sonuçlar tatlandırıcı olarak yarısını sakkarozun ve diğer yarının ksilitolün oluşturduğu karışım olarak tespit edilmiştir.

Pareyt ve arkadaşları (2011) tarafından bisküvi içerisinde un ve şeker yerine ikame etmesi açısında arabinoksilan oligosakkarit (AXOS) kullanılarak yapılan çalışmada ikameye yönelik AXOS eklenilerek yapılan bisküvilerin uygun sonuçlar vermediği görülmüştür. Ancak bunun dışında bisküvi içeriğindeki şekerin azaltılmasında olumlu sonuçlar verdiği görülmüştür. Ayrıca lif miktarının artırılmasında da olumlu sonuçlar tespit edilmiştir.

Ulusoy (2011) şeker ikamesi olarak stevianın kullanıldığı bir bisküvi çalışmasında elde edilen sonuçlar duyuşal özelliklerin, kontrole eşdeğer olduğunu göstermiştir.

Handa ve arkadaşları (2012) fruktooligosakkaritler (FOS) ilave ederek bir bisküvi çalışması yapmışlardır. Bu çalışmanın neticesinde ilave edilen fruktooligosakkaritler ile elde edilen ürünün renk, tekstür ve görüşür değerleri düzelmiş olduğu görülmektedir. İlave edilen fruktooligosakkaritin miktarı ise %60'a kadar yükselmektedir. Bu ilave ile şeker ikamesi yerine kullanabileceği ifade dilmiştir. Bunun sebebi ise diyet lifi bakımından artan bir içerik göstermiş olması ve kalori değerlerinin azalması yer almaktadır.

Demir (2014) bisküvi üretiminde şeker ikamesi olarak pekmez tozunun kullanarak yaptığı çalışmada öncelikle pekmez tozu, püskürtülerek kurutma yöntemiyle elde edilmektedir. Bu yöntemle elde edilen pekmez tozuyla yapılan bisküvi çalışması sonucunda bisküvi hamurunun yayılma oranında ve parlaklık seviyesinde düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Bunun dışında ise bisküvi sertlik değeri ve içindeki minareler açısından bir artış olduğu ifade edilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

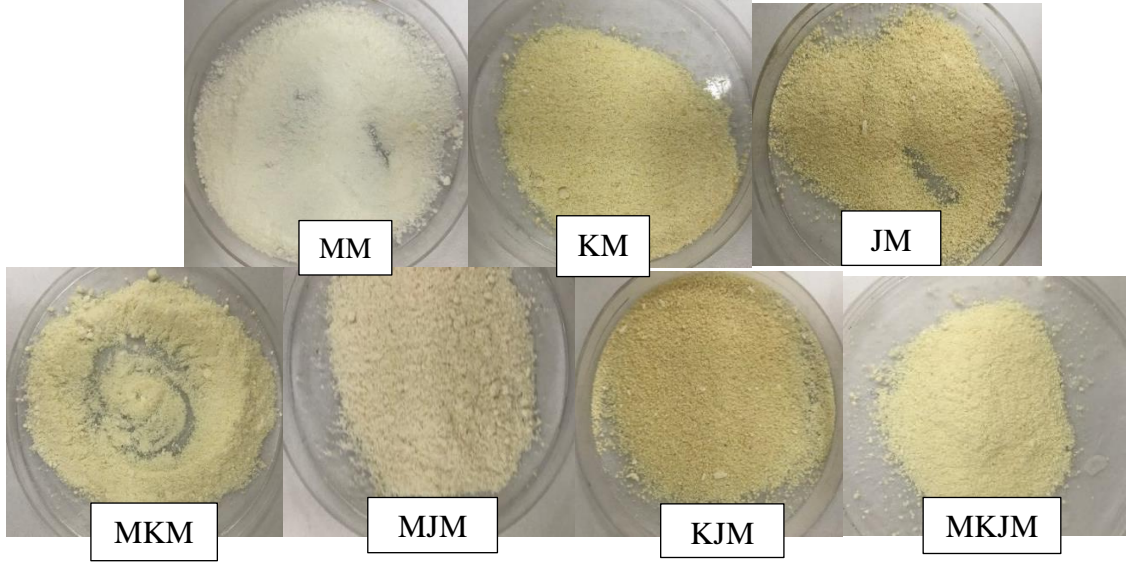
3.1. Materyal

Vanillin, maltodekstrin, kazeinat ve jelatin hammaddeleri, Plant-ex Gıda Kimya San. ve Tic. Ltd. Şti. (Konya) adlı firmadan temin edilmiştir. Araştırma kapsamında bisküvi yapımında kullanılan; sodyum bikarbonat, amonyum bikarbonat, shortening, yağsız süt tozu, tuz, pudra şekeri, buğday unu ve mısır şurubu ise Konya piyasasından temin edilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Vanilin mikroenkapsülasyonu

Mikroenkapsülasyon işlemi; vanilin maltodekstrin (MM), kazeinat (KM) ve jelatinin (JM) ayrı ayrı kullanıldığı ve maltodekstrin-kazeinat (MKM), maltodekstrin-jelatin (MJM), kazeinat-jelatin (KJM), maltodekstrin-kazeinat-jelatin (MKJM) olmak üzere kombine halde kullanıldığı kaplama materyalleri ile 7 farklı formülasyon kullanılarak dondurarak kurutma yöntemi ile mikroenkapsüle edilmiştir. Bu amaçla; Çizelge 3.1’de verilen formülasyonlardaki kaplama materyalleri bir beherde su (80 g) ile 5 dakika boyunca 800 rpm’de manyetik karıştırıcı (WiseStir MSH-20D, Germany) kullanılarak 1 dakika karıştırılmıştır. Bu karışım vanillin (10 g) ilave edilerek çekirdek : kaplama maddeleri 1:1 oranında ve 5 dakika boyunca 10.000 rpm’de yüksek hızlı homojenleştirici (IKA Ultra-Turrax, Deutschland) kullanılarak homojenleştirilmiştir. Hazırlanmış olan karışımlar -80°C’de 12 saat boyunca dondurularak, -110°C kondenser sıcaklığına sahip liyofilizasyon cihazında (Scanvac Coolsafe, 110-4 model 4L hacim, Danimarka) 16 saat boyunca 24°C’de dondurularak kurutulmuştur.

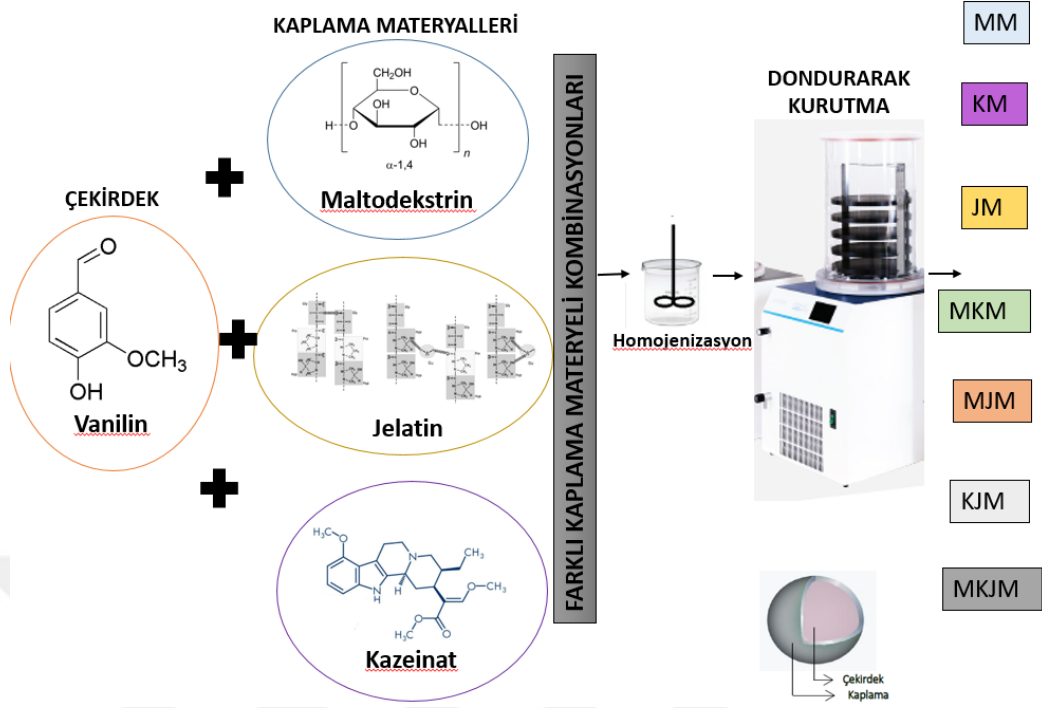


Şekil 3.1. Mikroenkapsüle vanilin tozları

Çizelge 3.1. Deneme formülasyonları

Örnek Adı	Vanilin (g)	Maltodekstrin (g)	Kazeinat (g)	Jelatin (g)	Su (g)
Maltodekstrin Mikroenkapsül (MM)	10	10	-	-	80
Kazeinat Mikroenkapsül (KM)	10	-	10	-	80
Jelatin Mikroenkapsül (JM)	10	-	-	10	80
Maltodekstrin + Kazeinat Mikroenkapsül (MKM)	10	5	5	-	80
Maltodekstrin + Jelatin Mikroenkapsül (MJM)	10	5	-	5	80
Kazeinat + Jelatin Mikroenkapsül (KJM)	10	-	5	5	80
Maltodekstrin + Kazeinat + Jelatin Mikroenkapsül (MKJM)	10	2,5	5	2,5	80

MİKROENKAPSÜLASYON İŞLEM ŞEMASI



Şekil 3.2. Vanilin mikroenkapsülasyonu işlem şeması



Şekil 3.3. Liyofilizatör

3.2.2. Mikrokapsüllerde yapılan analizler

3.2.2.1. Nem

Dondurarak kurutma yöntemi ile mikrokapsüle edilmiş vanilin tozların nem içeriği 135 °C'de 2.5 saat kurutma normu uygulanan AACC'nin Standart Metotlarından Metod 44-19 kullanılmıştır (AACC, 1990) ile ölçülmüştür.

3.2.2.2. Su aktivitesi

Mikrokapsüllerin su aktivitesi (aw) değeri su aktivitesi ölçme cihazı (Novasina Labtouch, Swiss) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla yaklaşık 1 g mikrokapsül, cihazın örnek kabına konularak 25°C sıcaklıkta denge nem değerine ulaşana dek bekletilmiştir. Denge halindeki aw değeri dijital göstergedan kaydedilmiştir.

3.2.2.3. Renk ölçümü

Mikroenkapsüle edilmiş örneklerin renk değerlerinin belirlenmesinde Hunter Lab Color Quest II Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japan) cihazı kullanılmıştır. Elde edilen değerler ise L*, a* ve b* cinsinden ölçülmüştür. Buradan hareketle L*, a* ve b*'nin değer aralıkları şu şekildedir (Francis, 1998):

- L* değeri [(0) siyah - (100) beyaz, aydınlık derecesi]
- a* değeri [(+) kırmızı - (-) yeşil]
- b* değeri [(+) sarı - (-) mavi]

3.2.2.4. Parçacık büyüklüğü dağılımı

Mikrokapsüllerde parçacık boyutu analizi ise Fuchs ve ark. (2006)'e göre lazer kırınım prensibi ile çalışan parçacık boyut analiz cihazı Mastersizer (Mastersizer 3000,U.K) ile ıslak dispersiyon modülü kullanılarak yapılmıştır. Hacimle ağırlıklandırılan bir partikül boyutu dağılımının ortalaması olan De Brouckere ortalama çapı, hacim ağırlıklı ortalama çap ya da hacim moment ortalama çap şeklinde tanımlanan D (0.1), D (0.5) ve D (0.9) µm aralığında yapılmıştır.

3.2.2.5. Yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluk

Mikrokapsül örneklerin yığın yoğunluğu 10 mL mikrokapsül tozunun ağırlığı esas alınarak hesaplanmıştır. Sıkıştırılmış yoğunluk hesabı da tozun bulunduğu mezürün düz bir zemin üzerine 100 defa vurulmasından sonra belirlenen hacim ile hesaplanmıştır (Jinapong ve ark., 2008).

3.2.2.6. Parçacık yoğunluğu

Mikrokapsüllerin parçacık yoğunlukları Jinapong ve ark. (2008)' nın metotuna göre belirlenmiştir. 1 g mikrokapsül 10 mL' lik kapaklı bir mezüre aktarılarak ve üzerine 5 mL petrol eteri eklenerek, çözelti tamamen karışıp tüm parçacıklar ıslanana kadar mezür çalkalanmıştır. Son olarak mezürün cidarlarındaki parçacıklarını da yıkamak için yaklaşık 1 mL petrol eteri daha eklenerek parçacık yoğunluğu, parçacığın toplam kütesinin toplam hacmine bölünmesiyle hesaplanmıştır.

3.2.2.7. Porozite, akıcılık ve yapışkanlık

Mikrokapsüllerde porozite (ϵ) ; Eşitlik 1'de görüldüğü gibi, sıkıştırılmış yoğunluk ($\rho_{sıkıştırılmış}$) ve parçacık yoğunluğu ($\rho_{parçacık}$) değerleri arasındaki ilişki kullanılarak hesaplanmıştır.

Eşitlik 2 ve eşitlik 3'te ise akıcılık ve yapışkanlık değerleri sırasıyla Carr indeksi (CI) ve Hausner oranı (HR)' na göre bir değerlendirme yapılmıştır.

$$\epsilon = \frac{\rho_{parçacık} - \rho_{sıkıştırılmış}}{\rho_{parçacık}} \quad (1)$$

$$CI = \frac{\rho_{sıkıştırılmış} - \rho_{yığın}}{\rho_{sıkıştırılmış}} \quad (2)$$

$$HR = \frac{\rho_{sıkıştırılmış}}{\rho_{yığın}} \quad (3)$$

3.2.2.8. Higroskopisite

Higroskopisite testi için her birinden 1 g olacak şekilde ayrı ayrı cam kavanozlara alınan mikrokapsül örnekleri ortam bağıl neminin % 79.5 olmasını sağlayan potasyum nitratın doymuş tuz çözeltisi bulunan desikatörün içinde 25°C'e ayarlanmış etüvde 1 hafta bekletilmiştir. 1 hafta sonunda örnekler tartılmış ve mikrokapsül tozların higroskopisitesi % olarak hesaplanmıştır.

3.2.2.9. Islanabilirlik

Ortalama ıslanabilirlik zamanı, 25°C'de, 0.5 g mikrokapsül tozundaki parçacıkların tamamının 50 mL su yüzeyine serpilmesinden sonra yüzeyden batma süresi gözlenerek tespit edilmiştir, sonuçlar dk olarak verilmiştir.

3.2.2.10. Çözünürlük

Mikrokapsüle tozun suda çözünürlüğü, 25°C'de 1 g numunenin 100 mL saf suya ilave edilmiş, . karışım 5 dk boyunca 600 rpm'de manyetik bir karıştırıcı kullanılarak karıştırılmasından sonra 5 dakika 3000 g'da santrifüj edilmiştir. Önceden tartılmış petri kaplarına 20 mL yüzer tabakası boşaltılarak, sabit ağırlığa ulaşılan kadar 70°C'de etüvde kurutulmuştur. Çözünürlük yüzdesi, ağırlık farkı ile hesaplanarak, kuru bazda % olarak ifade edilmiştir (Şahin ve ark.2014).

