

KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TAM YAĞLI YOĞURT ÜRETİMİNDE
NATAMİSİN, NIŞASTA, JELATİN VE BİTKİSEL YAĞ TAĞŞIŞLERİNİN
KIZILÖTESİ SPEKTROSKOPİK YÖNTEM İLE SAPTANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Safiye UYSAL

İleri Teknolojiler Anabilim Dalı
Gıda Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2024

KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TAM YAĞLI YOĞURT ÜRETİMİNDE
NATAMİSİN, NIŞASTA, JELATİN VE BİTKİSEL YAĞ TAĞŞIŞLARININ
KIZILÖTESİ SPEKTROSKOPİK YÖNTEM İLE SAPTANMASI.

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Safiye UYSAL
220801207

İleri Teknolojiler Anabilim Dalı
Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sulhattin YAŞAR

HAZİRAN 2024

TEZ ONAYI

Safiye UYSAL tarafından hazırlanan ‘Tam yağlı yoğurt üretiminde natamisin, nişasta, jelatin ve bitkisel yağ taşıyıcılarının kızılötesi spektroskopik yöntem ile saptanması’ adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda (**YÜKSEK LİSANS TEZİ**) olarak kabul edilmiştir.

Danışman:

Prof. Dr. Sulhattin YAŞAR

Jüri Üyeleri

İmza:

Prof. Dr. Ahmet ÜNVER

Prof. Dr. Sulhattin YAŞAR

Dr.Öğretim Üyesi Hülya ŞEN ARSLAN

Tez Savunma Tarihi: 24/06/2024

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Murat MAYDA
Enstitü Müdürü



BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Safiye UYSAL



ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez konusu seçiminde, araştırmanın yürütülmesinde, analizlerin yapılmasında ve sonuçların değerlendirilmesi sürecinde destek veren değerli hocam Prof. Dr. Sulhattin YAŞAR'a teşekkür ederim. Çalışmam boyunca bilgi ve yardımlarından dolayı Doç. Dr.Nizam Mustafa NİZAMLIOĞLU'na teşekkür ederim. Analizlerin yapımında ve laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan arkadaşım kimya yüksek mühendisi Merve KOÇ'a ayrıca manevi desteğini her an yanımda hissettiğim canım eşim Mustafa Fehmi UYSAL'a teşekkür ederim.

HAZİRAN 2024

Safiye UYSAL
Gıda Teknolojisi Öğretmeni



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
ABSTRACT	xix
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1 Yoğurdun Tanımı	5
2.2 Yoğurdun Tarihçesi	5
2.3 Yoğurdun Bileşimi.....	6
2.4 Yoğurdun Besin Değeri ve İnsan Sağlığındaki Önemi.....	6
2.5 Yoğurt Bakterileri.....	8
2.6 Yoğurt Üretimi	8
2.6.1 Klarifikasyon.....	9
2.6.2 Standardizasyon.....	9
2.6.3 Deaerasyon (Vakum altında sütün havasının giderilmesi)	9
2.6.4 Homojenizasyon	10
2.6.5 Sütün ısıtılması	10
2.6.6 Pastörize edilmiş sütün inkübasyon sıcaklığına kadar soğutulması	10
2.6.7 İnokülasyon kültür ilavesi	10
2.6.8 İnkübasyon	11
2.6.9 Soğutma	11
2.6.10 Ambalajlama ve muhafaza	11
2.7 Kaliteli Bir Yoğurdun Özellikleri.....	11
2.8 Yoğurta Yapılan Tağşışler	12
2.8.1 Nişasta.....	13
2.8.2 Jelatin.....	14
2.8.3 Bitkisel yağ.....	15
2.8.4 Natamisin	16
2.9 Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi	17
2.10 Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisinin Avantajları	20
2.11 Kemometrik Yöntemler	21
2.11.1 Temel bileşen analizi	21
2.11.2 Kısmi en küçük kareler-diskriminant analizi	22
2.11.3 Kısmi en küçük kareler regresyon analizi (PLSR)	22
2.11.4 Kısmi en küçük kareler regresyon analizi (PLS-R).....	22
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER	25
3.1 Materyal	25
3.1.1 Yoğurt üretimini için kullanılacak sütlerin temini.....	25
3.1.2 Katkıların temin edilmesi	25
3.2 Yöntem.....	25
3.2.1 Nişasta ilave edilen yoğurtların hazırlanması.....	25

3.2.2 Jelatin ilave edilen yoğurtların hazırlanması.....	27
3.2.3 Bitkisel yağ ilave edilen yoğurtların hazırlanması	27
3.2.4 Natamisin ilave edilen yoğurtların hazırlanması	27
3.2.5 Kimyasal analizler	28
3.2.6 Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR) analizleri	28
3.2.7 İstatistiki analizler.....	28
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	31
4.1 Katkısız ve Tağşiş Edilmiş Sütlerde Yapılan Kimyasal Analizler	32
4.1.1 Katkısız ve tağşiş edilmiş sütlerin kuru madde analizleri.....	32
4.1.2 Katkısız ve tağşiş edilmiş sütlerin yağ analizleri	33
4.1.3 Katkısız ve tağşiş edilmiş sütlerin ph analizleri	34
4.1.4 Katkısız ve tağşiş edilmiş sütlerin protein analizleri	35
4.2 Katkısız ve Tağşiş Edilmiş Yoğurtlarda Yapılan Kimyasal Analizler.....	36
4.2.1 Katkısız ve tağşiş edilmiş yoğurtların kuru madde analizleri	36
4.2.2 Katkısız ve tağşiş edilmiş yoğurtların yağ analizleri	38
4.2.3 Katkısız ve tağşiş edilmiş yoğurtların protein analizleri.....	39
4.2.4 Katkısız ve tağşiş edilmiş yoğurtların ph analizleri.....	39
4.2.5 Katkısız ve tağşiş edilmiş yoğurtların L, a ve b değeri analizleri	40
4.3 Nişasta Katkısı İle Hazırlanmış Yoğurtlarda Yapılan Analiz Sonuçları	42
4.3.1 Nişasta katkısının FTIR spektrası (absorbans)	42
4.3.2 Nişasta katkılı yoğurt örneklerinin FTIR spektraları (absorbans)	43
4.3.3 Nişasta katkılı yoğurt örneklerinin temel bileşen analiz (PCA)	44
4.3.4 Nişasta katkılı yoğurt örneklerinin kalibrasyon regresyon eğrisi	45
4.4 Jelatin Katkısı ile Hazırlanmış Yoğurtlarda Yapılan Analiz Sonuçları	46
4.4.1 Jelatin katkısının ftir spektrası (absorbans).....	46
4.4.2 Jelatin katkılı yoğurt örneklerinin ftir spektraları (absorbans).....	47
4.4.3 Jelatin katkılı yoğurt örneklerinin temel bileşen analizi (PCA)	48
4.4.4 Jelatin katkılı yoğurt örneklerinin kalibrasyon regresyon eğrisi	49
4.5 Bitkisel Yağ Katkısı ile Hazırlanmış Yoğurtlarda Yapılan Analiz Sonuçları ..	50
4.5.1 Bitkisel yağ katkısının ftir spektrası (absorbans)	50
4.5.2 Bitkisel yağ katkılı yoğurt örneklerinin ftir spektraları (absorbans)	51
4.5.3 Bitkisel yağ katkılı yoğurt örneklerinin temel bileşen analizi (PCA).....	52
4.5.4 Bitkisel yağ katkılı yoğurt örneklerinin kalibrasyon regresyon eğrisi.....	53
4.6 Natamisin Katkısı ile Hazırlanmış Yoğurtlarda Yapılan Analiz Sonuçları.....	55
4.6.1 Natamisin katkısının ftir spektrası (absorbans).....	55
4.6.2 Natamisin katkılı yoğurt örneklerinin ftir spektraları (absorbans)	56
4.6.3 Natamisin katkılı yoğurt örneklerinin temel bileşen analizi (PCA)	57
4.6.4 Natamisin katkılı yoğurt örneklerinin kalibrasyon regresyon eğrisi	58
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	61
KAYNAKLAR.....	63
ÖZGEÇMİŞ.....	69

KISALTMALAR

PCA	: Temel Bileşen Analizi
PLS	: Kısmi En Küçük Kareler Analizi
ATR	: Zayıflatılmış Toplam Yansıtma
FTIR	: Fourier Dönüşümlü Kızılötesi
TGK	: Türk Gıda Kodeksi
TS	: Türk Standartları
FAO	: Gıda Tarım Örgütü
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
PLS-DA	: Kısmi En Küçük Kareler-Diskriminant Analizi
PLS-R	: Kısmi En Küçük Kareler Regresyonu
cR²	: Kalibrasyon Regresyon Katsayısı
vR²	: Validasyon Regresyon Katsayısı
PRESS	: Metodun Tespit Ettiği Değer İle Gerçek Değer Arasında Mutlak Farkların Kareler Toplamı
RMSEC	: Kalibrasyona Ait Mutlak Farkların Ortalama Standart Sapması
RMSECV	: Validasyona Ait Mutlak Farkların Ortalama Standart Hata
RMSEP	: Tahmin Edilen Değerlere Ait Mutlak Farkların Ortalama Standart Hatası
DL	: Modelin Tesbit Edebildiği En Küçük miktar



ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2. 1: Yoğurdun ortalama kimyasal bileşimi (%).	6
Çizelge 4. 1: FT-MIR spektrumlarında süt ürünlerini dalga sayısı bölgeleri ve karşılık gelen fonksiyonel gruplar.....	31
Çizelge 4. 2: Katkısız ve tağşiş edilmiş sütlerin kuru madde varyans analiz çizelgesi.	32
Çizelge 4. 3: Katkısız ve tağşiş edilmiş sütlerin kuru madde analizlerinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	32
Çizelge 4. 4: Katkısız ve tağşiş edilmiş sütlerin yağ analizleri varyans analiz çizelgesi.....	33
Çizelge 4. 5: Katkısız ve tağşiş edilmiş sütlerin yağ analizlerinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	34
Çizelge 4. 6: Katkısız ve tağşiş edilmiş sütlerin protein analizleri varyans analiz çizelgesi.....	35
Çizelge 4. 7: Protein analizlerinin ortalama ve standart sapma değerleri.	35
Çizelge 4. 8: Katkısız ve tağşiş edilmiş yoğurtların kuru madde analizleri varyans analiz çizelgesi.....	36
Çizelge 4. 9: Katkısız ve tağşiş edilmiş yoğurt örneklerinin kuru madde analizlerinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	37
Çizelge 4. 10: Katkısız ve tağşiş edilmiş yoğurtların yağ analizleri varyans analiz çizelgesi.....	38
Çizelge 4. 11: Katkısız ve tağşiş edilmiş yoğurt örneklerinin yağ analizlerinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	38
Çizelge 4. 12: Katkısız ve tağşiş edilmiş yoğurtların pH analizleri varyans analiz çizelgesi.....	39
Çizelge 4. 13: Katkısız ve tağşiş edilmiş yoğurt örneklerinin pH analizlerinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	40
Çizelge 4. 14: Katkısız ve tağşiş edilmiş yoğurtların L, a ve b değerleri varyans analiz çizelgesi.....	41
Çizelge 4. 15: Katkısız ve tağşiş edilmiş yoğurt örneklerinin L, a ve b analizlerinin ortalama ve standart sapma değerleri.....	41
Çizelge 4. 16: Nişasta tağşiş düzeyinin belirlenmesinde kullanılan FTIR-PLSR modelinin performans değerlendirme parametreleri.	46
Çizelge 4. 17: Jelatin tağşiş düzeyinin belirlenmesinde kullanılan FTIR-PLSR modelinin performans değerlendirme parametreleri.	50
Çizelge 4. 18: Bitkisel yağ tağşiş düzeyinin belirlenmesinde kullanılan FTIR-PLSR modelinin performans değerlendirme parametreleri	54
Çizelge 4. 19: Natamisin tağşiş düzeyinin belirlenmesinde kullanılan FTIR-PLSR modelinin performans değerlendirme parametreleri.	59
Çizelge 5. 1: Veri sonuç çizelgesi.....	61



ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2. 1: Sağımdan elde edilen süt ile yoğurdun üretilmesi aşamaları	8
Şekil 2. 2: Natamisin (E 235).....	16
Şekil 2. 3: Fourier Transform Infrared Spektroskopisi (FT-IR)	17
Şekil 2. 4: IR Spektroskopi absorpsiyon bantları.....	18
Şekil 3. 1: Analize hazırlanan değişik oranlarda katkılı yoğurtlar	26
Şekil 3. 2: Analize hazırlanan değişik oranlarda katkılı yoğurtlar.....	26
Şekil 4. 1: Nişasta katkısının FTIR spektrası (Absorbans).....	42
Şekil 4. 2: Nişasta katkılı sütlerin absorbands grafiği.	43
Şekil 4. 3: Nişasta katkılı yoğurt örneklerinin Temel Bileşen Analizi (PCA).....	44
Şekil 4. 4: Nişasta katkılı yoğurt örneklerinin Temel Bileşen Analizi (PCA) 3D.	44
Şekil 4. 5: Nişasta katkılı yoğurt örneklerinin kalibrasyon regresyon eğrisi.	45
Şekil 4. 6 : Nişasta katkılı yoğurt örneklerinin validasyon regresyon eğrisi.	45
Şekil 4. 7: Jelatin katkısının FTIR spektrası (Absorbans)	47
Şekil 4. 8: Jelatin katkılı yoğurtların spektra grafiği.	47
Şekil 4. 9: Jelatin katkılı yoğurt örneklerinin temel bileşen analizi (PCA).	48
Şekil 4. 10: Jelatin katkılı yoğurt örneklerinin Temel Bileşen Analizi (PCA) 3D.	48
Şekil 4. 11: Jelatin katkılı yoğurt örneklerinin kalibrasyon grafiği.....	49
Şekil 4. 12: Jelatin katkılı yoğurt örneklerinin validasyon grafiği.	49
Şekil 4. 13: Bitkisel yağ katkısının FTIR spektrası (Absorbans).....	51
Şekil 4. 14: Bitkisel yağ katkılı yoğurtların spektra grafiği.....	51
Şekil 4. 15: Bitkisel yağ katkılı yoğurt örneklerinin Temel Bileşen Analizi (PCA)..	52
Şekil 4. 16: Bitkisel yağ katkılı yoğurt örneklerinin Temel Bileşen Analizi (PCA) 3D.....	52
Şekil 4. 17: Bitkisel yağ katkılı yoğurt örneklerinin kalibrasyon grafiği.	53
Şekil 4. 18: Bitkisel yağ katkılı yoğurt örneklerinin validasyon grafiği.	53
Şekil 4. 19: Natamisin katkısının FTIR spektrası (Absorbans).	55
Şekil 4. 20: Natamisin katkılı yoğurtların spektra grafiği.	56
Şekil 4. 21: Natamisin katkılı yoğurt örneklerinin Temel Bileşen Analizi (PCA). ..	57
Şekil 4. 22: Natamisin katkılı yoğurt örneklerinin Temel Bileşen Analizi (PCA) 3D.	57
Şekil 4. 23: Natamisin katkılı yoğurt örneklerinin kalibrasyon grafiği.	58
Şekil 4. 24: Natamisin katkılı yoğurt örneklerinin validasyon grafiği.	58



ÖZET

Yüksek lisans Tezi

TAM YAĞLI YOĞURT ÜRETİMİNDE NATAMİSİN, NİŞASTA, JELATİN VE BİTKİSEL YAĞ TAĞŞIŞLARININ KIZILÖTESİSPEKTROSKOPİK YÖNTEM İLE SAPTANMASI

Safiye UYSAL

Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İleri Teknolojiler Anabilim Dalı
Gıda Mühendisliği Programı

Danışman: Prof. Dr. Sulhattin Yaşar

Haziran, 2024, 68 Sayfa

Bu tez çalışmasında, yoğurda bilinen miktarlarda katılmış olan katkı maddelerin konsantrasyon düzeyleri kızıl ötesi spektro-kemometrik yöntemler kullanılarak tayin edilmiştir. Nişasta, jelatin, bitkisel yağ ve natamisin yoğurt tağşışinde kullanılmıştır. Yoğurt örnekleri, zayıflatılmış toplam yansıtma Fourier dönüşümlü kızılötesi ATR-FTIR spektroskopisi kullanılarak 4000-400 cm^{-1} dalga boyları arasında spektraları 15 tekrarlı olarak çekilmiştir. Spektra verileri “sıfır tabanı” dikkate alınarak düzeltilmiş ve “en yüksek absorbans” değerine göre normalize edilmiştir. Yoğurt örneklerinin spektralarının temel bileşen analizi (PCA) kullanılarak birbirilerinden ne kadar farklı oldukları saptanmıştır. Yoğurtta oluşturulan tağşış düzeyleri ise Kısmi En Küçük Kareler Regresyonu (PLS-R) metodu kullanılarak saptanmıştır.

Yoğurda %1, %2 ve %3 oranlarında katılan nişasta düzeylerinin kalibrasyon modeli regresyon katsayısı $\text{CR}^2 = \% 97,33$ ve doğrulama modeli regresyon katsayısı $\text{VR}^2 = \% 80,7$ olarak saptanmıştır.

Yoğurda % 1, %2 ve %3 oranlarında katılan jelatin düzeylerinin kalibrasyon modeli regresyon katsayısı $\text{CR}^2 = \% 96,7$ ve doğrulama modeli regresyon katsayısı $\text{VR}^2 = \% 91,2$ şeklindedir.

Yoğurda % 1, %2 ve %3 oranlarında katılan bitkisel yağ düzeylerinin kalibrasyon modeli regresyon katsayısı $\text{CR}^2 = \% 98,2$ ve doğrulama modeli regresyon katsayısı $\text{VR}^2 = \% 94,2$ olarak elde edilmiştir.

Yoğurda % 0,1, %0,2 ve 0,3 oranlarında katılan natamisin düzeylerin kalibrasyon modeli regresyon katsayısı $\text{CR}^2 = \% 94,2$ ve doğrulama modeli regresyon katsayısı $\text{VR}^2 = \% 93,55$ gibi başarılı bir neticeye ulaşılmıştır.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında ön işleme yapılmadan ve kimyasal analizler yürütmeden ATR-FTIR spektra-kemometrik yöntemle yoğurtta tağşış yapıp yapılmadığı ve yapılan tağşışlerin konsantrasyon düzeyleri istatistiki olarak yüksek hassasiyette ve doğrulukta tahmin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yoğurtta tağşış, nişasta, jelatin, bitkisel yağ, natamisin, kızılötesi spektro-kemometri.



ABSTRACT

MsThesis

DETERMINATION BY ATR-FTIR SPECTRO-CHEMOMETRIC METHODS OF STARCH, GELATINE, VEGETABLE OIL, AND NATAMYCIN ADDED TO FULL FAT YOGURT

Safiye UYSAL

Karamanoğlu Mehmetbey University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof.Dr. Sulhattin YAŞAR

June, 2024, 68 pages

In this thesis, the concentration levels of chemical adulterants added to yoghurt in known amounts were determined using infrared spectro-chemometric methods. Starch, gelatin, vegetable oil and natamycin was used in yoghurt adulteration.

The spectra of yoghurt samples were recorded 15 times using attenuated total reflectance Fourier transform infrared ATR-FTIR spectroscopy between wavelengths of 4000-400 cm^{-1} . Spectra data were corrected by taking into account the "zero base" and normalized according to the "highest absorbance" value. It was determined how different the spectra of the yoghurt samples were from each other using principal component analysis (PCA). Adulteration levels in yoghurt were determined using the Partial Least Squares Regression (PLS-R) method.

Levels of starch added to yogurt at 1%, 2% and 3% Calibration model regression coefficient $cR^2 = 97.33\%$ and the validation model regression coefficient $vR^2 = 80,7\%$.

Levels of gelatin added to yoghurt at the rates of 1%, 2% and 3% is $cR^2 = 96.7\%$ and the is $vR^2 = 91.2\%$.

Levels of vegetable oil added to yoghurt at the rates of 1%, 2% and 3% was obtained as $cR^2 = 98.2\%$ and the $vR^2 = 94.2\%$.

Levels of natamycin added to yoghurt at the rates of 1%, 2% and 3% was obtained as $cR^2 = 94.2\%$ %, and the $vR^2 = 93.55\%$.

In this master's thesis study, whether the yoghurt was adulterated or not and the concentration levels of the adulterations were statistically estimated with high sensitivity and accuracy by using the ATR-FTIR spectra-chemometric method without pre-processing and chemical analysis.

Key Words: Adulteration in yoghurt, starch, gelatin, vegetable oil, natamycin, infrared spectro-chemometry.



1. GİRİŞ

Süt dişi memeli hayvanların yavrularının beslenmesi amacıyla süt bezlerinden salgılanan, yavru hayvanın beslenebilmesi için gerekli bütün besin öğelerini yeterli ve gerekli miktarlarda içeren krem-beyaz renkte kendine has kokusu ve tadı olan sıvı bir maddedir. Sütün kimyasal bileşiminde yer alan süt proteinleri yaşam için gerekli olan aminoasitleri, süt yağı ise yaşam için gerekli olan yağ asitlerini içerdiği için süt biyolojik değeri yüksek olan bir gıda maddesidir (Metin, 2009).

Karmaşık bir fizyolojik sıvı olan süt, yeni doğan bebeklerin doğum sonrası adaptasyonunu kolaylaştırmada önemli rol oynayan çeşitli besin maddeleri ve biyoaktif bileşenler içerir. Bu bileşenler hücre büyümesini teşvik eder, sindirimin olgunlaşmasına yardımcı olur, simbiyotik mikrofloranın oluşumunu teşvik eder ve vücudun bağışıklık sistemindeki dokuların gelişimine katkıda bulunur (Yıldız, 2010). Sütün fermentasyonu sonucunda elde edilen süt ürünlerinden biri olan yoğurt, halkımızın severek tükettiği besin maddelerinden biridir. Yoğurdun dünyaya Türkler tarafından yayıldığı bilgisi çok eski kaynaklarda ifade edilmektedir. Türkçe bir kelime olan yoğurdun Uygur Türklerinin de temel gıda maddelerinin içinde olduğunu, Budist Türklerin ise yoğurdu yıldızlara ve meleklerle sunduklarını bazı uzmanlar tarafından belirtilmektedir (Kurt 1994; Özden, 2008).

Yoğurt, sütün fermente edilmesi ile üretildiği için sütün içinde bulunan bütün besin öğelerini bulundurmaktadır (Yaygın, 1999). Fermente süt ürünlerinin içerisinde özellikle yoğurdun kendine has karakteristik yapısının oluşabilmesinde önemli olan bileşen sütün içerisinde bulunan proteindir (Tamime ve Robinson, 1999). Fermentasyon esnasında süt proteini, yağ ve laktozun kısmi hidrolizasyonu sonucu sindirimi kolaylaşır. Laktozun hidrolizasyonundan dolayı yoğurt laktoz intoleransı olan kişilerin tüketimi için uygundur. Yoğurdun içerisindeki laktik asit bakterileri antimikrobiyal maddeler üretmektedir ve insanları patojen mikroorganizmalara karşı koruma amacıyla bu maddeler vücutta kullanılmaktadır. Bu sebeplerden dolayı yoğurt, bütün yaş gruplarındaki insanların beslenmesinde faydalanabileceği fermente süt ürünüdür (Çağlar ve Çakmakçı, 1994). Yoğurdun besin değeri ve sindirilme özelliğinin yüksek olmasının yanı sıra birçok hastalığa karşı koruma ve tedavi etme

özellığı nedeniyle önemli olan bir süt ürünüdür. İnsanın ömrünü uzattığı ve bazı hastalıkları iyi geldiğı bilimsel olarak kanıtlandığı için yoğurt tüketimine olan alaka ve rağbet bütün ülkelerde hızlı bir şekilde artış göstermiştir (Yaygın, 1981).

İyi kalitede ve dayanıklılığı uzun olan yoğurt üretebilmek için öncelikle hammaddenin bileşiminin iyi olması, standart özellikte ve kalitede olması gereklidir. Yapılan işleme teknikleri ve kullanılan ekipmanlar ne kadar iyi olsada kalitesi iyi olmayan, kirli ve bozulmaya başlamış süttten hiçbir zaman kaliteli bir yoğurt üretilemez (Demirci ve Şimşek, 2004). Bakteriyolojik özelliğı iyi ve kimyasal açıdanda uygun süt kullanılırsa ancak o zaman kaliteli bir yoğurt üretimi sağlanmaktadır. Standart kalitede yoğurt üretmek amacıyla kullanılan süttün bileşiminde öncelikle yağ ve kuru madde standardizasyonu yapılmalıdır. (Tekinşen, 1996). Yoğurt üretmeden önce kullanılacak süttün fiziksel kimyasal ve bakteriyolojik analizleri yapılmalıdır.

Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunun 5596 sayılı 3/63. maddesinde “tağşiş”, “*Ürönlere temel özelliğini veren öğelerin ve besin değerlerinin tamamının veya bir bölümünün mevzuata aykırı olarak çıkarılmasını veya miktarının değiştirilmesini veya aynı değeri taşımayan başka bir maddenin, o madde yerine aynı maddeymiş gibi katılmasını*” şeklinde ifade edilmiştir (Anonim, 2010).

Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunun 2010 yılı 5996 sayılı 3/64. maddesinde “taklit”, “*Ürünlerin, şekil, bileşim ve nitelikleri itibarıyla yapısında bulunmayan özelliklere sahip gibi veya başka bir ürünün aynısıymış gibi göstermeyi*” şeklinde ifade edilmiştir (Anonim, 2010).

Yasalarda belirtilen kurallara uymamasına rağmen yoğurt üretiminde farklı nedenlerle taklit ya da tağşiş yapıldığı gözlenmektedir. Taklit ve tağşişlerin yoğurt üretiminde yapılmasının sebeplerinden en önemlisi üretimde gerekli olan maliyeti düşürmektir. Yoğurtlarda yapılan hilelerle ilgili birçok yerde yayınlanmış haberler görölmektedir.

Yoğurtta en çok görölen hileleri aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz;

- Yasalarda izin verilmeyen koruyucu maddelerin kullanılması
- Süt proteini yerine soya proteini gibi bitkisel kaynaklı proteinlerin kullanılması
- Kuru madde miktarını ve kıvam arttışını sağlamak için nişasta, jelatin gibi stabilizörlerin ilave edilmesi,

- Sütün içerisinde süt yağı alınarak yerine yağ oranını artırmak amacıyla bitkisel yağ kullanılması

Yoğurda daha fazla kıvam vermek için sütün suyunun bir miktar uzaklaştırılması veya süte yağ içermeyen süt tozu katılması uygulanan yöntemlerdendir. Fakat bu yapılan uygulamalar, ürünün fiziksel bozukluklarını yeterince engelleyememektedir. Bu g r len bozuklukların engellenmesi amacıyla, yoğurt üretiminde kullanılacak olan süte, jelatin, nişasta, pektin ve agar gibi stabilize edici maddeler eklenebilmektedir (Atasever, 2004).

