

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PREBİYOTİK EKLENMİŞ KEFİRİN PÜSKÜRTEREK KURUTULMASI VE
ÜRÜNÜN KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Zeynep NALE

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

2013

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PREBİYOTİK EKLENMİŞ KEFİRİN PÜSKÜRTEREK KURUTULMASI VE
ÜRÜNÜN KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Zeynep NALE

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Bu tez 2013.02.0121.003 proje numarasıyla Akdeniz Üniversitesi Bilimsel
Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından desteklenmiştir.**

2013

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PREBİYOTİK EKLENMİŞ KEFİRİN PÜSKÜRTEREK KURUTULMASI VE
ÜRÜNÜN KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Zeynep NALE

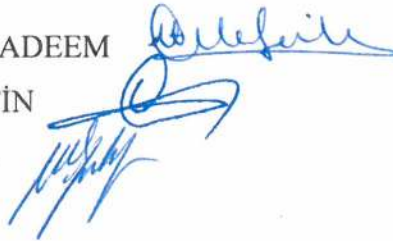
**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez ~~03.07~~2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Hilal ŞAHİN NADEEM

Doç. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

Doç. Dr. Pınar YERLİKAYA



ÖZET

PREBİYOTİK EKLENMİŞ KEFİRİN PÜSKÜRTEREK KURUTULMASI VE ÜRÜNÜN KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Zeynep NALE

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hilal ŞAHİN NADEEM
Haziran 2013, 117 sayfa

Fermente süt ürünleri besleyici değeri yanında, sindirilebilirliğinin yüksek oluşu ve doğal bağırsak florasının korunmasına yardımcı olması bakımından önemli bir gıda grubudur. Bu ürünlerden biri olan kefir uzun yıllardan beri tüketilen ve özellikle son yıllarda sağlığa yararlı etkilerinin belirlenmesi ile tüketimi artan bir fermente süt ürünüdür. Kefir içerdiği besin öğeleri yönünden süte benzer özellikler göstermesinin yanı sıra, serinletici ve ferahlatıcı lezzeti nedeniyle de kolaylıkla tüketilebilen bir süt ürünüdür.

Diğer fermente süt ürünlerinde de olduğu gibi raf ömrünün kısalığı kefir ile ilgili olarak ticari anlamda önemli bir sorundur. Kefirin, süt ve yoğurt tozunda olduğu gibi püskürterek kurutmayla toz forma dönüştürülmesi, ürünün stabil formda uzun süre depolanarak sağlıklı bir şekilde tüketiciye ulaştırılması ve aynı zamanda ürünün depolama-taşıma maliyetlerinin azaltılması bakımından önemlidir.

Mevcut projede yağsız süttten ticari kefir kültürü kullanılarak kefir üretilmiş ve kefirin duysal ve mikrobiyolojik özelliklerin desteklenmesi amacıyla üretimde prebiyotik madde kullanılmıştır. Üretilen kefir Maltodekstrin ve Arabik gum olarak seçilen iki farklı taşıyıcı maddeyle homojenize edilip emülsiyon haline getirilmiş ve deneme deseninde belirlenmiş sıcaklık değerleriyle kurutulmuştur. Kurutma işlemi sonunda üretilen kefir tozu ile kefir tozunun kefir kurumadde içeriğine rekonstitüye edilmesiyle hazırlanan kefirin hem kurutma sonrasında hem de depolama süresince fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duysal özellikleri belirlenmiştir.

İki farklı taşıyıcı madde kefire üç farklı oranda eklenmiş ve üretimler sonucunda en yüksek verimle gerçekleşen ürün formülasyonu MD/AG % 50/50, %0 inülin ve 75°C hava çıkış sıcaklığı olarak belirlenmiştir. Mikrobiyal analizler sonucunda laktik asit bakterilerinin canlılığına üretim parametrelerindeki değişimler önemli bir fark yaratmazken maya canlılığı hava çıkış sıcaklığı değerindeki değişimlerden etkilenmiş ve sıcaklık değerindeki yükselme canlılığı olumsuz yönde etkilemiştir.

Deneme desenindeki üretimler sonucunda en yüksek verime ve canlılık değerine sahip ürün formülasyonu istatistiki analizler sonucunda belirlenmiş ve bu formülasyon 4°C ve 25°C'de vakumla paketlenmiş polietilen ambalajlarda 90 gün süreyle depolanmıştır. Buna göre depolama için üretilen ürünlerin formülasyonu inülin eklenmemiş kefirin taşıyıcı madde olarak sadece Arabic gum yardımıyla 70°C'de kurutulması şeklinde belirlenmiştir. Bu şekilde üretilen örnekler, vakum altında paketlenmiş polietilen ambalajda, 4°C'de ve 25°C'de 90 gün süreyle depolanmış ve depolama süresince 1., 15., 30., 60. ve 90. günlerde fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizler yürütülmüştür. Depolama süresince yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda laktik asit bakterilerinin başlangıç canlılığının gün geçtikçe azaldığı; fakat 90 gün sonunda hala canlı bakteri bulunduğu tespit edilirken, maya canlılığı 90 günün sonunda tamamen sona ermiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Kefir, püskürterek kurutma, kefir tozu, inülin, hidrokolloidler

JÜRİ: Yrd. Doç. Dr. Hilal ŞAHİN NADEEM (Danışman)

Doç. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

Doç. Dr. Pınar YERLİKAYA

ABSTRACT

SPRAY DRYING OF THE PREBIOTIC ADDED KEFIR AND DETERMINATION OF QUALITY CHARACTERISTICS OF THE KEFIR POWDER AND ITS RECONSTITUTED PRODUCT

Zeynep NALE

M. Sc. Thesis in Food Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Hilal ŞAHİN NADEEM

June 2013, 117 pages

Besides their nutritional values, fermented dairy products are important food group due to their high digestibility and help in the protection of natural intestinal flora. One of these products, kefir, a probiotic fermented dairy product, is being consumed since ages and its consumption has been increased in the recent years due to the findings about its beneficial effects on human health.

Kefir was produced using skim milk and industrial starter culture and inulin. Inulin was used as a supporter for the microbial flora. Two different carrier materials were added to kefir with three different ratio and in this way all the dryings had done on the mixture design. After all the analyses the most efficiency formula was defined as maltodextrine/Arabic gum %50/50, %0 inulin and 75°C outlet temperature of air. The results of microbial analyses had showed that lactic acid bacteria were more stable for the changing of production parameters. Yeast population was affected very much from the outlet temperature of air. If the temperature got higher, the yeast population would decrease.

In this study firstly all the formula at the mixture design were produced and the analyses had done. After all the analyses were finished the formula was defined which had the highest efficiency and the highest alive microbial colony. And this formula reproduced for the storage. Storage had done for 90 days at two different temperatures; 4°C and 25°C. The formula of stored sample which was kefir without inulin dried with Arabic gum at 70°C. These samples were packaged with polyethylene under vacuum. During the storage period the samples were analysed at 1., 15., 30., 60. and 90. days. It was determined at end of the storage lactic acid bacteria has lived all 90 days but yeasts has died end of 90th day.

KEYWORDS: Kefir, prebiotic, spray drying, carrier material, reconstitution, storage

COMMITTEE: Assist. Prof. Dr. Hilal ŞAHİN NADEEM (Supervisor)

Assoc. Prof. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN

Assoc. Prof. Dr. Pınar YERLİKAYA

ÖNSÖZ

Kefirin raf ömrü üretim şekli ve ambalajlamaya bağlı olarak 4°C’de 15-30 gün arasında değişmektedir. Diğer fermente süt ürünlerinde de olduğu gibi raf ömrünün kısa olması kefir ile ilgili olarak ticari anlamda önemli bir sorundur. Kefirin, süt ve yoğurt tozunda olduğu gibi toz forma dönüştürülerek oda koşullarında uzun süreli depolanabilmesine yönelik çalışmalar hem depolama ve taşıma maliyetlerinin azaltılması hem de ürünün stabil formda uzun süre muhafaza edilerek tüketiciye ulaştırılması bakımından önemlidir. Bu çalışmada sağlık üzerine olumlu etkileri araştırmalarla ortaya konulmuş olan kefirin, püskürterek kurutmaya çözünür toz formuna dönüştürülmesi, böylelikle ürünün raf ömrünün uzatılması ve standart kalite özelliklerine sahip, tüketimi kolay bir ürünün üretilmesi amaçlanmaktadır.

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde hiçbir yardımı esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Hilal ŞAHİN NADEEM’e ve deneyimleriyle çalışmaya yön veren, maddi manevi hiçbir desteği esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Ahmet KÜÇÜKÇETİN’e (Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi) öncelikle teşekkür ederim. Tez projemin yürütülmesinde Su Ürünleri Fakültesi’nin imkanlarını kullanımına açan değerli hocam Doç. Dr. Pınar YERLİKAYA’ya bilgisi ve tecrübeleriyle her zaman destek olan hocalarım Yrd. Doç. Dr. Muammer DEMİR ve Doç. Dr. Ayhan TOPUZ’a (Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi), araştırmamı maddi olarak destekleyen Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi çalışanlarına, laboratuvar çalışmalarım süresince destek ve yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Ayşe AŞCI ARSLAN, Öğr. Gör. Emine Mine ÇOMAK GÖÇER, Arş. Gör. Cüneyt DİNÇER, Firuze ERGİN, Aysen Güher GÜNDEŞ, Selda YALÇIN, Ümran ÇÖL ile istatistik çalışmalarındaki ve yazım aşamasındaki yardımları için Sultan ARSLAN’a teşekkür ederim.

Bütün bunlara ek olarak, tezimin her kademesinde tüm bilgisi ve tecrübesiyle desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen Arş. Gör. İsmail TONTUL’a, tüm çalışmalarım boyunca bana her zaman yardımcı olan, tüm işlerin zamanında yapılmasına özveriyle destek veren Zehra KASIMOĞLU’na, tanıştığımız günden itibaren dostluk kavramını her anlamda yaşatan, paylaşım konusunda sınır tanımayan ve tez sürecim boyunca da manevi desteğiyle hep yanımda olan Büşra DEMİRTAŞ’a ve Hilal AKIN’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatım boyunca maddi, manevi büyük fedakârlıklar yaparak bu noktaya gelmemi sağlayan, yaşadığım her şeyde ve aldığım her kararda en büyük destekçim olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	li
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI	3
2.1. Kefir: Tarihçesi, Bileşimi ve Ticari Önemi	3
2.2. Mikroenkapsülasyon ve Püskürterek Kurutma	11
2.3. Probiyotik	19
3. MATERYAL VE METOT	24
3.1. Materyal.....	24
3.2. Metot.....	24
3.2.1. Karışım hazırlama	24
3.2.2. Püskürterek kurutma	24
3.2.3. Analizler.....	25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	31
4.1. Ürün Verimi.....	31
4.3. Renk Analizi	39
4.4. Islanabilirlik, Dağılabilirlik ve Higroskopisite.....	45
4.5. Mikrobiyal Analizler	51
4.6. pH ve Titrasyon Asitliği	57
4.7. Partikül Boyutu Analizi.....	61
4.8. Duyusal Analiz	72
4.9. SEM partikül mikroyapı görüntü analizi sonuçları	78
4.10. Depolama Stabilitesi.....	81
4.10.1. Kefir tozu örneklerine ait su aktivitesi değerleri.....	81
4.10.2. Kefir tozu örneklerine ait nem tayini analizi sonuçları.....	84
4.10.3. Kefir tozu örneklerine ait ıslanabilirlik analizi sonuçları	86
4.10.4. Kefir tozu örneklerine ait higroskopisite analizi sonuçları.....	89
4.10.5. Kefir tozu örneklerine ait dağılabilirlik analizi sonuçları	90
4.10.6. Kefir tozu örneklerine ait yığın yoğunluğu analizi sonuçları	93
4.10.7. Kefir tozu örneklerine ait mikrobiyal analiz sonuçları	95
4.10.8. Kefir tozu örneklerine ait pH ve titrasyon asitliği sonuçları.....	101
5. SONUÇ	105
6. KAYNAKLAR	106
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AB	Avrupa Birliği
HÇS	Hava Çıkış Sıcaklığı
HAO	Hacim Ağırlıklı Ortalama
YAO	Yüzey Ağırlıklı Ortalama
KO	Kareler Ortalaması
MD	Maltodekstrin
AG	Arabic Gum
SD	Serbestlik Derecesi
ÜM	Ürün Miktarı
EKM	Emülsiyon Kurumaddesi
S	Saniye
RSM	Rekonstitüye Edilmiş Süt Tozu
kob	Koloni Oluşturan Birim
TGaz	Transglutaminaz Enzimi
g	Gram
cm ³	Santimetreküp
dk	Dakika
D	Desen

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kefir danesi	4
Şekil 2.2. Laktik asit bakterilerinin inkübasyon süresi sonundaki görüntüleri.....	5
Şekil 2.3. Kefirde bulunan mayaların inkübasyon süresi sonundaki görüntüleri	5
Şekil 2.4. Maltodekstrinlerin genel yapısı	14
Şekil 2. 5. Arabic gum.....	15
Şekil 2.6. Püskürterek kurutma sistemi.....	18
Şekil 4.1. Püskürtmeli kurutucuyla kefir tozu üretim prosesine ait verim değerleri.....	31
Şekil 4.2.Üretim parametrelerinin verim üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler	33
Şekil 4.3. Üretim parametrelerinin %nem üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler	37
Şekil 4.4. Üretim parametrelerinin su aktivitesi üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler	38
Şekil 4.5. Üretim parametrelerinin yığın yoğunluğu üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler	39
Şekil 4.6. Üretim parametrelerinin kefir tozlarının L renk değeri üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler.....	42
Şekil 4.7. Üretim parametrelerinin kefir tozlarının a renk değeri üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler.....	43
Şekil 4.8. Üretim parametrelerinin kefir tozlarının b renk değeri üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler.....	44
Şekil 4.9. Üretim parametrelerinin kefir tozlarının ıslanabilirlik değeri üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler.....	47
Şekil 4. 10. Üretim parametrelerinin kefir tozlarının dağılılabilirlik değeri üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler	48
Şekil 4.11. Üretim parametrelerinin kefir tozlarının %higroskopisite değeri üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler	49
Şekil 4.12. Kefir tozlarına ait mikrobiyal canlılık değerleri (log kob/g)	52
Şekil 4.13. Üretim parametrelerinin kefir tozlarında Laktobasil canlılık değerleri üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler.....	54
Şekil 4.14. Üretim parametrelerinin kefir tozlarında Laktokok canlılık değerleri üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler.....	55
Şekil 4.15. Üretim parametrelerinin kefir tozlarında maya canlılık değerleri üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler	56
Şekil 4.16. Üretim parametrelerinin rekonstitüe edilmiş kefir tozlarının pH değeri üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler	59

Şekil 4.17. Üretim parametrelerinin rekonstitüye edilmiş kefir tozlarının %titrasyon asitliği değeri üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler.....	60
Şekil 4.18. Emülsiyonlara ait partikül büyüklüğü değerleri	63
Şekil 4.19. Emülsiyon partikül büyüklüğü hacim ağırlıklı ortalama (HAO) değeri üzerine üretim değişkenlerinin etkisini gösteren üç boyutlu grafikler.....	65
Şekil 4.20. Emülsiyon partikül büyüklüğü hacim ağırlıklı ortalama (HAO) değeri üzerine üretim değişkenlerinin etkisini gösteren üç boyutlu grafikler.....	66
Şekil 4.21. Kefir tozlarına ait partikül büyüklüğü değerleri	68
Şekil 4.22. Kefir tozu partikül büyüklüğü hacim ağırlıklı ortalama (HAO) değeri üzerine üretim değişkenlerinin etkisini gösteren üç boyutlu grafikler.....	70
Şekil 4.23. Kefir tozu partikül büyüklüğü yüzey ağırlıklı ortalama (YAO) değeri üzerine üretim değişkenlerinin etkisini gösteren üç boyutlu grafikler.....	71
Şekil 4.24. Rekonstitüye kefir tozlarının duysal analizine ait aroma puanları	73
Şekil 4.25. Rekonstitüye kefir tozlarının duysal analizine ait yapı ve tekstür puanları.....	73
Şekil 4.26. Rekonstitüye kefir tozlarının duysal analizine ait görünüş ve renk puanları.....	74
Şekil 4.27. Üretim parametrelerinin aroma değerleri üzerine etkisinin üç boyutlu yüzey grafiği	75
Şekil 4.28. Üretim parametrelerinin yapı ve tekstür değerleri üzerine etkisinin üç boyutlu yüzey grafiği	76
Şekil 4.29. Üretim parametrelerinin görünüş ve renk değerleri üzerine etkisinin üç boyutlu yüzey grafiği.....	77
Şekil 4.30. Kefir tozu örneklerinin SEM ile belirlenen mikroyapı analiz görüntüleri.....	78
Şekil 4.31. Kefir tozu örneklerinin SEM ile belirlenen mikroyapı analiz görüntüleri.....	79
Şekil 4.32. Kefir tozu örneklerinin SEM ile belirlenen mikroyapı analiz görüntüleri.....	80
Şekil 4.33. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca ortalama su aktivitesi değerlerindeki değişim.....	82
Şekil 4.34. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca ortalama nem değerlerindeki değişim.....	85

Şekil 4.35. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca ortalama ıslanabilirlik sürelerindeki değişim	87
Şekil 4.36. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca ortalama higroskopisite değerlerindeki değişim	89
Şekil 4.37. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca ortalama dağılıbilirlik değerlerindeki değişim	91
Şekil 4.38. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca ortalama yığın yoğunluğu değerlerindeki değişim	93
Şekil 4.39. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca Laktokok ($\log \text{ kob g}^{-1}$) değerlerindeki değişim	95
Şekil 4.40. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca Laktobasil ($\log \text{ kob g}^{-1}$) değerlerindeki değişim	96
Şekil 4.41. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca maya ($\log \text{ kob g}^{-1}$) değerlerindeki değişim	97
Şekil 4.42. Kefir tozu örneklerine ait ortalama pH değerleri	102
Şekil 4.43. Kefir tozu örneklerine ait ortalama titrasyon asitliği değerleri	102

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Kefir ve kefir danelerinin mikroflorası	7
Çizelge 2.2. Kefirin kimyasal bileşimi.....	8
Çizelge 2.3. Bazı ülkelerde fermente süt ürünleri üretim değişimi	11
Çizelge 2.4. Mikroenkapsülasyon teknolojisinde kullanılan kaplama materyalleri, uygulama yöntemleri ve alanları.....	14
Çizelge 3.1. Duyusal analiz formu.....	29
Çizelge 3.2. Box-Behnken cevap yüzey metoduna göre oluşturulan deneme planı.....	30
Çizelge 4.1. Farklı formülasyonlara göre üretilen kefir tozlarının verim değerlerine ait varyans analizi sonuçları	32
Çizelge 4.2. Kefir tozlarına ait %nem, su aktivitesi ve yığın yoğunluğu (g/cm ³) değerleri	34
Çizelge 4.3. Farklı formülasyonlara göre üretilen kefir tozlarının nem, su aktivitesi ve yığın yoğunluğu değerlerine ait varyans analizi sonuçları	35
Çizelge 4.4. Kefir tozlarına ait Hunter L, a, b renk değerleri	40
Çizelge 4.5. Farklı formülasyonlara göre üretilen kefir tozlarının Hunter L, a, b renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları	40
Çizelge 4.6. Kefir tozlarına ait ıslanabilirlik (sn), %dağılabilirlik ve %higroskopisite değerleri	45
Çizelge 4.7. Farklı formülasyonlara göre üretilen kefir tozlarının ıslanabilirlik, dağılabilirlik ve higroskopisite değerlerine ait varyans analizi sonuçları	46
Çizelge 4.8. Kefir tozlarına ait mikrobiyal canlılık değerleri (log kob/g)	52
Çizelge 4.9. Farklı formülasyonlara göre üretilen kefir tozlarının mikrobiyal sayım değerlerine ait varyans analizi sonuçları	53
Çizelge 4.10. Rekonstitüye kefir tozlarına ait pH ve titrasyon asitliği değerleri	57
Çizelge 4.11. Farklı formülasyonlara göre üretilen kefir tozlarının pH ve %titrasyon asitliği değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	58
Çizelge 4.12. Emülsiyon partikül büyüklüğü değerlerinden hacim ağırlıklı ortalama (HAO) ve yüzey ağırlıklı ortalama (YAO) verilerine ait varyans analizi sonuçları	64
Çizelge 4.13. Emülsiyon partikül büyüklüğü değerlerinden D ₁₀ , D ₅₀ , D ₉₀ verilerine ait varyans analizi sonuçları.....	64
Çizelge 4.14. Kefir tozu partikül büyüklüğü değerlerinden hacim ağırlıklı ortalama (HAO) ve yüzey ağırlıklı ortalama (YAO) verilerine ait varyans analizi sonuçları.....	69

Çizelge 4. 15. Kefir tozu partikül büyüklüğü değerlerinden d (0,1), d (0,5) ve d (0,9) verilerine ait varyans analizi sonuçları	69
Çizelge 4.16. Rekonstitüye kefir tozlarının duysal analizine ait aroma, yapı ve tekstür, görünüş ve renk puanları	72
Çizelge 4.17. Kefir tozlarının duysal analiz değerlerine ait varyans analizi sonuçları	74
Çizelge 4.18. Kefir tozu örneklerinin ortalama su aktivitesi değerleri	82
Çizelge 4.19. Kefir tozlarının su aktivitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları	83
Çizelge 4.20. Kefir tozu örneklerinin su aktivitesi değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	84
Çizelge 4.21. Kefir tozu örneklerinin ortalama %nem değerleri	84
Çizelge 4.22. Kefir tozlarının nem değerlerine ait varyans analiz sonuçları	86
Çizelge 4.23. Kefir tozu örneklerinin nem değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	86
Çizelge 4.24. Kefir tozu örneklerinin ortalama ıslanabilirlik değerleri	87
Çizelge 4.25. Kefir tozlarının ıslanabilirlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları	88
Çizelge 4.26. Kefir tozu örneklerinin ıslanabilirlik değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	88
Çizelge 4.27. Kefir tozu örneklerinin ortalama higroskopisite değerleri	89
Çizelge 4.28. Kefir tozlarının higroskopisite değerlerine ait varyans analiz sonuçları	90
Çizelge 4.29. Kefir tozu örneklerinin higroskopisite değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	90
Çizelge 4.30. Kefir tozu örneklerinin ortalama dağılıbilirlik değerleri	91
Çizelge 4.31. Kefir tozlarının dağılıbilirlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları	91
Çizelge 4.32. Kefir tozu örneklerinin dağılıbilirlik değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	92
Çizelge 4.33. Kefir tozu örneklerinin ortalama yığın yoğunluğu (g/cm^3) değerleri	93
Çizelge 4.34. Kefir tozlarının yığın yoğunluğu değerlerine ait varyans analiz sonuçları	94
Çizelge 4.35. Kefir tozu örneklerinin yığın yoğunluğu değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	94
Çizelge 4.36. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca Laktokok ($\log \text{ kob g}^{-1}$) değerlerindeki değişim	95

Çizelge 4.37. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca Laktobasil ($\log \text{ kob g}^{-1}$) değerlerindeki değişim	96
Çizelge 4.38. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca maya ($\log \text{ kob g}^{-1}$) değerlerindeki değişim	97
Çizelge 4.39. Kefir tozlarının depolama süresince belirlenen Laktokok değerlerine ait varyans analiz sonuçları	98
Çizelge 4.40. Kefir tozlarının depolama süresince belirlenen Laktobasil değerlerine ait varyans analiz sonuçları	98
Çizelge 4.41. Kefir tozlarının depolama süresince belirlenen maya değerlerine ait varyans analiz sonuçları	98
Çizelge 4.42. Kefir tozlarının Laktokok değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	100
Çizelge 4.43. Kefir tozlarının Laktobasil değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	100
Çizelge 4.44. Kefir tozlarının maya değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	101
Çizelge 4.45. Kefir tozu örneklerinin ortalama pH ve titrasyon asitliği değerleri	101
Çizelge 4.46. Kefir tozlarının pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları	103
Çizelge 4.47. Kefir tozu örneklerinin pH değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	103
Çizelge 4.48. Kefir tozu örneklerinin titrasyon asitliği değerlerine ait varyans analiz sonuçları	104
Çizelge 4.49. Kefir tozu örneklerinin titrasyon asitliği değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	104

1. GİRİŞ

Kefir, kefir daneleri veya bunlardan üretilen starter kültürler kullanılarak, etil alkol ve laktik asit fermantasyonları sonucu elde edilen, çok eski geçmişe sahip, Kafkas dağları orijinli ve hafif gazlı fermente bir süt ürünüdür (Güzel-Seydim vd 2005). Fermente süt ürünleri tebliğine göre kefir; fermantasyonda spesifik olarak *Lactobacillus kefiri*, *Leuconostoc*, *Lactococcus* ve *Acetobacter* cinslerinin değişik suşları ile laktozu fermente eden (*Kluyveromyces marxianus*) ve etmeyen mayaları (*Saccharomyces unisporus*, *Saccharomyces cerevisiae* ve *Saccharomyces exiguus*) içeren starter kültürler ya da kefir danelerinin kullanıldığı fermente süt ürünü olarak tanımlanmaktadır (Anonim 2009a).

Kefir, süt içindeki tüm besin maddelerini içerdiğinden besin değeri yüksek bir içecektir. Dane bileşimindeki mikroorganizmaların etkisi ile laktoz ve proteinlerin bir kısmı parçalandığı için besleyici değerinin artması ve vücut tarafından daha iyi absorbe edilebilmesi kefirin önemini ortaya koymaktadır. B₁, B₁₂ ve K vitaminlerince zengin olan kefir ayrıca sindirilebilir protein, çeşitli mineral maddeler ve esansiyel amino asitleri içermektedir. Fermantasyon sonucunda oluşan laktik asidin yaklaşık %50'sinin L(+) tipte olması kefirin vücuda yararlılığını daha da artırmaktadır (Chen vd 2008). Kefir tüketiminin bağışıklık sistemini desteklediği, tümör büyümesini ve patojen bakterilerin çoğalmasını engellediği bildirilmektedir (Golowczyc vd 2011). Kefir; çoğunlukla süt içeceği olarak, bazen de çeşitli besinlerin (çorba ve pasta) içeriğinde yer alarak da tüketilebilmektedir.

Kefirin raf ömrü üretim şekli ve ambalajlamaya bağlı olarak 4°C'de 15-30 gün arasında değişmektedir. Bu süreler sonunda kefirin özellikle duyuusal özelliklerinde önemli kayıplar oluşmaktadır (Demir 2001). Diğer fermente süt ürünlerinde de olduğu gibi raf ömrünün kısa olması kefir için ticari anlamda önemli bir sorundur. Kefirin, süt ve yoğurt tozunda olduğu gibi toz forma dönüştürülerek, oda koşullarında ve uzun süreli dayandırılmasına yönelik çalışmalar hem depolama ve taşıma maliyetlerinin azaltılması hem de ürünün stabil formda uzun süre dayandırılarak tüketiciye ulaştırılması bakımından önemlidir.

Püskürterek kurutma gıda endüstrisinde yıllardır kullanılan eski ve yaygın bir tekniktir. Püskürterek kurutma temel olarak, çözelti veya süspansiyon haldeki sıvının, ısıtılan bir bölmede, atomizasyonla partikül şeklinde hızla kurutulduğu bir işlemdir. Püskürterek kurutma, diğer kurutma işlemlerine göre kurutma süresinin oldukça kısa oluşu, özellikle ısıya hassas ürünlerin güvenle kurutulmasına olarak sağlaması bakımından avantajlıdır. Gıdaların çoğunlukla ısıya hassas oluşu ve toz ürünlerin tüketici için çekiciliği gıda endüstrisinde püskürterek kurutmanın en önemli tercih sebebidir. Tam yağlı süt tozu, yağsız süt tozu ve peyniraltı suyu tozu gibi süt ürünleri püskürterek kurutma ile üretilen en popüler gıda ürünleridir. Püskürterek kurutma ile üretilen diğer gıdalar ise instant kahve ve çay, bebek mamaları, yumurta tozu, enzimler, mikroorganizmalar ve dondurma miksi tozlarıdır (Barbosa-Canovas 2005). Püskürterek kurutma gıda endüstrisinde mikrokapsülasyon uygulamalarında da yaygın şekilde kullanılmaktadır. Sürekli üretim olanağı sağlaması, endüstriyel olarak kolayca uygulanabilmesi ve mikrokapsül üretim maliyetinin diğer mikrokapsülasyon

tekniklerine kıyasla daha düşük olması bu tekniğin en çok tercih edilme nedenleri arasında sayılmaktadır (Koç vd 2010).

Gıdalarda ve/veya gıda takviyelerinde bulunan biyoaktif moleküllerin veya canlı biyoaktif hücrelerin (probiyotikler) püskürterek kurutma ile gerçekleştirilen mikroenkapsülasyon işlemi olumlu sonuçlar verebilmektedir. Örneğin, çeşitli karbonhidrat bazlı taşıyıcı maddeler kullanılarak kapsüllenmiş olan probiyotikler, kapsüllenmemiş eşdeğerlerine kıyasla daha uzun süre canlı kalabilmekte ve fonksiyonel özelliklerini koruyabilmektedir (De Vos vd 2010). Ancak probiyotik kültürlerin püskürterek kurutma ile mikroenkapsülasyonunda hem uygun bir taşıyıcı matrisin belirlenmesi hem de kurutma esnasında çalışılacak sıcaklık aralığına dikkat edilmesi oldukça önemlidir. Püskürterek kurutma süresince çok yüksek sıcaklıklara çıkılmadığı sürece, mikroorganizma sayısının dondurarak kurutma uygulanmış kültürlerdeki mikroorganizma sayısı ile kıyaslanabilecek seviyelere ulaşabildiği bildirilmektedir. Probiyotik kültürlerin mikroenkapsülasyonunda en sık kullanılan taşıyıcı matrisler ise aljinat, k-karragenan, nişasta, gellan gam, ksantan gam, dekstran, kitosan, inulin ve süt proteinleridir (Rowley vd 2009).

Bu çalışmada sağlık üzerine olumlu etkileri çeşitli araştırmalarla kanıtlanmış olan kefirin, püskürterek kurutmayla çözünür toz formuna dönüştürülmesi, bu şekilde ürünün raf ömrünün uzatılması ve standart kalite özelliklerine sahip, tüketimi kolay bir ürünün üretilmesi amaçlanmaktadır.

2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI

2.1. Kefir: Tarihçesi, Bileşimi ve Ticari Önemi

İnsanoğlunun sütü bir gıda maddesi olarak kullanması 5000 yıldan beri süregelmektedir. Bazı tarihçilere göre sütün mayalanarak yeni bir besin maddesi olarak kullanımı Orta Asya'lı göçebeler tarafından gerçekleştirilmiştir. Milattan önce 4. yüzyılda antik Trakya halkı, bugün yoğurt adıyla bildiğimiz 'prokiş'dedikleri bir çeşit ekşi süt üretiyorlardı. 19. yy sonlarına dek sütün mayalanma işlemi konusunda bazı ilerlemeler kaydedildiyse de ancak 1860 yılında Fransız kimyager ve mikrobiyolog Louis Pasteur'un bilimsel çalışmaları sayesinde sütün mayalanması ile ilgili sırlar açığa çıkmıştır (Alpkent 2004).

Geçmişte sütün çabuk bozulabilen bir ürün olmasından dolayı, sütü daha uzun süre muhafaza etmek amacıyla çeşitli geleneksel fermente süt ürünlerinin geliştirildiği bilinmektedir. Fermente süt ürünleri Orta Asya kökenli olmakla birlikte zaman içerisinde popüler olarak Avrupa'ya ve tüm dünyaya yayılmıştır. Günümüzde değişik fermente süt ürünleri (yoğurt, kefir, yakult, yayıkaltı süt vd.) Avrupa ülkelerinde önemli miktarlarda tüketilmektedir. Özellikle İskandinav ülkeleri fermente süt ürünleri tüketiminde önemli bir yere sahiptir (Farnworth 2005).

Fermente süt ürünleri içerisinde yoğurttan sonra en çok bilinen kefir, eski çağlardan beri Kafkasya'da üretilen ve buradan Dünya'ya yayılan sindirimi kolay, serinletici, çok az alkol içeren ve mayhoş bir tadı olan süt ürünüdür. Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği'ne göre ise kefir; laktik asit bakterileri, asetik asit bakterileri ve torula mayalarını içeren kefir danelerinin sütü fermentasyonu ile elde edilen içilebilir kıvamdaki üründür (Anonim 2009b).

Kefir, Orta Asya'da göçebe olarak yaşamlarını sürdüren Türkler tarafından bulunmuştur. Hayvanları ilk evcilleştirdikleri zaman onların sütlerinden yararlanan Türkler yaşamlarının her alanında mayaladıkları süt ürünlerini her yere taşımışlardır. Sütün temini için sürekli yanlarında bulunan at, keçi ve koyunlardan yararlanmışlar; at sütünden kımız, keçi veya koyun sütünden kefir üretmişlerdir. Uzun yıllar Kafkasya'da üretilen kefir buradan dünyaya yayılmıştır (Mumcu 1997).

Kefir yapımında starter olarak kefir daneleri kullanılmaktadır. Ancak bu danelerin nerede ve nasıl oluştuğu bilinmemektedir. Başka bir kaynaktan ise kefir danelerinin Kafkasya'da keçi tulumu içinde, inek sütünün dana ve koyun şirdenleriyle pıhtılaştırılması sonucunda elde edildiği bildirilmektedir. Pıhtılaştırmanın yapıldığı tulumun iç yüzeyinde birkaç hafta sonra süngerimsi bir kabuk tabakası meydana geldiği, bu kabuk tabakasının alındığı, kurutulduğu ve kuruma sonunda oluşan küçük topakların kefir danesi olarak isimlendirildiği ifade edilmektedir (Koroleva 1988a).

Litaratüre göre kefir; kültür ilave edilerek üretilmiş, insan sağlığı açısından yararlı etkileri bulunan, ayran benzeri fermente bir içecektir. Ekşi ve ferahlatıcı tadı ile ayrana, probiyotik bakterilerin bağırsak sisteminde tutunma özelliği ve besleyici değerleri açısından yoğurda benzemektedir. İyi bir kefir; akıcı kıvamda, homojen ve parlak görünümlüdür. Mayalanma sırasında CO₂ oluştuğundan köpüklüdür. Kefir oda

sıcaklığında bozulduğu için soğuk ortamda (buzdolabı koşulları) muhafaza edilmelidir (Baysal 2010).

Kefirin mikroflorası laktik streptokok, leukonostok, termofilik laktobasil, mezofilik laktobasil, mayalar (laktozu fermente eden ve edemeyen) ve sıklıkla asetik asit bakterilerinden oluşmaktadır. Kefir danelerinin mikrobiyel bileşimi danelerin orijinine ve fermentasyon metoduna bağlı olarak değişebilmektedir (Güzel-Seydim vd 2005). Kefir daneleri, laktik asit bakterileri ve mayaların oluşturduğu 'kefiran'adı verilen polisakkarit bileşimine sahiptir (Beshkova vd 2002). Kefiranın nasıl oluştuğu tam olarak anlaşılamamakla birlikte, başlıca glukoz ve galaktozun dallanmış hexa-ve heptasakkarit oluşumlarıdır (Güzel-Seydim vd 2005). Süt yağı ve denatüre olmuş süt proteinleri bu polisakkarit bileşimin oluşumunda etkilidir (Beshkova vd 2002). Söz konusu polisakkarit suda zor çözünmektedir. Çeşitli homofermentatif *Lactobacillus* türleri, ki buna *Lactobacillus kefiranofaciens* ve *Lactobacillus kefir* dahildir, bu polisakkariti üretebilmektedir (Irigoyen vd 2005). Sanayide kefiranın, kıvam artırıcı, emülsifiye ve stabilize edici özelliklerinden yararlanılmaktadır (Tada vd 2007).



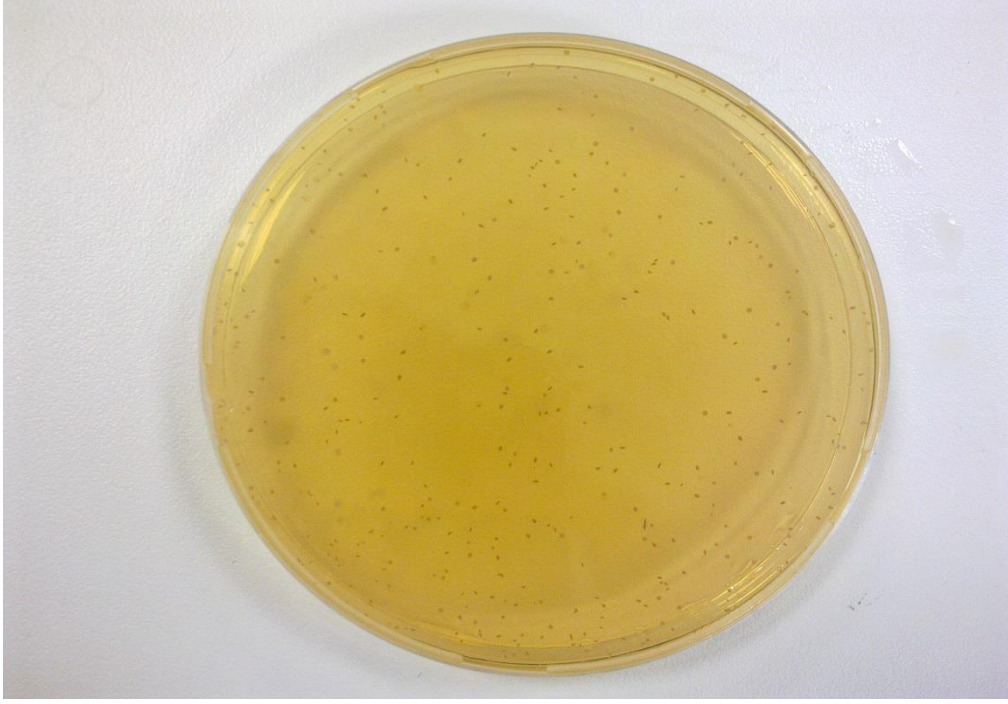
Şekil 2.1. Kefir danesi (Anonim 2013)

Danelerdeki mikroflora konusunda farklı bilgiler bulunmaktadır. Yapılan araştırmalarda yüksek kaliteli kefirin mikrobiyel bileşimi şu şekilde verilmektedir:

- termofilik laktobasil 10^7 - 10^8 kob/ml
- homofermentatif mezofilik laktik asit streptokok 10^9 kob/ml
- heterofermentatif laktik asit streptokok 10^7 - 10^8 kob/ml
- mayalar 10^4 - 10^5 kob/ml

-asetik asit bakterileri 10^4 - 10^5 kob/ml arasında değişmektedir (Koroleva 1988a; Kurmann 1992). Kefir danelerindeki ve kefirdeki mikrobiyel sayıyı belirlemeye çalışan Güzel-Seydim vd (2005), toplam laktik asit bakterilerinin, laktokok, laktobasil ve maya

populasyonunun fermentasyon sırasında arttığını, soğukta depolama süresinde de çok az bir artış gösterdiğini bildirmişlerdir(Güzel-Seydim vd 2005).



Şekil 2.2. Laktik asit bakterilerinin inkübasyon süresi sonundaki görüntüleri



Şekil 2.3. Kefirde bulunan mayaların inkübasyon süresi sonundaki görüntüleri

Kefiri diğer fermente süt ürünlerinden ayıran en önemli özellik; kefir danesinde bulunan bakteri ve maya türlerinin simbiyotik aktivitesi sonucu bu üründe laktik asit ve alkol fermentasyonunun bir arada oluşmasıdır (Ünlütürk ve Turantas 1998; Yılmaz vd 2006). Hem laktik asit bakterileri hem de mayaların fermentasyonu sonucu kefirde laktik asit, asetik asit metabolitlerini de içeren doğal bir probiyotik olarak da kabul edilmektedir (Yüksekdağ vd 2004).

Kefir üzerine ilk bilimsel çalışmalar 19. yy'ın sonunda Rusya'da yapılmıştır. Tıp doktorları o zamanlarda pratik bir ilaç olarak kefirı bağırsak ve mide rahatsızlıkları olan hastalara tedavi amacıyla vermişlerdir (Özsoy vd 1998). Kolaylıkla sindirilebilen besleyici bir gıda olduğu için çocuklar, yeni doğanlar, hamile bayanlar, iyileşme dönemindeki hastalar, yaşlılar, kabızlık ve diğer sindirim problemleri çeken insanlar için ideal bir içecektir. Kefirden elde edilen *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* bakterisini *Escherichia coli*'ye *Lactobacillus brevis*'in ise *Listeria monocytogenes* ve *Staphylococcus aureus*'a karşı güçlü bir antimikrobiyal etki gösterdiği bildirilmiştir (Sezer ve Güven 2009).

Yüzyıllardır Kafkasya bölgesinde miks kültür kullanılarak laktik asit ve alkol fermentasyonu sonucu oluşturulan kefirin yapımında kullanılan granüller polisakkarit matriks tarafından karnabahara benzer şekilde bir arada tutulan mikroorganizma topluluğundan ibarettir. Bu topluluk içinde, simbiyotik şekilde bir arada yaşayan mayalar (*Kluyveromyces*, *Candida*, *Torulopsis* ve *Sacharomyces* spp.) lactobacilli (*Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus delbrueckii*), streptococci (*Streptococcus salivarius*), lactococci (*Lactococcus lactis* ssp. *thermophilus*, *Leuconostoc mesenteroides* ve *Lactococcus cremoris*) ve nadiren asetik asit bakterileri gibi birçok mikroorganizma izole edilebilir (Simova vd 2002). Homofermentatif laktobasiller (*Lactobacillus kefir*) bakteriyel floranın en önemli bölümünü oluştururlar. Son yıllarda kefirde yeni bir Laktobasil türü olan *Lactobacillus kefiranofaciens* tanımlanmıştır. Kefir danesinin dış polisakkarit katmanının daha ziyade bu bakteri tarafından üretildiği bildirilmektedir. “Kefiran” olarak bilinen bu polimer, %30-34 kazein, %45-60 sakkarit, %3-4 yağ ile canlı ve ölü mikroorganizmalardan oluşup, eşit düzeyde glukoz ve galaktoz içermektedir ve kefir danesinin en az %25'ini oluşturmaktadır (Neve 1992; Goncu ve AlpKent 2005). *L. kefir* yüzey tabakada küçük bir bölgede yoğunlaşmışken, *L. kefiranofaciens* ise granülün bütün üst bölgesinde ve merkezde bulunur (Arihara vd 1990).

Kefir mikroorganizmaları arasındaki simbiyoz ilişki sebebiyle mikrofloranın tam olarak açıklanabilmesi sıkıntılı bir süreç olmuştur. Genel olarak bakteriyel populasyon 6.4×10^4 - 8.5×10^8 kob/g ve maya populasyonu 1.5×10^5 - 3.7×10^8 kob/g aralığında tespit edilmektedir (Witthuhn vd 2005a). Kefir içinde bulunup tanımlanmış olan bakteri türleri *Lactobacillus kefir*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* subsp. *delbrueckii*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Enterococcus faecalis*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus casei*, *Enterococcus faecium*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus fermentum*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* subsp. *bulgaricus* (Chen vd 2008), tanımlanmış maya populasyonu ise *Kluyveromyces*, *Zygosaccharomyces*, *Pichia*, *Torula*, *Candida* ve *Saccharomyces*'tir. Baskın maya populasyonu üyeleri ise *Kluyveromyces lactis*, *Kluyveromyces matxianus* ve *Saccharomyces cerevesiae* olup küçük gruplar halinde de *Torulaspora delbrueckii*,

Zygosaccharomyces rouxii, *Saccharomyces unisporus*, *Debaromyces hansenii* ve *Torulaspora delbrus* maya türleri bulunmaktadır (Witthuhn vd 2004; Golowczyc vd 2007; Wróblewska vd 2009; Zhou vd 2009; De Antoni vd 2010; Dimitrellou vd 2010).

Genel olarak laktobasiller (homofermentatif, heterofermentatif; mezofil ya da termofil) dane mikroflorasının %65-80'ini oluşturur. Geri kalan kısmın %20'sini streptokoklar ve %5'ini mayalar oluşturur (Libudzisz ve Piatkiewicz 1990; Wszolek vd 2001). Laktik asit bakterileri; laktik asit, CO₂ ve etanol oluşumuna, asetik asit bakterileri; kefir danelerindeki simbiyoz yaşamın sürdürülmesine ve kefirin viskozitesinin artırılmasına, mayalar ise simbiyoz yaşama, CO₂ oluşumuna ve karakteristik tat ve aroma gelişimine yardımcı olurlar (İnal 1990). Kefir ve kefir danelerinin mikroflorası Çizelge 2.1'de gruplandırılmıştır.

Çizelge 2.1. Kefir ve kefir danelerinin mikroflorası (Ahmed vd 2013)

Lactobacillus	Leuconostoc
<i>Lb.kefir</i>	<i>L.cremoris</i>
<i>Lb.brevis</i>	<i>L. mesenteroides ssp. dextranicum</i>
<i>Lb.casei</i>	
<i>Lb.lactis</i>	Enterococcus
<i>Lb.parakefir</i>	<i>Enterococcus durans</i>
<i>Lb.acidophilus</i>	
<i>Lb.kefiranofaciens</i>	Acetobacter
<i>Lb.casei ssp.lactis</i>	<i>Acetobacter aceti</i>
<i>Lb.kefirgranum</i>	<i>A.rasens</i>
<i>Lb.helveticus ssp.lactis</i>	
<i>Lb.delbruecki ssp.lactis</i>	Maya
<i>Lb.delbruecki ssp.bulgaricus</i>	<i>Candida kefir</i>
	<i>C. pseudotropicalis</i>
Lactococcus	<i>Kluyveromyces lactis</i>
<i>Lc.lactis ssp.lactis</i>	<i>K. fragilis /marxianus</i>
<i>Lc. lactis diacetylactis</i>	<i>Saccharomyces ssp.</i>
<i>Lc. lactis ssp. cremoris</i>	<i>Torulopsis holmii</i>

Kefirin kimyasal bileşimi çok değişkendir; üretiminde kullanılan sütün kaynağı ve sütün yağ miktarı, kefir danelerinin kompozisyonu ve kefir üretiminde takip edilen teknolojik proses kefirde bileşimi etkileyen en önemli faktörlerdir (Zubillaga vd 2001). Kefir önemli besin bileşenlerinin tümünü içerir. Su en büyük yüzdeye sahip olmak üzere (%86,3) makro bileşen olarak şeker, protein, yağ, kül (Algirdas Liutkevičius ve Šarkinas 2004) içerir. Minör bileşen olarak ise alkol ve laktik asit içerir (Webb ve Johnson 1987). Kefirin içerdiği CO₂ miktarı kefir danesi miktarına bağlıdır, dane miktarı arttıkça CO₂ miktarı da artar. Fermantasyon süresince oluşan diğer ürünler ise başta laktik asit olmak üzere asetik asit, piruvik asit, hipürik asit, propiyonik asit ve bütirik asittir. Kefir için en önemli aroma bileşenlerinden sayılan asetil grubu bileşikler *Str. Lactis* ssp. ve *Leucunostoc* sp. (Libudzisz ve Piatkiewicz 1990) bakteri türleri tarafından üretilir (Ahmed vd 2013). Çizelge 2.2'de kefirin kimyasal ve besinsel bileşimi gösterilmektedir.

Çizelge 2.2. Kefirin kimyasal bileşimi (Ahmed vd 2013)

Bileşen	100 g	Bileşen	100 g
Enerji	65 kcal	Mineral Maddeler (g)	
Yağ (g)	3,5	Kalsiyum	0,12
Protein (g)	3,3	Fosfor	0,1
Laktoz (g)	4	Magnezyum	12
Su (g)	87,5	Potasyum	0,15
		Sodyum	0,05
Süt Asidi (g)	0,8	Klorür	0,1
Etil Alkol (g)	0,9		
Laktik Asit (g)	1	İz elementler	
Kolesterol (mg)	13	Demir (mg)	0,05
Fosfat (mg)	40	Bakır (µg)	12
		Molibden (µg)	5,5
Esansiyel Amino Asitler (g)		Manganez (µg)	5
Triptofan	0,05	Çinko (mg)	0,36
Fenilalanin+ Tirozin	0,35		
Lösin	0,34	Aromatik Bileşenler	
İzolösin	0,21	Asetaldehit	
Treonin	0,17	Diasetil	
Metiyonin+ Sistein	0,12	Asetoin	
Lisin	0,27		
Valin	0,22		
Vitaminler (mg)			
A	0,06	B12	0,5
Karoten	0,02	Niasin	0,09
B1	0,04	C	1
B2	0,17	D	0,08
B6	0,05	E	0,11

Kefirin bağışıklık sistemine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, erkek denekler üzerinde kefir tüketiminin bağışıklık sistemi üzerine etkileri incelenmiştir. Bu kapsamda ilk olarak denekler üç gruba ayrılmıştır. Bir grup yoğurt tüketmiş, bir grup kefir tüketmiş ve kalan deneklerde kontrol grubu olarak belirlenmiştir. 4 hafta süre ile deneklerden belirli egzersiz şartlarına uymaları ve egzersizlerden sonra her grubun kendisi için belirlenmiş yiyeceği tüketmesi istenmiştir. Kontrol grubu bu kapsamda egzersiz sonrasında herhangi bir probiyotik gıda tüketmemiştir. 4 hafta boyunca deneklerden

sürekli olarak egzersiz öncesinde ve tüketim sonrasında örnekler alınmıştır. Sonuç olarak kontrol grubunun bağışıklık sistemi üyelerinde IgA, IgM, IgG, Lökosit, Nötrofil, Lenfosit, Monosit, Eozinofil, Bazofil düzeyinde farklılık gözlenmemiştir. Yoğurt tüketen grupta Eozinofil düzeyinde artış, Bazofil düzeyinde ise düşüş gözlenmiştir. Kefir tüketen grupta ise Lenfositler, Bazofiller ve Monositlerdeki artış miktarını azaltmıştır. IgA, IgM, IgG, Lökosit, Nötrofil, Eozinofil, düzeylerinde değişiklik bulunamamıştır. A, IgM, IgG, Lökosit, Nötrofil, Lenfosit, Monosit, Eozinofil, Bazofil düzeyinde farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Sonuç olarak, bu bulguların ışığında, Kefir tüketiminin uzun süreli submaksimal koşu sonrası bağışıklık sisteminin bazı bileşenlerini desteklediği söylenebilir (Aysabar 2010).