3.2.2.11. Partikül morfolojisi (SEM) analizi

Çalışma kapsamında elde edilen mikroenkapsüle toz örneklerinin partikül yapısının incelenmesi için Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) (Hitachi, SU1510, Japan) kullanılmıştır. Optik kolon, numune hücresi ve görüntüleme sistemi olmak üzere üç temel kısımdan oluşan taramalı elektron mikroskobu ile, görüntü üzerinde nokta, çizgi, alan ve haritalama yöntemleri ile kalitatif ve semi-kantitatif olarak elementer analizleri yapılmış, 1000k ve 5000 k da görüntüleri alınmıştır.

3.2.3. Bisküvi örneklerinin hazırlanması

Bisküvi üretiminde; maltodekstrin, kazeinat, jelatin ve bunların birlikte kullanıldığı kombinasyonları ile elde edilmiş mikroenkapsüle vanillin tozları ile kontrol olarak sade vanillin kullanılmıştır.

Bu çalışmada AACC Standart No:10-54 üretim metodu modifiye edilerek bisküvi üretimleri gerçekleştirilmiştir (AACC, 1990). Bisküvi örneklerinden kontrol bisküviler 100 g buğday unu, 42 g pudra şekeri, 40 g shostening, 1.5 g yüksek fruktozlu mısır şurubu, 1.25 g tuz, 1 g yağsız süt tozu, 1 g sodyum bikarbonat, 0.5 g amonyum bikarbonat ve 15 ml su ile 0.3 g enkapsüle edilmemiş vanilin formülasyonu ile üretilmişlerdir. Deneme desenine göre üretilen diğer bisküvi örneklerinde enkapsüle edilmiş vanilin örnekleri kullanılmıştır.

Çizelge 3.2’de verilen bisküvi formülasyonundaki materyaller Kenwood (Kenwood KM242, U.K) mikserde 8 dakikada yoğurulmuştur. Elde edilen hamurun 5.0 mm yüksekliğinde merdane ile inceltirilerek, 55.0 mm çaplı hamur kesme kalıbıyla şekil verilerek tepsilere yerleştirilmiştir. Tepsilere yerleştirilmiş olan hamur parçaları 205°C ısıtılmış fırında (Profilo, HG, 1503T) 11 dk süresince pişirilmiştir. Pişirme işlemi tamamlanınca örnekler ağzı kapalı polietilen torbalara alınarak muhafaza edilmiştir.

Çizelge 3.2. Bisküvi formülasyonu

İngrediyentler	Un esasına göre (%)
Un (%14 su içeriğine göre)	100.0
Şeker	42.0
Shortening	40.0
Mısır şurubu (Yüksek Fruktozlu)	1.5
Tuz	1.25
Yağsız süt tozu	1.0
Sodyum Bikarbonat	1.0
Amonyum Bikarbonat	0.5
Su	Değişken (13-17 ml)
Vanilin	0.3



Şekil 3.4. Bisküvi örnekleri

3.2.4. Bisküvilerde yapılan analizler

3.2.4.1. Fiziksel ve tekstürel analizler

Çalışma kapsamında yapılan bisküvilerin fiziksel analizleri çap, kalınlık, yayılma oranı, renk ve tekstür açısından değerlendirilmiştir.

Bisküvi örneklerine ait çap, kalınlık ve yayılma oranı analizleri AACC Standart Metot No: 10-54 metotuna göre gerçekleştirilmiştir. Çap ve kalınlık değeri her bisküvi örneğinin beş farklı noktasından belirlenip sonuç ortalama olarak mm cinsinden belirtilmiştir. Yayılma oranı ise; bisküvi örneklerinin çap değerlerinin kalınlık değerlerine bölünmesiyle hesaplanmıştır.

Bisküvilerin renk ölçümü Hunter Lab Color Quest II Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japan) cihazı kullanılarak bisküvi yüzeylerinin 5 farklı noktasından ölçülerek gerçekleştirilmiştir. Elde edilen değerler L*, a* ve b* cinsinden ölçülmüştür (Francis, 1998).

Bisküvi örneklerine ait tekstür ölçümleri tekstür analiz cihazı (TA-XT2i, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK) ile 3 mm/s test hızı ve 5 mm uzaklık değerleri ile

AACC Standart 74.09 metodu esas alınarak yapılmıştır. Bisküvilerin dokusal özelliklerinin ölçülebilmesi için ürünler fırından çıkartılıp 2 saat bekletilmiştir. Bekletilen bisküvilerin sertlik ve kırılganlık değerleri ölçülmüştür (load cell 5 kg, ön test hızı 1 mm/s, test hızı 3 mm/s).

3.2.4.2. Duyusal analizler

Bisküvi örneklerine ait duyusal analiz Necmettin Erbakan Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümünde yer alan öğretim elemanları ve lisansüstü eğitim alan kişilerden belirlenen 23 panelist (21-55 yaş aralığında) tarafından yapılmıştır. Analiz sırasında bisküvi örnekleri tat, koku, renk, aroma ve genel kabul edilebilirlik parametrelerine göre değerlendirilmiştir. Değerlendirme 1-5 puan arasında gerçekleştirilmiş olup 5 Puan: Çok iyi; 4 Puan: İyi; 3 Puan: Kabul edilebilir; 2 Puan: Yeterli değil; 1 Puan: Kötü olarak ifade edilmiştir.

3.2.5. İstatistiksel analizler

Denemeler sonucu 2 tekerrürlü olarak elde edilen veriler JMP istatistik programı 15.2.1 versiyonu (SAS Institute Inc., Cary, NC, ABD) kullanılarak One Way ANOVA (tek yönlü varyans analizi) ile analiz edilmiş ve ortalamalar arası farklar $p < 0,05$ önem seviyesine göre Tukey HSD test ile karşılaştırılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Araştırma Sonuçları

4.1.1. Mikro kapsül analizleri

Çalışma kapsamında farklı formülasyonlarla mikroenkapsüle edilen vanilin örneklerinde nem miktarı, su aktivitesi, renk ölçümü, parçacık büyüklüğü dağılımı, yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk, parçacık yoğunluğu, porozite, akıcılık, yapışkanlık, higroskopisite, ıslanabilirlik, çözünürlük ve parçacık morfolojisi (SEM) analizleri gerçekleştirilmiştir.

4.1.1.1. Nem miktarı ve su aktivitesi

Mikro kapsül toz örneklerine ait nem miktarı sonuçları ve su aktivitesi analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Mikro kapsüllerin nem ve su aktivitesi (aw) analiz sonuçları^{1,2}

Mikro kapsüller	Nem (%)	Su aktivitesi (aw)
Maltodekstrin Mikro kapsül (MM)	1.91±0.01 ^d	0.47±0.00 ^a
Kazeinat Mikro kapsül (KM)	3.86±0.03 ^a	0.42±0.14 ^{ab}
Jelatin Mikro kapsül (JM)	1.4±0.00 ^e	0.40±0.28 ^b
Maltodekstrin + Kazeinat Mikro kapsül (MKM)	1.94±0.01 ^d	0.45±0.00 ^{ab}
Maltodekstrin + Jelatin Mikro kapsül (MJM)	2.19±0.01 ^c	0.45±0.14 ^{ab}
Kazeinat + Jelatin Mikro kapsül (KJM)	3.9±0.00 ^a	0.47±0.28 ^a
Maltodekstrin + Kazeinat + Jelatin Mikro kapsül (MKJM)	3.41±0.01 ^b	0.47±0.00 ^a

¹ Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05).

² Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.

Tukey HSD testi sonuçları incelendiğinde toz örneklere dair nem değerleri istatistiki olarak % 1.40 - 3.90 arasında değişim göstermiştir. KM ve KJM aralarında aynı ve en yüksek nem değerlerini verirken, bunu MKJM takip etmiş JM ve MJM istatistiki olarak birbirine yakın değerlerle bunu izlemiştir. MM ve MKM ise istatistiksel olarak benzer ve en düşük değer ise % 1.40 ile, kaplama materyali jelatin olan JM örneğinde gözlemlenmiştir. En yüksek nem değeri ise % 3.90 ile, kaplama materyali

kazeinat ve jelatin olan KJM örneğinde gözlemlenirken Dolayısıyla nem oranının yükselmesini doğrudan kazeinat etkilemiş olduğu görülmektedir.

Toz örneklerinin su aktivitesine bakıldığında en yüksek değer 0.47 aw ile MM, KJM ve MKJM örneklerinde elde edilmiştir. Buna karşılık en düşük su aktivitesi ise, jelatin kaplama materyali içeren JM örneğine aittir. KM, MKM ve MJM örnekleri de istatistiki olarak benzer değerler vermiştir.

Gıdaların kalite bakımından iyi olması ve raf ömürlerinin uzun olması için toz ürünlerinin nem oranı ve su aktivitesi oldukça önemlidir. Enkapsülasyon gerçekleştirilmiş materyallerin nem içerikleri yüksek olduğu takdirde yapışma da yüksek olacağı için gıda kalitesini ve raf ömrünü de olumsuz etkileyecektir. Bunun sebebi ise nem içeriği yüksek olan ürünlerde oksidasyon olasılığını arttırmasıdır (de Barros Fernandes ve ark., 2014).

Noshad ve ark., (2015) soya protein izolatu ve maltodekstrin kaplama materyali olarak kullandıkları, sprey püskürtme yöntemiyle vanilin mikroenkapsülasyonu çalışmasında elde ettikleri nem içeriği değerleri % 3.153 ± 0.063 şeklinde tespit etmişlerdir.

Hundre ve ark., (2015) dondurarak kurutma yöntemiyle ve β -siklodekstrin, peynir altı suyu protein izolatu kaplama materyallerini kullanarak vanilin mikroenkapsüle ettiği vanilin çalışmasında elde edilen nem içerik değerleri % 3.59 ile 6.99 aralığında bulmuşlardır.

Calva- Estrada ve ark., (2018) peynir altı suyu tozu ile püskürterek kurutma yöntemiyle yapmış olduğu vanilin çalışmasından elde edilen nem değerleri sonuçları % 3.55 ± 0.30 olarak, su aktivitesi sonuçları ise 0.350 şeklinde tespit etmişlerdir.

4.1.1.2. Renk ölçümleri

Çalışma kapsamında mikrokapsüle edilen vanilin örneklerinin renk değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Renk ölçümleri sonrasında yapılan Tukey HSD istatistiksel analiz sonuçlarına göre kaplama materyali maltodekstrine olan MM örneği, 94.99 ± 0.12 ile en yüksek parlaklık (L^*) değeri verirken, en düşük parlaklık değeri 79.14 ± 0.19 değeri ile jelatin

kaplama materyali kullanılan JM örneğinde görülmüştür. Jelatinin renginin sarı tonda olmasından ve maltodekstrinin daha beyaz yapıda olmasından kaynaklı, kaplama materyalinin farklılığının parlaklığa etkisini açıkça ortaya koymaktadır. KM, MJM ve KJM örneklerinin parlaklıkları arasında ise istatistiki açıdan farklılık görülmemiştir.

Elde edilen tüm mikroenkapsüle edilen vanilin örneklerinin a* (kırmızılık) değerleri negatif bulunmuştur. Bu durum ürünlerde herhangi bir yanmanın, kırmızılaşmanın olmadığını göstergesidir. En yüksek kırmızılık (a*) değeri -1.01 değeri ile, kaplama materyali olarak maltodekstrin ve jelatinin birlikte kullanıldığı MJM örneğinde görülmektedir. En düşük kırmızılık değeri ise -3.76 ile MKM örneğinde gözlemlenmiş ve bu örnek içerisinde maltodekstrin ve kazeinat birlikte kullanılmıştır. Burada kırmızılık değerini arttıran jelatin olurken, düşük kırmızılık değerinin sebebi olarak kazeinat ve maltodekstrin girdiği etkileşim olarak görülmektedir.

Çizelge 4.2. Mikroenkapsül vanilinlerin renk ölçümleri¹

Mikroenkapsüller	L*	a*	b*
Maltodekstrin Mikroenkapsül (MM)	94.99±0.12 ^a	-2.63±0.02 ^b	7.53±0.04 ^g
Kazeinat Mikroenkapsül (KM)	91.54±0.42 ^c	-3.06±0.14 ^c	22.27±0.28 ^a
Jelatin Mikroenkapsül (JM)	79.14±0.19 ^d	-1.04±0.05 ^a	20.43±0.10 ^c
Maltodekstrin + Kazeinat Mikroenkapsül (MKM)	93.20±0.12 ^b	-3.76±0.19 ^e	17.15±0.06 ^e
Maltodekstrin + Jelatin Mikroenkapsül (MJM)	91.53±0.46 ^c	-1.01±0.00 ^a	12.35±0.22 ^f
Kazeinat + Jelatin Mikroenkapsül (KJM)	91.84±0.14 ^c	-1.02±0.01 ^a	21.32±0.41 ^b
Maltodekstrin + Kazeinat + Jelatin Mikroenkapsül (MKJM)	93.22±0.25 ^b	-3.32±0.07 ^d	18.17±0.02 ^d

1 Ortalamaların karşılaştırılmasında Tukey HSD testi kullanılmıştır.

2 Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır

Mikroenkapsüle örneklerin en yüksek sarılık (b*) değeri 22.27 ile KM örneğinde görülmektedir. İçeriğindeki kazeinattan kaynaklı bir yükseklik gözlemlenmiştir. Buna karşılık en düşük sarılık değeri ise maltodekstrin kullanılarak mikroenkapsüle edilen MM örneğinde görülmektedir. Sonuç olarak jelatin ve kazeinat birlikte kullanıldığında sarılık değerini her formülasyonda arttırdığı görülmektedir.

İzzet Türker ve ark., (2018) püskürtmeli-dondurarak kurutma işleminin maltodekstrinin fiziksel özellikleri üzerine etkisi ile ilgili yapmış oldukları çalışmada, elde edilen renk değerleri $L^* 99.9$, $a^* -3.22$ ve $b^* 4.15$ şeklinde tespit etmişlerdir.

Calva-Estrad ve ark., (2018) tarafından doğal vanilin ve sentetik vanilinde peynir altı suyu tozu kullanılarak püskürterek kurutma yöntemiyle yapılan mikroenkapsülasyon çalışmasında elde edilen renk değerleri $L^* 68.25$, $a^* 3.04$ ve $b^* 25.15$ şeklinde ölçmüştür.

4.1.1.3. Parçacık büyüklüğü dağılımı

Mikroenkapsüle toz örneklerinin parçacık büyüklüğü dağılımları $D (0.1) \mu\text{m}$, $D (0.5) \mu\text{m}$ ve $D (0.9) \mu\text{m}$ aralığında ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar ise Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Mikroenkapsüllerin parçacık büyüklüğü dağılımları¹

Mikroenkapsüller	D (0.1) μm	D (0.5) μm	D (0.9) μm
Maltodekstrin Mikroenkapsül (MM)	28.50 \pm 0.14 ^s	246.50 \pm 0.70 ^e	747.0 \pm 2.82
Kazeinat Mikroenkapsül (KM)	94.00 \pm 0.42 ^c	429.00 \pm 0.00 ^b	818.00 \pm 1.41
Jelatin Mikroenkapsül (JM)	247.50 \pm 0.11 ^a	556.50 \pm 0.28 ^a	880.0 \pm 4.24
Maltodekstrin + Kazeinat Mikroenkapsül (MKM)	67.85 \pm 0.21 ^f	408.50 \pm 0.11 ^b	839.0 \pm 1.41
Maltodekstrin + Jelatin Mikroenkapsül (MJM)	78.00 \pm 0.25 ^d	320.00 \pm 14.14 ^c	796.5 \pm 3.54
Kazeinat + Jelatin Mikroenkapsül (KJM)	101.30 \pm 0.00 ^b	299.50 \pm 0.28 ^{cd}	795.0 \pm 0.00
Maltodekstrin + Kazeinat + Jelatin Mikroenkapsül (MKJM)	76.85 \pm 0.70 ^e	292.50 \pm 0.70 ^d	784.0 \pm 1.41

¹ Ortalamaların karşılaştırılmasında Tukey HSD testi kullanılmıştır.