Jelatin ve nişasta Türk Gıda Kodeksine göre gıda katkı maddesi olarak değerlendirilmemekte, gıda maddesi olarak değerlendirilmektedir. Fakat  lkemizde Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliğine göre; stirred tip üretilen yoğurtlarda ve çeşnili fermente süt ürünlerinde jelatin ve nişasta ilave edilmesi serbestken, sade yani set tipi yoğurtların üretiminde ise bu maddelerin ilave edilmesi yasaktır.

Ülkemizdeki bazı yoğurtların açıkta üretilmesi sebebi ile maya ve k f bulaşması görülmekte ve bu durumun büyük bir sorun olduğu bilinmektedir. Maya ve küf gelişimini engellemek amacı ile antimikrobiyal ve antifungal maddelerden, natamisin, sorbat, benzoat gibi maddeler yoğurt üreticileri tarafından bozulmaları önlemek için yaygın şekilde kullanıldığı görülmektedir. Bu maddelerin sağlık için riskli olduğundan birçok ülkede olduğu gibi Türkiye'de de kullanımı kanunen yasaktır (G rsel ve diğerleri, 2004).

Sütün içerisindeki değerli yağ alındıktan sonra onun yerine daha çok palm yağı, ayçiçeği yağı, pamuk yağı, soya yağı, kolza yağı, hindistan cevizi yağı veya bunların belirli oranlarda kullanılmaktadır. Yoğurt  retiminde tercih edilecek bitkisel yağlar ortalama 30-37 C erime noktasına sahip olmalıdır (Montesinos-Herrero ve diğerleri, 2006).

FTIR spektroskopisi, gaz veya sıvı kromatografisi, kütle spektroskopisi gibi diğer analitik yöntemlere göre daha başarılı bulunduğu ve tanımlama yapmak amacıyla endüstride çok iyi bir şekilde kullanılabileceği belirtilmiştir (Curk ve diğerleri, 1994). Fourier Transform Infrared (FTIR) spektroskopisi diğer tekniklere göre sütün bileşenlerinin miktarını belirlemede çok daha geniş bir uygulama alanına sahip olduğu belirtilmiştir (Inon ve diğerleri, 2004).

Bu tez çalışmasında gerek istemli veya istem dışı gerek yasal veya yasal olmayan yollar ile yoğurt üretiminde kullanılan süte katılan katkı maddelerinin ucuz, hızlı ve

kimyasal olmayan kızılötesi spektro-kemometrik yöntemler ile tespit edilmesi amaçlanmış ve kullanılan bu metodun süt endüstrisinde uygulanabilirliği önerilmiştir. Bu sebeple, ülkemizde yaygın tağşiş maddesi olarak kullanılan nişasta, jelatin, bitkisel yağ ve natamisin maddelerinin artan dozlarda yoğurt yapılacak süte ilave ederek kimyasal analizleri yapılmış ve 4000 ile 400 cm^{-1} kızılötesi dalga boyunda spektra verilerini kemometrik analize tabi tutarak kantitatif olarak tağşiş konsantrasyonları tespit edilmiştir. Yapılan deneysel araştırmalar sonucunda yoğurt üretimi yapılacak çiğ süte katılan istenmeyen maddelerin standart ürünlerle kıyaslanarak hızlı, ucuz ve doğru bir şekilde spektro-kemometrik yöntemler ile kolaylıkla tespit edilebildiği ortaya konulmuştur.



2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Yoğurdun Tanımı

Yoğurt tanımını TSE ve TKG birbirinden farklı şekillerde yapılmaktadır. TKG Fermente Sütler Tebliğine göre yoğurt; fermentasyon sırasında *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*' un simbiyotik kültürlerinin ilave edildiği fermente süt ürünüdür.

Türk Standartları Enstitüsü TS 1330 da yoğurdun tanımını inek sütü (TS 1018), koyun sütü (TS 11044), manda sütü (TS 11045), keçi sütü (TS 11046) veya karışımlarının pastörize edilmesi veya pastörize sütün (TS 1019), gerektiğinde süt tozu ilâvesiyle (TS 1329) homojenize edilip veya edilmeden *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus*'dan oluşan yoğurt kültürünün ilâve edilmesi ve TS 10935 yoğurt yapım kuralları standardına uygun işlemlerden sonra elde edilen mamül olarak tarif edilmektedir (Üçüncü, 2005).

Üretildiği ülkeye göre yoğurt farklı şekillerde isimlendirilmektedir. Mesela; Ermenistan'da Matzoon, Mısır'da Leben, Bulgaristan'da Naja, İtalya'da Gioddu, Yunanistan'da Tiaourti ve Hindistan'da Dahi olarak isimlendirilmektedir (Lampert, 1975).

2.2 Yoğurdun Tarihçesi

Sütün dayanıklılığını artırmak, daha uzun süre tüketilebilecek gıdalara dönüştürmek amacıyla eski zamanlardan beri fermentasyon yöntemi uygulanmaktadır (Tamime ve Robinson, 2007).

İlk olarak yoğurdun nasıl ve nerede meydana geldiği tam olarak bilinmesede ilk olarak Mezopotamya' da M.Ö. 5000'li yıllarda keçinin evcilleştirilerek, sütünün sıcak havada su kabağında ılık bir şekilde depolanması ve doğal olarak sütün kesilmesi ile ortaya çıktığı düşünülmektedir (Kosikowski, 1982).

Bazı bilim adamları yoğurdu yapan milleti ve yapıldığı yeri farklı göstermeye çalışılarda diğer dillerdede ismi Türkçesi gibi olan yoğurdu Türkler ilk Orta Asya'da yapmışlardır ve buradan dünyaya dağılmıştır (Demirci ve Şimşek, 2004).

2.3 Yoğurdun Bileşimi

Yoğurdun kimyasal bileşiminde değişiklikler olmasının sebebi üretimde kullanılan süt ve uygulanan proses işlemleri olduğu düşünülmektedir. Üretimde kullanılan starter kültür çeşitlerine ve yapılan fermentasyon işlemine bağlı olarak yoğurdun kimyasal bileşiminde, süt ile kıyasladığımızda artmalar veya azalmaların meydana geldiği görülmektedir. Yoğurt üretimi esnasında laktik asit bakterilerinin fermentasyona uğramasından kaynaklı olarak orijinal sütün kimyasal bileşimindeki bazı değişiklikler meydana gelmektedir. Bunlardan bazıları ise proteinlerden peptit, laktozdan laktik asit ve yağlardan yağ asitleri üretimidir (Akın, 2006). Üretilen yoğurdun kimyasal bileşiminin ortalama değerleri aşağıdaki çizelge 2.1’de gösterilmektedir (İnal, 1990).

Çizelge 2. 1: Yoğurdun ortalama kimyasal bileşimi (%).

Besin Maddesi	% Oran
Su	86,1
Kuru maddeYağ	13,9
Yağ	3,75
Karbonhidratlar	4,8
Protein	4,8
Mineral maddeler	0,85

2.4 Yoğurdun Besin Değeri ve İnsan Sağlığındaki Önemi

Tüm gıda maddelerinin besin değeri, içerisinde olan kimyasal bileşenlere göre değişmektedir. Üretimde kullanılan süt ve yapılan teknolojik işlemlerden dolayı yoğurdun kimyasal bileşiminde değişiklik görülmektedir (Anonymous, 2011). Sütün kimyasal bileşimine benzer özellikler gösteren yoğurt süte göre besleyicilik özelliği ve içerdiği protein miktarı gibi özelliklerden dolayı daha faydalı bir gıda ürünüdür. Aynı zamanda yoğurt vitamin ve mineral maddelerden kalsiyum niasin, vitamin B12, (Ca), fosfor (P), riboflavin, tiamin, folat, magnezyum ve çinko kaynağı içermesinden dolayı sağlıklı beslenmek için önemlidir (Gahruie ve diğerleri, 2015). Laktoz intoleransı olan insanlar da süt tüketemedikleri için laktoz içeriği süttten daha düşük olan yoğurdu beslenmede kullanabilirler (Gahruie ve diğerleri, 2015).

İnsan beslenmesinde kullanılan fermente tip süt ürünlerinin önemlerinden bazıları şu şekilde sıralanabilir;

- Faydalı mikroorganizmalar insanlara hastalık yapan sindirim sisteminde bulunan zararlı mikroorganizmaları uzaklaştırır.
- Riboflavin ve B12 içermektedir.
- Sütün sindirimini aktif ve canlı kültürler daha kolay hale getirir.
- Sütün içerisinde bulunan proteinler ve mineral maddeler büyüme ve gelişmede etkilidir.
- Kemiklerin sağlıklı ve güçlü olmasını sağlar.
- Proteinler kaliteli olduğu için kasları korur.
- Yoğurt lezzetli bir gıda olmasının yanında içerdiği aroma, lezzet maddeleri yönünden iyidir ve doyuruculuk özelliği vardır (Yıldız, 2010).

Laktoz (süt şekeri); sütün içerisinde bulunan laktoz miktarı ortalama 4,7'dir. Sütte bulunan laktozun vücudumuz üzerinde birçok faydası bulunmaktadır. Bunların bazıları; enerji kaynağı olması, sinir ve beyin dokusunun gelişiminde bulunması, sütteki yağdan daha fazla faydalı olması ve bağırsak florasında gelişmelere yardımcı olmasıdır (Sezgin, 1989).

Yoğurtta bulunan proteinler; sütte bulunan proteinler kazein, laktoalbumin ve laktoglobulindir. Süt proteinlerinin sağlık açısından biyolojik değeri çok önemlidir. Yoğurt proteininin sindirilebilirliği süt proteini ile kıyaslandığında iki kat daha kolaydır. Yetişkinler ortalama günde 200-250 g yoğurt tüketirlerse günlük alınması gereken proteinin bütünü alınıyor olurlar (Özer, 2006).

Süt yağı; süt yağının insan vücudunda kolay sindirilebilir özelliği vardır. Üretildiği ürünün tadında ve kıvamında geliştirici özellik göstermektedir. Her gram süt yağı 9 kcal enerji vermektedir. Esansiyel yağ asitlerinden olan linolenik ve linoleik asitleri ve yağda eriyen vitamin maddelerini içerir. Kolesterolü dengelemeye yardımcı olmaktadır (Chandan, 2006).

Yoğurtta bulunan vitaminler; yoğurtta tiamin ve B12 vitaminleri vardır. Ortalama 150 gram yoğurdun yetişkinlerin vitamin ihtiyacının %20-30'unu karşıladığı belirtilmiştir (Özer, 2006).

Laktik asit bakterileri ve yoğurdu inceleyen birçok araştırmacı yoğurdun; mide bağırsak hastalıklarından koruyucu, enfeksiyon ve kanseri engelleyici özelliklerini araştırmışlardır. Yoğurdun bağışıklık sistemini güçlendirdiğinden dolayı hastalıkları engellediği belirtilmiştir (Meydani ve Ha, 2000).

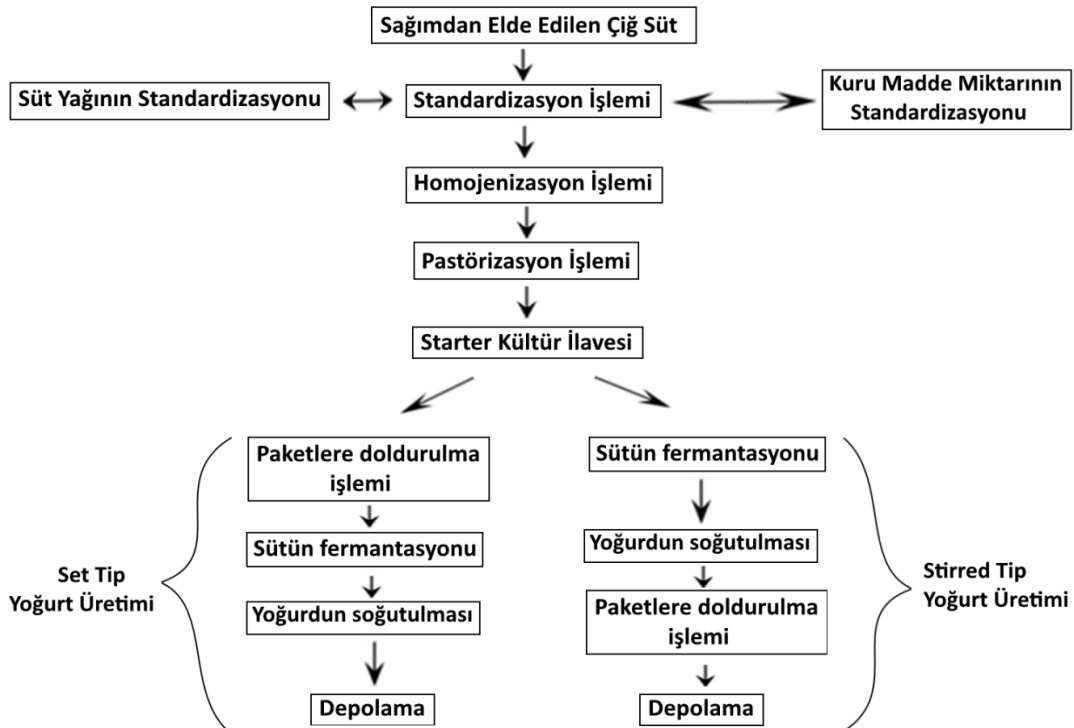
Sütten yoğurt üretimi esnasında oluşan fermantasyon sebebiyle yoğurt daha kolay sindirilebilir hale gelmektedir. Yoğurdun patojen mikroorganizmalara karşı koruyucu olmasında içerisinde bulunan laktik asit bakterileri sayesinde gerçekleşmektedir (Çağlar ve Çakmakçı, 1994).

2.5 Yoğurt Bakterileri

Yogurt üretiminde kullanılan mikroorganizmalar *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus subs. Bulgaricus*'tur. Bu mikroorganizmalar yoğurdun tipik tat-aromasını oluşturmaktadır. Yoğurdun fermantasyona uğraması esnasında laktik asit, asetaldehit ve bunların dışında aroma maddeleride oluşabilmektedir (Özer, 2006).

Süt ürünlerinde kullanılan streptokok *Streptococcus thermophilus*'tur. Bu mikroorganizmanın en iyi gelişme sıcaklığı 37-42°C'dir. *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* mikroorganizmasının en iyi gelişme sıcaklığı ise 42-43°C'dir (Özden, 2007).

2.6 Yoğurt Üretimi



Şekil 2. 1: Sütten set ve stirred tipi yoğurt üretim aşamaları.

Yoğurt üretileceğinde genellikle inek, koyun, keçi ve deve sütleri kullanılabilir (Varnam ve Sutherland, 1994). Endüstride çoğunlukla inek sütü kullanılmaktadır. Yoğurt üretilecek süt kaliteli olmalı, steril olmalı, elde edilen hayvan sağlıklı olmalı, bakteriyolojik kalitesi iyi olmalı, yabancı yada koruyucu maddeler içermemelidir (Özer, 2006).

2.6.1 Klarifikasyon

Sütün yoğurt üretmeden önce içerisinde yer alan epitel hücreleri, kan ve lökositleri, görünen yabancı maddeleri arındırmak amacıyla klarifikatörlerden geçirilmesi gerekmektedir (Üçüncü, 2005).

2.6.2 Standardizasyon

Standartlara uygun iyi özellikte yoğurdun içermesi gereken toplam kuru madde %15,5-16 civarında olması gerekmektedir. Aynı kalite ve özelliklerde yoğurt elde etmek amacıyla kullanılacak olan sütün önce yağ ve kuru maddesini standart hale getirmemiz gerekmektedir (Tekinşen ve Tekinşen, 2005).

Yoğurtta bulunması gereken süt yağı oranları TKG fermente sütler tebliğine göre aşağıdaki çizelge 2. 2’de gösterilmiştir (Anonim, 2009).

Çizelge 2. 2: TKG fermente süt ürünleri tebliğine göre yoğurdun yağ oranları.

Yoğurdun tipi	İçermesi gereken yağ yağ oranı
Yağsız yoğurt	Süt yağı $\leq$ %0,5
Yarım yağlı yoğurt	%2 > süt yağı $\geq$ %1,5
Tam yağlı yoğurt	Süt yağı $\geq$ %3,8

2.6.3 Deaerasyon (Vakum altında sütün havasının giderilmesi)

Hava içeren süt ve süt ürünlerinin kalitesi zamanla düşmektedir ve bozulması hızlanmaktadır. Deaerasyon işlemi ile birlikte sütte aşağıda sıralanan özellikler oluşmaktadır;

- Sütün içerisinde bulunan arzu edilmeyen tat-lezzet bileşenleri yok edilir.
- Uygulanan homojenizasyon işleminin etki etme düzeyi daha iyi hale getirilir.
- Viskozitenin arttırılıp yoğurttaki jel stabilitesi sağlanır.

Deaerasyon cihazlarında gerçekleştirilen deaerasyon işlemi vakum altında 0,7-0,8 bar basınç ve 70-75°C’de uygulanmalıdır (Spreer, 1998).

2.6.4 Homojenizasyon

Sütün içerisindeki yağ globüllerini parçalamak ve küçültmek amacı ile homojenizasyon işlemi yapılmaktadır. Yoğurt içerisinde süt yağının homojen bir şekilde dağılması gerekmektedir. Yoğurt homojenize edildiği zaman yüzeyinde kabuk tutma tabakası engellenmiş olur. Homojenize yoğurdun sindirilebilme kapasitesi daha yüksektir. Sütte yapılan homojenizasyon işlemi 55-80°C sıcaklık civarında, basıncı ise 10-20MPa civarında olması gerekmektedir (Chandan ve Q'Rell, 2006).

2.6.5 Sütün ısıtılması

İlk işlemlerden geçirilen sütün elde edilecek son üründe kıvamı yükseltmek, serumun ayrılmasını düşürmek ve daha steril hale getirmek için pastörize edilmesi gerekmektedir. Yoğurt üretiminde kullanılacak süte uygulanması gereken ısı işlem optimum değeri 90°C'de ortalama 10 dakika sıcaklık muamelesiyle sağlanmaktadır. Aynı zamanda yapılan pastörizasyon işlemi ile;

- Sütün içerisindeki enzimlerin inaktifite olması sağlanmakta,
- Fermantasyon işlemi için ilave edilen kültürlerin daha iyi üreyebilmesi için ortam uygun hale getirilmekte,
- Yoğurt üretiminde kaliteyi etkileyebilecek mikroorganizmalar ve patojen mikroorganizmaların ortamdaki uzaklaştırılması sağlanmaktadır (Üçüncü, 2005).

2.6.6 Pastörize edilmiş sütün inkübasyon sıcaklığına kadar soğutulması

Pastörizasyon işlemi gerçekleştirilen yoğurt sütü daha sonra kültürlerin en iyi çalışabileceği sıcaklığa 40-45°C arasına gelene kadar soğutulması gerekmektedir (Chandan ve Kilara, 2011).

2.6.7 İnokülasyon kültür ilavesi

İnokülasyon; sütün içerisine kültür ilave edilmesine verilen addır. İnokülüm miktarı ise ilave edilen starter kültür miktarına verilen addır. Yoğurt elde edilecek süte ilave edilmesi gereken kültür miktarı yapılacak yoğurdun türüne, kullanılan kültürün özelliklerine, uygulanan inkübasyon sıcaklığına sütün içeriğine ve kaliteli olmasına göre %2-3 arasında değişmektedir (Üçüncü, 2005).

2.6.8 İnkübasyon

İnkübasyon işlemi starter kültürleri ilave edilmiş ambalajlanmış sütün belli bir sıcaklık derecesinde belli bir süre bekletilmesi işlemine verilen isimdir. Sütün yoğurt olurkenki inkübasyonu esnasında starter kültürler laktik asitleri parçalamak suretiyle süt asidi oluşmasını sağlamaktadır. Pıhtılaşmanın gerçekleşmesi için asitliğin belli bir seviyeye gelmesi gerekmektedir. İnkübasyon sıcaklığı çok önemlidir ve bu sıcaklığın yüksek ya da düşük olması yoğurtta istenmeyen reaksiyonları meydana getirmektedir (Gönç, 1989).

Yoğurdun içerisine eklenen starter kültürlerin optimum gelişmesi için gereken sıcaklık aralığı 40-45°C arasında ve ortalama olarak 43°C’de, asitliği ortalama 4,6-4,7 pH ‘ya geldiği zaman inkübasyon sonlandırılmalıdır (Yetişmeyen, 1995).

2.6.9 Soğutma

İnkübasyonun sona ermesinin ardından yoğurdun soğutulması ile yoğurttaki mikroorganizmaların üremesi ve asitlenmesi yavaşlar ve kısa bir süre sonra tamamen durur. Soğutma işlemi kademeli olarak gerçekleştirilmelidir (İnal, 1990).

2.6.10 Ambalajlama ve muhafaza

Elde edilen yoğurdun ambalajlanması için kullanılan materyaller genellikle cam ambalajlar, plastik kaplamalı kartondan oluşan ambalajlar olarak sınıflanabilir (Üçüncü, 2000).

2.7 Kaliteli Bir Yoğurdun Özellikleri

Yoğurdun kalitesi ve son üründe istenilen tat, vizkozite, doku gibi özellikleri üretim aşamaları ve koşulları ile yakından ilgilidir. Üretilen yoğurdun tekstür kriterlerinin üzerinde etkili olan etmenler kuru madde artırımı, yağ standardizasyonu, kullanılan katkıları, starter kültürler ve uygulanan diğer teknolojik işlemler olarak sıralanabilir (Karahana, 2016).

Yoğurdun kalitesi düzenli bir görünüşte olmasına, çatlakların ve görünüş bozuklukları olmamasına, serum ayrılması görülmemesine, tat, koku ve aromanın iyi olmasına bağlı olarak değişiklikler göstermektedir (Yöney, 1970).

İstenilen kalitede bir yoğurt TS1330'na göre rengi uygun, steril, parlak, serum ayrılması görülmemiş, çatlamamış, homojen ve düzenli yapılı, kendine özgü güzel kokulu ve biraz ekşimsi nitelikte olmalıdır. (Anonim, 2006).

2.8 Yoğurtta Yapılan Tağşişler

Halk sağlığı ve gıda güvenliği bakımından gıda tağşişi son yıllarda araştırılması gerekli çok önemli konulardan birisidir. Geçmişten günümüze kadar yaygın biçimde yapılmış olan gıdalarda yapılan tağşiş gıda maddeleri ekonomik açıdan değerli olduğu sürece devam edecektir (Geniş, 2020).

Günümüzde, hileli gıdanın aleni satılması ve bireyler tarafından tüketilerek zarar görmelerini içeren haberleri okumak veya görmek çok artış göstermiştir. Bunun gibi durumlar, gıdanın kalitesi ve güvenliği bakımından insanlarda endişeye neden olmaktadır. Süt ürünlerinin yoğun tüketiminin olması, haksız kazanç sağlamakta olan üreticiler için, potansiyel birer tağşiş hedefi durumuna getirmektedir (Geniş, 2020).

Günümüzde bilim, teknoloji ve sanayileşmedeki hızlı gelişmeler sebebiyle yoğurt üretimi endüstriyel ölçekte yapılmaktadır. Endüstriyel yoğurt üretimi, standardizasyon, daha hızlı üretim, ürün çeşitliliğinin artması gibi avantajları olmasının yanında bazı dezavantajları da beraberinde getirebilmektedir. Gıdalarda tağşiş, gıdanın bileşimini, besin değerini ve maliyetini etkileyen, kasıtlı veya kasıtsız, gayri meşru bir sahtekarlıktır. Bazı gıda üreticileri, katkı maddeleri ekleyerek veya değerli gıda bileşenlerini çıkararak maliyetleri düşürüp daha fazla kar elde etmeyi amaçlamaktadır (Temizkan ve diğerleri, 2020).

Gıda içerikli yapılmış olan dolandırıcılık ya da sahtecilik yalnızca maddi olarak bir problem olmasının yanında, bireyin sağlığı yönünden de önemli bir risk taşıyabilmektedir. Özellikle de süt ürünlerinde yapılmış olan hileler gerek maddi anlamda gerek de sağlık yönünden büyük tehdit oluşturmuştur. Ticari yönden baktığımızda süttten yağın çekilmiş olması, asitlik gelişimini önlemek amacı ile tamponlayıcı maddeler kullanılması, süte su karıştırılması, raf ömrünün uzatılması için, bazı süt ve ürünlerinde kullanılması yasaklı olan maddelerin, sodyum bikarbonat, borik asit, hidrojen peroksit vb. eklenmiş olması yapılan tağşişlerin bazılarıdır. Yoğurdun yapımı esnasında, daha fazla kıvamlı olması için jelatin, nişasta, un vb. maddeler ikame edilebilir. Kaşar peynirin üretimi sırasında patates

pürelerinin karıştırılması bir diğer sahtecilik yöntemi olarak yer alabilmektedir. Tereyağının yapılmasında süt kreması yerine farklı sıvı yağların kullanılmış olması, başlıca tağşişler arasında görülmektedir (Büyükcan ve Kavdır, 2020).

Yoğurt üretiminde bitkisel kaynaklardan ya da hayvansal kaynaklardan elde edilen proteinlerin kullanılması yasal değildir (Anonim, 2009).

Yoğurtta yapılan en yaygın tağşişler, nişasta, jelatin, bitkisel yağ ve koruyucu olarak natamisin ilavesidir.

2.8.1 Nişasta

Süt ürünlerinden yoğurt ve benzeri fermente tip ürünlerde kıvam ve viskozite özelliğini yükseltmek, içerdiği serumun ayrılmasının azalmasını sağlamak ve laktik asidin oluşturduğu jeli stabil hale getirmek gibi amaçlarla jelatin, pektin, nişasta, agar, keçiyoynuzu zıncı gibi birbirinden farklı stabilizatör maddelerin kullanıldığı görülmüştür (Tayar ve diğerleri, 1995).

Türk Gıda Kodeksi Renklendiriciler ve Tatlandırıcılar Dışındaki Gıda Katkı Maddeleri Tebliği (2011/28157)'ne göre; yenilebilir jelatin, kavrulmuş veya dekstrine edilmiş nişasta, asit veya alkali muamelesi ile modifiye edilmiş nişasta, ağartılmış nişasta, fiziksel olarak modifiye edilmiş nişasta ve amilolitik enzimlerle muamele edilmiş nişasta gıda katkı maddesi olarak değerlendirilmez (Anonim, 2011).

Nişasta kimyasal özelliklerinden dolayı soğuk su ile erime göstermez ancak su ile karıştırılıp ısıtılınca tabii tutulduğunda içerisine su çekerek şişmeye başlar ve belli bir sıcaklığa ulaştığında jelleşme görülür. Bu olay nişastada jelatinizasyon veya çirilenme olarak isimlendirilir. Nişastada oluşan jelatinizasyon gıda işleme teknolojisinde önemli bir yere sahiptir (Elgün ve Ertugay, 2002). Nişasta maddesinin su ile karıştırılıp ısıtılma uygulanması ile kıvamlı bir yapı oluşur bunun sebebi ise nişastanın kıvam artırıcı özelliğidir (Saldamlı, 2007).