Kefir ve bozanın antioksidan aktivitesinin araştırıldığı bir çalışmada sonuçlar, kefir ve bozanın, sahip oldukları antioksidatif özellikleriyle, doğal antioksidanlar olarak tüketilebileceğini göstermiştir. Kefir ve boza, probiyotikleri içeren önemli fermente ürünlerdir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre kefir ve bozanın sağlık üzerindeki koruyucu etkilerinin, sahip oldukları antioksidan aktiviteler ile yakından ilişkili olduğu düşünülmektedir (Özpınar 2012).

Kefir tüketmenin faydaları bugüne kadar pek çok araştırmacının üzerinde çalıştığı bir konudur. Binlerce yıldır tüketilen kefirin patojenik mikroorganizma içermediği artık bilinen bir gerçektir. Kefir hastane ve sanatoryumlarda pek çok farklı hastalığı tedavi amacıyla yıllardır kullanılmaktadır. Özellikle Kafkas ülkelerinde modern tedavilerin ulaşamaz olduğu zamanlarda, damar tıkanıklığı ve alerjik reaksiyonlar başta olmak üzere tüberküloz, kanser ve gastrointestinal sistemle ilgili pek çok hastalığın iyileştirilebilmesi amacıyla kullanılmıştır. Uzun yıllar boyunca eski Sovyetler Birliği ülkelerinde de gözlenen Kafkas toplumlarına özgü uzun yaşamın sırrı olarak nitelendirilmiştir (Zacconi vd 1999).

Düzenli kefir tüketimi gastrointestinal sistemde belirgin bir rahatlama, bağırsak hareketlerini düzenleme ve geliştirme, gaz oluşumunu azaltma ve daha sağlıklı bir beslenme sistemi oluşmasına yardımcı olur. İç ekosistemi temizleyip dengeye getirme, faydalı bakteri ve maya gelişimini destekleme, bağışıklık sistemini güçlendirme, kronik yorgunluk sendromuna karşı olumlu etkileri olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan son çalışmalarla da kefirin antibakteriyel, antikanserojen, hipokolestrolemik ve immunolojik etkileri olduğu kanıtlanmıştır (Otlés ve Cagındı 2003).

Epidemiyolojik çalışmalar fermente süt ürünü tüketiminin kadınlarda göğüs kanseri riskini azalttığını göstermiştir (Van't Veer vd 1989). Bu koruyucu etki fermente süt ürünlerinde bulunan proteinler ve küçük peptit gruplarıyla alakalıdır. Bahsi geçen biyoaktif bileşenler öncül kanserojen hücrelerinin kanser hücrelerine dönüşümünü sağlayan enzimlerin çalışmasını baskılayarak kanser oluşum riskini azaltmaktadır. Ayrıca bağışıklık sisteminin çalışmasını destekleyerek hastalanma mekanizmasını yavaşlatmaktadır (Adachi 1992).

Kefir mikroflorasının anti kanserojen etkisi bilinen bir gerçektir. İzole edilen *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc* (Lee vd 2009) ve *Streptococcus lactis subsp. cremoris* (Miyamoto 1991) suşlarının mutajenlerin üzerine binme yeteneği olduğu belirtilmiştir. Günde 2 gram kefir tüketmek kanserle savaş anlamında tümör oluşum

riskini azaltması bakımından, aynı miktarda tüketilen yoğurda göre daha fazla fayda sağlamaktadır. Kefir üretiminde kullanılan sütler incelendiğinde ise en yüksek faydayı soya sütünün sağladığı görülmüştür (Liu vd 2006). *L. kefiranofaciens* suşundan izole edilen ve bir tür suda çözünebilen glukogalakton olan kefiranın da anti kanserojen etkiye sahip olduğu belirtilmektedir (Wang vd 2008).

Birçok araştırmacı bazı *Lactobacilli* türlerinin antimikrobiyal madde üretme yeteneği olduğunu iddia etmiştir. Bu iddiaların en temel dayanağı ise kefirin bileşiminde bulunan H₂O₂, bakteriyosin, etanol, CO₂, diasetil, laktik asit ve asetik asittir. Bahsi geçen maddeler gıdaları patojenlere karşı koruyan önemli bileşenlerdir. Ayrıca gastrointestinal sistemi de hastalıklara karşı etkili biçimde korumaktadırlar (Simova vd 2009). Ayrıca kefirin *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, *Escherichia coli* (Gulmez ve Guven 2003), *Listeria innocua* (Morgan vd 2000), *Salmonella enteridis*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes* ve *E. coli* bakterilerine karşı inhibe edici etkisi olduğu belirtilmiştir (Yesillik vd 2011).

Bazı araştırmalar sonucu kefirde fermentasyon süresince piridoksin (B₆), biotin (B₇), folik asit (B₉), ve siyanokobalamin (B₁₂) vitaminlerinin yüksek oranlarda üretildiği gösterilmiştir (Algirdas Liutkevičius ve Šarkinas 2004).

Fermente süt ürünlerinin özellikle de kefirin hipokolestrolemik etkisi olduğu pek çok bilim insanınca çalışılmış ve tasdik edilmiş bir konudur (Kampman vd 1994; Xiao vd 2003). İnsanlar özellikle kalp ve damar yolu rahatsızlıkları sebebiyle yüksek kolesterol içeriğine sahip gıdalara endişeyle yaklaşmaktadır. Kefir içerdiği çok sayıda laktik asit bakterisi ve bu bakterilerin metabolitleri yardımıyla yüksek kolesterol etmeni maddelerin %33'üne bağlanmaktadır (Hosono vd 1990). Kefir kültürü süte 24.8°C'de inokule edildiğinde kolesterol miktarında %28-65 arası düşme tespit edilmiştir (Vujičić vd 1992). Kefirden izole edilen maya kültürlerinin hipokolestrolemik etkisi olduğu rapor edilmiştir (Noh vd 1997). Koyun, keçi ve inek sütlerinden üretilen kefirlerin hipokolestrolemik aktiviteleri karşılaştırıldığında koyun sütünün bu konuda daha etkili olduğu belirlenmiştir (Wang vd 2008).

Kefirin antimikrobiyal etkisi, kefir danesinde bulunan laktik asit bakterilerinin ürettiği; laktik asit, H₂O₂ ve bakteriyosinlerden kaynaklanmaktadır. Laktik asit ortam pH'sını düşürerek diğer bakterilerin gelişmesini engellemekte, H₂O₂ ve asetik asit ise antibakteriyel etki göstererek, bazı gram pozitif ve gram negatif bakteriler ile mantarlara karşı etkili olmaktadır. Kefirde bulunan asetik asit bakterileri bağırsakta protein proteolizine neden olarak, serbest aminoasitlerin birikimine yardım etmekte ve B grubu vitaminlerin oluşumunu sağlamaktadır (Koroleva 1988a). Ayrıca fermentasyon sonrası sütte bulunan laktoz miktarının %75 oranında azalması nedeni ile kefirin laktoza hassasiyet gösteren kişiler tarafından rahatlıkla tüketilebileceği bildirilmiştir (Yılmaz vd 2006).

Dünya nüfusunun çok geniş bir bölümü laktoz intoleransı adı verilen hastalıktan muzdariptir. Laktoz intoleransı temel olarak memeli sütlerinde bulunan en temel karbonhidrat ve bir çeşit disakkarit olan laktozu sindirememesi şeklinde tanımlanabilir. Şu aşamada bu sorunun pratikteki tek çözümü ise hastaların, laktozu sindiren β galaktosidaz enzimince zengin fermente süt ürünü tüketmesidir. β galaktosidaz yoğurt starter

kültürlerinden *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus subs. bulgaricus* ve *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* ile sinerjik bir etkileşim içindedir (Hertzler ve Clancy 2003).

Kilo problemi olan kişiler tarafından uygulanan diyetlerde yaygın olarak fermente edilmiş günlük ürünler önemli bir rol oynamaktadır. Bu ürünlerin geniş spektrumunda fizyolojik ve terapötik (tedavi edici) etkilerinin olması tüketici tercilerinin bu yöne kaymasına etki etmektedir (Gönülateş 2008). Dünya’da içme sütü üretimi 2010 yılında başta Hindistan (%4.9), Çin (%12.2) ve Rusya (%11.3) olmak üzere artmıştır. İçme sütü üretiminin düştüğü ülkeler ise Japonya (%1.5), Güney Kore (%3.6), ABD (%1.5), Kanada (%2.9) ve Meksika (%13.4)'dır. İçme sütü ile karşılaştırıldığında, fermente ürünlerdeki üretim artışı daha yüksek olmuştur. Söz konusu artış özellikle ABD’de (%9.1), Rusya’da (%11.6) ve Çin’de (%13.4) daha çarpıcı oranlarda gerçekleşmiştir (Anonim 2011).

Çizelge 2.3. Bazı ülkelerde fermente süt ürünleri üretim değişimi (CNIEL, PZ, Eurostat, IDF, ZMB, TÜİK, TEPGE, 2012)

	2010 (MiyonTon)	09/10 Yıllık Büyüme (%)
AB-27	8.2	0.7
Çin	3.6	13.4
Rusya	2.3	11.6
Türkiye	2.1	0.4
ABD	1.9	9.1
İran	1	5
Japonya	0.8	2.4
Arjantin	0.6	-6.1

Türkiye’de 1980’li yılların ortasında ilk kez kısa bir süre ambalajlı kefir üretimi yapılmıştır. Daha sonra yerel bir firmanın (Ezine) 2004 yılında piyasaya kefir ürününü sürmesinin ardından diğer süt ürünü firmaları da kefir üretimine başlamıştır. Bir ara sekiz farklı firma piyasaya kefir üretirken günümüzde bu firma sayısı dörde düşmüştür. 2005 yılının ilk 8 ayında %59 oranında tonajda büyümesi ve bunun yanında %75’lik bir ciro artışı getirmesi sonucunda, beklentilerin bir sonraki yıl 2 bin 500 tonajda 10 milyon TL ciro olarak belirlenmesine neden olmuştur. 2009 yılından bu yana piyasada bir stabilite yakalayan kefir, üretici firmaların 250 ml, 330 ml, 500 ml ve 1000ml’lik ürünleriyle tüketicinin karşısına çıkmaktadır. Normal-Sade, light ve meyveli olmak üzere farklı tatlardaki ürünlerini piyasaya süren firmalar mümkün olduğunca bol seçenekle tüketiciye ulaşmayı amaçlamaktadır. Ancak tüketiciler bu ürünlere sadece belli başlı büyük marketlerde ulaşabilmektedir (Karagözlü 2012).

2.2. Mikroenkapsülasyon ve Püskürterek Kurutma

Mikroenkapsülasyon katı, sıvı veya gaz halindeki gıda bileşenlerinin, enzimlerin, hücre ve diğer maddelerin protein veya karbonhidrat esaslı minyatür kapsüller içerisinde tutulması olarak tanımlanmaktadır. Yöntemin temel amacı gıda bileşenlerini kötü çevre koşullarından korumak, stabilitesini artırmak ve kontrollü kullanımını sağlamaktır (Peker 2011). Partikül büyüklüğüne göre enkapsülasyon çeşitleri;

-Nanoenkapsülasyon (0.2µm'den küçük)

-Mikroenkapsülasyon (0.2-5.000 µm)
-Makroenkapsülasyon (5.000 µm'den büyük) olmak üzere üç grupta toplanmaktadır (King 1995).

Mikroenkapsülasyon, ilaç ve gıda endüstrisi gibi spesifik alanlarda uygulanmakta olan ve hızla gelişen bir teknolojidir. Gıda endüstrisinde 60 yılı aşkın bir süredir kullanılmaktadır. 1932 yılında İngiliz şirketi A. Boake, Roberts & Co, Ltd püskürterek kurutma tekniği uygulayarak Arabic gum tarafından kapsüle edilmiş lezzet (çeşni) tozu üretmiştir. Yapılan bu çalışma enkapsülasyon tarihini başlatmakla kalmamış üretim sonrasında püskürterek kurutma teknolojisi gıda ve içecek sanayisi için kullanılan en önemli uygulamalardan biri haline gelmiştir (Barbosa-Canovas 2005). Söz konusu teknikte, enkapsülatı oluşturan aktif kısmın çekirdek, iç faz ve dolgu olarak; enkapsülasyon materyalinin ise kabuk kaplama maddesi ya da duvar materyali olarak isimlendirildiği ifade edilmektedir. Duvar materyali olarak da; jelatin, nişasta, modifiye nişasta, selüloz, dekstrin ya da jelleşme özelliği göstermeyen bir hidrokolloid kullanılmaktadır (Desai ve Jin Park 2005).

Esas olarak mikroenkapsülasyon tekniği, doğal bileşenlere yararlı spesifik özellikler kazandırabilmekte ve gıda endüstrisinde çok farklı amaçlar için kullanılabilir. Bu amaçlar;

-Kaplanacak maddenin dış etkenlere karşı korunması (nem, sıcaklık, hava, ışık gibi), depolama sırasında tat ve koku maddeleri kayıplarını önlemek, fiziksel özelliklerin daha iyi korunması,

-Maddenin kaplanmasıyla taşınmasının kolaylaştırılması, doğru yerde ve doğru zamanda çalışmasının sağlanması,

-Küçük miktarlarda kullanımı durumunda seyreltilebilmesi ve seyreltmenin homojen bir halde sağlanması,

-Kaplanacak maddeler arasında meydana gelebilecek arzu edilmeyen etkileşimleri ve görülebilecek oksidatif bozulmaların önüne geçebilmek,

-Aroma maddelerinin ortama kontrollü salınımını sağlamak ve bu salınım hızını kontrol edebilmek,

-Probiyotik mikroorganizmaların çevresinde fiziksel bir bariyer oluşturarak olumsuz çevre koşullarına karşı mikroorganizmaların canlılığını korumak, ayrıca bununla birlikte beslenme ile ilgili kayıpların önlenmesini sağlamak olarak ifade edilmektedir (Desai ve Jin Park 2005).

Mikroenkapsülasyon tekniğinin kullanıldığı gıda ürünleri gün geçtikçe artmakta olup yoğun olarak; yoğurt, peynir, dondurma, mayonez, balık yağı, şekerleme ürünleri gibi ürünlerde genellikle sıvı damlacıkların, katı partiküllerin veya gaz bileşenlerin gıda saflığında kaplama materyalleri ile kaplanması için kullanılmaktadır. Gıda ürünleri içerisinde çoğunlukla katı ve sıvı yağlar, aroma bileşenleri, vitaminler, mineraller, renk bileşenleri ve enzimler mikroenkapsüllenmiştir (Koç vd 2010).

Mikrokapsüllerin morfolojisi incelendiği zaman, basit kürelerin yani düzensiz şekilli çekirdeklerin, çok katmanlı bir kabuk ile çevrildiği görülmektedir. Genel olarak mikrokapsül morfolojisi iç faz (çekirdek) ve duvar materyali (matriks) olmak üzere iki kategoriye ayrılır. Kaplama materyalinin kompozisyonu son ürünün fonksiyonel

özelliklerine doğrudan etki etmektedir. İdeal bir kaplama materyali aşağıdaki özellikleri taşımalıdır (Koç vd 2010):

- Yüksek konsantrasyonda reolojik özellikleri iyi olmalı ve kapsülleme işlemi esnasında kolay işlenebilmelidir.
- Emülsiyon ve dispersiyon özelliği olmalıdır ve ayrıca emülsiyon stabilitesi yüksek olmalıdır.
- Çekirdek materyali ile kaplama işlemi esnasında ve depolama sırasında çekirdek materyalinin özelliğini bozacak şekilde reaksiyona girmemelidir.
- Çekirdek materyalini kaplayabilmeli ve bunu stabil bir şekilde hem işlem esnasında hem de depolama esnasında korumalıdır.
- İstenilen çözücüde çözünememelidir.
- Ucuz olmalıdır.

Püskürterek kurutma sıcaklıklarında, besleme sıvısının yapısında bulunan şeker ve asitler kurutma ünitesinin çeperlerine yapışmaya meyillidir. Bu nedenle gıdaların püskürterek kurutulmasında yapışma problemini önlemek amacıyla genellikle yüksek molekül ağırlığına sahip karbonhidratlar yardımcı madde olarak kullanılır (De Oliveira vd 2009).

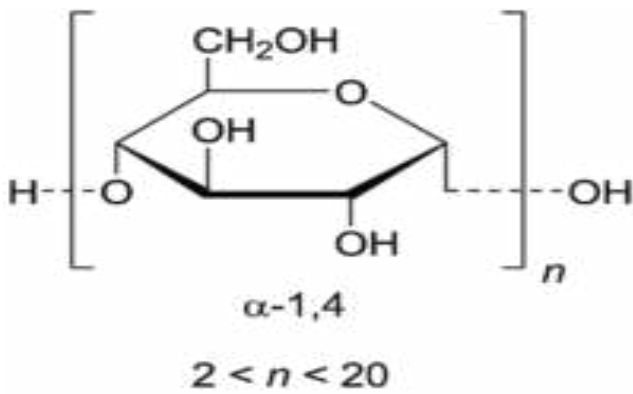
Yukarıda belirtilen özellikleri tek bir kaplama materyalinin sağlaması çok zordur. Bu sebeple farklı kaplama materyallerinin bir arada kullanılması önerilir (Koç vd 2010). Mikroenkapsülasyon teknolojisinde kullanılan kaplama materyalleri Çizelge 2.4.'te belirtilmiştir.

Mikroenkapsülasyon işleminde genellikle yüksek konsantrasyonlarda bile düşük viskoziteye sahip olmaları ve çözünürlüklerinin iyi olması dolayısı ile nişasta, maltodekstrin ve mısır şurubu tozu gibi karbonhidratlar tercih edilmektedir. Ayrıca ucuz olmaları ve gıdalarda yaygın bir şekilde kullanılmalarından ötürü de kaplama materyali olarak tercih edilirler. Fakat emülsifiye edici özelliklerinin olmaması veya düşük olması sebebiyle mikroenkapsülasyon işleminde tek başına kullanılmalarından ziyade proteinlerle birlikte kullanımları daha yaygındır (Mol 2008).

Maltodekstrinler (Şekil 2.4) ve glukoz şurupları gıda endüstrisinde alkosüz içecekler, enerji içecekleri ve bebek mamaları gibi pek çok ürününün başlıca ingrediyesi olduğu gibi, klinik uygulamalarda şeker hastaları için enerji tamamlayıcısı olarak da yaygın şekilde kullanılmaktadır. Nişasta türevi olan maltodekstrinler genellikle buğday, patates veya mısır nişastasının enzimatik veya asit hidrolizi yoluyla elde edilmektedir. Kontrollü olan hidroliz işlemi sonunda, son üründe bulunması istenen oranlarda glukoz (dekstroz), maltoz, maltotrioz, oligosakkarit ve polisakkarit birimleri elde edilir. Maltodekstrinler ile glukoz şuruplarını birbirinden ayırt etmek için, indirgen gücün bir ölçütü olan ve hidrolizat kurumaddesinde bulunan D-glukoz birimlerinin yüzde olarak ifadesi olan dekstroz eşdeğeri (DE) kullanılmaktadır. Buna göre DE değeri 20'den küçük olan nişasta hidrolizatları maltodekstrinler, DE değeri 20'den büyük olanlar ise glukoz şurupları olarak sınıflandırılmaktadır (Cai ve Corke 2000).

Çizelge 2.4. Mikroenkapsülasyon teknolojisinde kullanılan kaplama materyalleri, uygulama yöntemleri ve alanları (Desai ve Jin Park 2005)

Kategori	Kaplama Materyali	Mikroenkapsülasyon Yöntemi	Uygulama Alanı
Karbonhidrat	Nişasta, maltodekstrin, mısır şurubu tozu, modifiye nişasta, siklodekstrin, kitosan	Püskürtmeli ve dondurarak kurutma	Aroma bileşenleri Yağlar Probiyotik bakteriler
Selüloz	Karboksimetilselüloz, metilselüloz, etilselüloz, selülozasetat-bütilat-fitalat	Koaservasyon yöntemi Püskürterek kurutma	Tatlandırıcılar Lezzet vericiler Vitaminler
Gamlar	Gam akasya, agar, sodyum aljinat, karragenan	Püskürterek kurutma	Lezzet vericiler Yağlar Probiyotik bakteriler
Lipidler	Vaks, Parafin, diaçilgliserol	Emülsiyon Lipozom Film oluşturma	Vitaminler Enzimler
Protein	Gluten, kazein, jelatin, albumin, peptidler	Püskürterek kurutma Emülsiyon	Probiyotik bakteriler Balık yağı Enzimler



Şekil 2.4. Maltodekstrinlerin genel yapısı (Anonim, 2013)

Gamlar arasında, Arabic gum olarak da isimlendirilen akasya gaminın, emülsifiye edici özelliğinin mükemmel olması sebebiyle kullanım alanı çok yaygındır. Gam arabiğın emülsifiye edici özelliği yapısında bulunan arabinogalakto protein kompleksi ile ilişkilendirilir (Dickinson 2003).



Şekil 2. 5. Arabic gum (Anonim, 2013)

Bitki salgısı olan Arabic gum suda son derece iyi çözünebilmesi (%50) nedeniyle diğer doğal gam maddelerinden ayrılmaktadır. Heteropolimer olan Arabic gumın yapısı lineer ve dallanmış halde bulunan galaktoz, arabinoz, ramnoz ve glukuronik asit birimlerinden oluşmaktadır. Arabik gum gıdalarda özellikle aroma sabitleyici, köpük stabilizatörü, bağlayıcı, emülgatör ve stabilizatör olarak kullanılmaktadır. Koruyucu kolloid özelliği ile Arabic gum oldukça etkili bir kapsülleme yardımcı maddesidir. Arabic gum geniş bir pH aralığında pek çok farklı yağ ile stabil emülsiyonlar oluşturmaktadır. Aynı zamanda yağ ara yüzeylerinde belirgin bir film tabakası da oluşturan Arabic gumın emülsiyon oluşturma mekanizması henüz tam olarak anlaşılamamış olmakla birlikte, yapısında bulunan arabinogalakto-protein (AGP) kompleksinin bu mekanizmada etkili olduğu kabul görmektedir (Ward 1997).

Arabic gum diğer pek çok gam maddesi, nişasta, karbonhidrat ve proteinle uyumlu özelliklere sahiptir. Ancak fiyatının pahalı olması ve kısıtlı temin problemi, Arabic gumın kapsülleme işlemlerinde kullanımını sınırlandıran unsurlardır. Bu nedenle maltodekstrinler ve modifiye nişastalar Arabic guma alternatif taşıyıcı maddeler olarak daha fazla ilgi görmektedir. Püskürterek kurutulmuş emülsiyonlarda Arabic gum yerine maltodekstrinlerin kullanımı üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Ancak maltodekstrinlerin emülsiyon oluşturma ve aroma tutma kapasitelerinin daha düşük olduğu bildirilmektedir (Krishnan vd 2005).

Chan ve Zhang (2002) çalışmalarında *Lactobacillus acidophilus* bakterisinin probiyotik özelliğini muhafaza süresince koruması için enkapsülasyon tekniğini incelemiştir. Mikrobiyel hücre içeren tozlar, sodyum aljinat ve hidroksipropil selüloz kombinasyonu ile hazırlanan kaplama materyalinin içine basınç yardımıyla

sıkıştırılmıştır. Sıkıştırılmış mikrobiyel hücre tozları üzerindeki basınç 90 MPa iken bakterilerin yaşamsal faaliyetlerini bir miktar kaybettiği gözlemlenmiştir. Uygulanan basınç 90 MPa'nın üzerine çıktıkça hücre faaliyetlerinin doğrusal olarak azaldığı görülmüştür. Fakat 60 MPa basınç altında sıkıştırılarak enkapsüle edilen bakterilerin stabilitesinin, herhangi bir işlem uygulanmayan hücrelere göre 30 günden sonra (25°C'de) yaklaşık 10 kat fazla olduğu belirlenmiştir (Chan ve Zhang 2002).

Proteinler sahip oldukları fonksiyonel özelliklerinden dolayı mikroenkapsülasyon işlemi için iyi kaplama materyalleridir. Özellikle lezzet bileşenlerinin bağlanmasında oldukça iyidir (Mol 2008). Jelatin, iyi emülsiyon özelliği ve film oluşturma etkisi göstermesi, suda çözünürlüğünün yüksek ve yenilebilir olması sebebiyle iyi bir kaplama materyalidir (Bruschi vd 2003). Peynir altı suyu proteinleri süt yağının enkapsülasyonunda kaplama materyali olarak %10-30 w/w konsantrasyonlarında yapılan bir çalışmada kullanılmış ve yaklaşık %90'dan fazla verim alınmıştır (Young vd 1993).

Yapılan bir çalışmada %0.6 aljinat, 0.3 M CaCl₂ nişasta ile karıştırılarak 5 mm kalınlığında kaplama materyali oluşturularak *Lactobacillus acidophilus* mikroenkapsüle edilmiştir. Bu çalışmada aljinat-nişasta sıvı kompleksi ile *Lb. acidophilus* bakterisinin fermentasyon yeteneğini ve canlılık faaliyetlerini yitirmeden enkapsüle edilebileceği görülmüştür (Jankowski vd 1997). Yine başka bir çalışmada dondurmada mikroenkapsülasyon için aljinat, uygulanmıştır. Laktobasiller aljinat jeli içerisinde tutunmuş, daha sonra ise Ca⁺⁺ iyonları ile etkileşime giren aljinat+mikrobiyel hücre kompleksinden hücrelerin serbest kalması sağlanmış ve bu şekilde serbest bakteri hücrelerinin yaşamaları ve faaliyet göstermeleri desteklemiştir (Kınık vd 2003; Ünal 2010).

Transglutaminaz (TGaz) enziminin kullanım olanakları üzerine yapılan çalışmada, TGaz enzimi kullanılarak ısıl işlem uygulamadan yani probiyotiklere zarar vermeden daha düşük sıcaklıklarda kapsülleme işlemi gerçekleştirilmiş ve TGaz enzimi kullanılarak yapılan mikroenkapsülasyon uygulamalarında sodyum kazeinat jellerinin insan bağırsak sisteminde sindirilebilirliği gösterilmiştir (Serdaroğlu ve Turp 2003).

Yapılan bir çalışmada *Lactobacillus paracasei* NFBC 338 suşu, Arabic gum ile kaplanmış ve bu sayede mikroorganizmaların toz formlarının kurumaya karşı dirençlerinin ve 4°C, 15°C, 30°C'de depolama esnasında depolama stabilitesinin artırılabilirdiği belirtilmiştir (Desmond vd 2002). Ünal ve Erginkaya (2010) aljinat, pektin ve peynir altı suyu proteini ile enkapsüle edilen *Bifidobacterium bifidum*'un *in vitro* koşullarda canlılık süresinin artırdığını bildirmektedir.

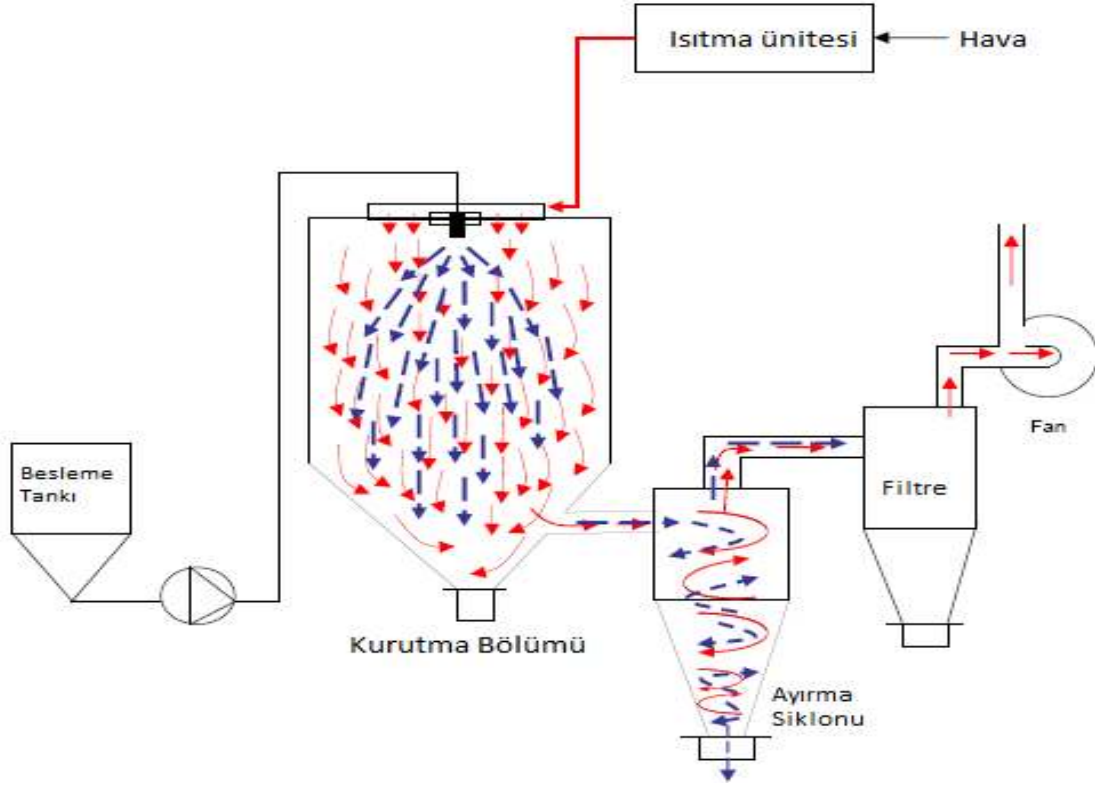
Mandal vd (2006), mikroenkapsüle edilmiş *Lactobacillus casei* NCDC-298 türünün canlılığı üzerine farklı aljinat konsantrasyonlarının (%2, %3 ve %4) etkisini incelemişlerdir. Aljinat konsantrasyonu arttıkça bakterinin gastrointestinal koşullara dayanımının arttığı ve canlılık üzerinde olumlu etkisi olduğu saptanmıştır. Chen vd (2008) yaptıkları bir çalışmada probiyotiklerin, mikroenkapsülasyonunda (ME) gastrointestinal koşullara dayanıklılıkları açısından en uygun kombinasyonun %1 peptit ve %3 fruktooligosakkarit ile karıştırılmış olan %3'lük sodyum aljinat olduğunu bulmuşlardır.

Muthukumarasamy ve Holley (2006), aljinat ile mikroenkapsüle edilen *Lactobacillus reuteri*'yi içeren fermente kuru sosisin duyuşal ve mikrobiyolojik kalitesini değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda, kurutma işlemleri ile birlikte mikrokapsüle edilmemiş *L. reuteri* içeren kuru fermente sosiste yani kontrol örneğinde 2.6 birimlik logaritmik azalış meydana gelirken, mikroenkapsüle edilen kuru fermente sosiste 0.5 birimlik logaritmik azalış meydana gelmiştir. Ayrıca duyuşal özellikler bakımından kontrol örneğı ile ME probiyotik katılmış sosis arasında önemli farklılıkların olmadığı bildirilmiştir..

Champagne vd (2010) probiyotik kültürlerin püskürtmeli kurutma yöntemiyle mikroenkapsülasyonu üzerine yaptıkları bir çalışmada, ortama emülsifiye edici Tween 80 eklemenin yağı çözünür hale getirdiğini ve ortamda bulunan yağın da yaşayan *Bifidobacterium longum* sayısını desteklediğini belirlemiştir. Katechaki vd (2009), kefirde izole edilen ve termal şekilde kurutulmuş elde edilen kefir starter kültürünü peynir üretiminde kullandıkları çalışmalarında, söz konusu starter kültürün ürün kalitesini olumlu etkilediğini tespit etmişlerdir.

Yoğurdun bazı hidrokolloid maddeler (k-karragenan, keçiyoynuzu gamı, guar gam ve pektin) kullanılıp püskürterek kurutulduğu bir çalışmada ise, k-karragenan ve keçiyoynuzu gamı kullanımının yoğurttaki asetaldehit miktarını artırdığı ve bununla orantılı bir şekilde bu iki hidrokolloid maddeyle üretilen toz örneklerde canlı mikroorganizma sayısının da kontrol örneğine göre fazla olduğu belirtilmiştir (Rascón-Díaz vd 2012). Bir diğeri çalışmada da, optimum proses koşullarında (171.0°C giriş sıcaklığı ve 60.5°C çıkış sıcaklığı) püskürterek kurutma ile üretilen yoğurt örneklerinde laktik asit bakterilerinin canlılığının önemli ölçüde korunduğı rapor edilmiştir (Koç vd 2010).

Gıda bileşenlerinin mikroenkapsülasyon işleminde püskürterek kurutma, dondurarak kurutma, akışkan yatak kaplama, koaservasyon, ekstrüzyon ve ko-kristalizasyon gibi birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Ancak bu teknikler içinde en yaygın olarak kullanılan yöntem püskürterek kurutma işlemidir. Değişik kapsülleme ajanlarının kullanılabilmesi, yaygın olarak kullanılan işleme ekipmanlarına uyarlanabilir olması, iyi kalitede parçacıklar elde edilmesi, sürekli üretim olanağı sağlaması ve endüstriyel olarak kolayca uygulanabilmesi püskürterek kurutma yönteminin tercih edilme nedenleridir. Ayrıca bu yöntemle mikroenkapsüle edilmiş ürünlerin üretim maliyeti diğeri yöntemlere göre oldukça düşüktür (Koç vd 2010). Püskürterek kurutma sisteminin genel birimleri Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.6. Püskürterek kurutma sistemi (Kırmızı çizgiler hava akışını, mavi çizgiler ürün akışını göstermektedir) (Erdinc 2007).

Püskürtmeli kurutma yöntemi ile enkapsülasyon gıda endüstrisinde gıda bileşenlerinin (yağlar, aroma maddeleri, antioksidanlar, v.b.) kaplanmasında ve sıvı ürünlerin toz formuna dönüştürülmesinde kullanılır. Yöntemin uygulanmasında, sıvı ürün atomizör yardımı ile çok küçük damlacıklar halinde sıcak hava ortamına verilir. Yapıdaki su yüksek buharlaşma hızından dolayı kısa sürede üründen uzaklaşır (Desai ve Jin Park 2005).

Shrestha vd (2007), püskürterek kurutma ile yağsız süt tozu üretiminde, kurutma öncesi eklenen UF-süt permatı (milk permeate by ultrafiltration) konsantrasyonu artırıldığında, ürünün siklon geri kazanımının ve partikül büyüklüğünün azaldığını, ürünün renginin yeşil-sarıya değiştiğini ve L renk değerinin arttığını bildirmiştir.

Püskürterek kurutma işlemi çok sayıda bilimsel çalışmaya konu olmaktadır. Ancak, püskürterek kurutulmuş tozların fiziksel özelliklerinin tahmini üzerine yapılan sistematik çalışmaların sayısı oldukça azdır. Bansode vd (2010), püskürterek kurutulmuş tozun özelliklerinin, formülasyon, besleme kompozisyonu, atomizasyon, kurutma havası ve kurutucu geometrisi gibi birden fazla ve genellikle birbiriyle ilişkili değişkenlerin bir fonksiyonu olduğunu ifade etmektedir.

Püskürterek kurutma yönteminde, elde edilen atomize partiküllerin sertleşmesi sırasında suyun kaplama maddesi içerisindeki hızlı evaporasyonu nedeniyle, çekirdek materyalinin sıcaklığının 100°C'nin altında kalması sağlanır. Söz konusu bu özellik yüksek sıcaklığa duyarlı ürünlerde yöntemin kullanılmasını olanaklı kılmaktadır.

Bununla birlikte elde edilen partikül çaplarının küçük olması, ingrediyenlerin çözünürlük özelliklerinin artışı sağlamaktadır. Ancak özellikle kuru karışımlarda meydana gelen partiküllerin yapışıklık problemleri, yonteme bir aglomerasyon aşamasının ilavesi ile giderilebilmektedir. Prosesin uygulanmasında karşılaşılabilecek en önemli dezavantaj ise, çekirdek maddesinin işlem sırasında kurutma yüzeyine yapışabilme olasılığıdır. Bu olgu üründe oksidasyon için bir potansiyele neden olmakta ve son üründe aroma dengesinin değişmesi ile kendini göstermektedir (Kınık vd 2003).

2.3. Probiyotik

Gelişmiş toplumlarda son yıllarda sağlıklı gıdaların tüketimine yönelik ilginin artmasına paralel olarak probiyotik bakterilerin de önemi artmıştır (Martin-Diana vd 2003). Probiyotik bakterilerin yararlı etkileri uzun zamandır bilinmesinden dolayı bu konuda yapılmış araştırmalar değişik süt ürünlerinde halen devam etmektedir.

Probiyotik özellik taşıyan mikroorganizmaların insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri ilk defa 1908 yılında, Nobel ödüllü Rus araştırmacı Elie Metchnikoff tarafından ortaya atılmıştır. Metchnikoff, Bulgar çiftçilerin fermente süt ürünleri tüketimi sonucu daha sağlıklı ve uzun ömürlü olduklarını, bunun nedeninin ise bu ürünlerde bulunan çubuk şeklindeki bakterilerin (*Lactobacillus* spp.) bağırsaktaki mikroflorayı olumlu yönde etkilemesi ve toksik mikrobiyel aktiviteyi azaltması olduğunu belirtmiştir. Fermente gıdalarla sağlıklı yaşam arasındaki bu bağlantı bugün de geçerliliğini korumaktadır. Fermente ürünler üzerine yapılan araştırmaların başlangıcı çok eskilere dayanmakla birlikte, probiyotikler konusunda yapılan çalışmalar ancak son 20 yılda hız kazanmıştır.

Bir gıdanın fonksiyonel olarak nitelendirilebilmesi için vücutta bir ya da daha fazla hedef bölgede tatmin edici derecede faydalı bir etki göstermesi; beslenme etkilerinin ötesinde, sağlığı geliştirici ve/veya hastalık riskini azaltıcı etkilere sahip olması gerekmektedir. Fonksiyonel gıdaların en önemli bölümünü başta probiyotikler olmak üzere nütrosotikler ve fitokimyasallar oluşturur. Probiyotikler fonksiyonel gıdalara örnek teşkil eden ve intestinal sistemdeki mikrobiyel dengeyi faydalı bir şekilde etkileyen canlı mikrobiyel takviye olarak tanımlanır. Probiyotiklerin bağırsak mikroflorasını kolon hastalıklarına ve çeşitli gastrointestinal enfeksiyonlara karşı koruduğuna dair bilimsel kanıtlar bulunmaktadır (Semyonov vd 2010).

Bağırsak sisteminde bulunan laktobasil türlerinden fermente süt ürünlerinde en çok kullanılanları *Lactobacillus acidophilus* ve *Bifidobacterium bifidum*'dur. Bu bakteriler ile üretilen ürünlerin düzenli olarak tüketilmesi bu bakterilerin barsak sistemine tutunmasını sağlamakta ve tedavi edici bir özellik göstermesine neden olmaktadır. Probiyotik süt ürünleri ülkemizde yeni üretilmekle birlikte, birçok ülkede bu ürünlerin tüketimi gün geçtikçe artmaktadır. İnsan sağlığı üzerindeki etkileri de dikkate alındığında, *Lactobacillus acidophilus* içeren ürünlerin üretim yöntemleri ile ilgili çalışmaların geliştirilmesi yararlı olacaktır (Yılsay ve Kurdal 2000).

Ağız yoluyla alınan probiyotiklerin beklenen yararlı etkiyi gösterebilmeleri için canlı olarak ve çok sayıda bağırsak sistemine ulaşmaları gerekmektedir. Bu nedenle

kullanılan suşların mide asitliğine ve safra tuzlarına karşı dirençli olmaları istenmektedir. Bu özellik aynı zamanda probiyotik mikroorganizmaların seçiminin en temel ölçütlerinden birisidir (Haddadin vd 2004) .

Probiyotik mikroorganizmaların beklenen faydalı etkiyi sağlayabilmeleri için, 10^8 kob/ml veya daha fazla sayıda vücuda alınmaları ve içinde bulundukları gıdaların üretimi ve raf ömrü süresince canlı kalabilmeleri gerekmektedir. Probiyotiklerin belirli sayıda ve düzenli olarak tüketilmelerine ilaveten, alınan bakterilerin sindirim sisteminde mide asitliği, safra tuzları, çeşitli enzimler vb. gibi zor koşullarda da canlılığını koruyabilmesi, uygun miktarlarda bağırsaklara ulaşarak orada kolonize olması gerekmektedir (Çakır 2003).

Biyoaktif gıda bileşenleri işleme, depolama ve gastrointestinal sistemde transfer boyunca olumsuz etkilenip, fonksiyonel özelliklerini kaybedebilirler. Probiyotikler için koruma amaçlı gerçekleştirilen enkapsülasyon işlemi faydalı sonuçlar vermektedir. Kapsüllenerek toz hale getirilen gıdalarda probiyotikler, hiçbir işlem görmeden sıradan tüketilen günlük gıdalara göre daha fazla hayatta kalmaktadır. Enkapsülasyon işlemi probiyotiklerin fonksiyonelliğini koruması açısından önemlidir. Biyoaktif gıda bileşenlerini korumak için geliştirilmiş farklı enkapsülasyon teknikleri bulunmaktadır. Bunlardan en sıklıkla uygulananları; emülsifikasyon, püskürterek kurutma, püskürterek soğutma, dondurarak kurutma, akışkan yatakta kaplama ve ekstrüzyon teknolojisi olarak sıralanabilir. Bu yöntemler içinde en çok tercih edilen püskürterek kurutmadır. Ürünün ısıya maruz kalma süresinin çok kısa olması (~1-2s) , üretimin tekrar edilebilir olması ve maliyetinin ucuz olması püskürterek kurutmanın önemli avantajlarıdır (De Vos vd 2010).

Son yıllarda fonksiyonel gıdalar özellikle de probiyotik bakterilerin kaplanarak eklendiği gıdalar dikkati çekmektedir. Buna rağmen sektörde bu tip gıdaları bulmak hayli zordur. Nütrosotiklerin taşıyıcı madde olarak kullanıldığı gıdaları tüketmek mümkündür fakat asıl arzu edilen bakterilerin canlılığını destekleyen gıda matrisleriyle üretimler yapılabilmesidir. Enkapsülasyon herhangi bir materyalde arzu edilen bir maddenin, birkaç nanometre ile birkaç milimetre arasında değişen boyutlarda tuzaklanarak toz hale getirildiği fizikokimyasal veya mekanik prosesler olarak da tanımlanabilir (Chen ve Chen 2007). Biyoaktif gıda bileşenleri enkapsüle edildikten sonra gıda endüstrisinde pek çok amaçla kullanılabilir. Bunlar; oksidasyon reaksiyonlarını kontrol etmek, tat-aroma bileşenlerini maskelemek ve raf ömrünü uzatmak şeklinde özetlenebilir. Probiyotik enkapsülasyonu ise, hücrelerin olumsuz şartlar söz konusu olduğunda korunması amacıyla uygulanan bir işlemdir (Champagne ve Fustier 2007).

İnülin gibi prebiyotikler cansız gıda bileşenleri olup konakçı hücrelerde intestinal mikroflorada olumlu etkiler yaratırlar. İnülinin Bifidobacter ve laktik asit bakterilerinin gelişimini seçici olarak desteklediği belirtilmiştir (Madrigal ve Sangronis 2007). Gıdalarda inülin kullanmak fermentasyon ve depolama süreçlerinde mikrobiyal canlılığı geliştirme açısından avantajlı durumlara sebebiyet vermektedir (Akın vd 2007). %1.5 (w/v) konsantrasyonda inülin kullanmanın, fermente süt ürünlerinde probiyotik mikroorganizmaların gelişmesini teşvik etmek ve canlılığını korumak için yeterli olduğu belirtilmiştir (Aryana ve McGrew 2007). İnülin aynı zamanda yağı azaltılmış ve/veya yağsız süt ürünlerinde yağ ikame maddesi olarakta kullanılmaktadır. Bu açıdan

bakıldığında iyi bir kıvam sağlayıcı olması ve reolojik özellikleri olumlu yönde desteklemesi de önemli avantajları arasındadır (El-Nagar vd 2002)

Prebiyotik madde varlığında Bifidobakterlerin püskürterek kurutma yöntemiyle mikroenkapsülasyonu üzerine yapılmış bir çalışmada üretilen tozun nem miktarı, su aktivitesi, partikül boyutu, çözünebilme ve nem kapma kapasitesi gibi bazı fizikokimyasal analizler yapılmıştır. Çalışmada prebiyotik madde olarak inulin, oligofruktoz ve inulinle zenginleştirilmiş oligofruktoz kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda başlangıç mikroorganizma sayısının inulin kullanılarak üretilen kapsülde daha fazla olduğu görülmüştür. Oligofruktoz kullanılarak üretilen kapsülün en higroskopik örnek olduğu belirtilirken, en az higroskopik özellik gösteren örneğin ise kapsülleme ajanı olarak inulin kullanılan toz ürün olduğu belirtilmiştir. Kullanılan üç prebiyotik madde de morfolijiyi önemli ölçüde etkilemezken, tüm kapsüllerde su aktivitesi 0,3 değerinden daha düşük bulunmuştur (Fritzen-Freire vd 2012).

Lian vd (2002), çeşitli taşıyıcı maddeleri kullanarak Bifidobacter kültürlerini kurutmuşlardır. Bu çalışma kapsamında %10 (w/w) oranında kullanılan Arabic gum, jelatin ve modifiye nişastanın en yüksek canlılık değerini verdiği belirtilmiştir. Çalışma kapsamında canlılığın taşıyıcı madde çeşidine doğrudan bağlı olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca konsantrasyonun %10'dan %25'e çıkarılması canlılık değerinin düşmesine neden olmuştur.

Santivarangka vd (2007), yaptıkları bir çalışmada yüksek kurumadde konsantrasyonun geniş partiküller meydana getirdiğini, dolayısıyla daha uzun kuruma süresine yol açtığını ifade etmişlerdir. Bu durumunda kapsüllenmiş mikroorganizmaların daha çok sıcak zararlanmasına maruz kalacağını ve canlılığı düşüreceğini belirtmişlerdir.

Farklı mikroorganizma türlerinin aynı kurutma koşullarına dayanıklılığı üzerine yapılmış bir diğer çalışmada canlılığın türe ve koruma yöntemine bağlı olduğu bildirilmiştir. Püskürterek kurutma işleminden sonra hayatta kalma oranları sırasıyla en çoktan aza doğru; *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus paracasei*, *L. lactis cremoris* olarak belirlenmiştir. (Peighambardoust vd 2011).

Corcoran vd (2004) üç Laktobasil türünün (*Lactobacillus rhamnous* E800, *L. salivarius*, *L. rhamnous* GG) %20 (w/v) rekonstitüye süt tozu kullanarak 55-61 °C sıcaklık aralığında sıcaklığa dayanımlarını belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma sonunda en dayanıklı tür *Lactobacillus rhamnous* E800 olurken bunu *L. salivarius* takip etmiş ve bu üç tür içindeki en dayanıksız mikroorganizma türü *L. rhamnous* GG olarak belirlenmiştir. Ancak *L. rhamnous* GG sıcaklık dayanımında zayıf kalırken en fazla termal duyarlılık ve hayatta kalma oranını gösteren tür olmuştur.

Farklı taşıyıcı maddelerin kombinasyon halinde kullanımının kurutma işleminden sonraki canlılığı geliştirmede önemli bir adım olabileceği bildirilmiştir. Bifidobacterium türlerinin kurutulması işleminde soya proteini ile maltodekstrin ve rekonstitüye süt tozu ile Arabic gum kombinasyonunun en iyi sonuçları verdiği belirtilmiştir (Chávez ve Ledebøer 2007).

Desmond ve Ross (2002) probiyotik bir suş olan *Lactobacillus paracasei* NFBC 338'in püskürterek kurutma esnasında korunması, depolama ve gastrointestinal sistemde ki transferi boyunca canlılığın devamının sağlanmasını amaçladıkları çalışmalarında taşıyıcı madde olarak %10 (w/w) oranında Arabic gum kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda taşıyıcı madde ile kurutulan örneklerin, taşıyıcı madde eklenmeden kurutulan örneklerle göre 10 kat daha fazla hayatta kaldığı rapor edilmiştir.