De Brouckere ortalama çapı, hacimle ağırlıklandırılan bir partikül boyutu dağılımının ortalamasıdır. Ölçülen sinyalin partikül hacmiyle orantılı olduğu partikül boyutu ölçümlerinde doğrudan elde edilen ortalama çaptır (Allen, 2013).

Toz örneklerinin parçacık dağılımlarına bakıldığında, Tukey HSD testine göre; $D (0.1) \mu\text{m}$, $D (0.5) \mu\text{m}$ ve $D (0.9) \mu\text{m}$ aralıklarında en yüksek değerin jelatin kaplama metaryali içeren JM örneği ile, en düşük değerin maltodekstrin içeren MM mikroenkapsül örneği ile elde edildiği gözlemlenmiştir. Özellikle $D(0.1)$ de JM örneğinin parçacık büyüklüğü dağılımı diğer mikroenkapsüllerden çok yüksek olmakla beraber $0.247 \mu\text{m}$

olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak maltodekstrinin parçacık büyüklüğü dağılımını en az seviyede etkilediği, jelatinin ise parçacık büyüklüğü dağılımını en yüksek seviyede etkilediği ve parçacık boyutunu arttırdığı görülmüştür.

Araştırmada analiz edilen mikrokapsüllerin D (0.1) μm ve D (0.5) μm aralığında ulaşılan değerlerin istatistiki olarak anlamlı olduğu belirlenirken ($p < 0.05$), D (0.9) μm aralığında ise mikrokapsüller arasında istatistiki olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p > 0.05$).

Özdemir ve ark., (2015) karnauba mumu, maltodekstrin, arap zıncığı ve β -siklodekstrin kullanarak, mikrokapsüllemenin ısıtma sırasında askorbik asit, sodyum klorür ve vanilin reaktivitesine etkisini araştırmak için yapılan çalışmada mikrokapsüllerin parçacık büyüklüğü dağılımı D (0.1) aralığında ulaşılan değer 35.4 μm , D (0.5) aralığında ulaşılan değer 106.6 μm ve D (0.9) aralığında ise 372.3 μm şeklindedir.

Hundre ve ark., (2015) dondurarak kurutma yöntemiyle ve β -siklodekstrin, peynir altı suyu protein izolatu kaplama materyallerini kullanarak vanilin mikroenkapsülasyonu hakkında yapmış olduğu bir vanilin çalışmasında elde edilen ortalama parçacık büyüklüğü 36.91 μm şeklinde tespit etmişlerdir.

4.1.1.4. Yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk ve parçacık yoğunluğu

Mikrokapsüle toz örneklerinden elde edilen yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk ve parçacık yoğunlukları sonuçları Çizelge 4.4'de gösterilmiştir

Mikroenkapsüle vanilin örneklerinin yığın yoğunluğu 0.5134 ile 0.6085 g/ml arasında değişmektedir. Maltodekstrin kaplama materyali içeren MM örneği en yüksek yığın yoğunluğu 0.6085 g/ml verdiği görülmektedir. Bununla beraber en düşük yığın yoğunluğu ise maltodekstrin ve jelatinin beraber kullanıldığı MJM örneğinde görülmüştür. Yüksek bir yığın yoğunluğu genellikle hava tarafından işgal edilebilecek parçacıklar arasında daha az boşluk olduğu anlamına gelir, bu da oksidasyonu önlemeye ve tozun stabilitesini artırmaya yardımcı olur. Buradan hareketle maltodekstrin kaplama materyali kullanımı mikrokapsüllerde oksidasyonu azaltmaya yardımcı olurken, jelatin arttırmaktadır.

Mikroenkapsüle örneklerin sıkıştırılmış yoğunluk değerleri 0.670 ile 0.751 g/ml arasında değişmektedir. Sıkıştırılmış yoğunluklarda en yüksek değer kazeinat ve jelatin kaplama materyali içeren KJM örneği ile jelatin içeren JM örneğinde görülmektedir. KM ve MJM örneklerinde sıkıştırılmış yoğunluğu istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmamıştır. Sıkıştırılmış yoğunluğun en düşük değer ise 0.670 ile maltodekstrin ve kazeinat kaplama materyali içeren MKM örneğinde görülmektedir. O halde jelatin kullanımı formülasyonların yığın yoğunluğunu, sıkıştırılmış yoğunluğunu ve parçacık büyüklüğü dağılımı etkileyen bir materyal olarak ifade edilebilir.

Çizelge 4.4. Mikroenkapsüllerin yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk ve parçacık yoğunlukları¹

Mikroenkapsüller	Yığın (g/ml)	Sıkıştırılmış (g/ml)	Parçacık (g/ml)
Maltodekstrin Mikroenkapsül (MM)	0.609 ± 0.00 _a	0.742 ± 0.00 _b	1.005 ± 0.00 _c
Kazeinat Mikroenkapsül (KM)	0.593 ± 0.00 ^d	0.690 ± 0.00 _d	1.001 ± 0.00 _c
Jelatin Mikroenkapsül (JM)	0.601 ± 0.00 ^e	0.751 ± 0.00 _a	0.909 ± 0.00 _d
Maltodekstrin + Kazeinat Mikroenkapsül (MKM)	0.535 ± 0.00 _f	0.670 ± 0.00 _e	1.115 ± 0.00 _b
Maltodekstrin + Jelatin Mikroenkapsül (MJM)	0.513 ± 0.00 _g	0.693 ± 0.00 _d	1.117 ± 0.00 _b
Kazeinat + Jelatin Mikroenkapsül (KJM)	0.605 ± 0.00 _b	0.756 ± 0.00 _a	1.003 ± 0.00 _c
Maltodekstrin + Kazeinat + Jelatin Mikroenkapsül (MKJM)	0.564 ± 0.00 _e	0.705 ± 0.00 _c	1.228 ± 0.00 _a

¹ Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05).

Parçacık yoğunluklarına bakıldığında; değerler 0.909-1.228 g/ml arasında değişmiştir. Bu da mikroenkapsüllerde benzer gözenekliliğin varlığını ve / veya pürüzlü veya dişli yüzeyli mikro kapsüllerin varlığını göstermektedir. En yüksek parçacık yoğunluğu değeri MKJM örneği, yani tüm kaplama materyallerin birlikte kullanıldığı mikroenkapsülde tespit edilmiştir. Parçacık yoğunluğu MM, KM ve KJM örneklerinde istatistiki olarak aynı bulunmuş, bunu MKM ve MJM örnekleri takip etmiş ve en düşük değer ise sadece jelatin kaplama materyali içeren JM örneğinde olduğu görülmüştür.

Toz gıdaların yığın özellikleri (yığın ve sıkıştırılmış yoğunluğu, porozite ve akabilirlik) ürünün partikül çapı ve partikül boyut dağılımına bağlıdır (Barbosa-Canovas ve ark., 2005). Düşük yığın yoğunluğu paket hacmini arttırdığı için pek istenen bir durum değildir. Ayrıca düşük yığın yoğunluğuna sahip ürünler boşlukları arasında daha

fazla hava barındırdığı için ürünün depolama stabilitesini azaltan oksidasyon riski daha yüksektir (Koç ve ark., 2011).

İzzet Türker ve arkadaşlarının (2018) püskürtmeli-dondurarak kurutma işleminin maltodekstrinin fiziksel özellikleri üzerine etkisi ile ilgili yapmış oldukları çalışmada, yığın yoğunluk değerlerinin $\sim 71 - 90 \text{ kg/m}^3$, sıkıştırılmış yoğunluk değerlerinin $\sim 119 - 138 \text{ kg/m}^3$ ve partikül yoğunluğu değerlerinin $\sim 645 - 1368 \text{ kg/m}^3$ arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Hundre ve ark., (2015) dondurarak kurutma yöntemiyle ve β -siklodekstrin, peynir altı suyu protein izolatu kaplama materyallerini kullanarak vanilin mikroenkapsülasyonu çalışmasında elde edilen sıkıştırılmış yoğunluk sonuçlarının 0.84-0.78 arasında değerlere ulaşılmış, sıkıştırılmış yoğunluk sonucu ise 0.78 g/ml olarak bulunmuşlardır.

Calva-Estrad ve ark., (2018) tarafından doğal vanilin ve sentetik vanilinde peynir altı suyu tozu kullanılarak püskürterek kurutma yöntemiyle yapılan mikroenkapsüle vanilin çalışmasında yığın yoğunluk değerleri $130.20 \pm 5.25 \text{ kg/m}^3$ olara, sıkıştırılmış yoğunluk değerlerini $225 \pm 3.15 \text{ kg/m}^3$ olarak belirlemişlerdir.

4.1.1.5. Porozite, akıcılık (CI) ve yapışkanlık (HR)

Mikrokapsüllerde yapılan analizlerle elde edilen porozite, akıcılık (CI) ve yapışkanlık (HR) sonuçları Çizelge 4.5’de gösterilmiştir.

Porozite sonuçlarında en yüksek değer 57.91 ± 0.0 ile maltodekstrin, kazeinat ve jelatin kaplama materyali içeren MKJM örneğinde tespit edilmiş olup bu durum gözenekli yapının belirgin olduğu göstermektedir. Bunu MKM ve MJM örneklerinin takip ettiği istatistiki olarak da benzer sonuçlar verdiği belirlenmiştir. En düşük porozite değeri ise 17.38 ± 0.02 ile JM örneği olan jelatin kaplama materyalli mikrokapsülde görülmektedir. MKJM örneğinin farklı olarak kazeinat kaplama materyali içermesinin gözenekli yapıya sebep olduğu düşünülmektedir.

Akıcılık analizlerine bakıldığında ise 0.25 CI değeri ile en akışkan mikrokapsülün MJM örneği (maltodekstrin + jelatin kaplama materyali ile mikroenkapsüle edilen) olduğu saptanmıştır. JM, MKM, KJM ve MKJM örneklerinde

CI değeri 0.20 olup istatistiki açıdan benzer değerler aldıkları ($p>0.05$) saptanmıştır. Kazeinat kaplama materyali içeren KM örneğinde ise CI 0,14 olup, zayıf akıcılık özelliği görülmektedir. Sonuçlardan hareketle mikroenkapsülasyon sonrası kazeinatın pürüzlü yüzey yarattığı ve bu nedenle akıcılığı zayıflattığı sonucuna varılabilir.

Çizelge 4.5. Mikroenkapsüllerin porozite(ϵ), akıcılık (CI) ve yapışkanlık (HR) değerleri¹

Mikroenkapsüller	Porozite (ϵ)	Akıcılık (CI)	Yapışkanlık (HR)
Maltodekstrin Mikroenkapsül (MM)	26.17 \pm 0.04 ^d	0.18 \pm 0.00 ^c	1.219 \pm 0.00 ^c
Kazeinat Mikroenkapsül (KM)	31.06 \pm 0.05 ^c	0.14 \pm 0.00 ^d	1.163 \pm 0.00 ^d
Jelatin Mikroenkapsül (JM)	17.38 \pm 0.02 ^f	0.20 \pm 0.00 ^b	1.250 \pm 0.00 ^b
Maltodekstrin + Kazeinat Mikroenkapsül (MKM)	38.13 \pm 1.47 ^b	0.20 \pm 0.00 ^b	1.252 \pm 0.00 ^b
Maltodekstrin + Jelatin Mikroenkapsül (MJM)	37.93 \pm 0.04 ^b	0.25 \pm 0.00 ^a	1.349 \pm 0.00 ^a
Kazeinat + Jelatin Mikroenkapsül (KJM)	24.62 \pm 0.00 ^c	0.20 \pm 0.00 ^b	1.250 \pm 0.00 ^b
Maltodekstrin + Kazeinat + Jelatin Mikroenkapsül (MKJM)	57.91 \pm 0.02 ^a	0.20 \pm 0.00 ^b	1.250 \pm 0.00 ^b

1 Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ($p<0.05$).

2 Sonuçlar iki tekrarin ortalamasıdır

Yapışkanlık - Hausner oranlarına bakıldığında değerlerin 1.1636 - 1.3498 arasında değiştiği bunun sonucu olarak da kohezif özelliğe sahip, daha zayıf bir akışı düşündüren bir miktar koheziflik görülmektedir. JM, MKM, KJM ve MKJM örneklerinde istatistiksel analizlerinde fark gözlemlenmemiş ($p>0.05$), MM örneği en yapışkan, KM örneği ise 7 farklı mikroenkapsül içinde en az yapışkanlık özelliği gösteren örnek olmuştur. Dondurarak kurutulan tozların düzensiz yüzey morfolojisi, kısıtlı ve çok zayıf akışkanlığına bağlanabilir ve büyük partiküllerin kohezif kuvveti azaltma eğiliminde olabileceğini göstermiştir.

Calva-Estrad ve ark., (2018) tarafından doğal vanilin ve sentetik vanilinde peynir altı suyu tozu kullanılarak püskürterek kurutma yöntemiyle yapılan çalışmada mikroenkapsüllerin parçacık yoğunluğu 740-750 kg/cm³ arasında değişmiştir. Bu da mikroenkapsüllerde benzer gözenekliliğin varlığını veya pürüzlü veya dişli yüzeyli mikroenkapsüllerin varlığını gösterdiğini belirtmişlerdir. Hausner oranı (1.63 - 1.71), kohezif özelliğe sahip çok zayıf bir akışı düşündüren bir miktar koheziflik ile toz viskozitesinin göstergesi olduğunu belirtmişlerdir. Akış özellikleri, peynir altı suyu

konsantresinin kullanıldığı rapor edilen mikrokapsüllere benzer ve bu da mikrokapsüllerin akış özelliklerinin büyük ölçüde duvar malzemesi olarak kullanılan biyopolimere bağlı olduğunu göstermiştir.

İzzet Türker ve ark., (2018) püskürtmeli-dondurarak kurutma işleminin maltodekstrinin fiziksel özellikleri üzerine etkisi ile ilgili yapmış oldukları çalışmada, yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk arasındaki farkın çok yüksek olmaması, ürünün akabilirliğinin orta düzeyde olduğunu ve kekleşmenin düşük olduğunu bulmuştur. Bu durum ürünün partikül boyutunun küçük olması, porozite değerlerinin 0.80'den yüksek olması ve Hausner oranının 1.4'ten yüksek olması ile ilişkilendirilerek açıklamışlardır. Yapışma değeri yüksek olan ürünlerde akabilirlik sorunu ortaya çıkmaktadır. Toz ürünlerin akabilmesi için yığın içerisinde yer alan partiküllerin hareket edebilmesi ve mevcut kuvvetlerinin dışardan uygulanan kuvvetten daha düşük olması gerekmektedir. Carr indeks ve Hausner oranı değerlerinin PDK işlem değişkenlerinin her ikisinden de etkilendiği ve kurutma süresinin, plaka sıcaklığı ile iç etkileşiminin önemli olduğu saptanmıştır.