Kammer ve Kessler (1980)'in yapmış oldukları bir çalışmada yoğurt üretilecek sültere jelatin ve modifiye edilmiş nişastayı ilave edip değerlendirilmiştir. Araştırmanın sonucunda jelatin ve modifiye edilmiş nişastanın yoğurtta kullanılması ile su salmasının önlendiğini gözlemlenmiştir.

2.8.2 Jelatin

Hayvanların derileri, bağ dokuları ve kemikleri kullanılarak üretilen kolejenin hidrolize uğratılması sonucunda elde edilen maddeye 'jelatin' adı verilmektedir. Jelatin fermente tip süt ürünlerinde çoğunlukla jelleşme özelliğinden dolayı kullanılmaktadır (Djagny ve diğerleri, 2001).

Jelatinin içerdiği protein miktarı %85-92 arasında değişiklik göstermektedir. Proteinin yanında jelatinin içerisinde mineral maddeler ve su bulunmaktadır (Yetim, 2011).

Jelleştirici maddelerin önemlilerinden olan jelatin bir proteindir ancak polisakkarit yapısı olan gamlardan kabul edilmektedir (Demirci, 2006).

Gıda endüstrisinde jelatinin, içerisinde bulunan fonksiyonel özellikleri sebebiyle birçok alanda katkı maddesi olarak kullanıldığı görülmektedir (Schrieber ve Garies, 2007) Jelatin kullanılan ürünlerde iyi bir yapı kazanmak için kullanılması gereken miktar ortalama %1,5-2 arasındadır ve bu oran karışımda bulunan diğer maddelere göre değişiklik göstermektedir (Rosenthal, 1999). Jelatinin iyi kalitede olduğunu tat ve koku içermemesinden anlayabiliriz (Bennion, 1990). Soğuk suda şişme özelliği gösteren jelatin, 35-40 °C sıcaklığını geçince dağılma, yayılma eğilimi gösterir ve vizkoz bir çözelti haline gelir (Atamer ve Yetişmeyen, 1987).

Fermente tip süt ürünlerinde jelatin ortalama % 0,1-0,3 arasında kullanılmalıdır. Jelatin fermentasyondan önce ya da pıhtılaşma gerçekleşmeden önce sütün içinde eritilmeli veya meyve çeşitleri ya da krema gibi maddelerle birlikte daha sonra ilave edilmelidir (Schrieber ve Garies, 2007).

Üçüncü ve Şakiroğlu (1987)'nin yaptıkları çalışmada yoğurt üretiminde %0 ile % 1 arasında birbirinden farklı oranlarda jelatin katkısı ilave edildi ve örneklerde en iyi sonucu % 0,6-0,7 jelatin katkısı ilave edilmiş yoğurtların olduğu belirtilmiştir.

Sezgin ve diğerleri (1989) yapmış oldukları bir çalışmada, stabilize edici madde olarak kullanılan jelatin ve agarın yoğurdun özellikleri üzerine etkilerini araştırıldığında yaptıkları denemelerde % 0.1, 0.2, 0.3 oranlarında agar, % 0.2, 0.4, 0.6 oranlarında ise jelatin ilave edildi. Sonuçlara göre, % 0,2 ve % 0,3 agar ilave edilmesinin yoğurt tadını maskeleyiğini belirtildi. Bunun yanında jelatin oranlarındaki artma, yoğurt tadını olumlu şekilde etkilediği ve her iki stabilizatör maddenin viskozitede artış gösterdiği ve serum ayrılmasını azalttığı belirtildi.

Yoğurt üretiminde herhangi bir stabilizatör maddenin kullanılması ülkemizde yasaktır (Anonim, 2009 ve 2011).

2.8.3 Bitkisel yağ

Yoğurtlardaki yağışların birçoğu süt yağına yöneliktir. Süt yağı son derece değerli bir madde olduğundan, bunun krema ve tereyağı gibi ürünlere işlenmesiyle elde edilen haksız kazanç, istismarcıların dikkatini çekmektedir. Bu nedenle süt yağının yerine çeşitli bitkisel yağların eklenmesiyle yağış yapıldığı, iş ahlakı ve yasaların çiğnendiği belirtildi. Süt ve süt ürünlerine bitkisel yağlar veya katı yağlar gibi süt ürünü olmayan yağların eklenmesi uzun süredir birçok ülkede yasa dışı bir uygulamadır (Garcia ve diğerleri, 2012).

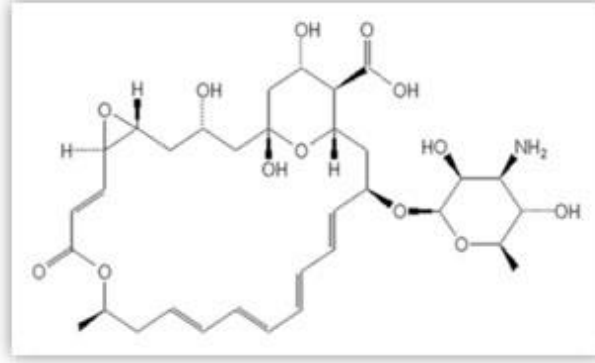
Süt yağı, süt ürünlerine farklı görünüm, doku, tat, lezzet ve doygunluk sağlayan önemli bir enerji, esansiyel yağ asitleri ve yağda çözünen vitaminlerin kaynağıdır. Bilimsel çalışmalar ayrıca süt yağının, kronik hastalıklara karşı potansiyel koruma sağladığını göstermiştir (Jensen ve Kroger, 2000).

Başka kaynaklardan elde edilen yağların yoğurt üretimde kullanılmalarının temel sebebi maliyeti düşürmektir. Üretimde süt yağının yerine pamuk yağı, palm yağı, ayçiçek yağı gibi yağlar ya da bunların değişik oranlarda karıştırılmış şekilleri kullanılabilir. Ancak üretimde kullanılacak yağın erime noktası 30-37°C olmalıdır (Montesinos-Herrero ve diğerleri, 2006).

Yapılan bir çalışmada tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerince zengin yoğurt, yağsız süt tozu ile hazırlanan yağsız sütün içerisine süt yağı kullanmak yerine %1,5 oranında zeytinyağı, yerfıstığı yağı, ayçiçeği yağı veya mısır yağı ilave edilerek üretilmiştir. Araştırmanın sonucunda duysal analiz yapılmış ve bitkisel yağlar ile üretilen yoğurt örneklerinin %1,5 oranında susuz süt yağı kullanılarak üretilen yoğurtlardan serum ayrılması ve lezzet açısından önemli ölçüde farklılık gösterdikleri görülmüştür (Barrantes ve diğerleri, 1996).

Yoğurt üretmek için süt yağı yerine bitkisel veya hayvansal kaynaklı yağların kullanılabileceğine dair ülkemizde herhangi bir yasal düzenleme yoktur (Anonim, 2009 ve 2011). Bu sebeple farklı hayvansal veya bitkisel kaynaklardan elde edilen yağların süt yağı yerine yoğurt üretiminde kullanılmasının yasal olmadığı bilinmektedir.

2.8.4 Natamisin



Şekil 2. 2: Natamisin (E 235)'nin kimyasal yapısı.

Gıda maddeleri üretiminde görülebilecek küfleri ve mayaları engellemek amacıyla natamisin maddesinin çok az miktarda kullanılması bile oldukça tesirlidir. Natamisin fermente tip ürünlerde fermantasyonu sağlayan mikroorganizmaların çalışmasına izin verirken oluşacak zararlı küf ve mayaların gelişimini engellemektedir. Diğer koruyucu maddelere göre natamisin az bir miktarı bile engellemeye yeterli olmaktadır (Jay, 2000). Natamisin maddesinin diğer bir kullanım alanı ise insanlarda görülen küflerden kaynaklı göz enfeksiyonlarında tedavi edici olarak kullanılmasıdır. (Elayedath ve Barringer, 2002; Reps ve diğerleri, 2002).

Natamisin maddesinin kullanımı ülkemizde yoğurt üretiminde yasal değildir (Anonim, 2009 ve 2011). Yoğurtta natamisin varlığına yönelik çalışmalar görülmüştür ancak taşıyıcı maddesi olarak kullanılan natamisin FTIR ile tespitine yönelik çalışma sayısı literatürde oldukça az gözlemlenmiştir.

Natamisin ile ilgili yapılan bir çalışmada farklı oranlarda natamisin direk sütün içerisine ilave edilerek veya üretilen yoğurdun üst kısmına püskürtme yöntemiyle ilave edilmiştir. Yoğurtlar depolandıktan sonra 1., 7., 15. ve 30. günlerde analizleri yapılmıştır. Bu analiz sonuçlarına göre natamisin mikrobiyolojik özelliklerinde uygulama şekli etkisiz bulunmuştur. Ürünlerin hiçbirine maya ve küf tespit edilmemiştir. Fakat bunun yanında koruyucu eklenen numunelerde laktik asit bakterilerinin kontrol numunesine göre belli bir miktar azaldığı tespit edilmiştir (Var ve diğerleri, 2004).

2.9 Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi

Endüstriyel gıda ürünlerinin kalite analizlerinin yapılması ve doğruluğunun kontrol edilmesi amacıyla Fourier dönüşümlü, NIR, MIR, Raman spektroskopisi ve üstün uzaysal görüntüleme spektroskopisi vb. spektroskopik metotlar hızlı, hassas sonuç veren birtakım teknikler olarak kullanılmaktadır. Bu tekniklerin gıdaya çok az zarar verdiği bilinmektedir. Bununla beraber yukarıdaki teknikler gıda ve tarım ürünlerinin birçok analizinde kullanılan kimyasal yöntemler, geleneksel teknikler ve zaman alıcı analizlere alternatif oluşturmuştur (Lohumi, 2015).

Gıdanın içerdiği proteinler, yağ asitleri, nükleik asitler ve karbonhidratlar gibi kimyasal bileşiklerin gözlemlenmesi ve yapılarının belirlenmesi gibi sebeplerle Fourier Transform Infrared Spektroskopisi (FT-IR) kullanılmaktadır (Dole ve diğerleri, 2011).



Şekil 2. 3: Fourier Transform Infrared Spektroskopisi (FT-IR)

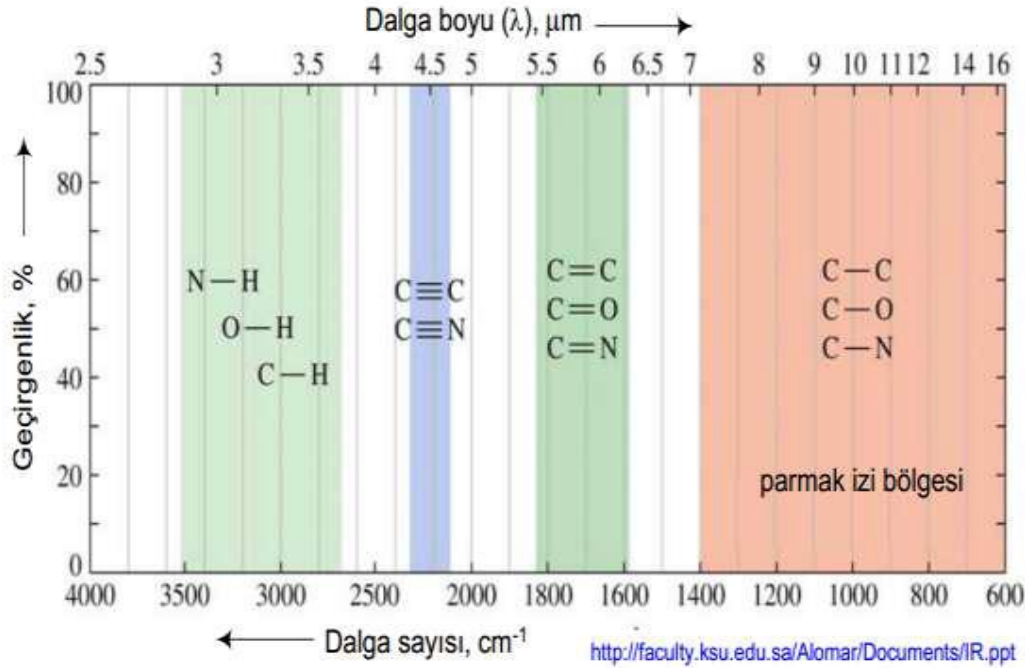
IR spektroskopisi ile polipeptit ve protein yapısını anlamaya yönelik araştırmaların 1950 yılında yapılmış olduğu bilmektedir. Yaklaşık olarak yirmi sene sonrasında ise, proteinlerin yapılarını daha iyi kavrayabilmek amacıyla hidrojen döteryum değişimlerinin izlenmesinde bu teknik kullanılmıştır. Bundan sonraki yıllarda IR spektroskopisi karbonhidrat, nükleik asit ve lipit gibi bileşiklerin araştırmasında kullanılmıştır. Örneklerin kızılötesi spektrumu; örneğin içinden geçen kızılötesi ışıısıyla belirlenebilmektedir. Spektrumdaki belirli pikler bant ve yoğunluk genişliğinde, biyolojik moleküllerin fonksiyonel grubunu ve çeşitli yapılarını tespit etmektedir (Çırak, 2017).

Tarım-gıda sektöründe kalite kontrol için FT-IR spektroskopisi analitik laboratuvarlarda kullanılmaktadır (Duru ve Karadeniz, 2007). FT-IR spektroskopisi

daha yoğun orta infrared (MIR-Middle Infrared 400 – 4000 cm^{-1}) bölgelerde kullanılmaktadır. Moleküllerin kimyasal yapıları hakkında elektromanyetik spektrumdaki, temel titreşim, gerilme-dönme modları bilgi vermektedir (Eksi ve Karav, 2011). MIR bölgelerde çoğunlukla iki tip belirgin yer bulunmaktadır. Bu yerler, 1500 ile 500 cm^{-1} bölgesi parmak izi kısmını 4000 ile 1500 cm^{-1} bölgesi ise fonksiyonel grupları ifade etmektedir.

Aşağıda fonksiyonel grup bölgelerinin hangi aralıklarda sinyal verildiği belirtilmiştir;

- C-H aldehit formundaki gerilmesi 2900 – 2700 cm^{-1} dalga sayısı aralığında,
- O-H ve N-H gerilmeleri 3700 – 2500 cm^{-1} dalga sayısı aralığında,
- C-H gerilmesi 3300 – 2800 cm^{-1} dalga sayısı aralığında,
- C=C, C=N ve C=O gerilmeleri 1950 – 1450 cm^{-1} dalga sayısı aralığında
- X-H gerilmesi (X; C, N, O ya da S) 4000 – 2500 cm^{-1} dalga sayısı aralığında,
- $\text{C}\equiv\text{C}$, $\text{C}\equiv\text{N}$ ve $\text{C}=\text{C}=\text{C}$ gerilmeleri 2700 – 1850 cm^{-1} dalga sayısı aralığında sinyal vermektedir (Hsu, C.P.S. 1997).



Şekil 2. 4: IR Spektroskopi absorpsiyon bantları

IR spektroskopisinde 4000-2000 cm^{-1} arasında hidrojen bağlı tekli bağlar (C-H, O-H, N-H), 2300- 2200 cm^{-1} arasında üçlü bağlar ($\text{C}\equiv\text{N}$, $\text{C}\equiv\text{C}$), 1950-1550 cm^{-1} arasında ikili bağlar (C=O, C=C ve C=N), 1300- 800 cm^{-1} arasında tekli bağlar (C-N, C-C, C-O), 1500-400 cm^{-1} arasında ise parmak izi bölgesi bulunmaktadır. 3292 cm^{-1}

yakınlarında geniş bulunan bant O-H esneme, 1626 cm^{-1} 'de olan bant O-H deformasyonu ile ilişkilendirilmiştir. Yaklaşık 2908 cm^{-1} 'de karakteristik bir absorpsiyon bandının oluşumu, karboksilik asidin C-H gerilmesi ile bilinmektedir (Çimen, 2021).

Orta infrared bölgesinde bütün molekülün işlevsel grubu farklı ve birbirine benzemeyen absorpsiyonlar üretmektedir. Moleküllerin işlevsel gruplarını parmak izi bölgesine göre yorumlamak daha fazla avantaj sağlamaktadır (Polshin ve diğerleri, 2011). Son dönemlerde yapılan çalışmalarda FT-IR ile beraber kemometrik yöntemler birlikte kullanılarak yapılan hilelerin belirlenmesinde hızlı bir yöntem ortaya çıkmıştır (Nicolaou ve diğerleri, 2010). Süt bileşenlerinin miktarının belirlenmesinde Fourier Transform Infrared (FTIR) spektroskopisinin diğer kullanılan tekniklere göre daha geniş bir uygulama alanı olduğu belirtilmiştir (Inon, 2004).

Farklı gıda maddelerinde Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopi yöntemi kullanılarak yapılan bazı çalışma örnekleri;

- ❖ Çilek püresindeki tağşiş (Holland ve diğerleri, 1998),
- ❖ Yakın ve orta kızılötesi spektroskopi kullanılarak yoğurtlarda süt yağındaki tağşişin hızlı tespiti (Temizkan ve diğerleri, 2020)
- ❖ Sızma zeytinyağındaki coğrafi orijin (Taap ve diğerleri, 1998),
- ❖ Siyah üzüm suyunda orijinalliğin belirlenmesi (Snyder ve diğerleri, 1998),
- ❖ MIR-spektroskopisinin sütte yapılan tağşişin ortaya çıkarılması (Santos ve diğerleri, 1998),
- ❖ Tereyağı örneğinin özgünlüğü ile ilgili yapılan bir parmak izi bölgesi incelemesinde, çok değişkenli modelleme tekniği (SIMCA) kullanılarak çok iyi sonuçlar elde edilmiştir (Herringshaw ve diğerleri, 2009),
- ❖ Ekstra sızma zeytinyağına kabak çekirdeği yağı ilavesi (Rohman ve diğerleri, 1998),
- ❖ Süt tağşişinde kullanılan sentetik kimyasal maddelerin ATR-FTIR cihazı kullanılarak tespit edilmesi (Jha ve diğerleri, 1998), gibi gıdalarda tağşişle ilgili birçok çalışma örnek olarak gösterilebilir.

FTIR fenotip, tür, alt-tür, patojenite, direnç gibi mikrobiyal hücrelerin analizine ilave olarak beraberinde major moleküllerin de saflık, miktar ve moleküler bağların kombinasyonunun yapısal olarak tespit edilmesinde de kullanım alanı bulmuştur. Hızlı bir biçimde sonuçların elde edilmesi, örneğe zarar vermemesi ve örnek hazırlama gibi zorunluluk olmaması nedeni ile FTIR kullanımını yaygınlaştırmaktadır. FTIR spektroskopisi katı, sıvı ve gaz örneklerin analizinde kullanılmıştır (Çırak, 2017).

IR spektroskopisi, yoğurtlarda yabancı yağ taşımasının hızlı şekilde tespit edilmesini sağlayacak bir alternatiftir.

Yukarıdaki çalışmalarda görüldüğü gibi FTIR yöntemi ile taşış belirlenmesi sadece süt ve ürünlerinde değil gıda sektörünün her alanında başarıyla kullanılmakta ve geliştirilmektedir.

2.10 Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisinin Avantajları

Fourier Transform Infrared (FT-IR) spektroskopisi süt teknolojisinde çok az miktarlarda kullanılan örneklerle çok kısa sürede neredeyse 1 dk altında analiz yapılmasını sağlamaktadır (Nicolaou ve Goodacre, 2008).

Diğer analiz teknikleri ile FT-IR'ın karşılaşması yapıldığında diğerlerine göre FTIR daha basittir, hassasiyeti yüksektir ve örnek maliyetinin düşük olması gibi sebeplerle avantajlıdır. FT-IR analizleri ile istatistiki metot türleri birlikte kullanıldıkları zaman sütte yapılan taşışların belirlenmesinde kullanılmaktadır. FT-IR kullanımını hızlı bir şekilde sonuç elde etmek, örneğe daha az zarar vermek gibi özelliklere sahiptir (Lin ve Wang, 2011).

Süt endüstrilerinde izoelektrik fokus veya poliakrilamid jel elektroforez gibi immünolojik olmayan metotların peynir ve kazein proteinlerinin sütte varlığını araştırabilmek için kullanım özellikleri incelenmektedir. Fakat bu yöntemler yorucu ve diğer yöntemlere göre pahalı tekniklerdir (Çırak, 2017).

Yukarıda bahsedilmiş olan teknikler oldukça yavaş, pahalı ve yorucu olması alternatif metot arayışına sebep olmaktadır. Bunların yanında FTIR spektroskopisi süt bileşenlerinin analizlerinde oldukça hızlı ve tutarlı sonuçlar vermektedir (Çırak, 2017).

2.11 Kemometrik Yöntemler

1970’li yıllarda Amerikalı Bruce R. Kowalski ve İsveçli Svante Wold tarafından kemometri kelimesi kullanılmıştır. Kemometri, veri setinin boyutsallığını azaltmak için çok değişkenli analiz tekniklerini kullanarak kimyasal analizlerle üretilen karmaşık çok boyutlu verilerden gerekli olan bilgileri elde etme için kullanılan, istatistiki olarak tanımlanan yöntemdir. Çok değişkenli veri analizleri, bir örnekteki birden fazla bileşeni belirleme, coğrafi köken oluşturma veya bir modifikasyon, karıştırma gibi işlemleri yapmak amacıyla örnekleri gruptlama, tanıma veya sınıflandırma becerisine sahiptir.

Çok değişkenli yöntemlere dayanan istatistiksel analizler, karmaşık veri setlerini azaltma, kalibrasyon yöntemleri kullanarak analitik parametreleri tahmin etme ve numuneleri farklı hedeflere göre belirli gruplara ayırtmak gibi amaçlar için kullanılmaktadır. Bu yöntemler denetimli veya denetimsiz olarak iki gruptur. Karmaşık spektroskopik veri kümelerinde modeli tanımak için kullanılan denetimsiz yöntemler, örnekler arasındaki kümeleri veya eğilimleri tanımlamak amacıyla kullanılır. Bu nedenle, önceden sınıflar veya gruplar hakkında bilgi gerekmemektedir. Denetimli yöntemler ise, ham veri setinin bilinmeyen bir veri seti kullanılarak sınıflandırma işleminin önceden oluşturulmasına dayanır. Daha sonra bilinmeyen veri seti mevcut sınıflardan birinde gruplandırılabilir. Özellikle gıda alanında sıklıkla kullanılan denetimsiz metodlar Hiyerarşik Küme Analizi (HCA: Hyrerarsichal Cumultative Analysis) ve Temel Bileşen Analizi (PCA: Principle Component Analysis)’dir. Sık kullanılan denetimli yöntemler Lineer Diskriminant Analizi (LDA: Lineer Discriminant Analysis) ve Sınıf Benzetmesi ile Yumuşak Bağımsız Modelleme Analizi (SIMCA: Soft İndependent Modeling of Class Analogy)’dir. En sık kullanılan kalibrasyon yöntemi ise Kısmi En Küçük Kareler Analizi (PLS: Partial Least Squares)’dir (Çimen, 2021).

2.11.1 Temel bileşen analizi

Temel bileşen analizi (PCA), çok sayıda birbiriyle ilişkili değişkenlerden oluşan ve korelasyonun olmadığı durumlarda veri kümesinin boyutsallığını düşürmek amacıyla kullanılan kemometrik bir yöntemdir. Aynı zamanda veri kümesinde var olan değişkenliği mümkün olduğunca korumaktadır. Orijinal değişkenlerin birkaç doğrusal kombinasyonu hesaplanmakta ve verilerde az bilgi kaybı olacak şekilde

sınıflandırma yapılabilir. PCA, karıştırılmış ve saf örnekler arasındaki spektral farklılıkları belirlemek amacıyla büyük veri setinin boyutunu azaltarak, önemli değişkenleri tespit etmekte destek sağlamaktadır. (Çimen, 2021).

2.11.2 Kısmi en küçük kareler-diskriminant analizi

Kısmi en küçük kareler-diskriminant analizi (PLS-DA), en yaygın kullanılan sınıflandırma yöntemlerinden biridir. PLS-DA, kısmi en küçük kareler regresyonu (PLS-R) algoritmasının gruplandırma yöntemine dönüştürülmüş halidir. Ayrıca, sınıf değişkenleri olarak adlandırılan bağımlı değişkenleri tahmin etmek için kullanılan PLS-R algoritmasına dayanmaktadır. PLS-DA'nın tahmin edici ve tanımlama yapıcı özelliğinin yanında numunenin grupları arasındaki ayrımında netleştirmede kullanılmaktadır. Özellikle yüksek boyutlu verilerin modellenmesi amacıyla kullanışlıdır. Amaç, bağımsız değişkenin veri boyutunu küçültmek, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki varyansı en üst düzeye çıkartmaktır (Polat ve Günay, 2009).

2.11.3 Kısmi en küçük kareler regresyon analizi (PLSR)

Kemometrik yöntemlerden en çok kullanılan analiz kısmi en küçük kareler analiz (PLS) yöntemidir. PLS yöntemi, 1960'lı yıllarda Herman Wold tarafından geliştirilmiştir. Bu analizdeki ideal, bağımsız değişkenlerin çok fazla olması ve birbirleri ile ilişkili olduğu durumlarda tahmin etmek için yeni modeller geliştirip bu modelleri uygulamaya dayanır. Regresyon analizlerinde ise bağımsız değişken sayısı azaltılmaktadır. PLSR yönteminin esas amacı, gizli değişkenler kullanarak bağımsız (X) ve bağımlı (Y) değişkenler arasındaki ilişkiyi tespit etmektir (Polat ve Günay, 2009).

PLSR analizinde bütün bağımlı değişkenler için bir regresyon grafiği çizilir ve bu bağımlı değişkenler yoğunluğu oluşturulur. Bu çizilen regresyon grafikleri, bilinmeyen bir örneğin konsantrasyonunu tahmin etmesi amacıyla gereken bilgileri içerir. Bu grafik kalibrasyon eğrisi olarak da bilinmektedir (Polat ve Günay, 2009).

2.11.4 Kısmi en küçük kareler regresyon analizi (PLS-R)

PLS-R modellemesinde, olabilirlik fonksiyonları $X'YY'X$ matrisinden çıkarılan değişkenlerle karakterize edilir. Bu modelde, çıkarılan değişkenler maksimum Y ve X faktör sayısını aşabilir. Bu yöntemin avantajı, temel bileşenler regresyonu ve

diskriminant analizi gibi modellerde kullanılan kısıtlamalara bağılı değildir. Bu nedenle bu model, geleneksel modellerin uygulanamadığı ve gözlemlerin daha az olduğu değişkenlerde kullanılabilir. Bu model sayesinde kısıtlamalar sonucu hesaplanamayan değerleri belirlemek mümkündür (Polat ve Günay, 2009).

