

**T.C.**  
**AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**KEÇİ SÜTÜNDEN YOĞURT ÜRETİMİNDE**  
**TRANSGLUTAMİNAZ ENZİMİ VE İKİ FARKLI STARTER**  
**KÜLTÜRÜ KULLANIMININ YOĞURDUN BAZI**  
**ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE OLAN ETKİSİNİN**  
**ARAŞTIRILMASI**

**BURCU GÜVENÇ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN**  
**Dr. Öğr. Üyesi Selda BULCA**

**AYDIN-2021**

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam süresince bana yol gösteren, tecrübesi ve önerileri ile bana her zaman her türlü konuda destek olan, bilgi ve görüşlerini esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Selda BULCA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarında her aşamada yardımlarını esirgemeyen, Öğr. Gör. Mehmet ÇELEBİ'ye; SDS-PAGE analizlerinde Öğr. Gör. Mürüvvet ABBAK'a; Arş. Gör. Andaç Kutay SAKA'ya ve süreçte bana destek olan arkadaşım Fahriye ÜMÜT'e teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında maddi ve manevi destekleriyle yanımda olan eşim, kızım ve canım aileme, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Burcu GÜVENÇ

# İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	i
TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
ÖZET.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	3
2.1. Keçi Sütü.....	3
2.2. Keçi Sütü Yoğurdu.....	4
2.3. Transglutaminaz Enzimi ve Özellikleri.....	10
2.4. Starter Kültür ve Ekzopolisakkarit (EPS) Oluşumu.....	15
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	17
3.1. Materyal.....	17
3.1.1. Çiğ Süt.....	17
3.1.2. Miseller Kazein Tozu.....	17
3.1.3. Mikrobiyal Transglutaminaz Enzimi.....	17
3.1.4. Starter Kültürler.....	17
3.1.5. Kimyasallar.....	18
3.2. Yöntem.....	18
3.2.1. Yoğurt Üretimi.....	18

3.2.2. Keçi Sütünün ve Miseller Kazein Tozunun Fiziksel, Kimyasal Analizleri.....	20
3.2.2.1. pH Tayini.....	20
3.2.2.2. Sütte SH (Soxhelet Henkel) ve Laktik Asit Tayini.....	21
3.2.2.3. Kuru madde Miktarının Belirlenmesi.....	21
3.2.2.4. Yağ Tayini.....	21
3.2.2.5. Protein Tayini.....	22
3.2.2.6. Kül Miktarının Belirlenmesi.....	22
3.2.3. Viskozite Ölçümü.....	23
3.2.4. Yoğurttaki Asitlik Tayini.....	23
3.2.5. Yoğurttaki Sineresiz Tespiti.....	23
3.2.6. Yoğurttaki Su Tutma Kapasitesi Tayini.....	24
3.2.7. Yoğurttaki Tekstürel Analizler.....	24
3.2.8. SDS-PAGE (Sodyum Dodesil Sulfat Poliakrilamid Jel Elektroforez) Analizi.....	24
3.2.9. Yoğurttaki Duyusal Analiz.....	26
3.2.10. İstatistiksel Analizler.....	26
4. BULGULAR.....	27
4.1. Keçi Sütü ve Miseller Kazein Kimyasal Analiz Sonuçları.....	27
4.2. Üretilen Yoğurtların pH, SH, Laktik Asit ve Viskozite Sonuçları.....	27
4.2.1. mTGaz Enzimi İlave Edilmeden Starter Kültür YC350 ile Üretilen Yoğurtların YYM (Yüzey Yanıt Metodu) Sonuçları.....	28
4.2.1.1. pH Değeri.....	28
4.2.1.2. SH Değeri.....	30
4.2.1.3. Laktik Asit Değeri.....	31
4.2.1.4. Relatif Viskozite Değeri.....	33

4.2.2. mTGaz Enzimi İlave Edilmeden Starter Kültür YoFlex Advance 2.0 (EPS Üreten Yoğurt Kültürü) ile Üretilen Yoğurtların YYM Sonuçları.....	36
4.2.2.1. pH Değeri.....	36
4.2.2.2. SH Değeri.....	37
4.2.2.3. Laktik Asit Değeri.....	39
4.2.2.4. Relatif Viskozite Değeri.....	41
4.2.3. mTGaz Enzimi ve Starter Kültür YC350 İlave Edilerek Üretilen Yoğurtların YYM Sonuçları.....	43
4.2.3.1. pH Değeri.....	43
4.2.3.2. SH Değeri.....	45
4.2.3.3. Laktik Asit Değeri.....	47
4.2.3.4. Relatif Viskozite Değeri.....	49
4.2.4. mTGaz Enzimi ve Starter Kültür YoFlex Advance 2.0 İlave Edilerek Üretilen Yoğurtların YYM Sonuçları.....	51
4.2.4.1. pH Değeri.....	51
4.2.4.2. SH Değeri.....	53
4.2.4.3. Laktik Asit Değeri.....	55
4.2.4.4. Relatif Viskozite Değeri.....	57
4.2.5. mTGazlı ve mTGazsız Olarak Üretilen Yoğurtlardan pH, SH, Laktik asit ve Relatif Viskozite Verilerine Göre Optimum Yoğurtların Saptanması.....	59
4.3. SDS-PAGE Analiz Sonuçları.....	62
4.4. Depolama Analizleri Sonuçları.....	65
4.5. Duyusal Analiz Sonuçları.....	67
5. TARTIŞMA.....	68
6.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	74
KAYNAKLAR.....	76

EKLER.....	89
EK-1.....	89
EK-2.....	91
BİLİMSEL ETİK BEYANI.....	99
ÖZ GEÇMİŞ.....	100



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b><math>\alpha</math>:</b>	Alfa
<b><math>\beta</math>:</b>	Beta
<b><math>\kappa</math>:</b>	Kapa
<b>APS:</b>	Amonyum Persülfat
<b>EPS:</b>	Ekzopolisakkarit
<b>FDA:</b>	Food and Drug Administration
<b>GRAS:</b>	Generally Recognized As Safe
<b>LAB:</b>	Laktik Asit Bakterileri
<b>mTGaz:</b>	Mikrobiyal Transglutaminaz
<b>SDS-PAGE:</b>	Sodium Dodecyl Sulfate - Polyacrylamide Gel Electrophoresis
<b>SEM:</b>	Scanning Electron Microscope
<b>STK:</b>	Su Tutma Kapasitesi
<b>TEMED:</b>	Tetrametiletildiamin
<b>TGaz:</b>	Transglutaminaz
<b>TGK:</b>	Türk Gıda Kodeksi
<b>TPA:</b>	Tekstür Profil Analizi
<b>TS:</b>	Türk Standartları
<b>TÜİK:</b>	Türkiye İstatistik Kurumu
<b>U:</b>	Unit
<b>YYM:</b>	Yanıt Yüzey Metodu

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 2.1</b>	Transglutaminaz tarafından katalize edilen reaksiyonlar.....	11
<b>Şekil 4.1</b>	pH değerleri üzerine kuru madde ve starter kültür YC350 oranının etkisi.....	29
<b>Şekil 4.2</b>	SH değerleri üzerine kuru madde ve starter kültür YC350 oranının etkisi.....	31
<b>Şekil 4.3</b>	Laktik asit değerleri üzerine kuru madde ve starter kültür YC350 oranının etkisi.....	33
<b>Şekil 4.4</b>	Relatif viskozite değerleri üzerine kuru madde ve starter kültür YC350 oranının etkisi.....	35
<b>Şekil 4.5</b>	pH değerleri üzerine kuru madde ve starter kültür YoFlex oranının etkisi.....	37
<b>Şekil 4.6</b>	SH değerleri üzerine kuru madde ve starter kültür YoFlex Advance 2.0 oranının etkisi.....	39
<b>Şekil 4.7</b>	Laktik asit değerleri üzerine kuru madde ve starter kültür YoFlex Advance 2.0 oranının etkisi.....	41
<b>Şekil 4.8</b>	Relatif viskozite değerleri üzerine kuru madde ve starter kültür YoFlex Advance 2.0 oranının etkisi.....	43
<b>Şekil 4.9</b>	YC350 kültür ilaveli yoğurdun pH değerleri üzerine protein ve mTGaz oranının etkisi.....	45
<b>Şekil 4.10</b>	YC350 kültür ilaveli yoğurdun SH değerleri üzerine protein ve mTGaz oranının etkisi.....	47
<b>Şekil 4.11</b>	YC350 kültür ilaveli yoğurdun laktik asit değerleri üzerine protein ve mTGaz oranının etkisi.....	49



<b>Şekil 4.12</b>	YC350 kültür ilaveli yoğurdun relatif viskozite değerleri üzerine protein ve mTGaz oranının etkisi.....	51
<b>Şekil 4.13</b>	YoFlex Advance 2.0 kültür ilaveli yoğurdun pH değerleri üzerine protein ve mTGaz oranının etkisi.....	53
<b>Şekil 4.14</b>	YoFlex Advance 2.0 kültür ilaveli yoğurdun SH değerleri üzerine protein ve mTGaz oranının etkisi.....	55
<b>Şekil 4.15</b>	YoFlex Advance 2.0 kültür ilaveli yoğurdun laktik asit değerleri üzerine protein ve mTGaz oranının etkisi.....	57
<b>Şekil 4.16</b>	YoFlex Advance 2.0 kültür ilaveli yoğurdun relatif viskozite değerleri üzerine protein ve mTGaz oranının etkisi.....	59
<b>Şekil 4.17</b>	SDS-PAGE Analiziyle $\alpha$ s, $\beta$ , $\kappa$ -kazein standartlarının moleküler ağırlık seviyelerinin protein işaretleyicisi kullanılarak saptanması.....	63
<b>Şekil 4.18</b>	SDS-PAGE Analizi sonucunda gözlenen bantlar, kullanılan protein işaretleyici ve $\alpha$ s, $\beta$ , $\kappa$ -kazein standartları.....	64

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 3.1</b>	Kuru madde ve starter kültür konsantrasyonunun varyasyonunun yapılarak hazırlanan 1.deneme dizayını.....	19
<b>Çizelge 3.2</b>	Protein ve mTGaz konsantrasyonunun varyasyonunun yapılarak hazırlanan 2.deneme dizayını.....	20
<b>Çizelge 4.1</b>	Çiğ keçi sütü bileşimi.....	27
<b>Çizelge 4.2</b>	Miseller kazein tozu bileşimi.....	27
<b>Çizelge 4.3</b>	Kuru madde ve YC350 oranının pH değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları.....	28
<b>Çizelge 4.4</b>	Kuru madde ve YC350 oranının SH değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları.....	30
<b>Çizelge 4.5</b>	Kuru madde ve YC350 oranının laktik asit değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları.....	32
<b>Çizelge 4.6</b>	Kuru madde ve YC350 oranının relatif viskozite değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları.....	34
<b>Çizelge 4.7</b>	Kuru madde ve YoFlex Advance 2.0 oranının pH değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları.....	36
<b>Çizelge 4.8</b>	Kuru madde ve YoFlex Advance 2.0 oranının SH değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları.....	38
<b>Çizelge 4.9</b>	Kuru madde ve YoFlex Advance 2.0 oranının laktik asit değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları.....	40
<b>Çizelge 4.10</b>	Kuru madde ve YoFlex Advance 2.0 oranının relatif viskozite değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları.....	42
<b>Çizelge 4.11</b>	Protein ve mTGaz oranının YC350 kültürü ilaveli yoğurdun pH değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları.....	44

<b>Çizelge 4.12</b>	Protein ve mTGaz oranının YC350 kültürü ilaveli yoğurdun SH değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları.....	46
<b>Çizelge 4.13</b>	Protein ve mTGaz oranının YC350 kültürü ilaveli yoğurdun laktik asit değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları.....	48
<b>Çizelge 4.14</b>	Protein ve mTGaz oranının YC350 kültürü ilaveli yoğurdun relatif viskozite değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları.....	50
<b>Çizelge 4.15</b>	Protein ve mTGaz oranının YoFlex Advance 2.0 kültürü ilaveli yoğurdun pH değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları.....	52
<b>Çizelge 4.16</b>	Protein ve mTGaz oranının YoFlex Advance 2.0 kültürü ilaveli yoğurdun SH değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları.....	54
<b>Çizelge 4.17</b>	Protein ve mTGaz oranının YoFlex Advance 2.0 kültürü ilaveli yoğurdun laktik asit değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları.....	56
<b>Çizelge 4.18</b>	Protein ve mTGaz oranının YoFlex Advance 2.0 kültürü ilaveli yoğurdun relatif viskozite değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları.....	58
<b>Çizelge 4.19</b>	Belirlenen optimum gruplar.....	62
<b>Çizelge 4.20</b>	Belirlenen optimum gruplarda depolama süresince değişimler.....	66
<b>Çizelge 4.21</b>	Yoğurtların ortalama görünüş, kıvam, koku ve tat puanları.....	67

## ÖZET

### KEÇİ SÜTÜNDEN YOĞURT ÜRETİMİNDE TRANSGLUTAMİNAZ ENZİMİ VE İKİ FARKLI STARTER KÜLTÜRÜ KULLANIMININ YOĞURDUN BAZI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE OLAN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

**Güvenç B. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Programı, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 2021.**

**Amaç:** Bu çalışmada amaç keçi sütünden yoğurt üretiminde mTGaz enziminin ve enzimsiz üretilen yoğurtların tekstürel özellikleri üzerine olan etkilerini iki farklı starter kültürü kullanarak karşılaştırmaktır.

**Materyal ve Yöntem:** Yanıt Yüzey Metodu kullanılarak oluşturulan deneme dizaynlarına göre üretilen keçi sütü yoğurtlarına kalitatif ve kantitatif analizler yapılmıştır.

**Bulgular:** Her iki kültür ile üretilen yoğurtlarda %0,2 oranında kültür oranı istenen asitlik gelişimini sağlarken, 3-5,12 U/g protein mTGaz enzimi ilavesi pH, SH, laktik asit ve relatif viskoziteyi iyileştirmiştir. En çok çapraz bağı oluşturan 5,12 U/g protein mTGaz enzim ilaveli yoğurt depolama analizlerinde en iyi sonuçları vermiştir. İki kültür karşılaştırıldığında ise 3 U/g protein mTGaz enzim ilaveli YoFlex Advance 2.0 ile üretilen yoğurtlar, YC350 kültür ile üretilen yoğurtlara göre, depolama analizlerinde daha iyi sonuçlar vermiştir. Duyusal analizlerde ise koku ve tat kriterinde YC350 kültürü ile üretilen yoğurtlar daha yüksek puan almışlardır.

**Sonuç:** Miseller kazein tozu ve mTGaz enzim ilavesinin keçi sütünden üretilen yoğurtlarda tekstürel kusurları ve duyusal özelliklerini iyileştirmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Keçi Sütü, SDS-PAGE, Sineresiz, Tekstür Profil Analizleri, Transglutaminaz.

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE USE OF TRANSGLUTAMINASE ENZYME AND TWO DIFFERENT STARTER CULTURE ON SOME PROPERTIES OF YOGHURT FROM GOAT'S MILK

**Güvenç B. Aydın Adnan Menderes University, Institute of Science, Food Engineering Program, Master Thesis, Aydın, 2021.**

**Objective:** The aim of this study is to compare the effects of mTGase enzyme on the textural properties of yoghurts produced from goat milk and yoghurts produced without mTGase using two different starter cultures

**Material and Methods:** Qualitative and quantitative analyzes were performed on goat milk yogurts produced according to the experimental designs using the Response Surface Methodology.

**Results:** In the yoghurts produced with both cultures, the culture rate of 0,2% provided the desired acidity development, while the addition of 3-5,12 U/g protein mTGase enzyme improved pH, SH, lactic acid and relative viscosity. 5.12 U/g protein, which forms the most cross-links, gave the best results in the storage analysis of yoghurts with mTGase enzyme addition. When comparing the two cultures, yogurts produced with YoFlex Advance 2.0 with 3 U/g protein mTGase added enzyme yielded better results in storage analysis than yogurts produced with YC350 culture. In sensory analysis, yoghurts produced with YC350 culture scored higher in odor and taste criteria.

**Conclusion:** An addition of micellar casein powder and mTGase improved the textural defects and sensory properties of yoghurts produced from goat milk.

**Keywords:** Goat Milk, SDS-PAGE, Syneresis, Texture Profile Analysis, Transglutaminas.

# 1. GİRİŞ

Dünyada ve AB’de keçi sütü ve ürünlerinin önemli düzeyde üretiminin ve tüketiminin olmasına karşın, Türkiye’de keçi sütü ve ürünlerinin üretiminin yetersiz düzeyde olduğu düşünülmektedir. Keçi sütünün dünya çapında toplam süt üretimi içerisinde %2’lik bir payı bulunmaktadır. Nitekim 1990-2018 döneminde, dünya süt üretiminde keçi sütü, %84 oranında artış görülürken, 2019 yılında Türkiye’de ise keçi sütü üretiminde %2,7 artış meydana gelmiştir (ESK, 2019).

Dünya piyasasını araştırdığımızda keçi sütü esaslı birçok ürün bulunmaktadır. Örneğin tam yağlı mineral ve vitamin katkılı keçi sütü tozları, koyulaştırılmış keçi sütü, keçi sütü yoğurdu tozu, çikolata ve meyve aromalı keçi yoğurdu, anne sütünü artırıcı takviye keçi sütü ve çocuklar için keçi sütü esaslı çikolatalar gibi ürünlerin teknolojik olarak üretimi yapılmaktadır. Bu süt türü, içme sütü olarak tüketilebildiği gibi peynir, yoğurt gibi fermente ürünlerde ve toz üretiminde kullanılabilen değerli bir hammaddedir (Domagala, 2009).

Yoğurt, Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği’ne göre; "fermentasyonda spesifik olarak *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*’un simbiyotik kültürlerinin kullanıldığı fermente süt ürününü ifade etmektedir" (TGK, 2009). Yoğurt tüketiminin insan sağlığı üzerinde kanser, enfeksiyon, mide, bağırsak rahatsızlıkları ve astım gibi hastalıklarda terapötik ve koruyucu etkileri olduğunu göstermektedir (Reeta vd., 2015). Bu sağlık etkilerinden dolayı yoğurdun sadece inek değil aynı zamanda keçi sütünden de üretilebilmesi önemli bir teknolojik konu haline gelmiştir.

Keçi yoğurdu üretimi insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Bunun nedeni keçi sütünün diğer süt türlerine göre bazı üstün özelliklerinin bulunmasıyla ilişkilidir. Bunlar sırasıyla yüksek besin değeri, bileşenlerinin kolay sindirilmesi, antioksidatif, terapötik ve antialerjik özellikleri olarak sıralanabilmektedir (Desobry vd., 1999; Medina ve Nunez, 2004). Bu özellikler keçi sütüne olan talebi arttıran en önemli nedenlerden biridir. Fakat keçi sütünün pıhtılaşma özellikleri ile pıhtı karakteristiklerinin inek sütünden farklı olduğu ve bu nedenle yoğurt, peynir gibi ürünlerde tekstürel problemlerle karşılaşıldığı da birçok çalışmada ortaya çıkarılmıştır (Gou, 2003; Park vd., 2007).

Mikrobiyal Transglutaminaz (mTGaz) enzimi, genel olarak gıdaların tekstürel özelliklerini iyileştirmenin yanısıra proteinlerinin fonksiyonel özelliklerini değiştirmek için de kullanılmaktadır (Uran vd., 2013). Ekonomik ve kolay elde edilebilmesinden dolayı ticari olarak mikroorganizmalardan elde edilen formu gıdalarda daha çok kullanım alanı bulmuştur (Fransworth vd., 2006).

Sütte bulunan kazein mTGaz enzimi için iyi bir substrattır ve bazı uygulamalarda süt proteinlerinin viskoelastik yapısını ve jelleşme özelliğini iyileştirmek amacıyla kullanılmaktadır (Cristensen vd., 1996).

Bu tezin amacı, keçi sütünden yoğurt üretiminde kurumadde artırımında miseller kazein tozu kullanarak, iki farklı starter kültürü ve mTGaz enzimini yanıt yüzey yöntemiyle dizayn ederek bu faktörlerin yoğurdun pH, SH, laktik asit ve relatif viskozitesi üzerine olan etkilerini belirleyerek, yoğurt üretimi için optimum noktalar seçmek ve bu noktalarda üretilen yoğurtlarda meydana gelen değişimleri tespit etmektir. Ayrıca bu şekilde keçi sütünden üretilen yoğurtlarda daha sıkı bir jel sıklığı sağlayarak tüketici tarafından beğenilen ürün üretimini gerçekleştirmektedir.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Keçi Sütü

Keçi sütü ve ürünlerine gösterilen ilgi insan sağlığına olan yararlı etkilerinin tespit edilmesiyle artmıştır. Türkiye İstatistik Kurumu Süt ve Süt Ürünleri Üretimi Ocak (2021) internet verilerine göre 2019 yılı keçi sütü üretimi 40.540 ton iken, 2020 yılında %15,9 oranında artarak 46.994 tona ulaşmıştır (TÜİK, 2021).

Keçi sütünün ortalama bileşimi %yağ 3,8, yağsız kuru madde %8,9, %laktoz 4,1, %protein 3,4, %kazein 2,4 ve %kül 0,8 dir. İnek sütünün ortalama bileşimi ise %yağ 3,6, yağsız kuru madde %9, %laktoz 4,7, %protein 3,2, %kazein 2,6 ve %kül 0,7 dir (Park vd., 2007).

Keçi sütünün ortalama kimyasal bileşimi inek sütü bileşiminden önemli düzeyde farklı olmamakla beraber toplam kuru madde, protein, yağ ve laktoz oranlarında benzerlikler bulunmaktadır. Ancak, en önemli farklılıklar kazein misellerinin büyüklüğünde, yapısında ve bileşiminde görülmektedir. Ayrıca, protein fraksiyonlarının oranı, keçi sütünde daha yüksek oranda bulunan protein olmayan azot ve mineral bileşiklerin oranı süt türüne göre değişmektedir (Szczepanik ve Libudzisz, 2000).

Keçi sütünün en önemli kimyasal farklılıklarından birisi, inek sütüne göre hipoalerjenik olmasıdır (El-Agamy, 2007). Keçi sütünde, alerjen proteinlerden  $\alpha_{s1}$ -kazein inek sütündekinden daha düşük oranda bulunmaktadır. Bu durum, inek sütündeki  $\alpha_{s1}$ -kazeine karşı aşırı duyarlılık gösteren çocukların keçi sütünü daha iyi tolere edebilmelerini sağlamaktadır. Bu nedenle keçi sütünün inek sütüne iyi bir alternatif olabileceği ve keçi sütü kullanımıyla alerjinin %30-40'lara ulaşan oranda azaltılabileceği bildirilmektedir (Haenlein, 2004). İnek sütüne kıyasla keçi sütünün  $\alpha_{s1}$ -kazein seviyesi daha düşük olması daha yumuşak kazein pıhtısı oluşmasını sağlamaktadır. Bu sebeple keçi sütü proteinleri, inek sütü proteinlerinden daha kolay sindirilmektedir (Haenlein, 2004; Raynal-Ljutovac vd., 2008; Ribeiro, 2010).

Keçi sütleri büyüklüğü 3,5  $\mu\text{m}$ 'den daha küçük yağ globüllerini ihtiva etmesiyle karakterize edilir (inek sütü yağ globülü 4,5  $\mu\text{m}$ 'dir) (Park vd., 2007). Bu durum hem sindirilebilirlik hem de daha etkili bir lipid metabolizmasıyla avantaj sağlamaktadır (Park vd.,



2007; Raynal-Ljutovac vd., 2008). Keçi sütü yağının daha küçük çapta olması, süt içerisinde daha homojen dağılımına neden olmaktadır (Park, 2006). Bu özellikleri keçi sütünü inek sütüne karşı üstün kılmakta ve onu yalnızca bebekler değil, her yaştaki insanlar için de değerli bir besin haline getirmektedir (Attaie ve Richter, 2000).

Keçi sütü kısa ve orta zincirli tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri bakımından zengin olup, 6-10 karbonlu yağ asitlerinin oranı inek sütündekinin en az iki katı kadardır (Alichanidis ve Polychroniadou, 1996; Alonso vd., 1999). Orta zincirli yağ asitlerinden, özellikle kaprilik (C8:0) ve kaprik (C10:0) asitler, emilim ve metabolizma bozuklukları, kolesterol problemleri ve yetersiz beslenme bulgularını sergileyen hastalarda tedavi edici nitelikler taşıdığı rapor edilmiştir (Haenlein, 2004).

Ayrıca keçi sütü inek sütünden daha etkili olarak bağışıklık sistemini güçlendirir ve antibakteriyel etkilere de sahiptir. Keçi sütü özellikle laktozdan türetilmiş kompleks oligosakkaritlerce zengindir. Keçi sütünün inek sütünden daha fazla sayıda oligosakkarit türleri içerdiği bildirilmiştir (Oliveira ve vd., 2015). Keçi sütü insan sütüne oranla daha az miktarda laktoz içeriğine sahip olmasına karşın, keçi sütünün insan sütü oligosakkarit profiline inek veya koyun sütlerinden daha yakın olduğu bildirilmiştir (Oliveira ve vd., 2015). Bu bulgular, keçi sütü oligosakkaritlerinin, özellikle bebek formüllerinin takviyesi için çok umut verici bir fonksiyonel gıda özelliği taşıdığını göstermiştir. Keçi sütü oligosakkaritleri patojen bakterilerin bağırsak epitel zarına yapışmasını önler ve *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* gibi probiyotiklerin büyümesini teşvik eder (Oliveira ve vd., 2015).

## 2.2. Keçi Sütü Yoğurdu

Yoğurt, süt şekerinin termofilik karakterde laktik asit bakterileri olarak bilinen *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* tarafından fermantasyonu ile oluşan bir üründür (Penna vd., 2007).

Sütün içindeki toplam kuru madde ve toplam protein oranı, yağ oranı, sütün ısı işleme ve homojenizasyonu, starter kültürün tipi, inkübasyon koşulları, enzim uygulamaları ve stabilizatörlerin ilavesi yoğurt dokusunu etkileyen en önemli faktörlerdir (Jumah vd., 2001; Krasaekoopt vd., 2005).

Fermente süt ürünlerinin kıvamı, yağsız kuru madde miktarına bağlıdır. Ülkemizde sütün yağsız kuru madde miktarını artırmak amacıyla en fazla yağsız süt tozu ilavesi ve vakum evaporasyon ve membran separasyon tekniklerinden yararlanılmaktadır (Kavas vd., 2004). Yoğurt retiminde, sütün kurumaddesinin arttırılmasının temeli sütün protein oranını arttırmaktır. İşletmelerde artan rekabet şartlarında daha iyi yoğurt üretimi hedeflenerek çeşitli kuru madde, protein artıran maddeler ve stabilizatörlerin katıldığı bilinmektedir (ner, 2006).

Keçi sütünden elde edilen asit jeli, inek sütünden elde edilen jellere göre daha düşük sertlik ve viskozite ile karakterize edilir. Keçi sütünden üretilen yoğurtlarda zayıf tekstür oluşumunda bu süt türünün düşük kazein içeriği ile  $\alpha_{s1}$ -kazein oranı ve misel boyutu gibi diğer karakteristiklerinin rolü olduğu düşünülmektedir (Gou, 2003; Park vd., 2007). Buna ilaveten keçi sütü, inek sütüne göre, daha yüksek oranda protein olmayan azot ve daha az oranda kazein azotu içermektedir. Bu durum da yukarıda da belirtildiği gibi keçi sütünden üretilen yoğurt yapısının ve tekstürel özelliklerinin zayıf olmasını beraberinde getirmektedir (Park vd., 2007). Keçi yoğurtlarında karşılaşılan bu fiziksel zayıflığın önüne geçilebilmesi için, keçi sütünün 90°C’de 5-10 dakika ısıl işleme tabi tutulması, starter kültürün en fazla %1,5 oranında kullanılması, ekzopolisakkarit üreten suşların tercih edilmesi ve fermantasyonun düşük sıcaklıkta yürütülmesi gibi yöntemlerle yüksek pıhtı stabilitesine sahip bir ürün elde edilebileceği bildirilmektedir (zer, 2006). Keçi sütünden üretilen yoğurtların tekstürel özelliklerinin iyileştirilebilmesi için bu sütün genellikle tek başına değil inek veya koyun sütü karışımlarıyla beraber kullanılmaktadır.

Farklı tür sütlerden üretilen yoğurtlarda karbonil bileşenleri arasındaki farklılık, hammadde olan sütün bileşim özellikleri ile ilgilidir (Erkaya ve şengül, 2008). Keçi sütü yoğurtlarında, karbonil bileşenlerinin özellikle temel aroma maddesi olarak kabul edilen asetaldehit miktarının inek sütü yoğurtlarından daha düşük düzeyde olduğu belirtilmektedir (Tamime ve Robinson, 1999). Keçi sütlerinden üretilen yoğurtlarda duyusal olarak karşılaşılan diğer bir kusur keçi sütüne özgü belirgin keçi tat/aromasıdır. Bu nedenle keçi sütünün %4’ geçmeyecek oranlarda inek süttozu ile zenginleştirilmesi bu soruna karşı çözüm olabilecek bir uygulama niteliğindedir (zer, 2006).

Literatürdeki keçi sütü ile üretilen yoğurtlarla ilgili yapılmış çalışmalarından bazıları aşağıda verilmiştir.

Malek vd. (2001) tarafından yapılmış olan çalışmada; keçi, koyun ve inek sütlerinden üretilen konsantre yoğurtların özellikleri incelenmiş, en yumuşak yapının keçi sütünden üretilen yoğurtlarda görüldüğü ve bu yoğurtta mikroyapının büyük boşluklardan oluştuğu bildirilmiştir.

Karademir vd. (2002) tarafından yapılmış olan bir diğer çalışmada, keçi sütü yoğurtlarının konsistens, sertlik ve pıhtı stabilitesi bakımından inek ve koyun sütü yoğurtlarından daha zayıf bulunduğu belirtilmiştir. Bu durumun, keçi sütündeki kazein miselleri ile yağ globüllerinin daha küçük boyutlu olmasından ve özellikle  $\alpha_{s1}$ -kazein oranının düşük olmasından ileri geldiği bildirilmiştir.

Kavas vd. (2004) çalışmalarında keçi sütünün inek sütüyle farklı oranlarda karıştırılarak sütün kuru maddesi ultrafiltrasyon yöntemi ve yağsız süttözu ile artırarak biyoyoğurt üretmişlerdir. Yoğurtlar %100 keçi sütü, %70 keçi sütü: %30 inek sütü, %50 keçi sütü: %50 inek sütü karışımlarından hazırlanmış ve karışımlara 2 farklı ultrafiltrasyon yöntemi ve yağsız süttözu ilave edilerek üretilen biyoyoğurtların fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri depolamanın 1., 7. ve 14. günleri analiz edilmiştir. Analizler sonucunda kurumadde artırım yönteminin (ultrafiltrasyon ve süttözu ilavesi) bütün biyoyoğurtlarda titrasyon asitliği, penetrasyon kuvveti ve serum ayrılması üzerine önemli bir etkisi olduğu saptanmıştır. Ayrıca, süt çeşidinin biyoyoğurtların toplam kuru madde oranı, yağ oranı, titrasyon asitliği, pH ve serum ayrılması üzerine önemli derecede etkili olduğu belirlenmiş olup sadece süttözu ilavesiyle üretilen biyoyoğurtların protein içeriklerinin önemli olduğu belirlenmiştir. Duyusal açıdan ise %50 keçi, %50 inek sütü karışımı yağsız süttözu ilaveli yoğurt her yönden en yüksek puanı almıştır.

Vargas vd. (2008) tarafından yürütölen bir çalışmada, homojenize edilmeyen keçi sütü, farklı oranlarda (%0, 25, 50, 75, 100) inek sütüyle karıştırılarak yoğurt üretiminde kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; karışımdaki keçi sütünün oranı arttıkça yoğurtlarda jel sertliği ve kıvamda önemli derecede azalma olduğu ve pH değerinde küçük değişikliklerin meydana geldiği, ayrıca renk yönünden aydınlık indeksi olan L değerinin yükseldiği belirlenmiştir. %50 keçi sütü: %50 inek sütü karışımından elde edilen yoğurdun ise duyuşal panelde en çok tercih edilen yoğurt olduğu saptanmıştır.