4.1.1.6. Higroskopisite

Mikrokapsül örneklerinden elde edilen higroskopisite sonuçları Çizelge 4.6'da gösterilmektedir. Mikroenkapsüle tozların higroskopisite sonuçlarının ortalamaları karşılaştırıldığında; kazeinat + jelatin kaplama materyali içeren KJM örneğinin en higroskopik formülasyon olduğu, atmosferik nemi absorbe etme kapasitesinin en yüksek bulunduğudur. Bunu sırasıyla MKJM, KM, MJM, MM ve MKM izlemiştir ve daha az higroskopisite göstermiştir. Higroskopisite değerleri arasında en düşük değer ise % 15.92 ± 0.84 ile jelatin içeren JM örneğinde görülmektedir. Bu sonuçlardan hareketle jelatin kaplama materyalinin tek başına kullanıldığında mikroenkapsüle ürünün higroskopisitesini arttırmadığını, kazeinat kullanımı ile atmosferik nemi absorbe etme kapasitesinin yükseltildiğini ve nem çekmeye meyilli hale getirdiğini görmekteyiz. Mikrokapsül ürünlerde yüksek higroskopisite istenmeyen bir özellik olduğundan kazeinatın bu stabiliteyi sağlayamayacağı kanısına varılmıştır.

Noshad ve ark. (2015) soya protein izolatu ve maltodekstrin kaplama materyali olarak kullanıldığı ve sprey püskürtme yöntemiyle vanilin mikroenkapsülasyonu

üretildiği çalışmada higroskopisite sonuçları 8.7 - 11.3 g su/100g numune arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada maltodekstrinin atmosferik nemi absorbe etme kapasitesinin yüksek olmadığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.6. Mikrokapşüllerin higroskopisite, ıslanabilirlik ve çözünürlük değerleri

Mikrokapşüller	Higroskopisite %	Islanabilirlik (dk)	Çözünürlük %
Maltodekstrin Mikrokapşül (MM)	21.17±0.02 ^e	5.00±1.41 ^{de}	73.00±0.00 ^{bc}
Kazeinat Mikrokapşül (KM)	28.63±0.01 ^e	8.00±0.28 ^{cd}	72.00±0.70 ^e
Jelatin Mikrokapşül (JM)	15.92±0.84 ^g	16.50±0.00 ^a	39.00±1.41 ^f
Maltodekstrin + Kazeinat Mikrokapşül (MKM)	20.50±0.00 ^f	7.50±0.14 ^{de}	76.50±0.00 ^a
Maltodekstrin + Jelatin Mikrokapşül (MJM)	24.03±0.14 ^d	7.50±0.14 ^d	52.00±1.41 ^e
Kazeinat + Jelatin Mikrokapşül (KJM)	41.58±0.02 ^a	12.30±0.98 ^b	59.00±0.84 ^d
Maltodekstrin + Kazeinat + Jelatin Mikrokapşül (MKJM)	36.07±0.04 ^b	10.70±0.42 ^{bc}	75.50±0.28 ^{ab}

1 Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05).

Sahar Akhavan Mahdavi ve ark., (2015), doğal antosiyaninlerin maltodekstrin, arap zıncığı ve jelatin ile mikrokapşülleme optimizasyonu üzerine yapmış oldukları çalışmada higroskopisite değerleri % 19.53 - 21.23 arasında bulunmuştur. Maltodekstrin ve arap zıncığı ile kurutulan mikrokapşüllerin daha az higroskopik olduğu ve bunun da düşük nem içeriğinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

4.1.1.7. Islanabilirlik

Mikrokapşül örneklerinden elde edilen ıslanabilirlik sonuçları Çizelge 4.6.'da verilmiştir.

5.00 dk ile ıslanabilirlik değerleri en iyi olan ve en kısa sürede sıvıyı emebilme yeteneğine sahip mikrokapşül maltodekstrin içeren MM örneğidir. KM, MKM ve MJM örneklerinde 7.5 - 8.0 dk ile birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. En son sıvıyı emebilen-ıslanabilirliği düşük olan örnek ise 16.50 dk ile jelatinin kaplama materyali olarak kullanıldığı JM mikrokapşül örneğidir. Mikrokapşül tozların gıda endüstrisinde bir gıda bileşeni olarak kullanımı aşamasında iyi rekonstruktif özelliklere sahip

maddeler tercih sebebi olabilir ve rehidrasyonu güçlü olanlar daha çok kullanılmaktadır. Bu nedenle ıslanabilirliğinin iyi olması tercih edilmektedir. Çok zor çözünme ve ıslanma yeteneğine sahip olan jelatin hammaddesi bu anlamda mikroenkapsüle üründe kullanım için zayıf bulunmuştur.

Islanabilirlik, toz ürünün kapiler kuvvetlerin etkisi altında, sıvıyı emebilme yeteneğinin ölçüsüdür. Tozların ıslanabilirliği, genellikle tozun yüzeyi ve penetre olan su arasındaki açıyla belirlenir. Bu sebeple tozun yüzey kompozisyonu, tozun ıslanabilme sürecinde önemli bir işleve sahiptir. Büyük yığınlar ıslanmayı zorlaştırmaktadır (Hui ve ark., 2006).

İzzet Türker ve ark., (2018) püskürtmeli-dondurarak kurutma işleminin maltodekstrinin fiziksel özellikleri üzerine etkisi ile ilgili yapmış oldukları çalışmada, ıslanabilirlik değerlerini 36.2 - 63.2 s olarak bulmuşlardır. Püskürterek dondurarak kurutma işlem koşullarının ıslanabilirlik, çözünabilirlik ve kekleşme üzerine etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını belirlemişlerdir.

4.1.1.8. Çözünürlük

Mikrokapsül analizlerinden elde edilen çözünürlük değerleri Çizelge 4.6.'da yer almaktadır.

Çözünürlük, kapsüllenmiş tozlar için önemli bir anlık özelliktir, çünkü bir gıda bileşeni olarak kullanıldığında rehidrasyona tabi tutulabilir (Syamaladevi ve ark., 2012).

Çözünürlük sonuçlarına bakıldığında % 76.5 ile en iyi çözünürlüğün maltodekstrin + kazeinat içeren MKM örneği ve istatistiki olarak çok yakın sonuçlar elde edilen MKJM örneği olduğu görülmektedir. MM ve KM örnekleri bunu takip ederken, en zayıf çözünürlüğü sahip olan mikrokapsül ise % 39 ile jelatin kaplama materyali içeren JM örneğidir. Jelatinin kendi kimyasal özelliğinden kaynaklı zor çözünme göstermesi, eklendiği mikroenkapsüle toz ürünün de çözünmesini etkilediği düşünülmektedir.

Calva-Estrad ve ark., (2018) tarafından, doğal vanilin ve sentetik vanilinde peynir altı suyu tozu kullanılarak püskürterek kurutma yöntemiyle yapılan

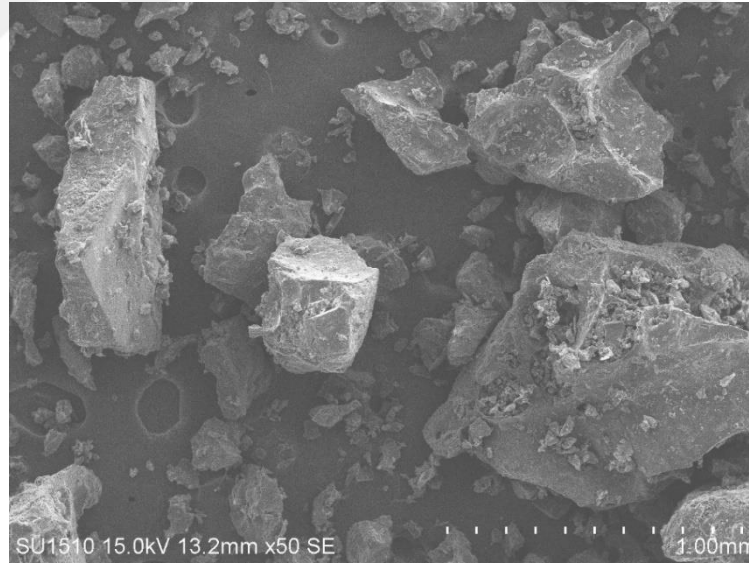
mikroenkapsül çalışmasında elde edilen çözünürlük sonuçları % 95.30 olarak belirlenmiştir.

Noshad ve ark., (2015) soya protein izolatu ve maltodekstrin kaplama materyali olarak kullandıkları, sprey püskürtme yöntemiyle vanilin mikroenkapsülasyonu çalışmasında elde ettikleri çözünürlük değerleri 11.415 birim olarak tespit edilmiştir.

Mahdavi ve ark., (2015), doğal antosiyaninlerin maltodekstrin, arap zankı ve jelatin ile mikrokapsülleme optimizasyonu üzerine yapmış oldukları çalışmada çözünürlük değerleri % 90.687 - 91.091 bulmuşlardır.

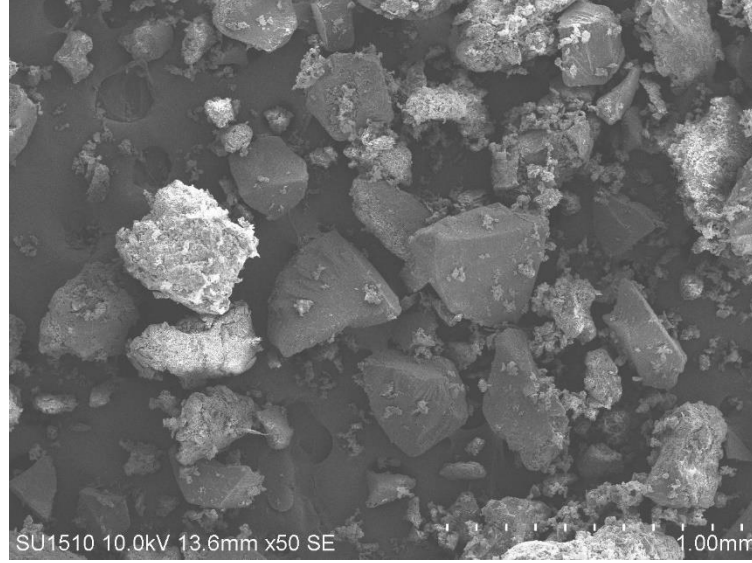
4.1.1.9. Partikül morfoloisi (SEM) analizleri

Çalışma kapsamında farklı kaplama materyalleriyle mikroenkapsüle edilen vanilinlerin partikül morfolojisini belirlemek için taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile 1000k ve 5000 k da görüntüleri alınmıştır.



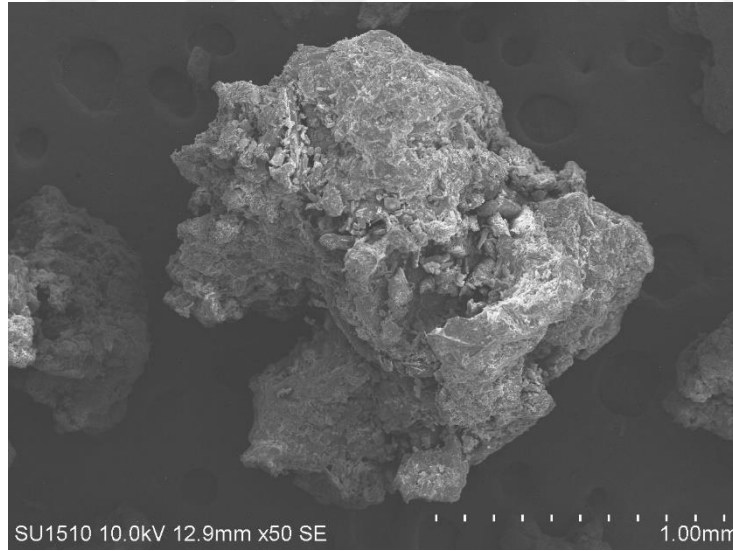
Şekil 4.1. MM örneğinin SEM görüntüsü

Şekil 4.1.'da maltodekstrin kaplama materyali içeren MM örneği gösterilmekte olup; pürüzlü yüzeyler, düzgün olmayan partikül şekilleri ve bazı bölgelerde aglomerasyonlar görüntülenmiştir.



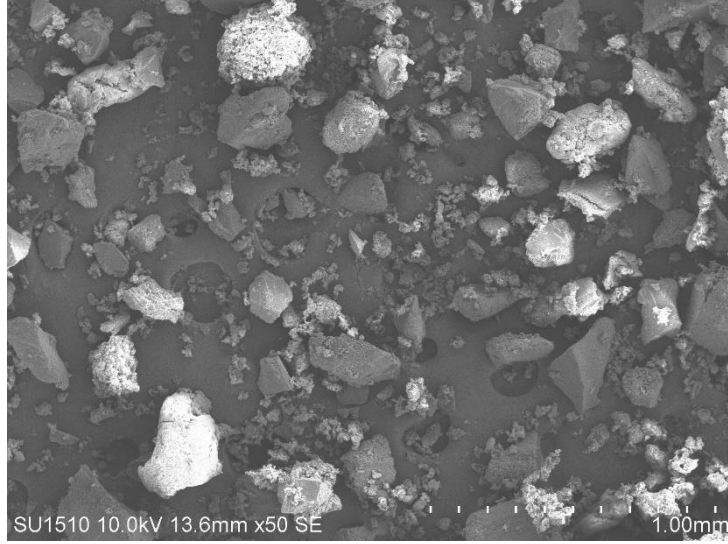
Şekil 4.2. KM örneğinin SEM görüntüsü

Şekil 4.2.'da kazeinat ile mikroenkapsüle edilmiş KM örneğine ait SEM görüntüsü bulunmaktadır. Görüntülerde küresel olmamakla birlikte daha pürüzsüz yüzeyler görülmüş bu da akış özelliklerinin daha iyi olmasıyla ve film oluşturma kapasitesinin daha yüksek olmasıyla açıklandığı düşünülmektedir.



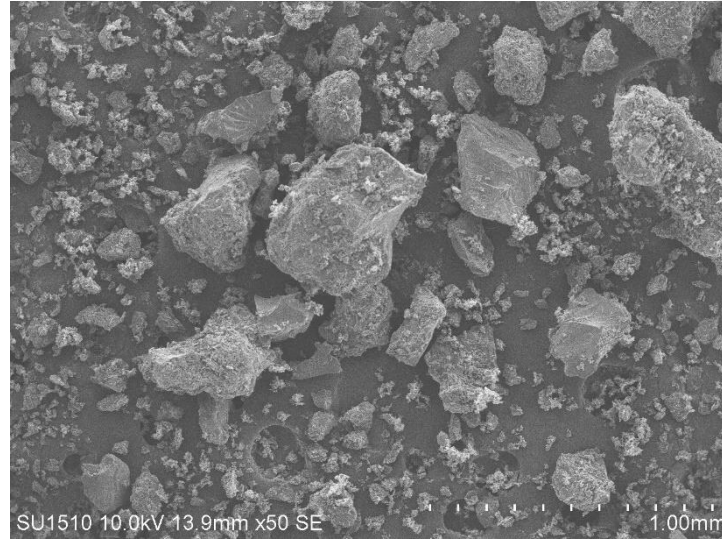
Şekil 4.3. JM örneğinin SEM görüntüsü

Jelatin kaplama materyali içeren mikroenkapsüle JM örneğinin SEM görüntüsü Şekil 4.3.'de gösterilmekte olup, daha büyük partiküller ve morfoljik yapılar, çatlaklı yüzeyler ve küresel olmayan şekiller görüntülenmiştir.