Bu tez çalışmasında, yoğurt üretimi sürecinde süte belirli oranlarda jelatin, bitkisel yağ, nişasta ve antibiyotik madde olarak natamisin katılmıştır. Son üründe bazı önemli fiziksel ve kimyasal analizler yapılarak kontrol yoğurt örnekleri ile tağış edilmiş yoğurt örneklerindeki değışimler belirlenmiştir. Ayrıca, tüm örneklerin FTIR spektralarının 4000-400 cm⁻¹ bant aralığındaki absorbands değıerleri doğrudan PLSR ve varyans analizi testine tabi tutulmuştur. Geliştirilen regresyon modeli ile bilinmeyen örneklerde tağış yapıp yapılmadığı ve tağış düzeyi tespit edilmiştir.



3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1 Materyal

3.1.1 Yoğurt üretimini için kullanılacak sütlerin temini

Güvenilir bir çiftçiden içerisinde herhangi bir katkı maddesi katılmamış sütler sağım yapılır yapılmaz yoğurt üretimi için temin edilmiştir. Homojen olması için süt iyice karıştırılmıştır. Süzme işleminden sonra kaynatma işlemi yapılarak yoğurt üretimi için hazır hale getirilmiştir.

3.1.2 Katkıların temin edilmesi

Nişasta temin edilmesi; Kıvam artırıcı olarak altın yıldız firmasına ait mısır nişastası satın alınmıştır ve kullanılmıştır.

Jelatin temin edilmesi; Kıvam artırıcı stabilizatör olarak aktardan 200 gr toz sığır jelatini satın alınarak üretimde kullanılmıştır.

Bitkisel yağ temin edilmesi; Süt yağı ortalama 35-40° C civarında erimektedir. Yoğurt üretimi için bitkisel yağ olarak palm yağı kullanılmıştır. Ancak palm yağının farklı ürünler için farklı derecelerde eriyen birçok çeşidi vardır. Çalışmamızda kullanmak için ortalama 37° C’de eriyen palm yağı torku fabrikasından temin edilmiştir.

Natamisin temin edilmesi; E 235 kodu ile bilinen gıda katkı maddesi natamisin olarak bilinmektedir. Çalışmamızda koruyucu olarak kullanmak amacıyla bir fabrikadan 100 ml sıvı natamisin temin edilmiştir.

Yoğurt mayası temin edilmesi; Örneklerimizi mayalamak amacıyla ev yapımı yoğurt uygun miktarda tartılarak kullanılmıştır.

3.2 Yöntem

3.2.1 Nişasta ilave edilen yoğurtların hazırlanması

Çalışmamızda çiftçiden elde edilen çiğ inek sütü kullanılmıştır. Süt süzülerek kaynatma işlemi yapılmıştır. Hassas terazide katkıları ayrı ayrı tartılmıştır. Mayası tartılarak hazırlanmıştır. Süt 40°C’ye soğutulduktan sonra 250 ml’lik cam ambalaj içerisinde nişasta katkıları ayrı ayrı çözündürülmüş ve tekrar 60°C’ye ısıtılarak

nişastanın çirrişlenmesi sağlanmıştır. Örnekler 3 adet katkısız yoğurt, 3'er adet %1'lik, %2'lik ve %3'lük nişasta katkılı olarak hazırlanmıştır. Nişasta katkılı sütlerimiz 45°C'ye soğuduğunda içerisine mayası eklenmiş ve 4 buçuk saat fırında ortalama 42-45 °C 'de inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda 1 saat oda koşullarında soğuması sağlanıp buzdolabına kaldırılmıştır. Bir gün sonra elde edilen bu örnekler ATR-FTIR cihazında, her bir örnek 15 kez analize alınmış ve elde edilen spektraller kemometrik analize tabi tutulmuştur. Daha sonra örneklerin pH, renk, kuru madde, yağ ve protein analizleri yapılmıştır.



Şekil 3. 1: Analize hazırlanan değişik oranlarda katkılı yoğurtlar



Şekil 3. 2: Analize hazırlanan değişik oranlarda katkılı yoğurtlar

3.2.2 Jelatin ilave edilen yoğurtların hazırlanması

Aynı şartlarda elde edilen süt 40°C'ye soğutulduktan sonra 250 ml'lik cam ambalaj içerisinde jelatin katkıları ayrı ayrı çözündürülmüş ve tekrar 60°C'ye ısıtılarak jelatinin tamamen çözünmesi sağlanmıştır. Örnekler 3 adet katkısız yoğurt, 3'er adet %1'lik, %2'lik ve %3'lük jelatin katkılı olarak hazırlanmıştır. Jelatin katkılı sütlerimiz 45°C'ye soğuduğunda içerisine mayası eklenmiş ve 4 buçuk saat fırında ortalama 42-45 °C 'de inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda 1 saat oda koşullarında soğuması sağlanıp buzdolabına kaldırılmıştır. Bir gün sonra elde edilen bu örnekler ATR-FTIR cihazında, her bir örnek 15 kez analize alınmış ve elde edilen spektralar kemometrik analize tabi tutulmuştur. Daha sonra örneklerin pH, renk, kuru madde, yağ ve protein analizleri yapılmıştır.

3.2.3 Bitkisel yağ ilave edilen yoğurtların hazırlanması

Hassas terazide katkıları ayrı ayrı tartılmıştır. Mayası tartılarak hazırlanmıştır. Aynı şartlarda elde edilen süt 45°C'ye soğutulduktan sonra 250 ml'lik cam ambalaj içerisinde bitkisel yağ katkıları ayrı ayrı çözündürülmüştür. Örnekler 3 adet katkısız yoğurt, 3'er adet %1'lik, %2'lik ve %3'lük bitkisel yağ katkılı olarak hazırlanmıştır. 45°C'deki bitkisel yağ katkılı sütlerimizin içerisine mayası eklenmiş ve 4 buçuk saat ortalama 42-45 °C 'de fırında inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda 1 saat oda koşullarında soğuması sağlanıp buzdolabına kaldırılmıştır. Bir gün sonra elde edilen bu örnekler ATR-FTIR cihazında, her bir örnek 15 kez analize alınmış ve elde edilen spektralar kemometrik analize tabi tutulmuştur. Daha sonra örneklerin pH, renk, kuru madde, yağ ve protein analizleri yapılmıştır.

3.2.4 Natamisin ilave edilen yoğurtların hazırlanması

Hassas terazide katkıları ayrı ayrı tartılmıştır. Mayası tartılarak hazırlanmıştır. Aynı şartlarda elde edilen süt 45°C'ye soğutulduktan sonra 250 ml'lik cam ambalaj içerisine koyulmuş, içerisinde natamisin katkıları ayrı ayrı çözündürülmüş ve mayası eklenmiştir. Örnekler 3 adet katkısız yoğurt, 3'er adet %0,1'lik, %0,2'lik ve %0,3'lük natamisin katkılı olarak hazırlanmıştır. Örneklerimiz 4 buçuk saat ortalama 42-45 °C 'de fırında inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda 1 saat oda koşullarında soğuması sağlanıp buzdolabına kaldırılmıştır. Bir gün sonra elde edilen bu örnekler ATR-FTIR cihazında, her bir örnek 15 kez analize alınmış ve elde edilen

spektralar kemometrik analize tabi tutulmuştur. Daha sonra örneklerin pH, renk, kuru madde, yağ ve protein analizleri yapılmıştır.

3.2.5 Kimyasal analizler

Katkısız ve tağşiş edilerek hazırlanan süt örneklerinin kimyasal analizleri 'Milkoscan FT-3' cihazında yapılmıştır. Katkısız ve tağşiş edilerek hazırlanan yoğurt örneklerinin kimyasal analizleri torku süt fabrikası ve Karamanoğlu Mehmetbey üniversitesi Gıda Mühendisliği laboratuvarında yapılmıştır. Kuru madde analizi etüvde, yağ analizi gerberde, protein analizi ise FOS cihazında TS standartlarına uygun bir şekilde Torku gıda fabrikasında yapılmıştır. Karamanoğlu Mehmetbey üniversitesinde Ohaus ST-10 marka pH metre ile altı paralelli olarak ölçüm yapılmıştır ve Hunter Lab renk ölçer (Color Flex, USA) kullanılarak tespit edilmiştir. 'L' değeri (parlaklık, aydınlık), 'a' değeri (yeşil, kırmızı) ve 'b' değeri (mavi, sarı) değerleri şeklinde belirtilmiştir (Yağcı ve Göğüş, 2009). Cihaz standart beyaz ve siyah plakalara göre kalibre edilip ürünlerin okuması yapılmıştır. Analiz altı paralel olarak yapılmıştır.

3.2.6 Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR) analizleri

Yoğurt numunelerin spektrumlarını taramak için Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi laboratuvarında yer alan ATR-FTIR cihazı Attenuated Total Reflectance-Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR) spektroskopi cihazı (Bruker OPUS) kullanılmıştır. Tüm örnekler 15 tekrar olacak biçimde ATR-FTIR cihazında analize alınmıştır. Cihaz her analizden önce ve sonra etil alkol ile silindikten ve kurulandıktan sonra bir sonraki analizde kullanılmıştır. Örnek spektra ölçümlerinden önce cihaz örnek olmadan arka plan spektrasını çekerek örnek spektrasından otomatik olarak çıkarmaktadır. Her bir spektra ölçümü arka arkaya çekilmiş 64 ölçümün birleşmesinden oluşturulmuştur. FTIR frekans aralığı 2 cm^{-1} aralıklar ile $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$ aralığında absorbans ölçümü için cihaz önceden programlanmıştır.

3.2.7 İstatistiki analizler

Yoğurt örneklerinde fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları General Linear Model (GLM) kullanılarak varyans analizleri yürütülmüş, örnekler arasında farklılıklar önemli bulunduğu durumlarda ise Tukey'in Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılmıştır. Bu analizlerde MİNİTAB 16 paket programı (Minitab®, Inc., USA) kullanılmıştır.

FTIR spektralar ön işleme için “Spectragryph Version 1.2.14” adlı programı kullanılmıştır (Spectroscopy Ninja - optical spectroscopy software and services (effemm2.de). Bu programda spektra verileri “0” tabanı için düzeltilmiş ve tüm spektralar en yüksek absorbans değerine göre normalize edilmiştir. Böylece tüm örneklerin absorbans değerleri “0 ile 1” aralığında olması sağlanmıştır. Normalize edilen spektra verileri daha sonra OriginPro 2019b (64-bit) 9.6.5.169 programı kullanılarak Kısmi En Küçük Kareler Regresyon (PLSR) ile tahmin modelleri geliştirilmiştir. Tahmin modelinde spektraların 4000 ile 900 cm^{-1} aralığındaki absorbans değerleri kullanılmıştır. Tüm spektra örneklerinin 2/3'lük kısmı PLSR modelinin kalibrasyon ve 1/3'lük kısmı validasyon (doğrulama) safhasında “One-leave-out” kullanılarak tahmin modeli geliştirilmiştir. Başka bir deyişle, model geliştirilmesinde her seferinde 1 spektra dışarı alınarak modelin örneklerdeki taşıyıcı düzeyini tespit etme yeteneği belirlenmektedir. Bu işlem, en küçük hata (PRESS-mutlak farkların kareler toplamı) ve en yüksek regresyon katsayısı elde edilinceye kadar devam eder ve o model bilinmeyen örneklerin tahmininde kullanılır. Bu tez çalışmasında, modelin performansını belirleyen parametreler olarak kalibrasyon ve validasyon regresyon katsayıları (cR^2 ve vR^2), kalibrasyona ait mutlak farkların ortalama standart hatası (RMSEC) ve validasyona ait olan ortalama standart hata (RMSECV), tahmin edilen değerlere ait mutlak farkların ortalama standart hatası (RMSEP) ve modelin tespit edebildiği en küçük değer (DL) kullanılmıştır:

$$\text{RMSEC} = \sqrt{\sum_i^m (y_i - \bar{y}_i)^2 \div m}$$

Burada m örnek sayısı, i modeli oluşturan tüm örnek sayısı.

$$\text{RMSECV} = \sqrt{\text{PRESS}} \div m.j$$

Burada PRESS, validasyon modelinde kullanılan örneklere ait mutlak farklar; m, toplam örnek sayısı ve j, validasyon kısmında kullanılan örnek sayısı.

$$\text{RMSEP} = \sqrt{\text{PRESS} \div m},$$

Burada PRESS PRESS, validasyon modelinde kullanılan örneklere ait mutlak farklar; m, toplam örnek sayısı,

$$\text{DL} = 3,3 \sigma / S,$$

Burada σ = standart sapma, S = kalibrasyon regresyon eğrisinin eğimi.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Örneklerin analizleri sonucunda elde edilen FTIR spektaları şekil 4.2, 4.8, 4.14 ve 4.20’de verilmiştir. Bu spektraların 900 cm⁻¹ ile 4000 cm⁻¹ dalga boyu aralıklarındaki veriler kullanım için tercih edilmiştir. Spektra verileri 0 ile 1 arasına normalize edilerek kullanılmıştır.

Aşağıdaki çizelge 4.1’de örnek spektrumlarında süt ürünlerini dalga sayısı bölgeleri ve karşılık gelen fonksiyonel grupları verilmiştir. FTIR spektralarının değerlendirmeleri bu çizelgedeki dalga boylarına göre yapılmıştır.

Çizelge 4. 1: Süt ve ürünlerine ait örnek spektrumlarında dalga sayısı bölgeleri ve karşılık gelen fonksiyonel gruplar (Saji ve diğerleri, 2024).

	Fonksiyonel grup	Dalga numarası bölgesi (cm ⁻¹)
Proteinler	Amid I	1750-1650
	CO	1750-1700
	Amid II	1550-1500
	N-H	3500-3300
	C-N	1300-1000
Karbonhidratlar	C-H	3000-2800
	C-O	1200-1000
Yağlar	C-H	3000-2800
	CO	1750-1700
	C C-H	3100-3000
Su	AH	3600-3200
	H-O-H	1700-1600
Alkol	AH	3600-3200
	C-O	1300-1000
Amin	Kuzeydoğu	3500-3300
	CN	1300-1000
	Kuzeydoğu	3500-3300
Karbonil	CO	1750-1650
Aromatik	CH	3100-3000
	CC	1600-1450

4.1 Katkısız ve Tağış Edilmiş Sütlerde Yapılan Kimyasal Analizler

4.1.1 Katkısız ve tağış edilmiş sütlerin kuru madde analizleri

Aşağıdaki çizelge 4.2’de katkısız ve tağış edilerek hazırlanan süt örneklerinin kuru madde analizine ait varyans analiz verileri verilmiştir. Yürütülen varyans analizinin istatistiki olarak değerlendirildiğinde öneminin büyük ($P \leq 0,001$) olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 2: Katkısız ve tağış edilmiş sütlerin kuru madde varyans analiz çizelgesi.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Tağışlar	12	25,1024	2,09187	35,11	0,000
Error	13	0,7745	0,05958		
Total	25	25,8769			

Aşağıdaki çizelge 4.3’de katkısız ve tağış edilmiş yoğurt örneklerinde kullanılacak sütlerin kuru madde analizlerinin ortalamalar üzerindeki Tukey Çoklu Karşılaştırma sonuçları verilmiş ve harflendirme yapılmıştır.

Çizelge 4. 3: Katkısız ve tağış edilmiş sütlerin kuru madde analizlerinin ortalama ve standart sapma değerleri.

Uygulamalar	Kuru madde %
Katkısız süt	13,70±0,26 ^{ef}
%1 Nişasta	14,74±0,36 ^{cd}
%2 Nişasta	16,12±0,17 ^{ab}
%3 Nişasta	16,50±0,03 ^a
%1 Jelatin	15,05±0,07 ^{cd}
%2 Jelatin	15,26±0,08 ^{bc}
%3 Jelatin	16,08±0,08 ^{ab}
%1 Bitkisel yağ	13,57±0,12 ^f
%2 Bitkisel yağ	14,67±0,7 ^{cde}
%3 Bitkisel yağ	14,34±0,05 ^{cdef}
%0,1 Natamisin	14,11±0,01 ^{def}
%0,2 Natamisin	13,62±0,07 ^f
%0,3 Natamisin	13,68±0,09 ^f

Çizelge 4.3’de görüldüğü gibi en düşük kuru madde oranı natamisin ilave edilmiş örnekte %0,2 natamisin = 13,62±0,07 en yüksek kuru madde oranı ise jelatin ilave edilmiş örnekte %3 jelatin = 16,08±0,08 olarak gözlemlenmektedir. Nişasta ve jelatinin kuru madde olmasından dolayı kuru madde miktarını artırması beklenmektedir. Nişasta ve jelatinin tağış oranları arttıkça kuru madde oranının da arttığı görülmektedir. Bitkisel yağ katkısı da bir miktar kuru maddede artış göstermiştir. Ancak natamisin katkısı kuru maddede gözle görülür bir fark

göstermemiştir. Sütte kuru madde ile ilgili yapılan bazı çalışmalarda Jaurez ve diğerleri (1978) yaz ve kış mevsimlerinde 8 tane birbirinden farklı olan bölgelerden süt elde etmişlerdir. Elde edilen bu süt numunelerine analizler yapılmış ve süt numunelerinde kuru madde miktarını ortalama % 11.44 olduğunu belirtmişlerdir. Ve bu analizler sonucunda kışın elde edilen sütlerin yazın elde edilen sütlere kıyasla kuru maddelerinin artış gösterdiği belirtilmiştir. Ülkemizin farklı yerlerinde bazı araştırmacılar tarafından sokak sütleri analiz edilmiştir. Yapılan araştırmaların bazılarında kuru madde değerleri ortalama olarak; Özsunar (2005) %13.00, ve Kaşıkçı (2012) %13.62 olarak ifade edilmiştir. Yapmış olduğumuz tez çalışmasında kullanılan sütlerin % 13.70 olarak belirlenen kuru madde değeri bu konuda çalışma yapmış olan araştırmacıların belirtmiş oldukları değerler ile yaklaşık aralıkta olduğu gözlemlenmiştir.

4.1.2 Katkısız ve tağşiş edilmiş sütlerin yağ analizleri

Aşağıdaki çizelge 4.4’de katkısız ve tağşiş edilerek hazırlanan süt örneklerinin yağ analizine ait varyans analiz verileri verilmiştir. Yürütülen PLS-R analizi istatistiki olarak değerlendirildiğinde öneminin büyük ($P \leq 0,001$) olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 4: Katkısız ve tağşiş edilmiş sütlerin yağ analizleri varyans analiz çizelgesi.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Tağşişler	12	0,86192	0,071826	33,65	0,000
Error	13	0,02775	0,002135		
Total	25	0,88967			

Aşağıdaki çizelge 4.5’de katkısız ve tağşiş edilmiş yoğurt örneklerinde kullanılacak sütlerin yağ analizlerinin ortalamalar üzerindeki Tukey Çoklu Karşılaştırma sonuçları verilmiş ve harflendirme yapılmıştır.

Çizelge 4. 5: Katkısız ve tağşiş edilmiş sütlerin yağ analizlerinin ortalama ve standart sapma değerleri.

Uygulamalar	Yağ %
Katkısız süt	3,08±0,12 ^f
%1 Nişasta	3,37±0,00 ^{cd}
%2 Nişasta	3,79±0,07 ^a
%3 Nişasta	3,12±0,01 ^{ef}
%1 Jelatin	3,25±0,01 ^{def}
%2 Jelatin	3,48±0,02 ^{bc}
%3 Jelatin	3,56±0,03 ^b
%1 Bitkisel yağ	3,29±0,03 ^{de}
%2 Bitkisel yağ	3,32±0,04 ^{cd}
%3 Bitkisel yağ	3,25±0,04 ^{def}
%0,1 Natamisin	3,31±0,02 ^{cd}
%0,2 Natamisin	3,22±0,02 ^{def}
%0,3 Natamisin	3,23±0,02 ^{def}

Çizelge 4.5’de görüldüğü gibi en düşük yağ oranı katkısız süt örneğinde örnekte katkısız süt = 3,08±0,12 en yüksek yağ oranı ise jelatin ilave edilmiş örnekte %3 jelatin = 3,56±0,03 olarak gözlemlenmektedir. Tağşiş amacıyla ilave edilen katkıları yağ miktarını artırdığı görülmüştür. Sütte yağ analizi ile ilgili yapılan bazı çalışmalarda Türkiye’nin farklı yörelerinde sokak sütleri üzerinde farklı çalışmalar yapıldığı görülmüştür. Araştırmacıların yapmış oldukları çalışmalarda elde ettikleri yağ oranları şöyledir; Özsunar (2005) %4.08, Kesenkaş ve Akbulut (2010) %3.79 ve Diler ve Baran (2017) %3.60’tır. Çalışmamızda kullandığımız sütün yağ oranı diğer araştırmaların sonuçlarına göre kabul edilebilir özelliktedir.

4.1.3 Katkısız ve tağşiş edilmiş sütlerin pH analizleri

PH değeri sütte ürünün kaliteli olması veya randımanının yüksek olması konusunda bilgi verdiği için çok önemli bir parametredir. Süt yeni sağıldığı zaman pH değeri 6,6-6,8 civarında olması gerekmektedir. pH değeri 6,8’in üzerine çıkar ise bu hayvandaki mastitis hastalığının ya da sütün içerisine nötürleştirici madde ilave edilmesinin pH değeri 6,5’in altına inmesi asitliğin artmaya başlamasının göstergesidir (Metin, 2005). Bu tez çalışmasında kullanılan taze süt ile farklı oranlarda katkı maddesi ile tağşiş edilen süt numunelerinin pH ölçümleri 6,59 ile 6,68 civarında değişiklik göstermektedir. Çalışmada kullanılan süt örneklerinin pH

değerleri arasında anlamlı farklılıklar saptanmamıştır. Ülkemizde yapılan bazı çalışmalarda örneğin Şanlıurfa’da satılan sokak sütlerinin ortalama pH ölçümünü Göncü ve diğerleri (2017), kış döneminde 6,54 ve yaz döneminde 6,46 tespit ettikleri görülmüştür. Yaptığımız çalışmada da bulunan çiğ süt ve tağşiş edilmiş sütlerin pH değerleri yapılan çalışmalardaki elde etmiş oldukları değerler ile benzerlik göstermektedir.

4.1.4 Katkısız ve tağşiş edilmiş sütlerin protein analizleri

Aşağıdaki çizelge 4.6’de katkısız ve tağşiş edilerek hazırlanan süt örneklerinin protein analizine ait varyans analiz verileri verilmiştir. Yürütülen PLS-R analizi istatistiki olarak değerlendirildiğinde öneminin büyük ($P \leq 0,001$) olduğu görülmüştür.

Çizelge 4. 6: Katkısız ve tağşiş edilmiş sütlerin protein analizleri varyans analiz çizelgesi.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Tağşiş	12	8,58736	0,715613	131,58	0,000
Error	13	0,07070	0,005438		
Total	25	8,65806			

Aşağıdaki çizelge 4.7’de katkısız ve tağşiş edilmiş yoğurt örneklerinde kullanılacak sütlerin protein analizlerinin ortalamalar üzerindeki Tukey Çoklu Karşılaştırma sonuçları verilmiş ve harflendirme yapılmıştır.

Çizelge 4. 7: Protein analizlerinin ortalama ve standart sapma değerleri.

Uygulamalar	Protein %
Katkısız süt	4,43±0,04 ^{cde}
%1 Nişasta	4,55±0,06 ^{cd}
%2 Nişasta	4,43±0,007 ^{cde}
%3 Nişasta	4,48±0,14 ^{cde}
%1 Jelatin	5,37±0,12 ^b
%2 Jelatin	5,35±0,04 ^b
%3 Jelatin	6,29±0,07 ^a
%1 Bitkisel yağ	4,25±0,01 ^e
%2 Bitkisel yağ	4,47±0,12 ^{cde}
%3 Bitkisel yağ	4,62±0,03 ^c
%0,1 Natamisin	4,51±0,007 ^{cde}
%0,2 Natamisin	4,30±0,02 ^{de}
%0,3 Natamisin	4,23±0,06 ^e

Çizelge 4.7’de görüldüğü gibi en düşük protein oranı katkısız süt örneğinde %0,3 natamisin = 4,23±0,06 en yüksek protein oranı ise jelatin ilave edilmiş örnekte %3 jelatin = 6,29±0,07 olarak gözlemlenmektedir. Örneklerdeki protein oranları

incelendiğinde katkısız sütün protein oranının ortalama %4,43 olduğu görülmektedir. Nişasta, bitkisel yağ ve natamisin protein oranında çok fazla bir değişiklik yapmazken jelatinin protein oranını arttırdığı gözlemlenmektedir. Çünkü jelatin protein yapısında bir bileşiktir. Sütte protein oranı ile ilgili yapılan bazı çalışmalarda Gönç ve Tanülkü (1981), bölgeler arası araştırma yapmış ve süt proteininin ortalama değerini % 3.16 kış mevsimindeyse protein değerini % 3.24 olduğu görülmüştür. Özsunar (2005), %3.60 ve Aydın ve diğerleri (2010), tarafından %3.28 bulunmuştur. Çalışmamızda kullandığımız sütün yağ oranı diğer araştırmalara göre biraz yüksek kalmıştır.

4.2 Katkısız ve Tağış Edilmiş Yoğurtlarda Yapılan Kimyasal Analizler

4.2.1 Katkısız ve tağış edilmiş yoğurtların kuru madde analizleri

Aşağıdaki çizelge 4.8’de katkısız ve tağış edilerek hazırlanan yoğurt örneklerinin kuru madde analizine ait varyans analiz verileri verilmiştir. Yürütülen PLS-R analizi istatistiki olarak değerlendirildiğinde öneminin büyük ($P \leq 0,001$) olduğu görülmüştür.

Çizelge 4. 8: Katkısız ve tağış edilmiş yoğurtların kuru madde analizleri varyans analiz çizelgesi.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Tağış	12	39,3414	3,27845	479,68	0,000
Error	13	0,0889	0,00683		
Total	25	39,4302			

Aşağıdaki çizelge 4.9’de katkısız ve tağşiş edilmiş yoğurt örneklerinin kuru madde analizlerinin ortalamalar üzerindeki Tukey Çoklu Karşılaştırma sonuçları verilmiş ve harflendirme yapılmıştır.

Çizelge 4. 9: Katkısız ve tağşiş edilmiş yoğurt örneklerinin kuru madde analizlerinin ortalama ve standart sapma değerleri.