Domagala (2009) çalışmasında keçi, inek ve koyun sütlerinden üretilen yoğurtların dokusal özellikleri, mikro yapısı ve sinerezise karşı duyarlılıklarını araştırmıştır. Orta

laktasyon döneminden elde edilen keçi, inek ve koyun sütünden üretilen yoğurtlar 14 gün boyunca depolanmış ve tekstür profil analiziyle sertlik, yapışkanlık, sinerezis ise drenaj ve taramalı elektron mikroskopuyla mikro yapı analizleri yapılmıştır. Keçi sütünden üretilen yoğurt, daha düşük sertlik, yapışkanlık gösterirken, inek ve koyun yoğurtlarında sinerezise karşı daha yüksek dayanıklılık gösterdikleri saptanmıştır. Keçi sütünden üretilmiş yoğurtlarda mikro yapının inek ve koyun sütlerinden üretilen yoğurtlara göre daha gözenekli bir yapıda olduğu gözlenmiş olup, yoğurt üretiminde kullanılan keçi sütü kompozisyonunun veya proses koşullarının son üründe uygun tekstür ve düşük sinerezisden dolayı modifiye edilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Bano vd. (2011) yaptıkları çalışmada keçi ve koyun sütü karışımlarını fonksiyonel yoğurt üretimi için kullanmışlardır. Çalışmada %100 keçi sütü; %75 keçi: %25 koyun sütü; %50 keçi: %50 koyun sütü; %75 koyun: %25 keçi sütü karışımlarını ve %100 koyun sütünü yoğurt üretimi için ayarlanmış ve bütün denemelerdeki analiz verileri %100 manda sütü verileriyle karşılaştırılmıştır. Yoğurt örnekleri 4°C'de 28 gün depolanmış ve 7 günlük aralıklarla yoğurtlara fizikokimyasal ve duyu analizler uygulanmıştır. Koyun sütünün keçi sütüne ilave edilmesi yoğurdun protein, laktoz, yağ, kül ve toplam kuru madde oranı artmıştır. Tüm karışımlarda üretilen yoğurtların asitlik ve pH değerlerinin önemli ölçüde etkilenmediği ve örneklerde asitlik %0,78-0,85 ve pH 4,46-4,51 arasında değiştiği, kontrol grubunda ise bu değerlerin %0,82 ve pH'nın ise 4,5 olduğu saptanmıştır. Duyusal açıdan %75 keçi sütü: %25 koyun sütü karışımının diğer örneklerle göre en iyi olduğu belirlenmiştir.

Domagala (2012) yaptığı bir diğer çalışmada yine keçi sütünün kurumaddesini 1,5; 2; 2,5 kat (v/v) ultrafiltrasyon yöntemiyle artırmış ve bu faktörün yoğurtlarda tekstür, sinerez ve mikro yapı üzerine olan etkilerini araştırmıştır. Ultrafiltrasyonla keçi sütünün konsantrasyonu arttıkça üretilen yoğurtta sertlik, yapışkanlık artmış, sinerezis azalmıştır. Ultrafiltre süttten elde edilen yoğurtların mikro yapısı, konsantre edilmeyen (kontrol) süttten elde edilen yoğurtların mikro yapısına göre daha kompakt bir protein matrisine sahip olduğu ve miseller arası daha az boşluğun bulunduğu, büyük kazein miselleri gözlenmiştir. Keçi sütü yoğurtlarında en iyi tekstür ve en düşük sinerezin 1,5 ve 2 kat konsantre edilen yoğurtlarda olduğu saptanmıştır.

Domagala vd. (2012) çalışmalarında keçi sütünün kuru madde konsantrasyonunun ultrafiltrasyon tekniğiyle artırılması ve keçi sütü tozu ilavesiyle ayarlanması ve farklı starter kültür kullanımıyla üretilen probiyotikli yoğurtların tekstür ve mikro yapısı üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Bu biyoyoğurtların üretimi için dört farklı starter kültürü

kullanılmış olup ultrafiltrasyon yöntemiyle üretilmiş yoğurtlarda sertlik, yapışkanlık, görünür viskozite ve duyuşal özelliklerin, kuru madde konsantrasyonu süttozu ilavesiyle zenginleştirilmiş yoğurtlara göre daha yüksek ve önemli bulunurken, farklı starter kültür kullanılarak üretilen biyoyoğurtlarda duyuşal özellikler ve yapışkanlık açısından önemli fark olmadığı belirlenmiştir. Farklı starter kültürü kullanılarak üretilen biyoyoğurtlarda mikro yapının benzer olduğu ancak kuru madde artırımında kullanılan metoda göre farklı olduğu tespit edilmiştir.

Suriasih vd. (2014) inek ve keçi sütü karışımlarından ürettikleri yoğurdun mikrobiyolojik, kimyasal ve duyuşal özelliklerini araştırmışlardır. Yoğurt örneklerinin toplam asitliğinin, anlamlı derecede farklı olduğu belirlenmiştir. Duyuşal analiz sonuçlarında ise, %100 keçi sütünden üretilen yoğurdun renk ve aroma açısından en yüksek puanı aldığı ancak sonuçların anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca, keçi ve inek sütü karışımlarından üretilen yoğurtların tekstürel dokusunun önemli ölçüde farklı olduğu saptanmıştır. %100 inek sütünden üretilen yoğurda kıyasla %75 inek sütü ve %25 keçi sütü karışımından üretilmiş yoğurdun tadı ve genel kabul edilebilirliğinin en yüksek puanı aldığı belirlenmiştir.

Costa vd. (2016) yapmış oldukları çalışmada inek sütü yerine %25, %50, %75 ve %100 oranlarında keçi sütü kullanarak yoğurt üretmişler ve ürettikleri bu yoğurtların özelliklerini karşılaştırmışlardır. Yoğurt arasında fizikokimyasal özellikleri arasında kül, asitlik ve laktoz arasında önemli farklılıklar gözlenmiş olup, duyuşal analizdeki tatlar açısından keçi sütünün %50 oranına kadar ilave edildiği yoğurtlarda daha uygun olduğu ve keçi sütü oranının daha yüksek olduğu yoğurtlar için daha düşük puanlar verildiği saptanmıştır. Yoğurt üretiminde %50 oranında keçi sütü ilave edilmesinin süt ürünleri üretimi için bir alternatif olabileceği görüşüne varılmıştır.

Patel ve Roy (2016) çalışmalarında keçi sütü ve inek sütü yoğurtlarını reolojik özellikleri açısından değerlendirmişlerdir. %100 İnek ve %100 keçi sütünden elde edilen yoğurtlarda tekstür analiz yapmışlardır. Keçi sütünden elde edilen yoğurdun inek sütü yoğurduna göre daha düşük jel sertliği, sıklık ve yapışkanlık değeri gösterdiği saptanmıştır.

Joon vd. (2017) çalışmalarında keçi ve inek sütünden üretilen yoğurtlarda tekstür ve sinerezis özelliklerini incelemişlerdir. Keçi sütünden elde edilen yoğurtlarda jel sertliği ve konsistenz inek sütünden elde edilen jele göre daha düşük ve sinerezise karşı daha duyarlı

olduğu belirlenmiştir. Ancak, keçi sütün den sütün ürünlerinin üretim inin terapötik özelliklerinden dolayı önemli olduğu vurgulanmıştır.

Nguyen vd. (2018) az yağlı inek, keçi ve koyun yoğurdunun mikro yapısı ve reolojik özelliklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada kimyasal bileşim, SDS-PAGE, kazein miseleri ve yoğurtlarda partikül boyut dağılımı, mikroyapı, reolojik ve tekstürel analizler yapılmıştır. İnek ve koyun yoğurtlarına göre keçi yoğurdunun fermantasyon ve jel oluşturma süresinin daha uzun olduğu ve keçi yoğurdunun partikül boyutunun daha küçük ve daha gözenekli yapıya sahip olduğunu bildirmişlerdir. Keçi sütün den elde edilen yoğurdun daha yumuşak bir jel yapısına sahip olduğunu saptamışlardır.

Vianna vd. (2019) farklı tür sütlerden (inek, keçi, koyun) üretilen yoğurdun fizokimyasal özelliklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada üretilen yoğurtlar 28 gün boyunca 4°C’de depolanmış ve depolama süresinin 1., 7., 14., 21. ve 28. günlerinde karbonhidrat, organik asitler, pH, titrasyon asitliği, su tutma kapasitesi, sineresiz, sertlik, görünür viskozite ve mikrobiyolojik analizlerini yapmışlardır. Depolama süresi boyunca üç sütün çeşidinde üretilen yoğurtlarda pH değerinin azaldığı ve titrasyon asitliği değerinin arttığı tespit edilmiştir. En yüksek su tutma kapasitesi koyun yoğurdunda belirlenirken onu sırasıyla inek yoğurdu ve keçi yoğurdu takip etmiştir. Kuru madde, protein ve yağ değerleri de koyun yoğurdunda en yüksek, keçi yoğurdunda en düşük bulunmuştur.

Hovjecki vd. (2020) çalışmalarında ısıl işlemin, keçi sütün kazein misel boyutuna, asit jellerin ve set tipi yoğurtların reolojik ve dokusal özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Bunun için 72°C’de 30 dakika, 85°C’de 5 dakika ve 95°C’de 5 dakika olmak üzere 3 farklı ısıl işlem parametresi seçilmiştir. Kazein misellerinin boyutunun ısıl işlem sıcaklığının artmasıyla arttığı belirlenmiştir. SDS-PAGE analizinde ise 72°C’den yüksek sıcaklıklarda serum proteinlerinin önemli ölçüde geri döndürülemez kovalent bağlarla bağlandığını gözlemlemişlerdir. 85°C’de 5 dakika ısıtılan sütün hazırlanan yoğurt için en kısa jelleşme ve fermantasyon süresi kaydedilmiştir. Bu yoğurtlarda, sertlik ve kıvam gibi tekstürel özelliklerde de en yüksek sonuçlar elde edilmiştir.

### 2.3. Transglutaminaz Enzimi ve Özellikleri

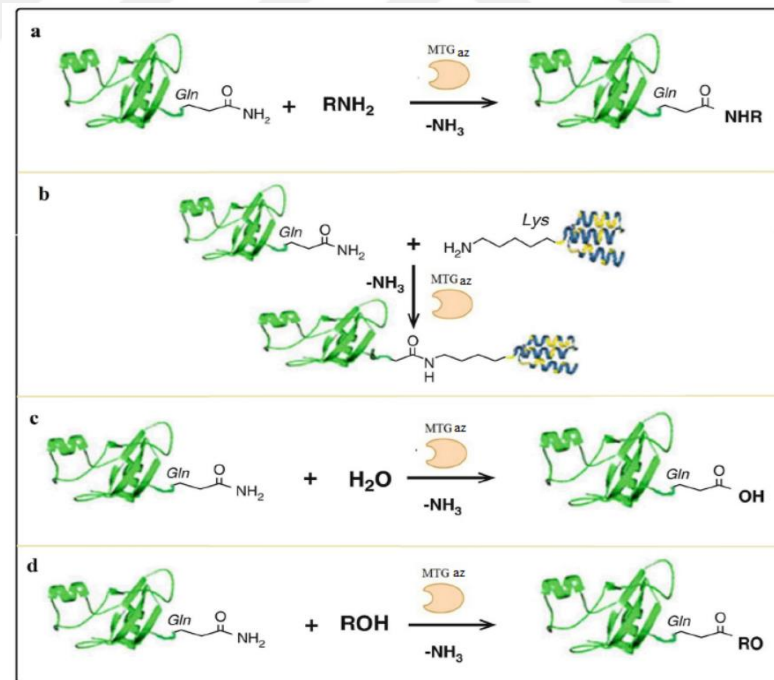
Protein-glutamin  $\gamma$ -glutamilttransferaz, yani transglutaminaz enzimi (EC 2.3.2.13), doğada geniş çapta dağılmış olan transferaz ailesine aittir. Bu enzim başlıca hayvanlar, bitkiler ve mikroorganizmalardan elde edilebilmektedir (Kieliszek ve Misiewicz, 2014; Singh ve Kumar, 2019). Transglutaminaz (TGaz) enzimi, bir peptid bağındaki glutamil kalıntısının reaksiyonda açıl verici olarak davranan  $\gamma$ -karboksiamid grubu ile açıl alıcı bir primer amin arasındaki açıl transfer tepkimesini katalizler (Kieliszek ve Błażej, 2017; Santhi vd., 2017) (Şekil 2.1 a). Proteinlerdeki lizin kalıntılarının  $\epsilon$ -amino grupları açıl alıcıları olarak hareket ettiğinde, transamidasyon reaksiyonu meydana gelir. Bu durumda, bu iki peptid zinciri birbirine  $\epsilon$ - ( $\gamma$  glutamil) lizin (Gln-Lys) bağı ile çapraz bağlanır. Bu bağlar, hem moleküller arası hem de molekül içi kovalent çapraz bağlarının oluşmasına neden olur ve protein, temel amino asitlerle zenginleştirilir (Giosafatto vd., 2018) (Şekil 2.1 a, b). Ayrıca, TGaz enzimi, birincil aminler olmadığı zaman glutaminil kalıntılarının  $\gamma$ -karboksamidinin deamidasyonunu veya esterleşme reaksiyonunu katalize eder. Bu durumda su veya alkol molekülleri, hidroksil grupları ile açıl alıcıları haline gelir (Mariniello vd., 2008) (Şekil 2.1 c, d).

TGaz enzimi tarafından katalize edilen bu reaksiyonlar, çözünürlük, su tutma kapasitesi (STK), emülsifiye etme kapasitesi, köpük oluşturma kapasitesi, viskozite, esneklik ve jelleşme gibi gıda proteinlerinin fonksiyonel özelliklerini modifiye etmek için kullanılabilir (Martins vd., 2014; Wang vd., 2018). TGaz, ekonomik değeri düşük olan birçok gıdanın yapısını iyileştirerek, ekonomik değerlerinin artırılmasına ve yeni ürünlerin geliştirilmesinde katkı sağlar (Kurt ve Zorba, 2004). TGaz enziminin süt proteinleri, soya fasulyesi globulinleri, buğday gluteni ve et miyozinleri gibi birçok proteini değiştirebileceği öne sürülmüştür (Martins vd., 2014).

TGaz enziminin, hayvan dokularından izole edilmesi enzimin, gıda ürünlerinde kullanılması ile ilgili araştırmaların başlamasını sağlamıştır. 18. yüzyılın sonuna kadar, bu enzimin hayvan dokularından (özellikle Gine domuz karaciğeri) ekstraksiyonu tek ticari üretim tekniğiydi. Ancak, eldedilme kaynaklarının sınırlı oluşu, komplike ayırma ve saflaştırma yöntemleri, enzimin aşırı derecede pahalı olmasına yol açmıştır (Zhu ve Tramper, 2018).

TGaz enzimi ayrıca soya fasulyesi, mısır, tütün ve elma gibi bitki dokularında da bulunur (Giosafatto vd., 2018). Bitki TGaz enziminin spesifik özelliği ışığa duyarlılığıdır. Fotosentez ve ışıktan koruma süreçleri bitki TGaz enziminin ekspresyonunu etkileyebilir. Bu yüzden bitkilerden saf TGaz elde etmek zordur (Aloisi vd., 2016). Bu nedenle bu enzimlerin hiçbiri ticarileştirilememiş ve bu da uygun bir ticari kaynak bulmak için yoğun araştırmaların yapılmasına yol açmıştır (Akbari vd. 2021).

Mikroorganizmalardan türetilen mikrobiyal Transglutaminaz (mTGaz), Ando vd. (1989) tarafından ilk olarak *Streptoverticillium mobaraense*'nin kültür ortamından izole edilmiştir. mTGaz enzimini, doku ve bitki TGaz enzimlerinden ayıran en önemli özellik mTGaz enziminin  $Ca^{+2}$ 'den bağımsız aktivite gösterebiliyor olmasıdır. Miyozin, soya fasulyesi globulinleri ve süt kazeini gibi pek çok protein  $Ca^{+2}$  varlığında çökmekte ve TGaz enzime karşı duyarlılığı azalmaktadır. Bu gibi durumlarda proteinlerin modifiye edilmesi açısından mTGaz enziminin bu özelliği büyük bir avantaj sağlamaktadır (Aloisi vd., 2016; Cui, vd., 2007; Kieliszek ve Misiewicz, 2014).



**Şekil 2.1** Transglutaminaz tarafından katalize edilen reaksiyonlar şunları içermektedir: (a) Açıl transfer reaksiyonu; (b) Proteinlerin Gln ve Lys kalıntıları arasında çapraz bağlanma reaksiyonu; (c) Suyla deamidasyon; (d) Alkol ile deamidasyon (Akbari vd., 2021).



mTGaz enziminin optimum aktivasyon pH'sı 5-7 arasındadır. Bununla beraber pH 4 ile pH 9 aralığında değişen düzeylerde enzimatik aktiviteye sahiptir. Enzimatik aktivite için optimum sıcaklık 45-50°C'dir (Romeih ve Walker, 2017). mTGaz enzimi, yaklaşık 38 kDa olduğu için düşük bir molekül ağırlığına sahiptir (Duarte vd., 2020).

Kazein ve serum proteinlerinin fraksiyonları mTGaz enzimi için uygun substrat olma konusunda kendi içinde farklılık göstermektedir. Miselin dış kısmında yer almasından dolayı  $\kappa$ -kazein, kazein miselleri arasında mTGaz için en uygun fraksiyondur. Bu uygunluğu  $\beta$ -kazein takip ederken  $\alpha_s$ -kazein son sıradadır (Yüksel ve Erdem, 2009).  $\beta$ -Kazeinin,  $\alpha_s$ -kazeine göre enzimle daha kolay tepkimeye girebilme nedeni ise  $\beta$ -kazeinin, yüksek prolin içermesi, esnek ve açık yapıya sahip olması ile açıklanabilmektedir.

Serum proteinleri üzerine yapılan bir diğer çalışmada ise araştırmalarda  $\alpha$ -laktalbuminin  $\beta$ -laktoglobuline göre mTGaz enzimiyle daha hızlı reaksiyon gösterdiği tespit edilmiştir (Faergemand vd., 1999). Bunlara ek olarak  $\alpha$ -laktalbuminin tersine  $\beta$ -laktoglobulin yalnızca ön ısıtma işleminden sonra mTGaz enzimi ile reaksiyona açık hale gelmektedir (Lorenzen vd., 2002).

Keçi sütü protein fraksiyonlarının mTGaz enzimi için uygun substrat niteliği taşıyıp taşımadığının tespitinin yapıldığı bir çalışmada  $\kappa$ -kazein fraksiyonunun  $\alpha$ - ve  $\beta$ -kazeine göre daha duyarlı olduğu belirlenmiştir.  $\beta$ -Laktoglobulin fraksiyonunun sadece ısıtılmış sütte anlamlı bir farklılıkla mTGaz enzimi için substrat özelliği taşıdığı saptanırken,  $\alpha$ -laktalbuminin ise gerek ısıtma işlemi görmüş gerekse ısıtma işlemi uygulanmamış sütte bile enzimatik çapraz bağlanmaya duyarlı olduğu ifade edilmiştir (Rodriguez-Nogales, 2006).

Süt proteinlerinin mTGaz enzimi ile enzimatik modifikasyonu yalnızca teknolojik açıdan değil, isopeptid bağlarının oluşması sebebiyle proteinin biyolojik değeri açısından da ilgi uyandırmaktadır (Yüksel ve Erdem, 2007). mTGaz enzimi ile süt ürünlerinin bazı fiziksel ve duyu özelliklerini olumlu yönde değiştirmek, kültürlenme yeteneği, mekanik özellikleri ve stabilite ve jel gücünü artırmak, su tutma kapasitesi ve emülsifiye etme özelliklerini kuvvetlendirmek mümkündür (Özrenk, 2006).

mTGaz enziminin inek sütünden yoğurt üretiminde kullanılmasına dair pek çok çalışma bulunurken keçi sütünden mTGaz enzimi yardımıyla yoğurt üretiminin yapıldığı çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır. Bu konuda yapılmış çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Farnsworth vd. (2003) çalışmalarında probiyotik keçi yoğurdunun konsistenzini ve yapısını mTGaz enzimi ilavesiyle iyileştirmeyi hedeflemişlerdir. Bunun için %12 kuru madde oranına ayarlanmış rekonstitüye keçi sütü veya %2 yağ oranına ayarlanmış keçi sütü 50°C'de su banyosunda ısıtılmıştır. 0-4 U/g protein mTGaz enzimi ilave edildikten sonra 50°C/1 saat inkübe edilmiştir. Sonrasında enzimin inaktivasyonu için 75°C/5 dakika ısıtılmış ve 43°C'ye soğutulduktan sonra %0,04 oranında probiyotik kültürle (*L. acidophilus*, *Bifidobacteria* ve *L. casei*) inoküle edilmiştir. mTGaz enzimli keçi sütünden üretilen yoğurtlarda viskozitenin arttığı, sinerezisin azaldığı saptanmış olup 8 haftalık depolama süresince kontrol örneğindeki probiyotik kültür ile 1, 2, 4 U mTGaz enzimi /g protein ilave edilmiş keçi sütü yoğurtlarında bakteri sayısı açısından önemli bir farklılık görülmemiştir. Ayrıca SEM görüntülerinde keçi sütlerine 2-4 U/g protein mTGaz enzimi ilavesinin kontrol örneğindeki görüntülere göre daha yoğun olduğu saptanmıştır.

Farnsworth vd. (2006), mTGaz enziminin keçi sütünden üretilen yoğurtta fonksiyonel özellikleri ve probiyotik kültürlerin canlılıkları üzerine araştırma yapmışlardır. Öncelikle süt, 0-4 U/g protein mTGaz enzimi ile 50°C/1 saat inkübe edildikten sonra 75°C/5 dakika ısıtılma işlemiyle enzim inaktif edilmiştir. Daha sonra süte probiyotik bakteriler ilave edilerek 43°C/5 saat süre ile fermentasyona tabii tutulmuştur. mTGaz enzim konsantrasyonunun artması ile viskozitenin arttığı gözlenmiş olup, besin değeri ve probiyotik kültürlerin popülasyon değişim oranı açısından fark gözlenmemiştir. Mikro yapı incelediğinde mTGaz enzimi ilaveli grubun kontrolden daha yoğun olduğu gözlenmiştir.

Ardelean vd. (2012) çalışmalarında UHT keçi sütü ve UHT inek sütünü, yağsız süt tozu ile zenginleştirmişler ve 1,8 U / g protein mTGaz enzimi ilave etmişlerdir. Ardından 0,5 ile 7 saat 40 °C'de inkübe etmişlerdir. Enzimatik reaksiyonu, N etilmaleimid ilave edilerek veya 85 °C /10 dakika süreyle ısıtılma işlemiyle inaktif etmişlerdir. Sonrasında 30 °C'de d-glukono-lakton yardımıyla asitlendirilen keçi sütü jelleri, inek sütü jellerine benzerlik göstermiştir. Kuru madde zenginleştirme ve mTGaz enzim uygulamasının kombinasyonu, tatmin edici fiziksel özelliklere sahip keçi sütü yoğurdunda iyileştirici bir yöntem olarak kullanılabilirliğini rapor etmişlerdir.

Domagala vd. (2013) çalışmalarında set tipi keçi sütü yoğurdu üzerine farklı mTGaz enzim konsantrasyonunun depolama süresince tekstür, sineresiz ve mikro yapı üzerine etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla keçi sütüne 1, 2, 3 U/g protein mTGaz enzimi ilave edilmiştir. mTGaz enziminin, 14 günlük depolama süresi boyunca keçi sütünden üretilen yoğurtların

fiziksel (sertlik ve sineresiz) ve duyuşsal özelliklerini olumlu bir Şekilde etkilediğini belirtmişlerdir. Genel olarak, en iyi set tipi keçi sütü yoğurdunun 2 U/g protein mTGaz enzimi kullanılarak üretildiği yoğurt olduğu sonucuna varılmıştır.

Mituniewicz-Malek vd. (2014) alışmalarında inulin ve mTGaz enziminin, probiyotik bakteri (*Lactobacillus acidophilus* La-5 ve *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12) içeren fermente keçi sütündeki bakterilerin canlılıkları üzerine etkisini araştırmışlardır. Fermente süt ürünlerinde probiyotik bakteri hücre sayısı analizi yapılmıştır. İnülin veya mTGaz enziminin probiyotiklerin canlılığı üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığı bulunmuştur.

Hovjecki vd. (2021) alışmalarında, keçi sütünden üretilen set tipi yoğurtların reolojik ve tekstürel özellikleri üzerine, mTGaz enzimi, ısıl işlem ve depolamanın etkisini araştırmışlardır. 72°C/30 dakika ve 90°C/5 dakika olmak üzere 2 farklı ısıl işlem uygulamış keçi sütlerine, 1 U/g protein mTGaz enzim ilavesiyle üretilen yoğurtları 15 gün depolamışlardır. 90°C/5 dakika ısıl işlemede mTGaz enzim ilaveli yoğurt, enzimsiz yoğurda göre daha yüksek sertlik değerini gösterirken, 15 gün depolama süresinde bu değerini daha da arttığı gözlenmiştir. Ayrıca mTGaz enziminin, starter kültürle eş zamanlı olarak ilavesiyle üretilen keçi sütü yoğurdunun reolojik özelliklerini ve dokusunu iyileştirdiği ve lezzetini bozmadığı belirtilmiştir.

Ülkemizde mTGaz enziminin, keçi sütünden elde edilen yoğurtlarda kullanımı konusunda yapılmış sadece iki çalışma bulunmaktadır.

Bunlardan ilkinde ner (2006) mTGaz enziminin ve sodyum kazeinatın inek ve keçi sütlerinden üretilen yoğurtlar üzerine etkisini araştırmıştır. Tüm rneklere 85°C'de 5 dakika ısıl işlem uygulanmıştır. mTGaz enzimi uygulanacak örneklere 40°C'ye soğutulularak enzim (0,35 g/l) ilave edilmiştir. 2 saat bu sıcaklıkta bekletildikten sonra 80°C'de 1 dakika ısıl işlem uygulanarak enzim inaktif hale getirilmiştir. Tüm gruplara 42°C'de %3 oranında starter kültürü inoküle edilmiştir. mTGaz enzimi ilave edilen yoğurtlar n inkübasyon işlemine tabii tutulduktan sonra ısıl işlemi ile enzim inaktif hale getirilmiştir. mTGaz enzimi ve sodyum kazeinat içeren ve içermeyen yoğurt üretilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre mTGaz enziminin yoğurt pıhtı sıklılığını her iki tip sütten üretilen yoğurtlarda arttırdığı, su salmayı azalttığı tespit edilmiştir. Stlere sodyum kazeinat mTGaz enzimi ile aynı Şekilde etki ederken, tadı olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir. Keçi sütlerinden üretilen yoğurtlarda aroma maddelerinden asetaldehit oldukça düşük bulunurken, inek sütlerinden yapılan

yoğurtlarda asetaldehit miktarı daha yüksek bulunmuştur. mTGaz enzim uygulamasının her iki tip sütten yapılan yoğurtlar üzerinde kaliteyi arttırdığı belirlenmiştir.

Aloğlu ve Öner (2013) çalışmalarında keçi sütünden labne üretiminde mTGaz enzimi kullanımının labnenin kimyasal, yapısal ve duyuşal özellikleri üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla keçi sütü 0-4 U/g protein mTGaz enzimiyle inkübe edilmiştir. mTGaz enzim uygulaması ürünün kimyasal bileşimini etkilememekle beraber 2-4 U/g protein enzim ilavesi relatif jel sertliğini 14-15 kat kadar artırmıştır. Taramalı elektron mikroskopuyla alınan görüntülerde transglutaminaz enzimi ilavesiyle üretilmiş labnede mikro yapının kontrol örneğine göre daha yoğun olduğu saptanmıştır. SDS-PAGE analizinde ise mTGaz enzimiyle muamele edilmiş labne örneklerinde çapraz bağlanmadan dolayı kazein fraksiyon bantlarının yoğunluğu mTGaz enzimi konsantrasyonu arttıkça daha azalmıştır. Duyusal değerlendirmede 30 üzerinden toplam 27,4 puanla 2 U/g protein mTGaz enzimli yoğurt en yüksek puanı almıştır.

#### **2.4. Starter Kültür ve Ekzopolisakkarit (EPS) Oluşumu**

Ekzopolisakkarit (EPS)'ler mikroorganizmaların buldukları ortama salgıladıkları monosakkaritlerin yüksek molekül ağırlığına sahip, çevre dostu olarak bilinen doğal polimerleridir. Mikroorganizmaların sentezledikleri EPS'ler hücre içi, hücre duvarı ve hücre dışı olmak üzere farklı spektrumlar gösterebilmektedir. Mikrobiyal polisakkaritler; hücre için karbon ve enerji depolamada görevli olan intraselüler polisakkaritler, hücre duvarının ayrılmaz bileşeni olarak etki gösteren, lipopolisakkarit ve teoik asit gibi hücre yapılarının bileşeni olan yapısal polisakkaritler ve EPS'ler olarak adlandırılan ekstraselüler polisakkaritler olmak üzere üç gruba ayrılır (Iyer, 2005). Birçok bakteri, maya, küf ve arke türleri mikrobiyal ekzopolisakkarit üretme yeteneğindedir. Ancak bakterilerin, miktar ve çeşit bakımından en iyi EPS üreticileri oldukları belirlenmiştir (Ergene ve Avcı, 2016).

EPS, fermente süt ürünlerinin kıvamına ve viskozitesine katkıda bulunan, doğal biyokoyulaştırıcılar olarak kabul edilen polimerik maddelerdir (Abdellah vd., 2014). Su bağlama yeteneği bulunan EPS'ler, protein fraksiyonları ile etkileşime girerek süt serum fazının viskozitesini arttırmaları. Aynı zamanda yapışkan ve ipliksi karakterleri sayesinde, fermente süt ürünlerinin dokusunu ve su tutma kapasitesini geliştirirler (Bengoa vd., 2018;

Tükenmez ve Aslım, 2018; Wei vd., 2019). Böylece fermente süt ürünlerinde ağız hissini geliştirdikleri, ağızda daha çok kalarak damak ile temas süresini arttırıp tat algısını oluşturdukları tespit edilmiştir (Dahunsi vd., 2018).

EPS'ler kokusuz ve suda çözünür oldukları için gıdalarda geniş uygulama alanı bulmaktadırlar (Abdhul vd., 2014; Ye vd., 2012).

EPS'ler süt endüstrisinde kullanılan katkı maddelerin miktarının da minimuma düşmesini sağlarlar (Patel ve Prajapati, 2013). Güçlü bir emülgatör olan bu metabolitler, antioksidan aktivite, yüzeye tutunma ve biyofilm özellik de göstermektedirler (Kanmani vd., 2018). Bu özellikleri sayesinde EPS üreten laktik asit bakterileri, buldukları ortamda stabil kalabilme ve baskın büyüme özelliği kazanırlar (Yıldız, 2019). EPS üreten fonksiyonel starterlerin, set yoğurtların dokusal özelliklerini iyileştirilmesinde, geliştirilmesinde ve sinerezinin kontrol edilmesinde etkili olduğu bilinmektedir (London vd., 2015; Patel ve Prajapati, 2013; Prasanna vd., 2013). Yapılan reolojik ve organoleptik analizlerle yoğurdun doku özelliklerinde olumlu anlamda büyük farklılıklar bulunduğu görülmüştür. Ağızdaki hissin geliştiği ve yoğurtların daha düzgün, pürüzsüz bir yapıda olduğu tespit edilmiştir (Folkenberg vd., 2006; Yamauchi vd., 2019; Almalki, 2020).

## 3.MATERYAL VE YÖNTEM

### 3.1. Materyal

#### 3.1.1. Çiğ Süt

Yoğurt üretiminde kullanılan hammadde keçi sütü, Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Hayvancılık Ünitesinden temin edilmiştir. Taze sağılmış halde temin edilen keçi sütü, temiz plastik şişeler içerisinde buz kasetleri ile destekli olarak, soğuk zincir altında laboratuvara getirilmiştir.

#### 3.1.2. Miseller Kazein Tozu

Sütün protein miktarını arttırmak için miseller kazein tozu kullanılmıştır. Miseller kazein tozu, Münih Teknik Üniversitesi-Gıda İşleme ve Biyoproses Teknik Enstitüsü- Fresing Germany'den temin edilmiştir.

#### 3.1.3. Mikrobiyal Transglutaminaz Enzimi

Mikrobiyal transglutaminaz (mTGaz) enzimi Ajinomoto Foods Deutschland'den (ACTIVA MP, Fransa), temin edilmiştir.

#### 3.1.4. Starter Kültürler

Keçi yoğurtlarının üretiminde 2 farklı dondurarak kurutulmuş starter kültürü kullanılmıştır. *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*

mikroorganizmalarını içeren karışık ticari starter kültürler YC-350 (asitlik gelişiminden sorumlu) ile YoFlex Advance 2.0 (hem asitlik hem de EPS oluşumundan sorumlu), DVS (Direct Vat Set) liyofilize formunda Chr Hansen –İzmir’den temin edilmiştir.

### **3.1.5. Kimyasallar**

Çalışmada kullanılan kimyasallar ve ürün kodları verilmiştir.

Akrilamid (Sigma – A3553-100G), N’N’-bis-metilen-akrilamid (Sigma – M7279-25G), Sodyum Dodesil Sülfat (Sigma – L3771-25G), Tris Baz (Roche – 10708976001), Gliserol (Sigma – G2025-100ML), Bromfenol Mavisı (Sigma – B0126),  $\beta$ -merkaptotanol (Sigma – M3148-25ML), Glisin (Sigma – G8898-500G), Amonyum Persülfat (Sigma – A3678-25G), 1,2-Bis (dimetilamino) etan (TEMED) (Sigma – T9281-25ML), Coomassie Brilliant Blue (Sigma – B8647-1EA), metanol (Sigma – 1060081000), Asetik asit (Sigma – 695092-2.5L). SDS-PAGE Protein standardı olarak, Sigma-BCCC3959 (BLUeye Prestained Protein Ladder), Metilen Kırmızısı (Sigma-Aldrich – 32654-25G), Metilen Mavisı (Sigma-Aldrich – 66720-100G), Etanol (Tekkim Kimya – 020118185001), Metanol (Sigma-Aldrich – 24229-2.5L-R), Hidroklorik asit(%32)( Merck Ürün kodu: 1.00319.2500), Sülfirik asit (%90-91)( Merck Ürün kodu: Z249229147), Kjeldahl tablet (Merck Ürün kodu: 1.15348.0250), Borik asit (Tekkim Ürün Kodu: TK.020100.01002), Filtre kağıdı MN615 Macherey-Nagel, n-amil alkol (Merck Ürün kodu: 56725600341), Sodyum Hidroksit (Tekkim Ürün Kodu: TK.170510.25006).