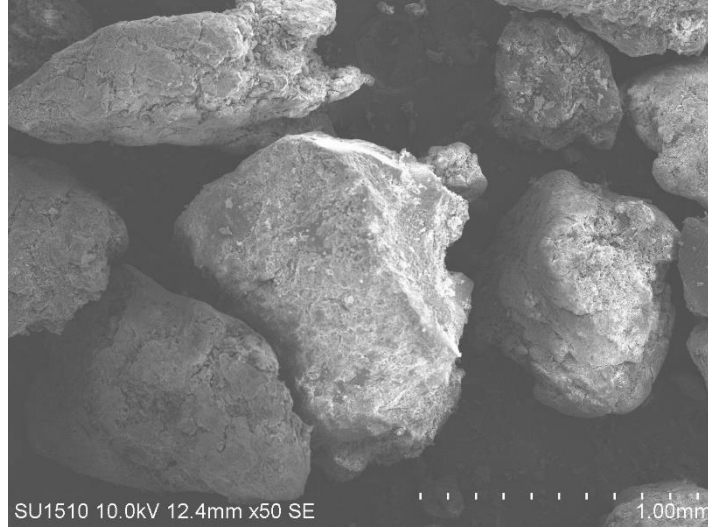
Şekil 4.4. MKM örneğinin SEM görüntüsü

Maltodekstrin + kazeinat içeren mikrokapsüle MKM örneği Şekil 4.4.'de gösterilmektedir. Bu mikrokapsülde daha küçük morfolojik yapılar, küresel olmayan şekiller ve pürüzlü yüzeyler görüntülenmiştir.



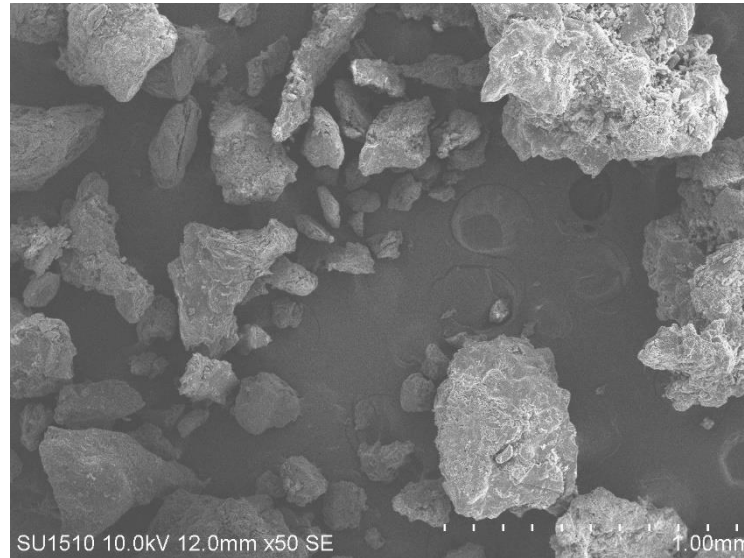
Şekil 4.5. MJM örneğinin SEM görüntüsü

Maltodekstrin + jelatin içeren mikroenkapsüle MJM örneğinin SEM görüntüsü Şekil 4.5.'de verilmiştir. Diğer formülasyonlara benzer şekilde pürüzlü, küresel olmayan morfolojik yapılar görüntülenmiştir.



Şekil 4.6. KJM örneğinin SEM görüntüsü

Şekil 4.6.'da SEM görüntüleri yer alan kazeinat + jelatin içeren mikroenkapsüle KJM örneğinde; jelatin içeren JM formülasyona benzer şekilde pürüzlü, daha küresel ve çok sivri olmayan büyük morfolojik yapılar görüntülenmiştir. Bu yapının jelatinin akış özelliklerinin iyi olmamasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.7. MKJM örneğinin SEM görüntüsü

Şekil 4.7.'de maltodekstrin + kazeinat + jelatin içeren mikroenkapsüle MKJM örneğinin SEM görüntüleri verilmiştir. Bu örnek de diğer formülasyonlara benzer şekilde pürüzlü, küresel olmayan morfolojik yapılar görüntülenmiştir.

Bu sonuçlardan hareketle, dondurarak kurutma yönteminde örnekler tabaka halinde kuruduğu için sonradan parçalanarak analizler yapılmış, dolayısıyla düzensiz morfolojik yapıların oluşmasına sebep olmuştur. Kapsülleme verimliliğinin çok yüksek olmaması da buradan kaynaklandığı düşünülmektedir. Örnekler arasında en düzgün ve standart yapının KM örneğinde, en düzensiz, pürüzlü ve aglomerasyon oluşturan yapı ise JM örneğinde görüntülenmiştir.

Noshad ve ark., (2015) soya protein izolatu ve maltodekstrin kaplama materyali olarak kullandıkları, sprey püskürtme yöntemiyle vanilin mikroenkapsülasyonu vanilya çalışmasında elde edilen partikül morfolojisi sonuçlarında hiçbir görünür çatlak veya yarıklık olmaksızın küresel bir şekil ve iyi kapsülleme verimliliğini gösteren yüksek akış özellikli pürüzsüz yüzey gözlemlendiği ifade edilmiştir. Yüzey alanlarının artmasıyla sonuçlanan üç katmanlı mikrokapsüllerin girintili yüzeylerin oluşumu, kapsüllenmemiş vanilinin artışına katkıda bulunabileceği saptanmıştır.

Hundre ve ark., (2015) dondurarak kurutma yöntemiyle ve β -siklodekstrin, peynir altı suyu protein izolatu kaplama materyallerini kullanarak vanilin mikroenkapsülasyonu ile ilgili çalışmada yapılan SEM analizlerinde genellikle küresel şekil ağırlıklı ve üzerinde küçük ince hava delikleri gözlemlenmiştir. Dondurularak kurutulmuş mikrokapsüllenmiş parçacıklarda düzensiz, pullu, gözenekli ve kristal yapılar olduğunu bildirmiştir.

Calva-Estrada ve ark., (2018) yapmış olduğu bir vanilya çalışmasında elde ettikleri partikül sonuçlarının neredeyse tamamının pürüzsüz yüzeylere sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca boyut olarak çok heterojen ve daha küçük parçacıklar arasında topaklaşmaya meyilli homojen küresel bir morfoloji seğılediği ifade edilmiştir.

4.1.2. Bisküvi analizleri

4.1.2.1. Çap, kalınlık ve yayılma oranı

Çalışma kapsamında yapılan 7 farklı formülasyon ile mikroenkapsüle edilen vanillinin kullanıldığı bisküvi örnekleri ve kontrol bisküvilerin çap, kalınlık ve yayılma oranı değerleri Çizelge 4.7.'de verilmiştir. Çap, kalınlık ve yayılma oranının önemi üretim aşamasında kullanılan teknolojinin niteliğinin anlaşılmasında yardımcı olmaktadır. Çünkü çap ve kalınlıktan elde edilen değerler kalitenin belirlenmesini işaret etmektedir (Kissell ve ark., 1971; Demir, 2013). Genellikle tüketici tarafından kalınlığı düşük, çapı geniş ve yayılması yüksek bisküviler tercih edilmekte fakat aşırı yayılma da çok istenmeyen bir durumdur. Tüketicinin tazelik algısıyla bisküvinin tekstürel özellikleri arasında kuvvetli bir ilişki vardır (Ahlborn ve ark., 2005; Demir, 2014).

Kaplama materyalleriyle elde edilen vanilinlerle hazırlanmış olan bisküvilerin çap, kalınlık ve yayılma oranları kontrol grubu ile karşılaştırıldığında istatistiki farklılıklar göstermemiştir. Çap değerlerinin 55.30 mm ile 54.80 mm arasında, kalınlık değerlerinin 9.30 mm ile 8.90 mm arasında, yayılma oranı değerlerinin ise 5.90 – 6.16 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.7. Bisküvilerin çap, kalınlık ve yayılma oranları¹

Bisküviler	Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Yayılma Oranı
Kontrol	55.00 ± 0.70	9.25 ± 0.21	5.95 ± 0.00
Maltodekstrin Mikrokapsül (MM)	54.90 ± 0.14	9.10 ± 0.00	6.03 ± 0.00
Kazeinat Mikrokapsül (KM)	55.10 ± 0.14	9.00 ± 0.00	6.12 ± 0.00
Jelatin Mikrokapsül (JM)	55.20 ± 0.00	9.20 ± 0.14	6.00 ± 0.50
Maltodekstrin + Kazeinat Mikrokapsül (MKM)	55.20 ± 0.14	9.30 ± 0.28	5.90 ± 0.50
Maltodekstrin + Jelatin Mikrokapsül (MJM)	54.90 ± 0.14	9.00 ± 0.00	6.10 ± 0.00
Kazeinat + Jelatin Mikrokapsül (KJM)	55.30 ± 0.28	9.10 ± 0.70	6.08 ± 0.00
Maltodekstrin + Kazeinat + Jelatin Mikrokapsül (MKJM)	54.80 ± 0.00	8.90 ± 0.28	6.16 ± 0.00

1 Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05).

Demirel ve ark., (2018)'nın farklı turunçgillerden elde edilen albedolarının bisküvi üretiminde kullanımı üzerine yapmış olduğu bisküvi çalışmasında çap değerleri 54.07 - 57.30 mm, kalınlık değerleri 7.85 - 9.07 mm, yayılma oranı ve sertlik değerleri ise 2315.48 - 4362.92 g-kuvvet arasında değişim göstermiştir.

Taş (2011) bisküvi üretiminde çap değerlerini 62.60 - 69.13 mm, kalınlık değerlerini 8.51 - 9.67 mm, yayılma oranlarını 6.52 - 8.10 ve sertlik değerlerini ise 1797.70 - 2498.77 g-kuvvet olduğunu tespit etmiştir.

Beğen (2012) yapmış olduğu lüpen kepeği ilaveli bisküvi çalışmasında; çap değerleri 61.32 - 70.70 mm, kalınlık değerleri 8.29 - 10.67 mm yayılma oranı değerleri 6.03 - 8.28 ve sertlik değerleri ise 2700 - 7526 g-kuvvet olduğunu bildirmiştir.

4.1.2.2. Tekstür profili (TPA)

Çalışma kapsamında üretilen bisküviler hazırlandıktan sonra 2 saat dinlendirilerek tekstür profilleri çıkarılmıştır. Bisküvilerin tekstür profilleri Çizelge 4.8.'de gösterilmiştir.

Bisküvilerin sertliği 5156 – 5846 g aralığında değişmekte ve kontrol grubundan daha düşük sertlik değerleri elde edilmiştir. Kırılma değeri 25.30 mm ile 30.19 mm aralığında bulunmuş ve kontrol grubundan daha düşük kırılma değeri sahip bisküviler elde edilmiştir.

Çizelge 4.8. Bisküvilerin tekstür profili¹

Bisküviler	Sertlik (g)	Kırılma (mm)
Kontrol	6144 ± 1.70 ^a	30.88 ± 0.03 ^a
Maltodekstrin Mikrokapsül (MM)	5156 ± 1.13 ^c	25.30 ± 0.99 ^d
Kazeinat Mikrokapsül (KM)	5250 ± 35.92 ^{dc}	29.61 ± 0.13 ^{abc}
Jelatin Mikrokapsül (JM)	5156 ± 1.13 ^{ab}	29.50 ± 0.56 ^{abc}
Maltodekstrin + Kazeinat Mikrokapsül (MKM)	5846 ± 50.35 ^{abc}	28.70 ± 0.14 ^{bc}
Maltodekstrin + Jelatin Mikrokapsül (MJM)	5337 ± 42.28 ^{dc}	30.19 ± 0.14 ^{ab}
Kazeinat + Jelatin Mikrokapsül (KJM)	5558 ± 170.41 ^{bcd}	28.48 ± 0.17 ^c
Maltodekstrin + Kazeinat + Jelatin Mikrokapsül (MKJM)	5511 ± 71.13 ^{cdc}	29.21 ± 0.06 ^{bc}

¹ Ortalamaların karşılaştırılmasında Tukey HSD testi kullanılmıştır.

Maltodekstrin kullanılarak mikroenkapsüle edilmiş vanilinle elde edilen bisküviler sertliği ve kırılabilirliği daha düşük olan örnekler olarak kaydedilmiştir.

Mikroenkapsüle edilmiş vanilin örnekleri arasında jelatin kullanılarak mikroenkapsüle edilmiş vanilinle elde edilen bisküviler ise sertliği ve kırılabilirliği daha yüksek olan örnekler olarak kaydedilmiştir.

Demirel ve Demir (2018)'in farklı turuncgillerden elde edilen albedolarının bisküvi üretiminde kullanımı üzerine yapmış olduğu bisküvi çalışmasındaki sertlik oranı 2315.48 ile 4362.92 arasında tespit edilmiştir.

Taş (2011)'in yapmış olduğu çalışmada elde edilen sertlik oranı 1797.0 ile 2498.77 aralığında değişmektedir. Beğen (2012)'in yapmış olduğu çalışmada ise elde edilen sertlik oranı 2700-7526 arasında değişmektedir.

4.1.2.3. Renk ölçümü

Çalışmada üretilen bisküvilerin renk ölçümleri hakkında yapılan istatiki veriler incelendiğinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.9. 'da ifade edildiği gibi arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Farklı kaplama materyalleri ile kaplanmış mikroenkapsüle vanilin ilave edilmiş bisküvi örneklerinin herbirinde e yüksek L* parlaklık değerine sahip (80.11) örneğin, jelatin kaplama materyali içeren JM örneğinde belirlenmiştir. En düşük L* parlaklık değeri ise (78.14) kazeinat + jelatin kaplama materyali içeren KJM örneğinde belirlenmiştir.

Renk ölçümlerinin kırmızılık, a* değerlerine bakıldığında en yüksek değer kazeinat kaplama materyali ile mikroenkapsüllenmiş vanilin kullanılan KM örneğinde, en düşük a* değeri ise kazeinat ve jelatinin birlikte kullanıldığı mikroenkapsüle vanilin içeren KJM örneğinde görülmektedir. a* değerlerinin negatif çıkması ile de, bisküvilerde herhangi bir yanma ve kırmızılaşma olmadığı görülmektedir.

Renk ölçümlerinin b* değerlerine bakıldığında 26.05 değeriyle en yüksek ve istatistiki olarak benzer bulunan MKJM ve JM örneklerinde, en düşük değer ise kontrol grubu ile istatistiki olarak benzer sonuçlar veren MM örneğinde görülmektedir. Jelatinin kendine özgü yüzey renginden dolayı sarılığın artmasını sağladığı düşünülebilir.