Uygulamalar	Kuru madde %
Katkısız yoğurt	14,52±0,028 ^h
%1 Nişasta	15,30±0,056 ^{ef}
%2 Nişasta	14,590±0,014 ^e
%3 Nişasta	15,97±0,035 ^d
%1 Jelatin	17,12±0,035 ^c
%2 Jelatin	18,10±0,0007 ^a
%3 Jelatin	18,32±0,25 ^a
%1 Bitkisel yağ	15,35±0,014 ^{ef}
%2 Bitkisel yağ	15,92±0,03 ^d
%3 Bitkisel yağ	17,49±0,06 ^b
%0,1 Natamisin	15,05±0,07 ^{fg}
%0,2 Natamisin	14,82±0,04 ^{gh}
%0,3 Natamisin	15,15±0,07 ^f

Çizelge 4.9’de görüldüğü gibi en düşük kuru madde oranı katkısız yoğurt örneğinde katkısız yoğurt = 14,52±0,028 en yüksek protein oranı ise jelatin ilave edilmiş örnekte %3 jelatin = 18,32±0,25 olarak gözlemlenmektedir. Kullanılan tüm tağşiş maddeleri yoğurdun kuru maddesini bir miktar artırmıştır. Ancak en fazla artış nişasta ve jelatin katkılı örneklerde gözlenmiştir. Yoğurdun yapısını düzeltmek, su salmasını engellemek amacıyla birtakım çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan birinde İbrahim ve diğerleri (1992), yoğurt üretimi esnasında kıvam düzelmesini sağlamak ve serum ayrılmasını engellemek amacıyla değişik oranlarda agar-agar, jelatin, flonogen, palsgoard, frimülsin, nişasta ve karragen gibi stabilizatör maddeler kullanılmıştır. Daha sonra gerekli analizler yapıldı ve sonuçta agar-agar ve nişasta ilave edilenlerde kuru maddede önemli oranda artış sağlandığı, diğer maddelerin etkisinin önemsiz olduğu görülmüştür. Yoğurtta kuru madde ile ilgili olarak Atamer ve Sezgin (1986)’nın yaptığı bir çalışmada kuru madde artırıldığı zaman yoğurtta vizkozite ve serum ayrılmasına ne gibi etki gösterdiğini istatistiksel yöntemlerde kullanarak açıklamaya çalışılmıştır. % 9.38 ile % 23.68 civarında farklı oranlarda kuru maddeye sahip yoğurtların serum ayrılması ve vizkozite analizleri yapılarak değerlendirilmiştir ve kuru madde artışının önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Sonuçlar istatistiki olarak şu şekilde ifade edilmiştir. Kurumadde ile vizkozite arasındaki korelasyon katsayısı +0,96, regrasyon katsayısını +206.504, kuru madde ile serum ayrılması arasındaki korelasyon katsayısını ise -0,99, regrasyon katsayısını ise -0758 olarak tespit edilmiştir.

4.2.2 Katkısız ve tağış edilmiş yoğurtların yağ analizleri

Aşağıdaki çizelge 4.10'da katkısız ve tağış edilerek hazırlanan yoğurt örneklerinin yağ analizine ait varyans analiz verileri verilmiştir. Yürütülen PLS-R analizi istatistiki olarak değerlendirildiğinde öneminin büyük ($P \leq 0,001$) olduğu görülmüştür.

Çizelge 4. 10: Katkısız ve tağış edilmiş yoğurtların yağ analizleri varyans analiz çizelgesi.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Tağış	12	39,3414	3,27845	479,68	0,000
Error	13	0,0889	0,00683		
Total	25	39,4302			

Aşağıdaki çizelge 4.11'de katkısız ve tağış edilmiş yoğurt örneklerinin yağ analizlerinin ortalamalar üzerindeki Tukey Çoklu Karşılaştırma sonuçları verilmiş ve harflendirme yapılmıştır.

Çizelge 4. 11: Katkısız ve tağış edilmiş yoğurt örneklerinin yağ analizlerinin ortalama ve standart sapma değerleri.

Uygulamalar	Yağ %
Katkısız yoğurt	4,72±0,03 ^e
%1 Nişasta	5,25±0,07 ^{bcd}
%2 Nişasta	5,00±0,14 ^{cde}
%3 Nişasta	4,8±0,14 ^e
%1 Jelatin	5,30±0,14 ^{bc}
%2 Jelatin	4,95±0,21 ^{cde}
%3 Jelatin	5,09±0,05 ^{cde}
%1 Bitkisel yağ	5,54±0,06 ^{ab}
%2 Bitkisel yağ	5,7±0,03 ^a
%3 Bitkisel yağ	5,86±0,05 ^a
%0,1 Natamisin	4,83±0,02 ^e
%0,2 Natamisin	4,86±0,04 ^{de}
%0,3 Natamisin	4,89±0,03 ^{de}

Çizelge 4.11'de görüldüğü gibi ortalama en düşük yağ oranı katkısız yoğurt örneğinde katkısız yoğurt = 4,72±0,03 en yüksek yağ oranı ise bitkisel yağ ilave edilmiş örnekte %3 bitkisel yağ = 5,86±0,05 olarak gözlemlenmektedir. Maliyeti

düşürmek daha fazla kar elde etmek amacıyla değişik kaynaklardan sağlanan yağlar yoğurt üretiminde kullanılmaktadır.

4.2.3 Katkısız ve tağşış edilmiş yoğurtların protein analizleri

Katkısız ve tağşış edilmiş yoğurtlarda protein analizi tek yapıldığı için istatistiki analiz yapılamamıştır. Ancak sonuçlara göre jelatin yoğurttaki protein oranını arttırırken diğer tağşış maddeleri çok büyük bir farklılık oluşturmamıştır. Katkısız yoğurdun protein oranı %3,91'dir. Protein oranları nişasta katkılı yoğurtların %3,71-3,95, jelatin katkılı yoğurtların %4,5-5,45, bitkisel yağ katkılı yoğurtların %4,3-4,42, natamisin katkılı yoğurtların ise %3,84-4,1 arasında değişiklik göstermektedir.

4.2.4 Katkısız ve tağşış edilmiş yoğurtların pH analizleri

Aşağıdaki çizelge 4.12'de katkısız ve tağşış edilerek hazırlanan yoğurt örneklerinin pH analizine ait varyans analiz verileri verilmiştir. Yürütülen PLS-R analizi istatistiki olarak değerlendirildiğinde öneminin büyük ($P \leq 0,001$) olduğu görülmüştür.

Çizelge 4. 12: Katkısız ve tağşış edilmiş yoğurtların pH analizleri varyans analiz çizelgesi.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Tağşış	12	4,972	0,41429	14,34	0,000
Error	65	1,878	0,02890		
Total	77	6,850			

Aşağıdaki çizelge 4.13’de katkısız ve tağşiş edilmiş yoğurt örneklerinin pH analizlerinin ortalamalar üzerindeki Tukey Çoklu Karşılaştırma sonuçları verilmiş ve harflendirme yapılmıştır.

Çizelge 4. 13: Katkısız ve tağşiş edilmiş yoğurt örneklerinin pH analizlerinin ortalama ve standart sapma değerleri.

Uygulamalar	PH %
Katkısız yoğurt	4,45±0,37 ^a
%1 Nişasta	4,6±0,39 ^a
%2 Nişasta	4,68±0,09 ^a
%3 Nişasta	4,68±0,07 ^a
%1 Jelatin	4,65±0,05 ^a
%2 Jelatin	4,41±0,07 ^a
%3 Jelatin	4,56±0,05 ^a
%1 Bitkisel yağ	4,65±0,05 ^a
%2 Bitkisel yağ	4,38±0,09 ^{ab}
%3 Bitkisel yağ	4,51±0,11 ^a
%0,1 Natamisin	3,95±0,10 ^c
%0,2 Natamisin	4,05±0,08 ^{bc}
%0,3 Natamisin	4,01±0,07 ^c

Çizelge 4.13’de görüldüğü gibi ortalama en düşük pH oranı natamisin örneğinde %0,1 natamisin = 3,95±0,10 en yüksek pH oranı ise nişasta ilave edilmiş örnekte %3 nişasta = 4,68±0,07 olarak gözlemlenmektedir. Tağşiş yapılan ürünlerin pH analizlerinde harflendirmelere bakacak olursak çok fazla bir değişim görülmemiştir. PH ile ilgi yapılan çalışmaların birinde Öz (1990), Konya’da üretilip satışı yapılan yoğurtların pH ölçümleri uyguladığı ve sonuçları 3,72-4,48 değerleri civarında ortalama 4,03 tespit edilmiştir. Yine başka bir çalışmada Schmidt ve diğerleri (2001) yoğurt üretiminde kullanılacak süte farklı oranlarda stabilizatörler ilave edildiği ve pH ölçümü yapıldığında, yapılan çalışma sonucunda pH ölçümlerinin 3,94-4,27 civarında tespit edilmiştir. Yapmış olduğumuz çalışmadaki pH sonuçlarımız literatür ile benzerlik göstermektedir.

4.2.5 Katkısız ve tağşiş edilmiş yoğurtların L, a ve b değeri analizleri

Aşağıdaki çizelge 4.14’de katkısız ve tağşiş edilerek hazırlanan yoğurt örneklerinin L, a ve b değerleri analizine ait varyans analiz verileri verilmiştir. Yürütülen PLS-R analizi istatistiki olarak değerlendirildiğinde öneminin büyük ($P \leq 0,001$) olduğu görülmüştür.

Çizelge 4. 14: Katkısız ve tağış edilmiş yoğurtların L, a ve b değerleri varyans analiz çizelgesi.

	Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
L	Tağış	12	4711,55	392,629	1430,35	0,000
	Error	65	17,84	0,274		
	Total	77	4729,39			
a	Tağış	12	221,7	18,475	8,43	0,000
	Error	65	142,5	2,192		
	Total	77	364,2			
b	Tağış	12	528,23	44,0191	207,99	0,000
	Error	65	13,76	0,2116		
	Total	77	541,99			

Aşağıdaki çizelge 4.15’de katkısız ve tağış edilmiş yoğurt örneklerinin L, a ve b değerleri analizlerinin ortalamalar üzerindeki Tukey Çoklu Karşılaştırma sonuçları verilmiş ve harflendirme yapılmıştır.

Çizelge 4. 15: Katkısız ve tağış edilmiş yoğurt örneklerinin L, a ve b analizlerinin ortalama ve standart sapma değerleri.

Uygulamalar	L %	a değeri	b değeri
Katkısız yoğurt	75,08±0,97 ^a	-1,99±0,31 ^a	8,96±0,46 ^e
%1 Nişasta	43,98±0,60 ^f	-3,60±0,29 ^a	15,98±0,69 ^c
%2 Nişasta	45,49±0,43 ^{de}	-3,44±0,29 ^a	16,04±0,49 ^c
%3 Nişasta	45,79±0,43 ^{de}	-2,48±0,17 ^a	17,89±0,41 ^b
%1 Jelatin	46,39±0,37 ^{cd}	-3,03±0,35 ^a	17,33±0,55 ^b
%2 Jelatin	47,37±0,37 ^{bc}	-1,82±0,19 ^a	19,17±0,46 ^a
%3 Jelatin	48,08±0,18 ^b	-1,71±0,18 ^a	19,64±0,92 ^a
%1 Bitkisel yağ	44,79±0,95 ^{ef}	-3,51±0,13 ^a	14,48±0,13 ^d
%2 Bitkisel yağ	45,52±0,69 ^{de}	-3,33±0,35 ^a	14,53±0,25 ^d
%3 Bitkisel yağ	45,41±0,33 ^{de}	-3,48±0,20 ^a	14,68±0,16 ^d
%0,1 Natamisin	47,32±0,09 ^{bc}	-4,01±0,12 ^a	14,65±0,2 ^d
%0,2 Natamisin	47,35±0,15 ^{bc}	-2,79±0,79 ^a	14,7±0,22 ^d
%0,3 Natamisin	47,39±0,1 ^{bc}	-2,96±3,67 ^a	14,43±0,23 ^d

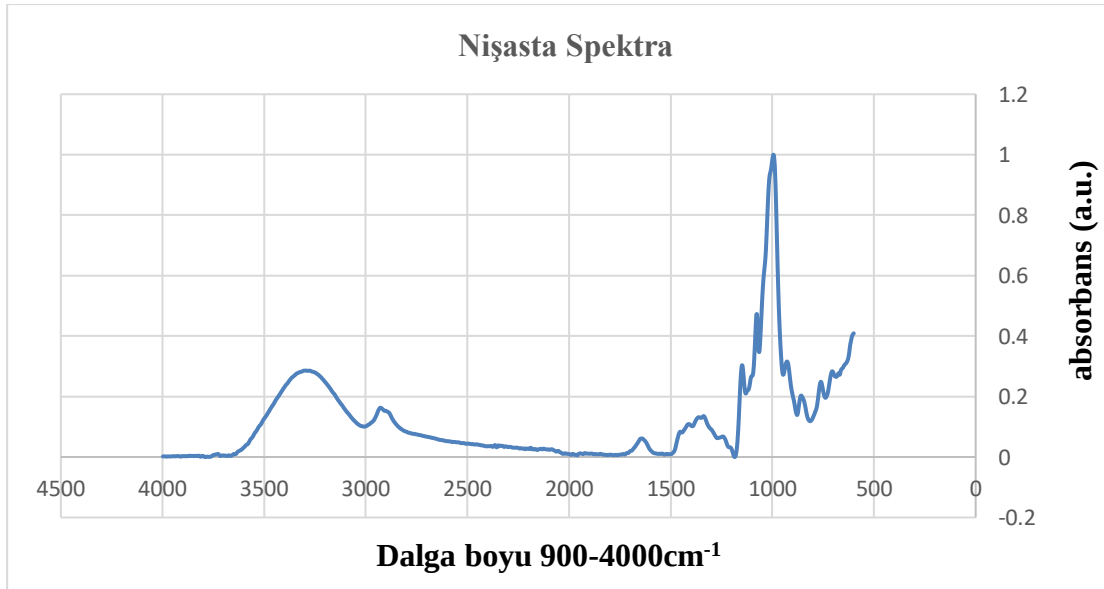
Çizelge 4.15 incelendiğinde ortalama L değeri en düşük bitkisel yağ örneğinde %3 bitkisel yağ = 45,41±0,33 en yüksek L değeri ise katkısız yoğurt = 75,08±0,97 olarak gözlemlenmektedir. Ortalama en düşük a değeri %0,1 natamisin = -4,01±0,12 en yüksek a değeri ise katkısız yoğurt = -1,99±0,31 olarak gözlemlenmektedir. Ortalama en düşük b değeri katkısız yoğurt = 8,96±0,46 en yüksek b değeri ise %3 jelatin = 19,64±0,92 olarak gözlemlenmiştir. Renk analizinde ‘L’ değeri karanlığın (0: siyah) ve parlaklığın (100: beyaz) değerini göstermektedir, ‘a’ değeri kırmızı-yeşilliği ‘b’ değeri ise mavi-sarılığın değerlerini göstermektedir. Katılan bütün katkı maddeleri

yoğurdun parlaklığını azaltmıştır. Daha mat bir görünümde olmasına neden olmuştur. 'a' değerinde harflendirmeden de anlaşılacağı üzere çok fazla bir değişiklik gözlemlenmemiştir. 'a' değerinin '-a' yeşil rengi '+a' ise kırmızı rengi ifade etmektedir. 'a' değerinin sonuçlarında '-' çıkması ürünün yeşile doğru eğilim gösterdiğini belirtmektedir. Yine '+b' sarı rengi '-b' ise mavi rengi belirtir. 'b' değerinin sonuçlarında '+' çıkması ürünün sarı renge doğru eğilim gösterdiğini belirtmektedir. 'b' değeri sonuçlarına göre ürün taşıdığı maddeleri ile rengi sarıya doğru artış göstermiştir. Hafif (2019)'un yapmış olduğu çalışmada, inek sütünden yapılan yoğurt örneğinin 'L' değerini 91.53 ± 0.25 , 'a' (-) değerini 3.10 ± 0.05 , 'b' değerini 11.62 ± 0.05 olarak bulunmuştur. Demirci ve diğerleri, (2020)'nin set tip yoğurtlarda yapmış olduğu araştırmada 'L' değeri 89.72 ± 0.15 , 'a' değeri -3.43 ± 0.25 , 'b' değeri 6.92 ± 0.09 olarak belirtilmiştir.

4.3 Nişasta Katkısı İle Hazırlanmış Yoğurtlarda Yapılan Analiz Sonuçları

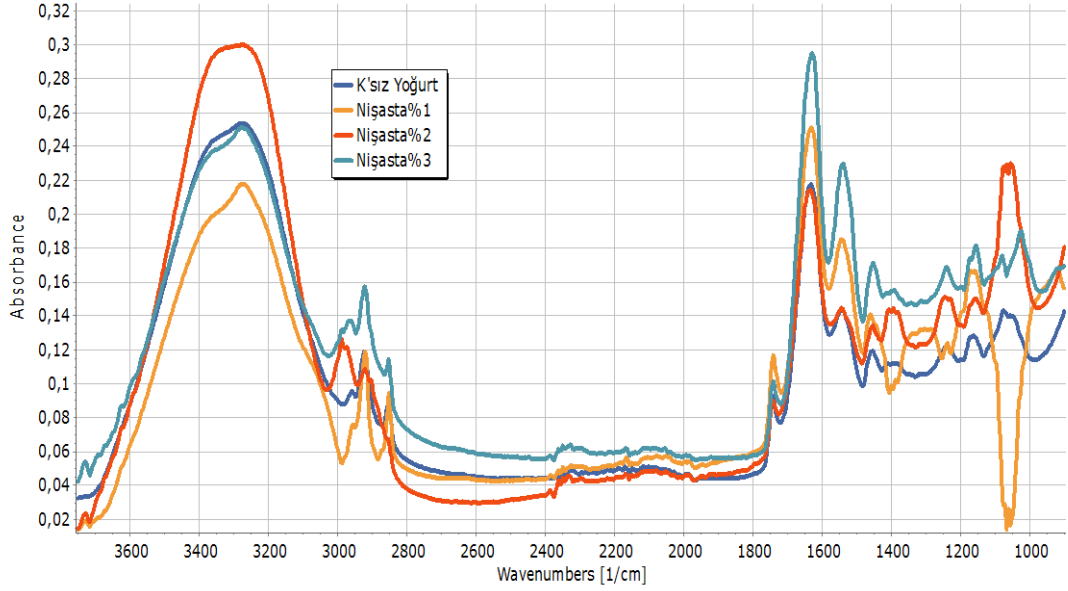
4.3.1 Nişasta katkısının FTIR spektrası (absorbans)

Kullandığımız nişasta katkısı FTIR'da 3 tekrarlı analiz edilmiştir. Tez çalışmasında kullanılan nişasta FTIR spektragrafisi şekil 4.1'de gösterilmiştir. Nişasta karbonhidrat içeriği yüksek bir madde olduğu için grafikte de görüldüğü gibi 1000 cm^{-1} noktalarında belirgin pik oluştuğu görülmüştür.



Şekil 4. 1: Nişasta katkısının FTIR spektrası (Absorbans). (FTIR spektragrafisi 3 bağımsız spektraların birleştirilmesi ile elde edilmiştir).

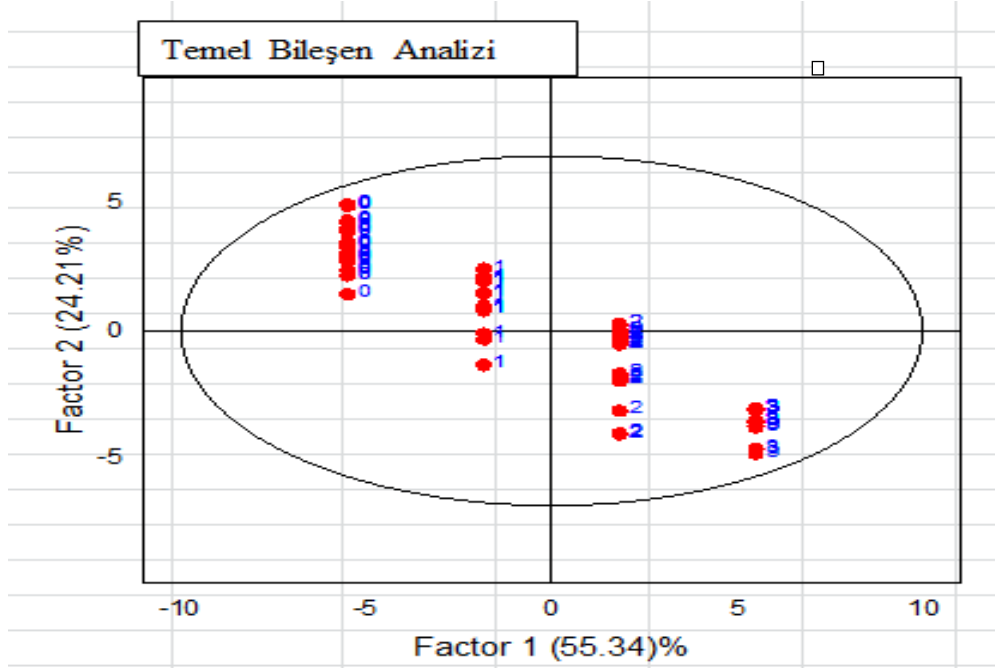
4.3.2 Nişasta katkılı yoğurt örneklerinin FTIR spektralleri (absorbans)



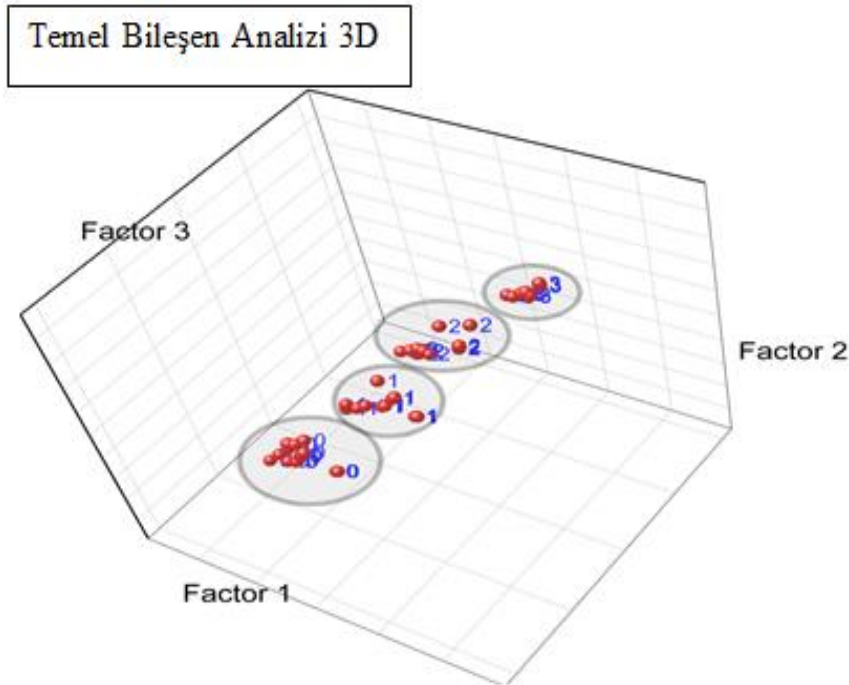
Şekil 4. 2: Nişasta katkılı sütlerin absorbans grafiği.

Şekil 4.2 incelendiğinde kontrol ve nişasta ile tağşiş edilen test yoğurtlarının FTIR spektrallerinin 3000-2800 cm^{-1} , 1800-1000 cm^{-1} ve 3400-3200 cm^{-1} dalga boylarında absorbans değerleri arasında büyük farklılıklar gözükmemektedir. 3400-3200 cm^{-1} arasında O-H bağlarına ait pikler mevcuttur. Nişastada C-H-O bağları olduğu için pikler bu noktalarda farklılıklar göstermiştir. Özellikle bizim için 1000 cm^{-1} noktalarındaki pikin belirgin olması önemlidir. Çünkü nişastanın absorbans grafiğinde de görüldüğü gibi nişasta parmak izi bölgesi 1000 cm^{-1} dalga boyundadır.

4.3.3 Nişasta katkılı yoğurt örneklerinin temel bileşen analiz (PCA)



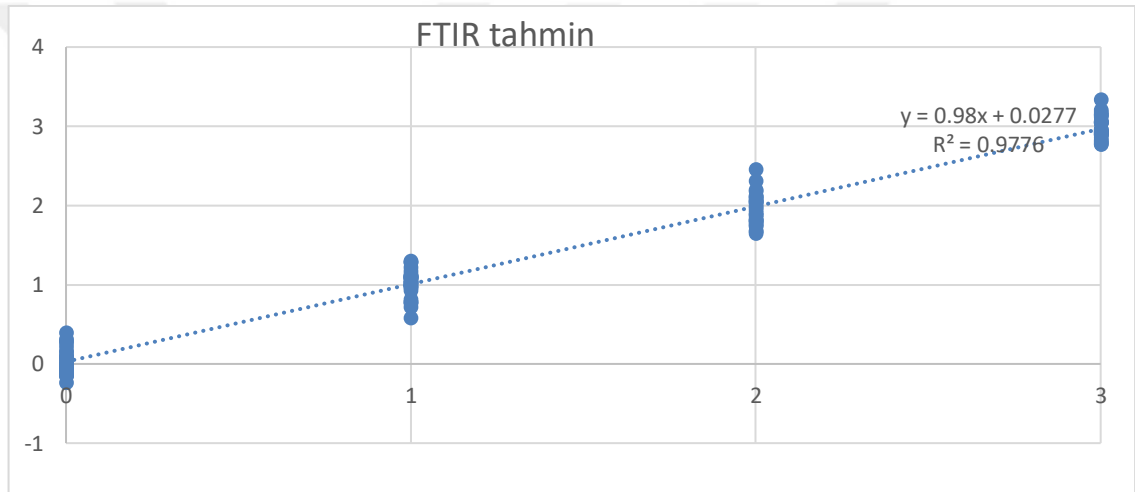
Şekil 4. 3: Nişasta katkılı yoğurt örneklerinin Temel Bileşen Analizi (PCA). (0, 1, 2 ve 3 ile gösterilen örnekler, sırasıyla kontrol, %1, %2 ve %3 nişasta katkılı yoğurt örnekleridir).



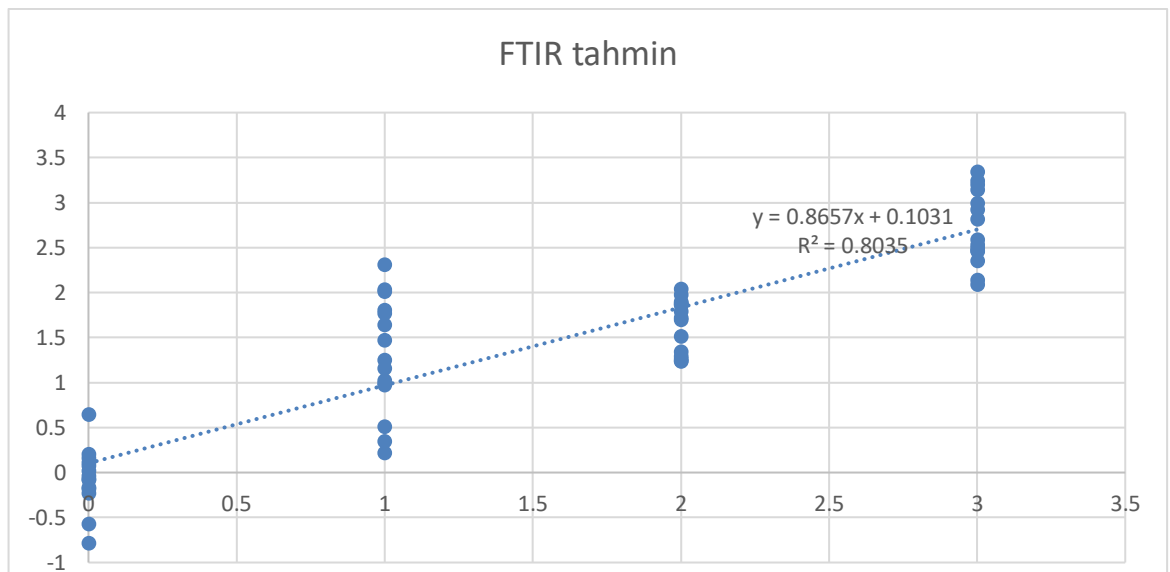
Şekil 4. 4: Nişasta katkılı yoğurt örneklerinin Temel Bileşen Analizi (PCA) 3D. (0, 1, 2 ve 3 ile gösterilen örnekler, sırasıyla kontrol, %1, %2 ve %3 nişasta katkılı yoğurt örnekleridir).