## **3.2. Yöntem**

### **3.2.1. Yoğurt Üretimi**

Çalışmada kullanılan olan çiğ keçi sütünün yağı separasyon işlemiyle kısmen ayrılmıştır. Sonrasında sütün protein miktarını artırmak için kimyasal bileşimi belirlenen miseller kazein kullanılmıştır. Yoğurt denemelerini oluşturmak için Yanıt Yüzey Metodu

(RSM) kullanılmıştır. Birinci aşamada yanıt yüzey metodu ile miseller kazein kuru madde (%0-6) ve starter kültür (%0-0,4) oranı baz alınarak 12 grupluk 1. deneme dizaynı oluşturulmuştur. Miseller kazein, 40°C ön ısıtma uygulanan çiğ süte ilave edildikten sonra süt 90°C'de 15 dakika ısıtma işlemiyle süt pastörize edilmiştir. Çizelge 3.1' de belirtilen 1. deneme dizaynına göre miseller kazein ve starter kültür miktarı ilave edilmiştir. Her iki starter kültüre ön işlem uygulanmamış, toz halinde ilave edilmiştir. Bunu takiben sütler 42°C'de inkübasyona bırakılarak fermantasyon bitimine kadar her saatte pH, SH, laktik asit ve viskoziteleri saptanmıştır.

**Çizelge 3.1** Kuru madde ve starter kültür konsantrasyonunun varyasyonunun yapılarak hazırlanan 1.deneme dizaynı

<b>Deneme gurubu</b>	<b>Kuru madde (%)</b>	<b>Starter kültür (%)</b>
1. Grup	0,88	0,34
2. Grup	3,00	0,40
3. Grup	6,00	0,20
4. Grup	0,88	0,06
5. Grup	3,00	0,20
6. Grup	3,00	0,00
7. Grup	3,00	0,20
8. Grup	5,12	0,34
9. Grup	3,00	0,20
10. Grup	0,00	0,20
11. Grup	3,00	0,20
12. Grup	5,12	0,06

2. Deneme dizaynı ise starter kültür oranı (%0,2) sabit tutularak, protein ve transglutaminaz enzim miktarları temel alınarak oluşturulmuştur. Çizelge 3.2' de belirtilen 2. deneme dizaynına göre protein oranı (%0-4) ve mTGaz enzimi (0-6U/g protein) ilave edilmiştir. Her iki starter kültür için ayrı denemeler yapılmıştır. Miseller kazein, mTGaz ve starter kültür ilavesi sonrası sütler inkübasyona bırakılarak fermantasyon bitimine (4 saatlik süre esas alınmıştır) kadar her saatte yine pH, SH, laktik asit ve viskoziteleri saptanmıştır. mTGaz enzimi ilavesi, starter kültür ile eş zamanlı olarak yapılmıştır. Yanıt yüzey metodu ile değerlendirilen veriler sonucunda 4 adet optimum yoğurt seçilmiştir.

Çalışmanın üçüncü aşamasında ise belirlenen üretilen yoğurtlardan 4 adeti optimum yoğurtlar olarak seçilmiş ve 1, 7, 14 ve 21.günler olmak üzere 4°C de depolanmıştır. Her bir



yoğurt için depolama analizleri olan, tekstür profil analizi (TPA), sineresiz ve su tutma kapasitesi gibi analizler yapılmıştır.

Ayrıca bu 4 gruba, mTGaz enziminin etkisi sonucunda oluşan protein polimerizasyonu analizi için SDS-PAGE, tat, aroma, görünüş gibi kriterleri değerlendirmek için ise duyu analizi yapılmıştır.

**Çizelge 3.2** Protein ve mTGaz konsantrasyonunun varyasyonunun yapılarak hazırlanan 2.deneme dizaynı

<b>Deneme grubu</b>	<b>Protein (%)</b>	<b>mTGaz (Unit/g protein)</b>
1. Grup	0,59	5,12
2. Grup	3,41	0,88
3. Grup	0,00	3,00
4. Grup	2,00	3,00
5. Grup	2,00	0,00
6. Grup	2,00	6,00
7. Grup	2,00	3,00
8. Grup	0,59	0,88
9. Grup	2,00	3,00
10. Grup	2,00	3,00
11. Grup	3,41	5,12
12. Grup	4,00	3,00

### 3.2.2. Keçi Sütünün ve Miseller Kazein Tozunun Fiziksel, Kimyasal Analizleri

#### 3.2.2.1. pH Tayini

Fermantasyon boyunca her saatte bir pH değerleri, Hanna Edge marka pH metre kullanılarak ölçülmüştür. Cihazın kalibrasyonu, standart tampon çözeltiler kullanılarak 20°C’de pH 4 ve 7 olarak yapıldıktan sonra, cihazın elektrodu örnek içerisine daldırılarak pH değerleri kaydedilmiştir.

### 3.2.2.2. Sütte SH (Soxhelet Henkel) ve LaktikAsit Tayini

Soxhelet Henkel derecesi olarak asitlik, fenolfitaleyn indikatörü ilave edilmiş 100 ml sütün asitliğini nötralize etmek için 0,25 N NaOH çözeltisinden harcanan miktar olarak tanımlanmaktadır. °SH değerleri çalışmanın tamamında aşağıdaki formüle ve % laktik asit konsantrasyonu ise 2. formüle göre hesaplanmıştır (Öner ve Aloğlu, 2018).

$$\text{Soxhelet Henkel (SH)} = 4 * V \quad (1)$$

V = Harcanan 0.25 N NaOH çözeltisinin ml olarak miktarı

$$\% \text{Laktikasit} = SH \times 0,0225 \quad (2)$$

### 3.2.2.3. Kuru madde Miktarının Belirlenmesi

Çiğ sütün kuru madde tayini gravimetrik yöntemle yapılmıştır. Boş alüminyum kapları  $105 \pm 1^\circ\text{C}$ 'ye ayarlanmış etüvde 30 dakika boyunca kurutularak sabit ağırlığa getirilmiştir. Daha sonra desikatöre alınarak oda sıcaklığına kadar soğutulmuş, daraları alınmıştır. Homojen süt örneklerinden 3'er ml ve miseller kazein tozundan 5 g tartıldıktan sonra kurutma kapları sıcaklığı  $105 \pm 1^\circ\text{C}$ 'ye ayarlı etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Sabit tartıma gelen örneklerin kuru madde miktarları % olarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Kurt vd., 1996).

$$\text{Kurumaddé(\%)} = [(m2 - m) \div (m1 - m)] \times 100 \quad (3)$$

m= Boş kurutma kabı ağırlığı (g).

m1= Süt örneği ile birlikte kabın ağırlığı (g).

m2= Sabit tartıma gelen kap ağırlığı (g).

### 3.2.2.4. Yağ Tayini

Örneklerin yağ miktarı Gerber yöntemine göre belirlenmiştir. %8'lik bütirometre içine 10 ml  $1,82 \text{ g/cm}^3$ 'lük sülfirik asit koyulmuştur. 11 ml süt bütirometre çeperinden asidin

üzerine yavaşça ilave edilmiştir. Üzerine 1 ml amil alkol koyulmuştur. Bütirometre aşağı yukarı hareket ettirilerek sütün öncelikle asitte yanması sağlanmıştır. Sonrasında 1100 devirde 5 dakika santrifüj edilmiştir. Son olarak bütirometredeki yağ skalası okunmuştur.

### 3.2.2.5. Protein Tayini

Sütün protein miktarı Kjeldahl metoduyla Gerhardt Vapodest cihazı kullanılarak belirlenmiştir (AOAC, 2012). Analiz için miseller kazein tozundan 1 g, keçi sütünden ise 2 ml örnek tartılmıştır. Üzerine 25 ml derişik %95-97'lik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ilave edilip gaz çıkışı bitinceye kadar (10-15 dakika) beklenmiştir. Daha sonra tüpler berraklaşınca kadar 400-420 °C'de yakılmış ve oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Sonrasında tüplere 50 ml saf su ve 50 ml %40'luk NaOH ilave edildikten sonra destile edilmiştir. Destilat, 1 ml metilen mavisi - metilen kırmızısı ilave edilmiş 50 ml %4'lük borik asit üzerine toplanmıştır. Destilat 0,1 N HCl ile titre edilmiştir. Örneklerin %protein içeriği toplam azotun 6,38 faktörü çarpılmasıyla bulunmuştur.

$$\%Azot = [0,014 \times N \times (V1 - V2) \times 100] / m \quad (4)$$

V1 = Titrasyonda harcanan HCl asit çözeltisi in hacmi ml

V2 = Şahit deneyde titrasyonda harcanan HCl asit çözeltisinin hacmi ml

N = Ayarı yapılan hidroklorik asit çözeltisinin derişimi

m = Alınan örneğin ağırlığı, g

$$\%Protein = \%Azot \times F \quad (5)$$

F: Protein çevirme faktörü

### 3.2.2.6. Kül Miktarının Belirlenmesi

Porselen krezeler 105±2°C'ye ayarlanmış etüvde 2 saat süreyle bırakılmıştır. Desikatörde soğutulularak darası alınmıştır. Darası alınmış porselen krezeye miseller kazein tozundan 2 g, keçi sütünden ise 3 ml örnek alınmıştır. Krezeler kül fırınına koyulmuştur. Süte,

etüv ile 105°C 1 saat ön işlem uygulanmıştır. Kül fırını, 100°C’de 2 dakika, 150°C’de 1 dakika, 250°C’de 15 dakika, 550°C’de 80 dakika kademeli yakma programı seçilerek ayarlanmıştır. Örneklerin organik maddeleri tümüyle yanıcaya yani kül homojen beyazımsı renk alıncaya kadar bekletilmiştir. Yaklaşık olarak 5 saat yanma işlemi 5 saat ise soğuma işlemi yapılmıştır. Desikatöre alınan örnekler soğutulup tartılmıştır. Aradaki fark % olarak kül miktarını vermiştir. Hesaplama aşağıdaki gibidir;

$$\%Kül = [(Sonölçüm - Dara) / örnekmiktan] \times 100 \quad (6)$$

### 3.2.3. Viskozite Ölçümü

Fermentasyon süresince kültürlenmiş sütün viskozitesi 1 saatlik aralıklarla Fungilab Expert V301002 cihazıyla 1 rpm hızda ve TR11 spindle kullanılarak tespit edilmiştir. Viskozite ölçümü relatif olarak, her bir saatte ölçülen viskozitenin 0. saatteki viskoziteye bölünmesiyle değerlendirilmiştir.

### 3.2.4. Yoğurttaki Asitlik Tayini

10 gram örnek üzerine 90 ml distile su karıştırılmıştır. Üzerine 0,5 ml fenolftalein ilavesi sonrası 0,25 N NaOH ile pembe renk kalıcı oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Normal taksimatlı büret kullanıldığı için harcanan alkali miktarının 10 ile çarpılmasında yoğurt asitliği °SH cinsinden bulunmuştur.

### 3.2.5. Yoğurttaki Sineresiz Tespiti

Üretimden sonra 1, 7, 14, 21 günlük depolama sonrasında tartılan 25 g yoğurt örneğinin +4°C’de 2 saat’lik süre sonunda, 615 numaralı (Macherey-Nagel, Düren, Almanya) filtre kağıdından süzülerek ayrılan serumunun ml cinsinden miktarı olarak belirlenmiş ve sonuç ml/25 g olarak verilmiştir (Sezgin vd. 1994).

### **3.2.6. Yoğurtta Su Tutma Kapasitesi Tayini**

Üretimden sonra 1, 7, 14, 21 günlük depolama sonrasında yoğurtların su tutma kapasitesinin analizi için yaklaşık 20 gram yoğurt örneği 50 ml'lik falkon tüplerinde fermente edilmiş ve 350 g x 10 dakika 4°C'de santrifüjlendikten sonra ayrılan serum miktarı, yoğurt miktarına oranlanarak serum stabilitesi % cinsinden ifade edilmiştir (Öner ve Aloğlu, 2018). Santrifüj cihazı olarak Centurion Scientific K3 Series Max 6000 rpm BRK 5308 kullanılmıştır.

### **3.2.7. Yoğurtta Tekstürel Analizler**

Üretimden sonra 1, 7, 14, 21 günlük depolama sonrasında yoğurdun tekstürel özellikleri bir tekstür analizörü (Stable Micro Systems, Texture Analysers, Surey, UK) kullanılarak enstrümantal olarak değerlendirilmiştir. 40 mm çaplı disk (A/BE - Back Extrusion Rig), silindirik kapların içindeki yoğurt örneklerine daldırılmış ve tek dalış ile 1 mm/sn hızında uygulanmıştır. Örnek dalma derinliği 30 mm'dir. Exponent yazılımı kullanılarak örneklerin tekstürel özellikleri hakkında bilgi veren parametreler elde edilmiştir. Kullanılan parametreler ise; yapışkanlık, sıklık ve sertliktir (Najgebauer vd., 2014).

### **3.2.8. SDS-PAGE (Sodyum Dodesil Sulfat Poliakrilamid Jel Elektroferez) Analizi**

Yüklü moleküllerin elektriksel alanda ayrılmaları temeline dayanan elektroferez tekniği proteinlerin analiz edilmesinde ve ayrılmasında geniş çapta kullanılır. Yoğurttaki proteinler Laemmli (1970) poliakrilamid jel elektroferezi yöntemiyle analiz edilmiştir.

İlk olarak proteinlerin yürütüleceği jeller hazırlanmıştır. Akrilamid/bis çözeltisinin hazırlanması için 87,6 g %29,2'lik akrilamid ile 2,4 g %0,8'lik N'N'-bis-metilen-akrilamid karıştırılmış ve deiyonize su ile 300 mL'ye tamamlanmıştır. SDS çözeltisi ise %10 (w/v) konsantrasyonunda hazırlanmıştır. Üst jelde kullanılması için 27,23 g %18,15'lik tris bazı 80 mL deiyonize su ile karıştırılmış, 6 N HCl ile pH değeri 8,8'e ayarlandıktan sonra son hacim

150 mL'ye tamamlanmıştır. Alt jelde kullanılması için ise 6 g tris bazı ile 60 mL deiyonize su karıştırılmış, 6 N HCl ile pH değeri 6,8'e ayarlanmıştır. Son hacim 100 mL'ye tamamlanarak 0,5 M Tris-HCl, pH 6,8 elde edilmiştir. Örnek tamponu, 3,55 mL deiyonize su, 1,25 mL 0,5 M Tris-HCl (pH 6,8), 2,5 mL gliserol, 2 mL %10'luk SDS, %0,5 (w/v)'lik bromfenol mavisi karıştırılarak toplamda 9,5 mL olacak şekilde hazırlanmıştır. Elektroforez sistemine dökülecek elektrot tamponu için ise 30,3 g tris bazı, 144 g glisin ve 10 g SDS ile karıştırılıp son hacim 1 L'ye tamamlanmıştır.

Jeller, alt jel (yürütme jeli) %10'luk ve üst jel %4'lük olacak şekilde hazırlanmıştır. Bu kapsamda, hazırlanan çözeltilerden üst jelin eldesi için 6,1 mL deiyonize su, 1,3 mL akrilamid/bis, 2,5 mL 0,5 M Tris-HCl (pH 6,8) ve 0,1 mL %10'luk SDS karıştırılmış ve 50 µL %10'luk amonyum persülfat (APS) çözeltisi ile 5 µL TEMED eklenmiştir. Alt jelin eldesi için ise 4,1 mL deiyonize su, 3,3 mL akrilamid/bis, 2,5 mL 1,5 M Tris-HCl (pH 8,8) ve 0,1 mL %10'luk SDS karıştırılmış ve 50 µL %10'luk amonyum persülfat (APS) çözeltisi ile 10 µL TEMED eklenmiştir. Örnek tamponu, kullanım öncesi 95:5, v/v oranında β-merkaptoetanol ile karıştırılmıştır. Elektroforez sistemine önce alt dökülmüş ve sonrasında jel üzerine 100 µL n-prapanol ilave edilmiştir, 15-30 dakika donması beklenmiştir. Donduktan sonra n-prapanol filtre kağıdı ile temizlenip üst jel dökülmüştür. Üst jelin donması için yine 15-30 dakika arası beklenmiştir. Jeller donduktan sonra üst jelde yer alan tarak hafifçe çıkarılmış ve örneklerin yükleneceği oyuklar elde edilmiştir.

Elektroforez sistemine yüklenecek örneklerden 150 µL alınarak vortekslenmiş, 5000 rpm de 5 dakika santrifüj işlemi uygulanmıştır. Denatürasyon işlemi yapılarak (3 kez, 95°C sıcaklıkta 5 dakika boyunca) 1000 rpm de 2 dakika daha santrifüj işlemi uygulanmıştır. Jeldeki kuyucuklara 5'ar µL örnek ve 1'ar µL alfa, beta, kapa kazein standartları yüklenmiştir. Örnekler, kuyucuklardan üst jele geçene kadar elektroforez sistemi (Bio-rad PowerPac Basic, ABD) 70 V akımda çalıştırılmıştır. Daha sonra akım 100 V ayarlanmış, elektroforez sistemi yaklaşık 4 saat çalıştırılarak proteinler elektriksel alanda yürütülmüştür.

Yürütülen jel, Coomassie Brilliant Blue içerisinde 12 dakika boyunca hafifçe çalkalanmış ve ardından boya uzaklaştırma çözeltisi (asetik asit: metanol: su, 1:4:5, v/v/v) içerisinde de çalkalayıcıda 12 saat bekletilmiştir. Son olarak, protein bantlarının elde edildiği jel Syngene G:Box cihazı ile fotoğraflanmıştır. SDS-PAGE Protein standardı olarak ise, protein işaretleyicileri, blue eye prestained protein standardı (Sigma BCCC3959) kullanılmıştır.

### 3.2.9. Yoğurtta Duyusal Analiz

Yoğurt örnekleri 4°C’de 1 gün depolandıktan sonra Adnan Menderes Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümü öğretim üyeleri ve öğrencilerden oluşan 10 panelist tarafından duyusal analiz yapılmıştır. Panelistlerin, Yoğurt Standardı (TS 1330)’da belirtilen kriterlere göre (5 tam puan üzerinden) değerlendirmesi istenmiştir (TSE, 2006). Verilebilecek en yüksek puan 5, en düşük puan 1 olarak belirlenmiştir. Çizelge, **EK-1**’ de yer almaktadır. Duyusal değerlendirmede yoğurt örnekleri yaklaşık olarak 50 mL örnek içeren orijinal kaplarında ve 1 şişe içme suyu eşliğinde panelistlere sunulmuştur. Sunum öncesinde örnekler buzdolabından çıkarılarak bir süre oda sıcaklığında bekletilmiştir.

### 3.2.10. İstatistiksel Analizler

Deneme deseni planı yanıt yüzeyiyle Design-Expert (Design-Expert 7.0, ABD) yazılımını kullanan metodoloji (RSM) ile gerçekleştirilmiştir. Yanıt yüzeyi metodu ve merkezi bileşik tasarım (CCD) 2<sup>2</sup> olarak tasarlanmıştır. Araştırma sonucu elde edilen verilerin varyans analizi (One-way ANOVA) ile yapılmış olup farklı ortalamalar %5 önem düzeyinde yapılan Tukey çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. Duyusal analiz sonuçları ise parametrik olmayan (non-parametrik) test metotlarından Kruskal-Wallis testi ile belirlenmiştir. Tüm istatistik değerlendirmeler Minitab 17 (Minitab Inc., A.B.D.) istatistik paket programı ile gerçekleştirilmiştir.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Keçi Sütü ve Miseller Kazein Kimyasal Analiz Sonuçları

Bu çalışmada kullanılan keçi sütü ve kullanılan miseller kazeinin özellikleri Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2' de verilmiştir.

**Çizelge 4.1** Çiğ keçi sütü bileşimi

<b>Protein (%)</b>	3,43±0,015
<b>Yağ (%)</b>	4,0±0,25
<b>Kuru madde (%)</b>	11,52±0,6
<b>Kül (%)</b>	0,9±0,04
<b>Laktik asit (%)</b>	0,2±0,01
<b>pH</b>	6,75±0,025

\*Standart sapmalar ortalama değerler üzerine eklenmiştir

**Çizelge 4.2** Miseller kazein tozu bileşimi

<b>Protein (%)</b>	54±0,04
<b>Yağ (%)</b>	<0,5
<b>Kuru madde (%)</b>	94,40±0,02
<b>Kül (%)</b>	8,4±0,02

\*Standart sapmalar ortalama değerler üzerine eklenmiştir.

### 4.2. Üretilen Yoğurtların pH, SH, Laktik Asit ve Viskozite Sonuçları

1. ve 2. deneme dizaynlarına göre üretilen yoğurtların pH, SH, % laktik asit ve viskozite değerleri ölçülmüştür ve fermantasyon sürecinde (toplam 4 saat) her bir saatte alınan ölçümler kaydedilmiştir. Gruplarının tümünde pH, SH, % laktik asit ve viskozite analizlerinde gözlenen değişimler **EK-2**' de verilmiştir.



## 4.2.1. mTGaz Enzimi İlave Edilmeden Starter Kültür YC350 ile Üretilen Yoğurtların YYM (Yüzey Yanıt Metodu) Sonuçları

### 4.2.1.1. pH Değeri

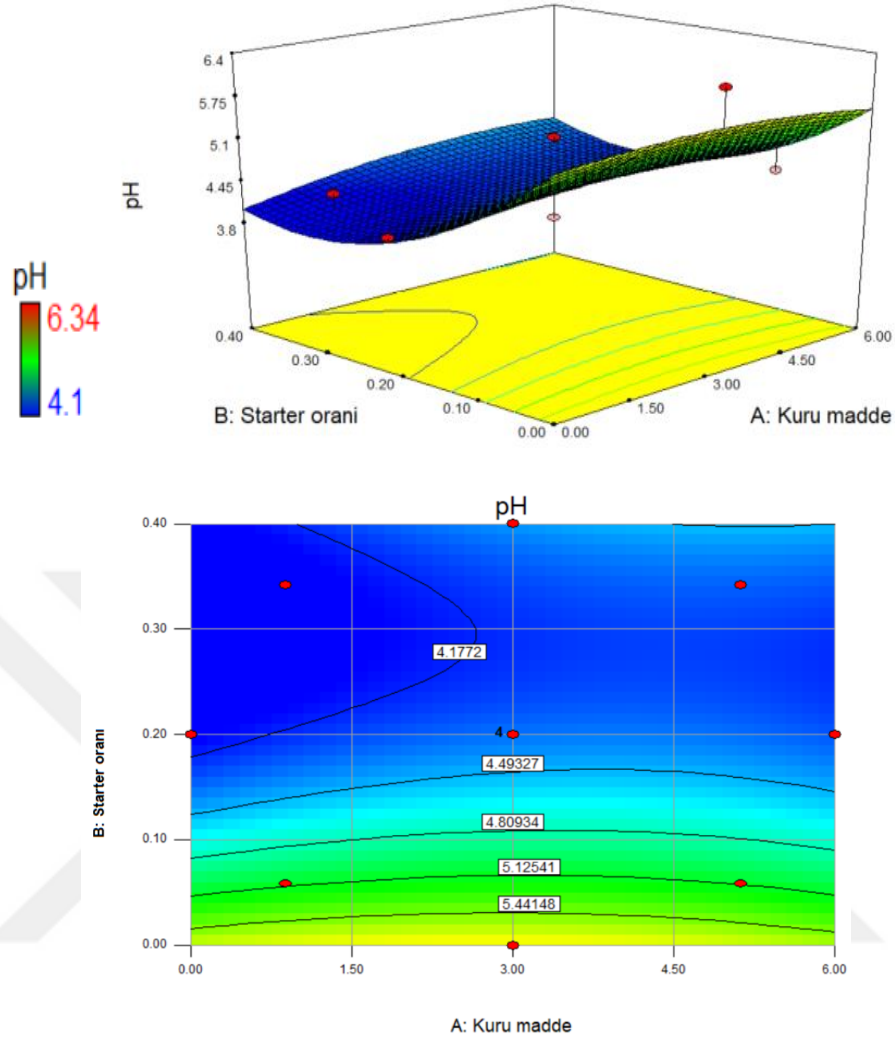
Çizelge 4.3' de kuadratik modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi starter kültür (YC-350) oranının yoğurt pH'sı üzerinde lineer etkisinin ( $P<0,05$ ) önemli olduğu tespit edilmiştir. Kuru madde oranının ise etkisinin önemli olmadığı görülmektedir.

**Çizelge 4.3** Kuru madde ve YC350 oranının pH değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları

Kaynak	SD	KO	F değeri	p-değeri* (prob>F)
Model	5	0,58	3,54	0,0779
A (Kuru madde-Miseller Kazein)	1	0,046	0,28	0,6154
B (Starter kültür-YC 350)	1	1,8	11,05	0,0159*
AB	1	0,018	0,11	0,7496
A <sup>2</sup>	1	0,042	0,26	0,6290
B <sup>2</sup>	1	0,86	5,26	0,0616
Uyum eksikliği	3	0,32	104,52	0,0016
Genel	11			

\*:  $P<0,05$

Kuru madde ve YC350 starter kültür oranının yoğurtlardaki pH değeri üzerine etkisi Şekil 4.1' de gösterilmektedir.



**Şekil 4.1** pH değerleri üzerine kuru madde ve starter kültür YC350 oranının etkisi

Starter kültür oranının artışa bağlı olarak pH değerinin azaldığı yanıt yüzey grafiği Şekil 4.1’ de görülmektedir. Fermantasyonun 0. saatindeki pH değeri ortalaması 6,34, %0,2-0,4 arasında YC350 ilave edilmiş yoğurtlarda pH değeri 4,49-4,17’ye kadar düşmüştür. Şekil 4.1’ deki kontur grafiğine göre en düşük pH değeri için, starter kültür oranının %0,2-0,4 arasında olduğu da görülürken bu kadar pH düşüşünü sağlamak için kurumadde konsantrasyonunun %0-2,8 arasında olması gerektiği saptanmıştır.

#### 4.2.1.2. SH Değeri

Miseller kazein kuru madde ve starter kültür YC350 oranı, faktörlerin SH değerleri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları izelge 4.4' te verilmiştir. Starter kültürün lineer ve karesel etkisi önemli bulunmuştur ( $P<0,05$ ). Kuru madde oranının ise etkisinin önemli olmadığı görülmektedir.

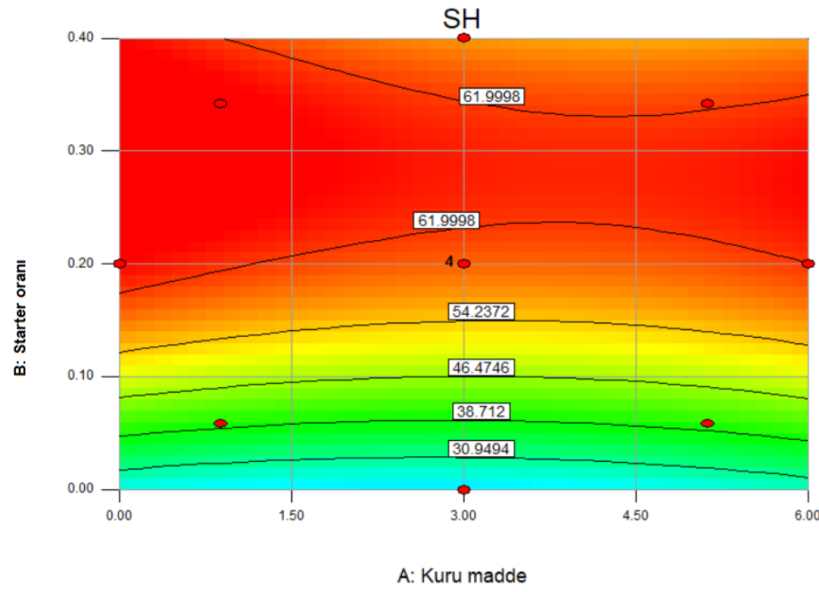
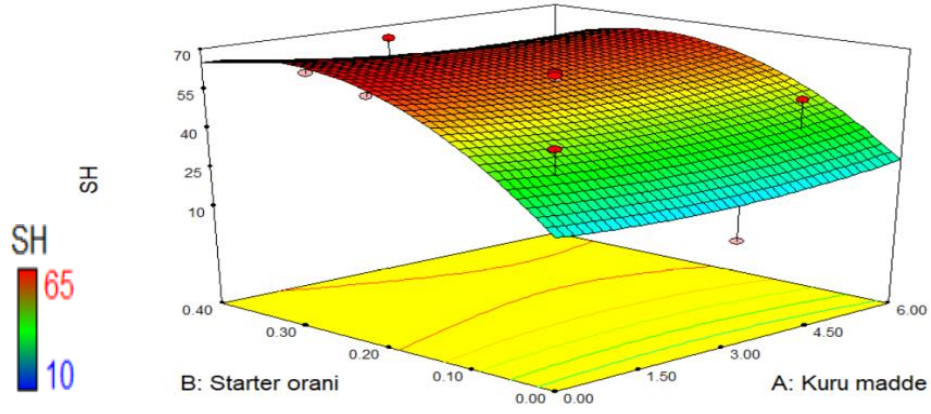
**Çizelge 4.4** Kuru madde ve YC350 oranının SH değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları

Kaynak	SD	KO	F değeri	p-değeri* (prob>F)
Model	5	375,92	4,45	0,0486*
A (Kuru madde-Miseller Kazein)	1	8,14	0,096	0,7668
B (Starter kültür-YC350)	1	1170,84	13,85	0,0098*
AB	1	6,25	0,074	0,7948
A <sup>2</sup>	1	21,03	0,25	0,6358
B <sup>2</sup>	1	600,62	7,10	0,0373*
Uyum eksikliği	3	167,55	105,82	0,0015
Genel	11			

\*:  $P<0,05$

Kuru madde ve YC350 starter kültür oranının yoğurtlardaki SH değeri üzerine etkisi Şekil 4.2' de gösterilmektedir.

Şekil 4.2' de yanıt yüzey grafiğine göre starter kültür oranının artması ile SH değerinde artış olduğu gözlenmektedir. Başlangıç SH değeri ortalaması 10 olan süte, starter kültür oranı %0,2-0,4 arasında YC350 ilave edilmiş yoğurtlarda SH değerinin 61,99 'a ulaştığı grlmştir.



**Şekil 4.2** SH değerleri üzerine kuru madde ve starter kültür YC350 oranının etkisi

Şekil 4.2’de ki kontur grafiğine göre ise en yüksek SH değeri için, starter kültürü oranının %0,2-0,4 arasında olduğu görülmektedir.

#### 4.2.1.3. Laktik Asit Değeri

Miseller kazein kuru madde ve starter kültür YC350 oranı, laktik asit değerleri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5’ te verilmiştir. Starter kültürün lineer ve karesel etkisi önemli bulunmuştur ( $P < 0,05$ ). Kuru madde oranının ise etkisinin önemli olmadığı görülmektedir.

**Çizelge 4.5** Kuru madde ve YC350 oranının laktik asit değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları

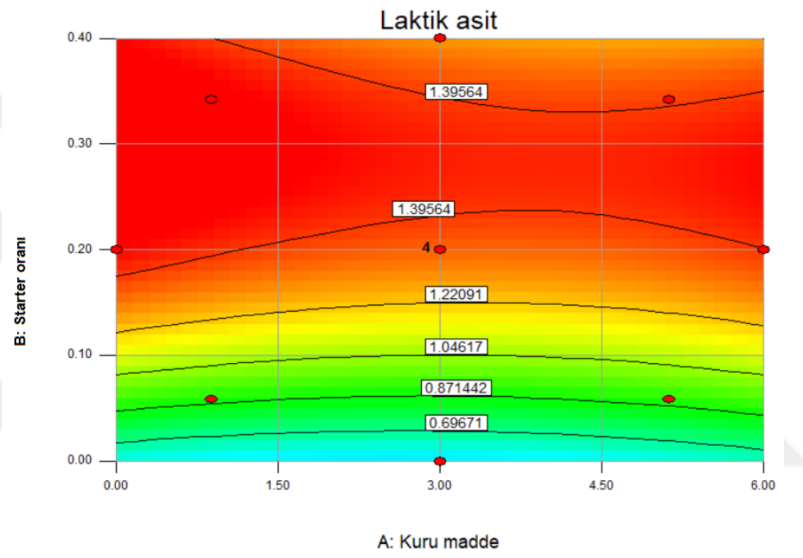
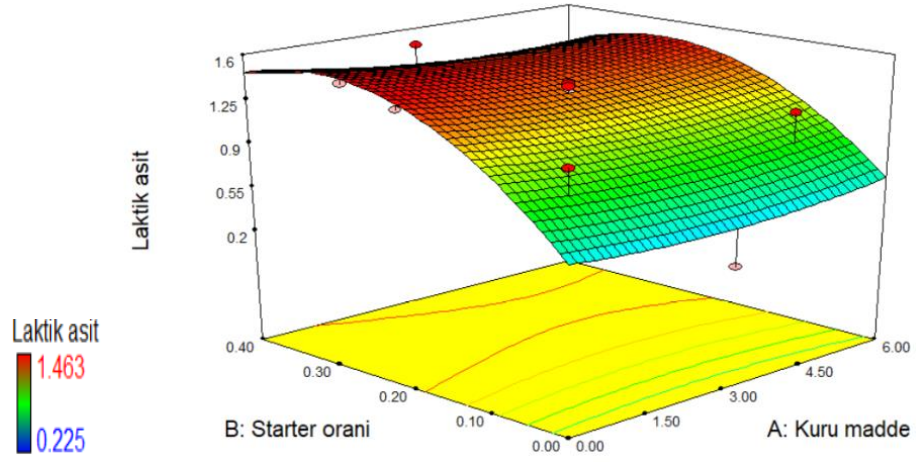
Kaynak	SD	KO	F değeri	p-değeri* (prob>F)
Model	5	0,19	4,44	0,0488*
A (Kuru madde-Miseller Kazein)	1	4,177.10 <sup>-3</sup>	0,097	0,7656
B (Starter kültür-YC350)	1	0,59	13,82	0,0099*
AB	1	3,192.10 <sup>-3</sup>	0,074	0,7942
A <sup>2</sup>	1	0,11	0,25	0,6354
B <sup>2</sup>	1	0,30	7,08	0,0375*
Uyum eksikliği	3	0,085.10 <sup>-4</sup>	104,78	0,0016
Genel	11			

\*: P<0,05

Kuru madde ve YC350 starter kültür oranının yoğurtlardaki laktik asit değeri üzerine etkisi Şekil 4.3' de gösterilmektedir.

Şekil 4.3' de yanıt yüzey grafiğine göre starter kültür konsantrasyonunun artması ile laktik asit değerinde artış olduğu gözlenmektedir.

Başlangıç laktik asit değeri ortalaması %0,225 olan süte, starter kültür oranı %0,2-0,4 arasında YC350 ilave edilmesi durumunda yoğurtlarda laktik asit değerinin %1,395 'e yükseldiği görülmüştür.



**Şekil 4.3** Laktik asit değerleri üzerine kuru madde ve starter kültür YC350 oranının etkisi

Şekil 4.3’ de ki kontur grafiğine göre en yüksek laktik asit (%) değeri için, starter kültürü oranının %0,2-0,4 arasında olduğu görülmektedir.

#### 4.2.1.4. Relatif Viskozite Değeri

Çizelge 4.6’ da kuadratik modelin regresyon parametrelerine ilişkin varyans analiz sonuçları verilmiştir. Kuru madde ve starter kültürün lineer etkisi önemli bulunmuştur ( $P < 0,05$ ). F değeri incelendiğinde relatif viskoziteyi daha çok etkileyen parametrenin YC350 starter kültür oranı olduğu görülmektedir.

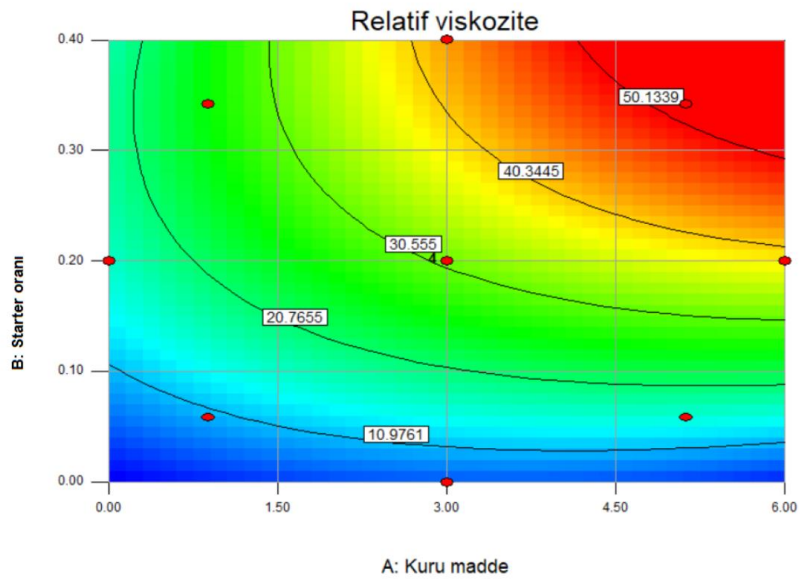
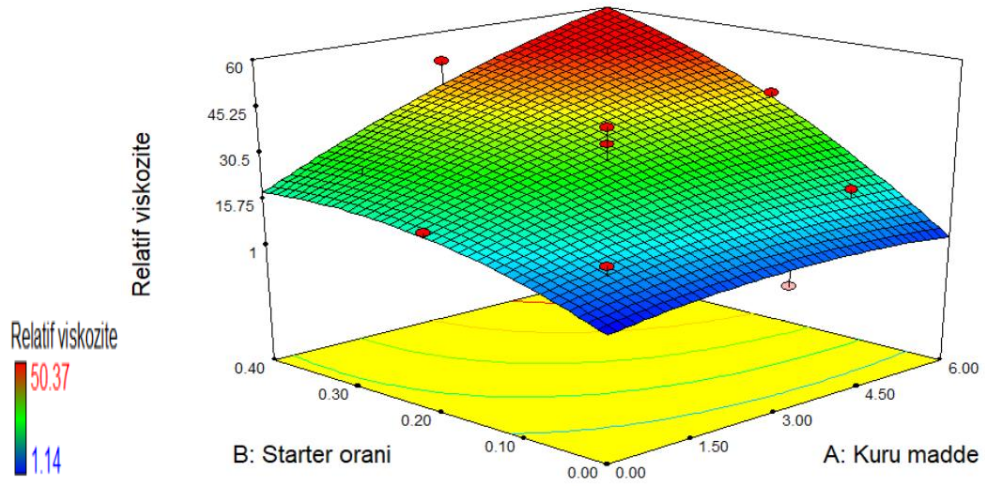
**Çizelge 4.6** Kuru madde ve YC350 oranının relatif viskozite değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları

<b>Kaynak</b>	<b>SD</b>	<b>KO</b>	<b>F değeri</b>	<b>p-değeri* (prob&gt;F)</b>
Model	5	401,67	8,13	0,0120*
A (Kuru madde-Miseller Kazein)	1	491,27	9,95	0,0197*
B (Starter kültür-YC350)	1	1337,52	27,08	0,0020*
AB	1	97,22	1,97	0,2102
A <sup>2</sup>	1	21,32	0,43	0,5356
B <sup>2</sup>	1	73,55	1,49	0,2681
Uyum eksikliği	3	59,72	1,47	0,3805
Genel	11			

\*: P<0,05

Kuru madde ve YC350 starter kültür oranının yoğurtlardaki relatif viskozite değeri üzerine etkisi Şekil 4.4' de gösterilmektedir. Şekil 4.4' de yanıt yüzey grafiğine göre starter kültür ve kuru madde oranının artması ile relatif viskozite değerinde artış olduğunu göstermektedir.

Başlangıç relatif viskozite değeri ortalaması 1,14 olan süte, starter kültür oranı %0,3-0,4 arasında YC350 starter kültür ilave edilerek, kuru madde oranı %3-6 arasında miseller kazein katkılı yoğurtlarda relatif viskozitenin 40,34-50,13 kat arttığı görülmüştür.



**Şekil 4.4** Relatif viskozite değerleri üzerine kuru madde ve starter kültür YC350 oranının etkisi

Şekil 4.4’ de ki kontur grafiğine göre en yüksek relatif viskozite değeri için, starter kültürü oranının %0,3-0,4, kuru madde oranının ise %4,5-6 arasında olduğu görülmektedir.



## 4.2.2. mTGaz Enzimi İlave Edilmeden Starter Kültür YoFlex Advance 2.0 (EPS Üreten Yoğurt Kültürü) ile Üretilen Yoğurtların YYM Sonuçları

### 4.2.2.1. pH Değeri

Miseller kazein kuru madde ve starter kültür YoFlex Advance 2.0 oranı, faktörlerin pH değerleri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7’ de verilmiştir. Starter kültürün lineer ve karesel etkisi önemli bulunmuştur ( $P<0,05$ ). Kuru madde oranının ise etkisinin önemli olmadığı görülmektedir.

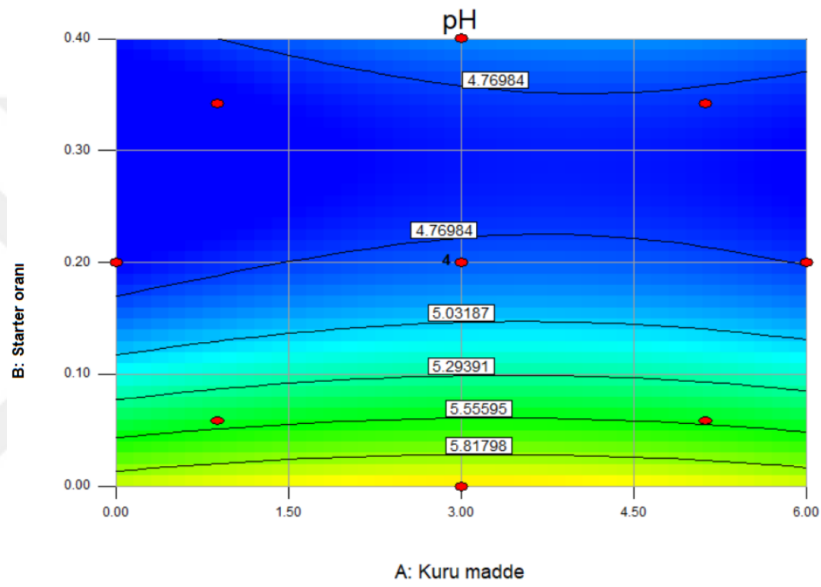
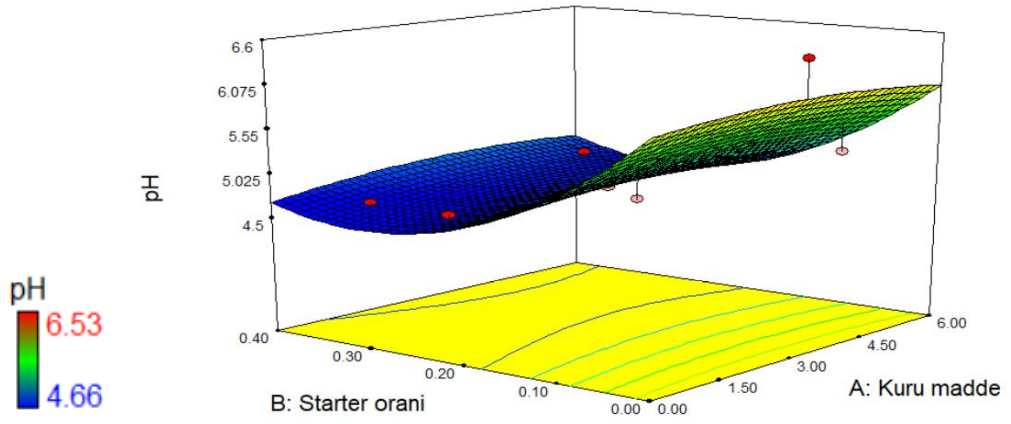
**Çizelge 4.7** Kuru madde ve YoFlex Advance 2.0 oranının pH değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları

Kaynak	SD	KO	F değeri	p-değeri* (prob>F)
Model	5	0,44	4,89	0,0396*
A (Kuru madde-Miseller Kazein)	1	0,011	0,12	0,7446
B (Starter kültür-YoFlex)	1	1,41	15,52	0,0076*
AB	1	$1,6 \cdot 10^{-3}$	0,018	0,8987
A <sup>2</sup>	1	0,022	0,24	0,6428
B <sup>2</sup>	1	0,69	7,65	0,0326*
Uyum eksikliği	3	0,18	505,64	0,0001
Genel	11			

\*:  $P<0,05$

Kuru madde ve YoFlex Advance 2.0 starter kültür oranının yoğurtlardaki pH değeri üzerine etkisi Şekil 4.5’ de gösterilmektedir.

Starter kültür oranı artışına bağlı olarak pH değerinin azaldığı yanıt yüzey grafiğinde görülmektedir. Başlangıç pH değeri ortalaması 6,53 olan süte, %0,2-0,4 arasında YoFlex Advance 2.0 ilave edilmiş yoğurtlarda pH değeri 4,77’ ye düşmüştür. Şekil 4.6’ deki kontur grafiğine göre en düşük pH değeri için, starter kültür oranının %0,2-0,4 arasında olduğu görülmektedir.



Şekil 4.5 pH değerleri üzerine kuru madde ve starter kültür YoFlex oranının etkisi

#### 4.2.2.2. SH Değeri

Miseller kazein ve YoFlex Advence 2.0 oranının, SH üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8' de verilmiştir. Starter kültürün lineer ve karesel etkisi önemli bulunmuştur ( $P < 0,05$ ). Kuru madde oranının ise etkisinin önemli olmadığı görülmektedir.

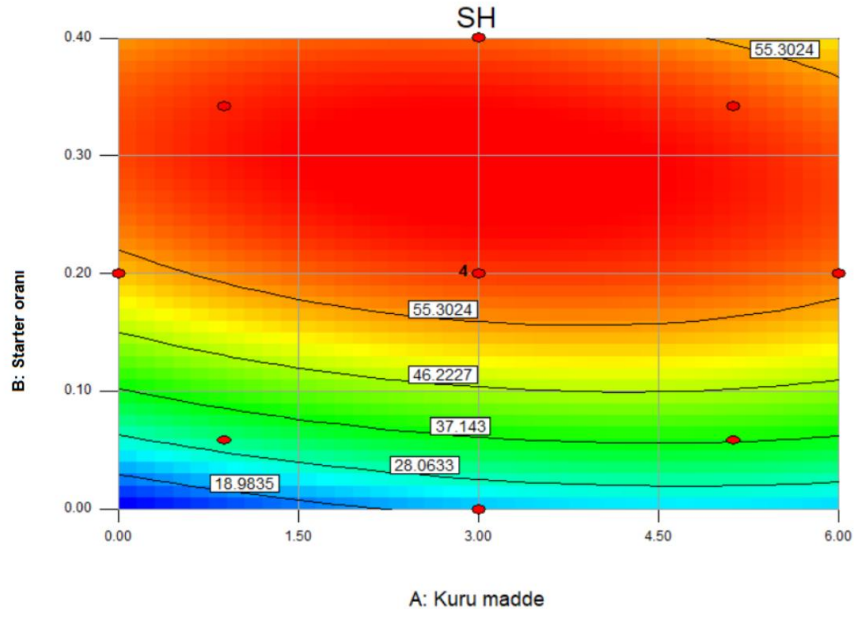
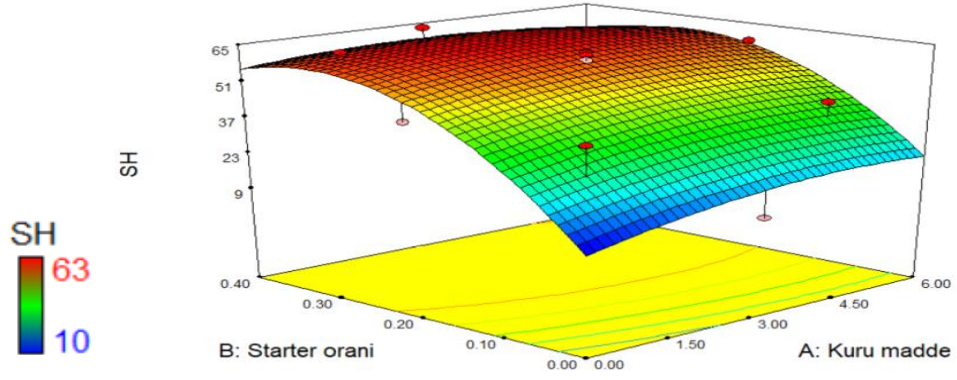
**Çizelge 4.8** Kuru madde ve YoFlex Advance 2.0 oranının SH değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları

Kaynak	SD	KO	F değeri	p-değeri* (prob>F)
Model	5	425,24	6,63	0,0197*
A (Kuru madde-Miseller Kazein)	1	15,04	0,23	0,6453
B (Starter kültür-YoFlex)	1	1429,88	22,3	0,0032*
AB	1	16	0,25	0,6352
A <sup>2</sup>	1	38,03	0,59	0,4705
B <sup>2</sup>	1	664,22	10,36	0,0182*
Uyum eksikliği	3	124,9	37,47	0,0071
Genel	11			

\*: P<0,05

Kuru madde ve YoFlex Advance 2.0 starter kültür oranının yoğurtlardaki SH değeri üzerine etkisi Şekil 4.6' da gösterilmektedir.

Starter kültür oranı artışına bağlı olarak SH değerinin arttığı yanıt yüzey grafiği Şekil 4.6' da görülmektedir. Başlangıç SH değeri ortalaması 10 olan süte, %0,2-0,4 arasında YoFlex ilave edilmiş yoğurtlarda SH değeri 55,30'a yükselmiştir. Şekil 4.6' da ki kontur grafiğine göre en yüksek SH değeri için, starter kültürü oranının %0,2-0,4 arasında olduğu görülmektedir.



Şekil 4.6 SH değerleri üzerine kuru madde ve starter kültür YoFlex Advance 2.0 oranının etkisi

#### 4.2.2.3. Laktik Asit Değeri

Miseller kazein kuru madde ve starter kültür YoFlex Advance 2.0 oranının, laktik asit değerleri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9’ da verilmiştir. Laktik asit değerinde de starter kültürün lineer ve karesel etkisi önemli bulunmuştur ( $P < 0,05$ ). Kuru madde oranının ise etkisinin önemli olmadığı görülmektedir.

**Çizelge 4.9** Kuru madde ve YoFlex Advance 2.0 oranının laktik asit değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları

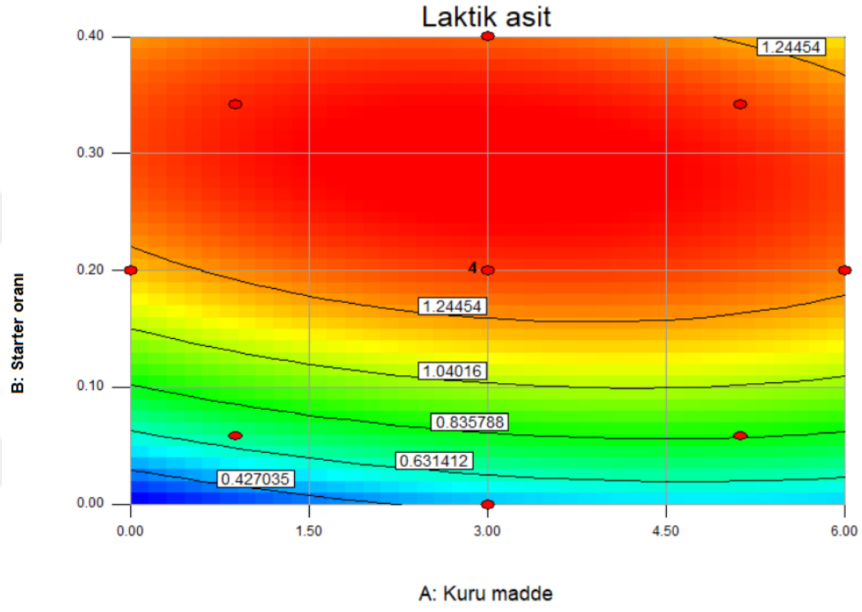
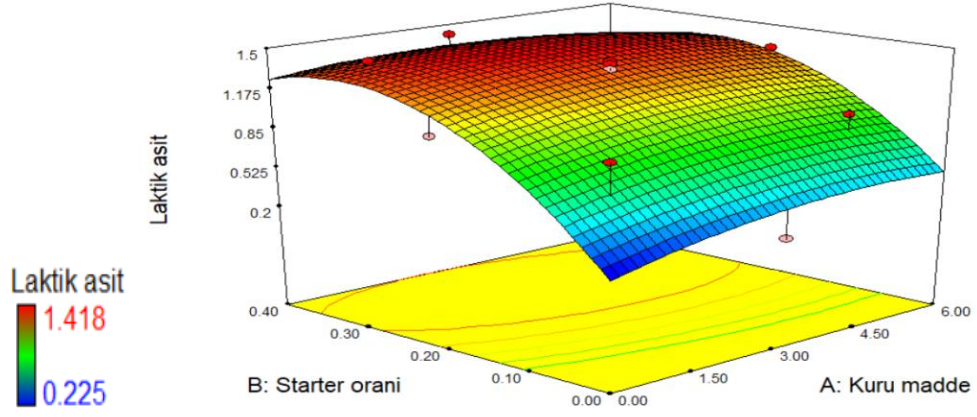
<b>Kaynak</b>	<b>SD</b>	<b>KO</b>	<b>F değeri</b>	<b>p-değeri* (prob&gt;F)</b>
Model	5	0,22	6,63	0,0197*
A (Kuru madde-Miseller Kazein)	1	7,678.10 <sup>-3</sup>	0,24	0,6441
B (Starter kültür-YoFlex)	1	0,72	22,3	0,0032*
AB	1	8,1.10 <sup>-3</sup>	0,25	0,6353
A <sup>2</sup>	1	0,019	0,59	0,4699
B <sup>2</sup>	1	0,34	10,35	0,0182*
Uyum eksikliği	3	0,063	37,49	0,0071
Genel	11			

\*: P<0,05

Kuru madde ve YoFlex Advance 2.0 starter kültür oranının yoğurtlardaki laktik asit değeri üzerine etkisi Şekil 4.7' de gösterilmektedir.

Starter kültür oranının artışına bağlı olarak laktik asit konsantrasyonunun arttığı yanıt yüzey grafiği Şekil 4.7' de görülmektedir. Başlangıç laktik asit değeri ortalaması %0,225 olan süte, %0,2-0,4 arasında YoFlex ilave edilmesiyle yoğurtlarda laktik asit değeri değeri %1,245'e çıkmıştır.

Şekil 4.7' deki kontur grafiğine göre en yüksek laktik asit konsantrasyonu için, starter kültürü oranının %0,2-0,4 arasında olduğu görülmektedir.



Şekil 4.7 Laktik asit değerleri üzerine kuru madde ve starter kültür YoFlex Advance 2.0 oranının etkisi

#### 4.2.2.4. Relatif Viskozite Değeri

Miseller kazein kuru madde ve starter kültür YoFlex Advance 2.0 oranı, faktörlerin relatif viskozite değerleri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.10' da verilmiştir. Sonuçlarda görüldüğü gibi ne starter kültür ne de miseller kazein konsantrasyonunun yoğurtların relatif viskozite değerleri üzerinde etkisinin istatistiksel olarak önemli ( $P>0,05$ ) olmadığı belirlenmiştir.

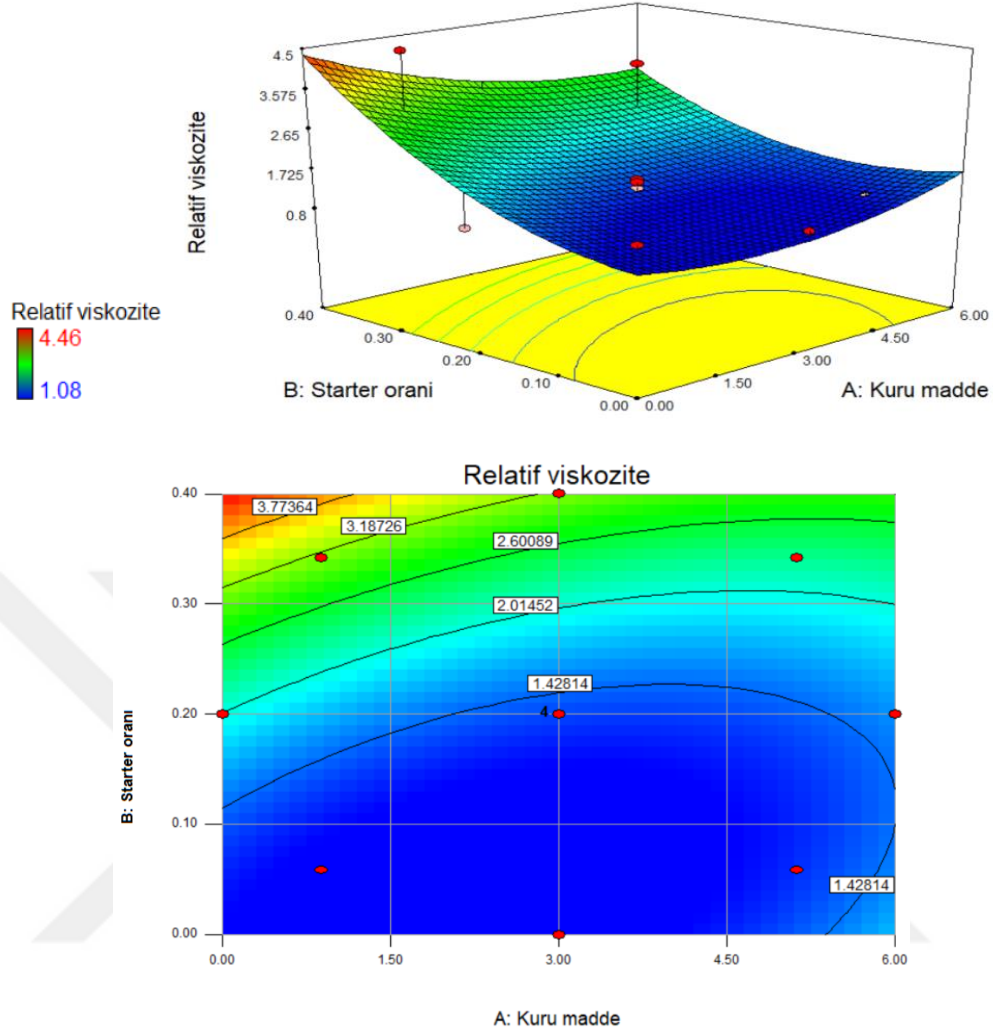
**Çizelge 4.10** Kuru madde ve YoFlex Advance 2.0 oranının relatif viskozite değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları

<b>Kaynak</b>	<b>SD</b>	<b>KO</b>	<b>F değeri</b>	<b>p-değeri* (prob&gt;F)</b>
Model	5	1,3	1,3	0,3751
A (Kuru madde-Miseller Kazein)	1	0,21	0,21	0,6661
B (Starter kültür-YoFlex)	1	5,02	5,03	0,0662
AB	1	0,28	0,28	0,6151
A <sup>2</sup>	1	0,34	0,34	0,5788
B <sup>2</sup>	1	0,8	0,80	0,4045
Uyum eksikliği	3	1,97	63,22	0,0033
Genel	11			

\*: P<0,05

Kuru madde ve YoFlex Advance 2.0 starter kültür oranının yoğurtlardaki relatif viskozite değeri üzerine etkisi Şekil 4.8' de gösterilmektedir.

Başlangıç relatif viskozite değeri ortalaması 1,08 olan süte, %0-0,4 arasında YoFlex ilave edilmiş yoğurtlarda relatif viskozite değeri maksimum 3,77'e çıkmıştır. Şekil 4.8' de ki kontur grafiğine göre relatif viskozite değerinin değişiminde kuru madde ve YoFlex oranının etkisinin olmadığı gözlenmektedir.



**Şekil 4.8** Relatif vizkozite değerleri üzerine kuru madde ve starter kültür YoFlex Advance 2.0 oranının etkisi

### 4.2.3. mTGaz Enzimi ve Starter Kültür YC350 İlave Edilerek Üretilen Yoğurtların YYM Sonuçları

#### 4.2.3.1. pH Değeri

Miseller kazein protein oranı ve mTGaz enzim oranı, pH değerleri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11' de verilmiştir. Protein oranının etkisi önemli bulunurken ( $P < 0,05$ ), mTGaz enzim oranının etkisi ise önemli bulunmamıştır.



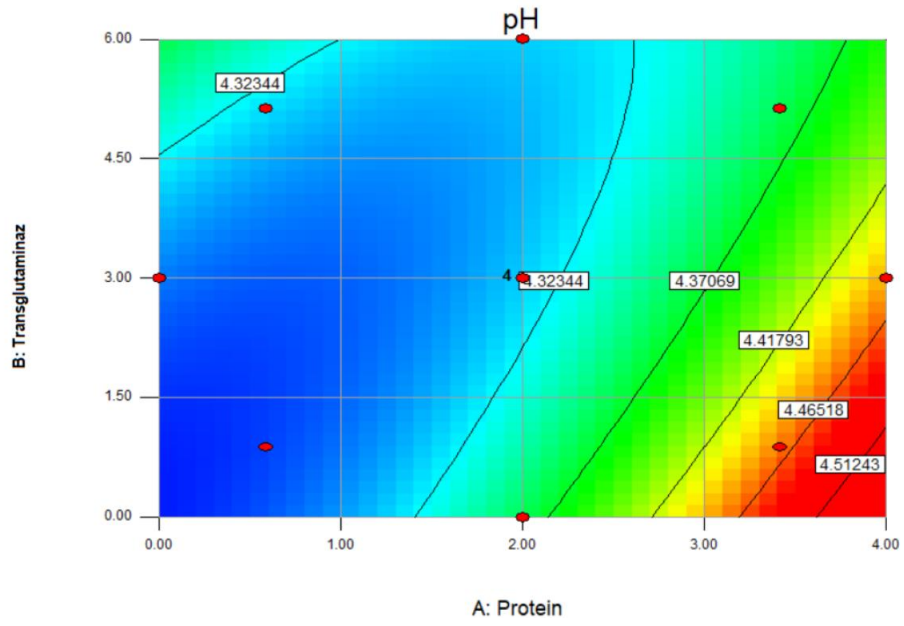
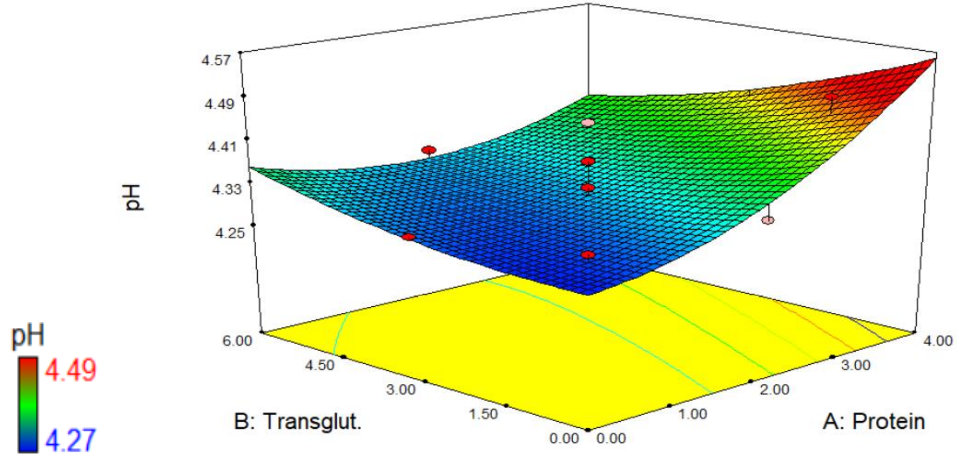
**Çizelge 4.11** Protein ve mTGaz oranının YC350 kültürü ilaveli yoğurdun pH değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları

<b>Kaynak</b>	<b>SD</b>	<b>KO</b>	<b>F değeri</b>	<b>p-değeri* (prob&gt;F)</b>
Model	5	$7,071.10^{-3}$	5,05	0,0369*
A (Protein)	1	0,024	16,79	0,0064*
B (mTGaz enzimi)	1	$2,113.10^{-3}$	1,51	0,2655
AB	1	$4,225.10^{-3}$	3,01	0,1332
A <sup>2</sup>	1	$5,29.10^{-3}$	3,77	0,1001
B <sup>2</sup>	1	$8,1.10^{-4}$	0,58	0,4759
Uyum eksikliği	3	$1,037.10^{-3}$	0,59	0,6639
Genel	11			

\*: P<0,05

Protein ve mTGaz enzimi oranının YC350 starter kültür ilavesiyle üretilen yoğurtlardaki pH değeri üzerine etkisi Şekil 4.9' da gösterilmektedir.

Protein oranındaki artışa bağlı olarak pH değerinin arttığı yanıt yüzey grafiği Şekil 4.9' da görülmektedir. %0,2 oranında YC350 mTGaz enzim oranı 0-6U/g protein arasındaki yoğurtlara %0-2,6 arasında protein ilave edildiğinde yoğurtların pH değeri 4,32 ile en düşük pH değeri olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.9 YC350 kültür ilaveli yoğurdun pH değerleri üzerine protein ve mTGaz oranının etkisi

#### 4.2.3.2. SH Değeri

Miseller kazein protein oranı ve mTGaz enzim oranı, SH değerleri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.12’ de verilmiştir. Proteinin lineer etkisi önemli bulunmuştur ( $P < 0,05$ ). mTGaz enzim oranının etkisi ise önemli bulunmamıştır.

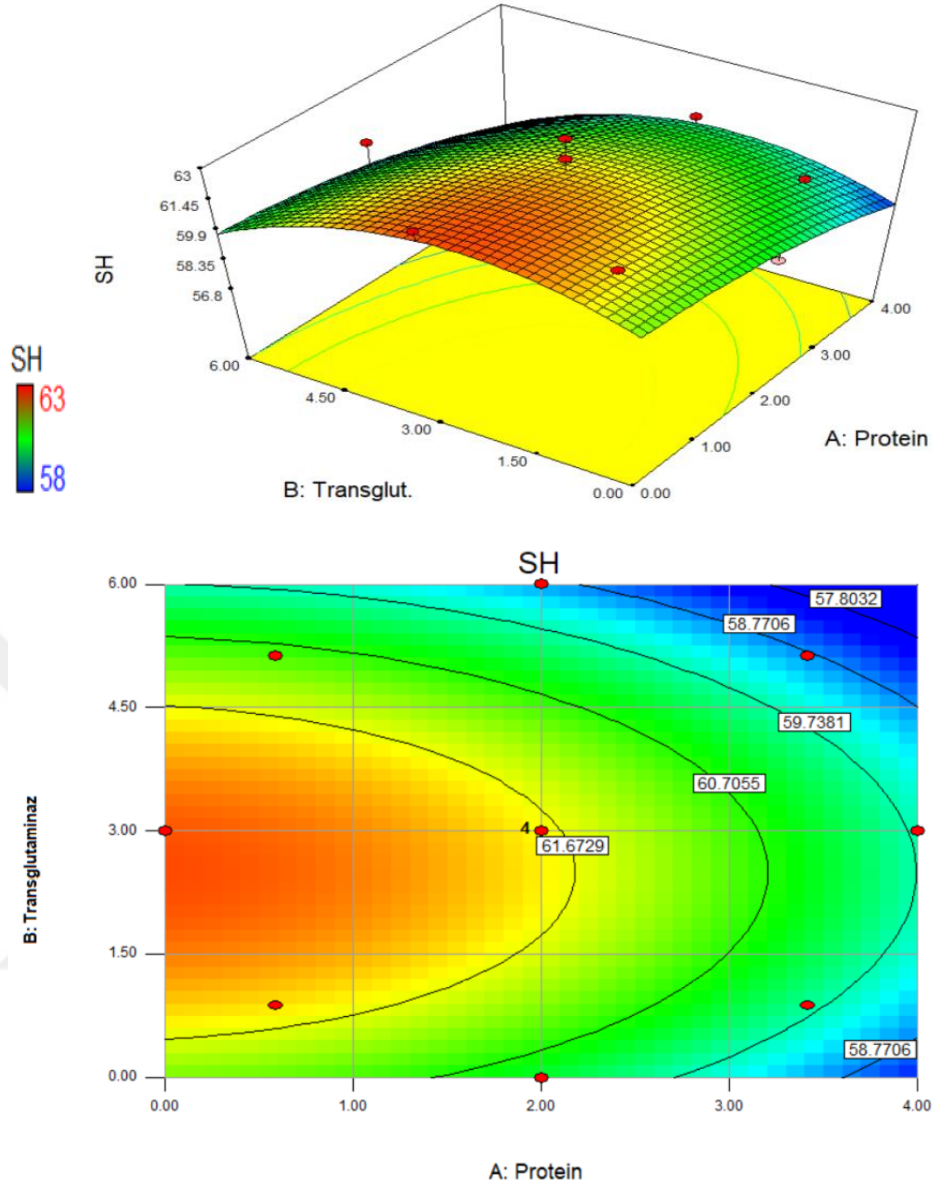
**Çizelge 4.12** Protein ve mTGaz oranının YC350 kültürü ilaveli yoğurdun SH değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları

<b>Kaynak</b>	<b>SD</b>	<b>KO</b>	<b>F değeri</b>	<b>p-değeri* (prob&gt;F)</b>
Model	5	3,56	2,71	0,1286
A (Protein)	1	8,49	6,46	0,0439*
B (mTGaz enzimi)	1	2,00	1,52	0,2634
AB	1	0,00	0	1,00
A <sup>2</sup>	1	0,62	0,48	0,5161
B <sup>2</sup>	1	7,22	5,50	0,0574
Uyum eksikliği	3	1,04	0,66	0,6297
Genel	11			

\*: P<0,05

Protein ve mTGaz enzimi oranının YC350 ile üreten yoğurtlardaki SH değeri üzerine etkisi Şekil 4.10' da gösterilmektedir.

Protein oranı artışına bağlı olarak SH değerinin azaldığı yanıt yüzey grafiği Şekil 4.10' da görülmektedir. %0,2 oranında YC350 ilave edilmiş mTGaz enzim oranı 0,5-4,5 U/g protein arasındaki yoğurtlara %0-2 arasında protein ilave edildiğinde yoğurtların SH değerinin 61,7'ye yükseldiği görülmektedir. Şekil 4.10' daki kontur grafiğine göre yüksek SH değeri için, protein oranının %0-2,2 arasında olduğu görülmektedir.



**Şekil 4.10** YC350 kültür ilaveli yoğurdun SH değerleri üzerine protein ve mTGaz oranının etkisi

#### 4.2.3.3. Laktik Asit Değeri

Miseller kazein oranı ve mTGaz enzim oranının % laktik asit değerleri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13' te verilmiştir. Laktik asit değerlerinde de proteinin lineer etkisi önemli bulunurken ( $P < 0,05$ ), mTGaz enzim oranının etkisi ise önemli bulunmamıştır.

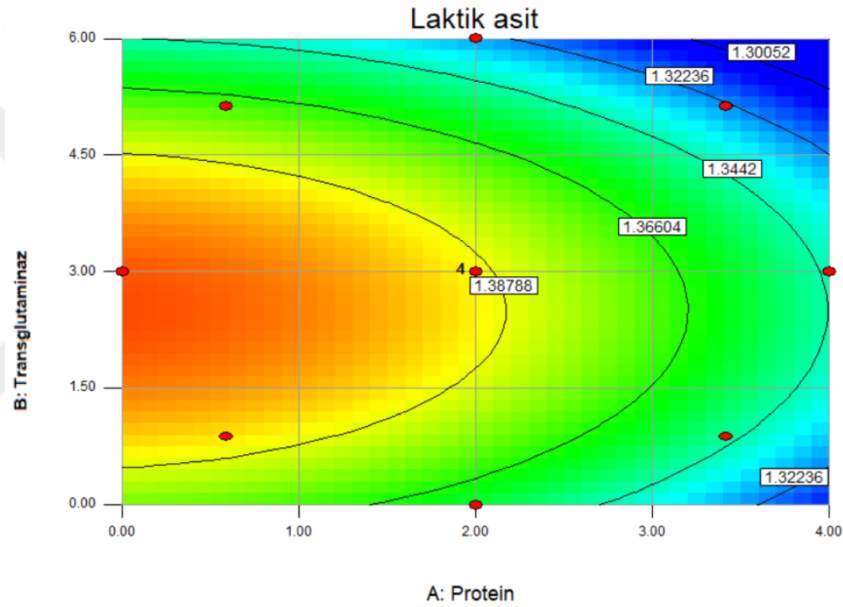
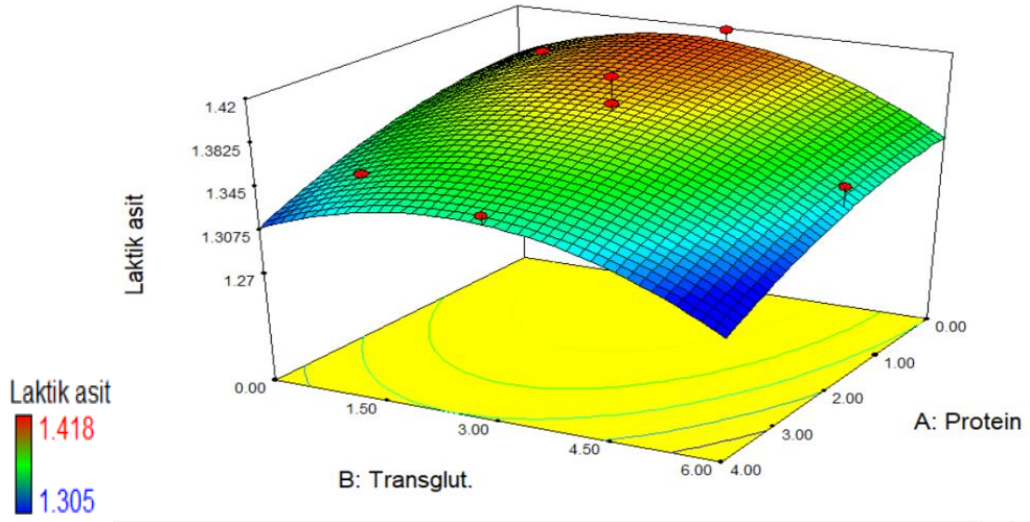
**Çizelge 4.13** Protein ve mTGaz oranının YC350 kültürü ilaveli yoğurdun laktik asit değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları

<b>Kaynak</b>	<b>SD</b>	<b>KO</b>	<b>F değeri</b>	<b>p-değeri* (prob&gt;F)</b>
Model	5	1,813.10 <sup>-3</sup>	2,70	0,1293
A (Protein)	1	4,332.10 <sup>-3</sup>	6,45	0,0441*
B (mTGaz enzimi)	1	1,013.10 <sup>-3</sup>	1,51	0,2654
AB	1	0,00	0,00	1,00
A <sup>2</sup>	1	3,136.10 <sup>-4</sup>	0,47	0,5198
B <sup>2</sup>	1	3,686.10 <sup>-3</sup>	5,49	0,0576
Uyum eksikliği	3	5,318.10 <sup>-4</sup>	0,66	0,6314
Genel	11			

\*: P<0,05

Protein ve mTGaz enzimi oranının YC350 ile üreten yoğurtlardaki laktik asit değeri üzerine etkisi Şekil 4.11' de gösterilmektedir.

Protein oranındaki artışa bağlı olarak laktik asit konsantrasyonunun hafif derecede azaldığı yanıt yüzey grafiği Şekil 4.11' de görülmektedir. %0,2 oranında YC350 ilave edilmiş mTGaz enzim oranı 0,5-4,5 U/g protein arasındaki yoğurtlara %0-2,2 arasında protein ilavesi yapıldığında yoğurtların laktik asit konsantrasyonunun 1,388 olarak en yüksek değere ulaştığı belirlenmiştir.



Şekil 4.11 YC350 kültür ilaveli yoğurdun laktik asit değerleri üzerine protein ve mTGaz oranının etkisi

#### 4.2.3.4. Relatif Viskozite Değeri

Miseller kazein protein oranı ve mTGaz enzim oranı, relatif viskozite değerleri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.14’ de verilmiştir. Protein ve mTGaz enzim oranının hem lineer hem de karesel etkisi önemli bulunmuştur ( $P < 0,05$ ). F değerine bakıldığında mTGaz enzim oranının lineer etkisinin daha çok olduğu görülmektedir.

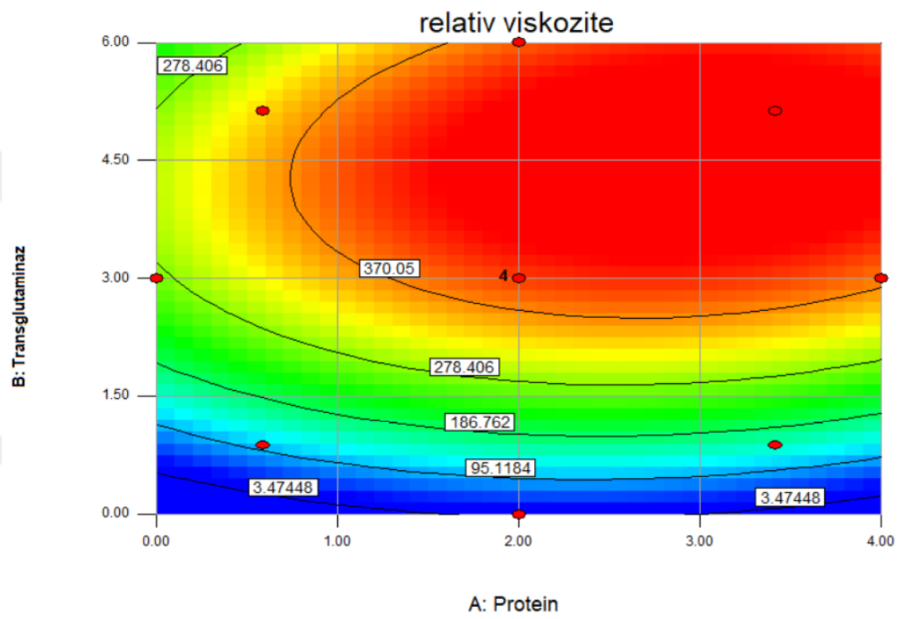
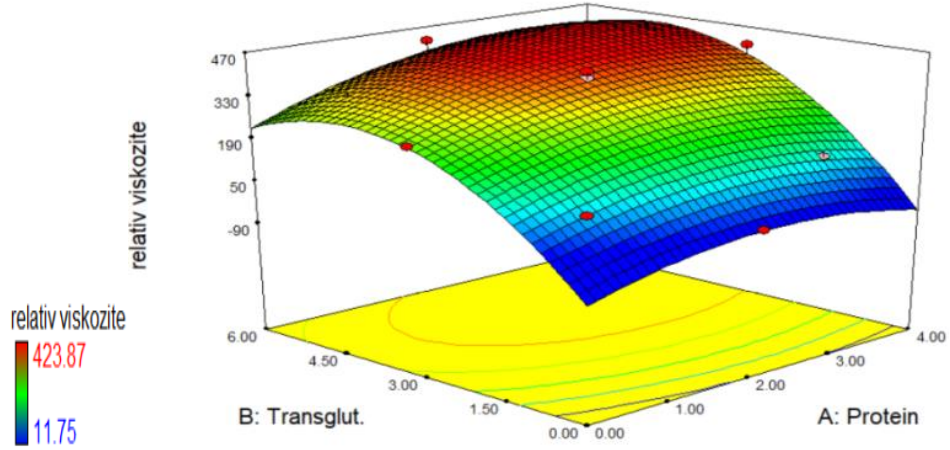
**Çizelge 4.14** Protein ve mTGaz oranının YC350 kültürü ilaveli yoğurdun relatif viskozite değerleri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları

<b>Kaynak</b>	<b>SD</b>	<b>KO</b>	<b>F değeri</b>	<b>p-değeri* (prob&gt;F)</b>
Model	5	44847,98	58,42	<0,0001*
A (Protein)	1	12143,64	15,82	0,0073*
B (mTGaz enzimi)	1	1,451.10 <sup>-5</sup>	189,05	<0,0001*
AB	1	1102,9	1,44	0,2759
A <sup>2</sup>	1	9144,58	11,91	0,0136*
B <sup>2</sup>	1	63744,26	83,04	<0,0001*
Uyum eksikliği	3	1438,86	14,91	0,0262
Genel	11			

\*: P<0,05

Protein ve mTGaz enzimi oranının YC350 ile üretilen yoğurtlardaki relatif viskozite değeri üzerine etkisi Şekil 4.12' de gösterilmektedir.

Protein ve mTGaz enzim oranının artışına bağlı olarak relatif viskozitenin arttığı yanıt yüzey grafiği Şekil 4.12' de görülmektedir. %0,2 oranında YC350 ilave edilmiş mTGaz enzim oranı 2,7-6 U/g protein arasındaki yoğurtlara %0,8-4 arasında protein ilave edildiğinde yoğurtların relatif viskozite değerinin 370,05 olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.12 YC350 kültür ilaveli yoğurdun relatif viskozite değerleri üzerine protein ve mTGaz oranının etkisi

#### 4.2.4. mTGaz Enzimi ve Starter Kültür YoFlex Advance 2.0 İlave Edilerek Üretilen Yoğurtların YYM Sonuçları

##### 4.2.4.1. pH Değeri

Miseller kazein protein oranı ve mTGaz enzim oranı, pH değerleri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.15' de verilmiştir. Yoğurtların pH değerleri üzerinde



protein ve mTGaz enzimi oranının istatistiksel olarak önemli ( $P>0,05$ ) olmadığı belirlenmiştir.

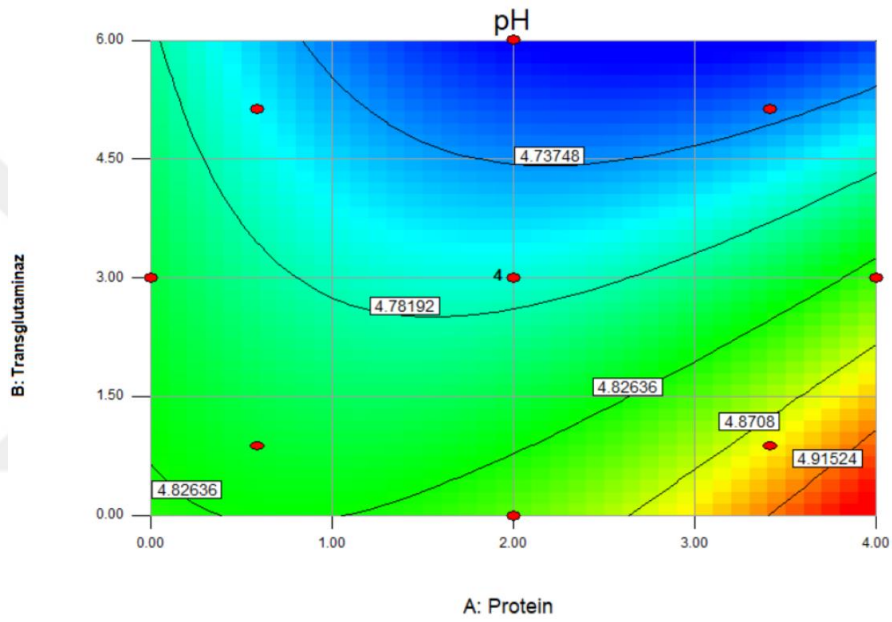
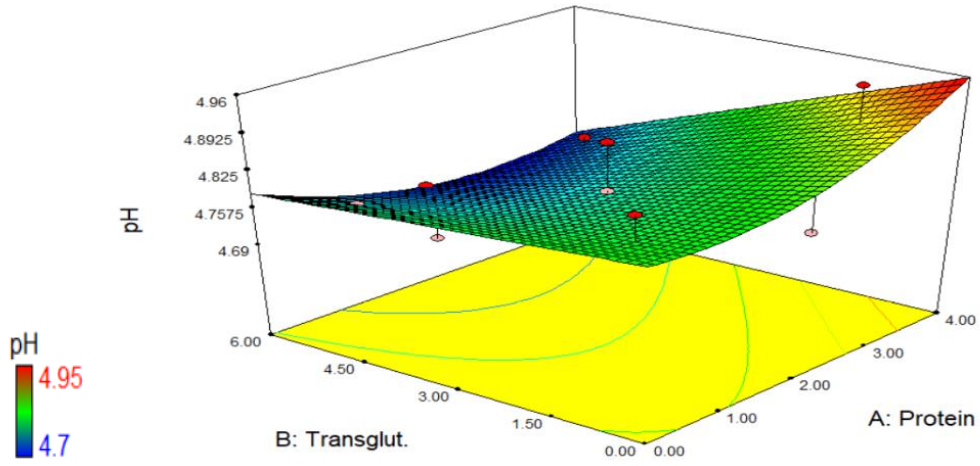
**Çizelge 4.15** Protein ve mTGaz oranının YoFlex Advance 2.0 kültürü ilaveli yoğurdun pH değeri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları

Kaynak	SD	KO	F değeri	p-değeri* (prob>F)
Model	5	$5,760.10^{-3}$	1,29	0,3761
A(Protein)	1	$8,00.10^{-4}$	0,18	0,6863
B(mTGaz enzimi)	1	0,021	4,80	0,0711
AB	1	$2,50.10^{-3}$	0,56	0,4818
A <sup>2</sup>	1	$4,00.10^{-3}$	0,90	0,3796
B <sup>2</sup>	1	0,000	0,00	1,00
Uyum eksikliği	3	$4,538.10^{-3}$	1,04	0,4871
Genel	11			

\*:  $P<0,05$

Protein ve mTGaz enzimi oranının yoğurtlardaki pH değeri üzerine etkisi Şekil 4.13' de gösterilmektedir.

Protein oranı artışına bağlı olarak pH değerinin değişimi yanıt yüzey grafiği Şekil 4.13' de görülmektedir. %0,2 oranında YoFlex ilave edilmiş, mTGaz enzim oranı 0-1,2 U/g protein arasındaki yoğurtlara %3,5- 4 arasında protein ilave edildiğinde yoğurtların pH değeri 4,92 en yüksek değer, olarak belirlenmiştir. Şekil 4.13' deki kontur grafiğine göre en düşük pH değerinin 4,7 olması için protein oranının %0,9-4 arasında ve mTGaz oranı 4,5-6 arasında olmasıyla ulaşılmaktadır.



Şekil 4.13 YoFlex Advance 2.0 kültür ilaveli yoğurdun pH değeri üzerine protein ve mTGaz oranının etkisi

#### 4.2.4.2. SH Değeri

Miseller kazein oranı ve mTGaz enzim oranı, SH değerleri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.16' da verilmiştir. Protein ve mTGaz enzim oranı faktörlerinin etkisi önemli bulunmamıştır ( $P>0,05$ ).

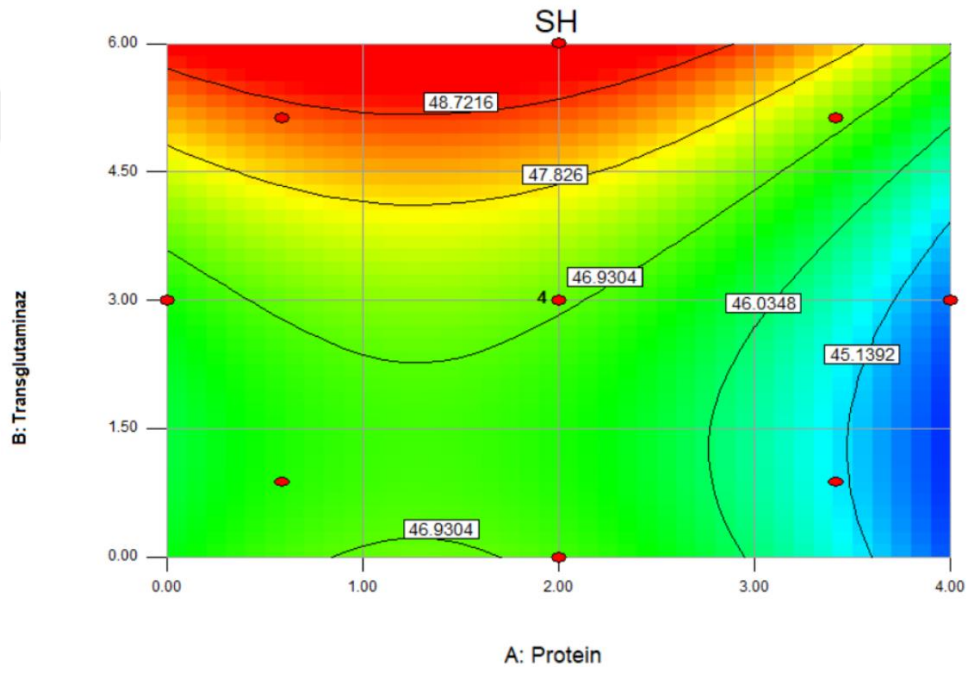
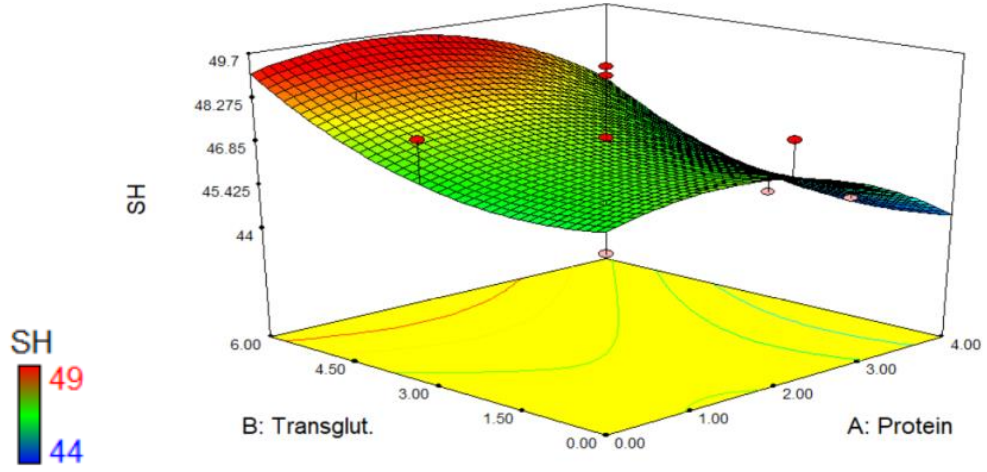
**Çizelge 4.16** Protein ve mTGaz oranının YoFlex Advance 2.0 kültürü ilaveli yoğurdun SH değeri üzerindeki etkilere ait varyans analiz sonuçları

<b>Kaynak</b>	<b>SD</b>	<b>KO</b>	<b>F değeri</b>	<b>p-değeri* (prob&gt;F)</b>
Model	5	3,43	1,50	0,3162
A (Protein)	1	4,00	1,74	0,2347
B (mTGaz enzimi)	1	6,87	3,00	0,1341
AB	1	0,00	0,00	1,00
A <sup>2</sup>	1	3,03	1,32	0,2944
B <sup>2</sup>	1	2,03	0,88	0,3836
Uyum eksikliği	3	2,58	1,29	0,4190
Genel	11			

\*: P<0,05

Protein ve mTGaz enzimi oranının yoğurtlardaki SH değeri üzerine etkisi Şekil 4.14' de gösterilmektedir.

Protein oranındaki artışa bağlı olarak SH değerinin azaldığı yanıt yüzey grafiği Şekil 4.14' de görülmektedir. %0,2 oranında YoFlex ilave edilmiş mTGaz enzim oranı 5,5-6 U/g protein arasındaki yoğurtlara %0-3 arasında protein ilave edildiğinde yoğurtların SH değeri 48,72, en yüksek değere ulaşmaktadır. Şekil 4.14' deki kontur grafiğine göre en düşük SH değeri olan 45,13 ise protein oranı %3,6-4 arasında mTGaz enzim konsantrasyonu ise 0-3,75 U/g protein olması durumunda görülmektedir.



Şekil 4.14 YoFlex Advance 2.0 kültürü ilaveli yoğurdun SH değeri üzerine protein ve mTGaz oranının etkisi

#### 4.2.4.3. Laktik asit Değeri

Miseller kazein oranı ve mTGaz enzim oranı, laktik asit değerleri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17' de verilmiştir. Protein ve mTGaz enzim oranının istatistiksel olarak önemli ( $P>0,05$ ) olmadığı belirlenmiştir.

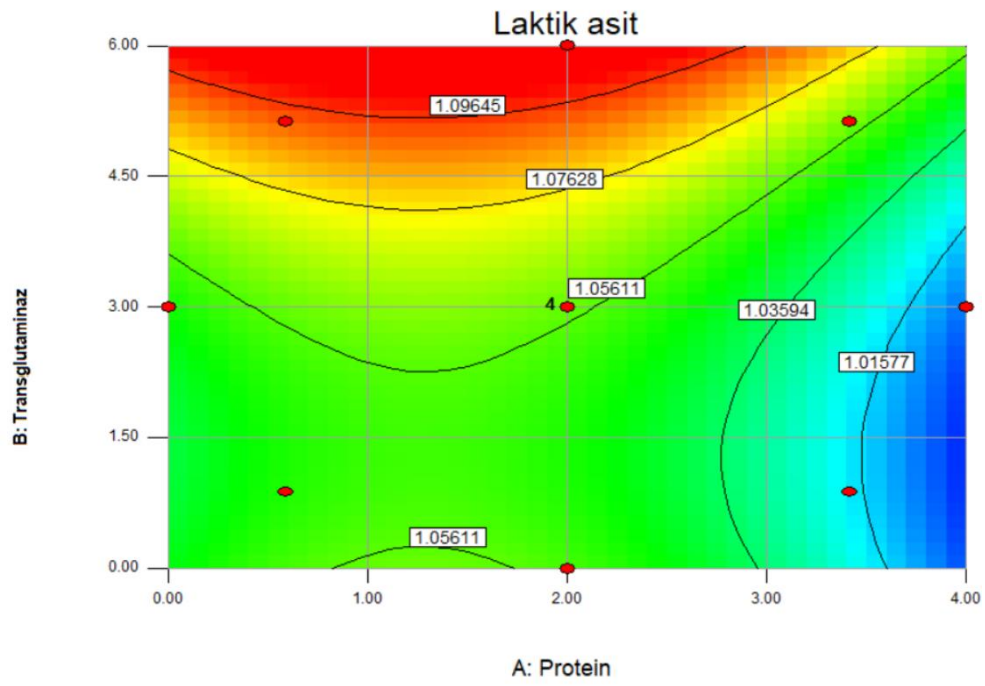
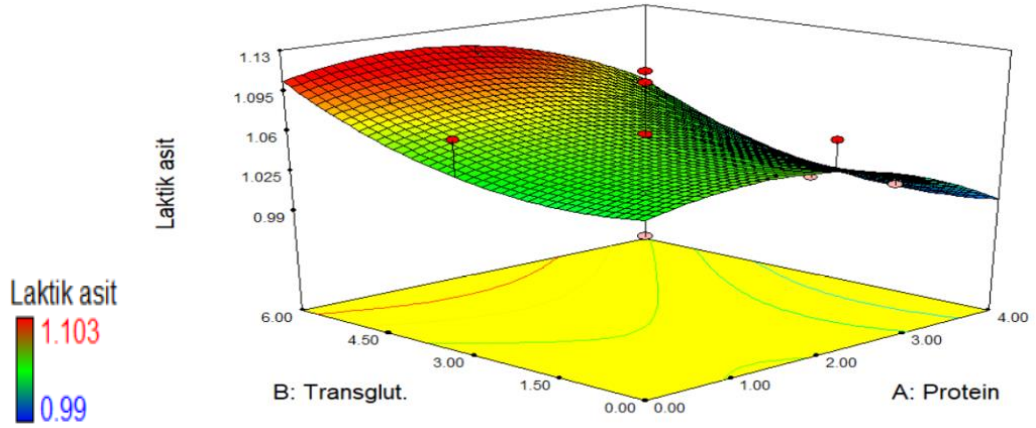
**Çizelge 4.17** Protein ve mTGaz oranının YoFlex Advance 2.0 kültürü ilaveli yoğurdun laktik asit değeri üzerine etkilere ait varyans analiz sonuçları

Kaynak	SD	KO	F değeri	p-değeri* (prob>F)
Model	5	1,741.10 <sup>-3</sup>	1,50	0,315
A (Protein)	1	2,025.10 <sup>-3</sup>	1,75	0,2344
B (mTGaz enzimi)	1	3,466.10 <sup>-3</sup>	2,99	0,1345
AB	1	0,00	0,00	1,00
A <sup>2</sup>	1	1,55.10 <sup>-3</sup>	1,34	0,2915
B <sup>2</sup>	1	1,03.10 <sup>-3</sup>	0,89	0,3822
Uyum eksikliği	3	1,291.10 <sup>-3</sup>	1,26	0,4278
Genel	11			

\*: P<0,05

Protein ve mTGaz enzimi oranının yoğurtlardaki laktik asit değeri üzerine etkisi Şekil 4.15' de gösterilmektedir.

Protein oranındaki artışa bağlı olarak laktik asit konsantrasyonunun düştüğü yanıt yüzey grafiği Şekil 4.15' de görülmektedir. %0,2 oranında YoFlex ilave edilmiş mTGaz enzim oranı 5,25-6 U/g protein arasındaki yoğutlara %0-2,9 arasında protein ilave edildiğinde yoğurtların laktik asit konsantrasyonunun %1,096 olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.15' deki kontur grafiğine göre en düşük laktik asit konsantrasyonu için, protein oranının %3,6-4 arasında ve mTGaz enzim konsantrasyonunun 0-3,75 U/g protein ilave edilmesi durumunda görüldüğü saptanmıştır.



Şekil 4.15 YoFlex Advance 2.0 kültür ilaveli yoğurdun laktik asit değeri üzerine protein ve mTGaz oranının etkisi

#### 4.2.4.4. Relatif Viskozite Değeri

Miseller kazein protein oranı ve mTGaz enzim oranı, relatif viskozite değerleri üzerindeki etkilerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.18' de verilmiştir. mTGaz enzim oranının lineer etkisi önemli bulunmuştur ( $P < 0,05$ ). Protein oranının etkisi ise istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur.

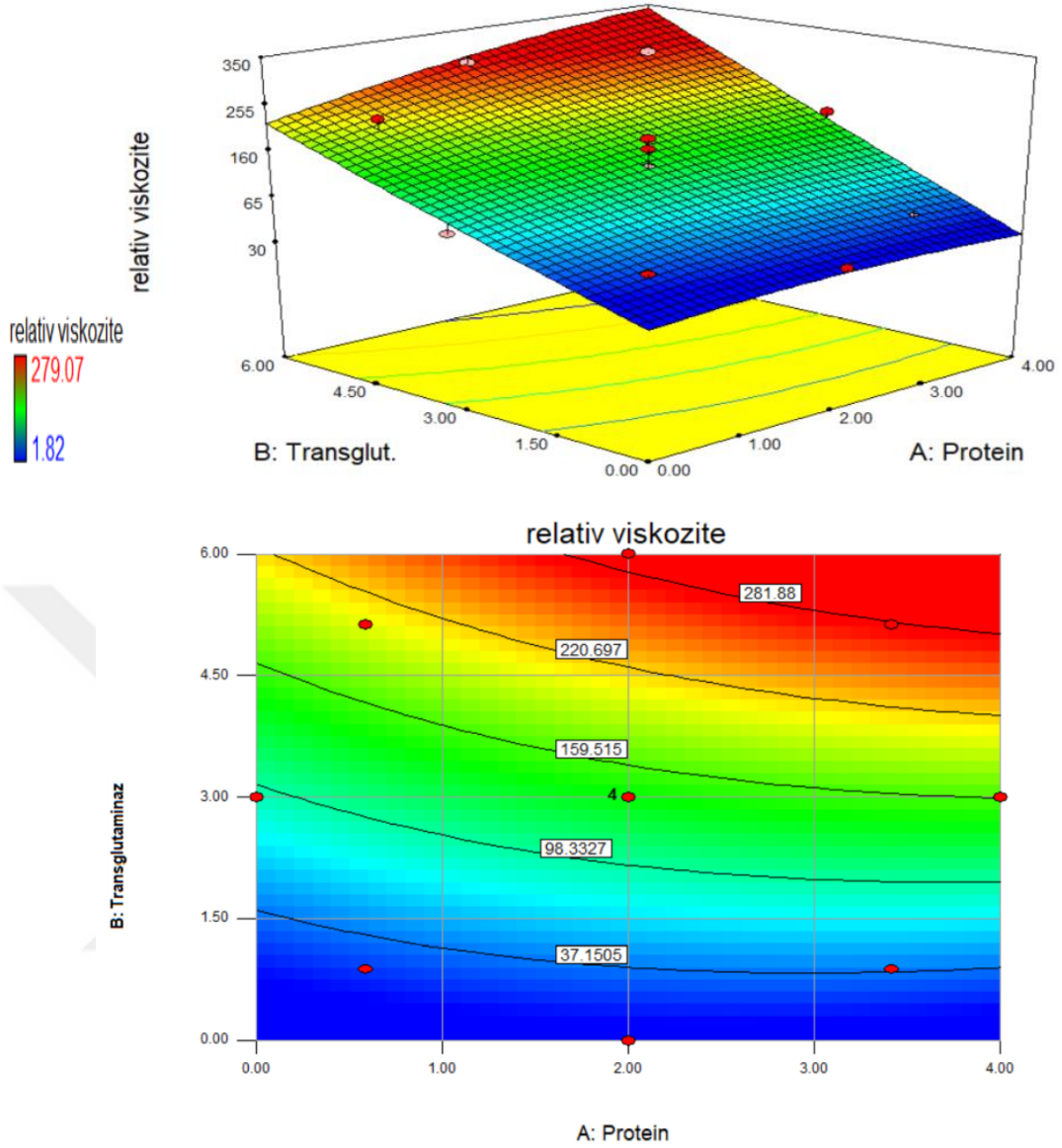
**Çizelge 4.18** Protein ve mTGaz oranının YoFlex Advance 2.0 kültür ilaveli yoğurdun relatif viskozite değeri üzerine etkilere ait varyans analiz sonuçları

<b>Kaynak</b>	<b>SD</b>	<b>KO</b>	<b>F değeri</b>	<b>p-değeri* (prob&gt;F)</b>
Model	5	19063,08	14,73	0,0026*
A (Protein)	1	4621,78	3,57	0,1077
B (mTGaz enzimi)	1	89466,77	69,13	0,0002*
AB	1	848,56	0,66	0,449
A <sup>2</sup>	1	293,17	0,23	0,6509
B <sup>2</sup>	1	31,52	0,024	0,8811
Uyum eksikliği	3	604,91	0,30	0,8223
Genel	11			

\*: P<0,05

Protein ve mTGaz enzimi oranının yoğurtlardaki relatif viskozite değeri üzerine etkisi Şekil 4.16' da gösterilmektedir.

mTGaz enzimi oranı artışına bağlı olarak relatif viskozitenin arttığı yanıt yüzey grafiği Şekil 4.16' de görülmektedir. %0,2 oranında YoFlex ilave edilmiş mTGaz enzim oranı 5,1-6 U/g protein arasındaki yoğurtlara %1,8-4 arasında protein ilave edildiğinde yoğurtların relatif viskozite değeri 281,88, kat olarak en en yüksek değeri sağladığı gösterilmiştir. Şekil 4.16' deki kontur grafiğine göre en düşük relatif viskozite için, protein oranınının %0-4 arasında, mTGaz enzim konsantrasyonunun 0,8-1,6U arasında olması durumunda ulaşılmaktadır.



Şekil 4.16 YoFlex Advance 2.0 kültür ilaveli yoğurdun relatif viskozite değeri üzerine protein ve mTGaz oranının etkisi

#### 4.2.5. mTGazlı ve mTGazsız Olarak Üretilen Yoğurtlardan pH, SH, Laktik Asit ve Relatif Viskozite Verilerine göre Optimum Yoğurtların Saptanması

Bu bölümde yukarıda verilen ilk 4 kısımdaki gerek iki farklı starter kültürü, farklı oranlarda miseller kazein tozu kullanarak mTGaz ilavesiz olarak üretilen yoğurtlarda, gerekse yine iki farklı starter kültürü, farklı oranlarda miseller kazein tozu kullanarak, farklı oranlarda



mTGaz ilaveli olarak üretilen yoğurtlarda pH, SH, % laktik asit ve relatif viskozite gibi verilerden aşağıda üretim için en uygun olan kombinasyonlar seçilmiştir.

1. deneme dizayn grupları –YC350 Yoğurtları;

- ✓ YC350 oranının pH, SH ve laktik asit üzerine etkisi önemli bulunmuştur ( $P < 0,05$ ).
- ✓ %0,2 oranında YC350 ilave edilen yoğurtlar, fermantasyonun 4. saatinde pH, SH, % laktik asit konsantrasyonu sırasıyla ortalama 4,34; 60; % 1,350 olarak saptanmıştır
- ✓ mTGaz enzimi ilavesi olmamasına rağmen fermantasyonun 4. saatinin sonunda relatif viskozitede ortalama 30 kat artış saptanmıştır.

1. deneme dizayn grupları- YoFlex Advance 2.0 Yoğurtları;

- ✓ YoFlex Advance 2.0 oranının pH, SH ve laktik asit üzerine etkisi önemli bulunmuştur ( $P < 0,05$ ).
- ✓ %0,2 oranında YoFlex Advance 2.0 ilave edilen yoğurtlarda, fermantasyonun 4. saatinde pH, SH, % laktik asit sırasıyla ortalama 4,84; 57; % 1,290 olarak saptanmıştır.
- ✓ Fermantasyonun 4. saatinde sonunda relatif viskozitede maksimum 3,77 kat artış gözlenmiş olup yoğurtlarda çok fazla sünmeye, uzamayla (ropy yapı) karşılaşmıştır.

Bu sonuçlar doğrultusunda her iki kültür için, 2. deneme dizaynı gruplarında kullanılacak starter kültür oranı, istenen asitlik düşüşünü sağlaması nedeniyle % 0,2 oranı olarak belirlenmiştir.

2. deneme dizayn grupları-(mTGazlı grup) YC350 Yoğurtları;

- ✓ Protein oranının pH, SH ve laktik asit üzerine etkisi önemli bulunmuştur ( $P < 0,05$ ).
- ✓ Fermantasyonun 4. saati sonunda 0,88, 3, 5,12 U mTGaz /g protein ilaveli yoğurtların relatif viskozitesi sırasıyla ortalama 132, 399, 413 kat artmıştır. Tüm grupların fermantasyonun 4. saati sonunda relatif viskozitesinde ortalama olarak 335 kat artış olduğu saptanmıştır.

2. deneme dizayn grupları-(mTGazlı grup) YoFlex Advance 2.0 Yoğurtları;

- ✓ Protein oranının pH, SH ve laktik asit üzerine etkisi önemli bulunmamıştır ( $P>0,05$ ).
- ✓ Fermantasyonun 4. saati sonunda 0,88; 3; 5,12 U mTGaz /g protein mTGaz enzim ilaveli yoğurtların relatif viskozitesi sırasıyla ortalama 22, 139, 278 kat artmıştır. Tüm grupların fermantasyonun 4. saati sonunda relatif viskozitesi ortalama 149 kat artış göstermiştir.

Her iki kültür ile üretilen yoğurtlarda, protein ve enzim konsantrasyonu arttıkça relatif viskozitede artış görülmüştür. mTGaz enziminin artan konsantrasyonlarda yoğurdun zayıf pıhtısını kuvvetlendirdiği, tekstürel yapıyı iyileştirdiği gözlenmiştir.

1.deneme dizayn grupları sonuçlarında istenen pH, SH ve laktik asit değerlerine, her iki kültürde de %0,2-0,4 arasında starter kültür ilavesiyle ulaşıldığı belirlenmiştir. Bu sebepten dolayı mTGaz enzimi ilave edilerek, her iki starter kültürle üretilen 2. deneme dizaynı yoğurtların starter kültür oranı %0,2 olarak seçilmiştir.

2. Deneme dizaynı sonuçlarında YC350 kültürü için, yoğurtlarda istenilen pH, SH ve laktik asit değerlerine mTGaz enzim oranı 1,5-3 U/g protein, protein oranının ise %0-2 arasında ilave edildiğinde ulaşılmaktadır. mTGaz enzim oranı 3-6 U/g protein, protein oranı ise %2-4 arasında olan yoğurtlar maksimum relatif viskozite değerine ulaşılmıştır.

2. Deneme dizaynı sonuçlarında YoFlex Advance 2.0 kültürü için ise, yoğurtlarda istenilen pH, SH ve laktik asit değerlerine mTGaz enzim konsantrasyonu 4,5-6 U/g protein, protein oranının ise %0-3 arasında ilave edilmesiyle ulaşılmıştır. mTGaz enzim oranı 4,5-6 U/g protein, protein oranı ise %2-4 arasında olan yoğurtlar maksimum relatif viskozite göstermiştir.

Yoğurtlara %2 oranında protein ilave edilmesinin, her iki kültürde de istenilen pH, SH, laktik asit ve relatif viskozite değerlerine ulaşılması için yeterli olduğu belirlenmiştir. YC350 ile üretilen yoğurtlara, 3 U/g protein oranında mTGaz enzimi ilave edilmesi, YoFlex Advance 2.0 ile üretilen yoğurtlara ise 5,12 U/g protein oranında mTGaz enzimi ilavesi tüm yanıtlarda maksimum değere ulaşılmasını sağlamıştır. Bu parametrelere göre en uygun mTGaz konsantrasyonu ve protein oranını gösteren 4 farklı kombinasyon seçilmiş ve bu kombinasyonlar Çizelge 4.19' de gösterilmiştir. Çalışmanın daha ileriki aşamalarında ise, seçilen bu 4 farklı yoğurt kombinasyonlarıyla aşağıda verilen kodlamalar altında depolama (sinersiz, su tutma kapasitesi ve tekstürel özellikler), SDS-PAGE ve duyusal analizler yapılmıştır.

**Çizelge 4.19** Belirlenen optimum gruplar

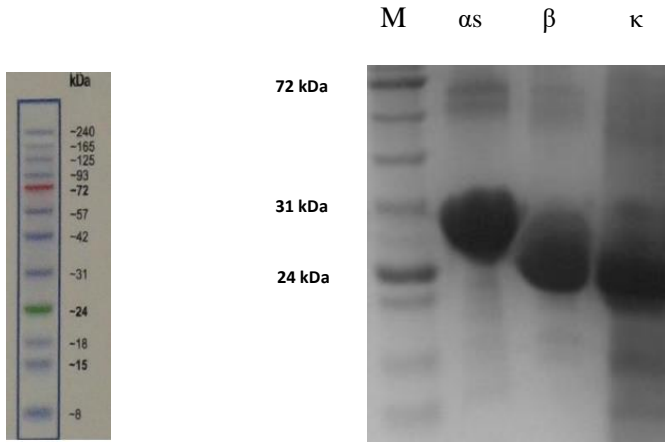
Kod	Starter Kültür	Protein (%)	mTGaz (Unit/g protein)
A	YC350	3,41	0,88
B	YC350	2	3
C	YoFlex Advance 2.0	2	3
D	YoFlex Advance 2.0	3,41	5,12

Çizelge 4.19 da gösterildiği gibi bu yoğurtlardan A ile B ile kodlanmış olanlardan 2 tanesi, YC350 kültürü ile üretilmiş, diğerleri ise C ile D ile kodlanmış olup YoFlex Advance 2.0 kültürü ile üretilmiştir. Yanıt yüzey metodunun 2. deneme dizaynları için alınan sonuçlarda YC350 ile üretilen yoğurtların YoFlex Advance 2.0 ile üretilen yoğurtlara göre pH, SH, laktik asit ve relatif viskozite değerleri için daha düşük enzim konstantrasyonuyla optimize edilebileceği saptanmıştır. Bu yüzden YC350 ile üretilen A yoğurdu için en düşük, 0,88 U/g protein, mTGaz enzim oranı seçilirken, YoFlex Advance 2.0 ile üretilen D yoğurdu için en yüksek, 5,12 U/g protein, mTGaz enzim oranı seçilmiştir. İki kültürü karşılaştırmak için ise protein ve mTGaz enzimi oranı aynı seçilmiş, farklı kültürler kullanılarak B ile C yoğurdu üretilmiştir.

### 4.3. SDS-PAGE Analiz Sonuçları

Bu çalışmada keçi sütü proteinlerinin yaklaşık molekül ağırlıkları ve mTGaz enzimi ile oluşan proteinlerin polimerizasyonu analiz edilmiştir.

Şekil 4.17' de SDS-PAGE analizinde, protein işaretleyici yardımıyla inek sütü bazlı  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\kappa$ -standartları kullanılarak moleküler yerleri saptanmıştır.  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\kappa$ -kazein standart moleküllerinin sırasıyla 31-27 kDa, 27-23 kDa ve 22-19 kDa arasında oldukları düşünülmektedir. Standartların tahmini molekül ağırlıkları baz alındığında ise keçi sütü yoğurtlarının  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\kappa$ -kazein moleküllerinin sırasıyla 30-25 kDa, 25-22 kDa ve 22-18 kDa moleküler ağırlıkta oldukları tahmin edilmektedir.

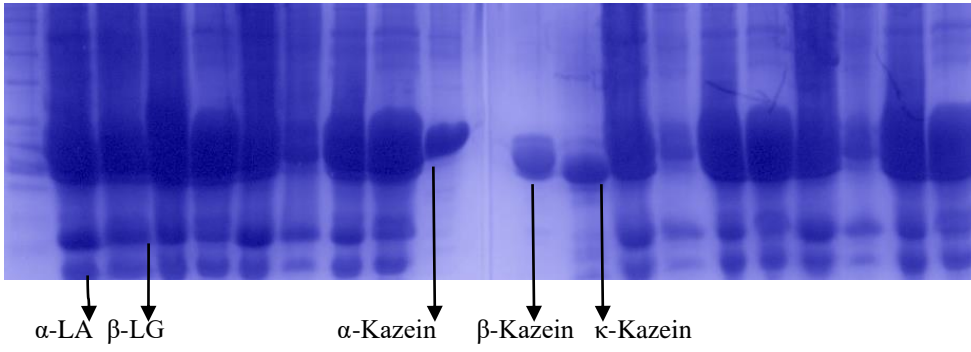


**Şekil 4.17** SDS-PAGE analiziyle  $\alpha_s$ ,  $\beta$ ,  $\kappa$ -kazein standartlarının moleküler ağırlık seviyelerinin protein işaretleyici (M) kullanılarak saptanması

M: Protein İşaretleyici,  $\alpha_s$ ,  $\beta$ ,  $\kappa$ :  $\alpha_s$ ,  $\beta$ ,  $\kappa$ -kazein Standartları

SDS-PAGE analizi, mTGaz enzim ilavesiyle üretilen yoğurt proteinlerindeki enzimatik modifikasyonlar olarak bilinen çapraz bağlanmanın kalitatif olarak saptanmasını sağlayan bir analiz yöntemidir. Şekil 4.18' de, Çizelge 4.19'da 4 adet mTGaz enzimi ilaveli olarak üretilen yoğurtların fermantasyonun 0. ve 4. saatlerinde alınan yoğurt örnekleri, inek sütü bazlı  $\alpha_s$ ,  $\beta$ ,  $\kappa$ -kazein standartları, protein işaretleyicisi (band 1) kullanılarak elde edilen proteinlerin elektriksel alanda yürütüldüğü jelin görüntüleri verilmiştir. Bu analizin amacı mTGaz enzimiyle oluşan çapraz bağlanma veya polimerizasyon reaksiyonlarının oluştuğunu saptamaktır. Ancak bu analiz yöntemiyle oluşan yüksek moleküler ağırlıklı polimerlerin jel üzerinde görünmemesinden dolayı bu polimerizasyon reaksiyonları protein fraksiyonlarının monomer bandlarının yoğunluklarının azalması üzerinden analiz edilmiştir. Jel üzerinde yürütülen proteinlerin moleküler ağırlıklarının saptanmasında herhangi bir yazılım programı kullanılmamıştır. Protein fraksiyonlarına karşılık gelen bandların, mTGaz enzim konsantrasyonu arttıkça proteinlerin band yoğunluklarının azaldığı ve jelde daha silik görüldükleri saptanmıştır.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20



**Şekil 4.18** SDS-PAGE Analizi sonucunda gözlenen bantlar, kullanılan protein işaretleyici ve  $\alpha$ s,  $\beta$ ,  $\kappa$ - kazein standartları

1: Protein İşaretleyici

2: %3,41 Protein ve 0,88 U/g protein mTGazlı, YC350 ile üretilen yoğurt (A) fermantasyon 0. saati

3: %3,41 Protein ve 0,88 U/g protein mTGazlı, YC350 ile üretilen yoğurt (A) fermantasyon 4. Saati

4: %3,41 Protein ilaveli YC350 ile üretilen mTGaz enzimsiz yoğurt (A) fermantasyon 0. Saati

5: %3,41 Protein ilaveli YC350 ile üretilen mTGaz enzimsiz yoğurt (A) fermantasyon 4. Saati

6: %2 Protein ve 3 U/g protein mTGazlı, YC350 ile üretilen yoğurt (B) fermantasyon 0. Saati

7: %2 Protein ve 3 U/g protein mTGazlı, YC350 ile üretilen yoğurt (B) fermantasyon 4. Saati

8: %2 Protein ilaveli YC350 ile üretilen mTGaz enzimsiz yoğurt (B) fermantasyon 0. Saati

9: %2 Protein ilaveli YC350 ile üretilen mTGaz enzimsiz yoğurt (B) fermantasyon 4. Saati

10:  $\alpha$ s-kazein Standardı

11:  $\beta$ -kazein Standardı

12:  $\kappa$ -kazein Standardı

13: %2 Protein ve 3 U/g protein mTGazlı, YoFlex Advence 2.0 ile üretilen yoğurt (C) fermantasyon 0. Saati

14: %2 Protein ve 3 U/g protein mTGazlı, YoFlex Advence 2.0 ile üretilen yoğurt (C) fermantasyon 4. Saati

15: %2 Protein ilaveli YoFlex Advence 2.0 ile üretilen mTGaz enzimsiz yoğurt (C) fermantasyon 0. Saati

16: %2 Protein ilaveli YoFlex Advence 2.0 ile üretilen mTGaz enzimsiz yoğurt (C) fermantasyon 4. Saati

17: %3,41 Protein ve 5,12 U/g protein mTGazlı, YoFlex Advence 2.0 ile üretilen yoğurt (D) fermantasyon 0. Saati

18: %3,41 Protein ve 5,12 U/g protein mTGazlı, YoFlex Advence 2.0 ile üretilen yoğurt (D) fermantasyon 4. Saati

19: %3,41 Protein ilaveli YoFlex Advence 2.0 ile üretilen mTGaz enzimsiz yoğurt (D) fermantasyon 0. Saati

20: %3,41 Protein ilaveli YoFlex Advence 2.0 ile üretilen mTGaz enzimsiz yoğurt (D) fermantasyon 4. Saati

Enzim ilavesi olmayan yoğurtların (Şekil 4, 18; kolonlar 4, 5, 8, 9, 15, 16, 19, 20) 0. ve 4. saat örneklerinde band yoğunluklarında herhangi bir değişim olmadığı görülmektedir. Bu kolonlarda fermantasyon başlangıcı ile sonu arasında mTGaz ilave edilmediği için band yoğunluklarında değişiklik görülmemiştir. 4 ile 5, 8 ile 9, 15 ile 16 ve 19 ile 20. bandlar arasında herhangi bir farklılık söz konusu değildir. Şekil 4.18' de, mTGaz enzim konsantrasyonu en düşük 0,88 U/g protein olan YC350 ile üretilen A yoğurdunun 0. saati (kolon 2) ile 4. saati (kolon 3) arasındaki band yoğunluk farkının en az olduğu görülmektedir. 3 U/g protein mTGaz enzimi ilaveli YC350 (kolonlar 6, 7) ile YoFlex Advance 2.0 (kolonlar 13, 14) üretilen yoğurtların 0. ve 4. saat arasındaki band yoğunluk farklarının daha fazla

olduğu tespit edilmiştir. mTGaz enzim konsantrasyonu en yüksek 5,12 U/g protein olan YoFlex Advance 2.0 ile üretilen D yoğurdunun 0. saat (kolon 17) ile 4. saati (kolon 18) arasındaki band yoğunluk farkının ise en fazla olduğu görülmektedir. Bu da enzim konsantrasyonu arttıkça proteinlerin çapraz bağ oranının arttığını ve fermantasyonun 0. ve 4. saatlerinde monomer bandların yoğunluğunun azaldığını göstermektedir.

B ve C yoğurtları arasındaki tek fark kullanılan starter kültür farkıdır. mTGaz enzimsiz üretilen B (kolonlar 8-9) ile C (kolonlar 15-16) yoğurtların 0 ile 4. saatleri incelendiğinde fark gözlemlenmemiştir. Fakat enzim ilavesi sonucunda YoFlex Advance 2.0 ile üretilen C yoğurdunun (kolonlar 13-14), YC350 ile üretilen B yoğurduna göre (kolonlar 6-7)  $\alpha$ s,  $\beta$  ve  $\kappa$ -kazein bandları arasındaki farkın daha fazla olduğu görülmektedir. Kolonlar karşılaştırıldığında 13-14 kolonundaki protein moleküler yoğunluğunun 6-7 bandlarına göre daha azalma gösterdiği saptanmıştır.

#### 4.4. Depolama Analizleri Sonuçları

Belirlenen dört adet yoğurt örneği (A, B, C, D) üretimden sonra 1., 7., 14. ve 21. günler olmak üzere +4°C'de depolanmış ve örneklerin su tutma kapasitesi, sineresiz ve tekstürel özelliklerinin zamana bağlı olarak değişimi analiz edilmiştir. Çizelge 4.20' de depolama süresince veriler incelendiğinde; su tutma kapasitesinin (STK) %94,70-%98,04 aralığında değişim gösterdiği saptanmıştır. Veriler istatistiksel ( $P<0,05$ ) olarak önemli bulunmuştur. Depolama boyunca tüm yoğurtlar arasında %2 protein ilaveli, 3 U/g protein mTGaz enzimli YoFlex Advance 2.0 ile üretilen C yoğurdu depolama süresince STK farklılıkları aynı iken, en iyi grup olarak %3,41 protein ilaveli, 5,12 U/g protein mTGaz enzimli YoFlex Advance 2.0 ile üretilen D yoğurdunun 14. ve 21. gün yoğurdu seçilmiştir.

Sineresiz değerleri ise 3,10 ml/25g–5,24 ml/25g aralığında değişmiş ve istatistiksel olarak önemli farklılık bulunduğu saptanmıştır. D yoğurdunun depolanmanın 21.gününündeki sineresiz değeri en düşük bulunmuştur ( $P<0,05$ ).

Sertlik, sıklık ve yapışkanlık değerlerinde genel olarak önemli farklılık bulunmuştur ( $P<0,05$ ). Sertlik, birinci sıkıştırma sonucu elde edilen maksimum kuvvettir. Sertlik değerleri, tüm yoğurtlarda depolama süresince artmıştır. Protein ve enzim oranı arttıkça yoğurtlarda,

depolamada daha fazla sertlik meydana gelmiştir. Örneğin C yoğurdu 21.günde en iyi sertlik değeri verirken D yoğurdu en iyi sertlik değerini 7.günde göstermiştir.

Sıklık, örneğin sıkıştırılması esnasında ölçülen maksimum kuvvet eğrisinin altında kalan pozitif eğri alanını ifade etmektedir. Ciron vd. (2010)' e göre, sıklık örneğin kalınlığının göstergesidir.

**Çizelge 4.20** Belirlenen optimum gruplarda depolama süresince değişimler

Örnek	Depolama süresi (gün)	STK, %	Sineresiz, mL/25g	Sertlik, g	Sıklık, g.sec	Yapışkanlık, g
A	1	94,70±0,23 <sup>e</sup>	5,24±0,28 <sup>d</sup>	864,44±44,94 <sup>ef</sup>	18152,65±80,25 <sup>f</sup>	-460,77±32,46 <sup>ef</sup>
	7	95,54±0,16 <sup>f</sup>	4,26±0,02 <sup>bcd</sup>	846,08±2,32 <sup>f</sup>	18724,65±40,26 <sup>f</sup>	-397,63±36,41 <sup>f</sup>
	14	96,32±0,22 <sup>e</sup>	4,21±0,15 <sup>bc</sup>	995,38±45,48 <sup>ef</sup>	19933,26±83,78 <sup>f</sup>	-390,77±15,92 <sup>f</sup>
	21	96,48±0,26 <sup>de</sup>	4,01±0,20 <sup>abc</sup>	1201,94±39,36 <sup>e</sup>	25175,14±90,82 <sup>f</sup>	-396,16±23,56 <sup>f</sup>
B	1	96,31±0,13 <sup>e</sup>	4,81±0,37 <sup>cd</sup>	1873,49±11,57 <sup>cd</sup>	38984,03±52,30 <sup>de</sup>	-594,23±47,84 <sup>bcd</sup>
	7	97,06±0,004 <sup>cd</sup>	4,36±0,23 <sup>bcd</sup>	1850,71±7,86 <sup>cd</sup>	36501,35±44,95 <sup>e</sup>	-535,23±25,73 <sup>cde</sup>
	14	97,31±0,41 <sup>bc</sup>	3,75±0,13 <sup>ab</sup>	1962,05±51,10 <sup>cd</sup>	40863,79±59,87 <sup>cde</sup>	-501,90±12,10 <sup>def</sup>
	21	97,47±0,56 <sup>abc</sup>	3,68±0,14 <sup>ab</sup>	2172,95±5,00 <sup>bc</sup>	39567,91±85,76 <sup>de</sup>	-536,97±13,52 <sup>cde</sup>
C	1	97,76±0,01 <sup>ab</sup>	4,11±0,07 <sup>abc</sup>	1691,96±43,71 <sup>d</sup>	38487,07±43,25 <sup>de</sup>	-672,83±15,03 <sup>ab</sup>
	7	97,82±0,02 <sup>ab</sup>	3,95±0,17 <sup>ab</sup>	2126,73±73,41 <sup>bc</sup>	46942,19±21,32 <sup>bcd</sup>	-670,20±4,88 <sup>ab</sup>
	14	97,89±0,03 <sup>ab</sup>	3,70±0,05 <sup>ab</sup>	2182,63±30,45 <sup>bc</sup>	49435,33±36,81 <sup>abc</sup>	-694,31±37,80 <sup>ab</sup>
	21	97,87±0,11 <sup>ab</sup>	3,56±0,25 <sup>ab</sup>	2420,77±52,30 <sup>ab</sup>	54108,42±40,29 <sup>ab</sup>	-718,47±35,57 <sup>a</sup>
D	1	96,47±0,11 <sup>de</sup>	3,69±0,17 <sup>ab</sup>	2111,47±45,89 <sup>bc</sup>	45981,90±22,78 <sup>bcd</sup>	-637,89±65,63 <sup>abc</sup>
	7	97,83±0,01 <sup>ab</sup>	3,55±0,38 <sup>ab</sup>	2577,12±22,47 <sup>a</sup>	55931,83±24,66 <sup>a</sup>	-630,67±52,15 <sup>abc</sup>
	14	97,98±0,006 <sup>a</sup>	3,51±0,39 <sup>ab</sup>	2641,78±18,25 <sup>a</sup>	56464,24±38,15 <sup>a</sup>	-554,26±17,25 <sup>cde</sup>
	21	98,04±0,01 <sup>a</sup>	3,10±0,99 <sup>a</sup>	2692,25±16,90 <sup>a</sup>	56686,55±42,5 <sup>a</sup>	-721,39±66,47 <sup>a</sup>

\*Sütunların üstündeki farklı harfler (a,b,c,d,e,f) depolama süresince(gün) değişimin istatistiksel farkını göstermektedir.

Özcan ve Yıldız (2016) tarafından da bildirildiğine göre, sıklık değeri, ürünün yoğunluğu yani kıvamı ile ilgili bilgi vermektedir. Sıklık değerleri ise tüm yoğurtlarda depolama süresince artmıştır. %3,41 protein ilaveli, 0,88 U/g protein mTGaz enzimli YC350 ile üretilen A yoğurdunda artış olsa da farklılıklar önemli bulunmazken D yoğurdu 7. gün itibarıyla en yüksek sonuçları vermiştir (P<0,05).

Yapışkanlık, hareket eden diskin örnekten uzaklaşması esnasında, örneğin göstermiş olduğu direnç olarak tanımlanır ve kuvvet zaman grafiğinde maksimum negatif kuvvetin göstergesidir (Ciron vd., 2010). Yapışkanlık değeri, YC350 kullanılan %3,41 protein, 0,88 U/g protein mTGaz enzimli A ve %2 protein, 3 U/g protein mTGaz enzimli B yoğurdunda

depolama süresince artmıştır. YoFlex Advance 2.0 kullanılan %2 protein, 3 U/g protein mTGaz enzimli C ve %3,41 protein, 5,12 U/g protein mTGaz enzimli D yoğurdunda depolamanın ilerleyen dönemleri ile birlikte yapışkanlık değerlerinin bir miktar azaldığı görülmektedir. C yoğurdunda yapışkanlık 7. güne kadar artarken 14.ve 21. günlerde ise düşüş göstermiştir. D yoğurdu yapışkanlık değeri ise 14. güne kadar artarken 21. gün düşme göstermiştir.

#### 4.5. Duyusal Analiz Sonuçları

Optimum grup olarak belirlenen 4 yoğurt örneği duyusal olarak görünüş, kıvam, koku ve tat kriterleri bakımından değerlendirilmiş ancak bu noktalar arasında istatistiksel olarak ( $P>0,05$ ) önemli bir farklılık görülmemiştir (Çizelge 4.21). Çizelge 4.21’ de görüldüğü gibi görünüş ve kıvamda en yüksek puanı 5,12 U/g protein mTGaz enzimli D yoğurdu almıştır. YC350 ile üretilen yoğurtlar (A, B) koku ve tat kriterinde yüksek puan almışlardır. Koku kriterinde en yüksek puanı B yoğurdu alırken tat kriterinde ise en yüksek puanı A yoğurdu almıştır. Genel olarak tüm yoğurtlar panelistler tarafından beğenilmiştir.

**Çizelge 4.21** Yoğurtların ortalama görünüş, kıvam, koku ve tat puanları

Örnekler	n	Görünüş	Kıvam	Koku	Tat
A	10	4,0±0,77	3,9±0,54	4,6±0,66	4,5±0,67
B	10	3,9±0,7	4,3±0,64	4,7±0,46	4,1±0,7
C	10	3,8±0,75	4,3±0,64	3,8±0,87	3,7±0,46
D	10	4,5±0,67	4,6±0,66	3,9±0,83	3,6±0,8

(Ort.± Standart sapma)



## 5. TARTIŞMA

Çalışmada kullanılan çiğ keçi sütü bileşimi %yağ  $4,00\pm 0,25$ , %protein  $3,43\pm 0,015$ , %kuru madde  $11,52\pm 0,60$ , pH  $6,75\pm 0,03$  bulunmuştur. Hovjecki vd. (2021) çalışmalarında bileşiminde %yağ  $3,04\pm 0,53$ , %protein  $2,69\pm 0,05$ , % kuru madde  $11,13\pm 0,93$ , pH  $6,57\pm 0,06$  olan benzer çiğ keçi sütü kullanmışlardır. Bu da bizim bulduğumuz keçi sütü bileşiminin Hovjecki vd. (2012) çalışma sonuçlarıyla benzer olduğunu göstermiştir. Ayrıca çalışmada kullanılan süt, TKG 2019 içme sütleri tebliğinde verilen değerlere uygunluk gösterdiği belirtilmiştir. Keçi sütünün protein oranını artırmak için kullandığımız miseller kazein tozunun % 6 oranındaki nem miktarı ise TKG, (2012) Koyulaştırılmış Süt ve Süt Tozu Tebliğindeki süt tozunda % nem miktarı olarak verilen %5'lik orana yakınlık göstermektedir.

mTGaz enzim ilavesiz, her iki starter kültür ile üretilen yoğurtlarda artan starter kültür konsantrasyonu, fermentasyon süresince (toplam 4 saat) pH'yı daha hızlı düşürmüş, SH ve % laktik asit değerlerini daha çok arttırmıştır. mTGaz enzimsiz, YC350 ile üretilen yoğurtlarda artan kuru madde ve starter kültür oranı relatif viskoziteyi artırmış iken, YoFlex Advance 2.0 ile üretilen yoğurtlarda bu etki görülmemiştir. Jumah vd. (2001) yaptıkları çalışmada, yoğurt starter kültürünü %2, 3 ve 5 oranlarında süte ilave ederek yoğurt üretmişlerdir. En düşük, %2 starter kültür oranında fermentasyon süresinin 200 dakika ile en uzun olduğunu tespit etmişlerdir. Artan starter kültür oranı ile pH'nın daha hızlı düştüğünü, jelleşme aktivitesinin arttığını rapor etmişler ( $P<0,05$ ). Wardani vd. (2017) ise yaptıkları çalışmada süte, %1, %3 ve %5 oranlarında starter kültür inoküle ettiklerinde fermentasyon sonunda pH değerlerini sırasıyla 5,27, 4,41 ve 3,94 olarak saptamışlardır. Artan starter kültür oranının fermentasyon sonunda pH değerini önemli ölçüde düşürdüğünü belirtmişlerdir ( $P<0,05$ ).

mTGaz enzim ilaveli, her iki starter kültür ile üretilen yoğurtların artan protein oranı fermentasyon süresi boyunca (toplam 4 saat) pH'yı hafif düzeyde artırmış, SH ve % laktik asit değerlerini azaltmıştır. Bu etki YoFlex Advance 2.0 da istatistiksel olarak ( $P>0,05$ ) önemli olmadığı bulunurken YC350 kültüründe önemli bulunmuştur. Bierzuńska vd. (2019) yaptıkları çalışmada, süte, serum protein konsantratu ve polimerize serum proteini ilaveli ederek yoğurtların protein oranları arttırmışlardır. Kontrol yoğurdu, serum konsantratu yoğurt ve polimerize serum konsantratu yoğurdun protein oranları sırasıyla %3,35, %7,96, %7,96

olarak saptanmıştır. Protein oranı arttırılan yoğurtların sırasıyla laktik asit değeri %0,875, %0,853 %0,85' olarak bulunmuştur. Protein oranı 2,4 kat arttırılan yoğurtların asitliği, kontrol örneğine göre daha düşük bulunmuştur ( $P<0,05$ ). Gürsel vd. (2016) tarafından yapılan bir başka çalışmada protein bazlı ürünlerin keçi sütü yoğurdu üzerine olan bazı kalite etkilerini araştırmışlardır. %2 oranında yağsız keçi sütü tozu, sodyum kazeinat, serum protein konsantresi, serum protein izolatu ile 5 çeşit keçi sütü yoğurdu üretmişlerdir. Bunların sırasıyla protein oranları %6,36, 7,38, 7,08, 7,49 ve 6,60 olarak ayarlanmıştır. Keçi sütü tozu ile zenginleştirilen yoğurt (en düşük protein oranına sahip) referans alındığında diğer dört çeşit yoğurdun pH değerleri daha yüksek ve laktik asit değerleri daha düşük bulunmuştur ( $P<0,01$ ). Buna karşın Marafon vd. (2011), süte, süt proteinleri (serum protein konsantratu, sodyum kazeinat, yağsız süt tozu) ilave ederek protein oranını %1 oranında arttırmışlardır. Protein ilavesiz ve protein ilaveli yoğurtların ikisinde de fermantasyon süresi boyunca pH'daki düşüşün birbirine benzerliğini ve süten, süt proteinleri ile takviyesinin fermantasyon süresini uzatmadığını ortaya koymuşlardır.

Çalışmamızdaki keçi sütüne protein ve mTGaz enzimi ilavesi ile üretilen yoğurtların fermantasyon sonu değerlerine göre viskozitenin arttırdığı tespit edilmiştir. mTGaz enzimi ilavesiz ve YC350 starter kültürü kullanılarak üretilen yoğurtların mTGaz enzimli olarak üretilen yoğurtlara göre relatif viskozite değerleri 50 kattan 370 kata çıkarken, YoFlex Advance 2.0 kültürlü enzim ilavesiz yoğurtlarda relatif viskozite değerleri 3,77 kattan 281 kat oranında artmıştır. Fransworth vd. (2006) yaptıkları çalışmada, instant keçi sütü tozu ile %12,2; %13,2; %15,2 ve %17,2 kuru madde ilavesiyle keçi sütlerini zenginleştirmişler ve yoğurt üretmişlerdir. Kuru maddesi %12,2 olan süten üretilen yoğurt referans alındığında kuru maddesi %17,2 olan süten üretilen yoğurdun yani kuru maddesini %5 oranında arttırarak ürettikleri yoğurdun, viskozitesinin yaklaşık %70 arttığını rapor etmişlerdir. Ayrıca 0,25; 0,5; 1 U/g protein mTGaz enzimi ilave ederek ürettikleri yoğurtların viskozitesi, artan enzim konsantrasyonu ile beraber artmıştır. Pakseresht vd. (2017) yaptıkları çalışmada, süte %0,22; 0,46 ve 0,70 oranlarında serum protein ve kazein tozu karışımı ilave ederek süten protein oranı sırasıyla %3,27; 4,11 ve 5,06 oranında arttırmışlardır. Bu şekilde farklı mTGaz enzim oranları ile (0-1 U/g protein) az yağlı set tipi yoğurt üretmişlerdir. Artan protein oranının sertlik ve sıklılık değerini arttırdığını saptamışlardır. mTGaz enziminin starter kültür ile eş zamanlı ilavesinin ve artan mTGaz enzim oranının viskoziteyi arttırdığını belirtmişlerdir. 21 gün depolanan yoğurtlarda pH değeri üzerine mTGaz enzim konsantrasyonunun etkisi ise

önemli olmadığı bulunmuştur ( $P>0,05$ ). Artan protein ve mTGaz enzim oranı sineresizi azaltmış ve bunun etkisi önemli bulunmuştur ( $P<0,001$ ,  $P<0,01$ ). Bu sonuçlar da çalışmamız ile paralellik göstermektedir.

SDS-PAGE analiz sonuçlarımıza göre mTGaz enzim konsantrasyonu arttıkça monomer bantların yoğunluğu daha da azalmıştır. Özellikle en yüksek mTGaz enzimi (5,12 U/g protein) içeren D yoğurdunun fermantasyonun 4. saatinde alınan örnek yüklendiği (kolon 18) band oldukça silik görünmüştür. mTGaz içermeyen yoğurtlarda ise çapraz bağlanma indüklenmediği için fermantasyonun 0. ve 4. saatleri arasındaki bandlarda yoğunluk farkı açısından herhangi bir değişiklik bulunmamıştır. Azhar ve Salim (2017) keçi sütü kazeinin moleküler karakterizasyonunda SDS-PAGE analizinde  $\alpha$  ve  $\beta$ - kazeinin moleküler ağırlığının 20-30 kDa,  $\beta$  ve  $\kappa$ -kazeinin moleküler ağırlığının ise 25-19 kDa arasında olduğunu belirtmişlerdir. Elde ettiğimiz  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\kappa$  kazeinin moleküler ağırlık verileri bizim çalışmamızdaki verilerle benzerlik göstermektedir. Öner (2006), inek ve keçi sütüne ilave edilen mTGaz enzimi ve sodyum kazeinatın etkisini görmek için yaptığı çalışmada mTGaz enzimin çapraz bağlar oluşturduğunu ve sodyum kazeinatın protein bandlarını büyüttüğünü belirtmiştir. Hovjecki vd. (2021) yaptıkları çalışmada mTGaz enzimi ilave edilmiş 90°C'de pastörize edilmiş yoğurtların 70°C'de pastörize ettikleri süttten ürettikleri yoğurtlara göre daha çok çapraz bağ oluşturduğunu tespit etmişler. Bunun da pastörizasyonda uygulanan sıcaklığın yoğunluğunun serum proteinlerinin daha fazla denatüre olmasını sağlaması ve mTGaz enzimi tarafından daha uygun bir substrat özelliği kazanmasıyla ilişkili olduğu sonucunu çıkarmaktadır. SDS-PAGE analizinde çapraz bağların daha çok olduğu yoğurtların band yoğunluklarının oldukça azaldığı rapor edilmiştir. Aloğlu ve Öner (2013) yaptıkları çalışmada 0,5; 1; 2, 4 U/g protein mTGaz enzimli labnelerde SDS-PAGE analizi yürütmüşlerdir. Çalışmalarında kazein fraksiyonlarına karşılık gelen bandların, mTGaz enzim konsantrasyonu arttıkça yoğunluğunun azaldığını saptamışlardır. Ardelean vd. (2012) keçi sütü asit jelinin mTGaz enzimsiz ve 420 dakika inkübe edilmiş 1,8 U/g protein mTGaz enzim ilaveli süttün SDS-PAGE analiz sonuçlarına göre enzimin  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\kappa$ - kazein molekül yoğunluğunun sırasıyla %20, %38 ve %44 oranlarında azaldığı tespit edilmiştir. Bu çalışmalar da bizim sonuçlarımızı desteklemektedir.

Yoğurtların depolama analiz sonuçları, çalışmada kullanılan miseller kazein tozu ve mTGaz enziminin, keçi sütü yoğurdunun su tutma kapasitesini arttırdığı, sineresizi azalttığı ve tekstürel özelliklerini iyileştirdiğini göstermiştir. A, B, C ve D yoğurtlarında, protein ve

mTGaz enzimi oranının artmasına bağı olarak daha sıkı, sert bir yoğurt yapısı elde edilmiştir. Ayrıca A, B, C ve D yoğurtlarının depolama süresinde bu değerlerin iyileştiği tespit edilmiştir. Nitekim Hovjecki vd. (2021) yaptıkları çalışmada 90 °C' de 5 dakika pastörize ettikleri keçi sütüne, 1 U/g protein mTGaz enzimi ilave ederek ürettikleri yoğurtların 1. ve 15. gün tekstürel analizlerini yapmışlardır. 1. gün ise mTGaz enzimsiz yoğurt ile mTGaz enzimli yoğurtların sırasıyla sertlik değerinin 49,69±2,61'den 60,81±5,29'a, sıklık değerinin 1217,10±97,08'den 1477,73±97,44'e, yapışkanlık değerinin ise 20,12±3,38'den 24,73±1,95'e yükseldiğini rapor etmişlerdir. 15. gün mTGaz enzimsiz yoğurdun mTGaz enzimli yoğurda göre sırasıyla sertlik değerinin 58,21±0,5'den 80,45±0,59'a, sıklık değerinin 1463,32±85,86'dan 1996,55±40,37'ye, yapışkanlık değerinin ise 25,49±2,14'den 39,53±2,24'e yükseldiği saptanmıştır. Benzer şekilde Garcia-Gomez vd. (2020) yaptıkları çalışmada 0,76 U/g protein konsantrasyonunda iki tip mTGaz enzimi kullanarak ürettikleri keçi sütü yoğurtlarının 35 gün boyunca duyu ve enstrümantel özelliklerini incelemişlerdir. mTGaz enziminin depolama süresince sertlik, sıklık ve yapışkanlık değerlerini iyileştirdiğini rapor etmişlerdir. Damogala vd. (2013) çalışmasında artan mTGaz enzim konsantrasyonu ile taze ve depolanan yoğurtlardaki görünür viskozitenin daha çok arttığını belirtmişlerdir. Depolanan yoğurtlarda, 1 U/g protein mTGaz enzimli yoğurda göre 2 ve 3 U/g protein mTGaz enzimli yoğurtların sertlik sıklık ve yapışkanlık değerlerinin daha fazla olduğu belirtilmiştir. Fakat 3 U/g protein mTGaz enzimli yoğurdun sıklık ve yapışkanlık değerleri 2 U/g protein mTGaz enzimli yoğurttan daha düşük bulunmuştur. Taze yoğurtlarda ise artan mTGaz enzim konsantrasyonu sertlik, sıklık ve yapışkanlık değerini daha çok artırmıştır. Damin vd. (2009) da protein ilavesinin yoğurtta sıklığı artırdığını savunmuşlardır. Gürsel vd. (2016) de en düşük protein içeriğine sahip yoğurtlarının en düşük sertlik değerini verdiğini rapor etmişlerdir (P<0,01). Bütün bu çalışmalar bizim çalışmamız gibi mTGaz enzim ilaveli yoğurtların, depolama süresince tekstür değerlerinin iyileştiğini göstermektedir.

A, B, C, D yoğurtlarının su tutma kapasitesindeki artış, sineresizin de ise azalmasını sağlamıştır. Şanlı vd. (2011), mTGaz enziminin su tutma kapasitesini jeli güçlendirerek artırdığını ve enzim konsantrasyonu arttıkça serum ayrılmasında da önemli bir azalma olduğunu saptamışlardır. Fransworth vd. (2006), 2 ve 4 U mTGaz enzimi /g protein ilave edilmiş yoğurtlardaki sineresiz değerlerinde istatistiksel olarak (P>0,05) önemli bir fark olmadığını belirtse de artan enzim konsantrasyonunun sineresizi azalttığını ve kontrol grubuna göre %40 azalma olduğunu rapor etmişlerdir. Damogala vd. (2013), ise 1; 2 ve 3 U/g

protein mTGaz enzimli yoğurtların sineresiz değerlerini sırasıyla  $43\pm 1$ ,  $33\pm 2$ ,  $31\pm 1$  şeklinde belirtmiş ve kontrol grubuna göre daha az su saldığını bildirmişlerdir. Depolanan yoğurtlarda ise yine enzim ilavesinin serum ayrılmasını azalttığı belirtilirken en düşük sineresiz değeri 14 gün depolanmış 2 U mTGaz enzimli /g protein keçi sütü yoğurdu olduğu saptanmıştır. Imm vd. (2000), mTGaz enzimi ile muamele edilen sütlerden üretilen yağsız set yoğurtlarda jelleşme ve su tutma kapasitesi özelliklerinde önemli artışların olduğunu belirlemişlerdir. Guzmán-González vd. (1999) kazeinat çeşitleri ile zenginleştirilen yoğurtların kontrol yoğurduna göre daha yüksek viskoziteye ve su tutma kapasitesine sahip olduklarını saptamışlardır. Bu sonuçlar da bizim çalışma sonuçlarımızla uygunluk göstermektedir.

Bir ürünün duyuşal özellikleri tüketici beğenisini belirleyen en önemli unsurlardan birisidir. Fermente süt ürünlerinin biyokimyasal bileşimi ve üretim yöntemi duyuşal kaliteyi etkilemektedir. Bu kapsamda kendine özgü lezzet özelliklerine sahip süt protein tozları, bileşimine katıldıkları ürünlerin lezzetlerinde farklılığa neden olabilmektedir (Karagül-Yüceer vd. 2002). Duyusal analiz sonuçlarına göre D yoğurdu görünüş ve kıvam kriterlerinde en yüksek puanı almıştır. Artan enzim konsantrasyonun yoğurt tekstürünü iyileştirdiği görülmüştür. YC350 kültürü kullanılarak üretilen A ve B yoğurtlarının koku ve tat kriterleri bakımından YoFlex Advance 2.0 kültürü kullanılan C ve D yoğurtlarından daha yüksek puan aldığı saptanmıştır. Damogala vd. (2013) yaptıkları çalışmada keçi sütünden 1, 2 ve 3 U/g protein mTGaz enzim ilaveli olarak ürettikleri yoğurtların duyuşal analizlerinde 14 gün depolanmış yoğurtların kıvam puanlarını sırasıyla  $3,60\pm 0,09$ ,  $4,14\pm 0,06$ ,  $4,18\pm 0,08$  olarak vermişler ve artan enzim konsantrasyonunun kıvam kriterlerini artırdığını ve bu nedenle daha çok beğeni topladığını belirtmişlerdir. Ancak, yoğurtlarda artan mTGaz enzim konsantrasyonu, tat ve koku puanını istatistiksel olarak önemli olmasa da düşürdüğünü rapor etmişlerdir. Özer vd. (2007) yoğurtlarda mTGaz konsantrasyonu ile yoğurtta koku ve tat için önemli olan asetaldehit içeriği arasında negatif bir korelasyon olduğunu bildirmişlerdir. El-Nour vd. (2004) ise mTGaz enzimi ilave edilmiş yoğurtların tat kriterinde daha düşük puan aldığını rapor etmişlerdir. Diğer taraftan, Kırmacı (2005), çalışmasında, değişik oranlarda mTGaz enzimi içeren yoğurt örneklerinde tat ve aroma değerlerinde enzim konsantrasyonunun bir etkisinin olmadığını belirtmiştir.

mTGaz enzim ilave edilmeden üretilen 1. deneme dizaynlarında YC350 ile üretilen yoğurtların relatif viskozite değerleri maksimum 50,37 kat artmıştır. EPS üretme özelliğine

sahip YoFlex Advance 2.0 ile üretilen yoğurtların bu değerleri ise maksimum 3,77 kat artmış ve yoğurtlarda sünme görülmüştür. mTGaz enzimi ilave edilerek üretilen yoğurtlarda iki kültürü karşılaştırmak için aynı mTGaz enzim ve protein oranı ile YC350 kültürü ile B yoğurdu, YoFlex Advance 2.0 ile C yoğurdu üretilmiştir. Depolama analizlerinde C yoğurdunun B yoğurduna kıyasla su tutma kapasitesi, sineresiz, sertlik, sıklık değerleri daha iyi sonuç vermiştir. B ve C yoğurtlarının ortalama relatif viskozite değerleri sırasıyla 399,4 ve 139,48 dir. Fakat enzim ilaveli B yoğurdunun relatif viskozite değeri enzimsiz relatif vizkosite değerine göre yaklaşık 13 kat artarken enzim ilaveli C yoğurdunun relatif viskozite değeri enzimsiz relatif vizkosite değerine göre yaklaşık 36 kat artmıştır. B ve C yoğurdunda aynı 3 U/g protein mTGaz enzim oranıyla aynı etkiyi gösterdiği baz alınır, C yoğurdunun üstünlüğü daha çok EPS oluşturan kültür kullanılmasıyla açıklanabilir. Madhubasani vd. (2019), yaptığı çalışmada yüksek EPS üreten kültürün daha düşük EPS üreten kültüre göre görünür viskozitesinin daha yüksek olduğunu bildirmiştir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda, keçi sütünün, terapötik özellikleri, hipoalerjenik olması ve besleyici özelliğinden dolayı beslenmede yer alması bu süte olan ilgiyi arttırmıştır. Yoğurt hem geleneksel hem de endüstriyel olarak çok fazla üretilen fermente bir süt ürünüdür. Zengin bileşimi bakımından oldukça önemli bir süt çeşidi olan keçi sütünden yoğurt üretimi bu tezin çıkış noktası olmuştur. Ancak, keçi sütünün inek sütüne göre bileşiminden kaynaklanan bazı farklılıklardan dolayı bu süttten üretilen yoğurdun jel sertliğinin düşük ve sineresizin yüksek olması teknolojik bir problem olarak görülmektedir. Bu teknolojik problemin üstesinden gelmek amacıyla bu çalışmada son yıllarda ülkemizde de kullanımı artan mTGaz enzimi kullanılmıştır.

Bu çalışmada, farklı konsantrasyonlarda protein ve mTGaz enzimi ilavesiyle ve iki farklı starter kültür kullanımıyla keçi sütünden yoğurt üretiminin gerçekleştirilmesi temel alınmıştır. Yanıt yüzey metodu kullanılarak oluşturulan deneme dizaynlarına göre yoğurt üretimleri gerçekleştirilmiştir.

-mTGaz enzimi ilave edilmeyen yoğurt denemelerinde her iki starter kültür için artan kültür oranının pH'yı daha çok düşürdüğü, asitliği daha çok geliştirdiği saptanmıştır. Optimum kültür oranı %0,2 olarak belirlenmiştir. Miseller kazein ilavesi ile sütteki kuru madde artışının YC350 yoğurtlarında, relatif viskozitesini arttırdığı tespit edilmiştir.

-mTGaz enzimi ilave edilerek üretilen yoğurt denemelerinde de her iki starter kültür için artan mTGaz enzim oranı relatif viskoziteyi arttırdığı saptanmıştır.

Bu sonuçlar doğrultusunda belirlenen optimum 4 grup üzerine depolama SDS-PAGE ve duyusal analizler yapılmıştır.

-SDS-PAGE analiz sonuçlarına göre, mTGaz enzim konsantrasyonunun artışıyla proteinlerin polimerizasyon oranının arttığı monomer bantların yoğunluğunun azaldığı saptanmıştır.

-Depolama analizleri sonucunda ise artan enzim konsantrasyonu yoğurdun, su tutma kapasitesini arttırdığı, sineresizi azalttığı, viskoziteyi arttırıp tekstürel özellikleri (sertlik, sıklık, yapışkanlık) iyileştirdiği tespit edilmiştir.

-Duyusal analiz sonuçlarına göre artan mTGaz enzim konsantrasyonu, yoğurtlarda görünüş ve kıvamı iyileştirdiği saptanmıştır. Panelistler tarafından tüm yoğurtlar beğenilmiştir.

-YC350 ile YoFlex Advance 2.0 starter kültürleri karşılaştırıldığında, mTGaz enzim ilaveli YoFlex Advance 2.0 ile üretilen yoğurtlar, depolama analizlerinde daha iyi sonuçlar vermiştir. Bu kültürün, SDS-PAGE analizinde de daha çok çapraz bağ oluşturduğu gözlemlenmiştir. Duyusal analizlerde ise koku ve tat kriterinde YC350 kültürü ile üretilen yoğurtlar daha yüksek puan almışlardır.

Sonuç olarak yapılan bu çalışmada artan protein ve mTGaz enzim oranının keçi sütü yoğurdunun, su tuma kapasitesinde artma, sineresizde azalma, viskozitede artma ve tekstürel özelliklerinde iyileştirme sağladığı saptanmıştır. Her iki starter kültür için, keçi sütüne %2 protein ve en az 3 U/g protein mTGaz enzimi ilavesi ile üretilen keçi sütü yoğurdunun teknolojik problemleri aşacağı ve tüketici tarafından beğenileceği düşünülmektedir. Ayrıca ülkemizde benzer konuda yapılmış çok az çalışmanın bulunması bu konuda bir eksikliğin kapatılmasını sağlayacaktır. Çalışmamızın, bilime ve teknolojiye katkı sağlayacak ve yapılacak çalışmalara temel oluşturacak bir çalışma olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre, yapılabilecek başlıca öneriler şu şekilde ifade edilebilir. Öncelikle daha sonraki çalışmalarda yine yanıt yüzey yöntemi kullanarak gerek starter kültür konsantrasyonu gerekse mTGaz enzimi konsantrasyonu üzerinden pH, SH, %laktik asit, relatif viskozite verileri saptanarak bu koşullarda starter kültürün etkileri araştırılabilir. Ayrıca elde edilen yoğurtlarda mTGaz enziminin etkisini araştırmak için SEM ile mikroyapı analizleri gerçekleştirilebilir. Bunların yanısıra GC veya GC/MS ile yoğurtlarda oluşan aroma maddeleri tespit edilebilir. Bu tür yoğurtları özellikle çocuklar için daha cazip hale getirebilmek adına probiyotik bakteri ilavesi, aroma, meyve püresi ilavesi gibi teknolojik uygulamalar da yapılabilir.



## KAYNAKLAR

- Abdellah, M., Ahcne, H., Benalia, Y., Saad, B., Abdelmalek, B. (2014). Screening for exopolysaccharide-producing strains of thermophilic lactic acid bacteria isolated from Algerian raw camel milk. *African Journal of Microbiology Research*, 8(22), 2208–2214. doi:10.5897/AJMR2014.6759
- Abdhul, K., Ganesh, M., Shanmughapriya, S., Kanagavel, M., Anbarasu, K., Natarajaseenivasan, K. (2014). Antioxidant activity of exopolysaccharide from probiotic strain *Enterococcus faecium* (BDU7) from Ngari. *International Journal Of Biological Macromolecules*, 70, 450-454. doi:10.1016/j.ijbiomac.2014.07.026
- Akbari, M., Razavi, S.H., Kieliszek, M. (2021). Recent advances in microbial transglutaminase biosynthesis and its application in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 458-469. doi: 10.1016/j.tifs.2021.02.036
- Alichanidis, E. ve Polychroniadou, A. (1996, October 19-21). *Special features of dairy products from ewe and goat milk from the physicochemical and organoleptic point of view* [Conference presentation proceeding]. International Dairy Federation, Production and utilization of ewe and goat milk, Crete, Greece.
- Almalki, M.A. (2020). Exopolysaccharide production by a new *Lactobacillus lactis* isolated from the fermented milk and its antioxidant properties. *Journal of King Saud University-Science*, 32(2), 1272-1277. doi:10.1016/j.jksus.2019.11.002
- Aloğlu, H.Ş., ve Öner, Z. (2013). The effect of treating goat's milk with transglutaminase on chemical, structural, and sensory properties of labneh. *Small Ruminant Research*, 109(1), 31-37. doi:10.1016/j.smallrumres.2012.10.005
- Aloisi, I., Cai, G., Serafini-Fracassini, D. Duca, S.D. (2016). Transglutaminase as polyamine mediator in plant growth and differentiation. *Amino Acids*, 48(10), 2467–2478. <https://doi.org/10.1007/s00726-016-2235-y>

- Alonso, L., Fontecha, J., Lozada, L., Fraga, M.J., Juárez, M. (1999). Fatty acid composition of caprine milk: major, branched-chain, and trans fatty acids. *Journal of Dairy Science*, 82(5), 878-884. doi:10.3168/jds.S0022-0302(99)75306-3
- Ando, H., Adachi, M., Umeda, K., Matsuura, A., Nonaka, M., Uchio, R. (1989). Purification and characteristics of a novel transglutaminase derived from microorganisms. *Agricultural & Biological Chemistry*, 53(10), 2613–2617. <https://doi.org/10.1080/00021369.1989.10869735>
- AOAC. (2012). Official Methods Of Analysis. Washington, Association of official analytical chemists.
- Ardelean, A.I., Otto, C., Jaros, D., Rohm, H. (2012). Transglutaminase treatment to improve physical properties of acid gels from enriched goat milk. *Small Ruminant Research*, 106(1), 47-53. doi:10.1016/j.smallrumres.2012.05.002
- Attaie, R. ve Richter, R.L. (2000). Size distribution of fat globules in goat milk. *Journal of Dairy Science*, 83(5), 940-944. doi:10.3168/jds.S0022-0302(00)74957-5
- Azhar, M.A. ve Salim, N. (2017). Isolation and molecular characterization of local goat milk casein for nutraceutical value. *MATEC Web of Conferences*, 97,1-5. doi: 10.1051/mateconf/20179701084
- Bano, P., Abdullah, M., Nadeem, M., Babar, M.E., Khan, G.A. (2011). Preparation of functional yoghurt from sheep and goat milk blends. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 48(3), 211-215.
- Bengoa, A.A., Llamas, M.G., Iraporda, C., Dueñas, M.T., Abraham, A.G., Garrote, G.L. (2018). Impact of growth temperature on exopolysaccharide production and probiotic properties of *Lactobacillus paracasei* strains isolated from kefir grains. *Food Microbiology*, 69, 212-218. doi:10.1016/j.fm.2017.08.012
- Bierzuńska, P., Cais-Sokolińska, D., Yiğit, A. (2019). Storage stability of texture and sensory properties of yogurt with the addition of polymerized whey proteins. *Foods*, 8(11), 1-9. doi:10.3390/foods8110548
- Christensen, B.M., Sørensen, E.S., Højrup, P., Petersen, T.E., Rasmussen, L.K. (1996). Localization of potential transglutaminase cross-linking sites in bovine caseins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(7), 1943-1947. doi:10.1021/jf9602131

- Ciron, C.I.E., Gee, V.L., Kelly, A.L., Auty, M.A.E. (2010). Comparison of the effects of high-pressure microfluidization and conventional homogenization of milk on particle size, water retention and texture of non-fat and low-fat yoghurts. *International Dairy Journal*, 20(5), 314-320. doi:10.1016/j.idairyj.2009.11.018
- Costa, R.G., Beltrão Filho, E.M., de Sousa, S., da Cruz, G.R.B., Queiroga, R.D.C.R.D.E., da Cruz, E.N. (2016). Physicochemical and sensory characteristics of yoghurts made from goat and cow milk. *Animal Science Journal*, 87(5), 703-709. doi:10.1111/asj.12435
- Cui, L., Du, G., Zhang, D., Liu, H., Chen, J. (2007). Purification and characterization of transglutaminase from a newly isolated *Streptomyces hygroscopicus*. *Food Chemistry*, 105(2), 612–618. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.020>
- Dahunsi, A. T. A., Jeyaram, K., Sanni, A. I., Banwo, K. (2018). Production of exopolysaccharide by strains of *Lactobacillus plantarum* YO175 and OF101 isolated from traditional fermented cereal beverage. *Biology, Medicine Published in Peer J*, 6: 5326. <https://doi.org/10.7717/peerj.5326>
- Damin, M.R., Alcântara, M.R., Nunes, A.P., Oliveira, M.N. (2009). Effects of milk supplementation with skim milk powder, whey protein concentrate and sodium caseinate on acidification kinetics, rheological properties and structure of nonfat stirred yogurt. *LWT-Food Science and Technology*, 42(10), 1744-1750. doi:10.1016/j.lwt.2009.03.019
- Desobry, B.S., Vetier, N., Hardy, J. (1999). Health Benefits of Yoghurt Consumption. A review. *International Journal of Food Properties*, 2(1), 1-12. doi: 10.1080/10942919909524585
- Domagała, J. (2009). Instrumental texture, syneresis and microstructure of yoghurts prepared from goat, cow and sheep milk. *International Journal of Food Properties*, 12(3), 605-615. doi: 10.1080/10942910801992934
- Domagała, J. (2012). Instrumental texture, syneresis, and microstructure of yoghurts prepared from ultrafiltrated goat milk: Effect of degree of concentration. *International Journal of Food Properties*, 15(3), 558-568. doi: 10.1080/10942912.2010.492545

- Domagała, J., Wszolek, M., Dudzińska, A. (2012). The influence of the fortification method and starter culture type on the texture and microstructure of probiotic yoghurts prepared from goat's milk. *Milchwissenschaft*, 67(2), 172-176. doi:10.1080/10942912.2010.492545
- Domagała, J., Wszolek, M., Tamime, A.Y., Kupiec-Teahan, B. (2013). The effect of transglutaminase concentration on the texture, syneresis and microstructure of set-type goat's milk yoghurt during the storage period. *Small Ruminant Research*, 112(1-3), 154-161. doi:10.1016/j.smallrumres.2012.12.003
- Duarte, L., Matte, C.R., Bizarro, C.V., Ayub, M.A. (2020). Transglutaminases: Part I—origins, sources, and biotechnological characteristics. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 36(1), 15. <https://doi.org/10.3390/biom4010117>
- El-Agamy, E.I. (2007). The challenge of cow milk protein allergy. *Small Ruminant Research*, 68(1-2), 64-72. doi:10.1016/j.smallrumres.2006.09.016
- El-Nour, A.M.A., El-Kholy, A.M., El-Salam, M.H.A. (2004). Rheological properties of cows milk yoghurt treated by transglutaminase (TGase). *Egyptian Journal of Dairy Science*, 32, 73-86.
- Ergene, E. ve Avcı, A. (2016). Microbial exopolisaccharides. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(2), 193-202.
- Erkaya, T. ve Sengül, M. (2008). Yoğurtta aroma bileşenleri. *Hasad Gıda*, 24(278), 32-37.
- Faergemand, M., Sorensen, M.V., Jorgensen, U., Budolfsen, G., Qvist, K.B. (1999). Transglutaminase: effect on instrumental and sensory texture of set styleyoghurt. *Milchwissenschaft*, 54(10), 563-566.
- Farnsworth, J.P., Li, J., Guo, M.R. (2003). Improved structure and consistency of probiotic goat's milk yogurt. *Australian Journal of Dairy Technology*, 58(2), 187.
- Farnsworth, J.P., Li, J., Hendricks, G. M., Guo, M.R. (2006). Effects of transglutaminase treatment on functional properties and probiotic culture survivability of goat milk yogurt. *Small Ruminant Research*, 65(1-2), 113-121. doi:10.1016/j.smallrumres.2005.05.036

- Folkenberg, D.M., Dejmek, P., Skriver, A., Guldager, H.S., Ipsen, R. (2006). Sensory and rheological screening of exopolysaccharide producing strains of bacterial yoghurt cultures. *International Dairy Journal*, 16(2), 111-118. doi:10.1016/j.idairyj.2004.10.013
- García-Gómez, B., Romero-Rodríguez, Á., Vázquez-Odériz, L., Muñoz-Ferreiro, N., Vázquez, M. (2020). Effect of storage time on sensory and instrumental properties of skim-milk yoghurt obtained with microbial transglutaminase. *International Journal of Dairy Technology*, 73(1), 157-167. doi: 10.1111/1471-0307.12648
- Giosafatto, C.V.L., Al-Asmar, A., Mariniello, L. (2018). Transglutaminase protein substrates of food interest. M. Kuddus (Ed.), *Enzymes in food technology: Improvement and innovation içinde* (pp. 293–317). Singapore: Springer Nature Singapore Private Limited.
- Guo, M. (2003). Goat's milk. B. Caballero, L. Trugo, P. Finglas (Eds.), In *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. (pp. 2944-2949). London: Academic Press.
- Guzmán-González, M., Morais, F., Ramos, M., Amigo, L. (1999). Influence of skimmed milk concentrate replacement by dry dairy products in a low fat set-type yoghurt model system. I: Use of whey protein concentrates, milk protein concentrates and skimmed milk powder. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(8), 1117-1122. doi: 10.1002/(SICI)1097-0010(199906)79:8<1117::AID-JSFA335>3.0.CO;2-F
- Gürsel, A., Gursoy, A., Anli, E.A.K., Budak, S.O., Aydemir, S., Durlu-Ozkaya, F. (2016). Role of milk protein-based products in some quality attributes of goat milk yogurt. *Journal of Dairy Science*, 99(4), 2694-2703. doi: 10.3168/jds.2015-10393
- Haenlein, G.F.W. (2004). Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*, 51(2), 155-163. doi:10.1016/j.smallrumres.2003.08.010
- Hovjecki, M., Miloradovic, Z., Vladislav, A., Pudja, P., Miocinovic, J. (2020). Influence of heat treatment of goat milk on casein micelle size, rheological and textural properties of acid gels and set type yoghurts. *Journal of Texture Studies*, 1-8. doi: 10.1111/jtxs.12524
- Hovjecki, M., Miloradovic, Z., Mirkovic, N., Radulovic, A., Pudja, P., Miocinovic, J. (2021). Rheological and textural properties of goat milk set type yoghurt as affected by heat treatment, transglutaminase addition and storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1-9. doi: 10.1002/jsfa.11242

- Imm, J.Y., Lian, P., Lee, C.M. (2000). Gelation and water binding properties of transglutaminase-treated skim milk powder. *Journal of Food Science*, 65(2), 200-205. doi: 10.1111/j.1365-2621.2000.tb15979.x
- Iyer, A., Mody, K., Jha, B. (2005). Characterization of an exopolysaccharide produced by a marina *Enterobacter cloacae*. *Indian Journal of Experimental Biology*, 43(5), 467-471.
- Joon, R., Mishra, S.K., Brar, G.S., Singh, P.K., Panwar, H. (2017). Instrumental texture and syneresis analysis of yoghurt prepared from goat and cow milk. *The Pharma Innovation*, 61(7), 971-974.
- Jumah, R.Y., Abu-Jdayil, B., Shaker, R.R. (2001). Effect of type and level of starter culture on the rheological properties of set yogurt during gelation process. *International Journal of Food Properties*, 4(3), 531-544. doi:10.1081/JFP-100108654
- Kanmani, P., Albarracin, L., Kobayashi, H., Iida, H., Komatsu, R., Kober, A. H., ... Kitazawa, H. (2018). Exopolysaccharides from *Lactobacillus delbrueckii* OLL1073R-1 modulate innate antiviral immune response in porcine intestinal epithelial cells. *Molecular immunology*, 93, 253-265. doi: 10.1016/j.molimm.2017.07.009
- Karademir, E., Atamer, M., Tamucay, B., Yaman, S. (2002). Some properties of goat milk yoghurts produced by different fortification methods. *Milchwissenschaft*, 57(5), 261-263.
- Karagül-Yüceer, Y., Cadwallader, K.R., Drake, M. (2002). Volatile flavor components of stored nonfat dry milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(2), 305-312. doi:10.1021/jf010648a
- Kavas, G., Uysal, H., Kilic, S., Akbulut, N., Kesenkas, H. (2004). Production and Selected Properties of Bioghurt Made from Goat Milk and Cow-Goat Milk Mixtures by Ultrafiltration and Addition of Skim Milk Powder. *International Journal of Food Properties*, 7(3), 473-482. doi:10.1081/JFP-200032939
- Kırmacı, H.A. (2005). *Yağsız Yoğurtlarda Transglutaminaz Enzimi Kullanımının Yoğurdun Tekstürel Özellikleri Üzerine Etkileri*. Yüksek lisans tezi (basılmamış), Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

- Kieliszek, M. ve Misiewicz, A. (2014). Microbial transglutaminase and its application in the food industry. A review. *Folia Microbiologica*, 59(3), 241–250. <https://doi.org/10.1007/s12223-013-0287-x>
- Kieliszek, M., Błazejak, S. (2017). Microbial transglutaminase and applications in food industry. R.C. Ray, C.M. Rosell (Eds.), *Microbial Enzyme Technology in Food Applications* içinde(pp. 180–194). CRC Press.
- Krasaekoopt, W., Bhandari, B., Deeth, H. (2005). Comparison of gelation profile of yoghurts during fermentation measured by RVA and ultrasonic spectroscopy. *International Journal of Food Properties*, 8(2), 193-198.
- Kurt, A., Çakmakçı, S. Çağlar, A. (1996). *Süt ve mamülleri muayene ve analiz metotları rehberi*. (Yayın no:18) Erzurum: Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Kurt, Ş. ve Zorba, Ö. (2004). Transglutaminaz ve proteinlerin modifikasyonunda kullanımı. *Gıda*, 29(5), 357-364.
- Laemmli, U.K., 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227, 680–685.
- London, L.E.E., Chaurin, V., Auty, M.A.E., Fenelon, M.A., Fitzgerald, G.F., Ross, R.P., Stanton, C. (2015). Use of *Lactobacillus mucosae* DPC 6426, an exopolysaccharide-producing strain, positively influences the techno-functional properties of yoghurt. *International Dairy Journal*, 40, 33–38. doi:10.1016/j.idair yj.2014.08.011
- Lorenzen, P.C., Neve, H., Mautner, A., Schlimme, E. (2002). Effect of enzymatic cross-linking of milk proteins on functional properties of set-style yoghurt. *International Journal of Dairy Technology*, 55(3), 152-157. doi:10.1046/j.1471-0307.2002.00065.x
- Madhubasani, G.B.L., Prasanna, P.H.P., Chandrasekara, A., Gunasekara, D.C.S., Senadeera, P., Chandramali, D.V.P., Vidanarachchi, J.K. (2020). Exopolysaccharide producing starter cultures positively influence on microbiological, physicochemical, and sensory properties of probiotic goats' milk set-yoghurt. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(3), 14361. doi:10.1111/jfpp.14361

- Malek, A., Shadarevian, S., Toufeili, I. (2001). Sensory properties and consumer acceptance of concentrated yogurt made from cow's, goat's and sheep's milk. *Milchwissenschaft*, 56(12), 687-689.
- Marafon, A.P., Sumi, A., Granato, D., Alcântara, M.R., Tamime, A.Y., de-Oliveira, M.N. (2011). Effects of partially replacing skimmed milk powder with dairy ingredients on rheology, sensory profiling, and microstructure of probiotic stirred-type yogurt during cold storage. *Journal of Dairy Science*, 94(11), 5330-5340. doi:10.3168/jds.2011-4366
- Mariniello, L., Di Pierro, P., Giosafatto, C.V.L., Sorrentino, A., Porta, R. (2008). Transglutaminase in food biotechnology. R. Porta, P. Di Pierro, L. Mariniello (Eds.), Recent research developments in food biotechnology. Enzymes as additives or processing aids içinde (pp. 185–211). Trivandrum, Kerala: Research Signpost.
- Martins, I.M., Matos, M., Costa, R., Silva, F., Pascoal, A., Estevinho, L.M., (2014). Transglutaminases: Recent achievements and new sources. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98(16), 6957–6964. <https://doi.org/10.1007/s00253-014-5894-1>
- Medina, M., Nunez, M. (2004). Cheeses made from ewe's and goat's milk. In P.F. Fox, P.L.M. McSweeney, T.M Cogan, T.P. Guinee (Eds.), *Cheese: chemistry, physics and microbiology Volume 2*, (3. bs., pp. 279–299). Elsevier Academic Press.
- Mituniewicz-Małek, A., Ziarno, M., Dmytrów, I. (2014). Incorporation of inulin and transglutaminase in fermented goat milk containing probiotic bacteria. *Journal of Dairy Science*, 97(6), 3332-3338. doi:10.3382/ps.2014-7892
- Najgebauer-Lejko, D., Żmudziński, D., Ptaszek, A., Socha, R. (2014). Textural properties of yogurts with green tea and Pu-erh tea additive. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(4), 1149-1158. doi:10.1111/ijfs.12411
- Nguyen, H.T., Afsar, S., Day, L. (2018). Differences in the microstructure and rheological properties of low-fat yoghurts from goat, sheep and cow milk. *Food Research International*, 108, 423-429. doi:10.1016/j.foodres.2018.03.040
- Oliveira, D.L., Wilbey, R.A., Grandison, A.S., Roseiro, L.B. (2015). Milk oligosaccharides: A review. *International Journal of Dairy Technology*, 68(3), 305-321. doi:10.1111/1471-0307.12209



- Öner, Z. (2006). İnek ve Keçi Sütü Kullanılarak Üretilen Yoğurtlarda Transglutaminaz Enziminin ve Sodyum Kazeinatın Etkisi. *Akademik Gıda*, 4(3), 6-9.
- Öner, Z. ve Aloğlu, H.Ş. (2018). *Süt ve süt ürünleri analiz yöntemleri*. (1. Baskı). Sıdaş Yayınları.
- Özcan, T. ve Yıldız, E. (2016). Sebze püresi ile üretilen yoğurtların tekstürel ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(7), 579-587.
- Özer, B. (2006). *Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi*. İzmir: Toprak Ofset.
- Özer, B., Kirmaci, H. A., Oztekin, S., Hayaloglu, A., Atamer, M. (2007). Incorporation of microbial transglutaminase into non-fat yogurt production. *International Dairy Journal*, 17(3), 199–207. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2006.02.007>
- Özrenk, E. (2006). The use of transglutaminase in dairy products. *International Journal of Dairy Technology*, 59(1), 1-7. doi: 10.1111/j.1471-0307.2006.00220.x
- Pakseresht, S., Tehrani, M.M., Razavi, S.M.A. (2017). Optimization of low-fat set-type yoghurt: effect of altered whey protein to casein ratio, fat content and microbial transglutaminase on rheological and sensorial properties. *Journal of Food Science and Technology*, 54(8), 2351-2360. doi: 10.1007/s13197-017-2675-8
- Park, Y.W. (2006). Goat milk chemistry and nutrition. In Y.W. Park, G.F.W. Haenlein (Eds.), *Handbook of milk of non-bovine mammals*, (pp. 34-58) Blackwell Publishing.
- Park, Y.W., Juárez, M., Ramos, M., Haenlein, G.F.W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(1-2), 88-113. doi:10.1016/j.smallrumres.2006.09.013
- Patel, A. ve Prajapat, J.B. (2013). Food and health applications of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria. *Advances in Dairy Research*, 1-8. doi:10.4172/2329-888X.1000107
- Patel, A.S. ve Roy, S.K. (2016). Comparative rheological study of goat milk yoghurt and cow milk yoghurt. *Indian Journal of Dairy Science*, 69(1), 124-127.
- Penna, A.L.B. ve Barbosa-Cánovas, G.V. (2007). High hydrostatic pressure processing on microstructure of probiotic low-fat yogurt. *Food Research International*, 40(4), 510-519. doi:10.1016/j.foodres.2007.01.001

- Prasanna, P.H.P., Grandison, A.S., Charalampopoulos, D. (2013). Microbiological, chemical and rheological properties of low fat set yoghurt produced with exopolysaccharide (EPS) producing Bifidobacterium strains. *Food Research International*, 51(1), 15–22. doi:10.1016/j.foodres.2012.11.016
- Raynal-Ljutovac, K., Lagriffoul, G., Paccard, P., Guillet, I., Chilliard, Y. (2008). Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small ruminant research*, 79(1), 57-72. doi:10.1016/j.smallrumres.2008.07.009
- Reeta, K.S., Ankita, J. Ramadevi, N. (2015). Fortification of Yogurt with Health-Promoting Additives: A review. *Research and Reviews: Journal of Food and Dairy Technology*, 3, 9-17.
- Ribeiro, A.C., ve Ribeiro, S.D.A. (2010). Specialty products made from goat milk. *Small Ruminant Research*, 89(2-3), 225-233. doi:10.1016/j.smallrumres.2009.12.048
- Rodriguez-Nogales, J.M. (2006). Effect of preheat treatment on the transglutaminase-catalyzed cross-linking of goat milk proteins. *Process Biochemistry*, 41(2), 430-437. doi:10.1016/j.procbio.2005.07.009
- Romeih, E. ve Walker, G. (2017). Recent advances on microbial transglutaminase and dairy application. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 133–140. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.02.015>
- Santhi, D., Kalaikannan, A., Malairaj, P., Arun Prabhu, S. (2017). Application of microbial transglutaminase in meat foods: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(10), 2071–2076. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.945990>
- Sezgin, E., Yıldırım, Z., Karagül, Y. (1994). *L. acidophilus* ve *B. bifidum* kullanılarak yapılan bazı fermente süt ürünleri üzerinde araştırmalar. TÜBİTAK Veterinerlik ve Hayvancılık Araştırma Grubu- VHAG-953 nolu Proje Kesin raporu, Ankara.
- Singh, P., Kumar, S. (2019). Microbial enzyme in food biotechnology. Kuddus M. (Ed.), *Enzymes in food biotechnology içinde* (4.bs., pp. 19–28). Academic press
- Suriasih, K., Hartawan, M., Sucipta, N., Lindawati, S. A., Okarini, I.A. (2014). Microbiological, chemical and sensory characteristics of yoghurt prepared from blended cow and goat milk. *Food Science and Quality Management*, 34, 93-102.

- Szczepanik, A. ve Libudzisz, Z. (2000). Goat's milk and its properties. *Polish Dairy Journal*, 5, 136-139.
- Şanlı, T., Sezgin, E., Şenel, E., Benli, M., (2011). Geleneksel Yöntemle Ayran Üretiminde Transglutaminaz Kullanımının Ayranın Özellikleri Üzerine Etkileri. *Gıda*, 36(4), 217-224.
- Tamime, A.Y., Robinson, R.K. (1999). *Yoghurt: science and technology*. Woodhead Publishing.
- T.C. Et ve Süt Kurumu Genel Müdürlüğü [ESK]. (2019). Sektör Değerlendirme Raporu. Ankara
- Tükenmez, Ü. ve Aslım, B. (2018). Probiyotik Kaynaklı, Muhtemel Prebiyotik Özelliğe Sahip Ekzopolisakkarit (EPS)'lerin Biyolojik ve Fonksiyonel Özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 25(4), 487-497. doi:10.17343/sdutfd.343111
- Türk Gıda Kodeksi [TGK]. (2009). *Fermente Süt Ürünleri Tebliği* (Tebliğ No:2009/25). T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara.
- Türk Gıda Kodeksi [TGK]. (2012). *Türk Gıda Kodeksi Koyulaştırılmış Süt ve Süttozlarının Kimyasal Analizi İçin Numune Alma Metotları Tebliği*. Tebliğ No: 2012/3 T.C. Resmi Gazete 4.01.2012, Sayı:28163.
- Türk Gıda Kodeksi [TGK]. (2019). *İçme Sütleri Tebliği*. Tebliğ no: 2019/12. T.C. Resmi Gazete 27.02.2019, Sayı:30699.
- Türk Standartları Enstitüsü [TSE] (2006). *Yoğurt standardı*, 1330, Ankara.
- Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK]. (2021). Süt ve Süt ürünleri Üretimi. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sut-ve-Sut-Urunleri-Uretimi-Ocak-2021-37232> (E.T. 06.04.2021)
- Uran, H., Aksu, F., Yılmaz, İ., Durak, M.Z. (2013). Transglutaminaz enziminin tavuk köftesinin kalite özelliklerine etkisi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 19(2), 331-335.

- Vargas, M., Cháfer, M., Albors, A., Chiralt, A., González-Martínez, C. (2008). Physicochemical and sensory characteristics of yoghurt produced from mixtures of cows' and goats' milk. *International Dairy Journal*, 18(12), 1146-1152. doi:10.1016/j.idairyj.2008.06.007
- Vianna, F.S., Canto, A.C.V.D.C.S., Costa-Lima, B., Salim, A.P., Balthazar, C.F., Costa, M.P., ... Silva, A.C.D.O. (2019). Milk from different species on physicochemical and microstructural yoghurt properties. *Ciência Rural*, 49(6). doi:10.1590/0103-8478cr20180522
- Wang, L., Yu, B., Wang, R., Xie, J. (2018). Biotechnological routes for transglutaminase production: Recent achievements, perspectives and limits. *Trends in Food Science & Technology*, 81, 116–120. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.015>
- Wardani, S.K., Cahyanto, M.N., Rahayu, E.S., Utami, T. (2017). The effect of inoculum size and incubation temperature on cell growth, acid production and curd formation during milk fermentation by *Lactobacillus plantarum* Dad 13. *International Food Research Journal*, 24(3), 923-926.
- Wei, Y., Li, F., Li, L., Huang, L., Li, Q. (2019). Genetic and biochemical characterization of an exopolysaccharide with in vitro antitumoral activity produced by *Lactobacillus fermentum* YL-11. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1-11. doi:10.3389/fmicb.2019.02898
- Yamauchi, R., Maguin, E., Horiuchi, H., Hosokawa, M., Sasaki, Y. (2019). The critical role of urease in yogurt fermentation with various combinations of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. *Journal of Dairy Science*, 102(2), 1033-1043. doi:10.3168/jds.2018-15192
- Ye, S., Liu, F., Wang, J., Wang, H., Zhang, M. (2012). Antioxidant activities of an exopolysaccharide isolated and purified from marine *Pseudomonas* PF-6. *Carbohydrate Polymers*, 87(1), 764-770. doi:10.1016/j.carbpol.2011.08.057
- Yıldız, S. (2019). Yoğurt Kaynaklı Laktik Asit Bakterilerinin Starter Kültür ve Ekzopolisakarit Üretim Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi (basılmamış), Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Yüksel, Z. ve Erdem, Y.K. (2007). Gıda endüstrisinde transglutaminaz uygulamaları: 1. Enzimin genel özellikleri. *Gıda*, 32(6), 287-292.

Yüksel, Z. ve Erdem, YK. (2009). Modification of bovine milk protein system by transglutaminase. *The Journal of Food*, 34(6), 345-350.

Zhu, Y. ve Tramper, J. (2018). Novel applications for microbial transglutaminase beyond food processing. *Trends in Biotechnology*, 26(10), 559–565. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2008.06.006>



## EKLER

### EK-1

#### Yoğurt Standardı (TS 1330) Belirtilen Kriterler

<b>Kriter</b>	<b>Puan</b>
<b><u>Görünüş</u></b>	
Temiz, parlak, süt renginde*, serum ayrılması olmamış, çatlak ve gaz kabarcığı bulunmayan, homojen	5
Temiz, süt renginde, serum ayrılması olmamış, çatlak ve gaz kabarcığı bulunmayan,	4
Temiz, mat, grimsi, az sayıda çatlak ve az miktarda serum ayrılmış,	3
Süt renginden farklı değişik renk meydana gelmesi, çok sayıda çatlak, gaz kabarcığı bulunan, serumu ayrılmış, gözle görülebilen her türlü yabancı madde bulunan	1-2
<b><u>Kıvam</u></b>	
Kaşıkla alınan kesitte dolgun kıvamda, düzgün yapıda, homojen, karıştırıldıktan sonra koyu bir akıcılık, serumu hemen ayrılmayan, dille damak arasında kolay dağılmayan	5
Alınan kesitte dolgun kıvamda, düzgün yapıda, homojen, karıştırıldıktan sonra koyu bir akıcılık, serumu az ayrılan, dille damak arasında en az dağılan, dolgun yapıda homojen	4
Alınan kesitte akıcılığı az, hafif pütürlü yapıda, karıştırıldıktan sonra akıcı ve serumu hemen ayrılan, ağıza alındığında dağılan, hafif pütürlü	3
Alınan kesitte çok akıcı, homojen olmayan ve pütürlü, karıştırıldıktan sonra çok akıcı hemen ve fazla miktarda serumu ayrılan, dipte tortu bulunduran, dille damak arasında tutulamayan, akıcı, homojen olmayan	1-2
<b><u>Koku</u></b>	
Kendine has hoş kokuda	4-5
Kendine has olmayan veya yabancı koku ihtiva eden	3
Kendine has olmayan, alkolsü, yanık veya yabancı koku ihtiva eden	1-2
<b><u>Tat</u></b>	
Kendine has hafif ekşimsi tatta olan	5
Hafif ekşimsi veya hafif tatlımsı	4
Ekşimsi, hafif acımsı, hafif küfümsü, hafif sabunumsu ya da hafif yanık tatta olan ve benzeri yabancı tat içeren	3
Aşırı derecede ekşimsi, acımsı, küfümsü, sabunumsu yanık tatta olan ve benzeri yabancı tat içeren	1-2

\*Homojenize edilmemiş yoğurtlarda süt yağından kaynaklanan açık sarımsı, homojenize yoğurtlarda porselen beyaz renkte.



**EK-2**

## 1. deneme dizaynı YC350 Starter Kültürlü Yoğurtlar

<b>Grup</b>	<b>Saat</b>	<b>pH</b>	<b>SH</b>	<b>%Laktik asit</b>	<b>Relatif viskozite</b>
<b>1</b>	0	6,26	8	0,180	1,00
	1	5,44	20	0,450	1,14
	2	4,87	43	0,968	2,94
	3	4,43	59	1,328	14,79
	4	4,25	61	1,373	20,24
<b>2</b>	0	6,23	10	0,225	1,00
	1	5,15	28	0,630	1,43
	2	4,64	49	1,103	10,62
	3	4,3	61	1,373	32,63
	4	4,1	65	1,463	50,37
<b>3</b>	0	6,29	9	0,203	1,00
	1	5,78	16	0,360	1,01
	2	5,07	29	0,653	5,24
	3	4,75	45	1,013	23,30
	4	4,5	58	1,305	40,04
<b>4</b>	0	6,32	8	0,180	1,00
	1	6,11	9	0,203	1,13
	2	5,25	22	0,495	1,12
	3	4,95	41	0,923	9,79
	4	4,7	49	1,103	13,19
<b>5</b>	0	6,3	8	0,180	1,00
	1	5,4	21	0,473	1,01
	2	4,74	47	1,058	7,63
	3	4,6	50	1,125	20,47
	4	4,35	60	1,350	38,97
<b>6</b>	0	6,35	10	0,225	1,00
				0,000	0,00
	2	6,35	11	0,248	1,02
				0,000	0,00
	4	6,34	10	0,225	1,14



<b>7</b>	0	6,28	7	0,158	1,00
	1	5,64	22	0,495	0,93
	2	4,81	43	0,968	3,36
	3	4,72	47	1,058	15,19
	4	4,43	58	1,305	33,35
<b>8</b>	0	6,33	7	0,158	1,00
	1	5,59	18	0,405	1,04
	2	5,03	31	0,698	1,19
	3	4,71	48	1,080	28,34
	4	4,44	58	1,305	45,67
<b>9</b>	0	6,39	7	0,158	1,00
	1	5,6	20	0,450	1,08
	2	4,89	39	0,878	2,34
	3	4,52	50	1,125	18,82
	4	4,3	61	1,373	25,93
<b>10</b>	0	6,28	9	0,203	1,00
	1	5,38	24	0,540	1,12
	2	4,55	52	1,170	5,09
	3	4,32	60	1,350	11,10
	4	4,15	63	1,418	17,73
<b>11</b>	0	6,29	8	0,180	1,00
	1	5,5	21	0,473	1,19
	2	4,95	35	0,788	1,67
	3	4,7	48	1,080	10,24
	4	4,33	60	1,350	26,05
<b>12</b>	0	6,36	8	0,180	1,00
	1	6,12	9	0,203	1,06
	2	5,3	20	0,450	1,04
	3	5,05	28	0,630	7,37
	4	4,62	51	1,148	18,90

1. deneme dizaynı YoFlex Advance 2.0 Starter Kültürlü Yoğurtlar

<b>Grup</b>	<b>Saat</b>	<b>pH</b>	<b>SH</b>	<b>%Laktik asit</b>	<b>Relatif viskozite</b>
<b>1</b>	0	6,51	9	0,203	1,00
	1	5,36	30	0,675	1,15
	2	4,96	46	1,035	1,13
	3	4,82	55	1,238	1,56
	4	4,66	62	1,395	4,46
<b>2</b>	0	6,47	11	0,248	1,00
	1	5,35	34	0,765	1,00
	2	5,00	46	1,035	1,03
	3	4,87	55	1,238	1,07
	4	4,75	63	1,418	1,70
<b>3</b>	0	6,45	11	0,248	1,00
	1	5,80	26	0,585	1,09
	2	5,22	44	0,990	1,08
	3	5,01	49	1,103	1,15
	4	4,89	58	1,305	1,15
<b>4</b>	0	6,52	8	0,180	1,00
	1	6,29	13	0,293	1,09
	2	5,54	23	0,518	1,07
	3	5,34	38	0,855	1,15
	4	5,12	42	0,945	1,17
<b>5</b>	0	6,53	10	0,225	1,00
	1	5,68	25	0,563	1,00
	2	5,10	41	0,923	1,03
	3	4,92	51	1,148	1,03
	4	4,84	59	1,328	1,08
<b>6</b>	0	6,53	10	0,225	1,00
	2	6,53	11	0,248	1,08
	4	6,53	10	0,225	1,12

<b>7</b>	0	6,50	11	0,248	1,00
	1	5,71	23	0,518	1,04
	2	5,12	40	0,900	1,07
	3	4,92	51	1,148	1,08
	4	4,80	62	1,395	1,27
<b>8</b>	0	6,47	11	0,248	1,00
	1	5,59	33	0,743	1,13
	2	5,25	45	1,013	1,14
	3	4,92	50	1,125	1,15
	4	4,81	55	1,238	3,31
<b>9</b>	0	6,37	12	0,270	1,00
	1	5,67	25	0,563	0,96
	2	5,10	42	0,945	1,07
	3	4,93	50	1,125	1,04
	4	4,83	610	13,725	1,48
<b>10</b>	0	6,51	7	0,158	1,00
	1	5,91	30	0,675	0,98
	2	5,39	35	0,788	1,07
	3	4,89	42	0,945	1,05
	4	4,84	46	1,035	1,18
<b>11</b>	0	6,51	9	0,203	1,00
	1	5,83	22	0,495	1,07
	2	5,15	43	0,968	1,11
	3	4,92	52	1,170	1,10
	4	4,84	58	1,305	1,41
<b>12</b>	0	6,43	10	0,225	1,00
	1	6,33	13	0,293	1,08
	2	5,86	21	0,473	1,14
	3	5,30	35	0,788	1,06
	4	5,19	43	0,9675	1,08

2. deneme dizaynı YC350 Starter Kültürlü mTGaz Enzimli Yoğurtlar

Grup	Saat	pH	SH	%Laktik asit	Relatif viskozite
<b>1</b>	0	6,51	8	0,180	1,00
	1	5,13	21	0,473	1,05
	2	5,00	38	0,855	1,09
	3	4,66	50	1,125	99,99
	4	4,30	60	1,350	321,57
<b>2</b>	0	6,46	10	0,225	1,00
	1	5,64	22	0,495	1,25
	2	5,01	39	0,878	1,20
	3	4,65	51	1,148	31,23
	4	4,49	60	1,350	132,79
<b>3</b>	0	6,52	7	0,158	1,00
	1	5,62	21	0,473	1,15
	2	4,92	42	0,945	1,08
	3	4,59	52	1,170	127,91
	4	4,30	63	1,418	273,02
<b>4</b>	0	6,43	8	0,180	1,00
	1	5,68	20	0,450	1,17
	2	4,98	37	0,833	1,22
	3	4,66	50	1,125	94,37
	4	4,32	62	1,395	386,29
<b>5</b>	0	6,52	8	0,180	1,00
	1	5,56	27	0,608	1,05
	2	4,91	42	0,945	1,12
	3	4,60	53	1,193	4,78
	4	4,33	60	1,350	11,75
<b>6</b>	0	6,50	8	0,180	1,00
	1	5,61	25	0,563	1,11
	2	4,94	43	0,968	1,22
	3	4,61	52	1,170	122,86
	4	4,33	60	1,350	423,87

7	0	6,45	8	0,180	1,00
	1	5,64	22	0,495	1,12
	2	4,95	38	0,855	1,18
	3	4,60	53	1,193	158,19
	4	4,27	63	1,418	404,56
8	0	6,54	8	0,180	1,00
	1	5,70	18	0,405	1,12
	2	4,94	43	0,968	1,10
	3	4,51	52	1,170	25,21
	4	4,30	62	1,395	107,44
9	0	6,43	8	0,180	1,00
	1	5,60	23	0,518	1,12
	2	5,02	36	0,810	1,24
	3	4,70	49	1,103	119,45
	4	4,37	60	1,350	397,92
10	0	6,40	8	0,180	1,00
	1	5,55	23	0,518	1,15
	2	4,96	38	0,855	1,35
	3	4,64	52	1,170	193,93
	4	4,30	62	1,395	408,82
11	0	6,48	10	0,225	1,00
	1	5,61	26	0,585	1,01
	2	4,94	44	0,990	1,12
	3	4,63	52	1,170	21,15
	4	4,36	58	1,305	413,34
12	0	6,49	9	0,203	1,00
	1	5,66	22	0,495	1,14
	2	4,98	39	0,878	1,11
	3	4,66	50	1,125	219,30
	4	4,43	60	1,350	410,60

2. deneme dizaynı YoFlex Advance 2.0 Starter Kültürlü mTGaz Enzimli Yoğurtlar

Grup	Saat	pH	SH	%Laktik asit	Relatif viskozite
<b>1</b>	0	6,48	10	0,225	1,00
	1	5,69	17	0,383	1,03
	2	5,04	34	0,765	0,97
	3	4,87	44	0,990	110,13
	4	4,76	48	1,080	225,74
<b>2</b>	0	6,53	8	0,180	1,00
	1	5,77	19	0,428	0,95
	2	5,13	35	0,788	1,03
	3	5,03	42	0,945	4,15
	4	4,95	45	1,013	21,95
<b>3</b>	0	6,58	7	0,158	1,00
	1	5,72	16	0,360	0,96
	2	5,03	32	0,720	1,02
	3	4,87	43	0,968	30,37
	4	4,79	48	1,080	70,87
<b>4</b>	0	6,41	9	0,203	1,00
	1	5,66	19	0,428	1,01
	2	5,08	34	0,765	1,07
	3	5,01	42	0,945	2,18
	4	4,86	46	1,035	84,11
<b>5</b>	0	6,43	8	0,180	1,00
	1	5,57	24	0,540	1,02
	2	4,95	38	0,855	1,11
	3	4,85	45	1,013	1,05
	4	4,78	48	1,080	1,82
<b>6</b>	0	6,46	9	0,203	1,00
	1	5,73	18	0,405	1,02
	2	4,96	37	0,833	0,98
	3	4,81	44	0,990	61,85
	4	4,70	49	1,103	279,07
<b>7</b>	0	6,49	8	0,180	1,00
	1	5,84	14	0,315	0,95
	2	5,06	35	0,788	1,15
	3	5,00	39	0,878	12,46
	4	4,70	47	1,058	185,04

<b>8</b>	0	6,50	7	0,158	1,00
	1	5,68	19	0,428	1,15
	2	4,95	39	0,878	1,11
	3	4,90	42	0,945	5,39
	4	4,86	45	1,013	27,91
<b>9</b>	0	6,49	8	0,180	1,00
	1	5,74	18	0,405	1,02
	2	5,08	34	0,765	1,01
	3	4,96	41	0,923	13,86
	4	4,76	49	1,103	163,89
<b>10</b>	0	6,49	8	0,180	1,00
	1	5,79	16	0,360	1,14
	2	5,08	35	0,788	1,18
	3	5,01	40	0,900	6,81
	4	4,77	46	1,035	124,89
<b>11</b>	0	6,45	8	0,180	1,00
	1	5,55	23	0,518	1,08
	2	4,95	39	0,878	1,06
	3	4,84	45	1,013	169,60
	4	4,75	48	1,080	278,04
<b>12</b>	0	6,46	10	0,225	1,00
	1	5,88	14	0,315	1,08
	2	5,12	34	0,765	1,13
	3	5,01	41	0,923	2,94
	4	4,79	44	0,990	174,07

**T.C.**  
**AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**BİLİMSEL ETİK BEYANI**

“KEÇİ SÜTÜNDEN YOĞURT ÜRETİMİNDE TRANSGLUTAMİNAZ ENZİMİ VE İKİ FARKLI STARTER KÜLTÜRÜ KULLANIMININ YOĞURDUN BAZI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE OLAN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI” başlıklı Yüksek Lisans tezindeki bütün bilgileri etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiz atıf yaptığımı bildiririm. İfade ettiklerimin aksi ortaya çıktığında ise her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Burcu GÜVENÇ

16/06/2021