Çizelge 4.9. Bisküvilerin renk ölçüm sonuçları¹

Bisküviler	L*	a*	b*
Kontrol	78.81±0.12 ^{bcd}	-0.57±0.00 ^{cd}	24.74±0.31 ^c
Maltodekstrin Mikrokapsül (MM)	78.74±0.25 ^{bcde}	-0.47±0.00 ^{cd}	24.69±0.13 ^c
Kazeinat Mikrokapsül (KM)	78.17±0.24 ^{de}	-0.18±0.00 ^a	25.75±0.03 ^{ab}
Jelatin Mikrokapsül (JM)	80.11±0.14 ^a	-0.48±0.00 ^{cd}	26.04±0.06 ^a
Maltodekstrin + Kazeinat Mikrokapsül (MKM)	78.32±0.23 ^{cde}	-0.24±0.00 ^{ab}	25.83±0.10 ^{ab}
Maltodekstrin + Jelatin Mikrokapsül (MJM)	79.2±0.07 ^b	-0.40±0.00 ^{bc}	25.33±0.08 ^b
Kazeinat + Jelatin Mikrokapsül (KJM)	78.14±0.08 ^e	-0.59±0.00 ^d	25.47±0.04 ^b
Maltodekstrin + Kazeinat + Jelatin Mikrokapsül (MKJM)	78.92±0.04 ^{bc}	-0.22±0.00 ^{ab}	26.05±0.07 ^a

¹ Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05).

Genel olarak maltodekstrin kaplama materyali içeren vanilinle yapılan bisküvilerin kontrol grubu bisküviler ile yakın parlaklık, kırmızılık ve sarılık değerlerine sahip olduğu, jelatin kaplama materyali içerikli vanilinle yapılan bisküvilerin kontrol grubu bisküviler ile farklı parlaklık, kırmızılık ve sarılık değerlerine sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Demirel ve Demir (2018) bir bisküvi çalışmasında dört çeşit turunçgil albedosu kullanılarak renk ölçümleri yapmışlardır. Buna göre portakal kullanılan grupta L* değeri 68.04 a* değeri 5.70 ve b* 27.48 değerleri bulunurken, mandalina kullanılan grupta renk değerleri L* 81.72, a* -0.71 ve b* 30.52 olarak belirlemişlerdir.

4.1.2.4. Duyusal analiz

Bisküvi örnekleri Necmettin Erbakan Üniversitesi bünyesinde Gıda Mühendisliği'nde lisansüstü öğrencilerinden ve bu bölümdeki öğrenim elemanlarından oluşturulmuş 23 kişilik duyusal analiz panel grubuna sunulmuştur. Panel grubu örnekleri tat, koku, renk, aroma, gevreklik ve genel kabul edilebilirlik şeklinde 5 kategoriden oluşan hedonik puanlama üzerinden değerlendirmeye almıştır. 5 puan ile 1 puan arasında bir değerlendirilme yapılmış ve 5 puan: çok iyi iken 1: kötü anlamına gelmektedir.

Mikroenkapsüle vanilin eklenmiş bisküvi örneklerinin 1-5 puan arasında ortalama organoleptik değerlerinden; tat değerleri 4.70 - 5.0, koku 4.60 - 4.97, renk 4.20 - 4.80, aroma 4.60 - 4.90, genel kabul edilebilirlik 4.55 - 4.92 arasında skorlar alınmıştır.

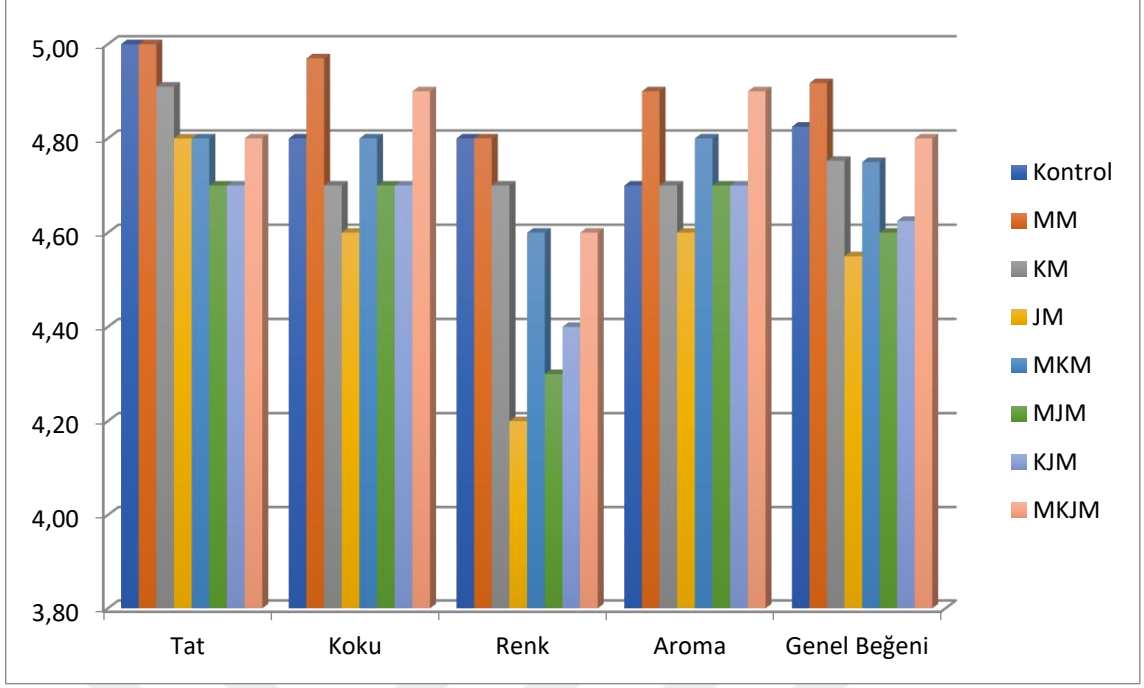
Duyusal teste tabi tutulan bisküvi örnekleri tat açısından en beğenilen MM nolu (maltodekstrin kaplamalı mikroenkapsüle vanilin) bisküvi örneği olmuş kontrol grubu ile aynı puanı almış, MJM ve KJM nolu bisküvi örnekleri ise en düşük skorları almıştır.

Koku puanlamasından en yüksek skoru MM örneği, en düşük skor olan 4.6'yı ise JM örneği almıştır. Maltodekstrin kaplama materyali içeren MM örneği koku kategorisinde kontrol grubundan da yüksek puanı almasıyla sade vanilinin kullanımına oranla mikroenkapsüle vanilin kullanımının kokuda artış sağladığı ve daha başarılı sonuçlar elde edildiği yorumuna sebep olmuştur. Jelatin kaplama materyali içeren mikroenkapsüle vanilin ekli bisküvinin koku kategorisinde en düşük puanı alması, mikroenkapsülasyonda da jelatin kullanımının istenen başarıyı sağlayamadığını ortaya koymuştur.

Bisküvilerin renkleri hakkındaki puanlamada ise kontrol grubu ile aynı puanı MM örneği alırken, en düşük renk puanı ise yine jelatin içerikli mikroenkapsüle vanilin eklenmiş JM örneğinde görülmektedir.

Bisküvilerin aroma puanlamasına bakıldığında ise kontrolden de yüksek skoru MM örneği alarak, sade vanilin kullanıma oranla mikroenkapsüle vanilin kullanımının bisküvide aroma etkisinin daha iyi olduğunu göstermiştir. En düşük aroma puanı ise JM örneğinde görülmektedir, buradan hareketle mikroenkapsülasyonda jelatin kullanımının aroma etkisini koruyabilirliğinin zayıf olduğu belirlenmiştir.

Son olarak genel kabul edilebilirlik puanlarına bakıldığında MM örneğinin en yüksek puanı aldığı görülmektedir. En düşük genel kabul edilebilirlik puanı ise JM örneğinin aldığı görülmektedir.



Şekil 4.8. Bisküvilerin duyu analizi sonuçları

Bisküvilerin duyu analizi sonuçlarına ait Şekil 4.8 de görüldüğü üzere JM örneği belirgin şekilde tüm duyu tadım kategorilerinde en düşük oranlara sahip olarak görülmektedir. Buna karşılık en yüksek beğeni ve puanlama oranlarının tüm kategorilerde MM örneğinde olduğu görülmekte ve maltodekstrin kaplama materyali içeren MM örneğinin koku ve aroma kategorilerinde kontrol grubundan da yüksek puanı almasıyla sade vanilin kullanımına oranla mikroenkapsüle vanilin kullanımının kokuda ve aromada belirgin oranda artış sağladığı ve daha başarılı sonuçlar elde edildiği yorumuna sebep olmuştur.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Çalışmanın amacı dahilinde vanilinin farklı kaplama materyalleri kullanılarak dondurularak kurutma tekniği ile mikrokapsüle edilmesi ve gıda endüstrisinde önemli bir yere sahip olan bisküvi üretiminde kullanılması araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda vanilinin mikrokapsülasyonlarında maltodekstrin, kazeinat ve jelatin kaplama materyalleri ve bunların farklı kombinasyonlarının yer aldığı yedi farklı formülasyon geliştirilmiştir. Geliştirilen formülasyonların mikrokapsül analizleri ve bisküvi analizleri yapılmıştır. Standart vanilin ile hazırlanan kontrol bisküviler ve mikrokapsüle vanilinle hazırlanan bisküviler fiziksel ve duyu bazlı analizlere tabi tutulmuştur.

Farklı kaplama materyallerinin kombinasyonları şeklinde elde edilen mikrokapsüllerde; nem, su aktivitesi, renk, parçacık büyüklüğü dağılımı, yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yoğunluk, parçacık yoğunluğu, porozite, akıcılık, yapışkanlık, higroskopisite, ıslanabilirlik, çözünürlük, partikül morfolojisi (SEM) analizleri yapılmıştır.

Mikrokapsül toz örneklerine ait nem değerleri %1.40 - 3.90 arasında değişim göstermiştir. Toz örnekleri arasında en yüksek nem değeri % 3.0 ile KJM örneğinde gözlemlenirken en düşük değer ise % 1.40 ile JM örneğinde tespit edilmiştir. Dolayısıyla nem oranının yükselmesini doğrudan kazeinat etkilemiş olduğu belirlenmiştir.

Su aktivitesine bakıldığında en yüksek oran 0.47 aw olarak MM, KJM ve MKJM örneklerinde belirlenmiştir. Buna karşılık en düşük aw değeri JM örneğine aittir.

Renk ölçümleri sonrasında 94.99 ile en yüksek parlaklık (L*) değeri, MM örneğinde, en düşük parlaklık ise 79.14 ile JM örneğinde görülmektedir. Elde edilen tüm mikrokapsüllerin a* (kırmızılık) değerleri negatiftir. Burada kırmızılık değerini arttıran jelatin olurken, düşük kırmızılık değerinin sebebi olarak kazeinat ve maltodekstrin girdiği etkileşim olarak tespit edilmiştir. Sarılık (b*) sonuçlarının en yüksek değeri 22.27 değeri ile KM örneğinde görülmektedir. Sonuç olarak maltodekstrin ve kazeinat birlikte

kullanıldığında kırmızılık değerini etkilediği ayrı ayrı kullanıldığında hem sarılık değerini hem de parlaklık değerini etkilediği tespit edilmiştir.

Parçacık büyüklüğü dağılımlarına bakıldığında D (0.1), D (0.5) ve D (0.9) μm aralıklarında en yüksek değer en JM örneğinde, en düşük değer ise MM örneğinde olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak maltodekstrinin parçacık büyüklüğü dağılımını en az seviyede etkilediği, jelatinin ise parçacık büyüklüğü dağılımını en yüksek seviyede etkilediği ve parçacık boyutunu arttırdığı tespit edilmiştir.

Yığın yoğunluğu 0.6085 g/ml değeri ile en yüksek çıkan örnek MM örneğinde ve en düşük yığın yoğunluğu ise MJM örneğinde görülmüştür. Maltodekstrin kaplama materyali kullanımı mikrokapsüllerde oksidasyonu azaltmaya yardımcı olurken, jelatinin arttırmakta olduğu tespit edilmiştir. Sıkıştırılmış yoğunlukta en yüksek oran 0.7560 g/ml ile KJM örneğinde görülmektedir. KM ve MJM örneklerinin sıkıştırılmış yoğunluğu değerleri istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmamıştır. Sıkıştırılmış yoğunluğun en düşük oranı ise 0.6900 g/ml ile sadece KM örneğinde görülmektedir. Parçacık yoğunlukları da 0.9090-1.22790 g/ml arasında değişmiştir, bu da mikrokapsüllerde benzer gözenekliliğin varlığını ve / veya pürüzlü veya dişli yüzeyli mikro kapsüllerin varlığını göstermektedir.

En yüksek porozite değerleri 57.91 ile MKJM örneğinde belirlenmiş olup, gözenekli yapının belirgin olduğu görülmektedir. En düşük porozite değeri ise JM örneğinde tespit edilmiştir. MKJM örneğinde farklı olarak kazeinat kaplama materyali içermesinin gözenekli yapıya sebep olduğunu ortaya konulmuştur. Akıcılık analizlerine bakıldığında ise en akışkan mikrokapsülün MJM örneğinde olduğu saptanmıştır. KM örneğinde ise zayıf akıcılık özelliği görülmektedir. Sonuçlardan hareketle mikroenkapsülasyon sonrası kazeinatın pürüzlü yüzey yarattığı ve bu nedenle akıcılığı zayıflattığı sonucuna varılmıştır. Yapışkanlık- Hausner oranlarına bakıldığında ise 1.1636-1.3498 kohezif özelliğe sahip çok zayıf bir akışı düşündüren bir miktar koheziflik tespit edilmiştir.

Higroskopisite sonuçlarında ulaşılan en higroskopik formülasyon KJM örneğinde olup atmosferik nemi absorbe etme kapasitesi en yüksek olan mikrokapsüldür. Higroskopisite en düşük değer ise JM örneğinde görülmektedir. Bu sonuçlardan hareketle jelatin kaplama materyalinin tek başına kullanıldığında mikroenkapsüle ürünün higroskopisitesini arttırmazken, kazeinat kullanımı atmosferik

nemi absorbe etme kapasitesini yükseltmekte ve nem çekmeye meyilli hale getirmektedir. Mikrokapsül ürünlerde yüksek higroskopisite istenmeyen bir özellik olduğundan kazeinatın bu stabilitesi sağlayamayacağı kanısına varılmıştır.

Islanabilirlik en iyi olan ve en kısa sürede sıvıyı emebilme yeteneğine sahip mikrokapsül MM örneğidir. En son sıvıyı emebilen-ıslanabilirliği düşük olan ise JM mikrokapsül örneğidir. Mikrokapsül tozların gıda endüstrisinde bir gıda bileşeni olarak kullanımı aşamasında iyi rekonstruktif özelliklere sahip maddeler tercih sebebi olabilir ve rehidrasyonu güçlü olanlar daha çok kullanılır. Bu nedenle ıslanabilirliğinin iyi olması tercih edilir. Çok zor çözünme ve ıslanma yeteneğine sahip olan jelatin hammaddesi bu anlamda mikroenkapsüle üründe kullanım için uygun bulunmamıştır.

Çözünürlük sonuçlarına bakıldığında en iyi çözünürlüğün MKM örneğinde olduğu görülmektedir. En zayıf çözünürlüğü sahip olan mikrokapsül ise JM örneğinde görülmüştür. Jelatinin kimyasal özelliklerinden kaynaklı zor çözünme gerçekleştiğinden, mikrokapsülün de %de çözünürlüğünü düşürmüştür.