Şekil 4.3-4.4 'de farklı oranlarda nişasta ile tağışış edilen yoğurt örnekleri ile katkısız yoğurt örneklerine ait 400-4000 cm^{-1} dalga boyu arasında tüm absorbands değerlerine ait sırasıyla 2 ve 3 bileşenli PCA dağılımları verilmiştir. Bu şekillerde görüleceği gibi, katkısız yoğurt ile farklı oranlarda nişasta ile tağışış edilen yoğurt örnekleri birbirlerinden ayrı olarak kümelenmişlerdir. 3 tekerrür şeklinde üretilen katkısız ve tağışış edilmiş yoğurt örneklerinin her biri 15 tekrar olacak şekilde yapılan FTIR taramalarında katkısız yoğurt ile farklı oranlarda nişasta katkılı yoğurtlar her biri farklı koordinatlarda kümelendiği tespit edilebilmektedir.

4.3.4 Nişasta katkılı yoğurt örneklerinin kalibrasyon regresyon eğrisi



Şekil 4. 5: Nişasta katkılı yoğurt örneklerinin kalibrasyon regresyon eğrisi.



Şekil 4. 6 : Nişasta katkılı yoğurt örneklerinin validasyon regresyon eğrisi.

Aşağıdaki çizelge 4.16’da Nişasta tağşiş düzeyinin belirlenmesinde kullanılan FTIR-PLSR modelinin performans değerlendirme parametreleri verilmiştir.

Çizelge 4. 16: Nişasta tağşiş düzeyinin belirlenmesinde kullanılan FTIR-PLSR modelinin performans değerlendirme parametreleri.

Performans parametreleri	Toplam bileşen sayısı	Varyans %	cR ²	RMSEC	vR ²	RMSECV	PRESS	DL
Nişasta Tağşiş	15	99.999	0,9776	0,1684	0,803	0,505152	0,3375	0,49%

Bu çalışmada, tağşiş amaçlı yoğurda katılan nişasta bileşiğinin artan dozlarda miktarlarının tayin edilmesi için kullanılan PLS regresyon metodunun performans verileri şöyledir. Toplam varyansın yaklaşık %99,999’u 15 bileşen ile ifade edildiği, kalibrasyon safhasında hatanın çok düşük ve regresyon katsayısının da $cR^2=0,9776$ gibi çok yüksek olduğu saptanmıştır. Diğer taraftan bağımsız örnekler ile yapılan doğrulama safhasında düşük PRESS (doğrulama hatası) değeri ve yüksek $vR^2=0.803$ değeri elde edilmiştir. Yani çalışmamızda FTIR cihazının çok yüksek R^2 değerleriyle tağşişi tespit etme düzeyinin yüksek olduğu görülmüştür.

4.4 Jelatin Katkısı ile Hazırlanmış Yoğurtlarda Yapılan Analiz Sonuçları

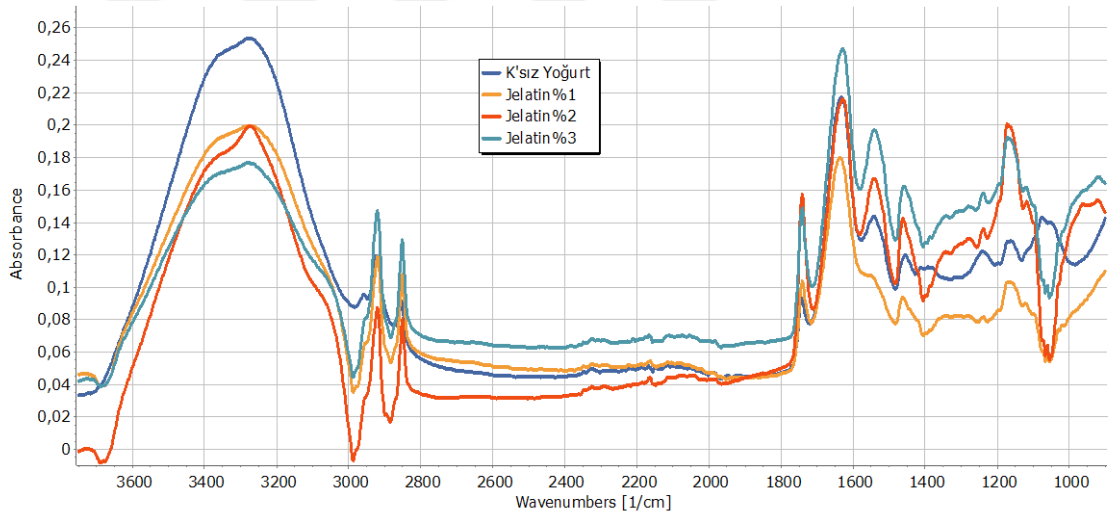
4.4.1 Jelatin katkısının ftir spektrası (absorbans)

Kullandığımız jelatin katkısı FTIR’da 3 kez analize alınmıştır. Ve spektra programında ortalaması alınarak şekil 4.7 ‘de gösterilmiştir. Jelatin protein içeriği yüksek bir madde olduğu için grafikte de görüldüğü gibi AMID I $1600-1700cm^{-1}$ ve AMID II $1500-1600cm^{-1}$ bantlarında bariz pikler oluştuğu görülmüştür.



Şekil 4. 7: Jelatin Katkısının FTIR Spektrası (Absorbans) (FTIR spektragrafisi 3 bağımsız spektraların birleştirilmesi ile elde edilmiştir).

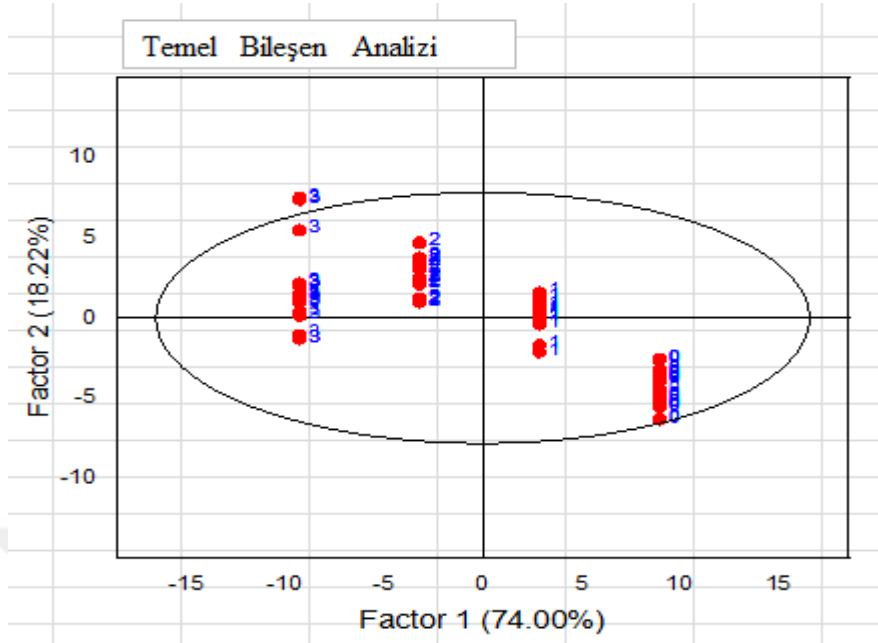
4.4.2 Jelatin katkılı yoğurt örneklerinin ftir spektraları (absorbans)



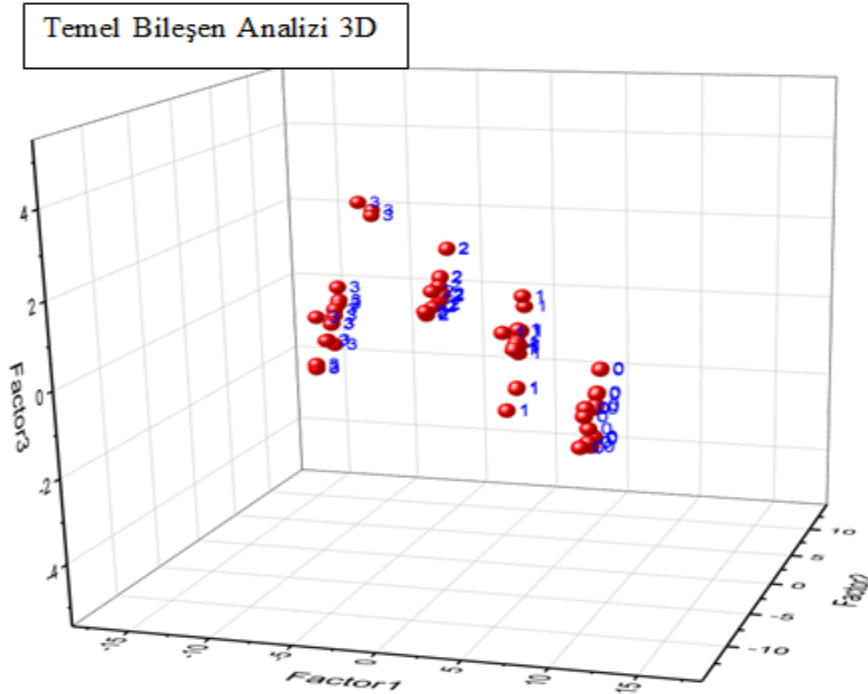
Şekil 4. 8: Jelatin katkılı yoğurtların spektra grafiği.

Şekil 4.8 incelendiğinde $3400-3200\text{ cm}^{-1}$, $3000-2800\text{ cm}^{-1}$ ve $1800-1000\text{ cm}^{-1}$ dalga boylarındaki kızılötesi ışınları ile farklı oranlarda jelatin katkılı yoğurtlar ile katkısız yoğurt arasındaki fark söz konusu dalga boylarındaki piklerin bariz farklılık göstermesi ile açık bir şekilde okunabilmektedir. Bu dalga boyları arasında grafikteki pik noktaları gözlemlenmektedir. $3400-3200\text{ cm}^{-1}$ arasında su protein pikleri mevcuttur. Jelatin protein içeriği yüksek bir ürün olduğu için katkılı yoğurtlarda bu dalga boylarında belirgin farklar görülmüştür. Yine aynı şekilde $1500-1700\text{ cm}^{-1}$ dalga boyları civarında AMİD bölgeleri bulunduğu buralarda da belirgin farklar olduğu gözlemlenmiştir.

4.4.3 Jelatin katkılı yoğurt örneklerinin temel bileşen analizi (PCA)



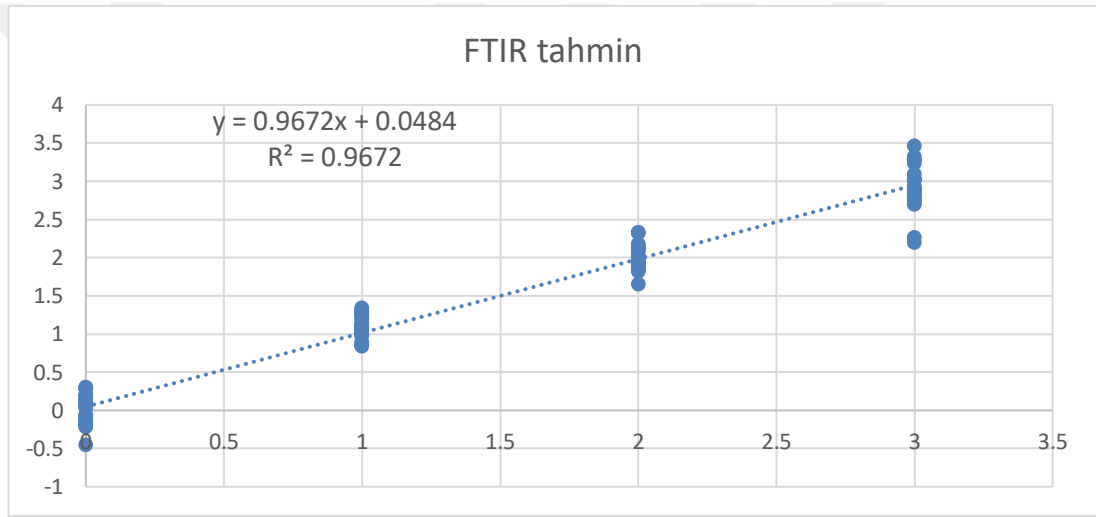
Şekil 4. 9: Jelatin katkılı yoğurt örneklerinin temel bileşen analizi (PCA). (0, 1, 2 ve 3 ile gösterilen örnekler, sırasıyla kontrol, %1, %2 ve %3 jelatin katkılı yoğurt örnekleridir).



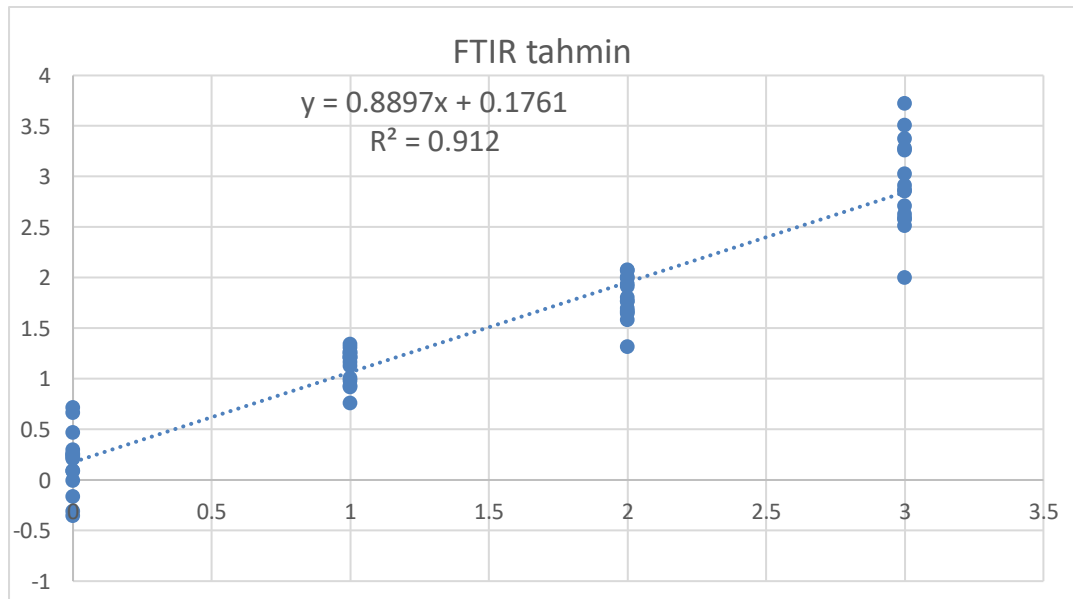
Şekil 4. 10: Jelatin katkılı yoğurt örneklerinin Temel Bileşen Analizi (PCA) 3D. (0, 1, 2 ve 3 ile gösterilen örnekler, sırasıyla kontrol, %1, %2 ve %3 jelatin katkılı yoğurt örnekleridir).

Şekil 4.9 ve 4.10’da farklı oranlarda jelatin ile tağış edilen yoğurt örnekleri ile katkısız yoğurt örneklerine ait 4000-400 cm⁻¹ dalga boyu arasında tüm absorbans değerlerine ait sırasıyla 2 ve 3 bileşenli PCA dağılımları verilmiştir. Bu şekillerde görüleceği gibi, katkısız yoğurt ile farklı oranlarda jelatin ile tağış edilen yoğurt örnekleri birbirlerinden ayrı olarak kümелendiği görülmüştür. 3 tekerrür şeklinde üretilen katkısız ve tağış edilmiş yoğurt örneklerinin her biri 15 tekrar olacak şekilde yapılan FTIR taramalarında katkısız yoğurt ile farklı oranlarda jelatin katkıli yoğurtlar hepsi farklı koordinatlarda kümелendiği tespit edilebilmektedir.

4.4.4 Jelatin katkıli yoğurt örneklerinin kalibrasyon regresyon eğrisi



Şekil 4. 11: Jelatin katkıli yoğurt örneklerinin kalibrasyon grafiği.



Şekil 4. 12: Jelatin katkıli yoğurt örneklerinin validasyon grafiği.

Aşağıdaki çizelge 4.17’de Jelatin tağşiş düzeyinin belirlenmesinde kullanılan FTIR-PLSR modelinin performans değerlendirme parametreleri verilmiştir.

Çizelge 4. 17: Jelatin tağşiş düzeyinin belirlenmesinde kullanılan FTIR-PLSR modelinin performans değerlendirme parametreleri.

Performans parametreleri	Toplam bileşen sayısı	Varyans %	cR ²	RMSEC	vR ²	RMSECV	PRESS	DL
Jelatin Tağşiş	15	99,99	0,9672	0,202	0,912	0,332	0,3123	%0,319

Bu çalışmada, tağşiş amaçlı yoğurda katılan jelatin bileşiğinin artan dozlarda miktarlarının tayin edilmesi için kullanılan PLS regresyon metodunun performans verileri şöyledir. Toplam varyansın yaklaşık %99,9’u 15 bileşen ile ifade edildiği, kalibrasyon safhasında hatanın çok düşük ve regresyon katsayısının da cR²=0,9672 gibi çok yüksek olduğu saptanmıştır. Diğer taraftan bağımsız örnekler ile yapılan doğrulama safhasında düşük PRESS (doğrulama hatası) değeri ve yüksek vR²=0.912 değeri elde edilmiştir. Yani çalışmamızda FTIR cihazının çok yüksek R² değerleriyle tağşişi tespit etme düzeyinin yüksek olduğu görülmüştür. Tayar ve diğerleri (1995) tarafından yoğurt imalatında stabilizatörler kullanılmasının yoğurdun özelliklerine nasıl etki ettiği ile ilgili bir çalışma yapılmıştır. Jelatin, NA-kazeinat ve agar gibi farklı stabilizatörleri çalışmalarında farklı oranlarda ilave edilmiştir. Süte eklenen bu maddelerle yapılan yoğurtlarda ortalama 4 °C’de 14 gün analizler yapılmıştır. Bu analizlerde titrasyon asitliği, serumunun ayrılması, su aktivitesi gibi değerlendirmeler yapıldı aynı zamanda duyuusal nitelikleride değerlendirilmiştir. Bu yapılan analizler sonucunda stabilizatör madde kullanımının serum ayrılmasını azalttığı yani su salmasını engellediği gözlemlenmiştir.

4.5 Bitkisel Yağ Katkısı ile Hazırlanmış Yoğurtlarda Yapılan Analiz Sonuçları

4.5.1 Bitkisel yağ katkısının ftir spektrasi (absorbans)

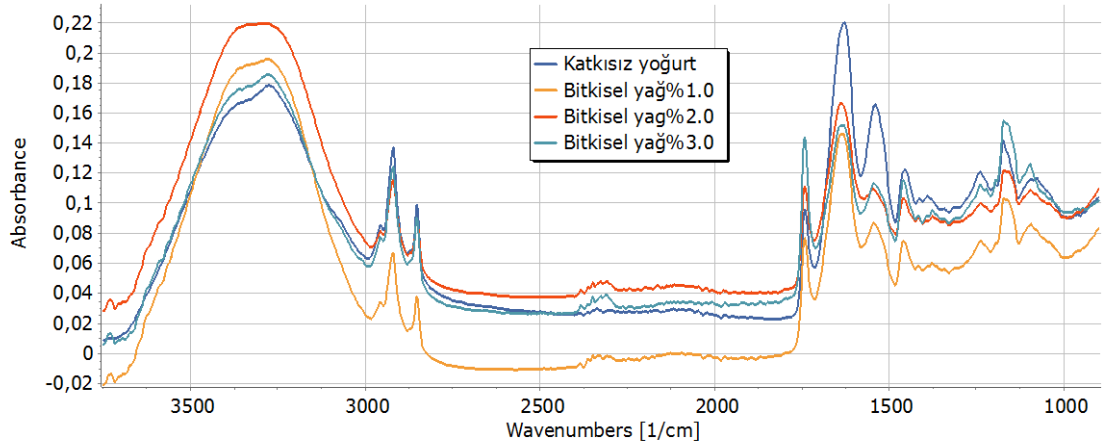
Kullandığımız bitkisel yağ katkısı FTIR’da 3 kez analize alınmıştır. Ve spektra programında ortalaması alınarak şekil 4.13’de gösterilmiştir. Bitkisel yağ olarak palm yağı kullanılmıştır. Palm yağı doymuş ve doymamış bitkisel yağlar içermektedir. Doymamış yağların pikleri genellikle 1700-1800 cm⁻¹ dalga boyu arasında yoğunlaşmaktadır. Grafikte de görüldüğü gibi bu dalga boylarında belirgin

pik vardır. Doymuş yağların pikleri ise 2900 cm^{-1} civarındadır. Grafikte 2900 cm^{-1} dalga boyunda belirgin pikler oluşmuştur.



Şekil 4. 13: Bitkisel yağ katkısının FTIR Spektrası (Absorbans). (FTIR spektragrafisi 3 bağımsız spektraların birleştirilmesi ile elde edilmiştir).

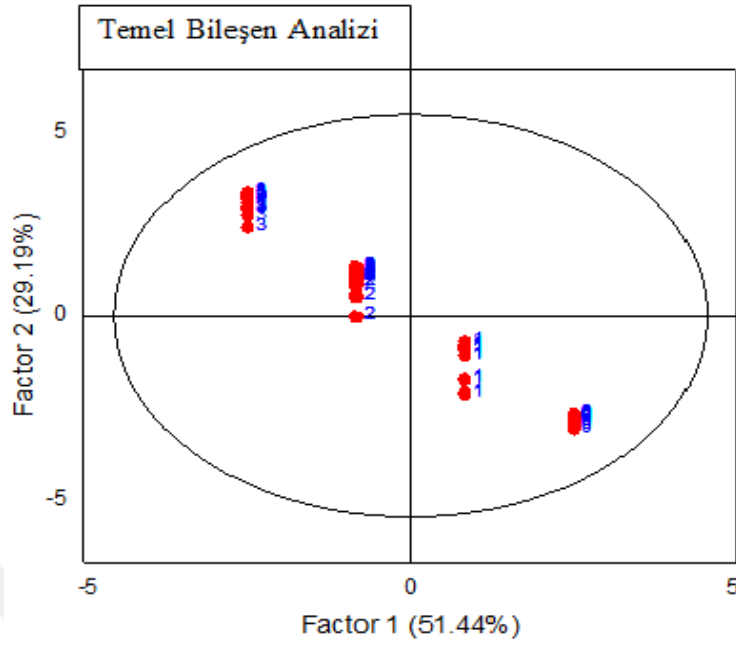
4.5.2 Bitkisel yağ katkılı yoğurt örneklerinin ftir spektraları (absorbans)



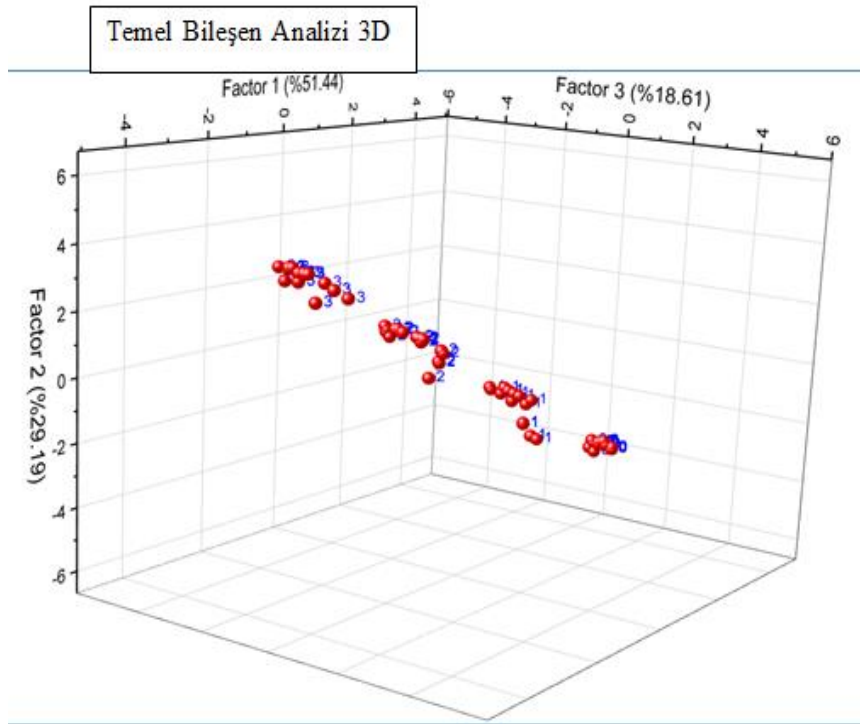
Şekil 4. 14: Bitkisel yağ katkılı yoğurtların spektra grafiği.

Şekil 4.14 incelendiğinde $2900\text{--}2800\text{ cm}^{-1}$ ve $1800\text{--}1700\text{ cm}^{-1}$ dalga boylarındaki kızılötesi ışınları ile farklı oranlarda bitkisel yağ katkılı yoğurtlar ile katkısız yoğurt arasındaki fark söz konusu dalga boylarındaki pik'lerin bariz farklılık göstermesi ile açık bir şekilde okunabilmektedir. Bu dalga boyları arasında grafikteki pik noktaları gözlemlenebilmektedir. $2900\text{--}2800\text{cm}^{-1}$ arasında doymuş yağlara ait pikler mevcuttur. $1800\text{--}1700\text{ cm}^{-1}$ dalga boylarında ise doymamış yağlara ait pikler mevcuttur. Bitkisel palm yağı içeriğinde doymuş ve doymamış yağlar içerdiği için o dalga boylarında bariz farklar görülmektedir.