Kurutma ve depolama sırasında starter kültürleri korumak amacıyla koruyucu ajanlar eklenmesi çok yaygın bir durumdur. Bu koruyucu ajanlar basit veya kompleks yapıda olabilir. Farklı çeşitte şekerler (glukoz, fruktoz, laktoz, mannoz, süktroz, sorbitol, adonitol, trehaloz) ve bileşenler örneğin; rekonstitüye süt tozu, Arabic gum, monosodyum glutamat, nişasta ve oligosakkaritler bu alanda yaygın kullanılan taşıyıcı maddelerdir (Desmond vd 2002; Santivarangkna vd 2008).

Püskürterek kurutma esnasında sistemin giriş sıcaklığından ziyade havanın çıkış sıcaklığı arttıkça, mikroorganizmaların kurutma sonrası canlı kalma oranı azalmaktadır (Lian vd 2002). Hava çıkış sıcaklığının püskürterek kurutulmuş kültürlerin canlılığını etkileyen en önemli faktör olduğu pek çok çalışmada belirtilmiştir. Canlılığı etkileyen diğer faktörler hava giriş sıcaklığı, hava akış hızı, besleme debisi ve atomize edilen damlacık boyutu şeklinde sıralanabilir. Ancak tüm bu değişkenleri tek bir optimum noktada toplamak oldukça zordur. Ayrıca her kültürün kurutma süresince stabilitesi kendi içinde de değişkenlik gösterebilmektedir (Santivarangkna vd 2008).

Depolama ve ambalaj şartları kurutma sonrasında canlılığı etkileyen önemli faktörlerdendir. Farklı çalışmalar sıcaklığın depolama sürecindeki en önemli etken olduğunu göstermiştir. Beklendiği üzere kurutulmuş örneklerin stabilitesi depolama süresince azalmakta ve düşük depolama sıcaklığı yüksek mikrobiyel hayatta kalma oranı sağlamaktadır (Boza vd 2004).

Depolama aşamasında uygun paketleme materyalini bulmak çok önemli bir aşamadır. Vakum altında veya azot akışı altında yapılan paketlemeler Bifidobacter gibi anaerobik kültürler için uygun bulunmuştur (Chávez ve Ledebøer 2007).

Yağsız ve tam yağlı sütlerden kefir üretiminde starter kültür ve inülin kullanmanın kefirin mikrobiyal canlılık, kıvam ve kimyasal karakteristikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada ürün olarak 8 farklı tip kefir üretilmiş ve bu kefirler 28 gün depolanmıştır. Bu kefirlerde 28 günlük depolama sonucunda yapılan tüm mikrobiyal analizlerin sonucuna göre asetik asit bakterilerinin sayısında herhangi bir düşüş gözlenmediği, laktik asit bakterilerinin canlılığı incelendiğinde ise 28 günlük depolama sonunda değerlerin 10.78-12,84 log kob/ml olarak tespit edildiği belirtilmiştir (Montanuci vd 2012).

Yapılan bir çalışmada probiyotik *Lactobacillus bulgaricus* suşunun aljinat-süt mikroküreleri içine kapsüllenmesi ve bu kapsüllerin gastrointestinal şartlara dayanıklılığının incelendiği bir çalışmada kapsüller olumsuz çevre şartlarına; pH 2.0-2.5, yüksek tuz konsantrasyonu %1-2 bir ay süreyle maruz bırakılmış ve canlılığın nasıl değiştiği incelenmiştir. Sonuçlar kapsüllenmiş *L. bulgaricus*'ların canlılığının mükemmel bir şekilde devam ettiğini, kapsüllenmeden serbest halde ortama bırakılan bakterilerin

canlılığında ise yaklaşık olarak 8 log kob/ml'lik bir azalma olduğunu göstermiştir (Shi vd 2013). Kraseokopt (2003)'ün belirttiğine göre tek bir kaplama materyali kullanmaktansa birden fazla kaplama materyalini beraber kullanmak özellikle depolama sürecinde canlılığı desteklemektedir.

Önemli bir probiyotik mikroorganizma olan *Bifidobacterium bifidum*'un toz formdaki depolama stabilitesiyle ilgili yapılmış bir çalışmada kaplama materyali olarak aljinat, nişasta, pektin ve kitosan kullanılmıştır. Enkapsüle edilmiş mikroorganizmaların canlılığını destekleme konusunda en etkin materyal kitosan olarak belirlenmiştir (Zou vd 2012).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışma esnasında püskürterek kurutulan kefirin üretiminde kullanılan ticari kefir kültürü (Kefir DT) Danisco Biolacta (Olsztyn, Polonya) firmasından, prebiyotik olarak kullanılacak inülin piyasadan, inek sütü ise Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Döner Sermaye İşletmesi bünyesindeki Süt İşleme Tesisi'nden temin edilmiştir.

Kefir üretiminde kullanılan inek sütü, 50-55°C'ye ısıtıldıktan sonra separatör kullanılarak yağsız (%0.1) hale getirilmiştir. Yağı alınmış süte deneme deseninde belirtilen oranlarda (%1.5 ve %3) inülin ilave edilerek 90°C'de 5 dakika ısıtılma tabi tutulmuştur. Isıl işlem sonrası 25°C'ye soğutulan süte kefir starter kültürü etiket bilgileri gereği %0.022 g/L oranında aşılanmıştır. Aşılama sonrası süt 25°C'de pH'sı 4.6'ya gelinceye kadar inkübe edilmiştir. Kontrol kefir örneklerinin üretiminde süte prebiyotik ilavesi yapılmamıştır.

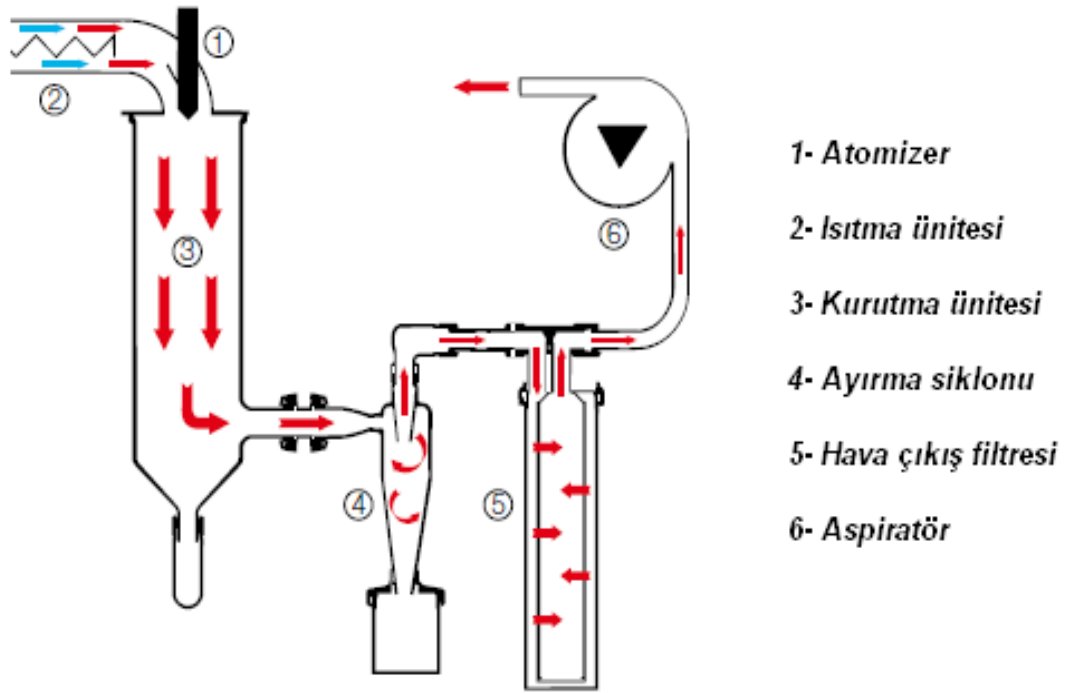
3.2. Metot

3.2.1. Karışım hazırlama

İnkübasyonu tamamlanmış kefir örneklerine kefir kurumaddesinin %20'si oranında ve farklı kombinasyonlarda (100/0, 50/50, 0/100) maltodekstrin (MD; DE 12) ve/veya instant gum (IG; ticari Arabic gum) eklenmiştir. Mikroenkapsülasyon işleminde taşıyıcı madde olarak kullanılan Arabic gum (Merck, Darmstadt, Almanya) ve maltodekstrin DE 18 (Maldex 180, Amylum Slovakia, Slovakya) firmalarından temin edilmiştir. Bu karışım 16000 d/dk hızda ultratürax ile 5 dk homojenizasyon işlemine tabi tutulduktan sonra püskürterek kurutucuda kurutulmuştur.

3.2.2. Püskürterek kurutma

Püskürterek kurutma Buchi B-290 (BUCHI Labortechnik AG, İsviçre) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kurutma işlemi 130°C hava giriş sıcaklığında ve deneme deseninde belirtilen farklı hava çıkış sıcaklıklarında yapılmıştır. Kurutma sonrası son üründe bulunması hedeflenen maksimum canlı mikroorganizma sayısını öncelikli etkilemesi bakımından (Golowczyc vd 2011) araştırmada farklı hava çıkış sıcaklıklarının denenmesi amaçlanmıştır. Oda sıcaklığında yapılan beslemenin hızı ürün çıkış sıcaklığına göre ayarlanmıştır.



Şekil 3.1. Püskürterek kurutma sistemi genel birimleri

3.2.3. Analizler

3.2.3.1. Ürün verimi

Püskürterek kurutma işlemi sırasında higroskopik özellikteki taşıyıcılar kullanılması nedeniyle yapışma problemi oluşmakta ve üründe kayıplar meydana gelmektedir. Bu nedenle farklı uygulamalar sonucu elde edilen ürünlerin verimlerinin karşılaştırılması gerekmektedir. Çalışmada ürün toplama haznesinde biriken ve siklondan yumuşak bir fırça vasıtasıyla elde edilen tozlar toplam ürünü oluşturmuştur. Ürün verimi Eşitlik 3.1'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{ÜV} = \frac{\text{ÜM}}{\text{EKM}} \times 100 \quad (\text{Eşitlik 3.1})$$

Burada ÜV, ürün verimini (%); ÜM, püskürterek kurutma sonunda elde edilen toz kefir miktarını (g); EKM ise kurutma öncesi emülsiyon karışımındaki kurumadde miktarını (g) ifade etmektedir

3.2.3.2. Nem miktarı ve su aktivitesi

Toz örneklerin nem miktarı ise gravimetrik olarak belirlenmiştir. Buna göre 0,5 g toz örnek önceden darası alınmış cam petri kaplarına tartılmış ve etüvde 70°C sıcaklıkta

sabit tartıma ulaşana dek kurutulan örnekler desikatörde oda sıcaklığına soğutulduktan sonra son ağırlıkları ölçülerek, ağırlık farkından da yararlanarak eşitlik 3.2'ye göre nem miktarı (%) hesaplanmıştır.

$$\%Nem = \frac{ST - D}{BT} \times 100 \quad (\text{Eşitlik 3.2})$$

Burada NM, nem miktarını (%); ST, etüvden alınan petri+kuru örnek ağırlığını (g); D, petri darasını (g); BT ise tartılan örnek miktarını (g) ifade etmektedir

Kefir tozu örneklerinin su aktivitesi (a_w) ise su aktivitesi ölçme cihazı (Aqualab 4-TE) kullanılarak ölçülmüştür (Şahin Nadeem vd 2011).

3.2.3.3. Yığın yoğunluğu

Kefir tozunun yığın yoğunluğu Beristain vd (2001)'e göre yapılmıştır. Bu amaçla püskürterek kurutulmuş 2 g örnek 25 mL'lik ölçülü silindire tartıldıktan sonra, yığın yoğunluğu ölçme cihazı içerisine yerleştirilmiştir. Ölçülü silindir cihazın hareket ünitesinde 40 defa (mikrokapsül yığnında oluşan boşlukların kaybolması için) kaldırılıp bırakıldıktan sonra örnek hacmi okunmuştur. Yığın yoğunluğu örnek miktarının hacme bölünmesiyle hesaplanmış ve sonuçlar g/cm³ olarak verilmiştir.

3.2.3.4. Renk

Kefir tozunun görünür rengi Hunter *Lab* olarak renk ölçme cihazı (Konica-Minolta. Model CR 400, Japonya) ile belirlenmiştir. Yaklaşık 3 g örnek renk ölçer cihazının ölçüm kabına yerleştirildikten sonra 3 ayrı noktadan renk ölçümü yapılmış ve ortalama değerler hesaplanmıştır.

3.2.3.5. Islanabilirlik

Üretilen kefir tozunun ıslanabilirliğini ölçmek amacıyla 0,5 gram toz 20°C'de karıştırmasız olarak, 100 ml'lik beher içindeki 50 ml distile suyun üstüne serpilmiş ve manyetik karıştırıcı yardımıyla 900 rpm'de karıştırılmıştır. Toz partiküllerinin su yüzeyinden kaybolma süresi izlenmiş ve örnekler arasında karşılaştırma yapılarak ıslanabilirlik belirlenmiştir (El- Tinay ve Ismail 1985).

3.2.3.6. Higroskopisite

Üretilen kefir tozunun higroskopisite kapasitesinin ölçülmesi için yaklaşık 0,5 g örnek tartılmış ve %75.3'lük bağıl nem sağlayan doymuş NaCl çözeltisi ile birlikte 25°C'de kapalı bir kap içine yerleştirilmiştir. 1 hafta bekletildikten sonra örnekler tekrar tartılmış ve higroskopisite, iki tartım arası fark alınarak 100 g kuru örneğin adsorpladığı nem olarak hesaplanmıştır (Cai ve Corke 2000).

3.2.3.7. Dağılılabirlik

Üretilen kefir tozunun suda dağılılabirliğini ölçmek amacıyla 1g toz örnek, oda sıcaklığında 100 mL saf su bulunan beher içerisine aktarılmış ve karışım manyetik karıştırıcıda 600 d/dk'da 5 dk süreyle karıştırılmıştır. Bu karışım daha sonra santrifüj tüplerine aktararak 3000g'de 5 dk santrifüj edilmiş ve santrifüjleme sonrasında oluşan çökeltilinin üstündeki sıvı kısımdan alınan 20 mL örnek, önceden darası alınmış cam petri kaplarına aktarılmıştır. 70°C'de sabit tartıma ulaşana dek kurutulan örnekler desikatörde oda sıcaklığına soğutulduktan sonra son ağırlıkları ölçülerek ağırlık farkından %dağılılabirlik hesaplanmıştır (Şahin Nadeem vd 2011).

3.2.3.8. Partikül boyutu dağılımı

Homojenizasyon sonrasında sıvı örneklerde ve püskürtürerek kurutma sonrası toz örneklerde parçacık boyutu ve küresellik indeksi analizleri lazer saçılım (laser diffraction) prensibi ile çalışan parçacık boyut analiz cihazı (Malvern, Mastersizer 2000SR, İngiltere) kullanılarak yapılmıştır.

3.2.3.9. Mikrobiyolojik analizler

Mikrobiyolojik ekimler yapılmadan önce 1/4 kuvvetinde ringer çözeltisi kullanılarak aseptik şartlar altında uygun desimal seri dilüsyonlar hazırlanmıştır (Anonymous 2001). Bu amaçla laktik asit bakterileri için 10^{-1} - 10^{-11} , mayalar için 10^{-1} - 10^{-5} aralığında dilüsyonlar hazırlanmıştır. Tüm dilüsyonlar hazırlandıktan sonra bakteriler için 10^{-7} - 10^{-11} dilüsyonlarından, mayalar içinse 10^{-1} - 10^{-5} dilüsyonlarından ekimler gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.9.1 Laktobasil sayımı

Laktobasil sayımında Cycloheximide ilave edilmiş De Man Rogosa Sharp (MRS) Agar besi ortamından yararlanılmıştır. Maya gelişimini inhibe etmek amacıyla MRS Agar'a 200 mg/L oranında Cycloheximide ilave edildikten sonra 121°C'de 15 dakika ısıtım işlem uygulanarak steril edilmiştir. Analiz dökme plak kültürel sayım yöntemi ile yapılmış olup, inkübasyon anaerobik ortamda (%5 CO₂) 30°C'de 72 saat süreyle gerçekleştirilmiştir (Irigoyen vd 2005). 3. günün sonunda petriler inkübatörden alınmış sayımlar yapılmıştır. Sayımlar yapılırken 30-300 arası koloni oluşturan dilüsyon sonuçları seçilmiş, bu aralıkta sonuç vermeyen ekimler yinelenmiştir.

3.2.3.9.2 Laktokok sayımı

Laktokok sayımında Cycloheximide ilave edilmiş M17 Agar besi ortamından yararlanılmıştır. Maya gelişimini inhibe etmek amacıyla M17 Agar'a 200 mg/L oranında Cycloheximide ilave edildikten sonra 121°C'de 15 dakika ısıtım işlem uygulanarak steril edilmiştir. Analiz dökme plak kültürel sayım yöntemi ile yapılmış olup, inkübasyon anaerobik ortamda 30°C'de 48 saat süreyle gerçekleştirilmiştir (Irigoyen vd 2005). 2. günün sonunda petriler inkübatörden alınmış sayımlar yapılmıştır. Sayımlar yapılırken 30-300 arası koloni oluşturan dilüsyon sonuçları seçilmiş, bu aralıkta sonuç vermeyen ekimler yinelenmiştir.

3.2.3.9.3 Maya sayımı

Maya sayımında Yeast Extract Glucose Chloramphenicol (YGC) Agar besi ortamı olarak kullanılmıştır. Uygun dilüsyonlardan (10^{-1} – 10^{-5} aralığında hazırlanmış dilüsyonlar) yayma plak yöntemi ile ekim yapılan petri kutuları aerobik ortamda 25°C'de 3-5 gün süreyle inkübe edilmiştir (Witthuhn vd 2005b). 3. günden itibaren maya gelişimleri kontrol edilmiş ve genelde 4. gün bazı desenler içinse 5. günün sonunda sayımlar gerçekleştirilmiştir. Sayımlar yapılırken yine 30-300 arası koloni oluşan desenler dikkate alınmış, hesaplamalar bu dilüsyonlar üzerinden yapılmıştır.

3.2.3.10. Titre edilebilir asitlik ve pH analizi

Kefir tozunun rekonstitüye edilmesiyle hazırlanan örneklerde %laktik asit 0.1 N NaOH ile fenolfitalein eşliğinde titrasyon yöntemi (Demir 2001) kullanılarak, pH değeri ise pH-metre (WTW 537) ile ölçülerek belirlenmiştir.

Kefir tozları rekonstitüye edilirken, ilk olarak kefir tozlarının kurumadde içeriği tespit edilmiştir. Bir anlamda tozların saflığını ifade eden bu değer hesaplandıktan sonra tozlar içme suyuyla birlikte, literatürde kefir kurumadde içeriğiyle ilgili olarak genelde ifade edilen değer olan %11 kurumadde içeriğine kadar sulandırılmış ve homojenize edilmiştir.

3.2.3.11. Taramalı elektron mikroskopta (SEM) parçacık mikroyapı analizi

Püskürterek kurutma yöntemiyle üretilen toz kefir örneklerinde partikül mikroyapı analizi Akdeniz Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Histoloji Anabilim Dalı laboratuvarında bulunan taramalı elektron mikroskopta (SEM) (Zeiss, Leo 1430) gerçekleştirilmiştir. Toz örnek karbon bant yüzeye yerleştirildikten sonra altın-paladium ile kaplanmış ve 10kV'da görüntüleme yapılmıştır (Krishnan vd 2005).

3.2.3.12. Duyusal analiz

Kefir tozunun suda yeniden rekonstitüye edilmesiyle hazırlanan örneklerinin duyusal analizleri Akdeniz Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü elemanlarından oluşan ve kefirin duyusal analizi için önceden eğitilmiş 5 kişilik panelist grubu tarafından Çizelge 3.1'e göre yapılmıştır (Bodyfelt vd 2005). Analizler paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.

Kefir tozları rekonstitüye edilirken, ilk olarak kefir tozlarının kurumadde içeriği tespit edilmiştir. Bu değer hesaplandıktan sonra tozlar içme suyu ile literatürde kefir kurumadde içeriğiyle ilgili olarak genelde ifade edilen değer olan %11 kurumadde içeriğine kadar sulandırılmış ve homojenize edilmiştir.

3.2.3.13. Depolama stabilitesi

Depolama stabilitesi analizinde kullanılan örnekler, püskürterek kurutma sonrasında belirlenen yüksek mikrobiyal canlılık (Laktobasiller için 9.7 log kob/g;

Laktokoklar için 10.2 log kob/g; mayalar için 5.2 log kob/g) ve yüksek ürün verimine (%83,87) sahip optimum koşullarda yeniden üretilerek analize alınmıştır. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucu üretilen örnekler; inülin eklenmemiş kefirin 70°C (±2) hava çıkış sıcaklığında ve taşıyıcı madde olarak Arabic gum kullanılarak üretilmiştir. Depolama süreci için üretilen örnekler seri üretimlerle elde edilmiş olup, harmanlama işlemi sonucunda eşit miktarda ürün kapsayacak şekilde, polietilen ambalaj içinde vakum altında paketlenerek, iki farklı sıcaklıkta (4°C ve oda sıcaklığı (~25°C)) 3 ay süreyle depolanmış ve depolama süresince 1., 15., 30., 60. ve 90. günlerde yukarıda belirtilmiş olan fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizler yürütülmüştür.

Çizelge 3.1. Duyusal analiz formu

ÖZELLİKLER	YOK				HAFİF				BELİRGİN				ÇOK BELİRGİN			
AROMA	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Buruk,kekremsi																
Ransit																
Pişmiş Tat																
Yüksek Asitlik																
Ferahlatıcı olmayan																
Metalik/okside tat																
Yabancı Tat																
Mayamsı																
Aroması İyi Olmayan																
TOPLAM																
YAPI VE TEKSTÜR																
Pıhtılı Yapı																
Gazlı Yapı																
Kumlu Yapı																
Topaklanmış Yapı																
Aşırı Viskoz																
Sünmüş																
TOPLAM																
GÖRÜNÜŞ VE RENK																
Tipik Olmayan renk																
Yağlı																
Homojen Olmayan																
Serum Ayrılması																
Yabancı Madde																
TOPLAM																

3.2.3.14. İstatistiksel analiz

Box-Behnken cevap yüzey metodu ile kurulan deneme planından (Çizelge 3.2) elde edilen ürünlere ait analiz sonuçları Minitab programında (Version 16) istatistiksel analizlere tabi tutularak, maksimum ürün verimi ve canlı mikroorganizma sayısı hedeflenerek optimum üretim koşulları belirlenmiştir. Optimum üretim koşullarında üretilen ve depolamaya alınan örneklerin analizinden elde edilen sonuçlar varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli bulunan ana varyasyon kaynakları ortalamaları Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3.2. Box-Behnken cevap yüzey metoduna göre oluşturulan deneme planı

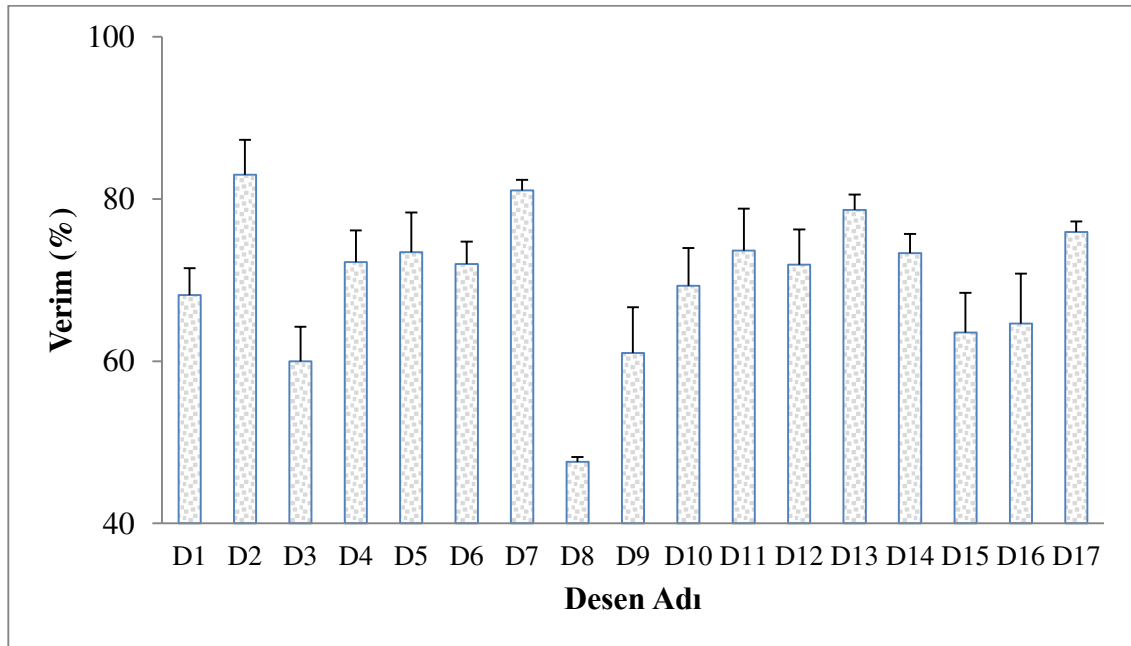
Desen no	MD:IG (X_1)	%İnulin (X_2)	Hava çıkış sıcaklığı (X_3)
1	-1 (0 : 100)	1.5	55
2	0 (50 : 50)	0	75
3	-1 (0 : 100)	3	65
4	1 (100 : 0)	3	65
5	0 (50 : 50)	0	55
6	-1 (0 : 100)	1.5	75
7	1 (100 : 0)	1.5	55
8	0 (50 : 50)	1.5	65
9	0 (50 : 50)	1.5	65
10	0 (50 : 50)	1.5	65
11	0 (50 : 50)	1.5	65
12	0 (50 : 50)	3	75
13	1 (100 : 0)	0	65
14	1 (100 : 0)	1.5	75
15	0 (50 : 50)	3	55
16	0 (50 : 50)	1.5	65
17	-1 (0 : 100)	0	65

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Ürün Verimi

Püskürtmeli kurutucuda kefir tozu üretimi için işleme koşulları literatürden elde edilen bilgiler ışığında belirlenmiştir. Ön denemelerin de yardımıyla üç bağımsız değişken; püskürtmeli kurutucu hava çıkış sıcaklığı (55-75°C), taşıyıcı madde olarak seçilen maltodekstrin ve Arabic gumun farklı oranlarda eklenmesi (%100/0, %50/50, %0/100) ve prebiyotik olarak ilave edilen inülinin farklı oranlarda eklenmesi (%0-3) (w/w) olarak seçilmiştir.

Çalışma kapsamında Çizelge 3.2.'de belirtilen deneme desenine göre gerçekleştirilen üretimler sonucunda her bir desen için elde edilen verim sonuçları Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Verim değerlerinin %47-83 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Buna göre en yüksek verimi veren üretim şartları MD/AG %50/50, %0 inülin ve 75°C hava çıkış sıcaklığı olarak belirlenmiştir. En düşük verimle gerçekleşen üretim ise MD/AG %50/50, %1.5 (w/w) inülin ve 65°C hava çıkış sıcaklığı olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.1. Püskürtmeli kurutucuyla kefir tozu üretim prosesine ait verim değerleri

Besleme sıvısının toplam kurumadde miktarı artırıldığında, püskürterek kurutma işlemlerinde ürün veriminin artması beklenen bir durumdur (Ameri ve Maa 2006). Ancak farklı polimer maddelerin taşıyıcı olarak kullanılmasıyla bu durumun değişkenlik gösterebileceği, kullanılan taşıyıcı maddenin fizikokimyasal özelliklerinin, kullanım miktarlarını sınırlandırabileceği de belirtilmektedir (Tewa-Tagne vd 2007).

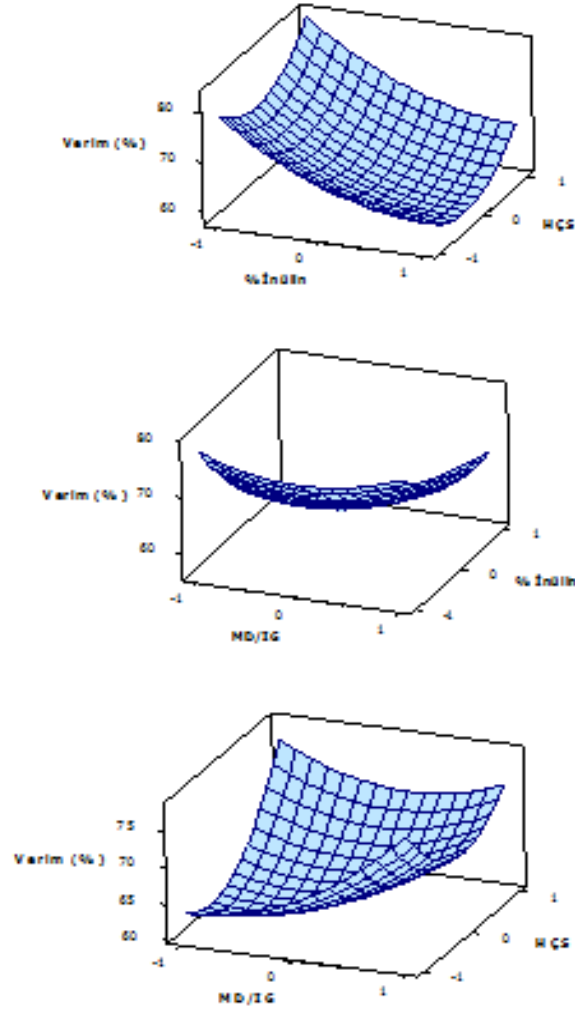
Kefir tozunun verim değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre üretim değişkenlerinin verim üzerine etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir ($p>0.05$).

Çizelge 4.1. Farklı formülasyonlara göre üretilen kefir tozlarının verim değerlerine ait varyans analizi sonuçları^a

Varyasyon kaynakları	Regresyon katsayısı	Standart hata	t Değeri	p Değeri
Sabit	330,086	197,982	1,667	0,139
C1	27,042	31,552	0,857	0,420
C2	-9,724	21,697	-0,448	0,668
C3	-8,099	6,072	-1,334	0,224
C1*C1	3,610	4,649	0,777	0,463
C2*C2	1,640	2,066	0,794	0,453
C3*C3	0,064	0,046	1,378	0,211
C1*C2	1,997	3,180	0,628	0,550
C1*C3	-0,414	0,477	-0,868	0,414
C2*C3	-0,005	0,318	-0,017	0,987

^a C1: Taşıyıcı madde. C2: İnülin. C3: Hava çıkış sıcaklığı

Yanıt yüzey desenlerinde her bir değişkenin verim üzerine etkisini görmek amacıyla üç boyutlu yüzey grafikleri oluşturulmuş ve Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2.Üretim parametrelerinin verim üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler

4.2. Nem Miktarı, Su Aktivitesi ve Yığın Yoğunluğu

Farklı kombinasyonlar ile elde edilen kefir tozlarının nem içerikleri (%), su aktivitesi ve yığın yoğunluğu (g/cm^3) değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Örneklerin nem miktarı %0.22-3.94 arasında, su aktivitesi 0.16-0.47 ve yığın yoğunluğu $0.4\text{-}0.7 \text{ g/cm}^3$ aralığında değişmiştir.

Çizelge 4.2. Kefir tozlarına ait %nem, su aktivitesi ve yığın yoğunluğu (g/cm³) değerleri

Desen Adı	Nem (%) $\pm$ SS	Su Aktivitesi $\pm$ SS	Yığın Yoğunluğu (g/cm ³)
D1	2.21 $\pm$ 0.36	0.22 $\pm$ 0.00	0.49
D2	0.86 $\pm$ 0.04	0.22 $\pm$ 0.00	0.62
D3	1.99 $\pm$ 0.01	0.25 $\pm$ 0.00	0.58
D4	1.73 $\pm$ 0.30	0.16 $\pm$ 0.01	0.67
D5	1.34 $\pm$ 0.24	0.25 $\pm$ 0.00	0.42
D6	1.78 $\pm$ 0.64	0.19 $\pm$ 0.00	0.63
D7	3.62 $\pm$ 0.42	0.36 $\pm$ 0.00	0.41
D8	3.38 $\pm$ 0.73	0.29 $\pm$ 0.00	0.50
D9	2.16 $\pm$ 0.03	0.21 $\pm$ 0.00	0.52
D10	1.84 $\pm$ 0.79	0.26 $\pm$ 0.00	0.50
D11	2.08 $\pm$ 0.17	0.24 $\pm$ 0.00	0.54
D12	2.04 $\pm$ 0.66	0.24 $\pm$ 0.00	0.75
D13	1.24 $\pm$ 0.72	0.23 $\pm$ 0.00	0.57
D14	1.33 $\pm$ 0.65	0.17 $\pm$ 0.00	0.70
D15	7.04 $\pm$ 3.35	0.47 $\pm$ 0.00	0.47
D16	2.33 $\pm$ 0.90	0.23 $\pm$ 0.00	0.57
D17	2.18 $\pm$ 0.27	0.29 $\pm$ 0.00	0.58

SS: Standart sapma değeri

Nem miktarı en fazla bulunan şartlar %3 inülin eklenmiş kefire %50/50 oranında MD/IG eklenerek 55°C'de gerçekleştirilen kurutma olurken, nem yüzdesi en düşük bulunan formülasyon inülin eklenmemiş kefirin %50/50 oranında MD/AG eklenerek 75°C'de gerçekleştirilen kurutma olmuştur. Su aktivitesi ölçümlerinde en düşük değer %3 (w/w) inülin eklenmiş kefirin taşıyıcı madde olarak sadece MD eklendiği 65°C'de yapılan kurutma işlemi sonucunda elde edilen üründe ölçülürken, en yüksek değer %1.5 (w/w) inülin eklenmiş kefirin yine sadece MD ile 55°C'de kurutulmasıyla elde edilen üründe tespit edilmiştir. Yığın yoğunluğu değeri en yüksek ölçülen formülasyon %1.5 (w/w) oranında inülin eklenmiş kefirin taşıyıcı madde olarak sadece MD kullanılarak 75°C'de kurutulması sonucu elde edilen ürün olurken, en düşük yığın yoğunluğu değeri %1.5 (w/w) oranında inülin eklenmiş kefirin MD ile 55°C'de kurutulması sonucu elde edilen üründe bulunmuştur.

Nem miktarı, su aktivitesi ve yığın yoğunluğu değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre taşıyıcı madde ve inülin oranları ile hava çıkış sıcaklığı değerlerinin nem miktarı üzerine etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde belirtilen değişkenlerin su aktivitesi üzerine de etkisi önemsizdir. En yüksek nem(%) değeri çıkış sıcaklığı 55°C olan kurutma işleminde tespit edilmiştir. Kim vd (2006) yoğurt tozunda en fazla nem değerinin 60°C'nin altında gerçekleşen kurutma işleminde gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Partanen vd (2005) de benzer

şekilde farklı taşıyıcı madde kullanımının nem değerinde farklılık yaratmadığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.3. Farklı formülasyonlara göre üretilen kefir tozlarının nem, su aktivitesi ve yığın yoğunluğu değerlerine ait varyans analizi sonuçları^a

Varyasyon Kaynakları	%Nem				Su Aktivitesi				Yığın Yoğunluğu			
	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri
Sabit	20.096	22.695	0.885	0.405	1.404	1.337	1.050	0.328	-143.500	582.492	-0.246	0.812
C1	2.822	3.617	0.780	0.461	0.262	0.213	1.229	0.259	-261.800	92.829	-2.820	0.026*
C2	5.489	2.487	2.207	0.063	0.191	0.147	1.301	0.234	-112.500	63.836	-1.763	0.121
C3	-0.584	0.696	-0.839	0.429	-0.034	0.041	-0.839	0.429	11.200	17.866	0.628	0.550
C1*C1	-0.578	0.533	-1.085	0.314	-0.036	0.031	-1.133	0.294	32.300	13.679	2.364	0.050*
C2*C2	0.004	0.237	0.017	0.987	0.011	0.014	0.793	0.454	17.200	6.080	2.827	0.026*
C3*C3	0.005	0.005	0.858	0.419	0.000	0.000	0.817	0.441	0.000	0.137	-0.099	0.924
C1*C2	0.113	0.365	0.310	0.766	-0.004	0.021	-0.173	0.867	16.300	9.356	1.743	0.125
C1*C3	-0.047	0.055	-0.850	0.423	-0.004	0.003	-1.247	0.252	3.800	1.403	2.701	0.031*
C2*C3	-0.075	0.037	-2.069	0.077	-0.003	0.002	-1.523	0.172	1.300	0.936	1.400	0.204

^a C1: Taşıyıcı madde. C2: İnülin. C3: Hava çıkış sıcaklığı, *P<0.05 düzeyinde önemli

Yığın yoğunluğu değerlerine ait varyans analizi sonuçları incelendiği zaman taşıyıcı madde kombinasyonu, inülin * inülin interaksyonu ve taşıyıcı madde * hava çıkış sıcaklığı interaksyonunun yığın yoğunluğunu önemli ($p<0.05$) ölçüde etkilediği görülmektedir. Walton ve Mumford (1999) yaptığı çalışmada toz ürünlerin yığın yoğunluğu değerlerinin çoğunlukla $0.1-0.2 \text{ g/cm}^3$ değerleri arasında bulunduğunu, istisnai durumlar haricinde 0.7 g/cm^3 değerini aşmadığını belirtmiştir. Kumar ve Mishra (2004) ise yağsız süten üretilmiş yoğurt tozunda yığın yoğunluğu değerlerinin $0.45-0.70 \text{ g/ml}$ aralığında bulunması gerektiğini belirtmişlerdir. Bulunan veriler literatürle uyum içerisindedir.

Nem miktarı gıda sisteminde mevcut olan su kompozisyonunu temsil ederken, su aktivitesi ise gıda sisteminde suyun yapıya ne şekilde bağlı olduğunu, biyokimyasal reaksiyonlar için kullanılabilme durumunu ve derecesini belirtmektedir. $a_w<0.6$ olduğunda gıdaların mikrobiyolojik yönden genellikle stabil olduğu ve bu noktadan sonra gözlenen herhangi bir bozulmanın daha çok kimyasal kaynaklı olabileceği bildirilmektedir (Fennema 1996). Marques vd (2007), $0.20-0.40$ arasındaki su aktivitesi değerlerinin esmerleşme, oksidasyon ve enzimatik reaksiyonlara karşı ürünün depolanma stabilitesi açısından emniyetli değerler olduğunu belirtilmektedir. Bununla birlikte Sampaio vd (2009), oldukça dar a_w aralıklarında bile gıdalarda renk, aroma, lezzet, tekstür, stabilite ve genel kabul edilebilirlik gibi unsurların önemli ölçüde değişebileceğini ifade etmektedir.

Kurutma giriş sıcaklığı artırıldığında püskürterek kurutulmuş örneklerin nem miktarının azaldığı diğer çalışmalarda rapor edilmiş, kurutma ortamı sıcaklığı ile partikül sıcaklığı arasında artan farkın yüksek oranda ısı transferine olanak sağladığı ve böylece suyun ortamdan uzaklaşmasının kolaylaştığı belirtilmiştir (Grabowski vd 2008).

Kearney (2009), püskürterek kurutulmuş toz ürünlerde nem miktarının %5'in su aktivitesinin ise 0.25'in altında olması gerektiğini belirtmektedir. Süt ürünlerinde ise kurutulmuş ürünün nem miktarı %4'ün su aktivitesi ise 0.2'nin altında olmalıdır (Kearney vd 2009).

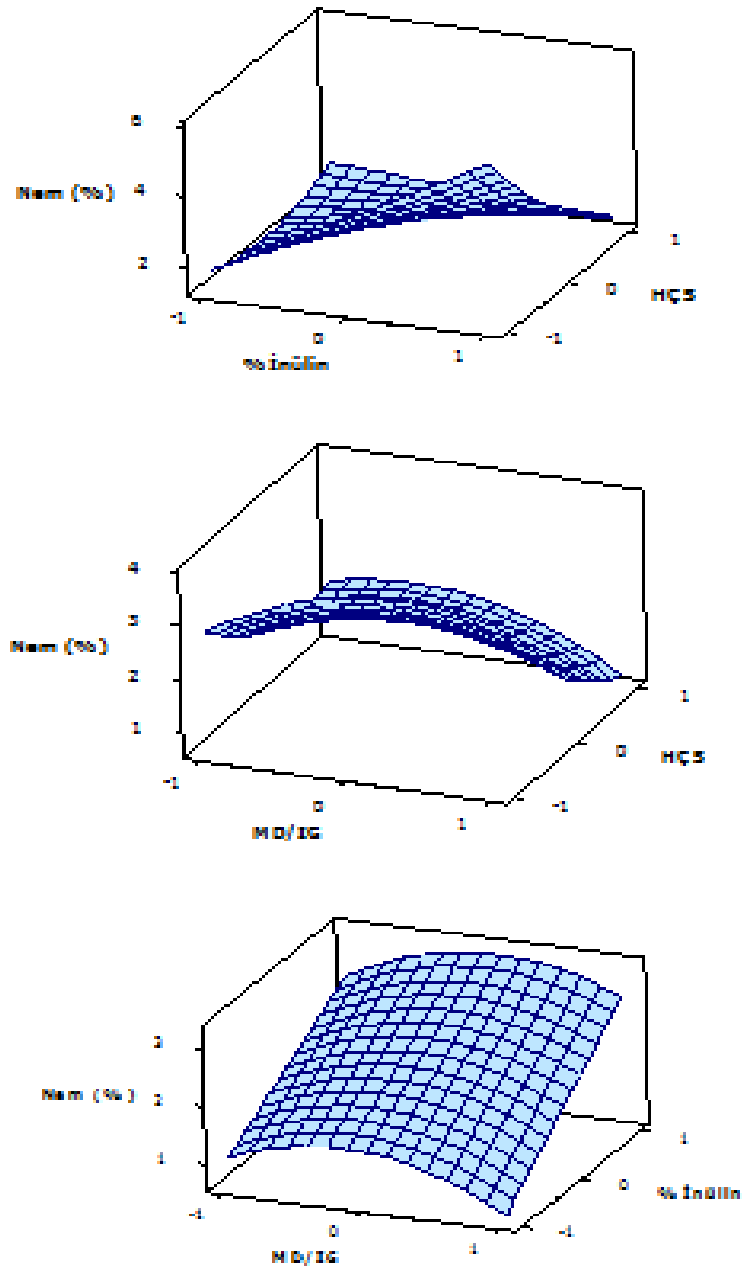
Yoğunluk endüstriyel işlemlerde ve madde ile ilgili çalışmalarda depolama, işleme, paketleme ve dağıtım koşullarının ayarlanmasında kullanılan temel bir özelliktir. Yoğunluk partikül kütlelerinin hacmine oranıdır. Yoğunluk başlıca üç şekilde ifade edilir; gerçek yoğunluk (true density), görünür veya partikül yoğunluğu (apparent or particle density) ve yığın yoğunluğu (bulk density). Yığın yoğunluğu özellikle öğütme ya da kurutma ile elde edilen gıda tozlarının spesifikasyonlarında kullanılan özelliklerden biridir (Barbosa-Canovas ve Juliano 2005).

Püskürtmeli kurutucuyla kurutulmuş çeşitli gıda tozlarının (kakao tozu, süt tozu, kahve, yumurta tozu) yığın yoğunluğu değerlerinin genellikle 0.3-0.8 g/cm³ arasında değiştiği belirtilmektedir. Ayrıca inorganik tuz içeren ürünlerin daha yüksek yığın yoğunluğuna, buna karşılık yağ bakımından zengin gıda tozlarının ise daha düşük yığın yoğunluğa sahip olduğu bildirilmektedir. Diğer taraftan, özellikle çözünür kristal bileşikler içeren tozlarda, aşırı neme bağlı olarak sınırlı söz konusu olabilmekte, bu durum yığın yoğunluğunda artışa neden olmaktadır (Barbosa-Canovas ve Juliano 2005).

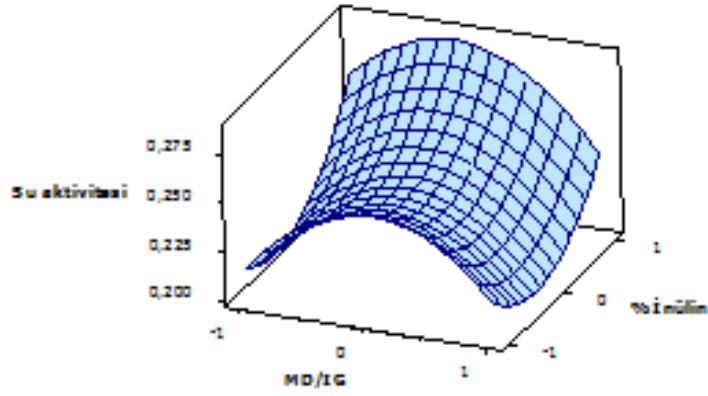
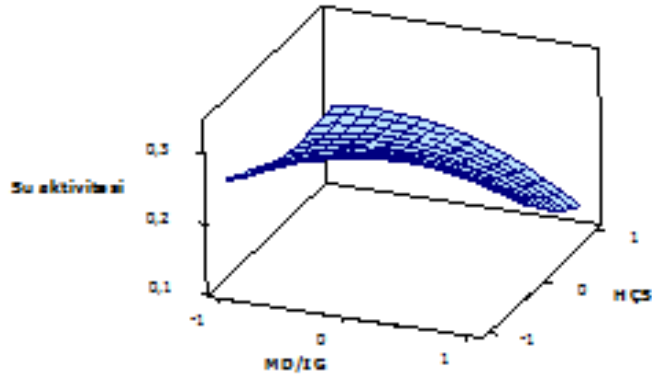
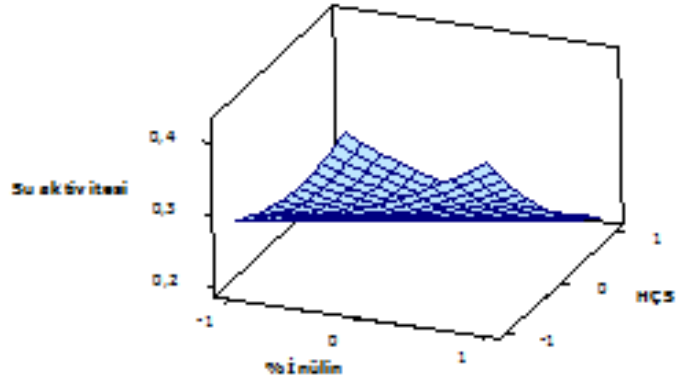
Walton (2000), besleme sıvısının özelliklerinin, kurutma havası sıcaklığının, kurutma süresinin, ezme ve öğütme gibi tozun işlenme durumlarıyla ilişkili olan partikül büyüklüğünün ve yoğunluğunun, partiküldeki çatlaklıkların ve hapsedilen hava miktarının, ürünün yığın yoğunluğunu etkilediğini bildirmektedir.

Diğer parametreler sabit iken besleme hızı düşürüldüğünde atomizerden çıkan damlacıkların boyutu artmakta, dolayısıyla partikül boyutu da büyümektedir. Ayrıca bu esnada daha gözenekli (porous) yapıda partiküller oluşmaktadır. Gözenekli yapı ve büyük partikül boyutu da yığın yoğunluğunu düşürmektedir. Püskürterek kurutmada yüksek giriş sıcaklıklarında, partiküllerin daha gözenekli bir yapıya eğilimli olduğu ve bunun da hem partikül yoğunluğunu hem de yığın yoğunluğunu düşürdüğünü bildirilmektedir (Walton 2000).

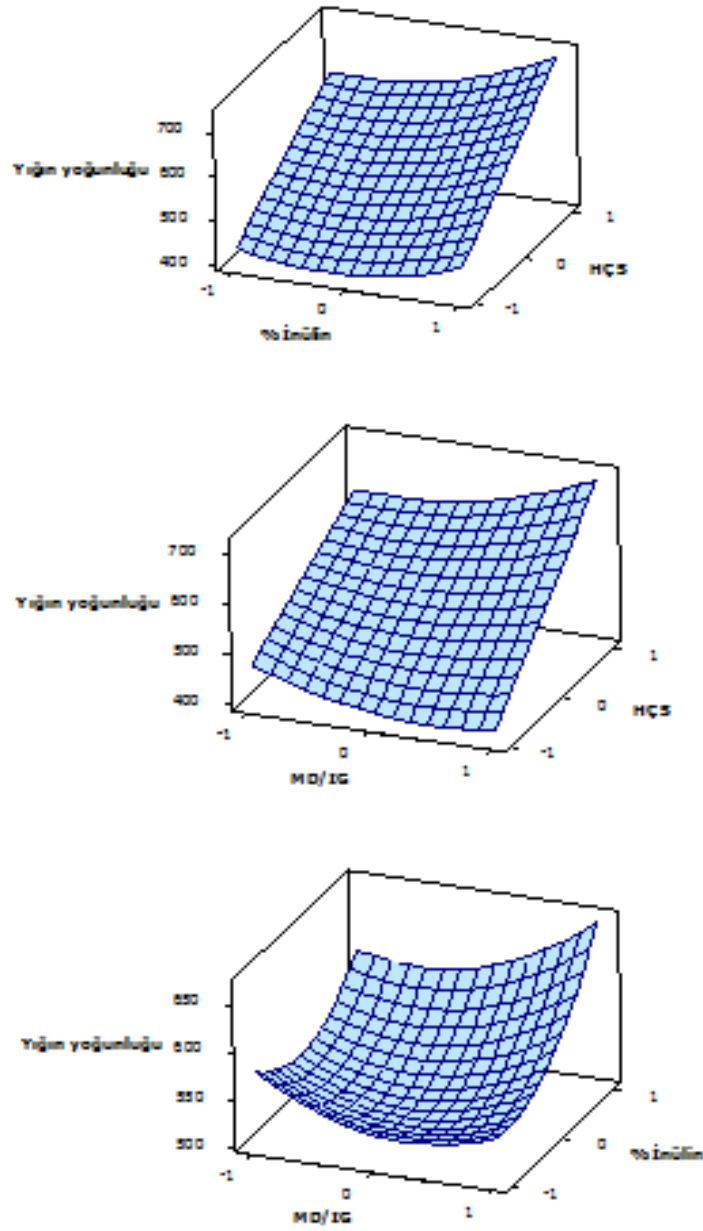
Üretim değişkenlerinden her bir bileşenin %nem değeri, su aktivitesi ve yığın yoğunluğuna etkisini görmek amacıyla üç boyutlu yüzey grafikleri oluşturulmuş ve sırasıyla Şekil 4.3, 4.4 ve 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.3. Üretim parametrelerinin %nem üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler



Şekil 4.4. Üretim parametrelerinin su aktivitesi üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler



Şekil 4.5. Üretim parametrelerinin yığın yoğunluğu üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler

4.3. Renk Analizi

Üretilen kefir tozlarının Hunter L, a, b renk değerleri ölçülmüş ve sonuçlar Çizelge 4.4'de verilmiştir. Örneklerin L değerinin 94.85-96.33; -a değerinin 1.53-2.18 ve b değerinin ise 5.39-7.59 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Örneklerin renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Kefir tozlarına ait Hunter L, a, b renk değerleri

Desen Adı	L* ± SS	a* ± SS	b* ± SS
D 1	96.24±0.05	-1.52±0.01	6.90±0.02
D 2	96.23±0.05	-1.93±0.03	7.38±0.02
D 3	95.66±0.04	-1.62±0.05	5.39±0.01
D 4	95.65±0.05	-1.60±0.02	5.36±0.01
D 5	95.54±0.05	-1.80±0.10	6.64±0.04
D 6	95.78±0.01	-1.68±0.02	7.21±0.01
D 7	96.23±0.01	-2.02±0.02	7.59±0.01
D 8	96.17±0.07	-1.81±0.01	7.17±0.02
D 9	96.33±0.03	-1.68±0.02	6.91±0.01
D 10	95.83±0.05	-1.90±0.05	7.60±0.02
D 11	96.24±0.04	-1.80±0.01	6.95±0.01
D 12	95.49±0.04	-1.58±0.03	6.05±0.05
D 13	96.07±0.07	-2.15±0.00	7.30±0.05
D 14	95.38±0.03	-2.18±0.03	7.58±0.03
D 15	95.79±0.09	-1.52±0.03	6.93±0.01
D 16	96.07±0.07	-1.90±0.05	7.59±0.05
D 17	94.85±0.03	-1.63±0.00	6.24±0.02

SS: Standart sapma değeri

Çizelge 4.5. Farklı formülasyonlara göre üretilen kefir tozlarının Hunter L, a, b renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları^a

Varyasyon Kaynakları	L				a				B			
	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri
Sabit	94.762	7.618	12.440	0.000	-1.171	2.004	-0.584	0.577	20.007	7.261	2.755	0.028
C1	0.970	1.214	0.799	0.451	-0.305	0.319	-0.955	0.371	1.054	1.157	0.911	0.393
C2	1.515	0.835	1.815	0.112	-0.119	0.220	-0.540	0.606	2.597	0.796	3.263	0.014*
C3	0.020	0.234	0.084	0.935	-0.013	0.061	-0.215	0.836	-0.447	0.223	-2.008	0.085
C1*C1	-0.204	0.179	-1.140	0.292	-0.038	0.047	-0.818	0.440	-0.301	0.171	-1.764	0.121
C2*C2	-0.164	0.080	-2.063	0.078	0.047	0.021	2.263	0.058	-0.387	0.076	-5.106	0.001*
C3*C3	0.000	0.002	-0.036	0.972	0.000	0.000	0.085	0.935	0.004	0.002	2.209	0.063
C1*C2	-0.203	0.122	-1.662	0.141	0.090	0.032	2.795	0.027*	-0.182	0.117	-1.558	0.163
C1*C3	-0.009	0.018	-0.477	0.648	0.000	0.005	-0.052	0.960	-0.008	0.018	-0.457	0.661
C2*C3	-0.016	0.012	-1.294	0.237	0.001	0.003	0.362	0.728	-0.027	0.012	-2.315	0.054

^a C1: Taşıyıcı madde. C2: İnülin. C3: Hava çıkış sıcaklığı, *P<0.05 düzeyinde önemli

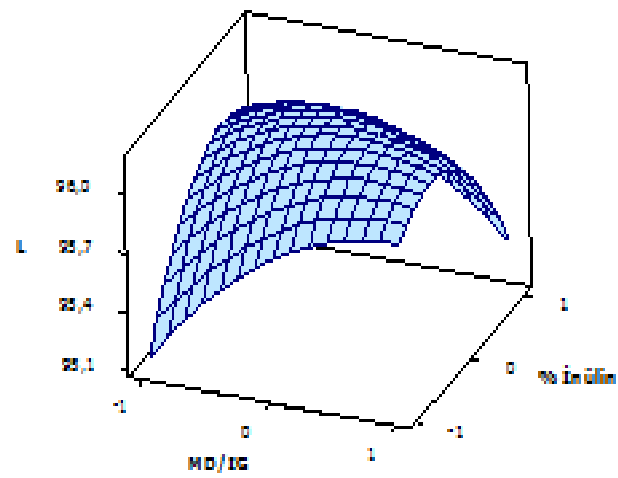
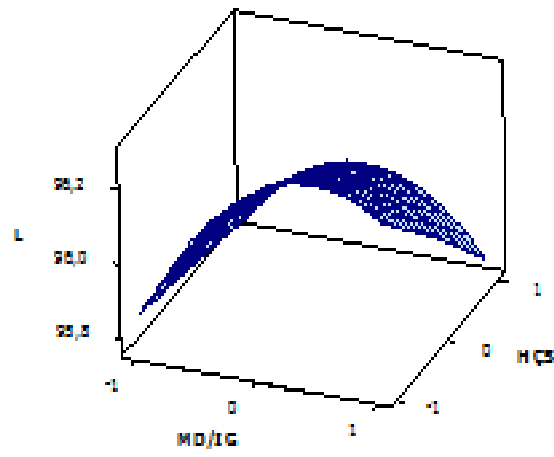
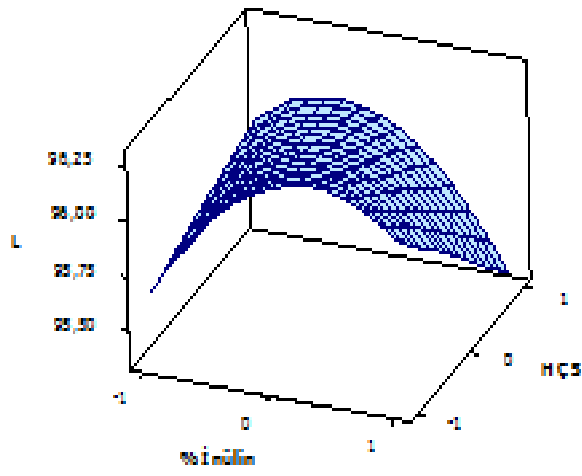
Fritzen-Freire vd (2012), prebiyotik varlığında püskürtmeli kurutucu yardımıyla *Bifidobacterium* mikroenkapsülasyonu gerçekleştirdikleri çalışmalarında L, a, b renk değerlerinin sırasıyla 94-95, -0.47-0.18 ve 8-9 aralığında değiştiğini ve prebiyotik eklenmesinin yalnızca a renk değeri önemli ölçüde değiştirdiğini bildirmişlerdir. Mevcut

çalışmamızda belirlenen renk değerleri yukarıdaki çalışmadan elde edilen sonuçlarla paralellik göstermektedir.

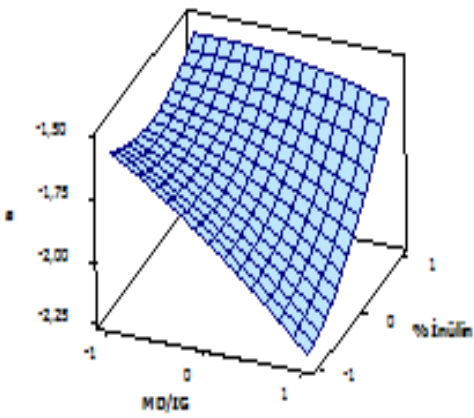
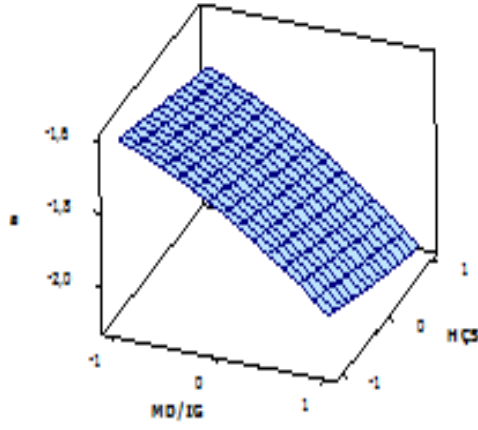
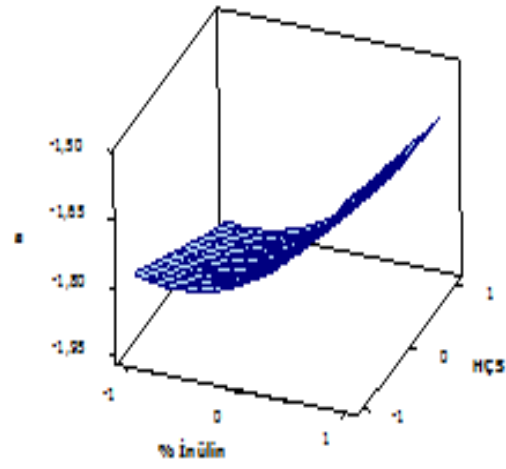
Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre kefir tozlarının L renk değeri üzerine üretim parametrelerinin etkisi önemsizdir ($p>0.05$). Ancak a değeri üzerine taşıyıcı madde * inülin interaksyonunun önemli bir etkisi olmuştur ($p<0.05$). Aynı şekilde, inülin kullanımı ve inülin * inülin interaksyonu b renk değeri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmuştur($p<0.05$).

Giriş sıcaklığının artmasıyla püskürterek kurutulmuş ürünlerde L değerinin kısmen azaldığı veya değişmediği rapor edilmektedir (Quek vd 2007). Shrestha vd (2008), püskürterek kurutma ile yağsız süt tozu üretiminde, kurutma öncesi eklenen UF-süt permeatı (milk permeate by ultrafiltration) konsantrasyonu artırıldığında, ürünün siklon geri kazanımının ve partikül büyüklüğünün azaldığını, ürünün renginin yeşil-sarıya değiştiğini ve L renk değerinin arttığını bildirmektedir.

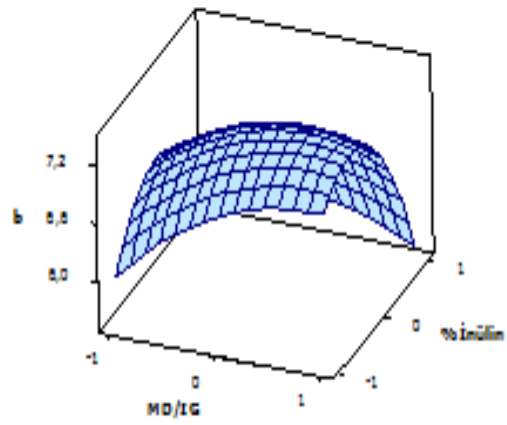
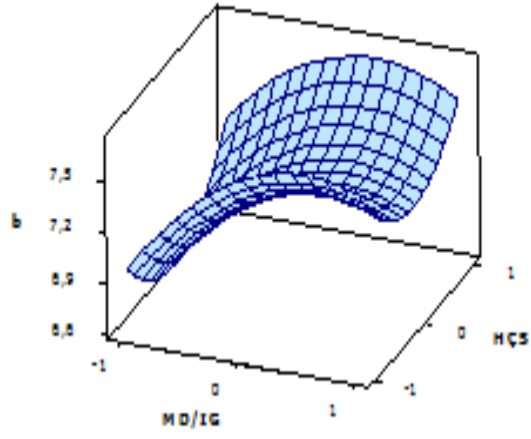
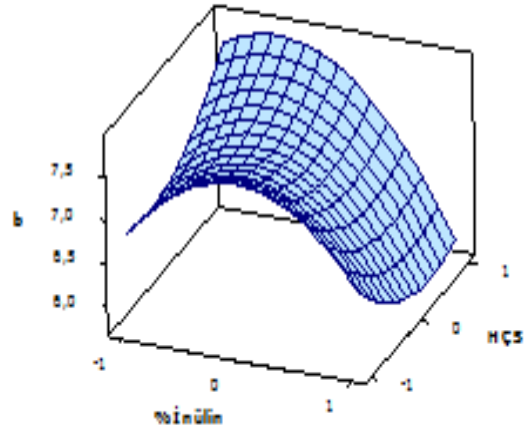
Üretim değişkenlerinin kefir tozlarının Hunter L, a, b renk değerleri üzerine etkisini üç boyutlu grafiklerde Şekil 4.6 (L değeri), Şekil 4.7 (a değeri), ve Şekil 4.8 (b değeri)'de gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Üretim parametrelerinin kefir tozlarının L renk değeri üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler



Şekil 4.7. Üretim parametrelerinin kefir tozlarının a renk değeri üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler



Şekil 4.8. Üretim parametrelerinin kefir tozlarının b renk değeri üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler

4.4. Islanabilirlik, Dağılabilirlik ve Higroskopisite

Üretilen kefir tozlarında yapılan ıslanabilirlik analizine göre sonuçlar 223-1101 saniye arasında değişirken, dağılabilirlik analizinden elde edilen sonuçların %64-75 değerleri arasında değiştiği tespit edilmiştir. Higroskopisite sonuçları ise %7-15 değerleri arasında değişim göstermiştir. Islanabilirlik, Dağılabilirlik (%) ve Higroskopisite (%) analiz değerleri Çizelge 4.6'da, belirtilen analizlere ait varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Kefir tozlarına ait ıslanabilirlik (sn), %dağılabilirlik ve %higroskopisite değerleri

Desen Adı	Islanabilirlik (sn) $\pm$ SS	Dağılabilirlik (%) $\pm$ SS	Higroskopisite (%) $\pm$ SS
D1	777.5 $\pm$ 64.35	70.73 $\pm$ 0.35	13.08 $\pm$ 0.08
D2	457.5 $\pm$ 53.03	64.37 $\pm$ 0.56	15.14 $\pm$ 0.06
D3	620.5 $\pm$ 34.65	72.73 $\pm$ 0.11	11.95 $\pm$ 0.14
D4	415.5 $\pm$ 85.56	68.25 $\pm$ 0.32	12.66 $\pm$ 0.06
D5	1057 $\pm$ 62.23	64.32 $\pm$ 0.57	13.69 $\pm$ 0.02
D6	430.5 $\pm$ 36.06	73.92 $\pm$ 0.35	14.20 $\pm$ 0.00
D7	673 $\pm$ 26.87	72.34 $\pm$ 0.04	11.01 $\pm$ 0.19
D8	411.5 $\pm$ 27.58	72.87 $\pm$ 1.23	11.71 $\pm$ 0.12
D9	429.5 $\pm$ 41.72	69.13 $\pm$ 0.45	13.01 $\pm$ 0.03
D10	414 $\pm$ 21.21	74.47 $\pm$ 1.88	13.07 $\pm$ 0.1
D11	375 $\pm$ 82.02	70.78 $\pm$ 0.14	14.5 $\pm$ 1.65
D12	334 $\pm$ 8.49	72.98 $\pm$ 0.38	13.14 $\pm$ 2.13
D13	454.5 $\pm$ 99.7	67.93 $\pm$ 1.33	14.19 $\pm$ 0.09
D14	260 $\pm$ 52.33	74.08 $\pm$ 0.76	14.66 $\pm$ 0.64
D15	1027.5 $\pm$ 31.82	73.20 $\pm$ 1.12	6.77 $\pm$ 0.04
D16	320 $\pm$ 49.5	74.88 $\pm$ 0.69	13.08 $\pm$ 0.12
D17	477.5 $\pm$ 36.06	65.80 $\pm$ 0.59	11.80 $\pm$ 0.00

SS: Standart sapma değeri

Kefir tozlarının ıslanabilirliği üzerine hava çıkış sıcaklığının, inülin * inülin interaksyonu ve hava çıkış sıcaklığı * hava çıkış sıcaklığı interaksyonunun önemli bir etkisi olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Yapılan ıslanabilirlik testi sonucunda en kısa sürede ıslanabilen örnek; %1.5 (w/w) oranında inülin eklenmiş, taşıyıcı madde olarak yalnızca MD'in kullanıldığı ve 75°C'de yapılan kurutma işlemi sonucunda elde edilen kefir tozu olurken, işlemin tamamlanması için en uzun sürenin harcandığı örnek; inülin eklenmemiş kefirin %50/50 oranında MD/AG taşıyıcı ajanları kullanılarak 55°C'de kurutulması sonucu elde edilen ürün olmuştur. Üretim parametreleri ve ıslanabilirlik değerleri arasındaki 3 boyutlu etkileşim Şekil 4.9'da gösterilmiştir.

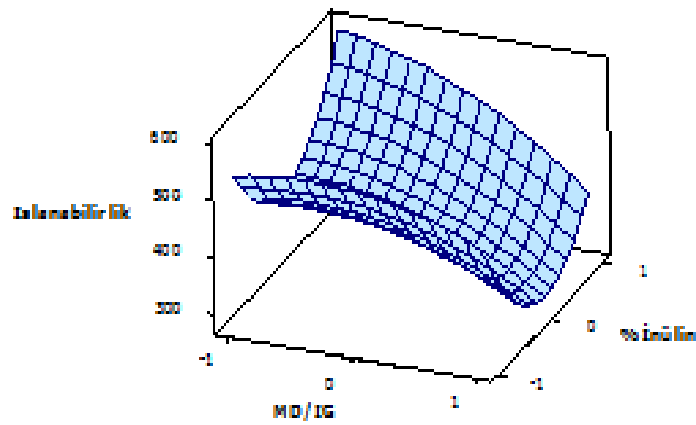
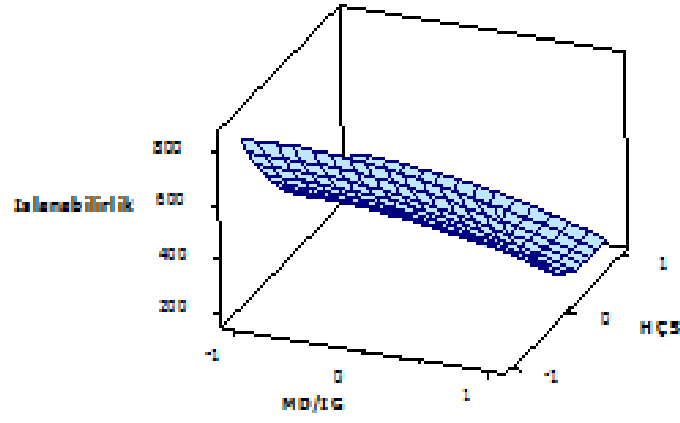
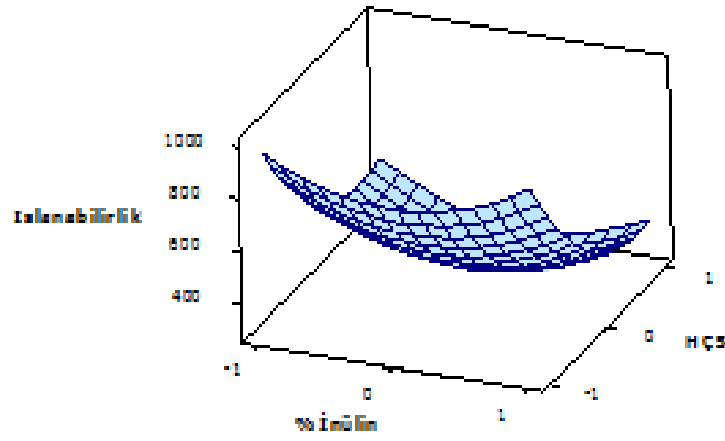
Çizelge 4.7. Farklı formülasyonlara göre üretilen kefir tozlarının ıslanabilirlik, dağılılırlik ve higroskopisite değerlerine ait varyans analizi sonuçları^a

Varyasyon Kaynakları	Islanabilirlik				Dağılılırlik				Higroskopisite			
	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri
Sabit	9808.400	1750.830	5.602	0.001	69.163	51.126	1.353	0.218	5.026	30.310	0.166	0.873
C1	80.300	279.020	0.288	0.782	3.933	8.148	0.048	0.644	-3.491	4.830	-0.723	0.493
C2	-99.700	191.880	-0.520	0.619	7.541	5.603	1.346	0.220	-5.211	3.322	-1.569	0.161
C3	-261.700	53.700	-4.874	0.002*	-0.181	1.568	-0.115	0.912	0.230	0.930	0.248	0.812
C1*C1	-37.200	41.120	-0.906	0.395	0.149	1.201	0.124	0.904	0.315	0.712	0.443	0.671
C2*C2	65.100	18.270	3.563	0.009*	-1.733	0.534	-3.248	0.014*	-0.328	0.316	-1.036	0.335
C3*C3	1.800	0.410	4.460	0.003*	0.002	0.012	0.158	0.879	-0.002	0.007	-0.211	0.839
C1*C2	-26.100	28.120	-0.927	0.385	-1.103	0.821	-1.343	0.221	-0.279	0.487	-0.573	0.585
C1*C3	-1.600	4.220	-0.391	0.707	-0.036	0.123	-0.294	0.777	0.063	0.073	0.863	0.417
C2*C3	-1.600	2.810	-0.557	0.595	-0.004	0.082	-0.053	0.960	0.082	0.049	1.686	0.136

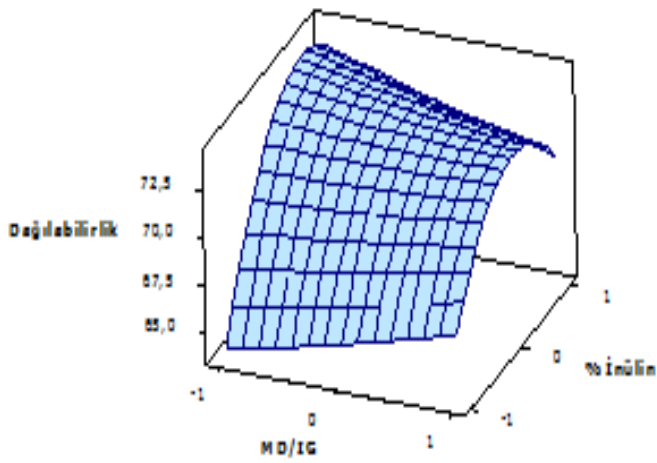
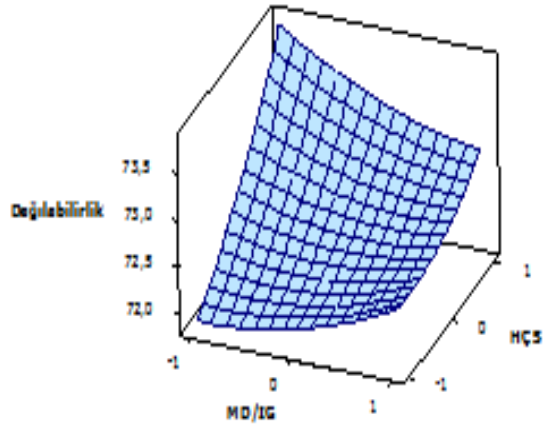
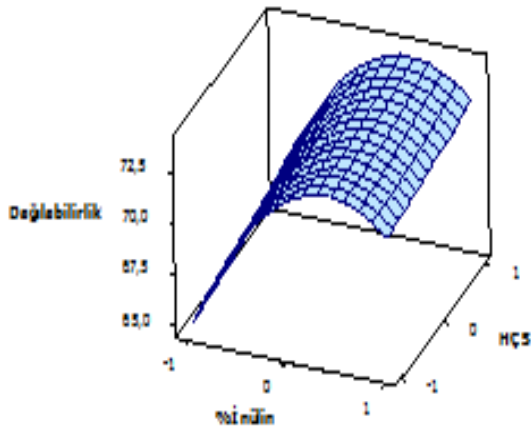
^a C1: Taşıyıcı madde. C2: İnülin. C3: Hava çıkış sıcaklığı, *P<0.05 düzeyinde önemli

Örneklerin dağılılırlik verileri üzerine inülin * inülin interaksiyonunun önemli bir etkisi olduğu belirlenmiştir (p<0.05). En fazla dağılılırlik yüzdesine sahip ürün %1.5 (w/w) oranında inülin eklenmiş kefirin %50/50 oranında MD/AG taşıyıcı madde kombinasyonu ile 65°C'de gerçekleştirilen kurutma sonucunda elde edilirken; en düşük dağılılırlik yüzdesini veren formülasyon ise hiç inülin eklenmemiş kefirin %50/50 MD/AG ajanlarıyla 55°C'de kurutulması olmuştur. Üretim parametreleri ve kefir tozlarının %dağılılırlik değerleri arasındaki 3 boyutlu etkileşim Şekil 4.10'da gösterilmiştir.

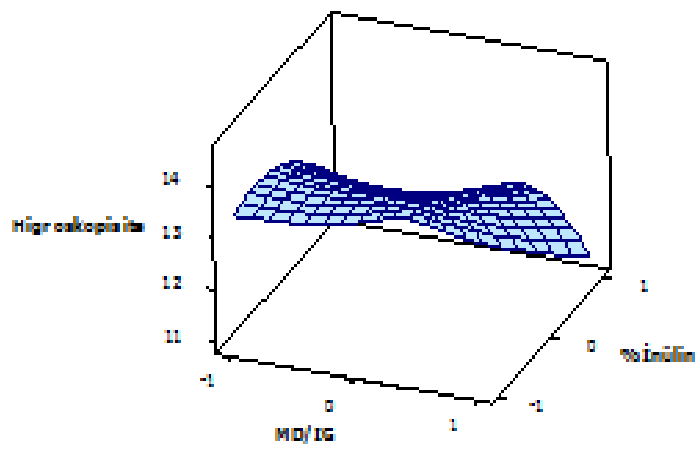
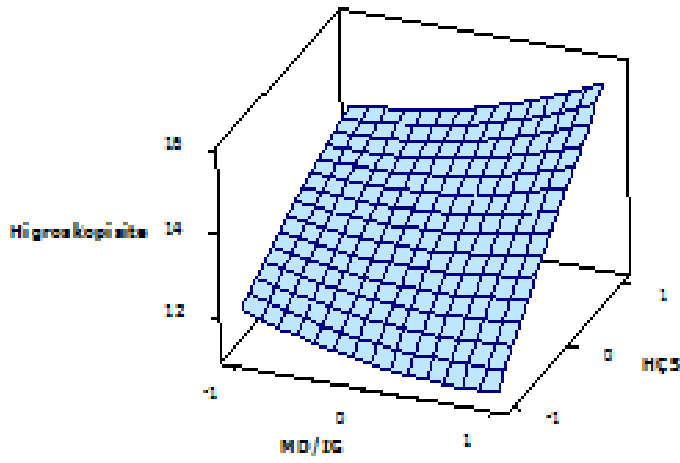
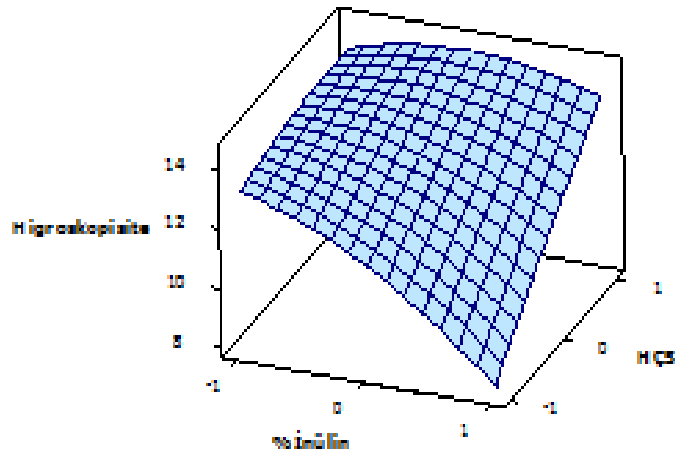
Üretilen kefir tozlarının higroskopisite özelliğini ise üretim parametrelerinin önemli bir düzeyde etkilemediği tespit edilmiştir (p>0.05). En az higroskopik olarak belirlenen ürün %3 (w/w) oranında inülin eklenmiş kefirin %50/50 oranında eklenmiş MD/AG karışımıyla birlikte 55°C'de kurutulmasıyla elde edilen kefir tozu olurken, en higroskopik örnek inülin eklenmemiş kefirin taşıyıcı madde olarak %50/50 oranında MD/AG eklenerek 75°C'de kurutulmasıyla elde edilen örnek olmuştur. Üretim desenindeki değişkenlerin kefir tozlarının %higroskopisite değerleri üzerine etkisinin 3 boyutlu ifade edildiği grafikler Şekil 4.11'de gösterilmektedir.



Şekil 4.9. Üretim parametrelerinin kefir tozlarının ıslanabilirlik değeri üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler



Şekil 4. 10. Üretim parametrelerinin kefir tozlarının dağılıbilirlik değeri üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler



Şekil 4.11. Üretim parametrelerinin kefir tozlarının %higroskopisite değeri üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler

Toz ürünlerin ıslanabilirlik değerleri yüzey bileşiminden doğrudan etkilenir. Eğer toz materyal yağ içeriyorsa bu, ıslanma süresini olumsuz etkiler. Çünkü yağ yüzeyde hidrofobik bir yapı oluşturur ve ayrıca yüzeyi yapışkan bir köprü gibi kaplayarak ıslanabilirlik süresini uzatır (Kim vd 2005).

Kim vd (2002) yaptıkları bir çalışmada püskürtmeli kurutucuda kurutularak elde edilen üç farklı endüstriyel süt tozu ürünü olarak belirledikleri yağsız süt tozu, bütün süt tozu ve süt yağı tozunun fizikokimyasal davranışlarını incelemişlerdir. Yağsız süt tozu örneğinde ıslanabilirlik süresi yaklaşık 10 dakika sürerken, diğer örneklerde 15 dakikadan uzun süreler tespit edilmiştir.

Koç (2008) püskürtmeli kurutucuyla yoğurt tozu üretim prosesinin optimizasyonu üzerine yaptığı tez çalışmasında yoğurt tozlarının ıslanabilirlik sürelerini 316-1007 saniye aralığında tespit etmiştir. Kefir, genel fizikokimyasal özellikleri bakımından yoğurda çok benzeyen bir üründür Nitekim kefir tozları da yoğurt tozuna benzer özellikler sergilemektedir. Kefir tozlarının 260-1028 saniyelik ıslanabilirlik süre skalası, bu analiz açısından da belirgin bir benzerlik olduğunu göstermektedir.

Çözünbilme oranı veya dağılıbilirlik, ticari bir nitelik olarak süt tozu kalitesini belirlemede çok yaygın olarak kullanılan bir analiz yöntemidir (Metin ve Öztürk 2002). Süt tozu için düşük çözünbilme oranı değerleri, çözünemeyen bileşenlerin fazla olduğunu göstermektedir. Püskürterek kurutulmuş sütün çözünbilme oranı değerlerini, yüksek hava çıkış sıcaklığında kurutulması, düşük kaliteli sütün kullanılması ve katkı maddelerinin eklenmesi olumsuz yönde etkilemektedir. Yoğurt tozunda, süt tozundan farklı olarak çözünbilme oranı değerlerini yüksek hava çıkış sıcaklığının arttırdığı bulgulanmıştır (Hall ve Hedrick 1975).

Dağılıbilirlik analizi ayrıca işlem sırasında protein üzerine toplam ısı uygulamasının değerlendirilmesinde kullanılan önemli bir analiz yöntemidir. Sıcaklığın artırılması, tersinmez olarak denatürasyonun artmasına sebebiyet verdiği için, süt ürünlerinin rekonstitüye edilmesi sırasında denatüre olmuş proteinin sabit bir dağılıbilirlik göstermediği ve ayrıca partikül büyüklüğünün de dağılıbilirlik değerlerini etkilediği belirtilmiştir (Knipschildt ve Andersen 1994).

Araştırmacılar (Marshall 1993) yüksek giriş sıcaklığında, ürün nem miktarının azalmasının ve partikül büyüklüğünün artmasının çözünürlüğü olumlu yönde etkilediğini ifade etmektedir. Cano-Chauca vd (2005), toz ürünlerde çözünürlüğün önemli bir kalite kriteri olduğunu vurgulayarak, partikül mikroyapısının çözünürlüğü doğrudan etkilediğini rapor etmiştir. Araştırmacılar amorf yüzeye sahip partiküllerde çözünürlüğün, kristalimsi veya daha düzgün yüzeye sahip partiküllerden daha yüksek olduğunu bildirmiştir.

Carolina vd (2007), hem nem miktarındaki artışın, hem de çok yüksek kurutma sıcaklıklarının tozlarda camsı yapıya geçişi desteklediğini bildirmektedir. Camsı yapıya geçişle birlikte tozlarda yapışma, topaklaşma ve kristallenme gibi bir dizi olumsuz durumlar ortaya çıkmaktadır. Tüm bu durumlar tozların çözünürlüğünü olumsuz etkilemektedir (Goula vd 2008).

Koç (2008), püskürtmeli kurutma yöntemi ile yoğurt tozu üretim koşullarının optimizasyonu başlığı altında yaptığı tez çalışmasında yoğurt tozunda süt tozundan farklı olarak çözünbilme oranı değerlerini, yüksek hava çıkış sıcaklığı değerlerinden kaynaklandığını bildirmiştir. Genel olarak yüksek hava çıkış sıcaklıklarında üretilen yoğurt tozlarında çözünbilirlik değerlerinin, daha düşük sıcaklıkta üretilen tozlarda ölçülen değerlere kıyasla daha yüksek olduğunu tespit edilmiştir. Hava çıkış sıcaklığı 66°C iken en düşük yoğurt tozu %çözünbilme oranı %65 olarak belirtilirken, en yüksek yoğurt tozu %çözünbilme oranı olarak tespit edilen %73 değeri ise hava çıkış sıcaklığının 84°C olduğu üretim deseninde gözlenmiştir. Kefir tozlarında da yoğurt tozuna benzer şekilde yüksek hava çıkış sıcaklığında çözünbilirlik değerleri, daha düşük hava çıkış sıcaklığında gerçekleştirilen diğer formülasyonlara göre nispeten yüksek bulunmuştur.

Frietzen – Freire vd (2012), probiyotik mikroenkapsülasyonu ile ilgili yaptıkları bir çalışmalarında, inülin kullanımının mikrokapsüllerdeki çözünürlüğü düşürdüğünü belirtmişlerdir.

Stencl (2004) tarafından yapılmış bir çalışmada püskürtmeli kurutucuyla kurutulan yoğurt tozlarının su adsorplama yetenekleri modellenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmaya göre üretilen yoğurt tozlarının adsorpsiyon değerleri incelendiğinde, sıcaklık değeri arttıkça adsorplanan su miktarının da arttığı belirlenmiştir. Bu çalışmadan hareketle yüksek hava çıkış sıcaklık değerlerine çıkıldığı zaman ürün daha az higroskopik özellik gösterdiği düşünülebilir. Kefir tozları da geneli itibarıyla bu çalışmayı doğrular sonuçlar vermiştir.

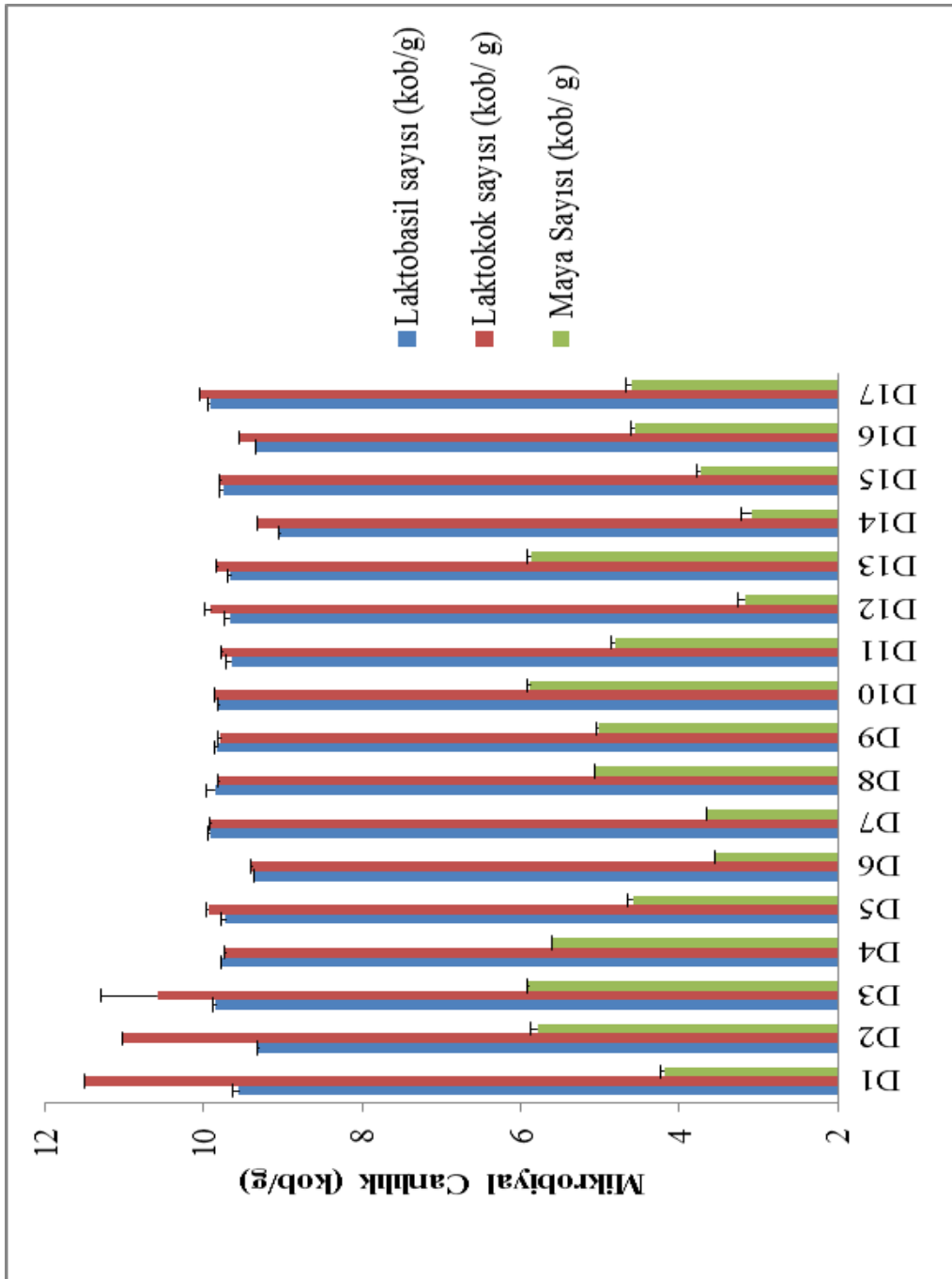
Prebiyotik madde varlığında Bifidobakterlerin püskürterek kurutma yöntemiyle mikroenkapsülasyonu üzerine yapılmış bir çalışmada oligofruktoz kullanılarak üretilen kapsülün en higroskopik örnek olduğu belirtilirken, en az higroskopik özellik gösteren örneğin ise kapsülleme ajanı olarak inulin kullanılan toz ürün olduğu belirtilmiştir. (Fritzen-Freire vd 2012). Maltodekstrin ve Arabic gümün camsı geçiş sıcaklıklarının tespit edilip karşılaştırıldığı bir çalışmada ise Arabic gümün maltodekstrine kıyasla toz gıdaların higroskopikliğini azaltmada daha etkili olduğu bildirilmiştir (Collares vd 2004).

4.5. Mikrobiyal Analizler

Kefir gibi probiyotik gıdalarda canlı mikroorganizma sayısı kaliteyi önemli ölçüde etkilemektedir. Çakır (2003) probiyotik mikroorganizmaların beklenen faydalı etkiyi sağlayabilmeleri için, taze kefirde ve kefir tozunda canlı ve bol miktarda bulunması gerektiğini belirtmiştir. Bu nedenle kurutulmuş kefirin en önemli kalite kriteri 10^8 kob/g düzeyinde canlı laktik asit bakterisi içermesi ve üretimi süresince canlı kalabilmesidir.

Farklı formülasyonlarda üretilen kefir tozlarına uygulanan mikrobiyal analizler sonucunda her bir desende tespit edilen canlı sayısı Şekil 4.12'de gösterilmiş ve Çizelge 4.8'de verilmiştir. Desenlerde Laktobasil sayısı 9-9.9 log kob/g aralığında tespit edilmiştir. Laktokok sayısı 9.3-11.5 log kob/g aralığında değişirken, maya sayısı 3-5.9 log kob/g aralığında değişmiştir. Kurutulmak üzere deneme deseninde belirtilen oranlarda inülin içeren/içermeyen sıvı kefir örneklerinde elde edilen mikrobiyal analiz

sonuçlarıysa; Laktobasiller için inülin eklenmeyen kefir örneğinde 8.74 log kob/ml, %1.5 inülin içeren kefir örneğinde 9.89 log kob/ml ve %3 inülin içeren kefir örneğinde 10.09 log kob/ml olarak tespit edilmiştir. Laktokoklar için inülin eklenmeyen kefir örneğinde 8.52 log kob/ml, %1.5 inülin eklenmiş kefir örneğinde 8.88 log kob/ml, %3 inülin içeren kefirde 11.36 log kob/ml olarak belirlenmiştir. Maya sayımlarında ise inülin içermeyen kefir örneğinde 4.40 log kob/ml, %1.5 inülin içeren kefir örneğinde 4.30 log kob/ml ve %3 inülin içeren kefir örneğinde 4.20 log kob/ml olarak tespit edilmiştir. Mikrobiyal analizler sonucunda tespit edilen Laktobasil, Laktokok ve maya değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.12. Kefir tozlarına ait mikrobiyal canlılık değerleri (kob/g)

Desen Adı	Laktobasil sayısı (kob/g) $\pm$ SS	Laktokok sayısı (kob/g) $\pm$ SS	Maya sayısı (kob/g) $\pm$ SS
D1	9.56 $\pm$ 0.09	11.51 $\pm$ 0.00	4.19 $\pm$ 0.04
D2	9.30 $\pm$ 0.02	11.02 $\pm$ 0.01	5.79 $\pm$ 0.07
D3	9.85 $\pm$ 0.04	10.59 $\pm$ 0.70	5.90 $\pm$ 0.01
D4	9.78 $\pm$ 0.01	9.73 $\pm$ 0.02	5.60 $\pm$ 0.02
D5	9.72 $\pm$ 0.05	9.94 $\pm$ 0.02	4.58 $\pm$ 0.08
D6	9.36 $\pm$ 0.01	9.40 $\pm$ 0.00	3.55 $\pm$ 0.01
D7	9.92 $\pm$ 0.04	9.91 $\pm$ 0.01	3.66 $\pm$ 0.01
D8	9.86 $\pm$ 0.11	9.80 $\pm$ 0.02	5.06 $\pm$ 0.02
D9	9.83 $\pm$ 0.03	9.79 $\pm$ 0.03	5.02 $\pm$ 0.04
D10	9.81 $\pm$ 0.00	9.85 $\pm$ 0.01	5.88 $\pm$ 0.03
D11	9.65 $\pm$ 0.07	9.77 $\pm$ 0.02	4.81 $\pm$ 0.05
D12	9.67 $\pm$ 0.07	9.91 $\pm$ 0.09	3.17 $\pm$ 0.08
D13	9.67 $\pm$ 0.03	9.83 $\pm$ 0.02	5.87 $\pm$ 0.05
D14	9.03 $\pm$ 0.03	9.33 $\pm$ 0.00	3.09 $\pm$ 0.12
D15	9.75 $\pm$ 0.05	9.79 $\pm$ 0.02	3.73 $\pm$ 0.06
D16	9.34 $\pm$ 0.00	9.56 $\pm$ 0.00	4.57 $\pm$ 0.03
D17	9.92 $\pm$ 0.01	10.05 $\pm$ 0.01	4.60 $\pm$ 0.08

SS: Standart sapma değeri

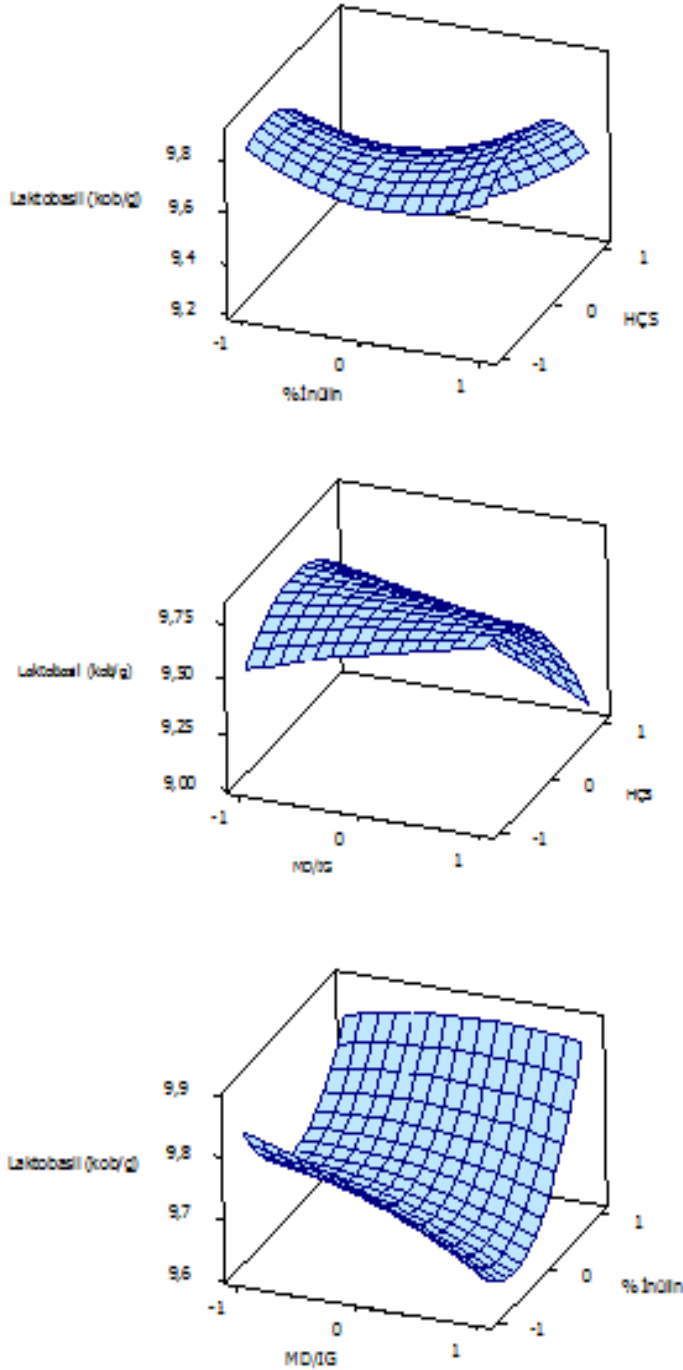
Çizelge 4.9. Farklı formülasyonlara göre üretilen kefir tozlarının mikrobiyal sayım değerlerine ait varyans analizi sonuçları^a

Varyasyon Kaynakları	Laktobasil				Laktokok				Maya			
	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri
Sabit	2.675	3.994	0.670	0.524	18.308	12.139	1.508	0.175	-51.850	16.491	-3.144	0.016
C1	1.041	0.636	1.635	0.146	-2.845	1.935	-1.471	0.185	0.280	2.628	0.105	0.919
C2	-0.494	0.438	-1.128	0.297	0.674	1.330	0.507	0.628	0.970	1.807	0.536	0.609
C3	0.246	0.123	2.011	0.084	-0.257	0.372	-0.691	0.512	1.740	0.506	3.441	0.011*
C1*C1	-0.020	0.994	-0.209	0.840	0.106	0.285	0.370	0.722	-0.140	0.387	-0.349	0.737
C2*C2	0.055	0.042	1.321	0.228	0.091	0.127	0.721	0.494	0.250	0.172	1.445	0.192
C3*C3	-0.002	0.001	-2.251	0.059	0.002	0.003	0.703	0.505	-0.010	0.004	-3.383	0.012*
C1*C2	0.032	0.064	0.496	0.635	-0.100	0.195	-0.513	0.624	-0.260	0.265	-0.988	0.356
C1*C3	-0.017	0.010	-1.799	0.115	0.040	0.029	1.385	0.209	0.000	0.040	0.044	0.097
C2*C3	0.006	0.006	0.874	0.411	-0.016	0.020	-0.804	0.448	-0.030	0.027	-1.114	0.302

^a C1: Taşıyıcı madde. C2: İnülin. C3: Hava çıkış sıcaklığı, *P<0.05 düzeyinde önemli

Yapılan varyans analizi sonucunda kefir tozlarının kurutma işlemi sonrasında Laktobasillerin canlı kalma oranı üzerine üretim parametrelerinin etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir (p>0.05). Laktobasil sayısı açısından en az canlılık sağlayan şartlar %1.5 (w/w) inülin eklenmiş kefirin taşıyıcı madde olarak sadece MD ile 75°C'de kurutulması sonucunda elde edilirken, en fazla canlılığı gösteren şartlar %1.5 (w/w) inülin eklenmiş kefirin sadece MD yardımıyla 55°C'de kurutulması sonucunda elde edilen tozda bulunmuştur. Üretim parametrelerinin kefir tozlarının mikrobiyal florasında

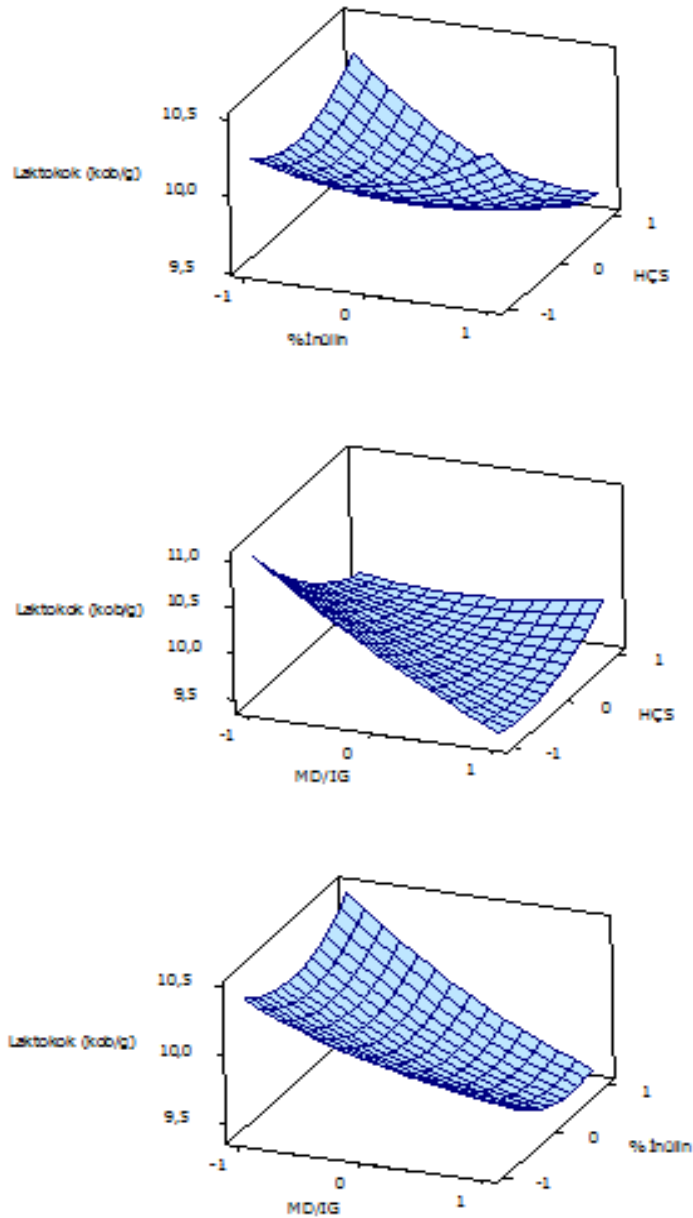
bulunan Laktobasiller üzerine etkisini gösteren 3 boyutlu grafikler Şekil 4.13'de gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Üretim parametrelerinin kefir tozlarında Laktobasil canlılık değerleri üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler

Varyans analizi sonuçlarına göre kefir tozlarının kurutma işlemi sonrasında kefir mikroflorası içinde baskın bir rol oynayan ve bir tür laktik asit bakterisi olan

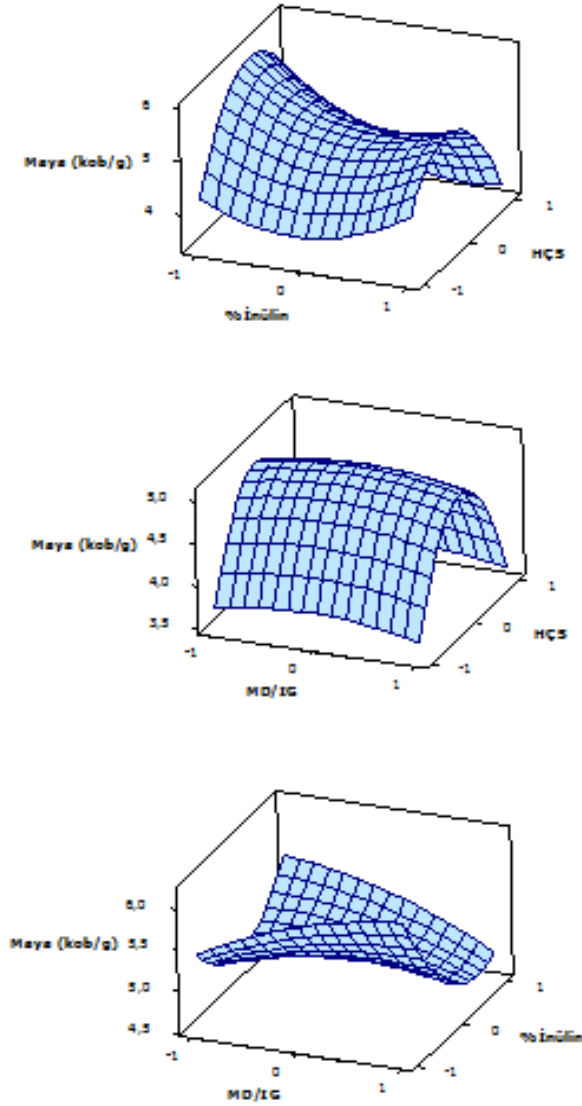
Laktokokların canlı kalma oranı üzerine üretim parametrelerinin etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir ($p>0.05$). Laktokok sayısı açısından en düşük canlılığı %1.5 (w/w) oranında inülin eklenmiş kefirin taşıyıcı ajan olarak MD ile 75°C'de kurutulması sonucu elde edilen toz ürün verirken, en yüksek canlılığı yine %1.5 (w/w) eklenmiş kefirin sadece IG kullanılarak 55°C'de kurutulması sonucunda üretilen kefir tozu göstermiştir. Üretim değişkenlerinin kefir tozlarındaki Laktokok florasının canlılığı üzerine etkisini gösteren 3 boyutlu grafikler Şekil 4.14'te gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Üretim parametrelerinin kefir tozlarında Laktokok canlılık değerleri üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler

Kefir tozlarının kurutma işlemi sonrasında canlı kalan maya sayısı üzerine üretim parametrelerinden hava çıkış sıcaklığının ve hava çıkış sıcaklığı x hava çıkış sıcaklığı

interaksiyonunun önemli bir etkisi olmuştur ($p<0.05$). Maya sayım sonuçlarına göre en düşük sayıda canlı maya kolonisi %1.5 (w/w) oranında inülin eklenmiş kefirin taşıyıcı madde olarak MD ile 75°C'de kurutulması sonucu elde edilen toz üründe belirlenirken, en yüksek sayıda canlı maya kolonisi %3 (w/w) oranında inülin eklenmiş kefirin taşıyıcı madde olarak sadece IG kullanılarak 65°C'de kurutulması sonucu elde edilen toz kefirde tespit edilmiştir. Maya sayısının üretim değişkenleriyle etkileşimi üç boyutlu grafikler halinde Şekil 4.15'te gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Üretim parametrelerinin kefir tozlarında maya canlılık değerleri üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler

Yoğurt tozu üretiminde canlı laktik asit bakterisi (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus*) sayısının, en önemli bağımsız değişken olan

püskürtmeli kurutma hava çıkış sıcaklığına ve kurutma öncesi yoğurtta bulunan canlı bakteri sayısına bağlı olduğu bildirilmektedir. Buna göre çıkış sıcaklığının artması ile canlı laktik asit bakterilerinin sayısı azalmaktadır. Ayrıca canlılığın, *Lactobacillus bulgaricus* bakterisine göre *Streptococcus thermophilus* bakterisinde daha yüksek olduğu saptanmıştır (Koç vd 2010). Mauriello vd (1999) tarafından püskürterek kurutma sırasında giriş sıcaklığının artmasına bağlı olarak canlılığın azaldığı bildirilmesine rağmen, bu konudaki genel yaklaşım canlı kalma oranının temel olarak hava çıkış sıcaklığı ile ilgili olduğu şeklindedir (Lian vd 2002; Santivarangkna vd 2008). Kefir tozlarında da özellikle maya mikroflorasında hava çıkış sıcaklığıyla ters orantılı şekilde canlı sayısı değişmiş; hava çıkış sıcaklığı arttıkça canlı kalan maya koloni sayısında azalma gözlenmiştir.

Püskürtmeli kurutma yöntemi ile yoğurt tozu üretim koşullarının optimizasyonunu konu alan bir çalışmada Laktik asit bakterilerinden *Lactobacillus bulgaricus*'un kurutma işlemi sonrasında canlılığının 2.10×10^3 - 6.40×10^6 kob/g aralığında, başka bir Laktik asit bakterisi olan ve yoğurdun karakteristik mikroorganizmalarından olan *Streptococcus thermophilus*'un kurutma işleminden sonraki canlılığının ise 6.55×10^4 - 1.57×10^8 kob/g aralığında değiştiği saptanmıştır. Çalışmada ayrıca püskürtmeli kurutucu hava çıkış sıcaklığı değeri arttıkça son ürünlerdeki canlı mikroorganizma sayısı değerinin düştüğü tespit edilmektedir (Koç 2008). Kefir tozu üretim sürecinde de benzer durum yaşanmış, son ürünlerdeki canlı bakteri ve maya sayısı sıcaklıktan olumsuz etkilenmiştir. Ancak üretim sonucu yapılan mikrobiyal analizler, laktik asit bakterilerinin sıcaklığa dayanıklılığının mayalara kıyasla daha fazla olduğunu göstermiştir.

Prebiyotik madde varlığında Bifidobakterilerin püskürterek kurutma yöntemiyle mikroenkapsülasyonu üzerine yapılmış bir çalışmada canlılığı destekleme amacıyla inulin, oligofruktoz ve kombinasyonları prebiyotik materyalleri kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda başlangıç mikroorganizma sayısının inulin kullanılarak üretilen kapsülde daha fazla olduğu görülmüştür (Fritzen-Freire vd 2012).

4.6. pH ve Titrasyon Asitliği

Üretilen kefir tozlarında pH ve titrasyon asitliği analizleri tozların rekonstitüye edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 4.10'da gösterilmiştir. pH analizine ait sonuçlar 4.39-4.63 değerleri arasında değişirken, titrasyon asitliği değerleri ise %0.81-1.27 aralığında belirlenmiştir. pH ve %titrasyon asitliğine ait varyasyon analizi sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Rekonstitüye kefir tozlarına ait pH ve titrasyon asitliği değerleri

Desen Adı	pH± SS	%SH ± SS
D1	4.44±0.01	1.07±0.02

D2	4.48±0.01	1.25±0.10
D3	4.63±0.01	0.90±0.08
D4	4.61±0.02	0.81±0.11
D5	4.56±0.01	1.13±0.00
D6	4.44±0.00	1.02±0.03
D7	4.44±0.01	1.00±0.05
D8	4.40±0.00	1.02±0.08
D9	4.44±0.01	1.04±0.00
D10	4.41±0.01	1.02±0.00
D11	4.39±0.01	1.05±0.01
D12	4.59±0.01	0.94±0.01
D13	4.49±0.00	1.28±0.10
D14	4.42±0.01	1.05±0.01
D15	4.64±0.01	0.92±0.06
D16	4.41±0.01	1.02±0.03
D17	4.48±0.00	1.16±0.07

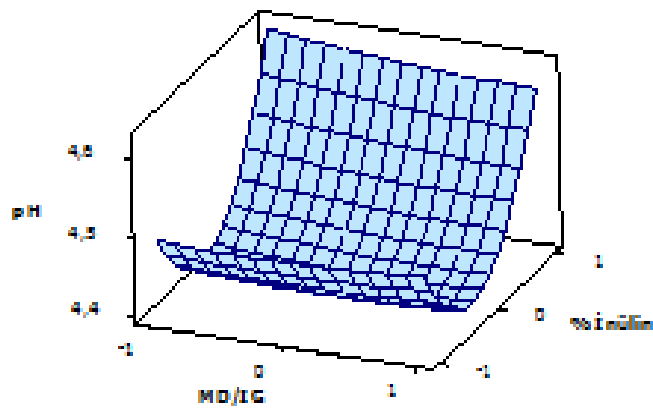
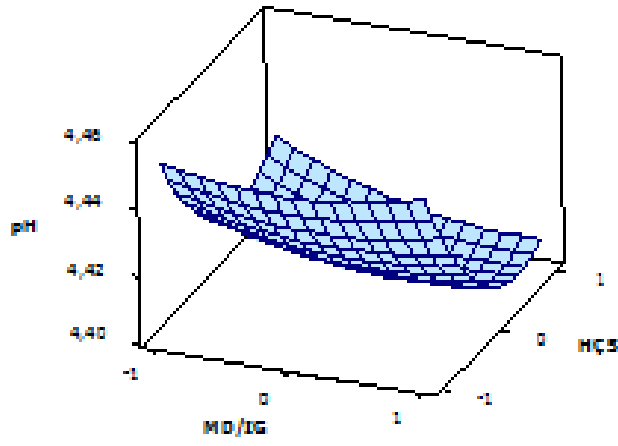
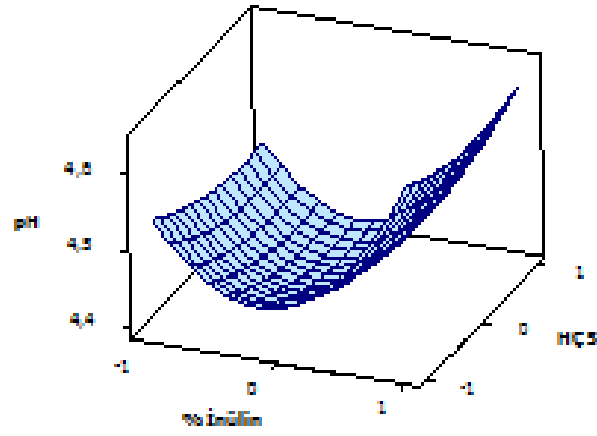
SS: Standart sapma değeri

Çizelge 4.11. Farklı formülasyonlara göre üretilen kefir tozlarının pH ve %titrasyon asitliği değerlerine ait varyans analizi sonuçları^a

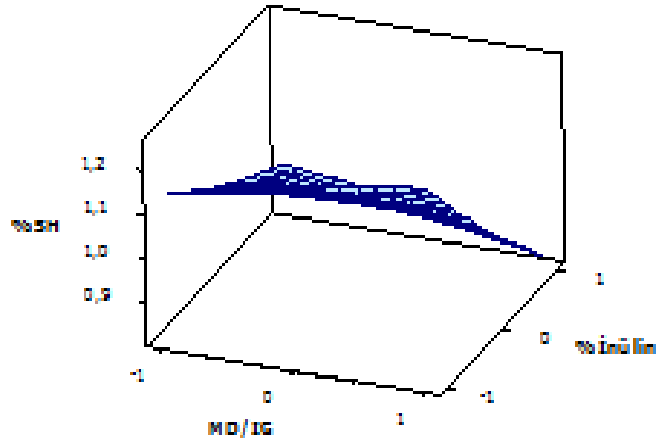
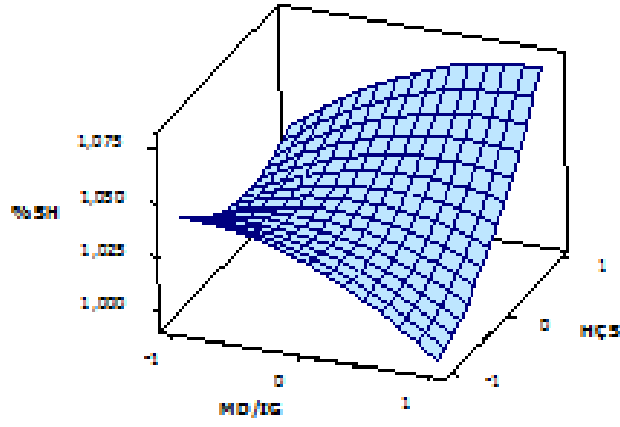
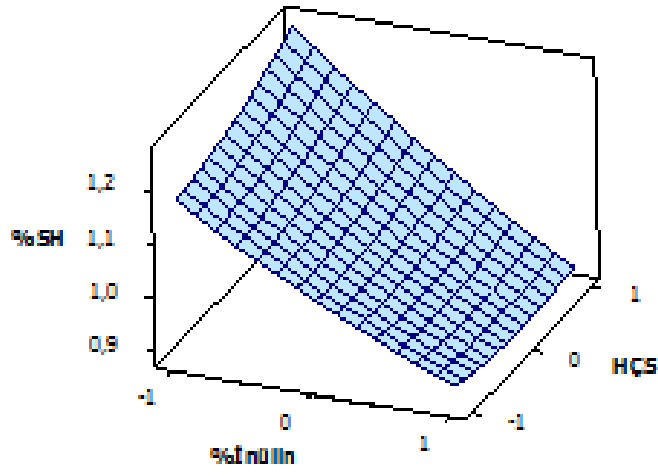
Varyasyon Kaynakları	pH				%Titrasyon Asitliği			
	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri
Sabit	5.506	0.479	11.501	0.000	1.570	0.732	2.144	0.069
C1	0.036	0.076	0.475	0.649	-0.101	0.117	-0.863	0.417
C2	-0.178	0.052	-3.383	0.012*	-0.015	0.080	-0.188	0.086
C3	-0.029	0.015	-1.950	0.092	-0.016	0.022	-0.693	0.511
C1*C1	0.005	0.011	0.445	0.670	-0.011	0.017	-0.643	0.541
C2*C2	0.061	0.005	12.231	0.000*	0.007	0.008	0.946	0.376
C3*C3	0.000	0.000	1.779	0.118	0.000	0.000	0.889	0.403
C1*C2	-0.005	0.008	-0.650	0.536	-0.036	0.012	-3.034	0.019*
C1*C3	-0.001	0.001	-0.433	0.678	0.002	0.002	1.346	0.220
C2*C3	0.001	0.001	0.650	0.536	-0.002	0.001	-1.444	0.192

^a C1: Taşıyıcı madde. C2: İnülin. C3: Hava çıkış sıcaklığı, *P<0.05 düzeyinde önemli

Yapılan varyans analizi sonucunda rekonstitüye edilmiş kefir tozlarının pH değeri üzerine üretim parametrelerinden inülinin ve inülin * inülin interaksiyonunun önemli bir etkisi olduğu belirlenmiştir (p<0.05). Titrasyon asitliği üzerine ise taşıyıcı madde kombinasyonu * inülin interaksiyonunun önemli bir etkisi olmuştur (p<0.05). Üretim parametrelerinin pH ve %titrasyon asitliği üzerine etkilerini gösteren üç boyutlu grafikler Şekil 4.16'da ve Şekil 4.17'de belirtilmiştir.



Şekil 4.16. Üretim parametrelerinin rekonstitüye edilmiş kefir tozlarının pH değeri üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler



Şekil 4.17. Üretim parametrelerinin rekonstitüe edilmiş kefir tozlarının %titrasyon asitliği değeri üzerine etkisini gösteren üç boyutlu grafikler

Rekonstitüsyon işleminden sonra en düşük pH değeri %1.5 (w/w) inülin eklenmiş, taşıyıcı madde olarak %50/50 oranında MD ve IG kullanılan ve 65°C hava çıkış sıcaklığında kurutulan örnekte tespit edilirken, en yüksek pH değeri %3 (w/w) inülin eklenmiş, sadece IG yardımıyla 65°C'de kurutulan toz üründe bulunmuştur.

Benzer şekilde rekonstitüye edilen örneklerde yapılan %titrasyon asitliği ölçümü analizlerinde de en düşük titrasyon asitliği değerini veren formül %3 (w/w) inülin eklenmiş kefirin taşıyıcı madde olarak sadece MD yardımıyla 65°C'de kurutulması sonucunda elde edilirken, en yüksek titrasyon asitliği inülin eklenmemiş kefirin sadece MD yardımıyla 65°C'de kurutulması sonucunda elde edilen tozun rekonstitüye edilmiş örneğinde bulunmuştur.

Yoğurt tozu üretim koşullarının optimizasyonu ile ilgili çalışmada yoğurt tozunun pH değerleri 3.92-4.41 aralığında, titrasyon asitliği değerlerini ise laktik asit cinsinden %0.8-1.6 aralığında bulunmuştur (Koç 2008). Kefir tozları da elde edilen pH ve titrasyon asitliği değerleri göz önünde bulundurulduğunda yoğurt tozuna paralel sonuçlar vermektedir. Piyasada ticari olarak satılan kefirlerin mikrobiyolojik, fiziksel, kimyasal ve duyu özelliklerinin incelendiği bir çalışmada ürünlerin pH değerlerinin 4,65-4,73; titrasyon asitliği değerlerinin ise %0.82-0.94 aralığında değiştiği bildirilmiştir (Uslu 2010). Bu değerlerle toz formda üretilmiş kefirlerin verdiği sonuçlarla paralellik göstermektedir.

Glibowski (2012) ve Kowalska (2012) kefir asitliğine inülinin herhangi bir etkisi olmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca inülin kullanımının pH ve titrasyon asitliği değerleri üzerine bir etkisi olmadığı Ertekin (2010) ve Güzel-Seydim (2010) tarafından da belirtilmiştir.

Kefir tozunda elde edilen titrasyon asitliği değerleri Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne de uygunluk göstermektedir. Kodekste kefir için belirlenen laktik asit cinsinden %titrasyon asitliği değeri en az 0.6'dır (Anonim 2009a). Rekonstitüye edilen tozlarda elde edilen değerlerde bu kurala uygundur.

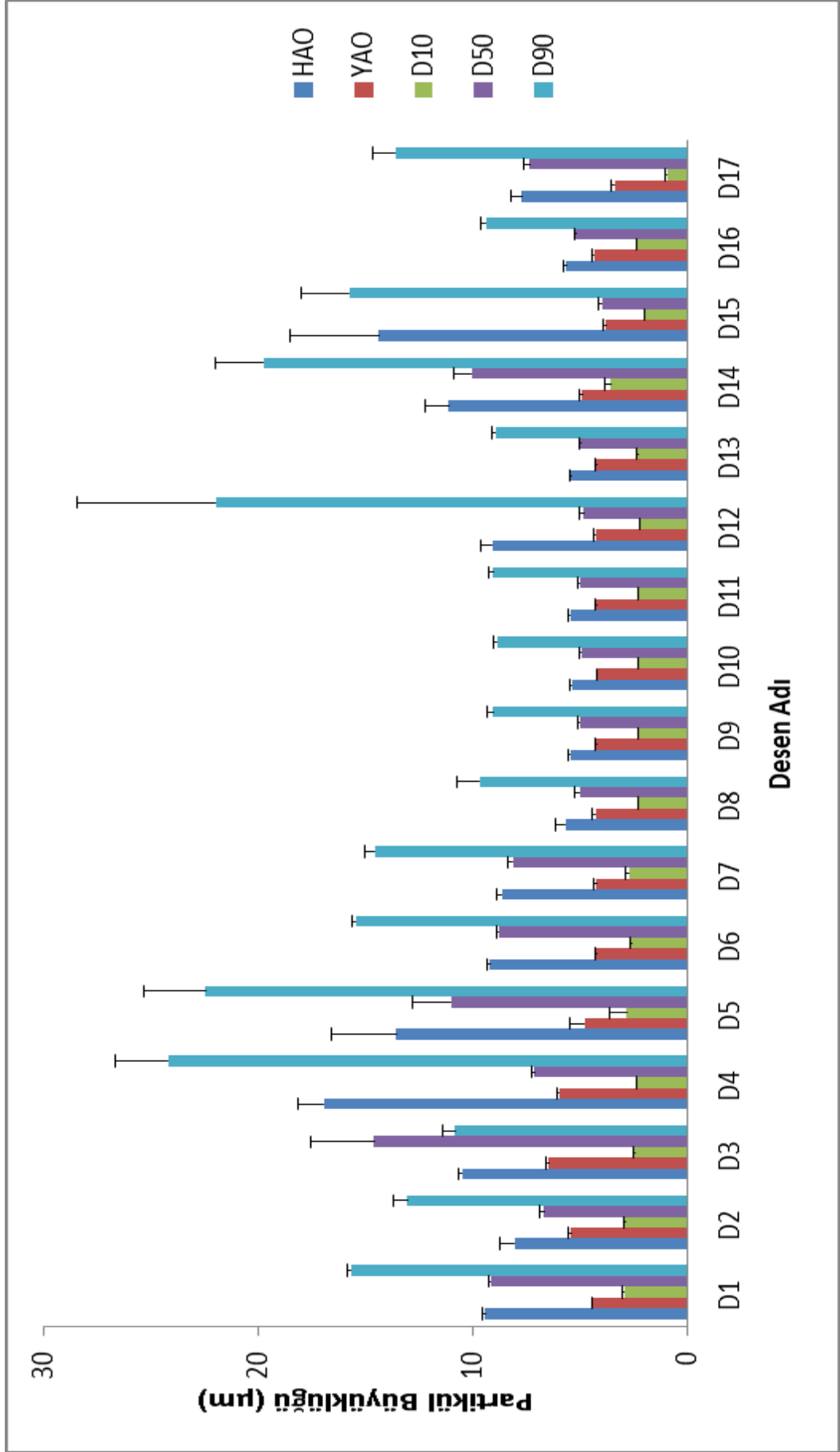
4.7. Partikül Boyutu Analizi

Sıvı kefirler üretim deseninde ifade edildiği şekilde, kurumaddelerinin %20'si oranında belirtilmiş olan taşıyıcı madde kombinasyonu ile karıştırılmıştır. Elde edilen karışım 5 dakika boyunca 16000 d/dk hızda çalışan laboratuvar tipi homojenizatör (IKA T25 Digital) kullanılarak homojenizasyon işlemine tabi tutulmuş ve bu sayede karışım emülsiyon haline getirilmiştir. Sıvı emülsiyonların parçacık büyüklüğü hacim ağırlıklı ortalama (HAO), yüzey ağırlıklı ortalama (YAO), D₁₀, D₅₀ ve D₉₀ değerleri olmak üzere 5 farklı şekilde değerlendirilmiştir. HAO genellikle parçacık sayısının önemsiz olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Aynı zamanda Sauter ortalama çapı olarak da bilinen YAO ise aktif yüzeylere sahip veya yüzey alanının önemli olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Sauter ortalama çapı, parçacık hacminin küpünün, yüzey alanının karesine bölümü ile hesaplanmaktadır. Parçacık büyüklüğünü ifade etmek için kullanılan diğer bir değer D_x değeridir. D_x değerini temsil eden D₁₀, D₅₀ ve D₉₀ değerleri parçacıkların sırasıyla %10,

%50 ve %90'nın kendisinden küçük olduğu değerdir. Emülsiyona ait partikül büyüklüğü verileri Şekil 4.18'de gösterilmiştir.

Emülsiyon parçacık büyüklüğü analizine ait verilerin dağılımı incelendiği zaman farklı formülasyonlarda HAO'nın 5.673-14.367 µm, YAO'nın 4.907-6.002 µm, D₁₀ değerinin 2.330-3.587 µm, D₅₀ değerinin 5.199-9.176 µm ve D₉₀ değerinin 10.846-22.433 µm arasında değiştii görölmektedir.

Emülsiyonların partikül büyüklüğüne ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13'te verilmiştir. Bu sonuçlara göre emülsiyondaki partiküllerin hacim ağırlıklı ortalama büyüklük değerleri ve yüzey ağırlıklı ortalama büyüklük değerleri üzerine üretim parametrelerinin etkisi önemsizdir (p>0.05).



Şekil 4.18. Emülsiyonlara ait partikül büyüklüğü değerleri

Çizelge 4.12. Emülsiyon partikül büyüklüğü değerlerinden hacim ağırlıklı ortalama (HAO) ve yüzey ağırlıklı ortalama (YAO) verilerine ait varyans analizi sonuçları^a

Varyasyon Kaynakları	HAO				YAO			
	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri
Sabit	-87.510	150.145	-0.583	0.578	-3.280	19.308	-0.170	0.870
C1	-5.960	23.928	-0.249	0.810	-0.964	3.077	-0.313	0.763
C2	-6.430	16.455	-0.391	0.708	-0.083	2.116	-0.039	0.970
C3	3.010	4.605	0.654	0.534	0.207	0.592	0.350	0.736
C1*C1	6.490	3.526	1.839	0.108	0.326	0.453	0.719	0.495
C2*C2	3.620	1.567	2.311	0.054	0.191	0.202	0.946	0.375
C3*C3	-0.020	0.035	-0.681	0.518	-0.001	0.005	-0.306	0.769
C1*C2	1.450	2.412	0.603	0.565	-0.222	0.310	-0.717	0.497
C1*C3	0.070	0.362	0.189	0.856	0.022	0.047	0.465	0.656
C2*C3	0.000	0.241	0.015	0.988	-0.004	0.031	-0.128	0.901

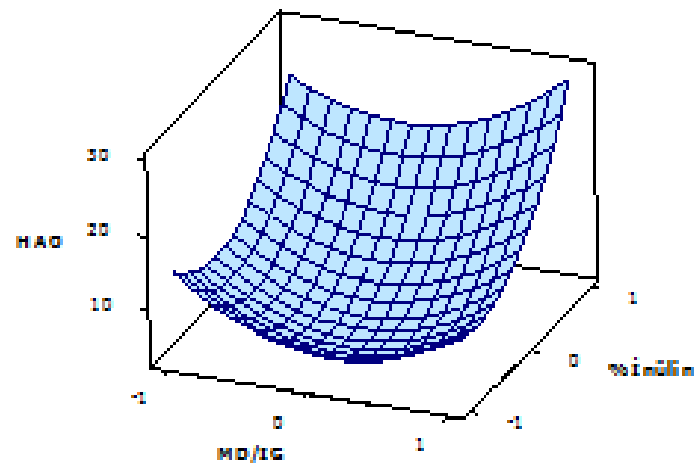
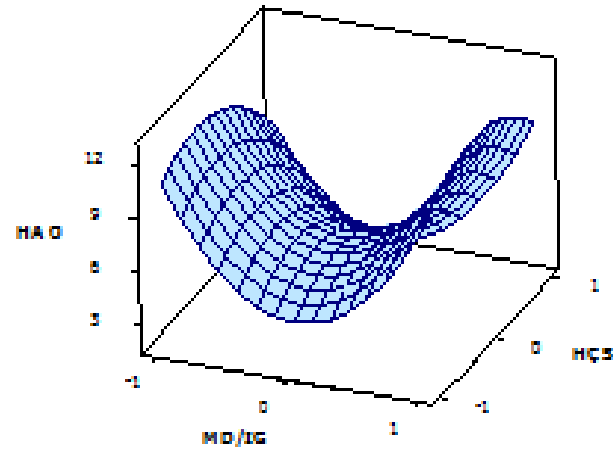
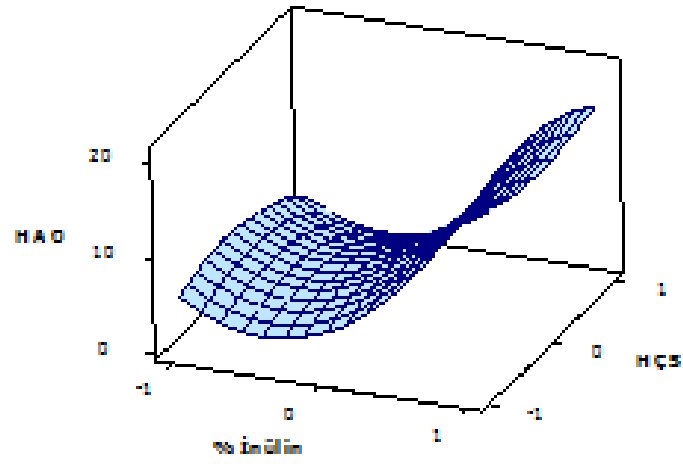
^a C1: Taşıyıcı madde. C2: İnülin. C3: Hava çıkış sıcaklığı

Çizelge 4.13. Emülsiyon partikül büyüklüğü değerlerinden D₁₀, D₅₀, D₉₀ verilerine ait varyans analizi sonuçları^a

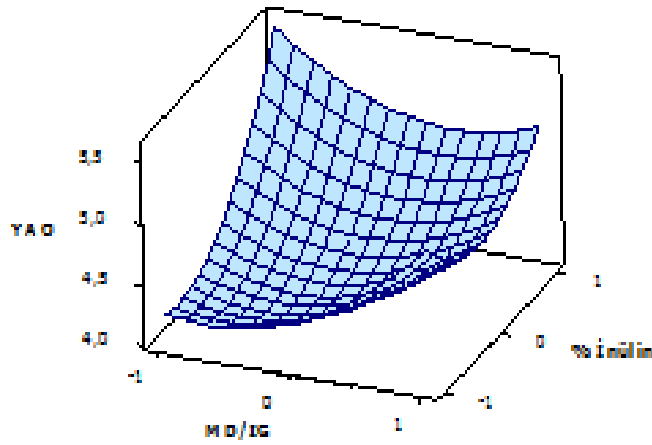
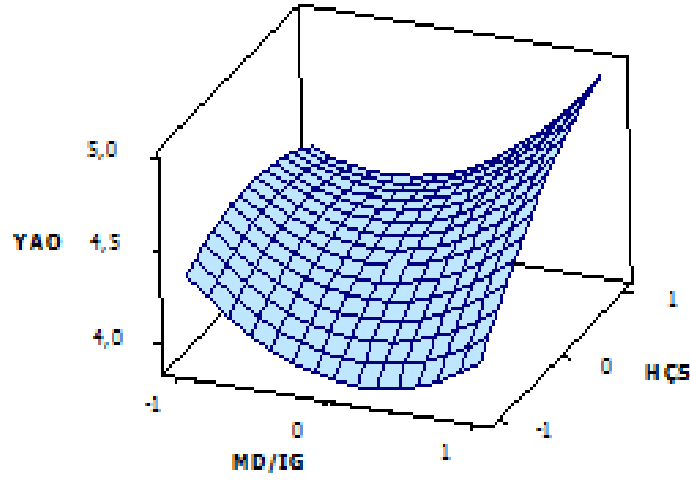
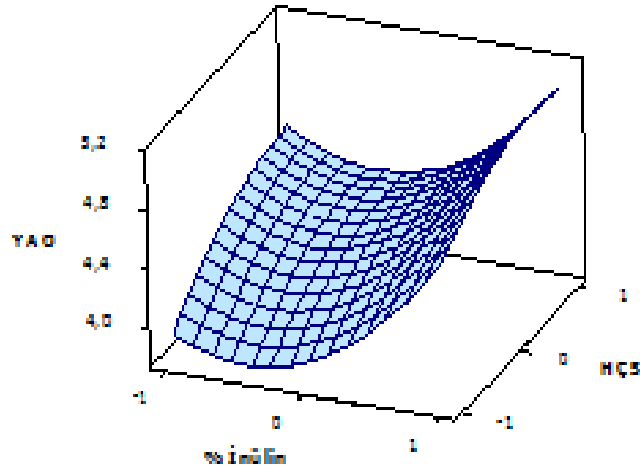
Varyasyon Kaynakları	D ₁₀				D ₅₀				D ₉₀			
	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri
Sabit	24.420	8.483	2.879	0.024	57.202	58.855	0.972	0.363	-261.400	347.554	-0.752	0.477
C1	-1.284	1.352	-0.950	0.374	-3.525	9.380	-0.376	0.718	-13.200	55.388	-0.238	0.819
C2	0.596	0.930	0.641	0.542	-5.883	6.450	-0.912	0.392	2.200	38.089	0.059	0.955
C3	-0.706	0.260	-2.713	0.030*	-1.449	1.805	-0.803	0.448	8.400	10.660	0.792	0.454
C1*C1	0.117	0.199	0.589	0.574	2.980	1.382	2.156	0.068	13.700	8.162	1.678	0.137
C2*C2	-0.179	0.089	-2.025	0.082	0.226	0.614	0.367	0.724	10.700	3.628	2.941	0.022*
C3*C3	0.006	0.002	2.774	0.028*	0.010	0.014	0.727	0.491	-0.100	0.082	-0.799	0.451
C1*C2	-0.249	0.136	-1.829	0.110	-0.873	0.945	-0.924	0.386	4.700	5.583	0.835	0.431
C1*C3	0.029	0.020	1.442	0.192	0.056	0.142	0.392	0.707	0.100	0.837	0.163	0.875
C2*C3	-0.001	0.014	-0.049	0.962	0.081	0.095	0.860	0.418	-0.300	0.558	-0.551	0.599

^a C1: Taşıyıcı madde. C2: İnülin. C3: Hava çıkış sıcaklığı, *P<0.05 düzeyinde önemli

Çizelge 4.13'de yer alan varyans analizi sonuçlarına göre, D₁₀ değeri üzerine hava çıkış sıcaklığının ve hava çıkış sıcaklığı * hava çıkış sıcaklığı interaksyonunun etkisi önemlidir (p<0.05). D₅₀ değeri üzerine üretim parametrelerinin önemli bir etkisi olmazken (p>0.05); D₉₀ değeri üzerine inülin * inülin interaksyonunun etkisi önemli olmuştur (p<0.05). Partikül boyutu değerlendirmelerinde genelde hacim ağırlıklı ortalama (HAO) ve yüzey ağırlıklı ortalama (YAO) değerleri dikkate alındığından üç boyutlu etkileşim grafiklerinde, üretim değişkenlerinin bu iki parametre üzerine etkileri gösterilmektedir (Şekil 4.19 ve Şekil 4.20).



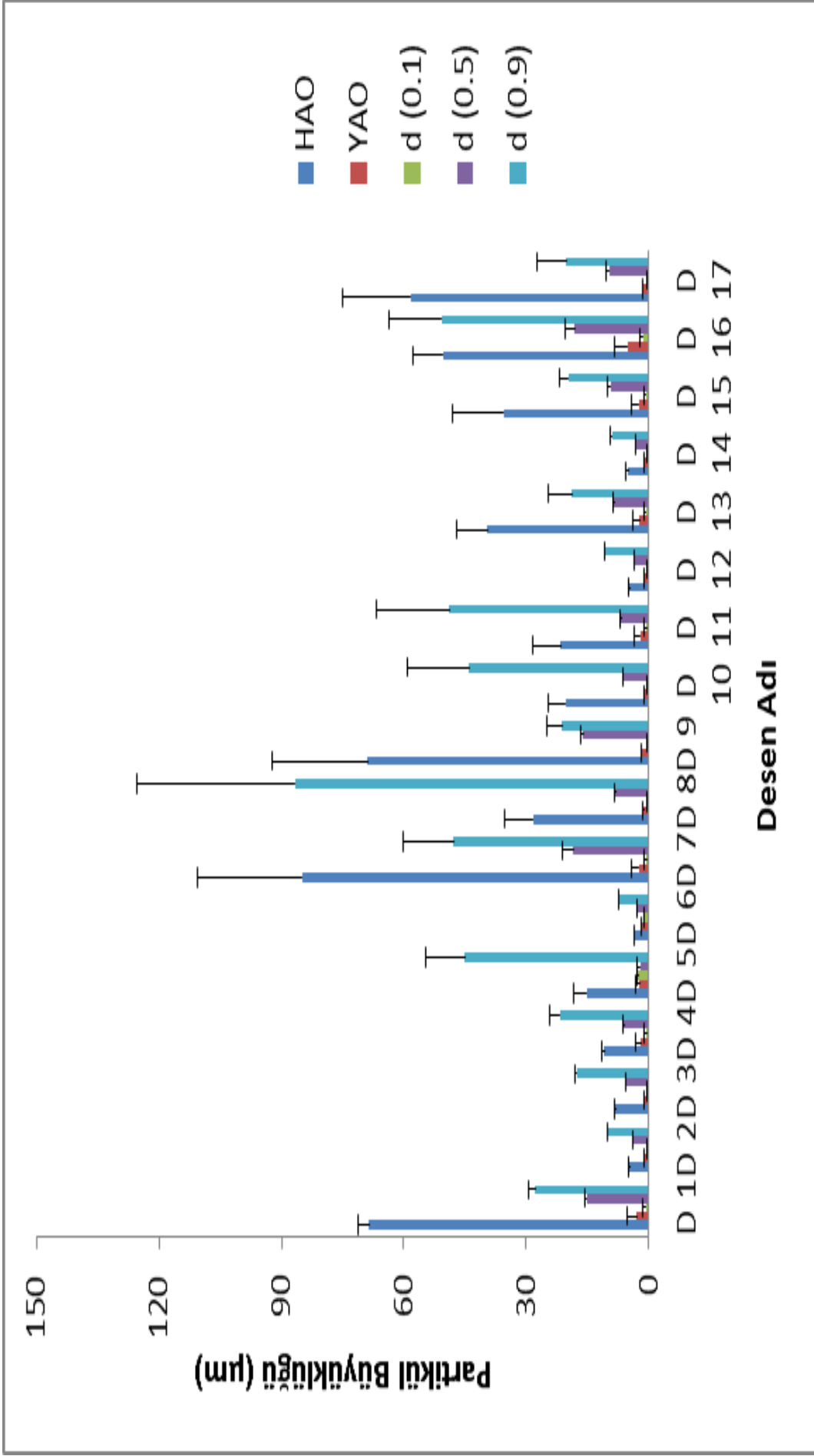
Şekil 4.19. Emülsiyon partikül büyüklüğü hacim ağırlıklı ortalama (HAO) değeri üzerine üretim değişkenlerinin etkisini gösteren üç boyutlu grafikler



Şekil 4.20. Emülsiyon partikül büyüklüğü hacim ağırlıklı ortalama (HAO) değeri üzerine üretim değişkenlerinin etkisini gösteren üç boyutlu grafikler

Desen üretimleri sonucunda elde edilen kefir tozlarının da partikül boyutu analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.21'de gösterilmiştir. Mikrokapsül parçacık büyüklüğü analizine ait verilerin dağılımı incelendiği zaman farklı formülasyonlarda HAO'nın 4.748-84.858 μm , YAO'nın 2.63-25.762 μm , D_{10} değerinin 0.317-2.589 μm , D_{50} değerinin 2.980-18.468 μm ve D_{90} değerinin 7.209-50.68 μm arasında değiştiği görülmektedir.

Jafari vd (2007), emülsiyon parçacık büyüklüğünde farklılık yaratan kombinasyonun, mikrokapsüllerin HAO değerleri üzerine etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Fuchs vd (2006), 1 μm 'den küçük parçacıkların kurutulması sonrasında 24–37 μm ortalama büyüklüğe sahip mikrokapsüller elde etmişlerdir. Benzer şekilde Jafari vd (2008b) 2.2 ve 3.5 μm HAO büyüklüğüne sahip emülsiyonların kurutulması ile sırasıyla 28.8 ve 34.0 μm büyüklüğe sahip mikrokapsüller elde etmişlerdir. Ayrıca farklı emülsiyon parçacık büyüklüğüne sahip emülsiyonların kurutulmasıyla elde edilen mikrokapsüllerin parçacık büyüklüğü arasındaki farkın düşük olduğu veya hiç farkın olmadığı benzer çalışmalarda da bildirilmektedir (Jafari vd 2007, 2008b).



Şekil 4.21. Kefir tozlarına ait partikül büyüklüğü değerleri

Kefir tozlarının partikül büyüklüğüne ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.14 ve Çizelge 4.15'te verilmiştir. Bu sonuçlara göre kefir tozlarının partikül büyüklüğü birimlerinden hacim ağırlıklı ortalama ve yüzey ağırlıklı büyüklük değerleri üzerine üretim parametrelerinin etkisi önemsizdir ($p>0.05$). Çizelge 4.15'te yer alan varyans analizi sonuçlarına göre kefir tozlarının partikül büyüklüğü birimlerinden d (0,1), d (0,5) ve d (0,9) değerleri üzerine üretim parametrelerinin önemli bir etkisi tespit edilememiştir ($p>0.05$).

Çizelge 4. 14. Kefir tozu partikül büyüklüğü değerlerinden hacim ağırlıklı ortalama (HAO) ve yüzey ağırlıklı ortalama (YAO) verilerine ait varyans analizi sonuçları^a

Varyasyon Kaynakları	HAO				YAO			
	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri
Sabit	-98.603	525.750	-0.188	0.856	3.478	26.847	0.130	0.901
C1	19.187	83.787	0.229	0.825	0.340	4.278	0.079	0.939
C2	39.759	57.618	0.690	0.512	0.825	2.942	0.280	0.787
C3	5.729	16.125	0.355	0.733	0.007	0.823	0.008	0.994
C1*C1	8.377	12.347	0.678	0.519	-0.138	0.631	-0.218	0.834
C2*C2	-7.574	5.487	-1.380	0.210	-0.194	0.280	-0.692	0.511
C3*C3	-0.058	0.123	-0.470	0.652	0.000	0.006	-0.074	0.943
C1*C2	3.618	8.445	0.428	0.681	-0.042	0.431	-0.096	0.926
C1*C3	-0.376	1.267	-0.297	0.775	-0.003	0.065	-0.048	0.963
C2*C3	-0.337	0.844	-0.399	0.702	-0.004	0.043	-0.099	0.924

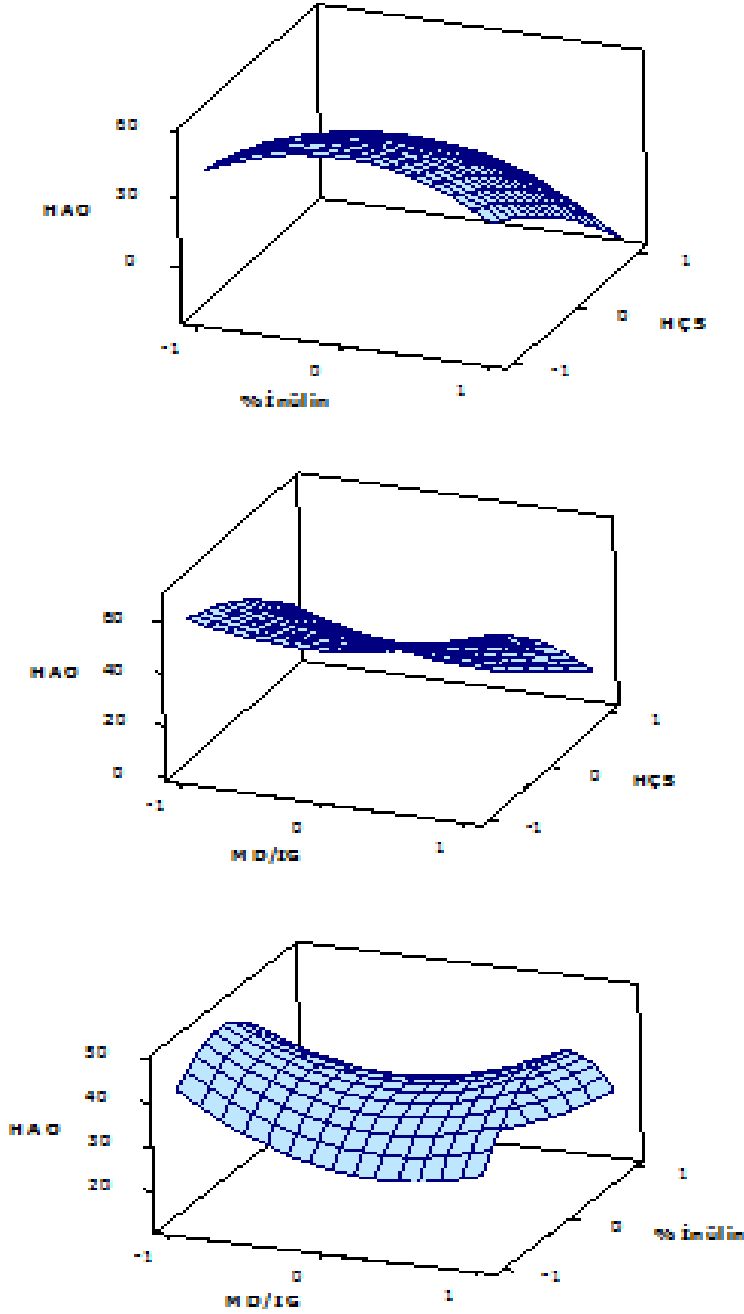
^a C1: Taşıyıcı madde. C2: İnülin. C3: Hava çıkış sıcaklığı

Çizelge 4. 15. Kefir tozu partikül büyüklüğü değerlerinden d (0,1), d (0,5) ve d (0,9) verilerine ait varyans analizi sonuçları^a

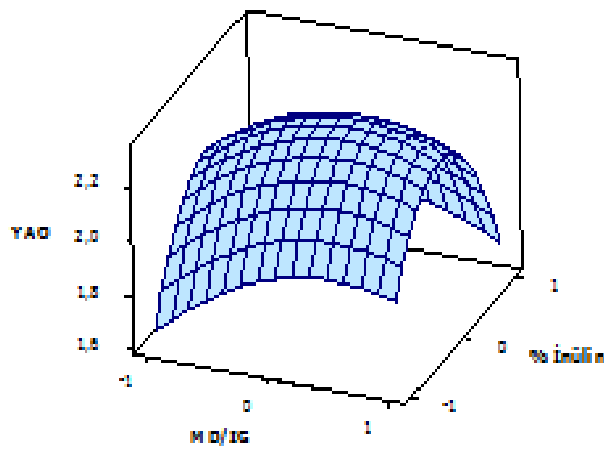
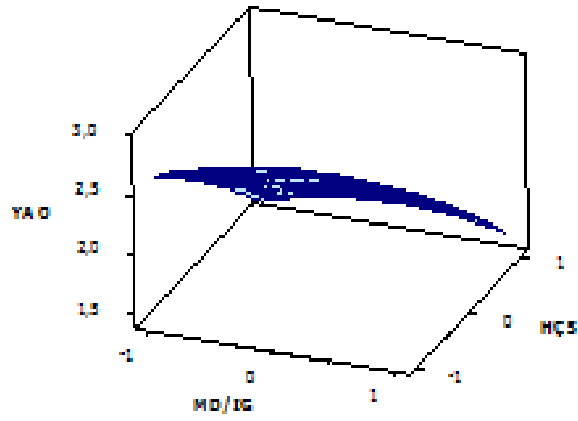
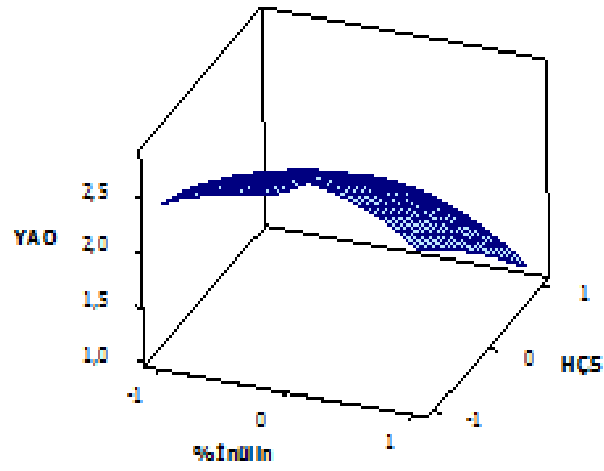
Varyasyon Kaynakları	D ₁₀				D ₅₀				D ₉₀			
	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri
Sabit	18.864	12.529	1.506	0.176	-64.247	115.003	-0.559	0.594	-375.874	380.647	-0.987	0.356
C1	1.083	1.997	0.542	0.604	4.844	18.328	0.264	0.799	31.059	60.662	0.512	0.624
C2	-2.310	1.373	-1.682	0.136	14.250	12.603	1.131	0.295	-8.781	41.716	-0.210	0.839
C3	-0.476	0.384	-1.238	0.255	2.383	3.527	0.675	0.521	14.653	11.675	1.255	0.250
C1*C1	-0.195	0.294	-0.661	0.530	0.877	2.701	0.325	0.755	-14.575	8.939	-1.630	0.147
C2*C2	0.040	0.131	0.303	0.771	-1.971	1.200	-1.642	0.145	-7.155	3.973	-1.801	0.115
C3*C3	0.003	0.003	1.046	0.331	-0.020	0.027	-0.737	0.485	-0.128	0.089	-1.428	0.196
C1*C2	-0.007	0.201	-0.035	0.973	0.275	1.847	0.149	0.886	0.927	6.114	0.152	0.884
C1*C3	-0.017	0.030	-0.568	0.588	-0.076	0.277	-0.273	0.793	-0.452	0.917	-0.493	0.637
C2*C3	0.031	0.020	1.551	0.165	-0.127	0.185	-0.690	0.513	0.434	0.611	0.710	0.500

^a C1: Taşıyıcı madde. C2: İnülin. C3: Hava çıkış sıcaklığı

Partikül boyutu değerlendirmelerinde genelde hacim ağırlıklı ortalama (HAO) ve yüzey ağırlıklı ortalama (YAO) değerleri dikkate alındığından üç boyutlu etkileşim grafiklerinde (Şekil 4.22 ve Şekil 4.23), üretim değişkenlerinin bu iki parametre üzerine etkileri gösterilmektedir.



Şekil 4.22. Kefir tozu partikül büyüklüğü hacim ağırlıklı ortalama (HAO) değeri üzerine üretim değişkenlerinin etkisini gösteren üç boyutlu grafikler



Şekil 4.23. Kefir tozu partikül büyüklüğü yüzey ağırlıklı ortalama (YAO) değeri üzerine üretim değişkenlerinin etkisini gösteren üç boyutlu grafikler

4.8. Duyusal Analiz

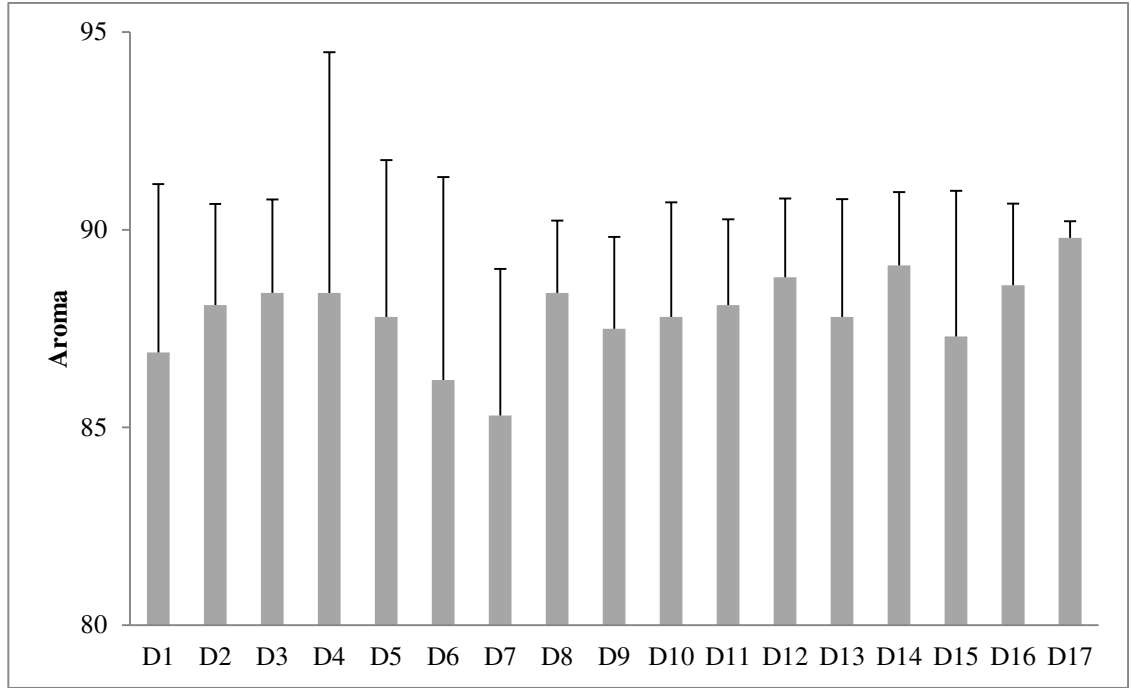
Çizelge 3.2'de belirtilen deneme desenine göre gerçekleştirilen üretimler sonucunda elde edilen kefir tozlarının nem içerikleri dikkate alınarak rekonstitüye edilmesiyle hazırlanan örnekler, aroma, yapı ve tekstür, görünüş ve renk özelliklerinin değerlendirilmesi bakımından duyusal panele alınmıştır. Kefir tozlarının duyusal analiz verilerine ait sonuçlar Çizelge 4.16'da, aroma verileri Şekil 4.24'de, yapı ve tekstür verileri Şekil 4.25'te, görünüş ve renk verileri Şekil 4.26'da gösterilmiştir. Duyusal analiz verilerine ait varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.16. Rekonstitüye kefir tozlarının duyusal analizine ait aroma, yapı ve tekstür, görünüş ve renk puanları

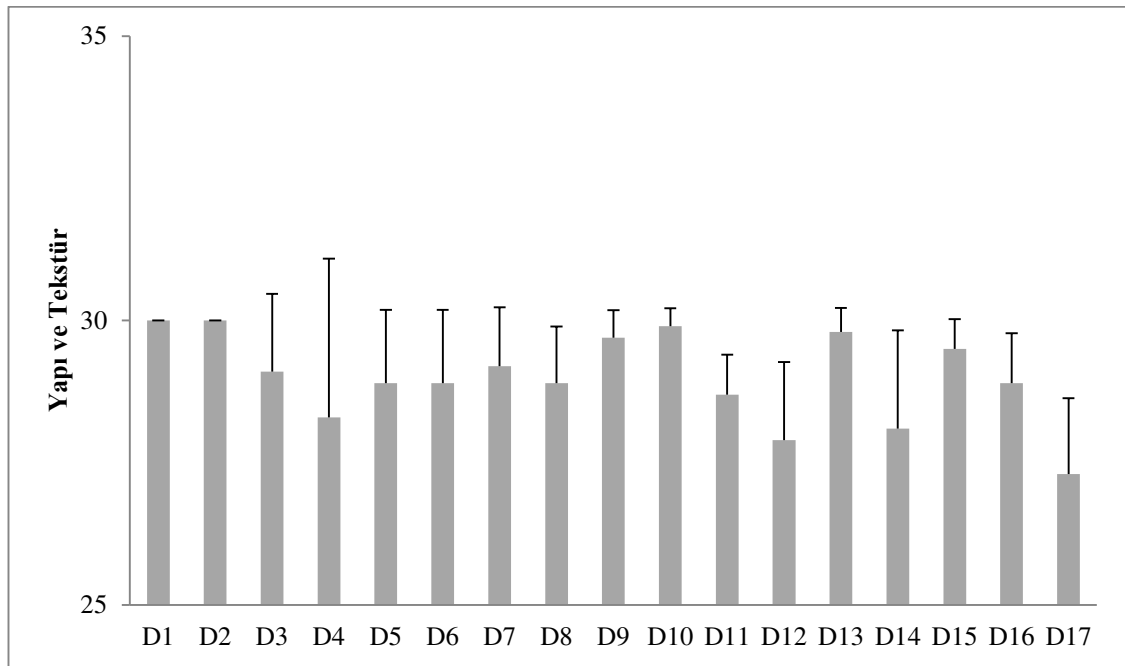
Desen Adı	Aroma $\pm$ SS	Yapı ve Tekstür $\pm$ SS	Görünüş ve Renk $\pm$ SS
D1	86.90 $\pm$ 4.25	30.00 $\pm$ 0.00	24.80 $\pm$ 0.42
D2	88.10 $\pm$ 2.56	30.00 $\pm$ 0.00	25.00 $\pm$ 0.00
D3	88.40 $\pm$ 2.37	29.10 $\pm$ 1.37	23.00 $\pm$ 4.22
D4	88.40 $\pm$ 6.10	28.30 $\pm$ 2.79	22.40 $\pm$ 3.41
D5	87.80 $\pm$ 3.97	28.90 $\pm$ 1.29	22.80 $\pm$ 2.25
D6	86.20 $\pm$ 5.14	28.90 $\pm$ 1.29	24.90 $\pm$ 0.32
D7	85.30 $\pm$ 3.71	29.20 $\pm$ 1.03	24.90 $\pm$ 0.32
D8	88.40 $\pm$ 1.84	28.90 $\pm$ 0.99	24.60 $\pm$ 0.84
D9	87.50 $\pm$ 2.32	29.70 $\pm$ 0.48	24.90 $\pm$ 0.32
D10	87.80 $\pm$ 2.90	29.90 $\pm$ 0.32	23.90 $\pm$ 2.25
D11	88.10 $\pm$ 2.16	28.70 $\pm$ 0.70	23.60 $\pm$ 0.70
D12	88.80 $\pm$ 1.99	27.90 $\pm$ 1.37	20.70 $\pm$ 1.70
D13	87.80 $\pm$ 2.97	29.80 $\pm$ 0.42	25.00 $\pm$ 0.00
D14	89.10 $\pm$ 1.85	28.10 $\pm$ 1.73	21.00 $\pm$ 1.63
D15	87.30 $\pm$ 3.68	29.50 $\pm$ 0.53	23.90 $\pm$ 1.37
D16	88.60 $\pm$ 2.07	28.90 $\pm$ 0.88	23.60 $\pm$ 1.17
D17	89.80 $\pm$ 0.42	27.30 $\pm$ 1.34	21.10 $\pm$ 2.13

SS: Standart sapma değeri

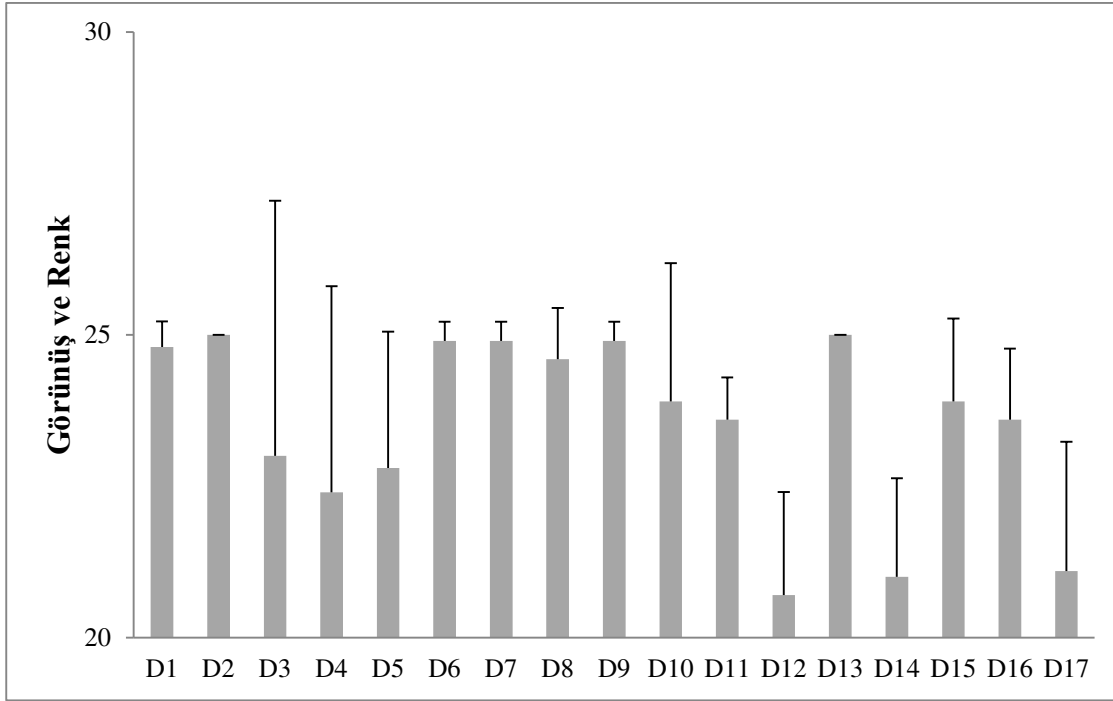
Püskürterek kurutmaya elde edilen kefir tozları duyusal değerlendirmede genel olarak yüksek puanlar almıştır. Aroma açısından değerlendirildiğinde 90 puan üzerinden alınan en düşük puan 86.2 olurken, en yüksek puan 89.8 olmuştur. Yapı ve tekstürde 30 puan üzerinden 28.1 en düşük puan olurken, 30 tam puan alan örnekler de saptanmıştır. Görünüş ve renk açısından ise en düşük puan 20.7 olurken, yine tam puan alan örnekler tespit edilmiştir. Toz üretimleri için hazırlanan kefir örneklerinde yapılan duyusal analizlerde inülin eklenmemiş kefir örneği aroma değerlendirmesinde 84.8 puan, %1.5 inülin eklenmiş kefir 83.2 puan, %3 inülin eklenmiş kefir ise 82 puan almıştır. Sıvı kefirlerin yapı ve tekstür değerlendirmesinde inülin eklenmemiş kefir örneği 26.85 puan, %1.5 inülin eklenmiş kefir örneği 25 puan ve %3 inülin eklenmiş kefir örneği ise 24 puan almıştır. Görünüş ve renk değerlendirmesinde ise inülin eklenmemiş sıvı kefir örneği 23 puan, %1.5 inülin eklenmiş kefir örneği 21 puan ve %3 inülin eklenmiş kefir örneği 20 puan almıştır.



Şekil 4.24. Rekonstitüye kefir tozlarının duyusal analizine ait aroma puanları



Şekil 4.25. Rekonstitüye kefir tozlarının duyusal analizine ait yapı ve tekstür puanları



Şekil 4.26. Rekonstitüye kefir tozlarının duyu analize ait görünüş ve renk puanları

Çizelge 4.17. Kefir tozlarının duyu analiz değerlerine ait varyans analizi sonuçları

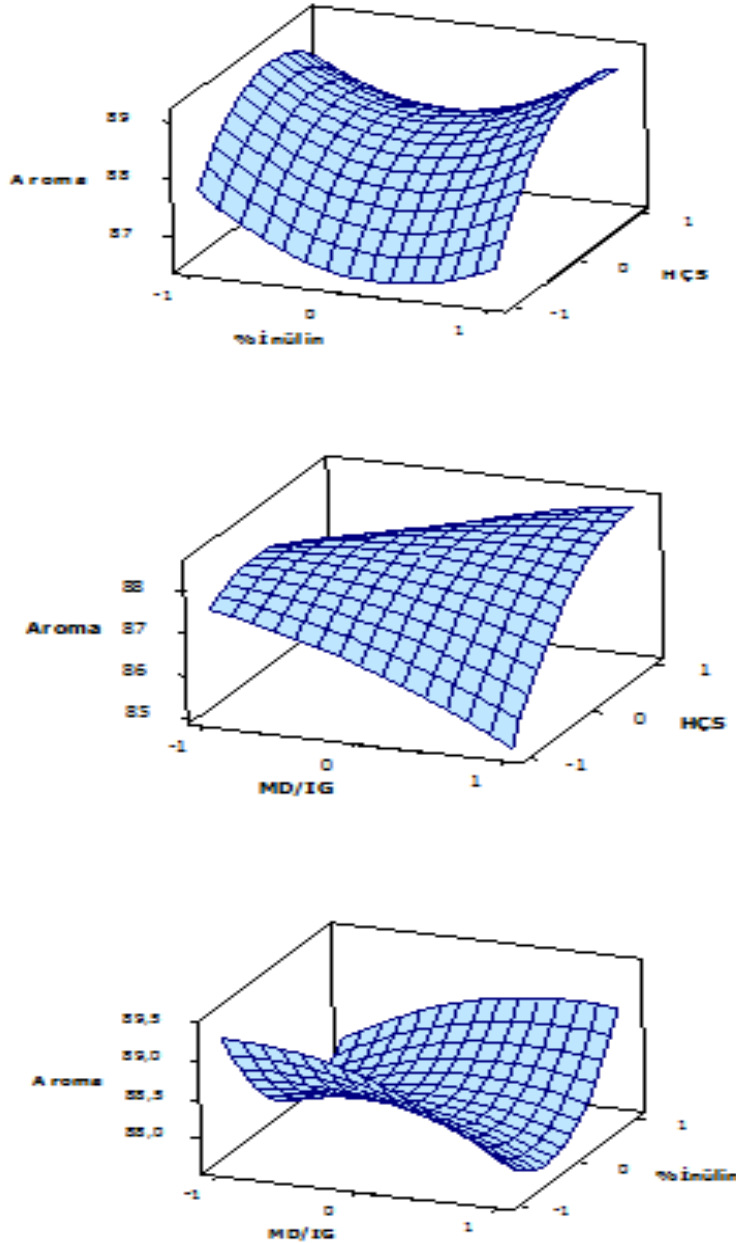
Varyasyon Kaynakları	Aroma				Yapı ve Tekstür				Görünüş ve Renk			
	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	p Değeri	Regresyon Katsayısı	Standart Hata	t Değeri	P
Sabit	48816	12366	3948	0.006	32806	14239	2304	0.055	18816	24163	0.779	0.46*
C1	-7900	1971	-4009	0.005*	0.838	2269	0.369	0.723	7563	3851	1964	0.09*
C2	-2447	1355	-1805	0.114	3205	1561	2054	0.079	6888	2648	2601	0.04*
C3	1205	0.379	3176	0.016*	-0.148	0.437	-0.339	0.744	0.072	0.741	0.097	0.93
C1*C1	-0.302	0.290	-1042	0.332	-0.310	0.334	-0.927	0.385	-0.223	0.567	-0.392	0.71
C2*C2	0.366	0.129	2832	0.025*	-0.127	0.149	-0.852	0.422	-0.454	0.252	-1802	0.12*
C3*C3	-0.009	0.003	-3108	0.017*	0.001	0.003	0.419	0.688	0.000	0.006	0.004	1
C1*C2	0.333	0.199	1678	0.137	-0.550	0.229	-2405	0.047*	-0.750	0.388	-1932	0.1
C1*C3	0.112	0.030	3776	0.007*	0.000	0.034	0.000	1000	-0.100	0.058	-1718	0.13
C2*C3	0.020	0.020	1007	0.348	-0.045	0.023	-1968	0.090	-0.090	0.039	-2319	0.05

C1: Taşıyıcı madde. C2: İnülin. C3: Hava çıkış sıcaklığı, *P<0.05 düzeyinde önemli

Koç (2008) yoğurt tozu optimizasyonu ile ilgili yaptığı çalışmada, örnekler üzerinde duyu analizleri 5 puan üzerinden değerlendirmiştir. Karşılaştırmada kolaylık olması açısından puanları kefir tozu duyu analiz skalasındaki değerlere çevrildiği zaman karşımıza çıkan sonuç; yoğurt tozlarının aroma puanları 32.4-72.9 (90 puan üzerinden), yapı ve tekstür puanları 10.98-29.31 (30 puan üzerinden), görünüş ve renk puanları ise 8.75-22.65 (25 puan üzerinden) şeklinde belirtilmiştir. Bu sonuçlara göre mevcut

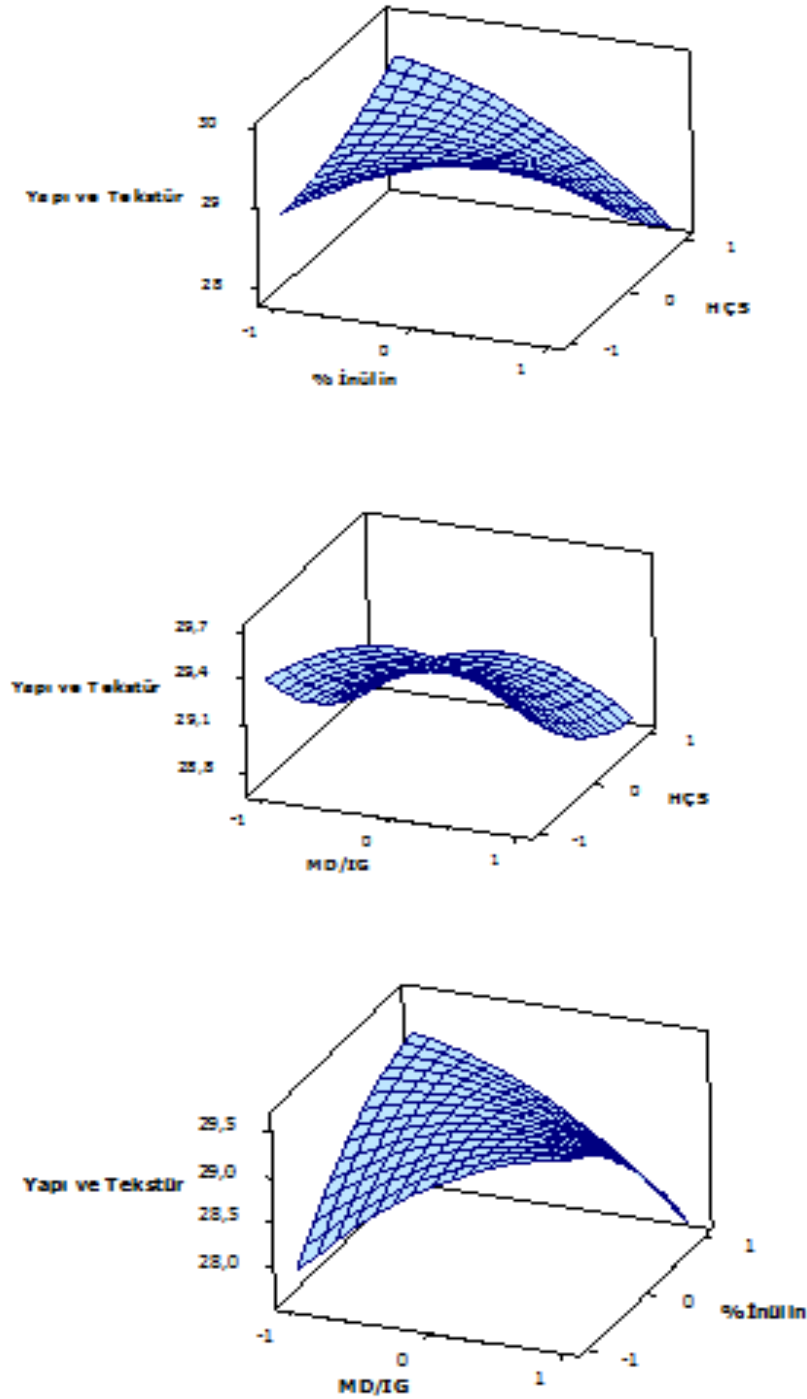
çalışmamızda elde edilen kefir tozlarının duyuşal puanları yoğurt tozlarına kıyasla oldukça yüksek bulunmuştur.

Varyans analizi sonuçlarına göre kefir tozlarının aroması üzerine taşıyıcı madde kombinasyonu, hava çıkış sıcaklığı, inülin x inülin interaksyonu, hava çıkış sıcaklığı x hava çıkış sıcaklığı interaksyonu ve taşıyıcı madde kombinasyonu x hava çıkış sıcaklığı interaksyonunun önemli bir etkisi olmuştur ($p<0.05$). Üretim parametrelerinin aroma değerleri üzerine etkisinin üç boyutlu yüzey grafiği Şekil 4.27'de gösterilmiştir.



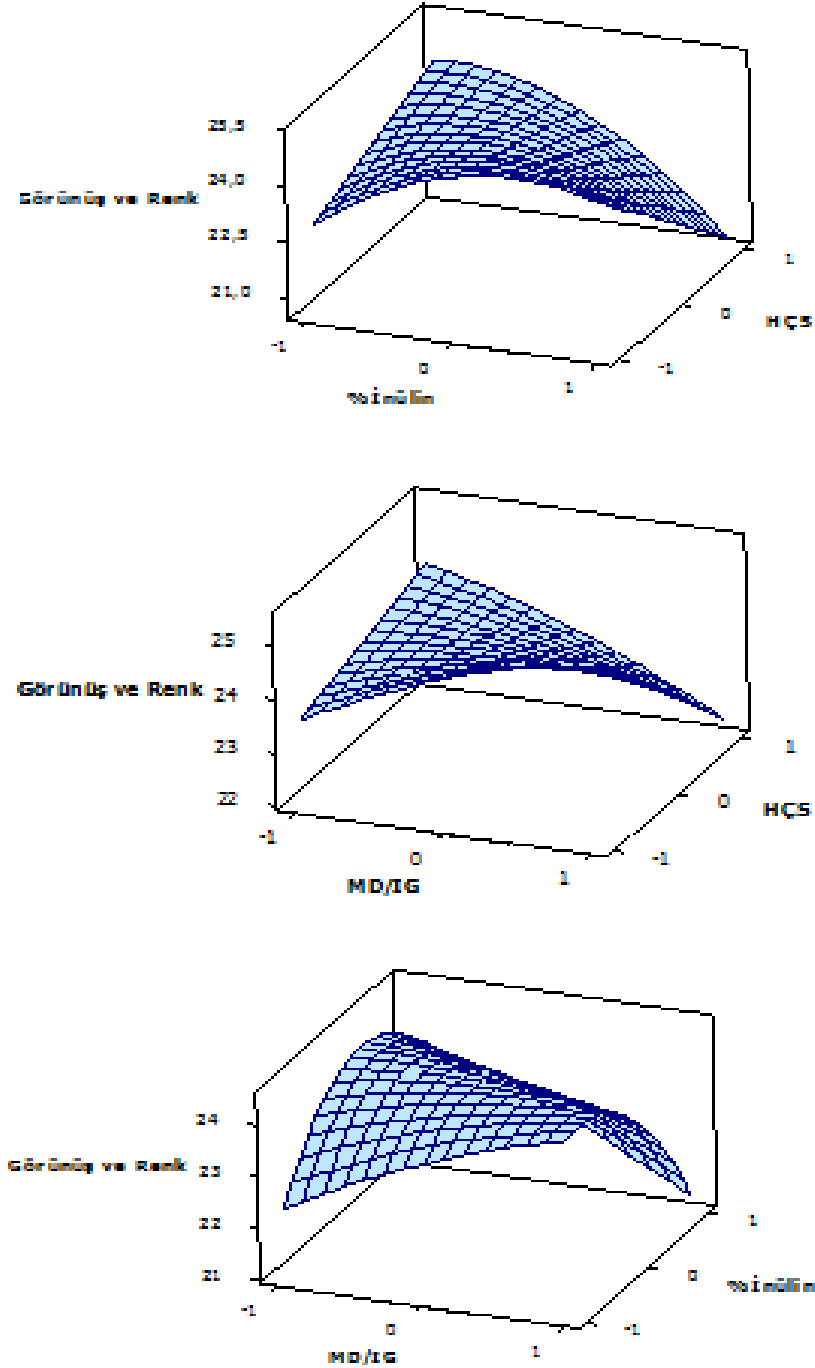
Şekil 4.27. Üretim parametrelerinin aroma değerleri üzerine etkisinin üç boyutlu yüzey grafiği

Varyans analizi sonuçları incelendiğinde kefir tozlarının yapı ve tekstürü üzerine taşıyıcı madde * inülin interaksyonunun önemli bir etkisi olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Yapı ve tekstür değişiminin üç boyutlu yüzey grafiği Şekil 4.28'de gösterilmiştir.



Şekil 4.28. Üretim parametrelerinin yapı ve tekstür değerleri üzerine etkisinin üç boyutlu yüzey grafiği

Benzer şekilde kefir tozlarının görünüş ve renk değerlerine ait varyans analizi sonuçlarına bakıldığında, inülin kullanımının görünüş ve renk üzerine önemli bir etkisi olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Üretim parametrelerinin görünüş ve renk değerleri üzerine etkisinin üç boyutlu yüzey grafiği Şekil 4.29'da gösterilmiştir.

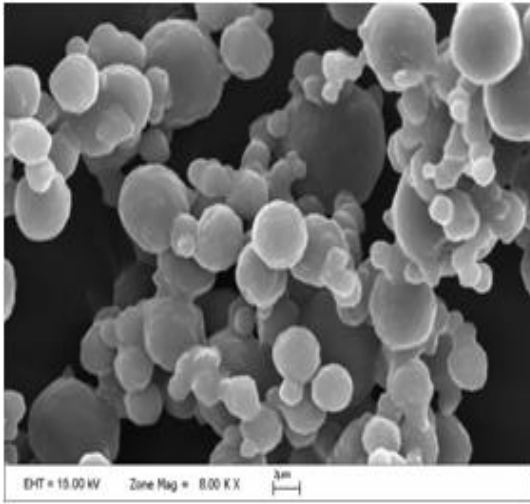


Şekil 4.29. Üretim parametrelerinin görünüş ve renk değerleri üzerine etkisinin üç boyutlu yüzey grafiği

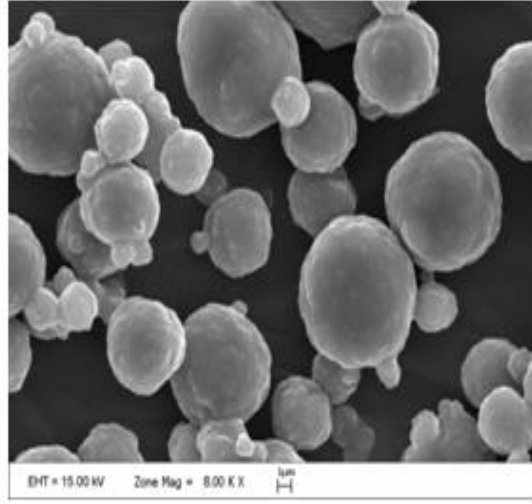
4.9. SEM partikül mikroyapı görüntü analizi sonuçları

Toz ürünlerin partikül boyutu ve şekli, günümüzde değişik ölçüm parametrelerini temel alan, lazer teknolojisiyle çalışan partikül analizi cihazlarıyla ve yine taramalı elektron mikroskop (SEM) yardımıyla analiz edilebilmektedir. Araştırmamızda SEM partikül mikroyapı analizi tüm desen örnekleri üzerinde yürütülmüş olmakla birlikte 8, 9, 10, 11 ve 16 nolu desenler birbirinin tekrarı üretimler olduğu için bu örneklere ait tek bir SEM analiz sonucu verilmiştir. SEM mikroyapı görüntü analizi sonuçları Şekil 4.30'da gösterilmiştir.

Püskürterek kurutmayla üretilen tozların partikül şekli ve morfolojisinin genellikle kurutma esnasında atomize edilen damlacıkların evaporasyon hızına ve besleme kompozisyonuna bağlı olarak değiştiği bildirilmektedir. Bazı damlacıklar kurutma esnasında genişlerken bazıları birbirine yapışmakta ya da düzensiz, porozlu şekilde partiküller oluşmaktadır. Püskürterek kurutulan besleme sıvıları genellikle ortamda hem çözünen hem de çözünmeyen unsurları bir arada içermektedir. Püskürterek kurutma esnasında damlacıklar sıcak hava ile temas ettiğinde, öncelikle damlacık yüzeyinden evaporasyon başlamakta ve bu esnada beslemenin sahip olduğu kurumadde unsurları ve taşıyıcı maddeler damlacık üzerinde oluşan konsantrasyon farklılığını azaltmak için, damlacık yüzeyinden merkeze doğru hareket etmeye başlar. Bu kütle hareketi damlacık viskozitesine ve buhar difüzyonuna bağlı bir fonksiyondur. Ayrıca kurutma esnasında damlacık içinde basınç artışı oluşabilir. Basınç artışının etkisi, damlacık etrafında oluşan kabuğun doğasına bağlı olarak değişmektedir (Tewa-Tagne vd 2007).

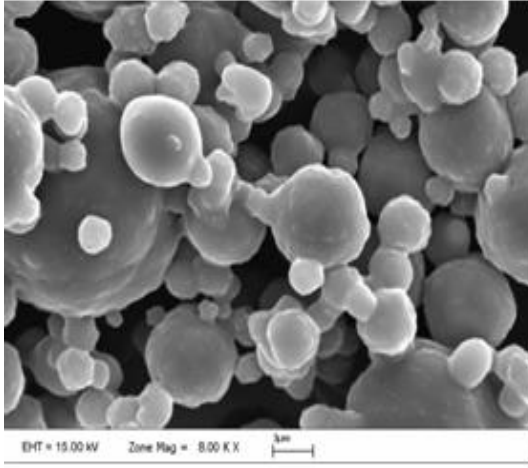


Desen 1



Desen 2

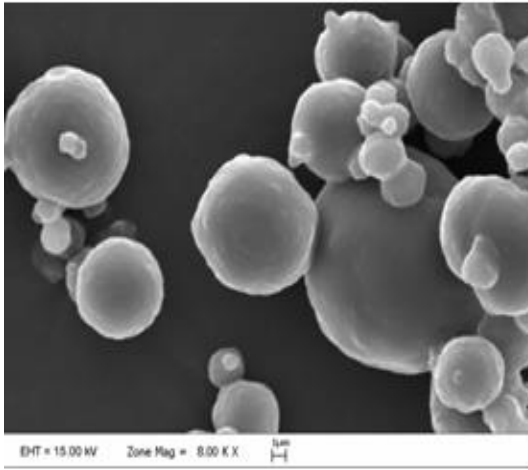
Şekil 4.30. Kefir tozu örneklerinin SEM ile belirlenen mikroyapı analiz görüntüleri (8000 kez büyütülmüş)



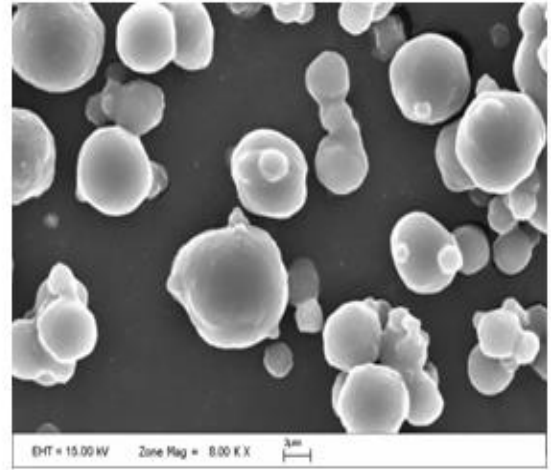
Desen 3



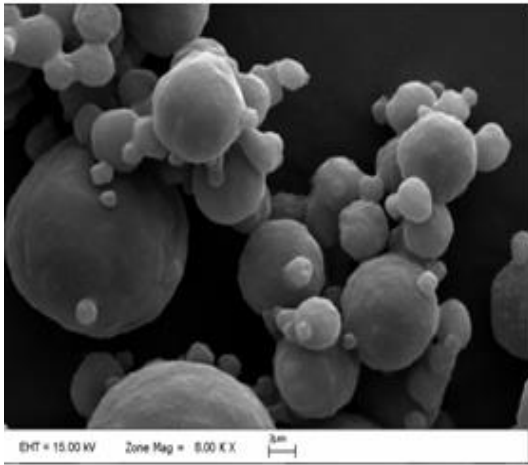
Desen 4



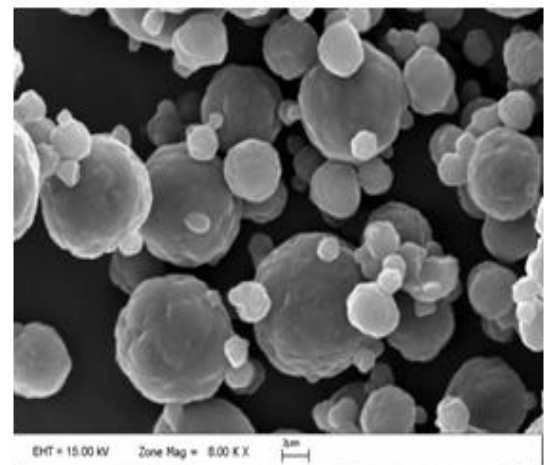
Desen 5



Desen 6



Desen 7

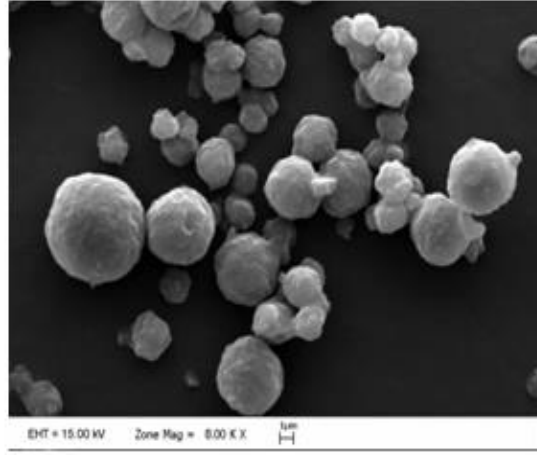


Desen 8,9,10,11,16

Şekil 4.31. Kefir tozu örneklerinin SEM ile belirlenen mikroyapı analiz görüntüleri (8000 kez büyütülmüş) (Devamı)



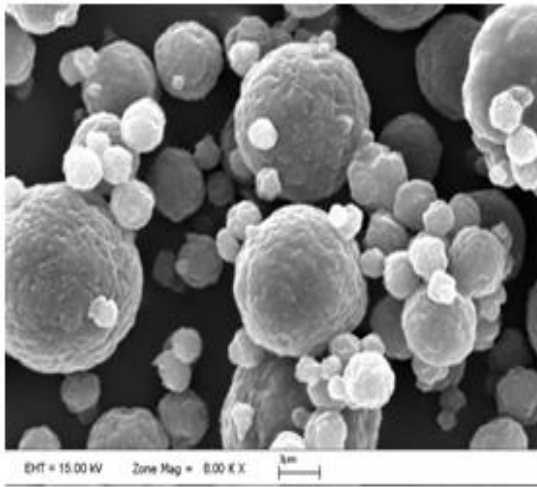
Desen 12



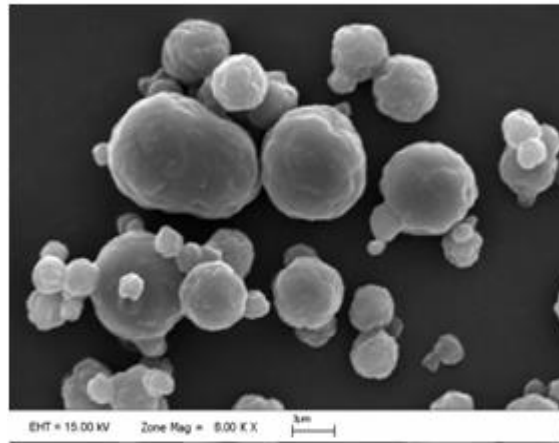
Desen 13



Desen 14



Desen 15



Desen 17

Şekil 4.32. Kefir tozu örneklerinin SEM ile belirlenen mikroyapı analiz görüntüleri (8000 kez büyütülmüş) (Devamı)

Desen görüntüleri incelendiği zaman kefir tozu partiküllerinin genelde birbirine yapışmış görüntüsü göze çarpmaktadır. Özellikle 1, 3 ve 14 numaralı deneme desenlerinin üretimleri sonucunda elde edilen toz ürünler belirgin şekilde birbirine yapışan bir yapı sergilemiştir. Ancak dikkat edildiği zaman partiküllerin küreselliğinin bozulmadığı görülmektedir. Küresel ve pürüzsüz yapı oluşumunun püskürterek kurutma ile üretilen mikrokapsüllerde stabiliteyi artırdığını bildirmektedir (Krishnan vd 2005). Cana-Chauca vd (2005) ise toz gıdalarda partikül mikroyapısının ürünlerin stabilitesini ve çözünürlüğünü etkileyen önemli bir unsur olduğunu ifade etmektedir. Ancak her kurutma sonrasında düzenli küresel partiküller elde edilememektedir. Nitekim püskürterek kurutma esnasında yer yer içe doğru çökmüş, büzülmüş, düzensiz şekilli küresel partikül oluşumu da sıklıkla karşılaşılan bir durumdur (Cai ve Corke 2000; Saenz vd 2009).

Prebiyotik madde varlığında Bifidobakterlerin püskürterek kurutma yöntemiyle mikroenkapsülasyonu üzerine yapılmış bir çalışmada prebiyotik madde ilavesinin partikül morfolojisini önemli ölçüde etkilemediği dolayısıyla partikül şekli üzerine herhangi bir etkisi bulunmadığı rapor edilmiştir (Fritzen-Freire vd 2012).

4.10. Depolama Stabilitesi

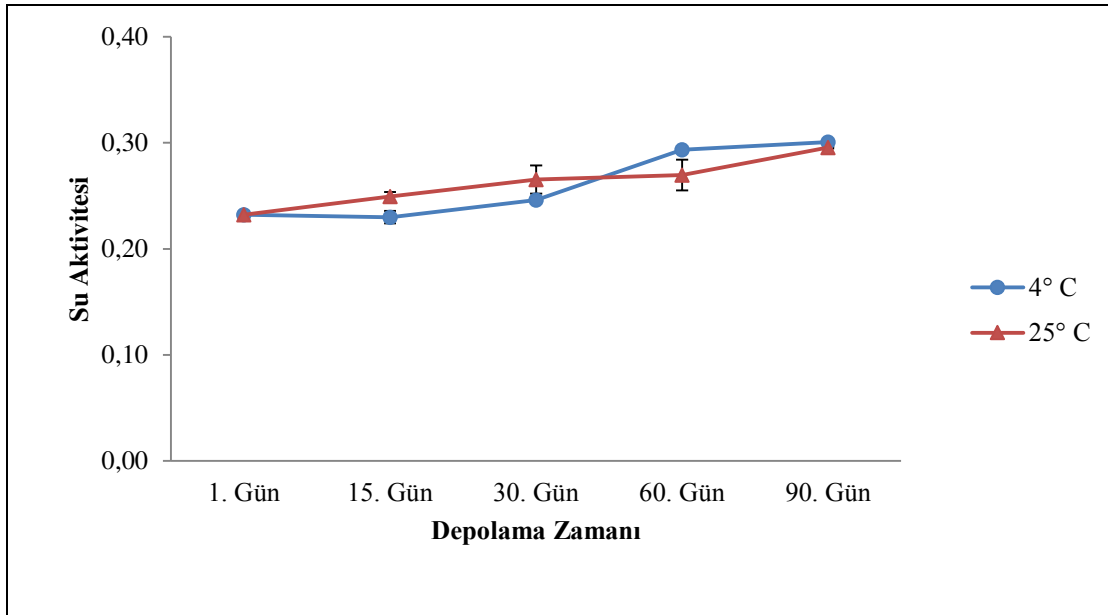
Deneme planında belirtilen şekillerde üretilen kefir tozlarına yukarıda belirtilen fizikokimyasal ve mikrobiyal analizler uygulandıktan sonra elde edilen analiz sonuçları istatistiksel değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Bu istatistiki çalışmanın amacı yüksek mikrobiyal canlılığa, yüksek ürün verimi, çözünebilirlik oranı ve yüksek duyuşal puanlarına sahip bir formülasyonu belirlemek ve belirlenen bu formülasyonun depolama stabilitesini incelemektir. İstatistiki analizler sonucunda depolama için üretilecek ürün formülasyonu inülin eklenmemiş, taşıyıcı madde olarak sadece arabic gum kullanılan ve 70°C hava çıkış sıcaklığında kurutulan örnek olarak belirlenmiştir. Bu şekilde üretilen örnekler, vakum altında polietilen ambalajda paketlenerek, 4°C'de ve 25°C'de 90 gün süreyle depolanmış ve depolama süresince 1., 15., 30., 60. ve 90. günlerde yukarıda belirtilmiş olan fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizler yürütülmüştür.

4.10.1. Kefir tozu örneklerine ait su aktivitesi değerleri

Depolama süreci boyunca kefir tozu örneklerinde tespit edilen su aktivitesi değerleri Çizelge 4.18'de ve Şekil 4.33'te verilmiştir. 90 günlük depolama periyodu süresince örneklerin su aktivitesi değerlerinin 0,23 ile 0,30 arasında değiştiği, 25°C'de depolanan kefir tozu örneğinin, 4°C'de depolanan diğer örneğe göre daha yüksek su aktivitesi değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Örnekler için su aktivitesi değerleri depolama periyodunda artma eğilimi göstermiştir.

Çizelge 4.18. Kefir tozu örneklerinin ortalama su aktivitesi değerleri

Örnek	Su Aktivitesi				
	1. Gün	15. Gün	30. Gün	60. Gün	90. Gün
4°C	0.23±0.00	0.23±0.01	0.25±0.00	0.29±0.00	0.30±0.00
25°C	0.23±0.00	0.25±0.00	0.27±0.00	0.30±0.00	0.32±0.00



Şekil 4.33. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca ortalama su aktivitesi değerlerindeki değişim

Araştırmada püskürterek kurutma ile elde edilen kefir tozu örneklerinin mikrobiyolojik yönden stabil olduğu görülmektedir. Nitekim, $a_w < 0.6$ olduğunda gıdaların mikrobiyolojik yönden genellikle stabil olduğu ve bu noktadan sonra gözlenen herhangi bir bozulmanın daha çok kimyasal kaynaklı olabileceği bildirilmektedir (Fennema 1996). Ancak, depolama koşullarının da bu durumu etkileyebilecek önemli bir faktör olduğu unutulmamalıdır. Püskürterek kurutma ile üretilen gıda tozlarının özellikle de yüksek miktarda şeker içeren toz örneklerinin son derece higroskopik olduğu, bu nedenle hava ile teması kesilmiş ambalajlarda, kuru ve serin ortamlarda muhafaza edilmesi gerektiği bildirilmektedir (Quek vd 2007).

Desmond ve Ross (2002) probiyotik bir suş olan *Lactobacillus paracasei*'yi püskürtmeli kurutucu yardımıyla mikroenkapsüle etmişlerdir. Üretimler sonrasında elde edilen kapsüller 4°C, 15°C ve 25°C'de depolanmıştır. 4°C'de depolanan kapsüllerin su aktivitesi değerleri ortalama 0,371 olarak tespit edilirken 15°C'de depolanan kapsüllerin

ortalama su aktivitesi değerleri 0.303 ve 30°C'de depolanan örneklerin ortalama su aktivitesi değeri 0.438 olarak belirtilmiştir.

Probiyotik mikroorganizma içeren tozların su aktivitesi değerleri depolama sıcaklığı arttıkça artış göstermektedir. Yaşayan bakteri popülasyonları dikkate alındığında olması gereken ideal su aktivitesi değerinin 0,28-0,65 aralığı olduğu belirtilmektedir (Kosanke vd 1992).

Kefir tozlarının depolama süresince belirlenen su aktivitesi değerleri istatistiksel açıdan değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.19'da sunulmuştur. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde, depolama zamanının su aktivitesi üzerine $P < 0,001$ düzeyinde, sıcaklık * depolama zamanı interaksiyonunun ise $P < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu görülmektedir. Buna karşılık sıcaklık değerinin kefir tozlarının su aktivitesi üzerinde herhangi bir farklılığa neden olmadığı ($P > 0.05$) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.19. Kefir tozlarının su aktivitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Sıcaklık (S)	1	0.00001786	0.38
Depolama Zamanı (DZ)	4	0.012419	66.13***
S x DZ	4	0.00131729	0.0059**
Hata	10	0.00004695	

Kefir tozlarının su aktivitesi değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.20'de verilmiştir. Su aktivitesi değerleri depolama boyunca artış göstermiş ve meydana gelen bu artış istatistiksel açıdan önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur. Depolama zamanı faktörüne ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre, en düşük su aktivitesi 0.230 değeriyle depolamanın ilk gününde tespit edilmiştir. Devam eden depolama süresince örneklere ait su aktivitesi değerleri artış göstermiş ve en yüksek su aktivitesi değeri (0.300) depolamanın 90. gününde belirlenmiştir.

Çizelge 4.20. Kefir tozu örneklerinin su aktivitesi değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Depolama sıcaklığı	Su Aktivitesi
4 °C	0.261 ^a ±0.010
25°C	0.262 ^a ±0.007
Depolama günleri	
1. Gün	0.232 ^d ±0.002
15. Gün	0.240 ^d ±0.008
30. Gün	0.256 ^c ±0.010
60. Gün	0.282 ^b ±0.011
90. Gün	0.298 ^a ±0.002

Aynı satırdaki farklı küçük harfler $P < 0.05$ seviyesinde farklılık ifade eder.

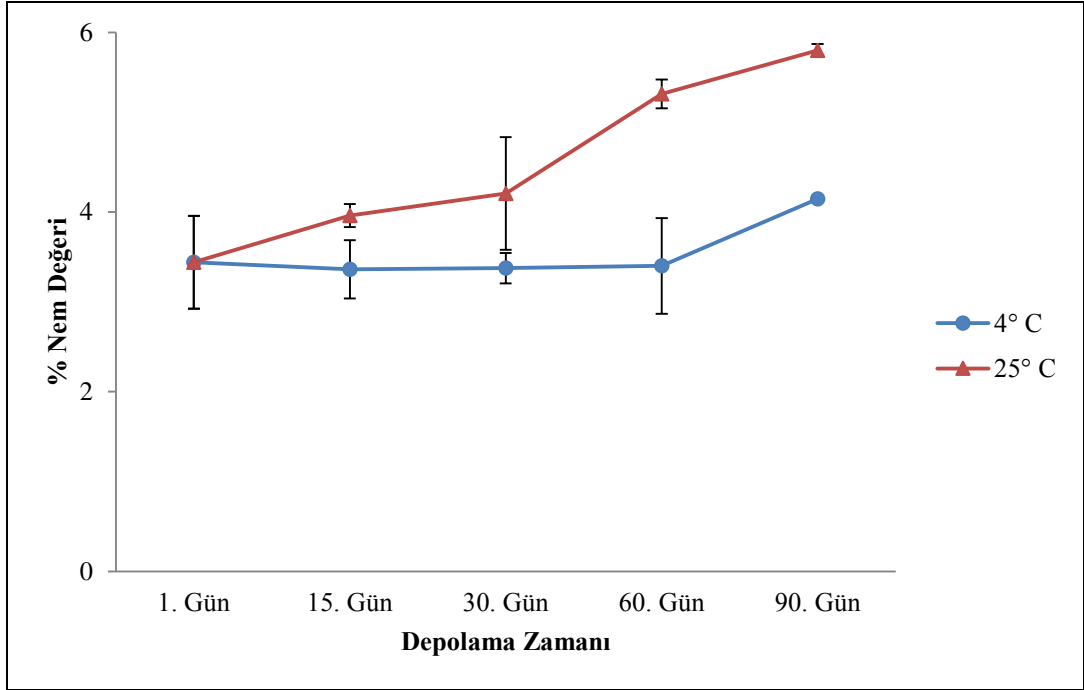
4.10.2. Kefir tozu örneklerine ait nem tayini analizi sonuçları

Depolama süreci boyunca kefir tozu örneklerinin nem değerleri Çizelge 4.21'de ve Şekil 4.34'te verilmiştir. 90 günlük depolama periyodu süresince örneklerin nem değerlerinin %3.36 ile %5.80 arasında değiştiği, 25°C'de depolanan kefir tozu örneğinin, 4°C'de depolanan diğer örneğe göre daha yüksek nem içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Örneklere ait nem değerleri depolama periyodunda artma eğilimi göstermiştir.

Çizelge 4.21. Kefir tozu örneklerinin ortalama %nem değerleri

Örnek	Nem Değerleri (%)				
	1. Gün	15. Gün	30. Gün	60. Gün	90. Gün
4°C	3.44±0.52	3.36±0.32	3.37±0.17	3.40±0.28	4.15±0.01
25°C	3.44±0.52	3.96±0.13	4.21±0.63	5.33±0.15	5.81±0.01

Özellikle yoğurt tozu için geçerli olmak üzere bir süt tozu ürünün raf ömrünün yeterince uzun olabilmesi için son üründe nem içeriğinin %10'u geçmemesi önerilmektedir (Peri ve Pompei 1976). Ancak bu çok genel bir değerdir ve sonraki yıllarda yapılmış daha güncel çalışmalar son ürünün nem değerinin daha düşük düzeylerde kalmasının daha sağlıklı ve uzun bir raf ömrü sağladığını işaret etmektedir (Koç 2008).



Şekil 4.34. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca ortalama nem değerlerindeki değişim

Kurutulmuş ürünün su aktivitesi değerinin yanında nem miktarı da uzun bir depolama ve depolama sürekliliği sağlanması için sabit bir değerde tutulmalıdır (Santivarangkna vd 2007). Süt ürünlerinde kurutulmuş ürünün nem miktarı %4'ün altında olmalıdır (Kearney vd 2009). Bu bilgi ışığında analiz sonuçları değerlendirildiği zaman 4°C'de depolanan ürünün 90 günlük depolama süresince nem değeri ilk 60 gün boyunca uygun sınırlar içinde kalmış ancak 90. günün sonunda ölçülen değer %4'lük değer üzerinde tespit edilmiştir. 25°C'de depolanan ürün ise 30. günün sonunda belirtilen değerin üzerine çıkmıştır. Koç (2008)'in yoğurt tozu üretim koşullarının optimizasyonu ile ilgili hazırladığı tez çalışmasında; optimum noktada yoğurt tozunun %nem değeri 6.83 olarak belirtilmiştir. Bu değer göz önünde bulundurulduğu zaman kefir tozları ister oda sıcaklığı (25°C) ister buzdolabı sıcaklığı (4°C) olsun 90 günlük depolama süresince ürünün nem değeri kabul edilebilir sınırlar içinde kalmıştır.

Shrestha vd (2008), püskürterek kurutulmuş yağsız süt tozunda adsorpsiyon izotermi ile ilgili yürüttükleri çalışmalarında, 21 günlük depolama sonunda toz örneklerin önemli ölçüde nem absorbe ettiğini bildirmiştir.

Kefir tozlarının depolama süresince belirlenen nem değerleri istatistiksel açıdan değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.22'de sunulmuştur. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde, sıcaklığın %nem değeri üzerine $P < 0.001$ düzeyinde, depolama zamanı ve sıcaklık * depolama zamanı interaksyonunun ise $P < 0.05$ düzeyinde önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.22. Kefir tozlarının nem değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Sıcaklık (S)	1	4.99836298	35.93***
Depolama Zamanı (DZ)	4	1.53756695	11.05*
S x DZ	4	0.61227067	4.4*
Hata	10	0.13912	

*P<0.05 düzeyinde önemli **P<0.01 düzeyinde önemli ***P<0.001 düzeyinde önemli

Kefir tozlarının nem değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.23'te verilmiştir. Nem değerleri depolama boyunca artış göstermiş ve meydana gelen bu artış istatistiksel açıdan önemli (P<0.05) bulunmuştur. Depolama zamanı faktörüne ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre, en düşük nem %3.44 değeriyle depolamanın ilk gününde tespit edilmiştir. Devam eden depolama süresince örneklere ait nem değerleri artış göstermiş ve en yüksek nem değeri depolamanın 90. gününde belirlenmiştir.

Çizelge 4.23. Kefir tozu örneklerinin nem değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Depolama sıcaklığı	%Nem Değeri
4 °C	3.545 ^b ±0.133
25°C	4.544 ^a ±0.305
Depolama günleri	
1. Gün	3.44 ^c ±0.298
15. Gün	3.661 ^c ±0.284
30. Gün	3.791 ^{bc} ±0.431
60. Gün	4.357 ^{bc} ±0.814
90. Gün	4.974 ^a ±0.675

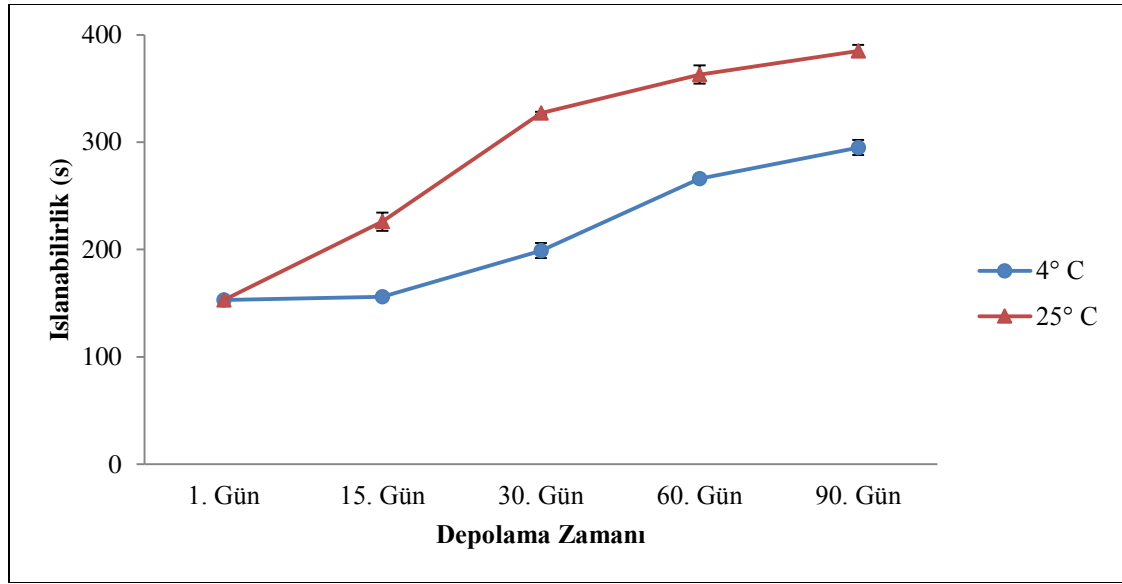
Aynı satırdaki farklı küçük harfler P<0.05 seviyesinde farklılık ifade eder.

4.10.3. Kefir tozu örneklerine ait ıslanabilirlik analizi sonuçları

Kefir tozu örneklerinin depolama süresince ıslanabilirlik analizi değerleri Çizelge 4.24'te ve Şekil 4.33'te verilmiştir. 90 günlük depolama periyodu süresince örneklerin ıslanabilirlik değerlerinin 153 saniye ile 385 saniye arasında değiştiği, 25°C'de depolanan kefir tozu örneğinin, 4°C'de depolanan diğer örneğe göre daha uzun sürede tamamen suya karıştığı belirlenmiştir. Örneklere ait ıslanabilirlik değerleri depolama periyodunda artma eğilimi göstermiştir.

Çizelge 4.24. Kefir tozu örneklerinin ortalama ıslanabilirlik değerleri

Örnek	Islanabilirlik (s)				
	1. Gün	15. Gün	30. Gün	60. Gün	90. Gün
4°C	153±1.41	156±1.41	199±7.07	266±1.41	295±2.83
25°C	153±1.41	226±8.49	327±1.41	363±8.49	385±5.66



Şekil 4.35. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca ortalama ıslanabilirlik sürelerindeki değişim

Kim vd (2002) yaptıkları bir çalışmada püskürtmeli kurutucuda kurutularak elde edilen üç farklı endüstriyel süt tozu ürünü olarak belirledikleri YST (yağsız süt tozu), BST (bütün süt tozu) ve KT (süt yağı tozu) 'nın fizikokimyasal davranışlarını 6 aylık depolama periyoduyla birlikte depolama öncesi taze örnekte ve depolama sonrasında ki örneklerde incelemişlerdir. Sonuç olarak tozların ilk halleri ve altı aylık depolama sonrasında yapılan analiz sonuçları arasında ki fark incelendiğinde belirgin bir fark gözlemediklerini belirtmişlerdir. YST örneğinin depolama öncesinde ki ıslanabilirlik süresi yaklaşık 10 dakika sürerken bu değer depolama sonrasında da çok değişmemiş ve yine yaklaşık 10 dakika olarak tespit edilmiştir. BST ve KT örneklerinde ise depolama öncesinde 15 dakikadan uzun süreler tespit edilirken, depolama sonrasında yine aynı örneklerde 15 dakikayı aşan süreler tespit edilmiştir .

Koç (2008) püskürtmeli kurutucuyla yoğurt tozu üretim prosesinin optimizasyonu üzerine yaptığı tez çalışmasında yoğurt tozlarının ıslanabilirlik sürelerini 316-1007 saniye aralığında tespit etmiştir. Kefir genel fizikokimyasal özellikleri bakımından yoğurda çok benzeyen bir üründür Nitekim kefir tozları da yoğurt tozuna benzer özellikler

sergilemektedir. Kefir tozlarının 223-1101 saniyelik ıslanabilirlik süre skalası, bu analiz açısından da belirgin bir benzerlik olduğunu göstermektedir .

Islanabilirlik analizinde özellikle süt ve süt ürünlerinin toz formlarında ıslanabilirlik süresinin 15 dakikayı aşmaması beklenmektedir (Kim vd 2009). Depolama süreci boyunca gerek 4°C gerekse 25°C'de depolanan örneklerde 15 dakika (=900 saniye) değerini aşan kefir tozu olmamıştır.

Kefir tozlarının depolama süresince tespit edilen ıslanabilirlik değerleri istatistiksel açıdan değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.25'te sunulmuştur. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde sıcaklığın, depolama zamanı ve sıcaklık * depolama zamanı interaksyonunun ıslanabilirlik değeri üzerine $P<0.001$ düzeyinde önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.25. Kefir tozlarının ıslanabilirlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Sıcaklık (S)	1	29645	1015.24***
Depolama Zamanı (DZ)	4	25292.8	866.19***
S x DZ	4	2287	78.32***
Hata	10	29.2	

** $P<0.01$ düzeyinde önemli *** $P<0.001$ düzeyinde önemli

Kefir tozlarının ıslanabilirlik değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir. Islanabilirlik değerleri depolama boyunca artış göstermiş ve meydana gelen bu artış istatistiksel açıdan önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Depolama zamanı faktörüne ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre, en düşük ıslanabilirlik 153 saniye değeriyle depolamanın ilk gününde tespit edilmiştir. Devam eden depolama süresince örneklerle ait ıslanabilirlik süreleri artış göstermiş ve en uzun ıslanabilirlik süresi depolamanın 90. gününde belirlenmiştir. 4°C'de depolanan örneklerin ıslanabilirlik süreleri 25°C'deki örneklerin analizi tamamlama sürelerinden daha kısa sürmüştür.

Çizelge 4.26. Kefir tozu örneklerinin ıslanabilirlik değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Depolama sıcaklığı	Islanabilirlik
4 °C	205.333 ^b ±18.306
25°C	280.9 ^a ±27.229
Depolama günleri	
1. Gün	153 ^e ±0.816
15. Gün	169.5 ^d ±23.815
30. Gün	228 ^c ±51.756
60. Gün	263 ^b ±52.339
90. Gün	326.25 ^a ±36.839

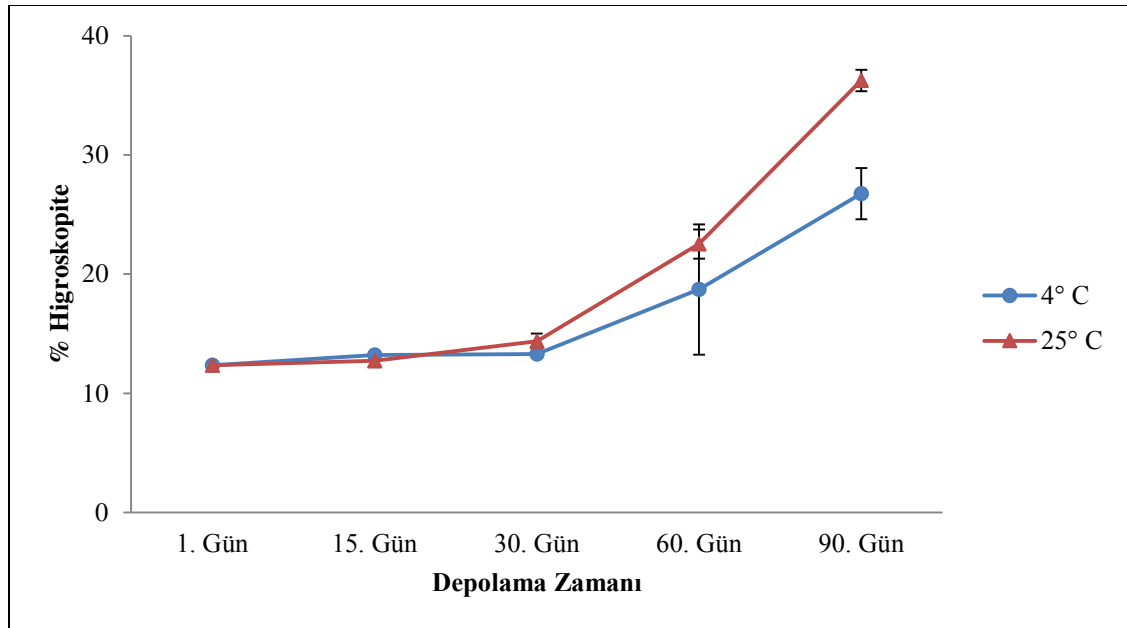
Aynı satırdaki farklı küçük harfler $P<0.05$ seviyesinde farklılık ifade eder.

4.10.4. Kefir tozu örneklerine ait higroskopisite analizi sonuçları

Depolama süreci boyunca kefir tozu örneklerinin higroskopisite değerleri Çizelge 4.27'de ve Şekil 4.36'da verilmiştir. 90 günlük depolama periyodu süresince örneklerin higroskopisite değerlerinin %12.36-36.24 arasında değiştiği, 25°C'de depolanan kefir tozu örneğinin, 4°C'de depolanan diğer örneğe göre daha higroskopik özellikte olduğu belirlenmiştir. Örneklere ait higroskopisite değerleri depolama periyodunda artma eğilimi göstermiştir.

Çizelge 4.27. Kefir tozu örneklerinin ortalama higroskopisite değerleri

Örnek	Higroskopisite (%)				
	1. Gün	15. Gün	30. Gün	60. Gün	90. Gün
4°C	12.36±0.12	13.21±0.85	13.29±0.08	18.71±5.46	26.75±2.15
25°C	12.36±0.12	12.73±0.54	14.36±0.66	22.52±1.22	36.25±0.35



Şekil 4.36. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca ortalama higroskopisite değerlerindeki değişim

Kefir tozlarının depolama süresince tespit edilen higroskopisite değerleri istatistiksel açıdan değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.28'de sunulmuştur. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde sıcaklığın $P<0.01$ düzeyinde, depolama zamanının $P<0.001$ düzeyinde ve sıcaklık * depolama zamanı interaksyonunun higroskopisite değeri üzerine $P<0.05$ düzeyinde önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.28. Kefir tozlarının higroskopisite değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Sıcaklık (S)	1	38.649225	10.3**
Depolama Zamanı (DZ)	4	263.20255	70.15***
S x DZ	4	16.842857	4.49*
Hata	10	3.752046	

*P<0.05 düzeyinde önemli ** P<0.01 düzeyinde önemli ***P<0.001 düzeyinde önemli

Kefir tozlarının higroskopisite değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.29'da verilmiştir. Higroskopisite değerleri depolama boyunca artış göstermiş ve meydana gelen bu artış istatistiksel açıdan önemli (P<0.05) bulunmuştur. Depolama zamanı faktörüne ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre, en düşük higroskopisite %12.363 değeriyle depolamanın ilk gününde tespit edilmiştir. Devam eden depolama süresince örnekler ait higroskopisite verileri artış göstermiş ve en yüksek değer depolamanın 90. gününde belirlenmiştir.

Çizelge 4.29. Kefir tozu örneklerinin higroskopisite değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Depolama sıcaklığı	Higroskopisite (%)
4 °C	16.865 ^b ±1.914
25°C	19.64 ^a ±3.033
Depolama günleri	
1. Gün	12.363 ^c ±0.07
15. Gün	12.971 ^c ±0.294
30. Gün	13.825 ^c ±0.513
60. Gün	20.617 ^b ±2.765
90. Gün	31.498 ^a ±3.99

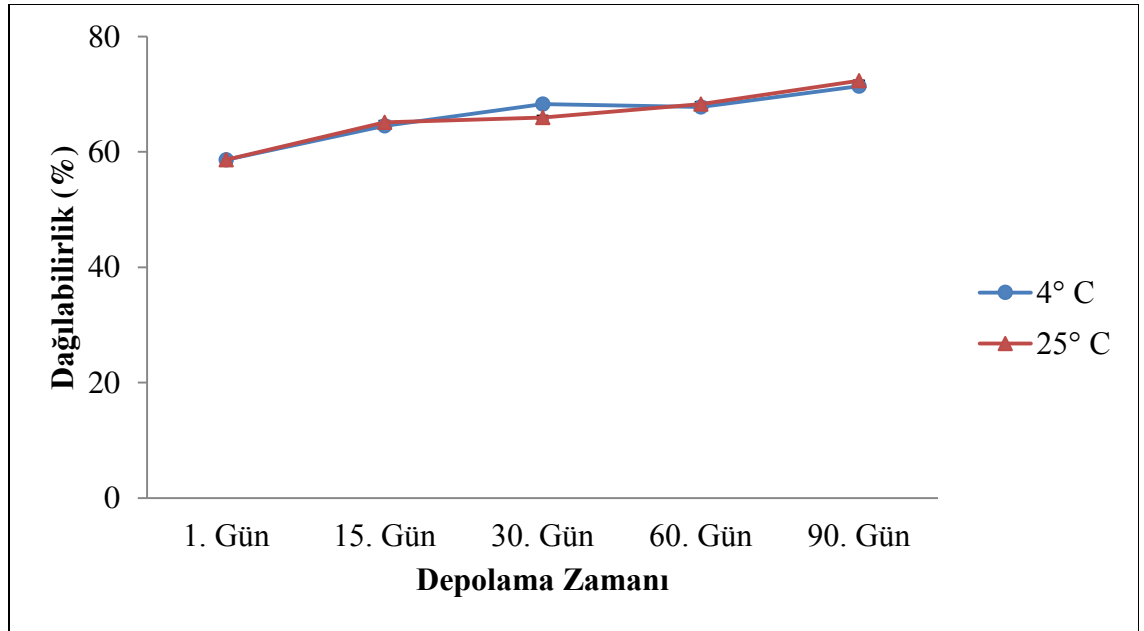
Aynı satırdaki farklı küçük harfler P<0.05 seviyesinde farklılık ifade eder.

4.10.5. Kefir tozu örneklerine ait dağılılabilirlik analizi sonuçları

Kefir tozu örneklerinin depolama süresince ölçülen dağılılabilirlik değerleri Çizelge 4.30'da ve Şekil 4.37'de verilmiştir. 90 günlük depolama periyodu süresince örneklerin dağılılabilirlik değerlerinin %58.65 ile %72.31 arasında değiştiği, 25°C'de depolanan kefir tozu örneğinin, 4°C'de depolanan diğer örneğe kıyasla dağılılabilirlik değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Örnekler ait dağılılabilirlik değerleri depolama periyodunda artma eğilimi göstermiştir.

Çizelge 4.30. Kefir tozu örneklerinin ortalama dağılıbilirlik değerleri

Örnek	Dağılıbilirlik (%)				
	1. Gün	15. Gün	30. Gün	60. Gün	90. Gün
4°C	58.65±0.28	64.54±0.03	68.28±0.49	67.76±0.54	71.42±0.07
25°C	58.65±0.28	65.11±0.28	65.97±0.31	68.28±0.39	72.31±0.07



Şekil 4.37. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca ortalama dağılıbilirlik değerlerindeki değişim

Kefir tozlarının depolama süresince tespit edilen dağılıbilirlik değerleri istatistiksel açıdan değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.31'de sunulmuştur. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde sıcaklık * depolama zamanı interaksiyonunun $P < 0.01$ düzeyinde, depolama zamanının $P < 0.001$ düzeyinde dağılıbilirlik değeri üzerinde önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.31. Kefir tozlarının dağılıbilirlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Sıcaklık (S)	1	0.0215376	0.14
Depolama Zamanı (DZ)	4	95.0671893	625.85***
S x DZ	4	1.675526	11.03**
Hata	10	0.151901	

** $P < 0.05$ düzeyinde önemli *** $P < 0.001$ düzeyinde önemli

Kefir tozlarının dağılıbilirlik değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.32'de verilmiştir. Dağılıbilirlik değerleri depolama boyunca artış göstermiş ve meydana gelen bu artış istatistiksel açıdan önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Depolama zamanı faktörüne ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre, en düşük dağılıbilirlik %58.65 değeriyle depolamanın ilk gününde tespit edilmiştir. Devam eden depolama süresince örnekler ait dağılıbilirlik verileri artış göstermiş ve en yüksek değer depolamanın 90. gününde belirlenmiştir. Örneklerin nem miktarının depolama süresince artmış olmasının örneklerin çözünürlüğündeki artışa neden olabileceği de düşünülmektedir. Quek vd (2007), yüksek nem içeriğinde tozların aglomerasyon eğiliminin arttığını, bunun da tozların çözünmesini kolaylaştırdığını bildirmektedir.

Çizelge 4.32. Kefir tozu örneklerinin dağılıbilirlik değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Depolama sıcaklığı	Dağılıbilirlik (%)
4 °C	66.131 ^a ±1.446
25°C	66.065 ^a ±1.492
Depolama günleri	
1. Gün	58.654 ^c ±0.325
15. Gün	64.826 ^d ±0.26
30. Gün	67.122 ^c ±0.973
60. Gün	68.023 ^b ±0.347
90. Gün	71.867 ^a ±0.366

Aynı satırdaki farklı küçük harfler $P<0.05$ seviyesinde farklılık ifade eder.

Süt tozu için düşük çözünbilme oranı değerleri, çözünemeyen bileşenlerin fazla olduğunu göstermektedir. Püskürterek kurutulmuş sütün çözünbilme oranı değerlerini, yüksek hava çıkış sıcaklığında kurutulması, düşük kaliteli sütün kullanılması ve katkı maddelerinin eklenmesi olumsuz yönde etkilemektedir (Hall ve Hedrick 1975). Yoğurt tozunda, süt tozundan farklı olarak çözünbilme oranı değerlerini yüksek hava çıkış sıcaklığının arttırdığı bulgulanmıştır (Koç vd 2010).

Koç (2008), püskürtmeli kurutma yöntemi ile yoğurt tozu üretim koşullarının optimizasyonu başlığı altında yaptığı tez çalışmasında yoğurt tozunda süt tozundan farklı olarak dağılıbilirlik değerlerinin yüksek hava çıkış sıcaklığı ile arttığını bulgulanmıştır. Genel olarak yüksek hava çıkış sıcaklıklarında üretilen yoğurt tozlarında dağılıbilirlik değerlerinin, daha düşük sıcaklıkta üretilen tozlarda ölçülen değerlere kıyasla daha yüksek olduğunu tespit edilmiştir. Hava çıkış sıcaklığı 66°C iken en düşük yoğurt tozu dağılıbilirlik oranı %65 olarak belirtilirken, en yüksek yoğurt tozu dağılıbilirlik oranı olarak tespit edilen %73 değeri ise hava çıkış sıcaklığının 84°C olduğu üretim deseninde bulgulanmıştır .

Frietzen -Freire vd (2012) probiyotik mikrokapsülasyonuyla ilgili yaptıkları bir çalışmalarında, inülin kullanımının mikrokapsüllerdeki dağılıbilirliği düşürdüğünü belirtmişlerdir. Kefir tozlarında da yoğurt tozuna benzer şekilde yüksek hava çıkış

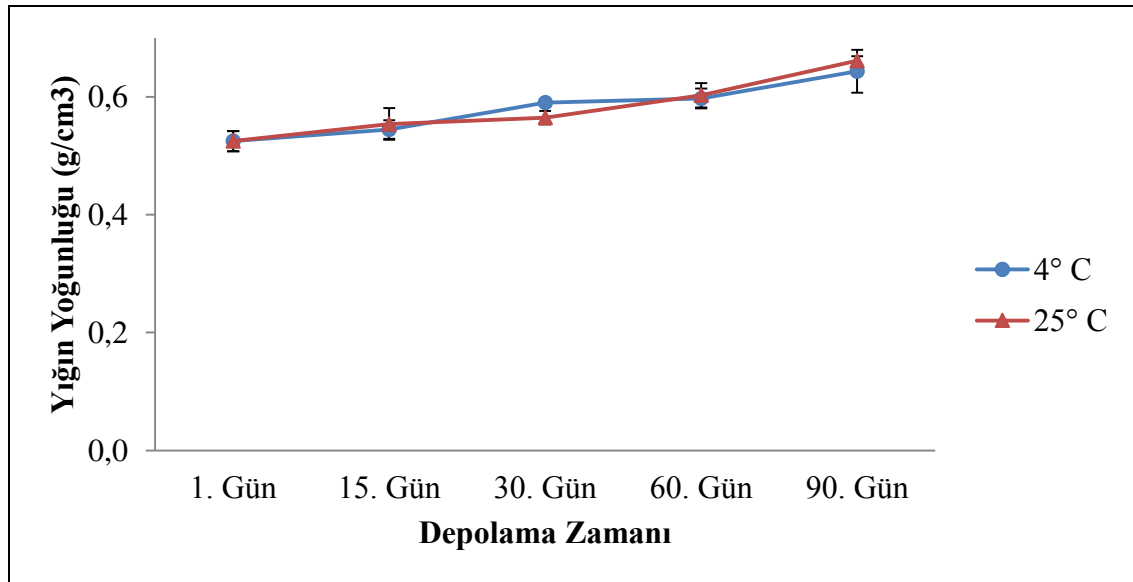
sıcaklığında dağılabilirlik değerleri, daha düşük hava çıkış sıcaklığında gerçekleştirilen diğer ürünlere göre nispeten yüksek bulunmuştur. Ayrıca Çizelge 4.4'te de görüldüğü üzere kefir tozlarının dağılabilirliği üzerine inülin * inülin interaksiyonunun önemli bir etkisi olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$).

4.10.6. Kefir tozu örneklerine ait yığın yoğunluğu analizi sonuçları

Kefir tozu örneklerinde depolama süresince yapılan yığın yoğunluğu analizi değerleri Çizelge 4.33'te ve Şekil 4.36'da belirtilmiştir. 90 günlük depolama periyodu süresince örneklerin yığın yoğunluğu değerlerinin 0.52 g/cm^3 ile 0.66 g/cm^3 arasında değiştiği, 25°C 'de depolanan kefir tozu örneğinin, 4°C 'de depolanan diğer örneğe kıyasla yığın yoğunluğu değerlerinin genel olarak daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Örneklere ait yığın yoğunluğu (g/cm^3) değerleri depolama periyodunda artma eğilimi göstermiştir.

Çizelge 4.33. Kefir tozu örneklerinin ortalama yığın yoğunluğu (g/cm^3) değerleri

Örnek	Yığın Yoğunluğu (g/cm^3)				
	1. Gün	15. Gün	30. Gün	60. Gün	90. Gün
4°C	0.52 ± 0.02	0.54 ± 0.02	0.59 ± 0.00	0.60 ± 0.02	0.64 ± 0.04
25°C	0.52 ± 0.02	0.55 ± 0.03	0.56 ± 0.01	0.60 ± 0.02	0.66 ± 0.01



Şekil 4.38. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca ortalama yığın yoğunluğu değerlerindeki değişim

Walton (1999) yaptığı çalışmada toz ürünlerin yığın yoğunluğu değerlerinin çoğunlukla 0.1-0.2 g/cm³ değerleri arasında bulunduğunu istisnai durumlar haricinde ise 0.7 g/cm³ değerini aşmadığını belirtmiştir. Kumar ve Mishra (2004) ise yağsız sütte üretilmiş yoğurt tozunda yığın yoğunluğu değerlerinin 0.45-0.70 g/ml aralığında bulunması gerektiğini belirtmişlerdir . Bu bilgilerden yola çıkarak kefir tozlarının 90 günlük depolama periyodu boyunca yığın yoğunluğu değerlerinin literatürde belirtilen değerlere uygunluk gösterdiği söylenebilir.

Kefir tozlarının depolama süresince tespit edilen yığın yoğunluğu değerleri istatistiksel açıdan değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.34'te sunulmuştur. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde depolama zamanının P<0.01 düzeyinde yığın yoğunluğu değeri üzerinde önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.34. Kefir tozlarının yığın yoğunluğu değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Sıcaklık (S)	1	0.00001178	0.03
Depolama Zamanı (DZ)	4	0.00964134	25.62**
S x DZ	4	0.00027261	0.72
Hata	10	0.000376	

** P<0.01 düzeyinde önemli

Kefir tozlarının yığın yoğunluğu değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.35'te verilmiştir. Yığın yoğunluğu değerleri depolama boyunca artış göstermiş ve meydana gelen bu artış istatistiksel açıdan önemli (P<0.05) bulunmuştur. Depolama zamanı faktörüne ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre, en düşük yığın yoğunluğu 0.525 (g/cm³) değeriyle depolamanın ilk gününde tespit edilmiştir. Devam eden depolama süresince örnekler için yığın yoğunluğu verileri artış göstermiş ve en yüksek değer depolamanın 90. gününde belirlenmiştir.

Çizelge 4.35. Kefir tozu örneklerinin yığın yoğunluğu değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Depolama sıcaklığı	Yığın Yoğunluğu (g/cm3)
4 °C	0.58 ^a ±0.015
25°C	0.582 ^a ±0.016
Depolama günleri	
1. Gün	0.525 ^d ±0.01
15. Gün	0.549 ^{cd} ±0.013
30. Gün	0.577 ^{bc} ±0.011
60. Gün	0.6 ^b ±0.011
90. Gün	0.652 ^a ±0.017

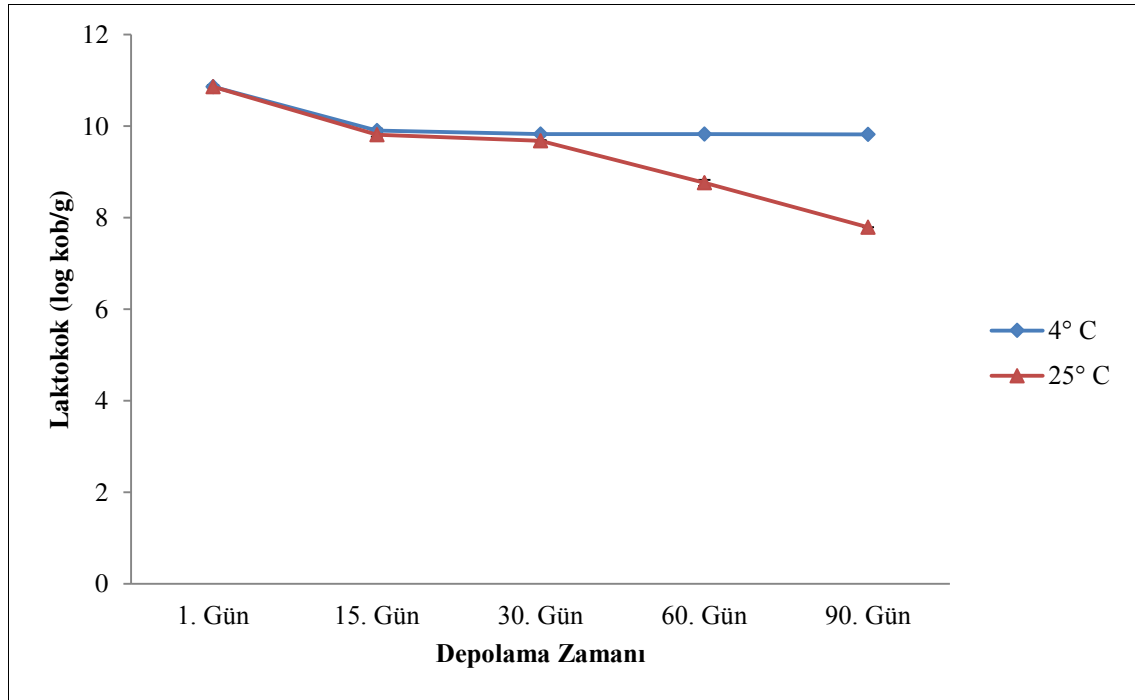
Aynı satırdaki farklı küçük harfler P<0.05 seviyesinde farklılık ifade eder.

4.10.7. Kefir tozu örneklerine ait mikrobiyal analiz sonuçları

Depolama süreci boyunca kefir tozu örneklerinde mikrobiyal analizler yapılmıştır. Analizler sonucunda tespit edilen Laktokok değerleri Çizelge 4.36'da ve Şekil 4.39'da belirtilmiştir. 90 günlük depolama periyodu süresince örneklerde tespit edilen Laktokok değerlerinin 10.86 kob/g ile 7.79 kob/g arasında değiştiği, 25°C'de depolanan kefir tozu örneğinin, 4°C'de depolanan örneğe kıyasla mikroorganizma değerlerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Örnekler ait Laktokok (kob/g) değerleri depolama periyodunda azalma eğilimi göstermiştir.

Çizelge 4.36. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca Laktokok (log kob g⁻¹) değerlerindeki değişim

Örnek	Laktokok Sayısı (log kob/g)				
	1. Gün	15. Gün	30. Gün	60. Gün	90. Gün
4°C	10.86±0.03	9.91±0.04	9.83±0.02	9.83±0.02	9.82±0.01
25°C	10.86±0.03	9.81±0.04	9.68±0.01	8.76±0.06	7.79±0.00

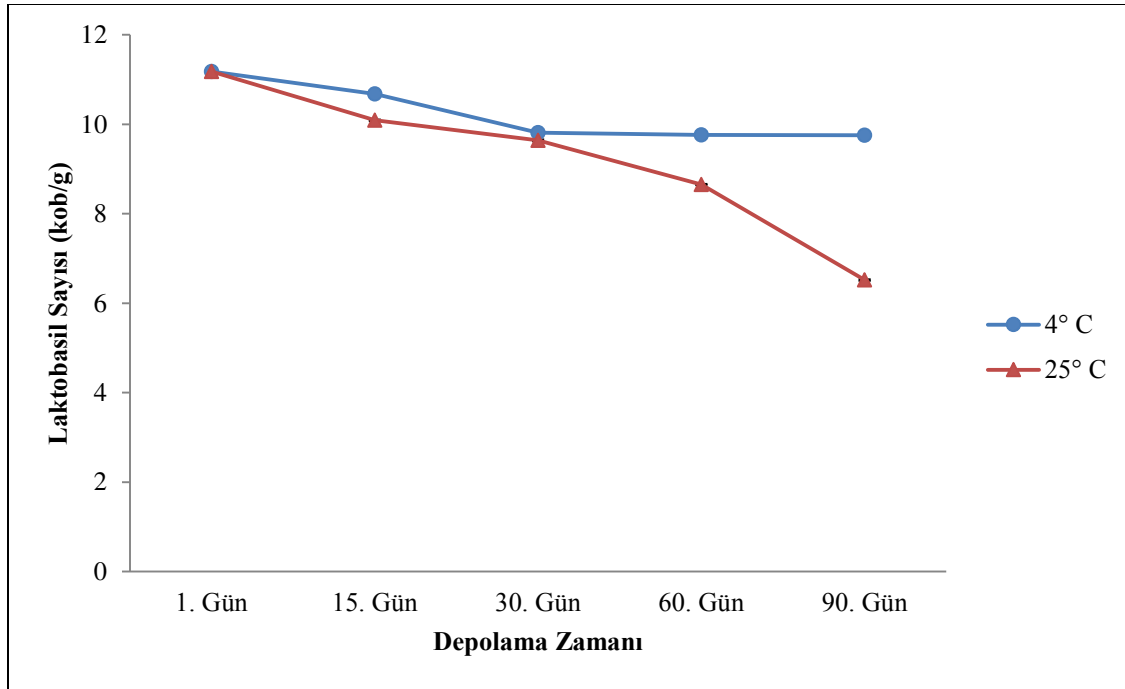


Şekil 4.39. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca Laktokok (log kob g⁻¹) değerlerindeki değişim

Depolama periyodu süresince örneklerde tespit edilen Laktobasil türü mikroorganizma değerlerinin 11.18 kob/g ile 6.52 kob/g arasında değiştiği, 25°C'de depolanan kefir tozu örneğinin, 4°C'de depolanan diğer örneğe kıyasla mikroorganizma değerlerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Örnekler için Laktobasil (kob/g) değerleri depolama periyodunda azalma eğilimi göstermiştir. Depolama sürecinde Laktobasil sayısındaki değişim Çizelge 4.37'de ve Şekil 4.40'da belirtilmiştir.

Çizelge 4.37. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca Laktobasil ($\log \text{ kob } \text{g}^{-1}$) değerlerindeki değişim

Örnek	Laktobasil Sayısı ($\log \text{ kob/g}$)				
	1. Gün	15. Gün	30. Gün	60. Gün	90. Gün
4°C	11.18±0.01	10.68±0.03	9.81±0.00	9.76±0.00	9.76±0.03
25°C	11.18±0.01	10.09±0.02	9.64±0.02	8.65±0.01	6.52±0.02



Şekil 4.40. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca Laktobasil ($\log \text{ kob } \text{g}^{-1}$) değerlerindeki değişim

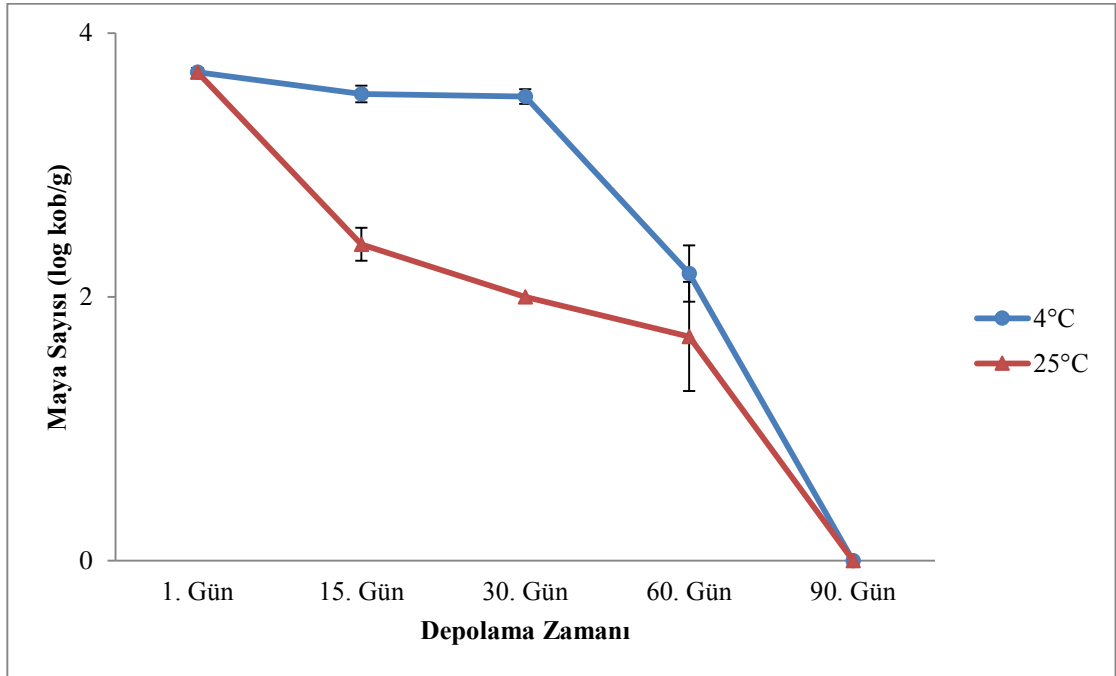
Probiyotik mikroorganizmaların beklenen faydalı etkiyi sağlayabilmeleri için, 8 $\log \text{ kob/ml}$ veya daha fazla sayıda vücuda alınmaları ve içinde bulundukları gıdaların üretimi ve raf ömrü süresince canlı kalabilmeleri gerekmektedir (Çakır ve Çakmakçı 2004). Bu bilgiye dayanarak kefir tozunda kok cinsi laktik asit bakterilerinin 4°C'de

depolandıkları zaman 90 günlük süreçte probiyotik özelliği destekleyecek şekilde canlılıklarını sürdürdüğü tespit edilmiştir. Ancak 25°C'de gerçekleştirilen depolama işleminde 60. günde yapılan analizlerde probiyotik özelliği sağlayacak miktarda bakteri kalmadığı tespit edilmiştir.

90 günlük depolama süresince örneklerde tespit edilen maya değerlerinin 3.7 kob/g ile başlayıp, 25°C'de depolanan kefir tozu örneğinde 30. günden sonra 4°C'de depolanan diğer örnekte ise 60.günden sonra maya canlılığı sona ermiştir. Örneklere ait maya (kob/g) değerleri depolama periyodunda azalma eğilimi göstermiş olup maya değerlerinde gözlenen değişim Çizelge 4.38'de ve Şekil 4.41'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.38. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca maya (log kob g⁻¹) değerlerindeki değişim

Örnek	Maya Sayısı (log kob/g)				
	1. Gün	15. Gün	30. Gün	60. Gün	90. Gün
4°C	3.70±0.03	3.54±0.06	3.52±0.06	2.18±0.21	0.00±0.00
25°C	3.70±0.03	2.40±0.12	2.00±0.00	1.70±0.41	0.00±0.00



Şekil 4.41. Kefir tozu örneklerinin depolama boyunca maya (log kob g⁻¹) değerlerindeki değişim

Kefir tozlarının depolama süresince tespit edilen mikroorganizma değerleri istatistiksel açıdan değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.39, Çizelge 4.40 ve Çizelge 4.41'de sunulmuştur. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde sıcaklığın, depolama zamanının ve depolama zamanı * sıcaklık interaksyonunun $P<0.001$ düzeyinde canlı mikroorganizma sayısı üzerinde önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.39. Kefir tozlarının depolama süresince belirlenen Laktokok değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Sıcaklık (S)	1	2.22486822	2387.37***
Depolama Zamanı (DZ)	4	2.34445421	2515.69***
S x DZ	4	0.76226197	817.94***
Hata	10	0.000932	

*** $P<0.001$ düzeyinde önemli

Çizelge 4.40. Kefir tozlarının depolama süresince belirlenen Laktobasil değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Sıcaklık (S)	1	5.223537	16079.2***
Depolama Zamanı (DZ)	4	5.343434	16448.3***
S x DZ	4	1.721314	5298.58***
Hata	10	0.000325	

*** $P<0.001$ düzeyinde önemli

Çizelge 4.41. Kefir tozlarının depolama süresince belirlenen maya değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Sıcaklık (S)	1	4.072881	584.26***
Depolama Zamanı (DZ)	4	7.974597	1143.97***
S x DZ	4	0.960115	137.73***
Hata	10	0.006971	

*** $P<0.001$ düzeyinde önemli

Probiyotiklerin belirli sayıda ve düzenli olarak tüketilmelerine ilaveten, alınan bakterilerin sindirim sisteminde mide asitliği, safra tuzları, çeşitli enzimler vb. gibi zor koşullarda da canlılığını koruyabilmesi, uygun miktarlarda bağırsaklara ulaşarak orada kolonize olması gerekmektedir. Basil cinsi laktik asit bakterilerinde de kok cinsinde olduğu gibi 4°C'de depolanan örnekte probiyotik özellik 90 gün boyunca devam etmiş 90. günün sonunda yapılan analizlerde probiyotik özelliğin sürdüğü belirlenmiştir. Ancak 25°C'de depolanan örnekte 60 gün boyunca devam eden probiyotik niteliğin, 90. günün sonunda kaybedildiği yapılan mikrobiyal analizle tespit edilmiştir.

Depolama ve ambalaj şartları kurutma sonrasında canlılığı etkileyen önemli faktörlerdendir. Farklı çalışmalar sıcaklığın depolama sürecindeki canlılık için en önemli etken olduğunu göstermiştir. Beklendiği üzere kurutulmuş örneklerin stabilitesi depolama süresince azalmaktadır ve düşük depolama sıcaklığı yüksek mikrobiyel hayatta kalma oranı sağlamaktadır (Boza vd 2004)

Desmond ve Ross (2002) probiyotik bir suş olan *Lactobacillus paracasei* NFBC 338'in püskürterek kurutma esnasında korunması, depolama ve gastrointestinal sistemde ki transferi boyunca canlılığın devamının sağlanmasını amaçladıkları çalışmalarında taşıyıcı madde olarak %10 (w/w) oranında Arabic gum kullanmışlardır. Kurutma işleminde 95-100°C ve 100-105°C olmak üzere iki farklı hava çıkış sıcaklığında çalışmışlar ve ürünleri 4°C, 15°C ve 25°C'de 8 hafta süreyle depolamışlardır. Depolanan ürünler Arabic gum içeren ve içermeyen kontrol örnekleri olmak üzere iki çeşit olup depolama analizleri sonucunda en yüksek depolama stabilitesinin 4°C'de görüldüğü belirtilmiştir. Canlı mikroorganizma sayısındaki düşüş indeksi, depolama sıcaklığı arttıkça yükselmiştir. Arabic gumın koruyucu etkisi 15°C ve 30°C'deki depolamalarda dört haftaya kadar devam etmiş, bu sıcaklıklardaki depolamalarda dört hafta boyunca canlılıktaki düşüş birbirine yakın oranlarda gerçekleşmiştir. Sekiz hafta sonunda ise canlılık tamamen sona ermiştir. 4°C'deki depolamada ise sekiz hafta sonunda kontrol örneklerinde canlılık sona ererken, Arabic gum eklenen örneklerde, 95-100°C'de kurutulan örneklerde daha yüksek değerlerde olmak üzere canlılığın halen devam ettiği belirtilmiştir.

Yağsız ve tam yağlı sütlerden kefir üretiminde starter kültür ve inülin kullanmanın kefirin mikrobiyal canlılığı üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada ürün olarak 8 farklı tip kefir üretilmiş ve bu kefirler 28 gün depolanmıştır. Bu kefirlerde 28 günlük depolama sonucunda yapılan tüm mikrobiyal analizlerin gösterdiği sonuca göre asetik asit bakterilerinin sayısında herhangi bir düşüş gözlenmediği, laktik asit bakterilerinin canlılığı incelendiğinde ise 28 günlük depolama sonunda değerlerin 10.78-12,84 log kob/ml olarak tespit edildiği belirtilmiştir (Montanuci vd 2012)

Kefir tozlarının mikrobiyal analiz değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.42, Çizelge 4.43 ve Çizelge 4.44'te verilmiştir. Mikroorganizma değerleri depolama boyunca azalma göstermiş ve meydana gelen bu azalma istatistiksel açıdan önemli ($P<0.05$) bulunmuştur.

Çizelge 4.42. Kefir tozlarının Laktokok değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Depolama sıcaklığı	Laktokok (log kob/g)
4 °C	10.049 ^a ±0.136
25°C	9.382 ^b ±0.346
Depolama günleri	
1. Gün	10.863 ^a ±0.015
15. Gün	9.86 ^b ±0.045
30. Gün	9.755 ^c ±0.061
60. Gün	9.293 ^d ±0.436
90. Gün	8.806 ^e ±0.828

Aynı satırdaki farklı küçük harfler $P<0.05$ seviyesinde farklılık ifade eder.

Depolama zamanı faktörüne ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre, en yüksek Laktokok sayısı 10.863 (kob/g) ile depolamanın ilk gününde tespit edilirken canlılık gün geçtikçe azalmış ve depolama periyodunun 90. gününde 8.806 (kob/g) ile en düşük değere ulaşmıştır.

Çizelge 4.43. Kefir tozlarının Laktobasil değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Depolama sıcaklığı	Laktobasil (log kob/g)
4 °C	10.239 ^a ±0.196
25°C	9.217 ^b ±0.525
Depolama günleri	
1. Gün	11.183 ^a ±0.006
15. Gün	10.384 ^b ±0.239
30. Gün	9.726 ^c ±0.072
60. Gün	9.208 ^d ±0.453
90. Gün	8.139 ^e ±1.323

Aynı satırdaki farklı küçük harfler $P<0.05$ seviyesinde farklılık ifade eder.

Depolama zamanı faktörüne ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre, en yüksek Laktobasil sayısı 11.183 (kob/g) ile depolamanın ilk gününde tespit edilirken canlılık gün geçtikçe azalmış ve depolama periyodunun 90. gününde 8.139 (kob/g) ile en düşük değere ulaşmıştır.

Çizelge 4.44. Kefir tozlarının maya değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Depolama sıcaklığı	Maya (log kob/g)
4°C	2.581 ^a ±0.469
25°C	1.679 ^b ±0.421
Depolama günleri	
1. Gün	3.703 ^a ±0.018
15. Gün	2.962 ^b ±0.471
30. Gün	2.334 ^c ±0.966
60. Gün	1.651 ^d ±0.417
90. Gün	0 ^e ±0

Aynı satırdaki farklı küçük harfler $P < 0.05$ seviyesinde farklılık ifade eder.

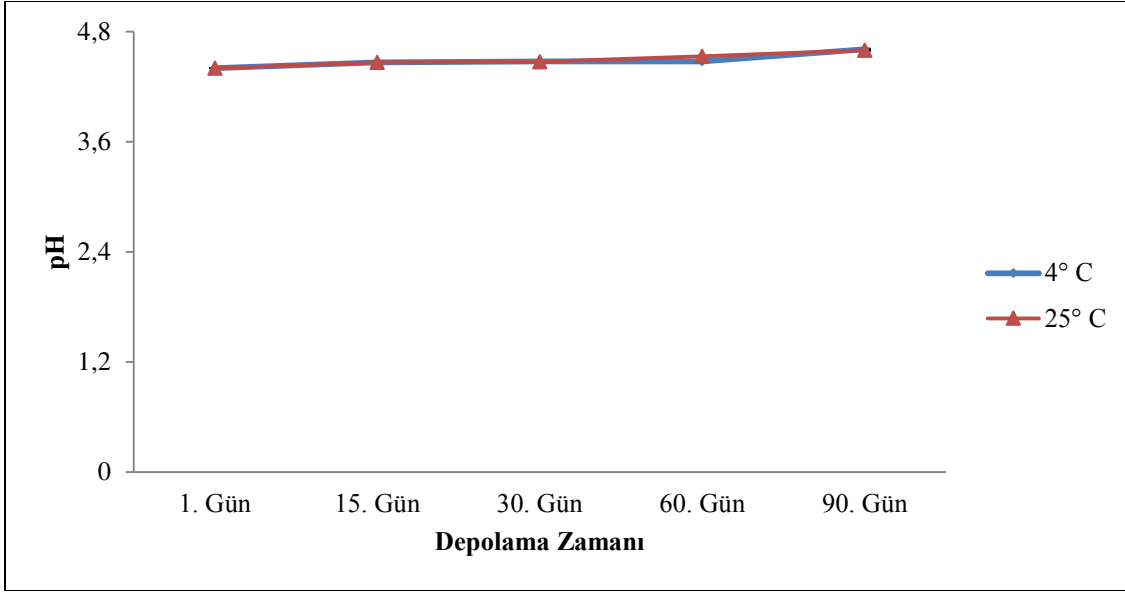
Depolama zamanı faktörüne ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre, en yüksek maya sayısı 3.703 (kob/g) ile depolamanın ilk gününde tespit edilirken canlılık gün geçtikçe azalmış ve depolama periyodunun 90. gününde hiç canlı maya tespit edilememiştir.

4.10.8. Kefir tozu örneklerine ait pH ve titrasyon asitliği sonuçları

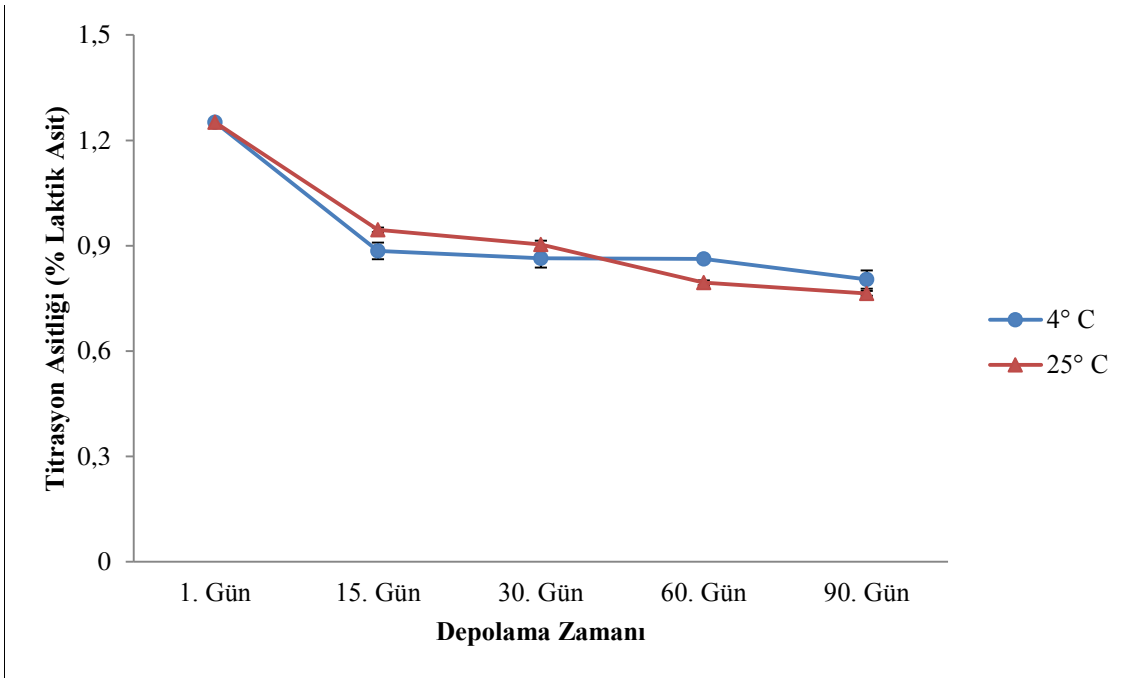
İki farklı sıcaklıkta depolanan kefir tozlarının depolama süresince pH ve titrasyon asitliği analizleri tozların rekonstitüye edilmesiyle yapılmıştır. Belirlenen pH ve titrasyon asitliği değerleri Çizelge 4.45'te, Şekil 4.42 ve Şekil 4.43'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.45. Kefir tozu örneklerinin ortalama pH ve titrasyon asitliği değerleri

Örnek	pH				
	1. Gün	15. Gün	30. Gün	60. Gün	90. Gün
4°C	4.40±0.00	4.47±0.01	4.48±0.01	4.48±0.01	4.61±0.01
25°C	4.40±0.00	4.47±0.01	4.47±0.00	4.53±0.00	4.60±0.01
Örnek	Titrasyon Asitliği (%laktik asit)				
	1. Gün	15. Gün	30. Gün	60. Gün	90. Gün
4°C	1.25±0.00	0.89±0.02	0.86±0.03	0.86±0.00	0.80±0.03
25°C	1.25±0.00	0.94±0.01	0.90±0.01	0.79±0.01	0.76±0.01



Şekil 4.42. Kefir tozu örneklerine ait ortalama pH değerleri



Şekil 4.43. Kefir tozu örneklerine ait ortalama titrasyon asitliği değerleri

Çizelgeden de görüldüğü üzere, pH değeri arttıkça titrasyon asitliği değeri azalmıştır. Tozların pH değeri 4.40-4.60 arasında değişirken titrasyon asitliği değerleri %laktik asit cinsinden 1.25-0.76 aralığında tespit edilmiştir.

Kefir tozunda elde edilen titrasyon asitliği değerleri Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne uygunluk göstermiştir. Kodekste kefir için belirlenen laktik asit cinsinden %titrasyon asitliği değeri en az 0.6'dır (Anonim 2009a). Tebliğ göz önüne

alındığında 4°C ve 25°C depolanan kefir tozlarının 90 günlük periyot sonunda halen laktik asit cinsinden titrasyon asitliği değerlerine uygun olduğu görülmektedir.

Kefir tozlarının depolama süresince tespit edilen pH değerleri istatistiksel açıdan değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.46'da sunulmuştur. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde sıcaklığın, depolama zamanının ve depolama zamanı * sıcaklık interaksyonunun $P<0.001$ düzeyinde pH değeri üzerinde önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.46. Kefir tozlarının pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Sıcaklık (S)	1	0.00032	10.67***
Depolama Zamanı (DZ)	4	0.0212675	708.92***
S x DZ	4	0.0007075	23.58***
Hata	10	0.00003	

*** $P<0.001$ düzeyinde önemli

Kefir tozlarının pH değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.47'de verilmiştir. pH değerleri depolama boyunca artış göstermiş ve meydana gelen bu artış istatistiksel açıdan önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Depolama zamanı faktörüne ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre, en düşük pH 0.484 değeriyle depolamanın ilk gününde tespit edilmiştir. Devam eden depolama süresince örnekler için pH değerleri artış göstermiş ve en yüksek pH değeri (4.6) depolamanın 90. gününde belirlenmiştir.

Çizelge 4.47. Kefir tozu örneklerinin pH değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Depolama sıcaklığı	pH
4 °C	4.484 ^b ±0.022
25°C	4.492 ^a ±0.022
Depolama günleri	
1. Gün	4.4 ^d ±0
15. Gün	4.465 ^c ±0.004
30. Gün	4.473 ^c ±0.004
60. Gün	4.503 ^b ±0.023
90. Gün	4.6 ^a ±0.006

Aynı satırdaki farklı küçük harfler $P<0.05$ seviyesinde farklılık ifade eder.

Kefir tozu örneklerine ait titrasyon asitliği değerlerine ait istatistiksel değerlendirmede varyans analizi sonuçları (Çizelge 4.48) incelendiğinde depolama zamanının ve depolama zamanı * sıcaklık interaksyonunun $P<0.001$ düzeyinde pH değeri üzerinde önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.48. Kefir tozu örneklerinin titrasyon asitliği değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	K.O.	F
Sıcaklık (S)	1	0.00001326	0.06
Depolama Zamanı (DZ)	4	0.1374463	638.89***
S x DZ	4	0.00283009	13.16***
Hata	10	0.00021513	

*** $P<0.001$ düzeyinde önemli

Kefir tozlarının titrasyon asitliği değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.49'da verilmiştir. Titrasyon asitliği değerleri depolama boyunca azalmış ve meydana gelen bu azalış istatistiksel açıdan önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Depolama zamanı faktörüne ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre, en yüksek titrasyon asitliği %1.252 değeriyle depolamanın ilk gününde tespit edilmiştir. Devam eden depolama süresince örneklerle ait titrasyon asitliği değerleri azalma göstermiş ve en düşük titrasyon asitliği değeri (%0.784) depolamanın 90. gününde belirlenmiştir.

Çizelge 4.49. Kefir tozu örneklerinin titrasyon asitliği değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Depolama sıcaklığı	Titrasyon Asitliği (% Laktik Asit)
4 °C	0.933 ^a ±0.054
25°C	0.932 ^a ±0.058
Depolama günleri	
1. Gün	1.252 ^a ±0.002
15. Gün	0.915 ^b ±0.026
30. Gün	0.883 ^c ±0.02
60. Gün	0.828 ^d ±0.028
90. Gün	0.784 ^e ±0.02

Aynı satırdaki farklı küçük harfler $P<0.05$ seviyesinde farklılık ifade eder.

5. SONUÇ

Bu projeyle, ülkemizde tüketimi her yıl artan ve daha çok evlerde geleneksel yöntemlerle üretilen kefirin, püskürterek kurutma ile tüketimi kolay, standart kalite özelliklerine sahip ve raf ömrü uzatılmış toz içecek miksine dönüştürülmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu araştırma kapsamında kefire, iki farklı taşıyıcı madde üç farklı oranda kombinasyon halinde eklendikten sonra homojenize edilmiş ve püskürterek kurutma yöntemi ile toz forma dönüştürülmüştür. Ayrıca üretim koşullarının son ürünün kalite özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla bazı kalite analizleri yürütülmüştür. Araştırma sonunda elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir:

1. İki farklı taşıyıcı madde kefire üç farklı oranda eklenmiş ve üretimler sonucunda en yüksek verimle gerçekleşen ürün formülasyonu MD/AG %50/50, %0 inülin ve 75°C hava çıkış sıcaklığı olarak belirlenmiştir.

2. Üretilen tozlarda yapılan analiz sonuçlarına bakıldığında nem miktarı ve su aktivitesi üzerine taşıyıcı madde oranı, inülin eklenmesi ve hava çıkış sıcaklığı değişiminin önemli bir fark yaratmadığı görülmektedir. Ancak yığın yoğunluğu ve higroskopite değerleri üzerine üretim parametrelerinde ki üç değişkende önemli etkilerde bulunmuştur.

3. Tozların ıslanabilirlik sürelerine hava çıkış sıcaklığı ve inülin eklenmesinin farklılık yarattığı belirlenirken dağılılabilirlik değerini etkileyen tek faktör ise yine inülin olmuştur. En fazla dağılılabilirlik yüzdesine sahip ürün %1.5 (w/w) oranında inülin eklenmiş kefirin %50/50 oranında MD/AG taşıyıcı madde kombinasyonu ile 65°C'de gerçekleştirilen kurutma sonucunda elde edilirken, ıslanabilirlik analizini en kısa sürede tamamlayan örnek %1.5 (w/w) oranında inülin eklenmiş kefirin taşıyıcı madde olarak yalnızca MD kullanılan ve 75°C'de kurutulan toz ürün olarak belirlenmiştir.

4. Mikrobiyal analizler sonucunda laktik asit bakterilerinin canlılığına üretim parametrelerindeki değişimler önemli bir fark yaratmazken maya canlılığı hava çıkış sıcaklığı değerindeki değişimlerden etkilenmiş ve sıcaklık değerindeki yükselme canlılığı olumsuz yönde etkilemiştir.

5. Üretilen tozları rekonstitüye ederek elde edilen kefirde yapılan pH ve titrasyon asitliği analizi sonuçlarına göre pH değeri inülin faktöründen etkilenirken, titrasyon asitliği inülinle birlikte taşıyıcı madde kombinasyonundan da etkilenmiştir.

6. Deneme desenindeki üretimler sonucunda en yüksek verime ve canlılık değerine sahip ürün formülasyonu istatistiki analizler sonucunda belirlenmiş ve bu formülasyon 4°C ve 25°C'de vakumla paketlenmiş polietilen ambalajlarda 90 gün süreyle depolanmıştır. Depolama süresince yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda laktik asit bakterilerinin başlangıç canlılığının gün geçtikçe azaldığı fakat 90 gün sonunda hala yeterli miktarda canlı bakteri bulunduğu tespit edilirken, maya canlılığı 90 günün sonunda tamamen sona ermiştir. 90 günlük depolama periyodu süresince titrasyon asitliği değeri ilk günden itibaren düşüş gösterse de, 90. günün sonunda yapılan analiz sonucuna göre iki farklı sıcaklıkta depolanan kefir tozlarının her birinin Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde belirtilen resmi rakamlara uygun olduğu tespit edilmiştir.

6. KAYNAKLAR

- ADACHI, S. 1992. Lactic Acid Bacteria and the Control of Tumours. In: WOOD, B.B. (The Lactic Acid Bacteria Volume 1, Springer US, pp. 233-261,
- AHMED, Z., WANG, Y.P., AHMAD, A., KHAN, S.T., NISA, M., AHMAD, H. and AFREEN, A. 2013. Kefir and Health: A Contemporary Perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53:422-434.
- AKIN, M.B., AKIN, M.S. and KIRMACI, Z. 2007. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. *Food Chemistry*, 104:93-99.
- ALGIRDAS LIUTKEVIČIUS and ŠARKINAS, A. 2004. STUDIES ON THE GROWTH CONDITIONS AND COMPOSITION OF KEFIR GRAIN - AS A FOOD AND FORAGE BIOMASS. *VETERINARIJA IR ZOOTECHNIKA*, 47(25)
- ALPKENT, Z.D., M. 2004. Kefirin sağlık üzerine etkileri.
- AMERI, M. and MAA, Y.F. 2006. Spray drying of biopharmaceuticals: Stability and process considerations. *Drying Technology*, 24:763-768.
- ANONİM. 2009a. Türk gıda kodeksi fermente süt ürünleri tebliği. Türkiye cumhuriyeti Başbakanlık
- ANONİM 2009b. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği. Resmi Gazete.
- ANONİM. 2011. DÜNYA VE TÜRKİYE'DE SÜT SEKTÖR İSTATİSTİKLERİ.
- ANONİM. 2013. Kefir. <http://www.kefir.gen.tr/> Erişim Tarihi 20.05.2013
- ARIHARA, K., TOBA, T. and ADACHI, S. 1990. Immunofluorescence microscopic studies on distribution of *Lactobacillus kefirifaciens* and *Lactobacillus kefir* in kefir grains. *International Journal of Food Microbiology*, 11(2):127-134.
- ARYANA, K.J. and MCGREW, P. 2007. Quality attributes of yogurt with *Lactobacillus casei* and various prebiotics. *LWT - Food Science and Technology*, 40(10):1808-1814.
- AYSABAR, C. 2010. 4 hafta süre ile tüketilen kefirin uzun süreli submaksimal egzersiz sonrası bağışıklık sistemi üzerine olan etkisi. Abant İzzet Baysal Üniversitesi, 97 pp.
- BANSODE, S.S., BANARJEE, S.K., GAIKWAD, D.D., JADHAV, S.L. and THORAT, R.M. 2010. Microencapsulation: A review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*. 2(1):38-43.
- BARBOSA-CANOVAS, G. and JULIANO, P. 2005. Physical and chemical properties of food powders. In: doi:10.1201/9781420028300.ch3), *Encapsulated and Powdered Foods*, CRC Press, pp. 39-71,

- BARBOSA-CANOVAS, G.V. 2005. Food powders : physical properties, processing, and functionality. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, pp.
- BAYSAL, T. 2010. Genel Beslenme. pp.
- BESHKOVA, D.M., SIMOVA, E.D., SIMOV, Z.I., FRENGOVA, G.I. and SPASOV, Z.N. 2002. Pure cultures for making kefir. *Food Microbiology*, 19(5):537-544.
- BODYFELT, F.W., TOBIAS, J. and TROUT, G.M. 2005. The sensory evaluation of dairy products. New York, USA, pp.
- BOZA, Y., BARBIN, D. and SCAMPARINI, A.R.P. 2004. Effect of spray-drying on the quality of encapsulated cells of *Beijerinckia* sp. *Process Biochemistry*, 39(10):1275-1284.
- BRUSCHI, M.L., CARDOSO, M.L.C., LUCCHESI, M.B. and GREMIÃO, M.P.D. 2003. Gelatin microparticles containing propolis obtained by spray-drying technique: preparation and characterization. *International Journal of Pharmaceutics*, 264(1-2):45-55.
- CAI, Y.Z. and CORKE, H. 2000. Production and Properties of Spray-dried *Amaranthus* Betacyanin Pigments. *Journal of Food Science*, 65(7):1248-1252.
- CHAMPAGNE, C.P. and FUSTIER, P. 2007. Microencapsulation for the improved delivery of bioactive compounds into foods. *Current Opinion in Biotechnology*, 18(2):184-190.
- CHAMPAGNE, C.P., RAYMOND, Y. and TOMPKINS, T.A. 2010. The determination of viable counts in probiotic cultures microencapsulated by spray-coating. *Food Microbiology*, 27(8):1104-1111.
- CHAN, E.S. and ZHANG, Z. 2002. Encapsulation of probiotic bacteria *Lactobacillus acidophilus* by direct compression. *Food and Bioprocess Processing*, 80(2):78-82.
- CHÁVEZ, B.E. and LEDEBOER, A.M. 2007. Drying of probiotics: Optimization of formulation and process to enhance storage survival. *Drying Technology*, 25(7-8):1193-1201.
- CHEN, H.-C., WANG, S.-Y. and CHEN, M.-J. 2008. Microbiological study of lactic acid bacteria in kefir grains by culture-dependent and culture-independent methods. *Food Microbiology*, 25(3):492-501.
- CHEN, M.-J. and CHEN, K.-N. 2007. Applications of probiotic encapsulation in dairy products. In, encapsulation and controlled release technologies in Food Systems, Blackwell Publishing, pp. 83-112,
- COLLARES, F.P., FINZER, J.R.D. and KIECKBUSCH, T.G. 2004. Glass transition control of the detachment of food pastes dried over glass plates. *Journal of Food Engineering*, 61(2):261-267.

- CORCORAN, B.M., ROSS, R.P., FITZGERALD, G.F. and STANTON, C. 2004. Comparative survival of probiotic lactobacilli spray-dried in the presence of prebiotic substances. *J Appl Microbiol*, 96(5):1024-1039.
- ÇAKIR, İ. 2003. Lactobacillus ve bifidobakterlerde bazı probiyotik özelliklerin belirlenmesi. Ankara Üniversitesi, 86 pp.
- ÇAKIR, İ. and ÇAKMAKÇI, M.L. 2004. Probiyotikler: Tanımı, etki mekanizması, seçim ve güvenilirlik kriterleri. *Gıda*, 6(29):427-434.
- DE ANTONI, G., ZAGO, M., VASEK, O., GIRAFFA, G., CARMINATI, D., MARCO, M.B., REINHEIMER, J. and SUAREZ, V. 2010. *Lactobacillus plantarum* bacteriophages isolated from Kefir grains: phenotypic and molecular characterization. *J Dairy Res*, 77(1):7-12.
- DE OLIVEIRA, M.A., MAIA, G.A., DE FIGUEIREDO, R.W., DE SOUZA, A.C.R., DE BRITO, E.S. and DE AZEREDO, H.M.C. 2009. Addition of cashew tree gum to maltodextrin-based carriers for spray drying of cashew apple juice. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(3):641-645.
- DE VOS, P., FAAS, M.M., SPASOJEVIC, M. and SIKKEMA, J. 2010. Encapsulation for preservation of functionality and targeted delivery of bioactive food components. *International Dairy Journal*, 20(4):292-302.
- DEMİR, M. 2001. Kefir dondurması üretimi ve üretilen dondurmaların duyuşal, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. Akdeniz Üniversitesi, pp.
- DESAI, K.G.H. and JIN PARK, H. 2005. Recent developments in microencapsulation of food ingredients. *Drying Technology*, 23(7):1361-1394.
- DESMOND, C., ROSS, R.P., O'CALLAGHAN, E., FITZGERALD, G. and STANTON, C. 2002. Improved survival of *Lactobacillus paracasei* NFBC 338 in spray-dried powders containing gum acacia. *J Appl Microbiol*, 93(6):1003-1011.
- DICKINSON, E. 2003. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*, 17(1):25-39.
- DIMITRELLOU, D., KANDYLIS, P., MALLOUCHOS, A., KOMAITIS, M., KOUTINAS, A.A. and KOURKOUTAS, Y. 2010. Effect of freeze-dried kefir culture on proteolysis in feta-type and whey-cheeses. *Food Chemistry*, 119(2):795-800.
- EL- TINAY, A.H. and ISMAIL, I.A. 1985. Effect of some additives and processes on the characteristics of agglomerated and granulated spray- dried Roselle powder.
- EL-NAGAR, G., CLOWES, G., TUDORICĂ, C.M., KURI, V. and BRENNAN, C.S. 2002. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. *International Journal of Dairy Technology*, 55(2):89-93.

- ERDINC, I.B. 2007. Micro/Nanoencapsulation of proteins within alginate/chitosan matrix by spray drying. Queen's University, 81 pp.
- FARNWORTH, E.R. 2005. Kefir – a complex probiotic. *Food Science and Technology Bulletin: Functional Foods*, 2(1):1-17.
- FRITZEN-FREIRE, C.B., PRUDÊNCIO, E.S., AMBONI, R.D.M.C., PINTO, S.S., NEGRÃO-MURAKAMI, A.N. and MURAKAMI, F.S. 2012. Microencapsulation of bifidobacteria by spray drying in the presence of prebiotics. *Food Research International*, 45(1):306-312.
- GOLOWCZYC, M.A., MOBILI, P., GARROTE, G.L., ABRAHAM, A.G. and DE ANTONI, G.L. 2007. Protective action of *Lactobacillus kefir* carrying S-layer protein against *Salmonella enterica* serovar Enteritidis. *Int J Food Microbiol*, 118(3):264-273.
- GOLOWCZYC, M.A., SILVA, J., TEIXEIRA, P., DE ANTONI, G.L. and ABRAHAM, A.G. 2011. Cellular injuries of spray-dried *Lactobacillus* spp. isolated from kefir and their impact on probiotic properties. *International Journal of Food Microbiology*, 144(3):556-560.
- GONCU, A. and ALPKENT, Z. 2005. Sensory and chemical properties of white pickled cheese produced using kefir, yoghurt or a commercial cheese culture as a starter. *International Dairy Journal*, 15(6–9):771-776.
- GOULA, A.M., KARAPANTSIOS, T.D., ACHILIAS, D.S. and ADAMOPOULOS, K.G. 2008. Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp. *Journal of Food Engineering*, 85(1):73-83.
- GÖNÜLATEŞ, N. 2008. Kefirin insanlar üzerindeki immunamodilatör etkisinin araştırılması. Süleyman Demirel Ün., Tıp Fak., Mikrobiyoloji ve Klinik Mikrobiyoloji Ana Bilim Dalı Isparta, pp.
- GRABOWSKI, J.A., TRUONG, V.D. and DAUBERT, C.R. 2008. Nutritional and rheological characterization of spray dried sweetpotato powder. *LWT - Food Science and Technology*, 41(2):206-216.
- GULMEZ, M. and GUVEN, A. 2003. Behavior of *Escherichia coli* 0157: H7, *Listeria monocytogenes* 4b and *Yersenia enterocolitica* 03 in pasteurized and non-pasteurized Kefir fermented for one or two days. *Food Science and Biotechnology*, 9:365-369.
- GÜZEL-SEYDIM, Z.B., WYFFELS, J.T., SEYDIM, A.C. and GREENE, A.K. 2005. Turkish kefir and kefir grains: microbial enumeration and electron microscobic observation. *International Journal of Dairy Technology*, 1(58):25-29.
- HADDADIN, M.S.Y., AWAISHEH, S.S. and ROBINSON, R.K. 2004. The Production of yoghurt with probiotic bacteria from infants in Jordan. *Pakistan Journal of Nutrition*, 5(3):290-293.

- HALL, C.W. and HEDRICK, T.I. 1975. Drying of milk and milk products. The Avi Publishing Company, pp.
- HERTZLER, S.R. and CLANCY, S.M. 2003. Kefir improves lactose digestion and tolerance in adults with lactose maldigestion. *Journal of the American Dietetic Association*, 103(5):582-587.
- HOSONO, A., TANABE, T. and OTANI, H. 1990. Binding properties of lactic acid bacteria isolated from kefir milk with mutagenic amino acid pyrolyzates. *Milchwissenschaft*, 45(10):647-651.
- İNAL, T. 1990. Süt ve Süt Ürünleri Teknolojisi. Final Ofset, 558-566 pp.
- IRIGOYEN, A., ARANA, I., CASTIELLA, M., TORRE, P. and IBÁÑEZ, F.C. 2005. Microbiological, physicochemical, and sensory characteristics of kefir during storage. *Food Chemistry*, 90(4):613-620.
- JANKOWSKI, T., ZIELINSKA, M. and WYSAKOWSKA, A. 1997. Encapsulation of lactic acid bacteria with alginate/starch capsules. *Biotechnology Techniques*, 11(1):31-34.
- KAMPMAN, E., VAN 'T VEER, P., HIDDINK, G.J., VAN AKEN-SCHNEIJDER, P., KOK, F.J. and HERMUS, R.J. 1994. Fermented dairy products, dietary calcium and colon cancer: a case-control study in The Netherlands. *Int J Cancer*, 59(2):170-176.
- KARAGÖZLÜ, C.D., Z. 2012. Türkiye’de endüstriyel kefir tüketiminin artırılması.
- KEARNEY, N., MENG, X.C., STANTON, C., KELLY, J., FITZGERALD, G.F. and ROSS, R.P. 2009. Development of a spray dried probiotic yoghurt containing *Lactobacillus paracasei* NFBC 338. *International Dairy Journal*, (19):684- 689.
- KIM, E.H., CHEN, X.D. and PEARCE, D. 2005. Effect of surface composition on the flowability of industrial spray-dried dairy powders. *Colloids Surf B Biointerfaces*, 46(3):182-187.
- KIM, E.H.J., CHEN, X.D. and PEARCE, D. 2002. Surface characterization of four industrial spray-dried dairy powders in relation to chemical composition, structure and wetting property. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 26(3):197-212.
- KIM, E.H.J., CHEN, X.D. and PEARCE, D. 2009. Surface composition of industrial spray-dried milk powders. 3. Changes in the surface composition during long-term storage. *Journal of Food Engineering*, 94(2):182-191.
- KING, A.H. 1995. Encapsulation and controlled release of food ingredients. American Chemical Society, pp.
- KINIK, Ö., KAVAS, G. and YILMAZ, E. 2003. Mikroenkapsülasyon tekniği ve süt teknolojisindeki kullanım olanakları. *Gıda*, 4(28):401-407.

- KNIPSCHILDT, M.E. and ANDERSEN, G.G. 1994. Drying of Milk and Milk Products. In: ROBINSON, R.K. (Robinson: Modern Dairy Technology, Springer US, pp. 159-254,
- KOÇ, B. 2008. Püskürtmeli kurutma yöntemi ile yoğurt tozu üretim koşullarının optimizasyonu. Ege Üniversitesi, 237 pp.
- KOÇ, M., SAKIN, M. and ERTEKİN, F. 2010. Mikroenkapsülasyon ve gıda teknolojisinde kullanımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(16):77-86.
- KOROLEVA, N.S. 1988a. Technology of kefir and kumys. *Science and Technology of Fermented Milks*, (227)
- KOSANKE, J.W., OSBURN, R.M., SHUPPE, G.I. and SMITH, R.S. 1992. Slow rehydration improves the recovery of dried bacterial populations. *Can J Microbiol*, 38(6):520-525.
- KRISHNAN, S., BHOSALE, R. and SINGHAL, R.S. 2005. Microencapsulation of cardamom oleoresin: Evaluation of blends of gum arabic, maltodextrin and a modified starch as wall materials. *Carbohydrate Polymers*, 61(1):95-102.
- KUMAR, P. and MISHRA, H.N. 2004. Yoghurt Powder—A Review of Process Technology, Storage and Utilization. *Food and Bioproducts Processing*, 82(2):133-142.
- KURMANN, J.A., RASIC, J.L., KROGER, M. 1992. Encyclopedia of fermented fresh milk products published. Van Nostrand Reinhold, New York, pp.
- LEE, D., JANG, S., BAEK, E., KIM, M., LEE, K., SHIN, H., CHUNG, M., KIM, J., LEE, K. and HA, N. 2009. Lactic acid bacteria affect serum cholesterol levels, harmful fecal enzyme activity, and fecal water content. *Lipids in Health and Disease*, 8(1):21.
- LIAN, W.-C., HSIAO, H.-C. and CHOU, C.-C. 2002. Survival of bifidobacteria after spray-drying. *International Journal of Food Microbiology*, 74(1–2):79-86.
- LIBUDZISZ, Z. and PIATKIEWICZ, A. 1990. Kefir production in Poland. *International Dairy Journal*, (55):31-33.
- LIU, J.R., WANG, S.Y., CHEN, M.J., CHEN, H.L., YUEH, P.Y. and LIN, C.W. 2006. Hypocholesterolaemic effects of milk-kefir and soyamilk-kefir in cholesterol-fed hamsters. *Br J Nutr*, 95(5):939-946.
- MADRIGAL, L. and SANGRONIS, E. 2007. La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. pp.
- MARSHALL, V.M. 1993. Starter cultures for milk fermentation and their characteristics. *International Journal of Dairy Technology*, 46(2):49-56.

- MARTIN-DIANA, A.B., JANER, C., PELÁEZ, C. and REQUENA, T. 2003. Development of a fermented goat's milk containing probiotic bacteria. *International Dairy Journal*, 13(10):827-833.
- METIN, M. and ÖZTÜRK, F. 2002. Süt ve mamulleri analiz yöntemleri. Ege Üniversitesi Ege Meslek Yüksekokulu Yayınları, pp.
- MIYAMOTO, T.O.U.J.F.O.A.M., H.; NISHIOKA, K.; KATAOKA, K.; IZUMIMOTO, M.; KUYAMA, T. 1991. Constituent species of lactic acid bacteria from kefir and their desmutagenic properties. *Japanese Journal of Dairy and Food Science*, 3(40):111-120.
- MOL, S. 2008. Balık yağı tüketimi ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Journal of Fisheries Sciences*, 2(4):601-607.
- MONTANUCI, F.D., PIMENTEL, T.C., GARCIA, S. and PRUDENCIO, S.H. 2012. Effect of starter culture and inulin addition on microbial viability, texture, and chemical characteristics of whole or skim milk Kefir. *Ciencia E Tecnologia De Alimentos*, 32(4):850-861.
- MORGAN, S.M., HICKEY, R., ROSS, R.P. and HILL, C. 2000. Efficient method for the detection of microbially-produced antibacterial substances from food systems. *J Appl Microbiol*, 89(1):56-62.
- MUMCU, Z.N. 1997. Kefirden izole edilen bazı laktik asit bakterilerinin metabolik, antimikrobiyal ve plasmid DNA'larının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, pp.
- MUTHUKUMARASAMY, P. and HOLLEY, R.A. 2006. Microbiological and sensory quality of dry fermented sausages containing alginate-microencapsulated *Lactobacillus reuteri*. *International Journal of Food Microbiology*, 111(2):164-169.
- NEVE, H. 1992. Analysis of kefir grain starter cultures by scanning electron microscopy. *Milchwissenschaft*, 47(5):275-278.
- NOH, D.O., KIM, S.H. and GILLILAND, S.E. 1997. Incorporation of cholesterol into the cellular membrane of *Lactobacillus acidophilus* ATCC 43121. *J Dairy Sci*, 80(12):3107-3113.
- OTLES, S. and CAGINDI, O. 2003. Kefir: A probiotic dairy composition, nutritional and therapeutic aspects. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2(2):54-59.
- ÖZPINAR, A. 2012. Kefir ve bozanın in vitro antioksidan aktivitelerinin araştırılması. Yıldız Teknik Üniversitesi, 84 pp.
- ÖZSOY, İ., VATANSEVER, F., ORHAN, T.Y. and ÖZKARABACAK, Ö. 1998. Kefirin in vivo koşullarda bağırsak mikroflorası üzerine etkisi. Ege Üniversitesi, pp.

- PEIGHAMBARDOUST, S.H., GOLSHAN TAFTI, A. and HESARI, J. 2011. Application of spray drying for preservation of lactic acid starter cultures: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 22(5):215-224.
- PEKER, H.A., S. 2011. Mikroenkapsülasyon ve süt teknolojisinde kullanım alanları. *Akademik Gıda*, 6(9):70-80.
- PERI, C. and POMPEI, C. 1976. Search of optimum survival conditions for lactic acid bacteria in powders obtained by spray drying of yoghurt. *S TA NU*, 6(4):231-236.
- QUEK, S.Y., CHOK, N.K. and SWEDLUND, P. 2007. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 46(5):386-392.
- RASCÓN-DÍAZ, M., TEJERO, J., MENDOZA-GARCIA, P., GARCÍA, H. and SALGADO-CERVANTES, M. 2012. Spray drying yogurt incorporating hydrocolloids: Structural analysis, acetaldehyde content, viable bacteria, and rheological properties. *Food and Bioprocess Technology*, 5(2):560-567.
- ROWLEY, J.A., MADLAMBAYAN, G. and MOONEY, D.J. 2009. Alginate hydrogels as synthetic extracellular matrix materials. *Biomaterials*, 20(1):45-53.
- SAÉNZ, C., TAPIA, S., CHÁVEZ, J. and ROBERT, P. 2009. Microencapsulation by spray drying of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*). *Food Chemistry*, 114(2):616-622.
- SANTIVARANGKNA, C., KULOZIK, U. and FOERST, P. 2007. Alternative drying processes for the industrial preservation of lactic acid starter cultures. *Biotechnol Prog*, 23(2):302-315.
- SANTIVARANGKNA, C., KULOZIK, U. and FOERST, P. 2008. Inactivation mechanisms of lactic acid starter cultures preserved by drying processes. *J Appl Microbiol*, 105(1):1-13.
- SEMYONOV, D., RAMON, O., KAPLUN, Z., LEVIN-BRENER, L., GUREVICH, N. and SHIMONI, E. 2010. Microencapsulation of *Lactobacillus paracasei* by spray freeze drying. *Food Research International*, 43(1):193-202.
- SERDAROĞLU, M. and TURP, G.Y. 2003. Gıda işletmelerinde transglutaminaz kullanımı. *Gıda*, 2(28):209-215.
- SEZER, Ç. and GÜVEN, A. 2009. Investigation of bacteriocin production capability of lactic acid bacteria isolated from foods. *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 1(15):45-50.
- SHI, L.-E., LI, Z.-H., LI, D.-T., XU, M., CHEN, H.-Y., ZHANG, Z.-L. and TANG, Z.-X. 2013. Encapsulation of probiotic *Lactobacillus bulgaricus* in alginate–milk microspheres and evaluation of the survival in simulated gastrointestinal conditions. *Journal of Food Engineering*, 117(1):99-104.

- SHRESTHA, A.K., UA-ARAK, T., ADHIKARI, B.R., HOWES, T. and BHANDARI, B.R. 2007. Glass transition behavior of spray dried orange juice powder measures by differential scanning calorimetry (DSC) and thermal mechanical compression test (TMCT). *International Journal of Food Properties*, 10:661-673.
- SIMOVA, E., BESHKOVA, D., ANGELOV, A., HRISTOZOVA, T., FRENGOVA, G. and SPASOV, Z. 2002. Lactic acid bacteria and yeasts in kefir grains and kefir made from them. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 28(1):1-6.
- SIMOVA, E.D., BESHKOVA, D.B. and DIMITROV ZH, P. 2009. Characterization and antimicrobial spectrum of bacteriocins produced by lactic acid bacteria isolated from traditional Bulgarian dairy products. *J Appl Microbiol*, 106(2):692-701.
- STENCL, J. 2004. Modelling the water sorption isotherms of yoghurt powder spray. *Mathematics and Computers in Simulation*, 65(1-2):157-164.
- ŞAHİN NADEEM, H., TORUN, M. and ÖZDEMİR, F. 2011. Spray drying of the mountain tea (*Sideritis stricta*) water extract by using different hydrocolloid carriers. *LWT - Food Science and Technology*, 44(7):1626-1635.
- TADA, S., KATAKURA, Y., NINOMIYA, K. and SHIOYA, S. 2007. Fed-batch coculture of *Lactobacillus kefirianofaciens* with *Saccharomyces cerevisiae* for effective production of kefiran. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 103(6):557-562.
- TEWA-TAGNE, P., BRIANCON, S. and FESSI, H. 2007. Preparation of redispersible dry nanocapsules by means of spray-drying: development and characterisation. *Eur J Pharm Sci*, 30(2):124-135.
- USLU, G. 2010. Ankara piyasasında satılan kefirlerin mikrobiyolojik, fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine bir araştırma. Ankara Üniversitesi, pp.
- ÜNAL, E.E., Z. 2010. Probiyotik mikroorganizmaların mikroenkapsülasyonu. *Gıda*, 4(35):297-304.
- ÜNLÜTÜRK, A. ve TURANTAS, F. 1998. Gıda Mikrobiyolojisi. Mengi Tan Basımevi, pp.
- VAN'T VEER, P., DEKKER, J.M., LAMERS, J.W., KOK, F.J., SCHOUTEN, E.G., BRANTS, H.A., STURMANS, F. and HERMUS, R.J. 1989. Consumption of fermented milk products and breast cancer: a case-control study in The Netherlands. *Cancer Res*, 49(14):4020-4023.
- VUJIČIĆ, I.F., VULIĆ, M. and KÖNYVES, T. 1992. Assimilation of cholesterol in milk by kefir cultures. *Biotechnology Letters*, 14(9):847-850.
- WALTON, D.E. and MUMFORD, C.J. 1999. Spray dried products—characterization of particle morphology. *Chemical Engineering Research and Design*, 77(1):21-38.

- WANG, Y., AHMED, Z., FENG, W., LI, C. and SONG, S. 2008. Physicochemical properties of exopolysaccharide produced by *Lactobacillus kefirifaciens* ZW3 isolated from Tibet kefir. *International Journal of Biological Macromolecules*, 43(3):283-288.
- WARD, F.M. 1997. Hydrocolloid systems as fat mimetics in bakery products: icings, glazes and fillings. *Cereal foods world*, 42(5):386-390.
- WEBB, B.H. and JOHNSON, A.H.A., J. A. 1987. Fundamentals of dairy chemistry. Westport, Connecticut: AVI Publishing Co., Inc. , pp.
- WITTHUHN, R.C., SCHOEMAN, T. and BRITZ, T.J. 2004. Isolation and characterization of the microbial population of different South African kefir grains. *International Journal of Dairy Technology*, 57(1):33-37.
- WITTHUHN, R.C., SCHOEMAN, T. and BRITZ, T.J. 2005a. Characterisation of the microbial population at different stages of Kefir production and Kefir grain mass cultivation. *International Dairy Journal*, 15(4):383-389.
- WITTHUHN, R.C., SCHOEMAN, T., CILLIERS, A. and BRITZ, T.J. 2005b. Impact of preservation and different packaging conditions on the microbial community and activity of Kefir grains. *Food Microbiology*, 22(4):337-344.
- WRÓBLEWSKA, B., KOŁAKOWSKI, P., PAWLIKOWSKA, K., TROSZYŃSKA, A. and KALISZEWSKA, A. 2009. Influence of the addition of transglutaminase on the immunoreactivity of milk proteins and sensory quality of kefir. *Food Hydrocolloids*, 23(8):2434-2445.
- WSZOLEK, M., TAMIME, A.Y., MUIR, D.D. and BARCLAY, M.N.I. 2001. Properties of kefir made in Scotland and Poland using bovine, caprine and ovine milk with different starter cultures. *LWT - Food Science and Technology*, 34(4):251-261.
- XIAO, J.Z., KONDO, S., TAKAHASHI, N., MIYAJI, K., OSHIDA, K., HIRAMATSU, A., IWATSUKI, K., KOKUBO, S. and HOSONO, A. 2003. Effects of milk products fermented by *Bifidobacterium longum* on blood lipids in rats and healthy adult male volunteers. *J Dairy Sci*, 86(7):2452-2461.
- YESILLIK, S., YILDIRIM, N., DIKICI, A. and YILDIZ, A. 2011. Antibacterial effects of some fermented commercial and homemade dairy products and 0.9% lactic acid against selected foodborne pathogens. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6:189-195.
- YILMAZ, L., YILSAY, T.O. and BAYAZIT, A.A. 2006. The sensory characteristics of berryflavoured kefir. *Czech. J. Food Sci*, (24):26-32.
- YILSAY, T.Ö. and KURDAL, E. 2000. Probiyotik Süt Ürünlerinin Beslenme ve Sağlık Üzerindeki Etkisi. Süt Mikrobiyolojisi ve Katkı Maddeleri.

- YOUNG, S.L., SARDA, X. and ROSENBERG, M. 1993. Microencapsulating properties of whey proteins. 2. Combination of Whey Proteins with Carbohydrates. *Journal of Dairy Science*, 76(10):2878-2885.
- YÜKSEKDAĞ, Z.N., BEYATLI, Y. and ASLIM, B. 2004. Determination of some characteristics coccoid forms of lactic acid bacteria isolated from Turkish kefir with natural probiotic. *LWT - Food Science and Technology*, 37(6):663-667.
- ZACCONI, C., SCOLARI, G. and SARRA, P.G. 1999. Effect of administration of *Lactobacillus salivarius* and lactic microflora in chick digestive tract. *Annali di Microbiologia ed Enzimologia*, (49):117-123.
- ZHOU, J., LIU, X., JIANG, H. and DONG, M. 2009. Analysis of the microflora in Tibetan kefir grains using denaturing gradient gel electrophoresis. *Food Microbiol*, 26(8):770-775.
- ZOU, Q., LIU, X., ZHAO, J., TIAN, F., ZHANG, H.P., ZHANG, H. and CHEN, W. 2012. Microencapsulation of *Bifidobacterium bifidum* F-35 in whey protein-based microcapsules by transglutaminase-induced gelation. *J Food Sci*, 77(5):M270-277.
- ZUBILLAGA, M., WEILL, R., POSTAIRE, E., GOLDMAN, C., CARO, R. and BOCCIO, J. 2001. Effect of probiotics and functional foods and their use in different diseases. *Nutrition Research*, 21(3):569-579.

ÖZGEÇMİŞ

Zeynep NALE 1988 yılında Antalya’da doğdu. Lise öğrenimini Antalya’da tamamladı. 2007 yılında girdiği Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nden 2011 yılında mezun oldu. Aynı yıl Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans eğitimine başlayan Zeynep NALE, halen aynı kurumda eğitimini sürdürmektedir.