Partikül morfolojisi (SEM) analizinde tüm örneklerde küresel olmayan, pürüzlü yüzeyler, düzgün olmayan partikül şekilleri, çatlaklar ve bazı bölgelerde aglomerasyonlar görüntülenmiş, farklı olarak jelatin içeren mikrokapsüllerde büyük morfolojik yapılar görüntülenmiş ve bu yapının jelatinin parçacık özelliklerinin iyi olmamasından kaynaklı olduğu sonucuna varılmıştır.

Farklı kaplama materyalleriyle mikrokapsüle edilen vanilinlerle hazırlanmış olan bisküvilerin çap kalınlık, yayılma oranı, sertlik ve kırılma sonuçlarında kontrol grubu ile yüksek farklılıklar gözlemlenmemiştir. Çap 55.30 – 54.80 mm arasında, kalınlık 9,30-8,90 mm aralığında tespit edilmiştir. Yayılma oranı ise $p>0,05$ düzeyinde istatistiki olarak birbirinden farklı olmayan sonuçlar tespit edilmiş ve 5.90 – 6.16 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bisküvilerin sertliği 5156- 5846 g aralığında, kırılma değeri ise 25.30 mm ile 30.19 mm aralığında değişmektedir. Kontrol grubundan daha düşük kırılma değeri sahip bisküviler elde edilmiştir.

Bisküvilerin renk ölçümlerinde en yüksek L* (parlaklık) değeri 80.11 değeri ile en yüksek JM örneğinde, en düşük 78.14 değeri ile KJM örneğinde yer almaktadır. Kırmızılık, a* değerlerine bakıldığında en yüksek değer KM örneğinde, en düşük a* değeri ise KJM örneğinde görülmektedir. Sarılık b* değerlerine bakıldığında en yüksek

MKJM örneğinde, en düşük değer ise MM örneğinde görülmektedir. Genel olarak maltodekstrin kaplama materyali içeren vanilinle yapılan bisküvilerin daha parlak, jelatin kaplama materyali içerikli vanilinle yapılan bisküvilerin daha düşük parlaklıkta, kazeinat içeren vanilinle yapılan bisküvilerinde daha yüksek kırmızılığa sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Duyusal teste tabi tutulan bisküvi örneklerinde tat, koku, renk, aroma ve genel kabul edilebilirlik kategorilerinin hepsinde en yüksek skoru alan MM ilave edilen bisküvi örneği almıştır. Jelatin kaplama materyali içeren JM mikroenkapsüle vanilin ekli bisküvinin tüm kategorilerde en düşük puanı alması, mikroenkapsülasyonda jelatin kullanımının istenen duyusal başarıyı sağlayamadığını ortaya koymuştur. Buna karşılık maltodekstrin kaplama materyali içeren MM örneğinin özellikle koku ve aroma kategorilerinde kontrol grubundan da yüksek puanı almasıyla sade vanilinin kullanımına oranla mikroenkapsüle vanilin kullanımının kokuda ve aromada belirgin oranda artış sağladığı ve daha başarılı sonuçlar elde edildiği yorumuna sebep olmuştur.

5.2. Öneriler

Bu çalışma ile vanillin termal-olmayan dondurarak kurutma tekniği ile maltodekstrin, kazeinat ve jelatin gibi farklı kaplama materyalleri ve bu duvar malzemelerinin farklı kombinasyonları denenerek mikrokapsüllenmiştir. Elde edilen mikrokapsüle vanilinler bisküvi üretiminde kullanılarak, sade vanilin kullanımı ile arasındaki fark; yapılan fiziksel, kimyasal ve duyuşal analizler ile karşılaştırılarak, ortaya koyulmuştur.

Mikrokapsülasyonda yapılan analizlerle vanilinin kaplama materyali olarak maltodekstrin kullanımının, jelatin ve kazeinat kullanımından daha iyi sonuçlar verdiği görölmüştür. Bu sebeple maltodekstrinin kullanılması önerilmektedir.

Sektörel olarak bisküvi üretiminde vanilya kullanımında mikrokapsüle vanilinin kullanılabilirliğinin, kalıcılığının, tat ve aroma profilinin sade vanilin kullanımına oranla daha başarılı olduğu önerilebilir.

6. KAYNAKLAR

- Akçakoca, P.E. ve Atav, R. 2006, Siklodekstrinlerin İnklüzyon Kompleksleri. Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi (2).
- Aktaş, E., 2011, Zenginleştirilmiş unlardan farklı koşullarda üretilen bisküvilerin bazı B vitamini içeriklerinin incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 76 s.
- Alpan, M., 2012, Bisküvi sektör notu, Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri, 1-16.
- Anonim, 2000, Biscuit World, International Magazine, For Biscuit Processors, Issue 3, 3, 31-35.
- Anonim, 2012, Un ve unlu mamülleri, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 65 s.
- Anonim, 2013a, <https://ticaret.gov.tr/data/5b8700a513b8761450e18d81/Biskuvi.pdf>
Erişim Tarihi: 08.09.2020
- Anonim, 2013b, Bisküvi hamuru hazırlama, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 1-42.
- Anonim, 2018, Bisküvi sektör raporları, Ekonomi Bakanlığı, Ankara, 1-7
- Anonim, 2020a, <https://enchantingblazekid.tumblr.com/page/4035> Erişim Tarihi: 08.09.2020
- Anonim, 2020b, https://vanille.wollenhaupt.com/images/downloads/Market_Report_February_2016.pdf Erişim Tarihi: 08.09.2020
- Anonim, 2020c, <https://herbsarespecial.com.au/plant-information/herb-information/vanilla/> Erişim Tarihi: 08.09.2020
- Anonim, 2020d, <http://www.eurovanille.com/en/our-mission/vanilla-market-report.html>
Erişim Tarihi: 08.09.2020
- Anu Bhushani, J., ve Anandharamakrishnan, C., 2014, Electrospinning and electrospaying techniques: Potential food based applications. Trends in Food Science & Technology, 38(1), 21-33.

- Anuradha K., Shyamala B. N., ve Naidu M. M., 2013, Vanilla- Its Science of Cultivation, Curing, Chemistry, and Nutraceutical Properties, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, (53), 1250-1276.
- Arenas M. A. S. & Dressler R. L., 2010, A Revision Of The Mexican And Central American Species Of Vanilla Plumier Exmiller with A Characterization Of Their Its Region Of The Nuclear RibosomaL DNA, *Lankesteriana*, 9(3), 285-354.
- Arevalo-Pinedo, A. ve Murr, F.E.X., 2006, Kinetics of Vacuum Drying of Pumpkin (Cucurbita Maxima): Modeling With Shrinkage, *Journal of Food Engineering*, (76); 562-567.
- Arevalo-Pinedo, A., ve Murr, F. E. M., 2007, Influence of pre-treatments on the drying kinetics during vacuum drying of carrot and pumpkin., *Journal of Food Engineering*, 80(1), 152-156.
- Arshady, R., 1993, Microcapsules for food. *Journal of Microencapsulation*, 10 (4), 413-435.
- Augustin, M.A., Sanguansri, L., Margetts, C. and Young, B., 2001, Microencapsulation of food ingredients. *Food Australia*, (53), 220-223p.
- Avcı, A. ve Dönmez, S. 2010, Siklodekstrinler ve Gıda Endüstrisinde Kullanımları. *Gıda Dergisi*, 35(4); 305-312.
- Barbosa-Canovas, G. V., Ortega-Rivas, E., Juliano, P. ve Yan, H. 2005, Food powders; physical properties, processing and functionality. Kluwer Academic, 199-219, New York.
- Bayrak, A. 2006, Gıda Aromaları, *Gıda Teknolojisi Derneği*, (32), 497.
- Bayram E., Kırıcı S., Tansı S., Yılmaz G., Arabacı O., Kızıl S., Telci İ., 2009, Tıbbi Ve Aromatik Bitkiler Üretiminin Arttırılması Olanakları
- Bazyma, L. A., Guskov, V. P., Basteev, A. V., Lyashenko, A. M., Lyakhno, V., ve Kutuvoy, V. A., 2006, "The investigation of low temperature vacuum drying processes of agricultural materials.", *Journal of Food Engineering*, 74(3): 410–415.

- Beğen, F. 2012, Yüksek lif içerikli bisküvi üretiminde lüpen (*Lupinus albus* L.) kepeği kullanımı üzerine bir araştırma. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Beristain, C. I., Vazquez, A., Garcia, H. S. and Vernon-Carter, E. J., 1996, Encapsulation of orange peel oil by cocrystallization. *LWT-Food Science and Technology*, 29 (7), 645-647.
- Bilgin, M., 2006, Bisküvi sektör profili, İstanbul Ticaret Odası, Dış Ticaret Şubesi, Uygulama Servisi, İstanbul.
- Bock, N., Dargaville, T. R., & Woodruff, M. A., 2012, Electrospraying of polymers with therapeutic molecules: state of the art. *Progress in polymer science*, 37(11), 1510-1551.
- Borges da Silvaa E.A., Zabkova M., Araújo J.D., Cateto C.A., Barreiro M.F., Belgacem M.N., Rodrigues A.E., 2009, An Integrated Process to Produce Vanillin and Lignin-based Polyurethanes from Kraft Lignin, *chemical engineering research and design* 8 7, 1276–1292
- Bory, S., Grisoni, M., Duval, M. F., & Besse, P., 2008, Biodiversity and preservation of vanilla: present state of knowledge. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 55(4), 551-571.
- Brown, M., 1999, Focusing on Freeze-Drying, *Food Manufacture*, September, 74(9), 34-36.
- Burgain, J., Gaiani, C., Linder, M., Scher, J., 2011, Encapsulation of probiotic living cells: From laboratory scale to industrial applications. *Journal of Food Engineering*, 104 (4), 467-483.
- Calva-Estrada, S.J. Mendoza, M.R. García , O. Jiménez-Fernández, V.M. Jiménez M., 2018, Microencapsulation of vanilla (*Vanilla planifolia* Andrews) and powder characterization
- Chen, H. P., Chow, M., Liu, C. C., Lau, A., Liu, J., & Eltis, L. D., 2012, Vanillin catabolism in *Rhodococcus jostii* RHA1. *Applied and environmental microbiology*, 78(2), 586-588.

- Chen, M.J., Chen, K.N., 2007, Applications of probiotic encapsulation in dairy products. In: Lakkis, Jamileh M. (Ed.), Encapsulation and Controlled Release Technologies in Food Systems. Wiley- Blackwell, USA, pp. 83-107.
- Chen, X. ve Mujumdar, A., 2008, "In Drying Technologies in Food Processing" (Oxford: Blackwell Pub), 225-232.
- Cloupeau, M., & Prunet-Foch, B., 1994, Electrohydrodynamic spraying functioning modes: a critical review. *Journal of Aerosol Science*, 25(6), 1021-1036.
- Cui, Z. W., Xu, S. Y. ve Sun, D. W., 2004, "Microwave-vacuum drying kinetics of carrot slices.", *Journal of Food Engineering*, 65(2): 157-164.
- Çakır, İ., 2006, Mikroenkapsülasyon Tekniğinin Probiyotik Gıdalarda Kullanımı. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 693-696, Bolu, Türkiye.
- Çelik, T. E., 2012, Enzimatik interestefikasyon yöntemi ile geliştirilen zeytinyağı bazlı yağ ürünlerinin kek ve bisküvi üretiminde kullanılması, Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 81 s.
- De Barros Fernandes, R. V., Marques, G. R., Borges, S. V. and Botrel, D. A., 2014, Effect of solids content and oil load on the microencapsulation process of rosemary essential oil. *Industrial Crops and Products*, (58), 173-181p
- De Vos, P., Faas, M.M., Spasojevic, M., Sikkema, J., 2010, Encapsulation for preservation of functionality and targeted delivery of bioactive food components. *International Dairy Journal*, 20 (4), 292-302.
- Demir, M. K., 2014, Effect of the replacement of sugar with spray dried grape pekmez (pekmez powder) on some properties of cookies, *Quality Assurance and Safety of Crop & Foods*, 6 (2), 229-235.
- Demirel, H., & Demir, M. K., 2018, Farklı Turunçgillerden Elde Edilen Albedoların Bisküvi Üretiminde Kullanımı. *GIDA/The Journal of FOOD*, 43(3).
- Desai, K. G. H. and Park, H. J., 2005, Recent developments in microencapsulation of food ingredients. *Dry. Technol*, 23 (7), 1361-1394.

- Dezarn, T. G., 1995, Food ingredients encapsulation: An overview. In S. J. Risch & G. A. Reineccius (Eds.), Encapsulation and controlled release of food ingredients. ACS symposium series, (590), Sf. 74-86.
- Divakaran M., Babu K. N. and Peter K.V., 2006, Conservation of Vanilla species, in vitro, Scientia Horticulturae 110 pp: 175-180
- Doğan, İ. S. ve Uğur, T., 2005, Van ve çevresinde yetiştirilen bazı buğdayların bisküvilik kalitesi üzerine bir araştırma, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 15 (2), 139-148.
- Domingues de Oliveira S. O., Sayd R. M., Balzon T. A., Scherwinski-Pereira J. E., 2013, A new procedure for in vitro propagation of vanilla (*Vanilla planifolia*) using a double-phase culture system, Scientia Horticulturae, (161), 204-209
- Druaux, C. and Voilley, A., 1997, Effect of food composition and microstructure on volatile flavour release. Trends in Food Science & Technology 8(November): 364-368p.
- Düzgüneş, O., Eliin,A. ve Akman,N., 1987, Hayvan Islahı. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları. No: 1003. A.Ü. Ziraat Fakültesi Ofset Ünitesi, Ankara.
- Ecott, T. (2005). *Vanilla: Travels in search of the Luscious Substance*. Penguin UK.
- El-Abbasi, A., El Fadeli, S., El-Bouzidi, L., Lahrouni, M. and Nauman, K., 2015, Recent Advances in Microencapsulation of Bioactive Compounds. Analytical and Processing Techniques 41(April): 129-146p.
- Elena Dal Bello, 2013, Vanillin production from ferulic acid with *Pseudomonas fluorescens* BF13-1p4, *Biologia Cellulare, Molecolare e Industriale: Progetto*, 3 pp:7
- Elgün, A. ve Ertugay, Z., 1995, Tahıl İşleme Teknolojisi, Atatürk Üniversitesi Yayınları, Ziraat Fakültesi No: 297, Ders Kitapları Serisi No: 53, Erzurum.
- Fang, Z., Bhandari, B., 2010, Encapsulation of polyphenols- a review. Trends in Food Science and Technology, 21 (10); 510-523

- Faridi, H., Gaines, C.S. and Strouts, B. L., 2000, Soft wheat products, In: K. Kulp ve J.G.Ponte (Editors), Handbook of Cereal Science and Technology, Marcel Dekker, USA, 575-614.
- Ferenczi, S., Czukor, B. ve Cserhalmi, Z., 2014, Evaluation of Microwave Vacuum Drying Combined with Hot-Air Drying and Compared with Freeze- and Hot-Air Drying by the Quality of the Dried Apple Product, Period. Polytech. Chem. Eng., 58(2):111-116.
- Fouch'e J. G., Jouve L., 1999, Vanilla planifolia: history, botany and culture in Reunion island. Agronomie, EDP Sciences, pp.689-703.
- Francis, F. J., 1998, Colour Analysis. In Nielsen S. S. (Ed.), Food Analysis, An Aspen Publishers, Maryland, Gaithersnurg, USA., 599-612.
- Freund, P. R., Washam, C. J. and Maggion, M., 1988, Natural color for use in foods. Cereal Food World , (33), 553-559p
- Fuchs, D., & Fuchs, L. S., 2006, Introduction to response to intervention: What, why, and how valid is it?. *Reading research quarterly*, 41(1), 93-99.
- Funk C. and Brodelius P. E., 1992, Phenylpropanoid Metabolism in Suspension Cultures of Vanilla planifolia Andr., Plant Physiol, (99), 256-262.
- Gallage N. J. and Møller B. L., 2015, Vanillin Bioconversion and Bioengineering of the Most Popular Plant Flavor and Its De Novo Biosynthesis in the Vanilla Orchid, Mol. Plant, (8), 40-57.
- Gallagher, E., O'brien, C. M., Scannell, A. G. M. and Arendt, E. K., 2003, Evaluation of sugar replacers in short dough biscuit production, Journal of food engineering, 56 (2), 261-263.
- Garti, N., McClements, J.D., 2012, Encapsulation technologies and delivery systems for food ingredients and nutraceuticals. Woodhead Publishing, p. 110-130, ISBN 9780857091246.
- Gharsallaoui, A., Roudaut, R., Chambin, O., Voilley, A. and Saurel, R., 2007, Applications of spray-drying in micro-encapsulation of food ingredients: An overview. Food Research International, 40 (9), 1107-1121.