4.5.3 Bitkisel yağ katkılı yoğurt örneklerinin temel bileşen analizi (PCA)



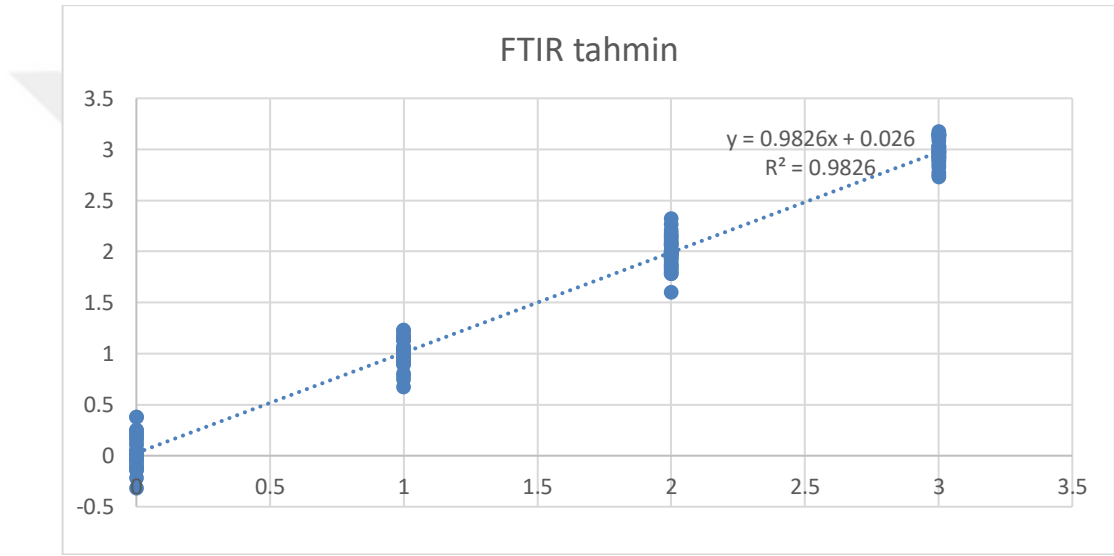
Şekil 4. 15: Bitkisel yağ katkılı yoğurt örneklerinin Temel Bileşen Analizi (PCA). (0, 1, 2 ve 3 ile gösterilen örnekler, sırasıyla kontrol, %1, %2 ve %3 bitkisel yağ katkılı yoğurt örnekleridir).



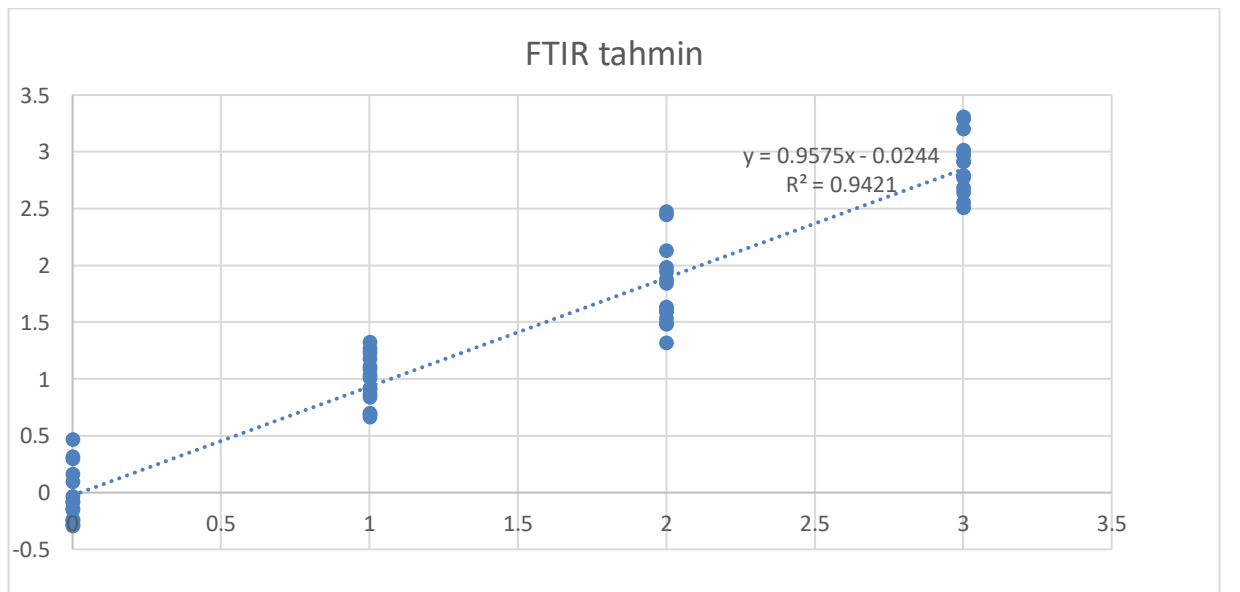
Şekil 4. 16: Bitkisel yağ katkılı yoğurt örneklerinin Temel Bileşen Analizi (PCA) 3D. (0, 1, 2 ve 3 ile gösterilen örnekler, sırasıyla kontrol, %1, %2 ve %3 bitkisel yağ katkılı yoğurt örnekleridir).

Şekil 4.15 ve 4.16 ‘da farklı oranlarda bitkisel yağ ile tağışış edilen yoğurt örnekleri ile katkısız yoğurt örneklerine ait 400-4000 cm^{-1} dalga boyu arasında tüm absorbans değerlerine ait sırasıyla 2 ve 3 bileşenli PCA dağılımları verilmiştir. Bu şekillerde görüleceği gibi, katkısız yoğurt ile farklı oranlarda bitkisel yağ ile tağışış edilen yoğurt örnekleri birbirlerinden ayrı olarak kümелendiği görülmüştür. 3 tekerrür şeklinde üretilen katkısız ve katkılı yoğurt örneklerinin her biri 15 tekrar olacak şekilde yapılan FTIR taramalarında katkısız yoğurt ile farklı oranlarda bitkisel yağ katkılı yoğurtlar her biri farklı koordinatlarda kümелendiği tespit edilebilmektedir.

4.5.4 Bitkisel yağ katkılı yoğurt örneklerinin kalibrasyon regresyon eğrisi



Şekil 4. 17: Bitkisel yağ katkılı yoğurt örneklerinin kalibrasyon grafiği.



Şekil 4. 18: Bitkisel yağ katkılı yoğurt örneklerinin validasyon grafiği.

Aşağıdaki çizelge 4.18’de Bitkisel yağ taşış düzeyinin belirlenmesinde kullanılan FTIR-PLSR modelinin performans değerlendirme parametreleri verilmiştir.

Çizelge 4. 18: Bitkisel yağ taşış düzeyinin belirlenmesinde kullanılan FTIR-PLSR modelinin performans değerlendirme parametreleri

Performans parametreleri	Toplam bileşen sayısı	Varyans %	cR ²	RMSEC	vR ²	RMSECV	PRESS	DL
Bitkisel yağ Taşış	15	99,99	0,9826	0,147311	0,9421	0,283747	0,23577	0,28%

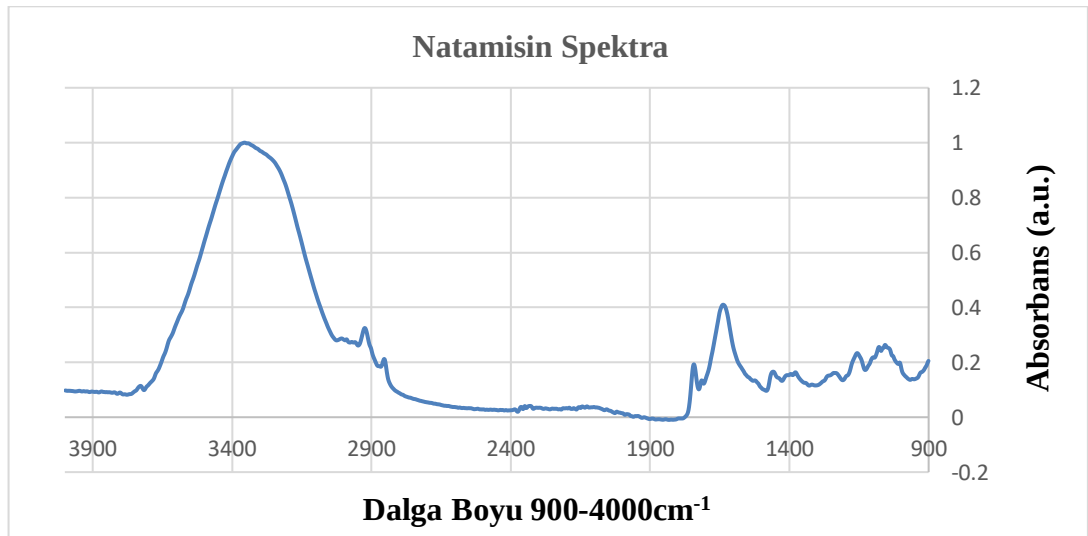
Bu çalışmada, taşış amaçlı yoğurda katılan bitkisel yağ bileşiminin artan dozlarda miktarlarının tayin edilmesi için kullanılan PLS regresyon metodunun performans verileri şöyledir. Toplam varyansın yaklaşık %99,99’u 15 bileşen ile ifade edildiği, kalibrasyon safhasında hatanın çok düşük ve regresyon katsayısının da $cR^2=0,9826$ gibi çok yüksek olduğu saptanmıştır. Diğer taraftan bağımsız örnekler ile yapılan doğrulama safhasında düşük PRESS (doğrulama hatası) değeri ve yüksek $vR^2=0,9421$ değeri elde edilmiştir. Çalışmamızda FTIR cihazının çok yüksek R^2 değerleriyle taşış tespit etme düzeyinin yüksek olduğu görülmüştür. Koca ve diğerleri, (2010)’nin yaptığı bir çalışmada tereyağı margarinle karıştırıldı ve değerlendirmek için sıcaklık kontrollü ATR-MIR spektroskopisi ve kemometrik kullanılmıştır. Ticari tereyağı örneklerine kasıtlı olarak %0 ila %100 oranında margarin yağı kontamine edilmiştir. MIR spektrumlarının Savitzky-Golay ikinci türev modifikasyonu, üst üste binen tepe noktalarından kaçınmak amacıyla katkı maddelerinin miktarını belirlemek için kullanılmıştır. Taşış seviyelerini tahmin etmek için PLSR ile 3040–3000 ve 1500–1000 cm^{-1} birleşik dalga sayısı bölgelerindeki absorbans değerleri dikkate alınmıştır. Gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki R^2 değeri 0,99’un üzerinde ve $SECV < \%1,2$ (h/h) tespit edilmiştir. Tereyağı, sıradan margarin yağı ve hafif margarin yağını sınıflandırmak için 3040–2800 ve 1800–900 cm^{-1} ikinci türev spektrumları kullanılarak SIMCA modelleri oluşturulmuştur. Başka bir çalışmada, ise tereyağı numunelerindeki bitkisel yağ taşışını tespit etmek için matematiksel modelleme ile beraber FTIR spektroskopisi kullanılmıştır. Deney, tereyağı numunelerine eklenen bitkisel yağ miktarının değiştirilmesini gerektirmiştir. Numunelerin FTIR spektrumları toplandı ve PCA ve PLS kullanılarak analiz edilmiştir. PCA analizine göre PC1 ve PC2 toplam varyansın %98’ini açıklarken, PC1 en önemli (%85)’tir. PLS regresyon analizi, 0,95’lik kalibrasyon R^2 değerleri ve 0,90’lık doğrulama R^2 değerleri ile iyi bir

tahmin sağladı ve FTIR verilerini kullanarak bitkisel yağ taşımasının doğru tahminini gösterdiği gözlemlenmiştir (Akram ve diğerleri, 2023). Temizkan ve diğerleri, (2020), taşımalı yoğurt üretimi analizlerinde kemometriklerle birlikte FT-NIR ve FT-MIR spektroskopisini kullanmıştır. Süt yağındaki taşıma, hem NIR hem de MIR spektrumlarının SIMCA modelleri ile birlikte taşıma yapan yağların türü kullanılarak başarılı bir şekilde tespit edilebileceği ifade edilmiştir. Hem NIR hem de MIR spektrumları için temsili bir safsızlık maddesinin PLSR modelleri, 0,98'in üzerinde yüksek R^2 değeri ve düşük standart tahmin hataları ($<7,12$) sonuçlarına ulaşılmıştır. Çalışmamızda ki yüksek R^2 değeri ve diğer sonuçlarımız literatür ile benzerlik göstermektedir.

4.6 Natamisin Katkısı ile Hazırlanmış Yoğurtlarda Yapılan Analiz Sonuçları

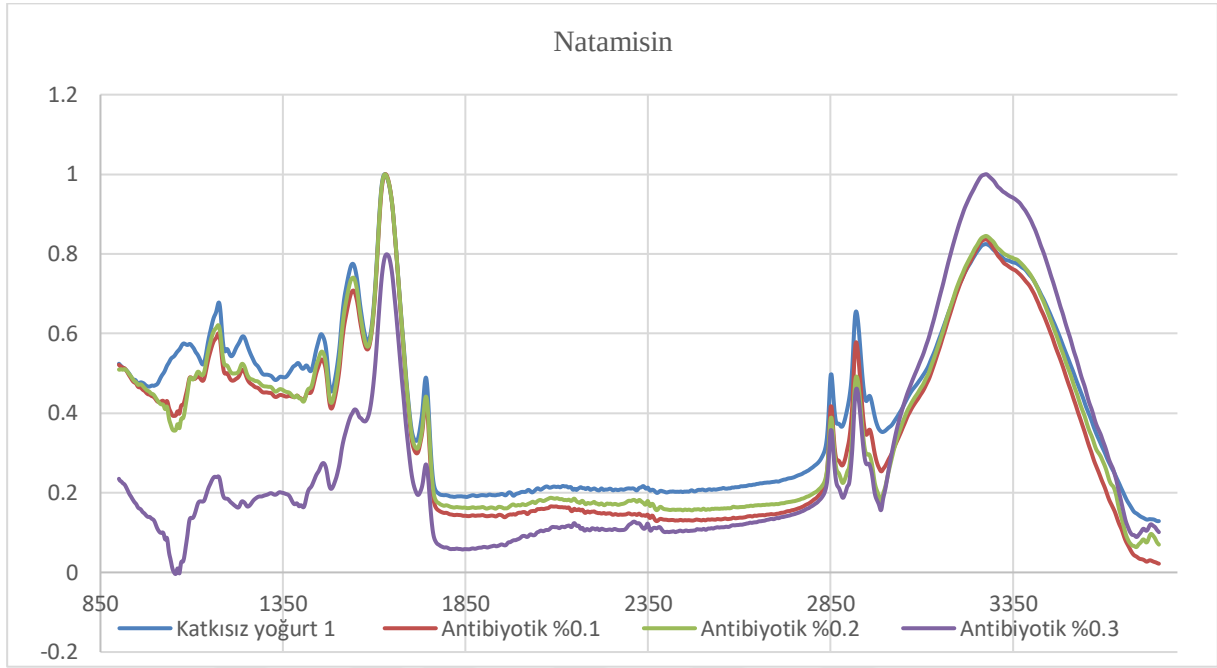
4.6.1 Natamisin katkısının ftir spektrası (absorbans)

Kullandığımız natamisin katkısı FTIR'da 3 kez analize alınmıştır. Ve spektra programında ortalaması alınarak şekil 4.19'da gösterilmiştir. Natamisin katkısının kimyasal formülü $C_{33}H_{47}NO_{13}$ 'tür. Yani C, H ve O bağları fazladır. Piklerinde bu bağlarda yoğunlaşması gerekmektedir. C=O=H bağı 1000 cm^{-1} , O=H ve N=H bağı 3400 cm^{-1} C=O, C=N ve N=H bağlarında $1600-1700\text{ cm}^{-1}$ civarında görülmektedir. Natamisin kimyasal yapısına bakarsak FTIR spektrasında bu aralıklarda pikler yaptığı görülmektedir.



Şekil 4. 19: Natamisin katkısının FTIR Spektrası (Absorbans). (FTIR spektragrafisi 3 bağımsız spektraların birleştirilmesi ile elde edilmiştir).

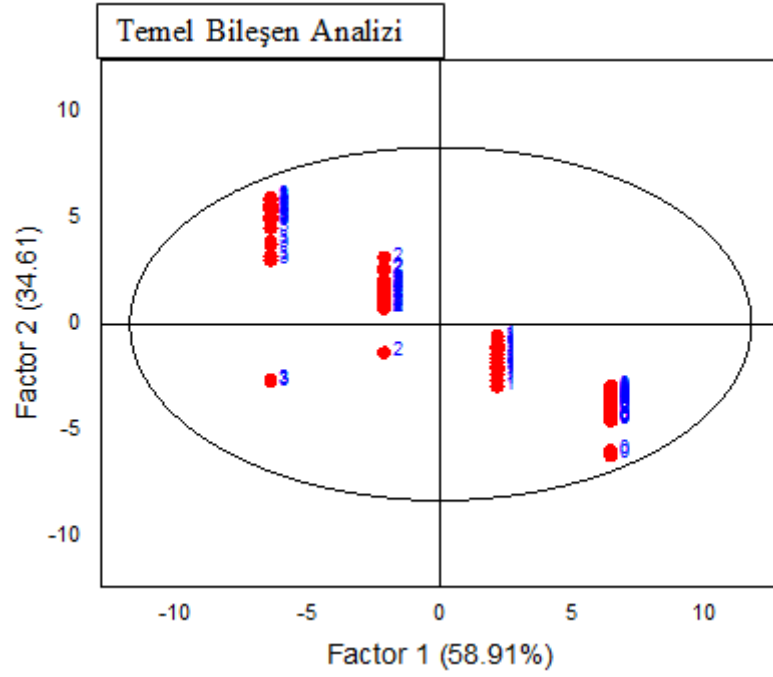
4.6.2 Natamisin katkılı yoğurt örneklerinin ftır spektraları (absorbans)



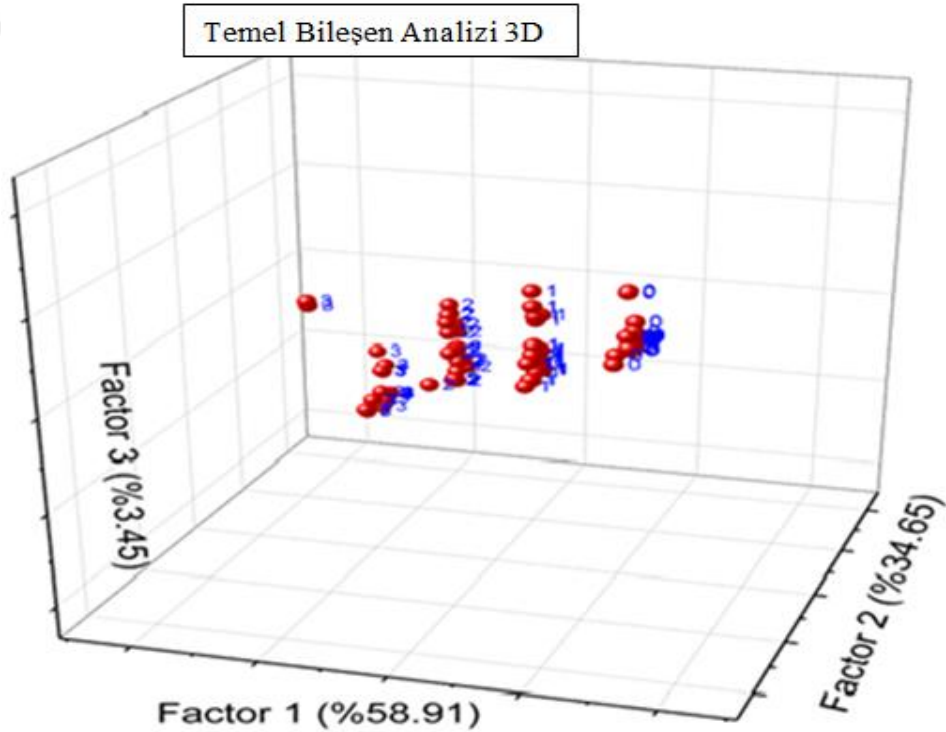
Şekil 4. 20: Natamisin katkılı yoğurtların spektra grafiği.

Şekil 4.20 incelendiğinde $1600\text{-}1700\text{ cm}^{-1}$, $2800\text{-}2900\text{ cm}^{-1}$ ve 3300 cm^{-1} dalga boylarındaki kızılötesi ışınları ile farklı oranlarda natamisin katkılı yoğurtlar ile katkısız yoğurt arasındaki fark söz konusu dalga boylarındaki piklerin bariz farklılık göstermesi ile açık bir şekilde okunabilmektedir. Bu dalga boyları arasında grafikteki pik noktaları gözlemlenebilmektedir.

4.6.3 Natamisin katkılı yoğurt örneklerinin temel bileşen analizi (PCA)



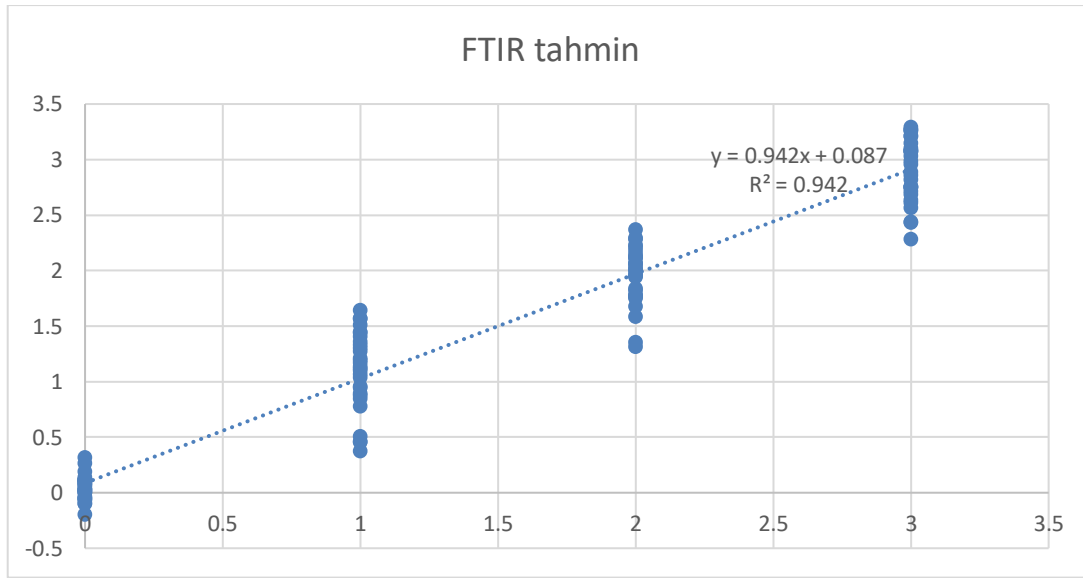
Şekil 4. 21: Natamisin katkılı yoğurt örneklerinin Temel Bileşen Analizi (PCA). (0, 1, 2 ve 3 ile gösterilen örnekler, sırasıyla kontrol, %0,1, %0,2 ve %0,3 natamisin katkılı yoğurt örnekleridir).



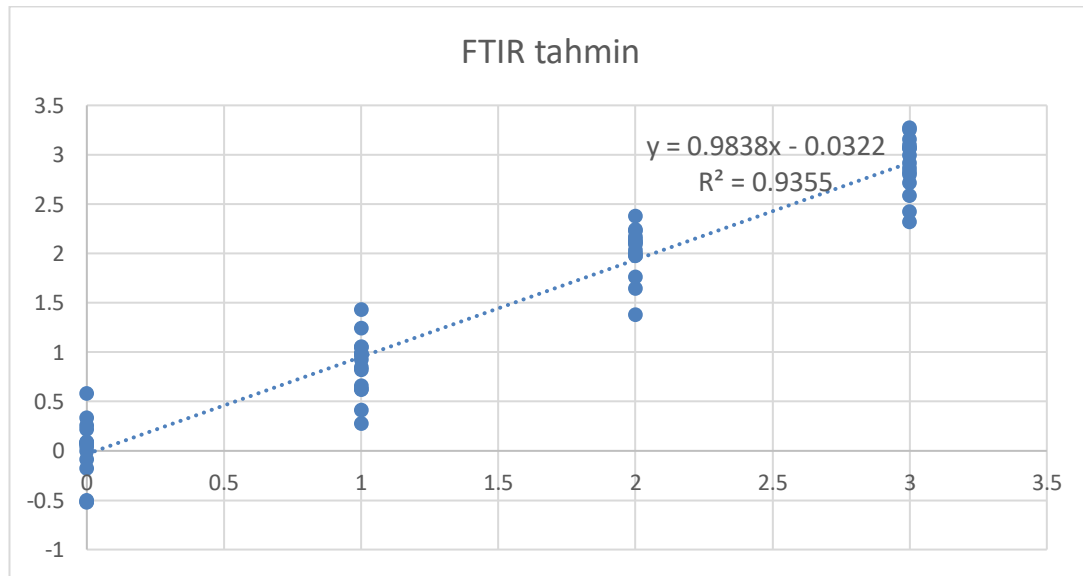
Şekil 4. 22: Natamisin katkılı yoğurt örneklerinin Temel Bileşen Analizi (PCA) 3D. (0, 1, 2 ve 3 ile gösterilen örnekler, sırasıyla kontrol, %0,1, %0,2 ve %0,3 natamisin katkılı yoğurt örnekleridir).

Şekil 4.21 ve 4.22’de farklı oranlarda natamisin ile tağışış edilen yoğurt örnekleri ile katkısız yoğurt örneklerine ait 400-4000 cm^{-1} dalga boyu arasında tüm absorbands değerlerine ait sırasıyla 2 ve 3 bileşenli PCA dağılımları verilmiştir. Bu şekillerde görüleceği gibi, katkısız yoğurt ile farklı oranlarda natamisin ile tağışış edilen yoğurt örnekleri birbirlerinden ayrı olarak kümелendiği görülmüştür. 3 tekerrür şeklinde üretilen katkısız ve katkılı yoğurt örneklerinin her biri 15 tekrar olacak şekilde yapılan FTIR taramalarında katkısız yoğurt ile farklı oranlarda natamisin katkılı yoğurtlar her biri farklı koordinatlarda kümелendiği tespit edilebilmektedir.

4.6.4 Natamisin katkılı yoğurt örneklerinin kalibrasyon regresyon eğrisi



Şekil 4. 23: Natamisin katkılı yoğurt örneklerinin kalibrasyon grafiği.



Şekil 4. 24: Natamisin katkılı yoğurt örneklerinin validasyon grafiği.

Aşağıdaki çizelge 4.19’da natamisin tağışış düzeyinin belirlenmesinde kullanılan FTIR-PLSR modelinin performans değerlendirme parametreleri verilmiştir.

Çizelge 4. 19: Natamisin tağışış düzeyinin belirlenmesinde kullanılan FTIR-PLSR modelinin performans değerlendirme parametreleri.

Performans parametreleri	Toplam bileşen sayısı	Varyans %	cR ²	RMSEC	vR ²	RMSECV	PRESS	DL
Natamisin Tağışış	15	99,99	0,942	0,268813	0,9355	0,294932	0,40583	0,13%

Bu çalışmada, tağışış amaçlı yoğurda katılan natamisin bileşiğinin artan dozlarda miktarlarının tayin edilmesi için kullanılan PLS regresyon metodunun performans verileri şöyledir. Toplam varyansın yaklaşık %99,99’u 15 bileşen ile ifade edildiği, kalibrasyon safhasında hatanın çok düşük ve regresyon katsayısının da $cR^2=0,942$ gibi çok yüksek olduğu saptanmıştır. Diğer taraftan bağımsız örnekler ile yapılan doğrulama safhasında düşük PRESS (doğrulama hatası) değeri ve yüksek $vR^2=0,9355$ değeri elde edilmiştir. Yani çalışmamızda FTIR cihazının çok yüksek R^2 değerleriyle tağışış tespit etme düzeyinin yüksek olduğu görülmüştür. Mısırlılar ve diğerleri (2009)’nin yapmış olduğu bir çalışmada yoğurda natamisin, koruyucu kültür ve propil paraben ilave edilmiş ve yoğurtta fiziksel, kimyasal ve duyuşsal analizler yapıp incelenmiştir. Sonuç olarak bu maddelerin yoğurtta 28 günde olumsuz bir durum ortaya çıkarmadığı saptanmıştır. El-Diasty (2009) yapmış olduğu bir çalışmada üretilen yoğurt numunelerinin yüzeyine farklı oranlarda natamisin (0, 10 ve 20 mg/kg) ilave edilmiş ve depolama süresince ne gibi değışiklikler gerçekteştiği incelenmiştir. 35 gün boyunca natamisin ilave edilen örneklerde herhangi bir küf-maya üremesi gözlemlenmedi ve duyuşsal olarakta negatif bir durumla karşılaşılmamıştır. Elde edilen sonuçlara göre natamisin maddesinin yoğurdun özelliklerine etki etmeden küf-maya gelişimini inhibe edici özellikte bir katkı olduğu belirtilmiştir. Başka bir çalışmada Çok Katmanlı Algılayıcı Ağı (MLP), Maksimum Kalıntı Limitinin (MRL) altındaki yada buna eşit konsantrasyonlarda tilosin içeren süt numunelerini, MRL'nin üzerindeki konsantrasyonlarda tilosin içeren süt örneklerinden ayırt etme konusunda uygunluğu kanıtlanmıştır. FTIR spektral verilerini kullanan MLP, %99,9'un üzerinde doğruluk göstermiştir. FTIR spektral verilerini kullanan PLS analizi, sütteki çok düşük konsantrasyonlarda (0-100 µg/L) tilosin kalıntılarını başarıyla tahmin edilmiştir. PLS modelleri özellikle yüksek

bir R^2 değeri ($> 0,99$) elde edilmiştir (de Freitas ve diğerleri, 2021). Tilosin maddesi hayvan hastalıklarında kullanılan ve süte geçebilen antibiyotik bir maddedir. Literatürde yoğurtta natamisin taşıdığı ile FTIR’da çalışılan bir örneğe rastlanmamıştır.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma örneklerimizde inek sütünden tam yağlı ev yapımı yoğurt yapılmıştır ve yoğurt yapılırken farklı oranlarda değişik katkı maddeleri katılarak, bu katkı maddelerinin spektro-kemometrik metot kullanılarak tespit edilebilirliği üzerine çalışılmıştır. Nişasta, jelatin, bitkisel yağ ve natamisin gibi 4 farklı taşıyıcı açık madde kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda umut verici neticeler elde edilmiştir. Elde edilen veriler çizelge 4.18’de özet olarak değerlendirilmiştir.

Kemometrik kalibrasyon yöntemlerinden en çok tercih edilen ve kullanılan PLS-R tekniğidir. PLSR, spektrum ve belirlenecek parametre olmak üzere iki veri setine dayanan doğrusal bir modeldir. Kalibrasyon modelinin korelasyon katsayısı (CR^2), kalibrasyonun modeline ait standart hata (SHc), doğrulama modelinin korelasyon katsayısı (VR^2) ve çapraz doğrulama modelinde mutlak farkların (bias) kareler toplamına ait standart hatası (PRESS) dikkate alınır (Yaşar ve diğerleri, 2020). SHc, bir modelin kalibrasyon veri setine ne kadar iyi uyduğunun bir ölçüsü iken PRESS, kalibrasyon seti içindeki bir modelin tahmin kabiliyetini ve modelin hassasiyetini ifade eder. İyi modellerde daha düşük SHc, PRESS ve daha yüksek CR^2 ve VR^2 ’ler tercih edilmektedir (Nizamhoğlu ve diğerleri, 2022).

Çizelge 5. 1: Veri sonuç çizelgesi.

Taşıyıcılar	Faktör	Varyans(%)	CR^2	Kalibrasyon Standart Hatası (SHc)	VR^2	PRESS (Doğrulama hatası)
Nişasta	15	99,999	0,9776	0,1684	0,803	0,3375
Jelatin	15	99,99	0,9672	0,202	0,912	0,3123
Bitkisel yağ	15	99,99	0,9826	0,147311	0,9421	0,283747
Natamisin	15	99,99	0,942	0,268813	0,9355	0,40583

Nişasta gıdalara kıvam veren, kuru madde artıran ve yoğurtta serum ayrılma miktarını azaltan bir taşıyıcı maddesidir. Ürettiğimiz yoğurda % 1; % 2; ve % 3 oranlarında kontrollü ortamda girdisi sağlanarak tespiti için ATR FTIR spektraları kemometrik yöntemler ile işlenmiştir. Bu taşıyıcı unsurunun tespiti için yapılan çalışma verilerinin son derece güvenilir ve yüksek doğruluk oranına sahip olduğu görülmüştür. Bu taşıyıcı unsur özelinde kalibrasyon setinde % 97,76 ve doğrulama setinde % 80,3 gibi başarılı bir sonuç elde edilmiştir. Kemometrik metot, nişasta taşıyıcısında güvenli bir şekilde kullanılabilir.

Jelatin, yoğurtta jelleşmeyi arttıran kıvam artıran ve serum ayrılmasını azaltan bir maddedir. Ürettiğimiz yoğurda % 1, % 2, ve % 3 oranlarında girilerek tespiti için ATR FTIR spektraları kemometrik yöntemler ile işlenmiştir. Bu taşıyıcı unsuru özelinde kalibrasyon setinde % 96,72 ve doğrulama setinde % 91,2 gibi çok başarılı bir sonuç saptanmıştır. Kemometrik metot, jelatin taşıyıcısında güvenli bir şekilde kullanılabilir.

Bitkisel yağ, süt yağı maddi olarak değerli bir yağ olduğu için süt ürünlerinden süt yağının çekilip yerine yağ oranını artırmak için koyulan bir taşıyıcı maddesidir. Ürettiğimiz yoğurda % 1, % 2, ve % 3 oranlarında kontrollü ortamda girdisi sağlanarak tespiti için ATR FTIR spektraları kemometrik yöntemler ile işlenmiştir. Bu taşıyıcı unsuru özelinde kalibrasyon setinde % 98,26 ve doğrulama setinde % 94,21 sonuçları elde edilmiştir.

Natamisin yoğurt ve bazı süt ürünlerinde küf ve maya gelişimini önlemek ve raf ömrünü uzatmak için kullanılan bir taşıyıcı maddesidir. Ürettiğimiz yoğurda % 0,1, % 0,2, ve % 0,3 oranlarında kontrollü ortamda natamisin girdisi sağlanarak tespiti için ATR FTIR spektraları kemometrik yöntemler ile işlenmiştir. Bu taşıyıcı unsurunun tespiti için yapılan çalışma verilerinin son derece güvenilir ve yüksek doğruluk oranına sahip olduğu görülmüştür. Bu taşıyıcı sonucunda kalibrasyon setinde % 94,2 ve doğrulama setinde % 93,55 gibi başarılı bir sonuç elde edilmiştir. Kemometrik metot, natamisin taşıyıcısında güvenli bir şekilde kullanılabilir.

Bu yöntem yoğurtta bazı taşıyıcı unsuru maddelerin tespiti için oldukça güvenilir, hızlı ve masrafsız sonuçlar vermektedir. Endüstride kullanıma açık olmakla birlikte sarf malzeme gerektirmemektedir. Pratikte uygulamaya elverişli olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akın, N. (2006). Modern Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi. Konya.
- Akram, U., Sahar, A., Sameen, A., Muhammad, N., Ahmad, M., H, Khan M, M., & Rahman, H. U. U. (2023). Use of Fourier transform infrared spectroscopy and multi-variant analysis for detection of butter adulteration with vegetable oil. International Journal of Food Properties, 26(1), 167–178.
- Anonim (2006). Türk Standartları Enstitüsü, TS 1330, Yoğurt Standardı, Ankara.
- Anonim (2009). Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği (Tebliğ No: 2009/25) Resmi gazete sayı: 27143.
- Anonim (2010). Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu. T.C. Resmi Gazete No: 27610. 22.03.2020 tarihinde <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.5996.pdf> sayfasından erişilmiştir.
- Anonim (2011). TGK. Renklendiriciler ve Tadlandırıcılar Dışındaki Gıda Katkı Maddeleri Tebliği. R. Gazete:29.12.2011-28157.
- Anonymous (2011). Gıda Teknolojisi – Yoğurt. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, Türkiye.
- Atamer M ve Sezgin E. (1986). Yoğurtlarda Kurumadde Artırımının Pıhtının Fiziksel Özelliklerine Etkisi. Gıda Dergisi.11(6):327-331.
- Atamer M, Yetişmeyen A. (1987). Potasyum Kazeinatın Yoğurt Üretiminde Kullanımı. A. Ü. Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı. Gıda Sanayii, 10-13.
- Atasever M. (2004). Yoğurt Üretiminde Bazı Stabilizerlerin Kullanımı. Yüzüncü Yıl Veteriner Fakültesi Dergisi 15 (1-2):1-4.
- Aydın, S., Çetinkaya, A., Bayrakçı, E. (2010). Kars ilinde üretilen inek sütlerinin bazı kimyasal özellikleri. Ulusal Meslek Yüksekokulları Öğrenci Sempozyumu, 21- 22 Ekim 2010, Düzce.
- Barrantes, E., Tamime, A.Y., Sword, A.M., Muir, D.D., Kaláb, M. (1996). The manufacture of set-type natural yoghurt containing different oils. 1.Compositional quality, microbiological evaluation and sensory properties.International Dairy Journal, 6(8-9), 811-826.
- Büyükcan, B.M., Kavdır, İ. (2020). Yakın kızılötesi spektroskopi (FT-NIR) kullanarak sütte NaHCO₃ varlığının tespiti. ÇOMÜ Zir. Fak. Dergisi 8 (2): 327–334
- Chandan, R. C and O'Rell, K.R. (2006) Ingredients for Yogurt Manufacture. In: Chandan, R.C. (eds.), Manufacturing Yogurt and Fermented Milks. 179-193
- Curk MC, Peladan F, Hubert JC. (1994). Fourier Transform infrared (FTIR) spectroscopy for identifying Lactobacillus species. Fems Microbiol Lett, 123, 241–248.)
- Çağlar, A. ve Çakmakçı, S. (1994). Yoğurdun insan sağlığı ve beslenmesindeki rolü ve önemi. İçinde: 3. Milli Süt Ve Süt Ürünleri Sempozyumu. Milli produktivite merkezi yayınları: 95-110. Ankara.

- Çırak, O. (2017). Fourier transform infrared spektroskopisi (FTIR) ile sütte tür tayini yapılması. Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Çimen, S. (2021). Bala farklı oranlarda mısır şurubu katılarak yapılan tağşişin ftir-Atr spektroskopisi ile belirlenmesi. Manisa Celal Bayar Üniversitesi.
- de Freitas, A. G., de Magalhães, B. E., Minho, L. A., Leão, D. J., Santos, L. S., & Augusto de Albuquerque Fernandes, S. (2021). FTIR spectroscopy with chemometrics for determination of tylosin residues in milk. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(5), 1854–1860.
- Demirci , T Sert, D., Aktaş, K., Atık, D.S., Negiş H. İ. Ö. ve Akın N. (2020)«Influence of hot and cold break tomato powders on survival of probiotic *L. paracasei* subsp. *paracasei* F19, texture profile and antioxidative activity in set-type yoghurts,» *LWT*, cilt 118.
- Demirci M. (2006). Gıda Kimyası. Kelebek Mat., İstanbul.
- Demirci, M. ve Şimşek, O. (2004). Süt işleme teknolojisi. İstanbul.
- Diler A. Ve Baran A. (2014): Erzurum’un Hınıs ilçesi çevresindeki küçük ölçekli işletme tank sütlerinden alınan çiğ süt örneklerinin bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Alinteri*, 26 (B), 18-24.
- Djagny, K. B, Wang, Z., Xu, S. (2001). Gelatin: A valuable protein for food and pharmaceutical industries: Review. *Crit. Rev. Food Sci.*, 41 (6), 481-492.
- Dole, M.N., Patel, P.A., Sawant, S.D. ve Shedpure, P.S. (2011). “Advance Applications Of Fourier Transform Infrared Spectroscopy”, *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 7(2):159-166.
- Duru, N. ve Karadeniz, F. (2007). “Meyve Sularında Hilelerin Saptanmasında Yararlanılan Başlıca Kriterler”, *Dünya Gıda*, 7:40-46.
- Eksi, A. ve Karav, S., (2011). “Sorbitol/Xylitol Level in Fruit Juices Obtained from Different Fruit Species and its Importance in Terms of Authenticity Control”, *Fruit Processing*, 21(3):94-97.
- Elayedath, S., Barringer, S. A. (2002). Electrostatic powder coating of shedded cheese with antimycotic and anticaking agents. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 3, 385-390.
- El-Diasty, E. M., El-Kaseh, R. M., Salem, R. M. (2009). The effect of natamycin on keeping quality and organoleptic characters of yoghurt. *Arab J. Biotech.*, 12 (1),41-48.
- Elgün A, Ergutay Z. (2002). Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 718.
- Gahrue, H.H., Eskandari, M.H., Mesbahi, G., Hanifpour, M.A. (2015). Scientific and technical aspects of yogurt fortification: A review. *Food Sci Hum Wellness*, 4: 1-8. doi: 10.1016/j.fshw. 2015.03.002.
- Garcia, J. S., Sanvido, G. B., Saraiva, S. A., Zacca, J. J., Cosso, R. G., & Eberlin, M. N. (2012). MALDI-QTOF MS tarafından ortaya çıkarılan bitkisel sıvı veya katı yağlarla sığır sütü tozu tağşişi *Gıda Kimyası Cilt 131, Sayı 2, 15 Mart 2012 , Sayfa 722-726*

- Geniş, Ö.D. (2020). Süt ve süt ürünlerinde tür tayinin senkronize floresans spektroskopisiyle belirlenmesi. Hacettepe Üniversitesi.
- Göncü B., Çelikel A., Akın MB., Akın MS. (2017) : Şanlıurfa’da satışa sunulan sokak sütlerinin bazı kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Harran Üni Müh Derg 2(2), 15-23.
- Gönç, S. (1989). Yoğurt Teknolojisi ve Kalite Kontrolü; Ekşime Hatası, Etkisi ve Alınacak Önlemler. Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 191-209.
- Gönç, S., Tanülkü, B. (1981). Süt endüstrisi kurumu İzmir fabrikasına gelen sütlerin bazı özelliklerine bölge ve mevsimlerin etkisi üzerine araştırmalar. E.Ü.Z.F. Der. 18(1,2-3): 275-290.
- Gürsel, A., Şenel, E. ve Yaman, Ş. (2004). Use of a biopreservative culture against yeast and mould growth in set-type yoghurt. Gıda dergisi 29: 283-289.
- Hafif O. (2019). Farklı oranlarda kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) unu ilavesinin probiyotik yoğurtların fizikokimyasal, tekstürel, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Herringshaw, S. (2009). Application of infrared spectroscopy and chemometrics for the authentication of organic butter and determination of sugar in tomatoes (*Solanum lycopersicum*)
- Holland, J., Kemsley, E. ve Wilson, R. (1998). “Use Of Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Partial Least Squares Regression for the Detection of Adulteration of Strawberry Purees”, Journal of the Science of Food and Agriculture, 76(2):263-269.
- Hsu, C.P.S. (1997). Handbook of instrumental techniques for analytical chemistry (pp. 247-282). Separation Sciences Research and Product Development Mallinckrodt, Inc.
- Inon, F. A., Garrigues, S. ve Guardia, M. (2004). “Nutritional parameters of commercially available milk samples by FTIR and chemometric techniques”, Analytica Chimica Acta, 513:401-412
- İbrahim MKE., El-Abd. MM., Mehriz A. ve Ramadan FAM. (1992). Effect of some Stabilizers and sweetening material on the properties of a new ice cream-like yoghurt. Egyptian j. Dairy sci., 20. 67-81.
- İnal, T. (1990). Süt ve Süt Ürünleri Hijyen ve Teknolojisi. İstanbul.
- Jaurez, M., Castro, M.I., Ramos, M., Martin, Anvarez, P.J. (1978). Composition of milk in Spain. 1. Main Componente. Milchwissenschaft 33: 752-755.
- Jay, J. M. (2000). Modern Food Microbiology. p. 272-273. Aspen Publishers, Gaithersburg, Md.
- Jensen, R. G., & Kroger, M. (2000). The importance of milk and milk products in the diet. Handbook of Dairy Foods and Nutrition, 2, 51e52.
- Jha, S.N., Jaiswal, P., Borah, A., Gautam, A.K., Srivastava, N. (2015). Detection and quantification of urea in milk using attenuated total reflectance-Fourier transform infrared spectroscopy. Food and Bioprocess Technology, 8(4), 926-933.

- Kammer LJ, Kessler HG (1980). Einflisse Auf Die Stabilitet Von Sticfasten Yughurt. DieMolkereizeitung Welt der Milch. 34/16, 493-494
- Karahan,L.E. (2016)"Batman'da tüketime sunulan yoğurtların bazı kimyasal ve tekstürel özellikleri," Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi, cilt6, sayı 2/2, s. 59-65.
- Kaşıkcı M. (2012): Sivas ili Yıldızeli ilçesinde halk elinde yetiştirilen esmer sığırların çiğ süt kompozisyonu ve somatik hücre sayısının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı, Tokat.
- Kesenkaş, H., ve Akbulut., N. (2010). İzmir ilinde satılan sokak sütleri ile orta ve büyük ölçekli çiftliklerde üretilen sütlerin özelliklerinin belirlenmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi, 2010, 47 (2): 161-169.
- Koca, N., Kocaoglu-Vurma, N. A., Harper, W. J., & Rodriguez-Saona, L. E. (2010). Application of temperature-controlled attenuated total reflectance-mid-infrared (ATR-MIR) spectroscopy for rapid estimation of butter adulteration. Food Chemistry, 121(3), 778–782.
- Kosikowski, F. (1982). Cheese and Fermented Milk Foods. Newyork.
- Kurt, A. (1994). Yoğurt'un Tarihçesi ve yeryüzüne yayılışı. İçinde: 3. Milli Süt ve Süt merkezi yayınları: 23-25 Ankara.
- Lampert, M.L.(1975). Modern Dairy Products. Newyork.
- Lin, S.Y. ve Wang, S.L. (2011). "Advances in Simultaneous DSC–FTIR Microspectroscopy For Rapid Solid-State Chemical Stability Studies: Some Dipeptide Drugs As Examples", Advanced Drug Delivery Reviews, 64:461-478.
- Lohumi, S., Lee, S., Lee, H., Cho, B.K. (2015). A review of vibrational spectroscopic techniques for the detection of food authenticity and adulteration. Trends in Food Science & Technology, 46(1), 85-98.
- Metin, M. (2005). Süt teknolojisi: Sütün Bileşimi ve İşlenmesi., İzmir.
- Metin, M. (2009). Sütün yapısı ve özellikleri. İzmir.
- Meydani , S.N.and Ha, W.K. (2000). Immunologic effects of yogurt. Am J Clin Nutr 71:861–72.
- Mısırlılar, F., Kımık, Ö., Kesenkaş, H. (2009). Effects of antifungal preservatives.
- Montesinos-Herrero, C., Cottell, D.C., O'Riordan, D., O'Sullivan, M. (2006). Partial replacement of fat by functional fibre in imitation cheese: Effects on rheology and microstructure, International Dairy Journal, 16, 910-919.
- Nicolaou, N., Xu, Y. ve Goodacre, R. (2010). "Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Multivariate Analysis for The Detection and Quantification of Different Milk Species", Journal Dairy Science 93(2):5651-5660. of yoghurt. Archiv Fur Lebensmittelhygiene, 55 (1), 7–9.
- Nizamlioğlu, M. N., Yaşar, S., Bulut, Y. (2022). Chemical versus infrared spectroscopic measurements of quality attributes of sun or oven dried fruit leathers from apple, plum and apple-plum mixture. Food science and Technology 153, 112420

- Öz, K. (1990). Konya’da Tüketime Sunulan Yoğurtların Kalitesi. Yüksek lisans tezi.
- Özden, A. (2007). Yoğurt ve sağlıklı yaşam. Güncel Gastroenteroloji Dergisi.11/3, 166-178.
- Özer, B. (2006) Yoğurt Bilimi Ve Teknolojisi. Şanlıurfa
- Özsunar, A. (2005). Trakya Bölgesinde Üretilen İnek Sütlerinde Aflatoksin M1 Varlığı. Yüksek Lisans Tezi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği ABD, Tekirdağ, 50 s.
- Polat, E., Günay, S. (2009). Kısmi en küçük kareler ve bir uygulama. VI. İstatistik Günleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 437-444.
- Polshin, E., Aernouts, B., Saeys, W., Delvaux, F., Delvaux, F.R., Saison, D., Hertog, M., Nicolai, B.M., Lammertyn, J. (2011). Beer quality screening by FT-IR spectrometry: Impact of measurement strategies, data pre-processings and variable selection algorithms. Journal of Food Engineering, 106(3), 188-198.
- Rakendhu S., Akshay R., Kamal G., Raman S., Rajan S. (2024). Application of FTIR spectroscopy in dairy products: A systematic review, Food and Humanity.
- Reps, A., Drychowski, L., Tomasik, J., Winiewska, K. (2002). Natamycin in Ripening Cheeses. Pakistan Journal of Nutrition, 1 (5), 243-247.
- Rohman, A., Che Man, Y.B., Nurrulhidayah, A.F. (2015). Fourier-Transform Infrared Spectra Combined with Chemometrics and Fatty Acid Composition for Analysis of Pumpkin Seed Oil Blended Into Olive Oil. International Journal of Food Properties, 18(5), 1086-1096.
- Rosenthal AJ. (1999). Food Texture. Measurement and Perception Oxford Brookes UniverstyUK.
- Saldamlı İ. (2007). Gıda Kimyası. HÜ Yayınları. Ankara. 88-105.
- Santos, P.M., Pereira-Filho, E.R., Rodriguez-Saona, L.E. (2013). Rapid detection and quantification of milk adulteration using infrared microspectroscopy and chemometrics analysis. Food chemistry, 138(1), 19-24.
- Schmidt, K. A., Herald, T. J., Khatib, K. A. (2001). Modified wheat starches used as stabilizers in set-style yogurt. Journal of Food Quality, 24, 421-434.
- Schrieber R and Garies H. (2007). Gelatine Handbook. Theory and Industrial Practice Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 335 p.
- Sezgin E, Bayram G, Atamer M. (1989). Yoğurt Yapımında Bazı Stabilizatör Maddelerin Kullanımı. Gıda Sanayi Dergisi. Cilt 2, Sayı:6.
- Sezgin, E. (1989). Fermente süt ürünlerinin besin değeri ve insan sağlığı açısından önemi. Süt ve süt ürünleri sempozyumu. Milli prodüktivite merkezi yayınları: 170-190.
- Snyder, A.B., Sweeney, C.F., Rodriguez-Saona, L.E. ve Giusti, M.M. (2014). “Rapid Authentication of Concord Juice Concentration in a Grape Juice Blend Using Fourier-Transform Infrared Spectroscopy and Chemometric Analysis”, Food Chemistry, 147:295-301.
- Spreer, E. (1998). Milk and Dairy Product Technology. Newyork.
- Tamime, A. Y., Robinson, R. K. (1999). Yoghurt Science and technology.

Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK.

- Tamime, A.Y. and Robinson, R.K. (2007). Tamime and Robinson's Yoghurt Science and Technology Third Edition. England.
- Tapp, H.S., Defernez, M., Kemsley ve E.K. (2003). "FTIR Spectroscopy and Multivariate Analysis Can Distinguish The Geographic Origin Of Extra Virgin Olive Oils", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51(21):6110-6115.
- Tayar M, Şen C ve Güneş E. (1995). Yoğurt Üretiminde Bazı Stabilizatör Maddelerin Kullanılması, Gıda. 95(2): 103-106.
- Tayar M, Şen C ve Güneş E. (1995). Yoğurt Üretiminde Bazı Stabilizatör Maddelerin Kullanılması, Gıda. 95(2): 103-106.
- Tekinşen O.C. (1996). Süt Ürünleri Teknolojisi. Selçuk Üniv. Vet. Fak. Yayını, Konya.
- Tekinşen, O.C. ve Tekinşen, K.K. (2005). Süt ve Süt Ürünleri. Kahramanmaraş
- Temizkan, R., Can, A., Doğan, MA, Mortaş, M. ve Ayvaz, H. (2020). Yakın ve orta kızılötesi spektroskopi kullanılarak yoğurtlarda süt yağındaki yağışın hızlı tespiti. Uluslararası Süt J. 110:104795. doi: 10.1016/j.idairyj.2020.104795
- Üçüncü M. ve Şakiroğlu S. (1987). Yoğurt Yapımında Jelatinden Yararlanma Olanakları. Süt Teknolojisi Semineri, Ankara. 29-30 Eylül.
- Üçüncü, M. (2005) Süt mamülleri Teknolojisi. İzmir.
- Üçüncü, M. (2000). Gıdaların Ambalajlanması. İzmir.
- Var, I., Sahan, N., Kabak, B., Golge, O. (2004). The effects of natamycin on the shelflife
- Yaşar, S., Tosun, R., Sönmez, Z. (2020). Fungal fermentation inducing improved nutritional qualities associated with altered secondary protein structure of soybean meal determined by fungal FTIR spectroscopy.
- Yaygın H. (1999). Yoğurt teknolojisi. TC. Akdeniz Üniversitesi Yayın No: 75, Akdeniz Üniversitesi Basımevi.
- Yaygın, H. (1981). Yoğurdun Beslenme Değeri Ve Sağlıkla İlgili Özellikleri. Gıda dergisi. 6(5): 17-22.
- Yetim H. (2011). Jelatin Üretimi, Özellikleri ve kullanımı (I. Ulusal Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi, Gıda Katkı Maddeleri). Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kayseri.
- Yetişmeyen, A. (1995) Süt Teknolojisi Ankara Üniversitesi Ders Kitabı. Ankara.
- Yıldız, F. (2010). Overview Of Yogurt And Other Fermented Dairy Products In: Yıldız, F.(eds).Development and Manufacture of Yogurt and Other Functional Dairy products, 1-37.
- Yöney, Z. (1970). Süt ve Mamülleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı. Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad :Safiye UYSAL

Öğrenim Durumu:

Lise : 2008, Konya Merkez İmam Hatip Lisesi

Ön lisans: 2010, Sarayönü Meslek Yüksekokulu Gıda Teknolojisi Bölümü

Lisans: 2014, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği

Mesleki Deneyim:

2015’den itibaren Milli Eğitim Bakanlığı Gıda Teknolojisi Öğretmeni olarak görev yapmaktayım.