- Giri, S. K., ve Prasad, S., 2007, Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 512-521.
- Gonnet, M., Lethuaut, L., Boury, F., 2010, New trends in encapsulation of liposoluble vitamins. *Journal of Controlled Release*, 146 (3), 276-290.
- Gouin, S., 2004. Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends. *Trends in Food Science and Technology*, 15 (7-8), 330-347.
- Gökmen, S., Palamutoğlu, R. ve Sarıçoban, C., 2012, Gıda Endüstrisinde Enkapsülasyon Uygulamaları, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7 (1); 36-50.
- Green, B.K. and Scheicher, L., 1955, Pressure Sensitive Record Materials. US Patent No. (2), 217, 507, Ncr C.
- Hall, H.S. ve Pondell, R.E., 1980, The Wurster process in Controlled Release Technologies: Methods, Theory and App. Vol. II, (Kydonieus, A.F. ed), Sf. 133-154, CRC Press, Florida.
- Handa, C., Goomer, S. and Siddhu, A., 2012, Physicochemical properties and sensory evaluation of fructoligosaccharide enriched cookies, *Journal of food science and technology*, 49 (2), 192-199.
- Haryuni, H., & Dewi, T. S. K., 2016, The effects of dose *Rhizoctonia binucleat* (BNR) and phosphorus to nitrate reductase activity (NRA) and chlorophyll of vanilla seedling (*Vanilla planifolia andrews*). *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 8(2), 141-147.
- Hoseney, R. C., 1998, Principles of cereal science and technology, American Assoc. of Cereal Chem. Int. St. Paul, Minesota, USA, 275-305.
- Hundre Y. Swetank., Karthik, P. Anandharamakrishnan, C., 2015, Effect of whey protein isolate and b-cyclodextrin wall systems on stability of microencapsulated vanillin by spray freeze drying method
- İnkaya, A. N., 2008, Bisküvi üretiminde kestane kullanım olanaklarının araştırılması, Yüksek lisans tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 49 s.

- Jafari, S.M., Assadpoor, E., He, Y., Bhandari, B., 2008, Encapsulation efficiency of food flavours and oils during drying. *Drying Technology* , 26 (7), 816-835.
- Jinapong, N., Supphantharika, M., & Jamnong, P., 2008, Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 84(2), 194-205.
- Kaçar, D., 2010, Kimyasal interesterifikasyon yöntemi ile zeytinyağı bazlı yani bir yağ ürününün geliştirilmesi ve kek-bisküvi yapımında kullanılabilirliğinin araştırılması, Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 71 s.
- Kailasapathy, K., 2009, Encapsulation technologies for functional foods and nutraceutical product development. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 4 (33).
- Kalimuthu, K., Senthilkumar, R., & Murugalatha, N. (2006). Regeneration and mass multiplication of *Vanilla planifolia* Andr.–a tropical orchid. *Current Science*, 1401-1403.
- Kaushik, V. and Roos, Y.H., 2007, Limonene encapsulation in freeze-drying of gum Arabic-sucrose-gelatin systems. *LWT - Food Science and Technology*,40(8), 1381-1391p
- Kımk, Ö., Kavas, G., Yılmaz, E., 2003, Mikroenkapsülasyon tekniği ve süt teknolojisindeki kullanım olanakları. *Gıda*, 28 (4), 401-407
- Kim S., Cho S.Y., Kim S.H., Song O., Shin S., Cha D.S., Park H.J., 2008, Effect of microencapsulation on viability and other characteristics in *Lactobacillus acidophilus* ATCC-43121. *LWT-Food Science Technology*, 41 (3), 493-500.
- Koç, M., Güngör, Ö., Zungur, A., Yalçın, B., Selek, İ., Ertekin, F.K. and Ötles, S., 2015, Microencapsulation of extra virgin olive oil by spray drying: effect of wall materials composition, process conditions, and emulsification method, *Food and Bioprocess Technology*, 8(2), 301-318p.
- Koç, M., Koç, B., Ertekin-Kaymak, F., 2011, Toz gıdaların fiziksel karakterizasyon özellikleri. *Akademik Gıda*, 9(4), 60-70.

- Köksel, H., Sivri, D., Özboy, Ö., Basman, A. ve Karacan, H. D., 2000, Hububat laboratuvarı el kitabı. Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, Ankara. 105 s.
- Lakkis, J.M., 2016, Encapsulation and controlled release technologies in food systems. John Wiley & Sons, p.116-177, ISBN 9781118733523.
- Maache-rezzoug, Z., Bouvier, J. M., Allaf, K. and Patras, C., 1998, Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality of biscuits, Journal of Food Engineering ,(35), 23-42.
- Madene, A., Jacquot, M., Scher, J. and Desobry, S., 2006, Review Flavour encapsulation and controlled release a review. International Journal of Food Science and Technology 41: 1-21p.
- Majid, A., & Ripmeester, J. A., 1991, *U.S. Patent No. 5,070,081*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Manley, D., 1998, Technology of biscuits, crackers and cookies, Woodhead Publishing Ltd., İngiltere.
- Margerie, M., 2009, *U.S. Patent No. 7,476,156*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Mohammad Noshad, Mohebbat Mohebbi, Arash Koocheki and Fakhri Shahidi, 2015, Microencapsulation of vanillin by spray drying using soy protein isolate–maltodextrin as wall material
- Mujumdar, A., 1987, In Handbook of Industrial Drying, (New York: M. Dekker). 156-157.
- Mushtaq, Z., Zahoor, T. and Jamil, A., 2010, Impact of xylitol replacement on physicochemical, sensory and microbial quality of cookies, Pakistan Journal of Nutrition, 9 (6) 605-610.
- Nas, S., Gökalp, H.Y. ve Ünsal, M., 2001, Bitkisel Yağ Teknolojisi Üçüncü Baskı, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları yayın no: 005, Denizli, 329 s.

- Onwulata, C., 2005, Encapsulated and Powdered Foods. CRC Press, Taylor & Francis Group, Broken Sound Parkway NW.
- Öztürk, S.,1998, Bisküvi üretiminde kullanılan hammaddeler ve özellikleri, Un Mamülleri Dünyası, 7 (2), 76-78.
- Palama T. L., Fock I., Choi Y. H., Verpoorte R., Kodja H., 2010, Biological variation of *Vanilla planifolia* leaf metabolome, *Phytochemistry* 71, 567–573
- Pareyt, B., Goovaerts, M., Broekaert, W. F. and Delcour, J. A., 2011, Arabinoxylan oligosaccharides (AXOS) as a potential sucrose replacer in sugar-snap cookies, *LWT-Food Science and Technology*, 44 (3), 725-728.
- Peker, H. ve Arslan, S. 2011, Mikroenkapsülasyon ve süt teknolojisinde kullanım alanları. *Akadeik Gıda*, 9 ,(6), 70-80.
- Poshadri, A. and Kuna, A., 2010, Microencapsulation technology: A review. *The Journal of Research ANGRAU* 38, (1), 86–02p.
- Pothakamury, U.R. and Barbosa-Canovas, G.V., 1995, Fundamental aspects of controlled release in foods. *Trends in Food Science & Technology* 6(December): 397-406p.
- Rao S. R. and Ravishankar GA, 2000, Vanilla flavour: production by conventional and biotechnological routes, *J Sci Food Agric* ,(80), 289-304
- Reineccius, G. A., 1991, Carbohydrates for flavor encapsulation. *Food Technology*, 46 (3); 144-147.
- Reineccius, G.A., 1995, Controlled Release Techniques in the Food Industry. *Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients*, American Chemical Society, Chapter 2, 8-25p
- Renu, R. and Zehra, F., 2015, Microencapsulation of Flavours. *International Journal of Basic and Applied Biology* 2 (5), 333-338p.
- Ridley, A. J., Paterson, H. F., Johnston, C. L., Diekmann, D., & Hall, A. 1992, The small GTP-binding protein rac regulates growth factor-induced membrane ruffling. *Cell*, 70(3), 401-410.

- Risch, S. J., 1995, Encapsulation: overview of uses and techniques. In: Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredient (edited by S.J. Rish & G.A. Reineccius). pp. 2-7. Washington, DC: American Chemical Society.
- Sahin-Nadeem, H., & Afşin Özen, M., 2014, Physical properties and fatty acid composition of pomegranate seed oil microcapsules prepared by using starch derivatives/whey protein blends. *European journal of lipid science and technology*, 116(7), 847-856.
- Singh M, Sharma R, Banerjee UC., 2002, Biotechnological applications of cyclodextrins. *Biotechnol Adv*, (20), 341-359.
- Sarkar, K., Gomez, C., Zambrano, S., Ramirez, M., de Hoyos, E., Vasquez, H., & Lozano, K., 2010, Electrospinning to forcespinning, *Materials today*, 13(11), 12-14.
- Savitha, Y. S., Indrani, D. and Prakash, J., 2008, Effect of replacement of sugar with sucralose and maltodextrin on rheological characteristics of wheat flour dough and quality of soft dough biscuits, *Journal of Texture Studies*, 39 (6), 605-616
- Schober, T. J., O'brien, C. M., McCarthy, D., Darnedde, A., & Arendt, E. K., 2003, Influence of gluten-free flour mixes and fat powders on the quality of gluten-free biscuits. *European Food Research and Technology*, 216(5), 369-376.
- Shahidi, F., Han, X.Q., 1993, Encapsulation of food ingredients. *Critical Review in Food Science and Nutrition*, (33), 501-547.
- Sobel, R., Versic, R. and Gaonkar, A.G., 2014, Introduction to Microencapsulation and Controlled Delivery in Foods. *Microencapsulation in the Food Industry A Practical Implementation Guide*, Edited by Gaonkar, A.G., Vasisht, N., Khare, A.R., Sobel, R., Elsevier, Chapter 1, 3-12p.
- Sreedhar R.V., Neelwarne B., 2009, Novel approaches for Molecular Analysis, Micropropagation and Curing of Vanilla (*Vanilla planifolia*), *Plant Cell Biotechnology Department*, 19
- Tan B. C., Chin C. F. and Alderson P., 2011, Optimisation of plantlet regeneration from leaf and nodal derived callus of *Vanilla planifolia* Andrews, *Plant Cell Tiss Organ Cult* 105:457-463

- Taş, E., 2011, Bisküvi üretiminde bazı kabartıcı kombinasyonlarının bisküvinin kalitatif özelliklerine etkisi üzerine bir araştırma, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Teschke, O., Souza, F., 2002, Liposome Structure by AFM : Verification of Improved Liposome Stability During adsorption of Multiple Aggregated Vesicles, *Langmuir*, 18 (17), 6513–6520.
- Teunou, E. and Poncelet, D., 2005, Fluid-Bed Coating. Encapsulated and Powdered Foods, Edited by Onwulata, C., Taylor & Francis Group, LLC, 197-212p.
- Toledo, E. C. V., Filho, R. M., Boss, E. A., 2004, Freeze drying process: real time model and optimization. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 43 (12), 1475-1485
- Türker, İ., Koç, B., & İşleroğlu, H., 2018, Püskürtmeli-dondurarak kurutma işleminin maltodekstrinin fiziksel özellikleri üzerine etkisi. *Gıda/the journal of food*, 43(2).
- Uhlemann, J. and Reiß, I., 2010, Product design and process engineering using the example of flavors. *Chemical Engineering & Technology* 33(2), 199-212p.
- Uluöz, M., 1965, Buğday, un ve ekmek analiz metodları, E. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No.29, İzmir, 91 s.
- Ulusoy, S., 2011, Stevia ile tatlandırılmış bisküvilerin kalite özellikleri ve akrilamid içeriğinin belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin, 65 s.
- Ünal, E., Erginkaya, Z., 2010, Probiyotik Mikroorganizmaların Mikroenkapsülasyonu. *Gıda*, 35(4), 297-304.
- Ünal, S. S., 1991, Hububat teknolojisi, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Yayın No: 29, İzmir, 191-198.
- Ünal, S., 1986, Hububat Teknolojisi, E.Ü. Müh. Fak., Çoğalma Yay., No:29, İzmir
- Walton, J., Wallace, M., & Howard, S., 2003, *U.S. Patent Application No. 09/993,087*.

- Wong J. T., 2012, Technological, Commercial, Organizational, And Social Uncertainties Of A Novel Process For Vanillin Production From Lignin
- Wu, L., Orikasa, T., Ogawa , Y. ve Tagawa, A., 2007, Vacuum Drying Characteristics of Eggplants, *Journal of Food Engineering*, 83: 422–429.
- Yaz, Y., 2001, Bisküvi üretim teknikleri, YYÜ, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü lisans tezi , Van.
- Yongsowatdigul, J., 1995, Microwave- Vacuum Crying of Cranberries: Part2, Quality Evaluation.
- Zhang Y., Mo L., Chen F., Lu M., Dong W., Wang Q., Xu F. and Gu F., 2014, Optimized Production of Vanillin from Green Vanilla Pods by Enzyme-Assisted Extraction Combined with Pre-Freezing and Thawing, *Molecules*,(19), 2181-2198
- Zoulias, E. I., Piknis, S. and Oreopoulou, V., 2000, Effect of sugar replacement by polyols and acesulfame K on properties of low fat cookies, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80 (14), 2049-2056.
- Zuidam, N. J., Shimoni, E., 2010, Overview of Microencapsulates for Use in Food Products or Processes and Methods to Make Them. In: *Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing*. Springer, 7-29, London

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : NURAY ÖZKAN
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : İNHİSAR / 04.03.1992
Telefon : 0545 847 98 81
Faks :
e-mail : nuraykoca1@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	TAYFUR BAYAR ANADOLU LİSESİ – TEPEBAŞI – ESKİŞEHİR	2010
Üniversite	SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ – ÇÜNÜR – ISPARTA	2015
Yüksek Lisans	NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ – MERAM – KONYA	2021

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2015-2016	Özgül Termal Gıda İnş. San. Tic. Ltd.Şti	Gıda Güvenliği Ekip Lideri
2017-Halen	Plant-ex Gıda Kimya San. Tic. Ltd.Şti	Ar-Ge ve Kalite Kontrol Müdürü

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

İNGİLİZCE

İYİ SEVİYEDE

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR