

ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

GELENEKSEL YOĞURT ÖRNEKLERİNDEN İZOLE EDİLEN *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* SUŞLARININ ENDÜSTRİYEL YOĞURT ÜRETİMİNE UYGUNLUĞUNUN SAPTANARAK STARTER KOMBİNASYONLARININ GELİŞTİRİLMESİ

İrem UZUNSOY

SÜT TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

ANKARA  
2018

Her hakkı saklıdır

## TEZ ONAYI

İrem UZUNSOY tarafından hazırlanan “Geleneksel Yoğurt Örneklerinden İzole Edilen *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* Suşlarının Endüstriyel Yoğurt Üretimine Uygunluğunun Saptanarak Starter Kombinasyonlarının Geliştirilmesi” adlı tez çalışması 03/04/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Süt Teknolojisi Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Prof. Dr. Hamdi Barbaros ÖZER

**Jüri Üyeleri:**

**Başkan:** Prof. Dr. Sait Aykut AYTAÇ  
Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

**Üye** : Prof. Dr. Hamdi Barbaros ÖZER  
Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı

**Üye** : Prof. Dr. Ayşe GÜRSOY  
Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı

**Üye** : Doç. Dr. Birce TABAN  
Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı

**Üye** : Doç. Dr. Ali TOPCU  
Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

**Yukarıdaki sonucu onaylarım.**

**Prof. Dr. Atila YETİŞEMİYEN**  
Enstitü Müdürü

## ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içerisindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

03/04/2018



İrem UZUNSOY

## ÖZET

Doktora Tezi

### GELENEKSEL YOĞURT ÖRNEKLERİNDEN İZOLE EDİLEN *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* SUŞLARININ ENDÜSTRİYEL YOĞURT ÜRETİMİNE UYGUNLUĞUNUN SAPTANARAK STARTER KOMBİNASYONLARININ GELİŞTİRİLMESİ

İrem UZUNSOY

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Süt Teknolojisi Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. H Barbaros ÖZER

Bu tez çalışmasının temel hedefi öncelikle ülkemiz tüketicisinin taleplerine yanıt verebilecek yoğurt üretiminde kullanılmak üzere yerel kaynaklardan izole edilen bakterilerin starter kültür özelliklerini belirleyerek endüstriyel üretime uygun starter kombinasyonlarının geliştirilmesidir. Bu amaçla; daha önceki çalışmalar kapsamında yerel kaynaklardan izole edilen ve fenotipik/genotipik olarak tanımlanan 48 *S. thermophilus* ve 15 *Lb. bulgaricus* izolatı teknolojik performans testlerine tabi tutulmuştur. Asit geliştirme, seri pasajlama süreçlerine direnç göstererek canlılıklarını koruma ve yoğurt için tipik tat/aroma ve tekstür geliştirebilme potansiyeli olan 12 *S. thermophilus* ve 8 *Lb. bulgaricus* izolatı seçilmiş ve yoğurt üretimleri gerçekleştirilmiştir. Bu ürünler bazında gerçekleştirilen teknolojik performans testleri sonucunda ise 1 *S. thermophilus* (izolat no 27) ve 7 *Lb. bulgaricus* (izolat no 27, 29, 41, 42, ML4-1, ML7-6, ML9-5) kombinasyonunun endüstriyel yoğurt üretimine uygunluk gösterdiği belirlenmiştir. İzolatların yoğurt üretimine uygunluklarının değerlendirilmesinde asit geliştirme hızları, duyuşal olarak geleneksel yoğurt ürününü temsil etme dereceleri ve 4 °C’de 14 gün depolama sonunda canlılıklarını tatminkar bir seviyede tutabilme yetenekleri öncelikli olarak dikkate alınmıştır. Ticari üretime uygunlukları tespit edilen kombinasyonların tamamının yoğurt bakterileri için tipik pH-zaman ilişkisine sahip olduğu belirlenmiştir. Tüm kombinasyonlar 5-7 saat içerisinde sütün pH’sını hedef pH olan 4.6’ya indirebilmiştir. Bu kombinasyonlar gerek tanımlayıcı gerekse hedonik duyuşal değerlendirmelerde yüksek duyuşal skorlar almış ve ticarileşebilir olarak değerlendirilmiştir.

**Nisan 2018, 161 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Yoğurt, starter kültür, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, geleneksel lezzet, suş kombinasyonu

## ABSTRACT

Ph. D. Thesis

DETERMINATION OF SUITABILITY OF *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* STRAINS ISOLATED FROM TRADITIONAL YOGURT SAMPLES FOR INDUSTRIAL YOGURT PRODUCTIONS AND DEVELOPING STARTER COMBINATIONS

İrem UZUNSOY

Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Dairy Technology

Supervisor: Prof. Dr. H. Barbaros ÖZER

The ultimate aim of the present study was to develop starter combinations by using yogurt bacteria isolated from local sources for the manufacture of industrial yogurts with sensory properties satisfying consumers' expectations. For this purpose, 48 *S. thermophilus* and 15 *Lb. bulgaricus* isolates which were previously characterized phenotypically and genotypically were screened for their technological performances with regard to yogurt production. Rate of acidification, degree of keeping viability and survivability of isolates throughout storage period and development of aroma/flavor and texture which are typical for traditional yogurt were among the principal selection criteria for the isolates. Based on these criteria, 12 *S. thermophilus* and 8 *Lb. bulgaricus* isolates were selected and combinations of these isolates were used for experimental yogurt productions. Starter combinations were further evaluated for their technological compatibilities for industrial applications and 7 combinations [1 of *S. thermophilus* (isolate no 27) and 7 of *Lb. bulgaricus* (isolate no 27, 29, 41, 42, ML4-1, ML7-6, ML9-5)] of the isolates were found to be promising for industrial yogurt production. Evaluations were based on rate of acid development during fermentation, survivability and viability of the isolates after 14 days at 4 °C and closeness to the traditional yogurts with regard to aroma and flavor. Combinations which were found to be suitable for commercial yogurt productions had a pH-time profile which is typical for commercial yogurt bacteria. All of the combinations were able to reduce milk pH to 4.6 within 5-7 hours. The combinations received high sensory scores from both descriptive and hedonic sensory evaluations and were judged as having commercial potential.

**April, 2018, 161 pages**

**Key Words:** Yogurt, starter culture, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, traditional aroma/flavor, strain combination

## TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında doğrudan veya dolaylı olarak çok sayıda değerli insanın katkısı olduğunu belirtmek istiyorum. Öncelikle engin bilgi birikimi ve paylaşımcı, eğitici, dinamik ve çalışkan kişiliğiyle doktora sürecinde bana yol gösteren, yönlendiren ve destekleyen, saygı değer hocam Prof. Dr. H. Barbaros ÖZER'e (Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı) derin şükranlarımı sunuyorum. Akademik kariyerimde sizinle çalışabilme fırsatını elde etmiş olmanın mutluluğu ve gururunu yaşıyorum.

Tezin laboratuvar çalışmaları süresince özverili desteklerinden ötürü Sayın Prof. Dr. Aykut AYTAÇ (Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı), Doç. Dr. Birce TABAN (Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı ABD), Dr. Öğr. Üyesi Tuba ŞANLI (Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı), Uzm. Dr. Şebnem ÖZTÜRKOĞLU BUDAK (Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı), Rıza TABAK, Şeyma AĞIRAL ve Arş. Gör. Didem MİMİROĞLU'na (ODTÜ Biyolojik Bilimler Bölümü), duysal değerlendirmeler konusundaki desteklerinden dolayı Prof. Dr. Metin ATAMER (Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı), Doç. Dr. Ebru ŞENEL (Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı) ve Arş. Gör. Dr. H. Ceren AKAL'a (Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı) çok teşekkür ediyorum.

Ayrıca uzun laboratuvar çalışmaları boyunca özellikle manevi desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım Seval MUNGAN (Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı) ve Arş. Gör. Dr. Elif Ayşe ANLI'ya (Ankara Üniversitesi Süt Teknolojisi Anabilim Dalı) ve adını burada anmadığım tüm dostlarıma sevgilerimi sunmak istiyorum.

Bir çocuğun sahip olabileceği en güzel aileyi bana sağlayan Sevgili Anneciğim ve Babacığim... Hayatım boyunca olduğu gibi tüm doktora sürecinde de elinizi hep üzerimde hissettim. İyi ki varsınız...

Bu tez çalışması, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı/TÜBİTAK tarafından desteklenen 112D052 kodlu 'Geleneksel Yoğurt Örneklerinden İzole Edilen *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* Suşlarının Endüstriyel Yoğurt Üretimine Uygunluğunun Saptanarak Starter Kombinasyonlarının Geliştirilmesi' adlı SAN-TEZ projesi tarafından desteklenmiştir. Projeye katkılarından dolayı Sayın Prof.Dr. Nuray YAZIHAN'a ve Farmapark AR-GE Biyoteknoloji'ye teşekkür ediyorum.

İrem UZUNSOY  
Ankara, Nisan, 2018

## İÇİNDEKİLER

### TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	iv
SİMGELER DİZİNİ .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiii
1. GİRİŞ .....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	4
2.1 Yoğurt Bakterilerinin Temel Özellikleri.....	4
2.1.1 Streptococcus thermophilus (S. thermophilus) .....	4
2.1.2 Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus (Lb. bulgaricus) .....	7
2.1.3 S. thermophilus ve Lb. bulgaricus arasındaki protokooperasyon .....	8
2.1.4 Yoğurt starter bakterilerinin metabolizması .....	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	25
3.1 Materyal .....	25
3.1.1 İzolat kaynakları .....	25
3.2 Yöntem .....	26
3.2.1 İzolatların aktivasyonu .....	26
3.2.2 Tekil ve kombine kültürlerle ait teknolojik performans testleri .....	27
3.2.2.1 Tekil ve kombine kültürlerin asidifikasyon yeteneklerinin belirlenmesi.....	27
3.2.2.2 Tekil izolatların spesifik gelişim oranlarının belirlenmesi .....	27
3.2.2.3 Tekil ve kombine izolatlar ile hazırlanan yoğurt örneklerinin aroma profillerinin belirlenmesi.....	28
3.2.2.4 Tekil izolatlar ile hazırlanan yoğurt örneklerinin peptid profillerinin belirlenmesi.....	29
3.2.2.5 Yoğurt örneklerinin elektroforetik profillerinin belirlenmesi.....	30
3.2.2.6 Tekil ve kombine izolatlar ile hazırlanan yoğurt örneklerinin lipolitik profillerinin belirlenmesi .....	32

3.2.2.7 Tekil ve kombine izolatlar ile hazırlanan yoğurt örneklerinin reolojik ve tekstürel özelliklerinin belirlenmesi .....	34
3.2.2.8 Tekil ve kombine izolatlar ile hazırlanan yoğurt örneklerinin duyuşsal özelliklerinin belirlenmesi .....	35
3.2.3 Mikrobiyolojik analizler .....	36
3.2.4 İstatistiksel analizler .....	37
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	38
4.1 Tekil İzolatların Teknolojik Performans Testleri .....	38
4.1.1 Tekil izolatların spesifik gelişim oranları .....	38
4.1.2 Tekil izolatların asidifikasyon yetenekleri .....	42
4.1.3 Tekil izolatların tekstür geliştirme kapasiteleri .....	44
4.1.4 Tekil izolatların proteolitik kapasitesi .....	49
4.2 Kombine Kùltürlerin Teknolojik Performans Testleri .....	64
4.2.1 Kombine kùltürlerin asidifikasyon kapasiteleri .....	64
4.2.2 Kombine kùltürler ile üretilen deneme yoğurtlarının lipolitik profilleri .....	70
4.2.3 Kombine kùltürler ile üretilen deneme yoğurtlarının aroma profilleri .....	79
4.2.4 Kombine kùltürler ile üretilen deneme yoğurtlarının büyük deformasyon tekstürel özellikleri .....	93
4.2.5 Kombine kùltürler ile üretilen yoğurt örneklerine ait duyuşsal değerlendirmeler .....	96
4.3 Ticarileşme Potansiyeli Olan Kùltür Kombinasyonlarının Seçimi .....	112
4.3.1 Ticarileşme potansiyeli yüksek olan kombine kùltürlerin pH-zaman profilleri .....	113
4.3.2 Ticarileşme potansiyeli yüksek kombine kùltürler ile üretilen yoğurt örneklerine ait jelleşme profili ve dinamik reolojik analiz sonuçları .....	115
4.3.3 Ticarileşme potansiyeli yüksek kombine kùltürler ile üretilen yoğurtlarda depolama sürecinde pH değerleri değişimi .....	131
4.3.4 Ticarileşme potansiyeli yüksek kombine kùltürler ile üretilen yoğurtlarda depolama sürecinde starter kùltür sayılarındaki değişimler .....	132
4.3.5 Ticarileşme potansiyeli yüksek kombine kùltürler ile üretilen yoğurtların elektroforetik profilleri .....	133



<b>4.3.6 Ticarileşme potansiyeli yüksek kombine kültürler ile üretilen yoğurtların hedonik duyuşal değerlendirme sonuçları .....</b>	<b>134</b>
<b>5. SONUÇ.....</b>	<b>136</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>138</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>156</b>
<b>EK 1 Besiyeri Bileşimleri.....</b>	<b>157</b>
<b>EK 2 Tanımlayıcı Duyusal Değerlendirme Formu .....</b>	<b>159</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>160</b>



## SİMGELER DİZİNİ

Å	Angström
$\alpha$ -LA	Alfa-laktalbumin
$\beta$	Beta
$\beta$ -LG	Beta-laktoglobulin
Da	Dalton
<i>g</i>	Bağıl Santrifüj Kuvveti
<i>G'</i>	Elastik Modülüs (Depolama Modülüsü)
<i>G''</i>	Viskoz Modülüs (Kayıp Modülüsü)
<i>G*</i>	Kompleks Modülüs
HCl	Hidroklorik Asit
He	Helyum
Hg	Civa
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Hidrojen Peroksit
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sülfürik Asit
Hz	Hertz
kb	Kilobaz
kDa	Kilodalton
kob	Koloni Oluşturan Birim
log	Logaritma
M	Molar
mA	Miliamper
Mb	Megabaz
$\mu$ , 1/h	Spesifik Gelişim Oranı
$\mu$ mol	Mikromol
nm	Nanometre
OD	Optik Dansite
<i>p</i>	P Değeri
Pa	Pascal
Pa.s	Pascal Saniye
rpm	Dakikadaki Devir Sayısı
s	Saniye
t	Süre
tan $\delta$	Tanjant Delta
TFA	Triflorasetik Asit
v/v	Hacim/Hacim
w/v	Ağırlık/Hacim
w/w	Ağırlık/Ağırlık

### Kısaltmalar

Ala	Alanin
AP	Aminopeptidaz

Asetil-CoA	Asetil-koenzim A
Asp	Aspartik Asit
ATP	Adenozintrifosfat
Bkz.	Bakınız
$\beta$ -gal	Beta-galaktosidaz
$\beta$ -P-gal	Fosfo-beta-galaktosidaz
C	Sitozin
CAR	Karboksen
DNA	Deoksiribonükleik Asit
DVB	Divinilbenzen
EC	Avrupa Toplulukları Komisyonu
EPS	Ekzopolisakkarit
FID	Alev İyonizasyon Dedektörü
G	Guanidin
Gal <sup>+</sup>	Galaktoz Pozitif
Gal <sup>-</sup>	Galaktoz Negatif
GalE	Üridil Difosfat-4-epimeraz
GalK	Galaktokinaz
GalM	Galaktoz Mutarotaz
GalR	Galaktoz Operon Represörü
GalT	Galaktoz-1-fosfat-üridil transferaz
GC3	Üçüncü Kodon Pozisyonu
GC-MS	Gaz Kromatografisi-Kütle Spektroskopisi
HEPS	Heteroekzopolisakkarit
HMP	Heksozmonofosfat
IgA	İmmunoglobulin A
IS	Delesyon Sekansı
ISL	Delesyon Sekansı Unsuru
LacS	Laktoz Permeaz S
<i>Lb.</i>	<i>Lactobacillus</i>
LDH	Laktat Dehidrogenaz
LP	Laktoperoksidaz
LSD	Asgari Önemli Fark
Lys	Lisin
LVE	Lineer Viskoelastik Bölge
MRS	de Man, Rogosa ve Sharp
NAD	Nikotinamid Adenin Dinükleotid
NADH	İndirgenmiş Nikotinamid Adenin Dinükleotid
nd	Tanımlanmamış
NIST	Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü
NMR	Nükleer Manyetik Rezonans
PEP	Fosfoenolpirüvat
PEPC	Aminopeptidaz C
PEPN	Aminopeptidaz N
PGM	Fosfoglukomutaz
PDMS	Polidimetilsiloksan
PsaA	Pnömonokokal Yüzey Antijen A
PspA	Pnömonokokal Yüzey Protein A

PspC	Pnömokokal Yüzey Protein C
PTS	Fosfotransferaz
RG	Resmi Gazete
RP-HPLC	Ters Faz-Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
<i>S.</i>	<i>Streptococcus</i>
SAN-TEZ	Sanayi Tezleri Programı
SDS	Sodyum Dodesil Sülfat
SDS-PAGE	Sodyum Dodesil Sülfat-Poliakrilamid Jel Elektroforezi
SHMT	Serin Hidroksimetil Transferaz
SPME	Katı Faz Mikroekstraksiyon Yöntemi
SPSS	Sosyal Bilimler İçin İstatistik Programı
SrtA	Sortaz A
TEMED	Tetrametiletilendiamin
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UDPgal	Üridindifosfat-galaktoz
UDPglu	Üridindifosfat-glukoz
UV/VIS	Ultraviyole/Görünür Işık
VRG	İlişkili Gen
X-Pro-DPAP	X-propil-dipeptidil-aminopeptidaz

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1 <i>S. thermophilus</i> izolatlarının spesifik gelişim profilleri (n=5).....	40
Şekil 4.2 <i>Lb. bulgaricus</i> izolatlarının spesifik gelişim profilleri (n=5) .....	41
Şekil 4.3 <i>S. thermophilus</i> izolatlarının geri ekstrüzyon sıklık değerleri (g).....	48
Şekil 4.4 <i>Lb. bulgaricus</i> izolatlarının geri ekstrüzyon sıklık değerleri (g) .....	49
Şekil 4.5 Tekil izolatların proteolitik kapasitelerini gösteren RP-HPLC kromatogramları .....	51
Şekil 4.6 500 ppm standart yağ asidi karışımı geri kazanım grafiği.....	72
Şekil 4.7 Her bir yağ asidi standardı için standart kurveler .....	73
Şekil 4.8 Kombine yoğurt kültürleri ile üretilen yoğurt örneklerinin toplam serbest yağ asidi düzeyleri.....	74
Şekil 4.9 Kombine yoğurt kültürleri ile üretilen yoğurt örneklerinin kısa zincirli serbest yağ asidi düzeyleri.....	75
Şekil 4.10 Kombine yoğurt kültürleri ile üretilen yoğurt örneklerinin orta zincirli serbest yağ asidi düzeyleri .....	76
Şekil 4.11 Kombine yoğurt kültürleri ile üretilen yoğurt örneklerinin uzun zincirli serbest yağ asidi düzeyleri .....	77
Şekil 4.12 <i>S. thermophilus</i> 27 ile <i>Lb. bulgaricus</i> 'un seçili suşları ile gerçekleştirilen kombinasyon ürünlerinin fermantasyon sırasındaki pH değişimleri .....	114
Şekil 4.13 <i>S. thermophilus</i> 27 nolu izolat ile <i>Lb. bulgaricus</i> izolatlarının kombinasyonu ile üretilen yoğurtların küçük osilasyon deformasyon modeline göre Lineer Viskoelastik Bölge (LVE) profilleri .....	116
Şekil 4.14 <i>S. thermophilus</i> 27 nolu izolat ile <i>Lb. bulgaricus</i> izolatlarının kombinasyonu ile üretilen yoğurtların küçük osilasyon deformasyon modeline göre jelleşme profilleri G' depolama modülüsü (viskoelastik yapının elastik karakterini simgelemektedir) G" kayıp modülüsü (viskoelastik yapının viskoz karakterini simgelemektedir)...	118
Şekil 4.15 Deneme örneklerinin frekans tarama grafiği: a. 1. Gün, b. 14. Gün, Frekans aralığı 0.01-10 Hz, Ölçüm sıcaklığı 5 °C, G* : kompleks modülüs, $G^* =  G' + iG'' $ .....	120
Şekil 4.16 Deneme yoğurtlarının küçük osilasyon deformasyon modeline göre depolama süresince frekans tarama profilleri.....	121

Şekil 4.17	Deneme örneklerinin strain amplitüd tarama grafiği: a. 1. Gün, b. 14. Gün, Amplitüd aralığı 0.01-1.0 (%), Ölçüm sıcaklığı 5 °C, G*: kompleks modülüs, $G^* =  G' + iG'' $ .....	125
Şekil 4.18	<i>S. thermophilus</i> 27 nolu izolat ile <i>Lb. bulgaricus</i> izolatlarının kombinasyonu ile üretilen yoğurtların depolama süresince strain amplitüd tarama profilleri.....	126
Şekil 4.19	Depolama süresi boyunca yoğurt örneklerinin pH değerlerindeki değişimler .....	131
Şekil 4.20	<i>S. thermophilus</i> 27 nolu izolat ile <i>Lb. bulgaricus</i> izolatlarının kombinasyonu ile üretilen yoğurtların depolama süresince starter bakteri koloni sayılarındaki değişimler .....	133
Şekil 4.21	Deneme yoğurtlarının elektroforetogramları (A) 1. Gün, (B) 14. Gün .....	134
Şekil 4.22	Deneme yoğurtlarının hedonik duyuşal değerlendirme diyagramı.....	135

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 <i>S. thermophilus</i> ve <i>Lb. bulgaricus</i> 'un gelişim karakteristikleri .....	8
Çizelge 3.1 <i>S. thermophilus</i> izolat kodları, temin edildiği kaynaklar ve örnek alma tarihleri .....	25
Çizelge 3.2 <i>Lb. bulgaricus</i> izolat kodları, temin edildiği kaynaklar ve örnek alma tarihleri .....	26
Çizelge 3.3 GC-MS çalışma koşulları.....	29
Çizelge 3.4 Peptid analizi gradiyent programı .....	30
Çizelge 3.5 SDS-PAGE analizinde kullanılan ayırıcı ve yoğunlaştırıcı jel bileşimleri .....	32
Çizelge 3.6 GC çalışma koşulları.....	33
Çizelge 4.1 Tekil izolatların spesifik gelişim oranları, 1/h ( $X \pm$ Standart hata) .....	41
Çizelge 4.2 Tekil izolatların asit geliştirme yetenekleri.....	43
Çizelge 4.3 Tekil izolatların % 12.0 (w/v) kurumaddeli fermente sütün tekstürel parametrelerine etkisi.....	45
Çizelge 4.4 Tekil izolatların performans testleri ve fenotipik/genotipik değerlendirmeler sonucunda devam edilmesine karar verilen suşlar .....	64
Çizelge 4.5 Deneme yoğurtlarının fermantasyon süreleri, 1. ve 14. gün pH ve % laktik asit değerleri.....	66
Çizelge 4.6 Kombine kültürler ile üretilen deneme yoğurtlarına ait yağ asidi değerleri .....	78
Çizelge 4.7 Asidifikasyon ve spesifik gelişim parametreleri değerlendirmeleri sonucunda seçilen tekil kültürlerin aroma profilleri .....	81
Çizelge 4.8 Kombine kültürler ile üretilen deneme yoğurtlarının aroma profilleri .....	84
Çizelge 4.9 Kombine kültürler ile üretilen yoğurt örneklerine ait geri ekstrüzyon tekstür analiz sonuçları .....	95
Çizelge 4.10 Kombine yoğurt kültürleri ile hazırlanan yoğurtlara ait genel duyuşal değerlendirme tablosu .....	99
Çizelge 4.11 Yoğurt örnekleri hakkında panel grubunun yapmış olduğu değerlendirmeler .....	100
Çizelge 4.12 Ticarileşme potansiyeli yüksek olan kültür kombinasyonları .....	113
Çizelge 4.13 Deneme yoğurtlarının viskoelastik modellere uygunluğu .....	130
Çizelge 4.14 Depolama süresi boyunca yoğurt bakterilerinin koloni sayılarındaki değişimler.....	132

## 1. GİRİŞ

Geleneksel gıdalar ait olduğu toplum tarafından yıllarca kabul gören, tüketicilerin üründen beklentilerini büyük ölçüde karşılayan gıdalardır. Gıda işleminin temel prensiplerinden birisi de geleneksel gıdaların, tüketicilerin tercih sebebi olan temel özelliklerinin olabildiğince korunarak sanayi sürecinden geçirilmesini sağlamaktır. Bu yaklaşım gıda güvenliği kavramını güvence altına almakla birlikte, ürünün özgün/geleneksel niteliklerini de olabildiğince korumayı amaçlamaktadır. Ülkemize özgü geleneksel gıdalar içerisinde süt ürünleri oldukça önemli bir yere sahiptir. Yöresel peynir çeşitleri ve yoğurt başlıca geleneksel süt ürünlerimiz arasındadır ve özellikle yoğurt halen önemli ölçüde ev koşullarında üretilmeye devam etmektedir. Geleneksel süt ürünlerine alışlagelmiş duyuşal ve fiziksel özellikleri kazandıran temel etmen, üretimde kullanılan doğal floradır. Dolayısıyla, doğal süt ve ürünleri florasını tespit ederek koruma altına almak hem geleneksel lezzetlerin devamlılığının sağlanması hem de gen kaynaklarımızın korunması açısından önemlidir. Geleneksel süt ürünlerimiz içerisinde yoğurt doğal (endemik) florasını büyük ölçüde yitirmiş durumdadır. Her ne kadar geleneksel olarak ev koşullarında üretilen yoğurtlarda önceki üretimlerden ayrılan bir miktar yoğurt starter kaynağı olarak kullanılsa da bu yoğurtların önemli bölümünün ticari starter kültürler ile üretildiği bilinmektedir. Bu anlamda geleneksel yoğurtlarımızda yer alan yoğurt bakterilerinin [*Streptococcus thermophilus* (*S. thermophilus*) ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (*Lb. bulgaricus*)] endemik olma olasılığının zayıf, ancak mutasyona uğramış suşları içermesi olasılığının güçlü olduğu değerlendirilmektedir. Geleneksel peynirlerimizde ise durum daha farklıdır. Günümüzde halen az da olsa çiğ ya da termize edilmiş süttten üretilen geleneksel peynirlerimiz bulunmaktadır ve bu peynirlerin doğal florasının ülkemize özgü karakter taşıması güçlü olasılıktır. Bu nedenle, geleneksel (ticari starter kültür kullanılmadan üretilen) peynirlerimizin florasının fenotipik ve genotipik olarak tanımlanması ve koruma altına alınması önem taşımaktadır.

Ülkemiz süt sektörü yoğurt üretiminde gereksinim duyduğu starter kültür temininde bütünüyle dışa bağımlıdır. Toplam starter kültür dış alımımızın yaklaşık % 70'inin yoğurt sektörü tarafından gerçekleştirildiği bilinmektedir. Ancak yüksek starter kültür



maliyetine karşın, son üründe arzu edilen tat/aroma özelliklerinin tam anlamıyla elde edilememesi ciddi bir çelişki olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle ticari formda ithal edilen starter kültür kombinasyonlarının önemli bir bölümünün, damak tadımıza hitap eden Türk tipi geleneksel yoğurt ile özdeşleşen tat/aroma ve tekstürel özellikleri sağlamaktan uzak olduğu bilinen bir gerçektir. Bu durum, ülkemize özgü geleneksel gıda zenginliğimizin zamanla yitirilmesine yol açacak süreci hızlandırmaktadır.

Geçmişte çoğaltma yolu ile birden fazla kullanılabilen starter kültürlerin günümüzde ağırlıklı olarak bir ya da iki seferlik kullanım özelliğine sahip oldukları da bilinmektedir. Dolayısıyla gıda üreticisi firmalar düzenli olarak yüksek miktarlarda satın alma yapmakta, böylece starter kültürde dışa bağımlılık kronik boyuta taşınmakta ve her yıl bu amaçla ödenen döviz miktarı katlanarak artmaktadır. Özellikle alışılmışın dışında bir sıklıkla bakteriyofajla mücadele için rotasyona tabi tutulan ticari formdaki starter kültürler süt endüstrisinin başlıca sorunları arasında yer almaktadır. Kültür rotasyonu aralığı daraldıkça endüstriyel yoğurt üretiminde tat/aroma ve tekstürel standardizasyonun sağlanmasında da zorluklar ile karşılaşılmaktadır.

Yoğurt üretimi başta olmak üzere ülkemiz süt sektörünün temel sorunu teknolojik üretim süreçlerinde sağlamış olduğu yetkinliği ve hakimiyeti mikrobiyolojik süreçlerde sağlayamamasından kaynaklanmaktadır. Teknolojik üretim parametreleri tüketici talepleri ve yerel pazarın gereksinimleri doğrultusunda kolaylıkla modifiye edilebilirken, son ürünün albenisini şekillendiren fermantasyon süreci ve bu sürecin aktörleri olan bakteriler (yoğurt özelinde *S. thermophilus* ve *Lb. bulgaricus*) çoğu zaman geleneksel yoğurttan beklentileri karşılayacak metabolik ürünleri yeterli düzeyde üretememektedir. Yoğurt endüstrisinin beklentisi fermantasyon sırasında asidifikasyon yeteneği güçlü ancak post-asidifikasyon özelliği sınırlı, aromatik suşlar ile yoğurt üretmektir. Tüketiciler ise genellikle hafif asidik yoğurt tüketme beklentisine sahiptir.

Geleneksel süt ve et ürünleri açısından oldukça zengin olan ülkemizde bu ürünlerin gıda güvenlikleri tanımlanmış bir şekilde endüstriyel ölçekte üretilmesi için sınırlı da olsa üniversiteler ve özel sektör kuruluşları bünyesinde çalışmalar yürütülmektedir. Ancak mikroorganizma izolatları tüm yönleri ile karakterize edilmediğinden, bu

alışmalar henüz ticarileştirilememiş ve/veya sanayinin hizmetine yeterince sunulmamıştır. Bu tez çalışması kapsamında çok büyük lde dışa bağımlı olunan bir alanda yerel kaynakları, kapasiteleri ve bilgi birikimlerini kullanarak temel gıdalarımız arasında yer alan yoğurdun Türk damak tadına özgün tat/aroma ve fiziksel karakteristiklerini yansıtabilecek bakteri suş kombinasyonlarını geliştirmek amaçlanmaktadır. Bu amaçla, ülkemizin değişik bölgelerinden geleneksel yollarla üretilen yoğurtlardan izole edilen ve fenotipik ve genotipik olarak tanımlanan *S. thermophilus* ve *Lb. bulgaricus* suşlarının ve bu suşların uygun kombinasyonlarının teknolojik performansları belirlenerek ticari üretime uygunlukları araştırılmıştır.



## 2. KURAMSAL TEMELLER

### 2.1 Yoğurt Bakterilerinin Temel Özellikleri

Yoğurt üretiminde kullanılan starter bakterilerinin fermantasyon metabolizması sonucunda yoğurdun karakteristik lezzeti ve tekstürel özellikleri gelişmektedir. Dolayısıyla bu bakterilerin özelliklerinin, metabolik aktivitelerinin ve aralarındaki protokooperasyon ilişkisinin anlaşılması tüketici taleplerinin karşılanması açısından önemlidir (Özer 2006).

#### 2.1.1 *Streptococcus thermophilus* (*S. thermophilus*)

*S. thermophilus* termofilik karakterli bir laktik asit bakterisidir (Pearce ve Flint 2002). Bu bakteri ilk kez 1919 yılında Orla-Jensen tarafından laktik streptokok olarak tanımlanmıştır (Farrow ve Collins 1984). *S. thermophilus*, Gram-pozitif, çapı 1 µm'nin altında, yuvarlak veya ovoid, tekli, çiftli veya uzun zincirler şeklinde bulunabilen bir bakteridir (Tamime ve Robinson 2007). Hücre duvarı yapısı N-asetilglukozamin ve N-asetilmuramik asitten oluşmaktadır. 15 °C'de gelişmemekte, birçok suşu 50 °C'de gelişebilmekte (optimum 40-45 °C) ve 60 °C'de 30 dakikalık ısıtma işlemine direnç gösterebilmektedir. Optimum gelişme pH'sı 6.0-6.5 arasındadır. *S. thermophilus* fakültatif anaerobiktir ve aerobik respirasyon ve fermantasyon koşullarında ATP üretebilme yeteneğine sahiptir. Homofermentatif karaktere sahip olan *S. thermophilus*, sütte % 0.5-1.0 arasında L (+) laktik asit üretmektedir. *S. thermophilus*'un asit direnci nispeten düşüktür ve pH 4.4'te koloni sayısı 7 log<sub>10</sub> seviyesine kadar düşebilmektedir (Nielsen vd. 2009). *S. thermophilus* sitokrom, oksidaz ve katalaz enzimlerine sahip değildir. Hareketsizdir ve spor üretme yeteneği bulunmamaktadır.

Diğer laktik asit bakterileriyle genotipik ve fenotipik benzerliklerine karşın, *S. thermophilus* herhangi bir sistematik grupta sınıflandırmaya uygunluk göstermemektedir (Özer 2014). Geçmişte *Streptococcus salivarius*'un bir alt türü olarak tanımlanmış olmasına karşın günümüzde DNA-DNA homolojisi çalışmaları sonuçlarına göre ayrı bir tür

olarak tanımlanmaktadır. Spesifik N-grup antijen içermemektedir ve bu özelliği ile diğer streptokoklardan ayrılmaktadır (Özer 2014). Guanidin + Sitozin (% G + C) içeriği ise % 37.2-40.3 arasında değişmektedir (Zourari vd. 1992). Bazı suşları polisakkarit materyal (ekzopolisakkarit, EPS) sentezleme yeteneğindedir. Bu suşlar EPS sentezinden sorumlu *epsE*, *epsF*, *epsG* ve *epsI* gen bölgelerini içermektedir (Stingele vd. 1999). *S. thermophilus*'un proteolitik kapasitesi zayıftır, gelişim için ihtiyaç duyduğu esansiyel aminoasitleri dış kaynaklardan temin etmektedir. Bu esansiyel amino asitlerin sayısı ve çeşidi suşa bağlı olarak değişmekle birlikte ağırlıklı olarak glutamik asit, histidin, metiyonin, sistein, valin, lösin, izolösin, triptofan, arjinin ve tirozine ihtiyaç duymaktadır (Neviani vd. 1995, Tamime ve Robinson 2007). Hücre duvarı peptidoglukan yapısı Lisin-Alanin<sub>2-3</sub> (Lys-Ala<sub>2-3</sub>) içermektedir. *S. thermophilus*'un genomu kendisine en yakın laktik asit bakterisinden daha küçüktür (*S. thermophilus* ST1 ve A054'ün genom boyutu sırasıyla 1.75 ve 1.82 Mb iken *Lactococcus lactis*'in genom boyutu 2.35 Mb'dır). Günümüze kadar *S. thermophilus*'a ait 100'den fazla DNA sekansı GenBank veri tabanına kaydedilmiş durumdadır (Özer 2014). *S. thermophilus* katı besiyerinde bir seri pasajlama sonunda stabilitesini yitirebilmektedir. Pasajlama ile birlikte sekans polimorfizmi gelişebilmekte (Pébay vd. 1993) ve bakteri kolonisinin morfolojisi etkilenmektedir. Örneğin, Pébay vd. (1993) aynı suşun (*S. thermophilus* CNRZ368) farklı boyut, şekil ve opasiteye sahip dört farklı varyantını izole etmişlerdir. Bugüne kadar, *S. thermophilus*'ta kromozomal olarak kodlanmış beş farklı restriksiyon ve modifikasyon enzimi tespit edilmiştir. Ayrıca, *S. thermophilus*'un fosfoenolpürivata bağlı fosfotransferaz sisteminin (PEP-PTS) genetik karakterizasyonu (Vaughan vd. 2001), protein ve peptid kullanım mekanizmaları (Fernandez-Espla vd. 2000), polisakkarit üretim mekanizması (Almiron-Roig vd. 2000), stres-yanıt ve faj dirençlilik mekanizmaları (Burrus vd. 2001) geniş biçimde araştırılmıştır. Diğer laktik asit bakterileri ile karşılaştırıldığında *S. thermophilus* daha az sayıda plazmid sahiptir (bazı suşları plazmid içermemektedir) ve tespit edilebilen en büyük plazmid 25.5 kb büyüklüğündedir (Pearce ve Flint 2002). Mezofilik laktokok plazmidleri ile karşılaştırıldığında *S. thermophilus* plazmidlerinin metabolik fonksiyonellik üzerindeki rolleri daha sınırlıdır. Plazmid büyüklüğü ile metabolik faaliyet arasında bir korelasyon bulunmamaktadır. Örneğin; 25.5 kb'lık plazmid metabolik faaliyetler üzerinde etkili değilken, 6.9 kb'lık bir plazmidin eksikliği bakterinin antibiyotik ve faj dirençliliğini

olumsuz etkileyebilmektedir. İleri gen mühendisliği teknikleri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalarda *S. thermophilus*'un halen evrimleşme sürecini tamamlamadığı belirlenmiştir (Hols vd. 2005). *S. thermophilus*'un en belirgin genetik farklılaşmasının hücre adezyonu yeteneğini hemen hemen tamamen yitirmiş olmasından ileri geldiği düşünülmektedir (Özer 2014). Bu özellik patojenik streptokokların tümünde mevcuttur. Diğer patojenik streptokoklar (*S. pneumoniae*, *S. pyogenes*) ile yakın fenotipik ve genotipik özelliklere sahip olmasına karşın patojen olmayan bakteri olarak tanımlanmaktadır. Patojenik streptokokların virulans özelliklerini taşıyan genler (virulence related genes-VRG) *S. thermophilus*'ta ya hiç bulunmamakta ya da psödogen (pseudogene) formunda yer almaktadır. Virulans indikatörler olan pnömokokal yüzey protein A ve C (PspA ve C), pnömokokal mangan ABC transporter lipoprotein PsaA, IgA proteazlar ve kolin bağlayan proteinler *S. thermophilus*'ta inaktif formdadır (Bolotin vd. 2004). Bunun yanı sıra, *S. thermophilus*'un polisakkarit biyosentezi, bakteriyosin üretimi, restriksiyon-modifikasyon sistemi ve oksijen toleransı gibi özelliklerinde horizontal gen transferine bağlı değişimler de kaydedilmiştir (Hols vd. 2005).

*S. thermophilus* süt ekipmanları ve süt çiftlik ortamlarında yaygın olarak bulunmaktadır. Özellikle 40 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda süttten kolaylıkla izole edilebilmektedir. Plakalı ısı değıştircilerin rejenerasyon ünitelerinde bulunan biyofilmler *S. thermophilus* için önemli bir izolasyon kaynağıdır (Pearce ve Flint 2002).

*S. thermophilus* laktoz ve sakkarozu fermente edebilmektedir, ancak monosakkaritler üzerindeki etkisi çok zayıftır (Sinha 1991). Başlıca laktoz fermantasyonu ürünleri laktik asit, asetaldehit ve diasetildir ve ağırlıklı olarak L(+) laktat üretmektedir (Tamime ve Robinson 2007, Herve-Jimenez vd. 2008). Laktoz, hücre içerisine bir laktoz permeaz (LacS) aracılığıyla taşınmakta ve intraselüler β-galaktosidaz aracılığı ile hidrolize edilmektedir (Foucaud ve Poolman 1992). *S. thermophilus* suşlarının çoğu laktoz hidrolizasyonu ile açığa çıkan glukozu metabolize ederken (Hutkins vd. 1985, Hutkins ve Morris 1987) ortama salınan galaktoz, üreaz-negatif (urease<sup>-</sup>) suşlar tarafından Leloir yolu ile laktik asit ve CO<sub>2</sub>'e çevrilebilmektedir (Angelov vd. 2009).

### 2.1.2 *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (*Lb. bulgaricus*)

*Lb. bulgaricus* da *S. thermophilus* gibi Orla-Jensen tarafından tanımlanmış ve *Thermobacterium bulgaricum* olarak adlandırılmıştır (Farrow ve Collins 1984). Güncel gruplandırmaya göre *Lactobacillus delbrueckii*'nin bir alttürü olarak yer almaktadır. Gram-pozitif, tekli, ikili veya zincir formda bulunabilen çubuk şeklinde (0.5-0.8 x 2-9 µm), hareketsiz ve sporsuz bir bakteridir (Özer 2006). Tüm suşları termofiliktir ve 42-45 °C arasında optimum, <10 °C'de ise yavaş gelişim gösterebilmektedir. Optimum gelişme pH'sı 5.2-5.5 arasındadır, anaerobik koşullarda iyi aktivite göstermektedir. Zorunlu homofermentatiftir (Grup I ya da A içerisinde yer almaktadır) ve laktozun yanı sıra glukoz ve fruktozu da kullanabilmektedir. Ender koşullarda galaktoz ve mannozu metabolize etme özelliği bulunmaktadır (Axelsson 1998). Laktoz metabolizması sonucunda laktik asit [% 1.7-1.8 D(-) laktik asit] yanı sıra karbonil bileşikleri (asetaldehit vb.), etil alkol ve uçucu yağ asitlerini de oluşturabilmektedir. Argininden amonyak üretmemektedir ve hücre duvarı peptidoglukan yapısı Lisin-DAspartik asit (Lys-DAsp) şeklindedir (Tamime ve Robinson 2007). Diğer laktobasiller ile karşılaştırıldığında atipik bir % G + C oranına sahip olduğu (% 49-51) görülmektedir (van de Gutche vd. 2006). Bu durumun codon pozisyon-3 (GC3)'den kaynaklandığı düşünülmektedir (GC3 oranı *Lb. bulgaricus*'ta % 65 iken *Lb. acidophilus* ve *Lb. johnsonii*'de sırasıyla % 25.0 ve % 24.4 olarak bulunmuştur) (van de Gutche vd. 2006). Codon-3 pozisyonundaki evrimleşme genel olarak codon 1 ve 2 pozisyonlarından daha hızlı ilerlediğinden *Lb. bulgaricus*'un henüz evrimleşme sürecini tamamlamadığı tahmin edilmektedir. Özellikle *Lb. bulgaricus*'un bazı metabolik aktivitelerinden sorumlu genlerinde görülen kayıplar evrimleşme sürecinin devam ettiğine işaret etmektedir (Hao vd. 2011). Tüm bu yorumlar yapılırken unutulmaması gereken nokta ise GC3 ile GC içeriği arasındaki korelasyonun ortadan kalkabileceği ya da kısmen değişime uğrayabileceğidir. *Lb. bulgaricus*'un genomu yaklaşık 2.3 Mb büyüklüğündedir (Germond vd. 2003, van de Gutche vd. 2006).

*Lb. bulgaricus*'un bazı suşları ekzopolisakarit sentezleme yeteneğindedir (EPS<sup>+</sup> suşlar). Gelişim için niasin ve pantotenik asite ihtiyaç duymaktadır (Hammes ve Vogel 1995). Proteolitik aktivitesi *S. thermophilus*'a göre daha yüksektir (Rajagopal ve Sandine

1990) ve bu bakterinin ihtiyaç duyduğu esansiyel aminoasitleri üretme yeteneğine sahiptir. *S. thermophilus* ve *Lb. bulgaricus*'un gelişim karakteristikleri çizelge 2.1'de sunulmaktadır.

Çizelge 2.1 *S. thermophilus* ve *Lb. bulgaricus*'un gelişim karakteristikleri

<b>Karakteristik</b>	<b><i>S. thermophilus</i></b>	<b><i>Lb. bulgaricus</i></b>
G+C (%)	37.2-40.3	49-51
Laktik asit izomeri	L(+)	D(-)
<u>Gelişim</u>		
10 °C	-	-
45 °C	+	+
<u>Gereksinim</u>		
Tiamin	?	-
Riboflavin	?	+
Pridoksal	?	-
Folik asit	?	+
Timidin	?	+
Vit B <sub>12</sub>	?	+
<u>Karbonhidrat kullanımı</u>		
Eskulin	+	-
Amigdalın	+	-
Sellobiyoz	+	-
Fruktoz	+	+
Galaktoz	-	-
Laktoz	+	-
Maltoz	+	-
Mannoz	?	-
Melezitoz	?	-
Melibiyoz	-	-
Raffinoz	-	-
Riboz	-	-
Salisin	+	-
Sukroz	nd	-
Trehaloz	p/z	-

(+) > % 90 suş pozitif reaksiyon, (-) > % 90 suş negatif reaksiyon, (p/z) % 11-89 suş pozitif ya da zayıf reaksiyon göstermiştir. ?: veri bulunmamaktadır (Hammes ve Vogel 1995, Hardie ve Whilley 1995, Heller 2001, Tamime ve Robinson 2007)

### 2.1.3 *S. thermophilus* ve *Lb. bulgaricus* arasındaki protokooperasyon

*S. thermophilus* ve *Lb. bulgaricus* sütte zorunlu olmayan ancak birbirlerinin gelişimlerini teşvik edici bir ilişki içerisinde (Angelov vd. 2009, Smid ve Lacroix 2013). Her iki bakteri de bir ya da daha fazla bileşen sentezleyerek diğer bakterinin gelişimini destekleyici rol oynamaktadır (de Souza Oliveira vd. 2012). Bu ilişki “protokooperasyon” olarak adlandırılmaktadır. *S. thermophilus* gelişmiş bir proteolitik

kapasiteye sahip olmadığından gelişimi için gerekli olan aminoasit ve serbest peptidleri yeterli düzeyde üretememektedir (Siewwertz vd. 2008). Buna karşın, *Lb. bulgaricus* kazein fraksiyonlarından serbest amino asit üretebilme yeteneğine sahiptir ve bu amino asitler *S. thermophilus* tarafından gelişim faktörü olarak kullanılmaktadır (Fira vd. 2001, Ginovart vd. 2002, El-Zahar vd. 2003). *S. thermophilus*'un bazı suşları gelişim için valin, glisin ve histidine gereksinim duyarken bazı suşlarının gelişimi bu amino asitlerin varlığında zayıflamaktadır. *Lb. bulgaricus* tarafından sentezlenen amino asitlerin dışında sütte doğal olarak yer alan bazı di- ve oligopeptidler de *S. thermophilus* tarafından gelişim faktörü olarak kullanılmaktadır. Özellikle, lisil ve histidil bu mekanizmada önemli rol oynamaktadır (Nakamura vd. 1991). İlave olarak, bazı suda çözünür vitaminler, piridin ve pirimidin *S. thermophilus*'un gelişimi üzerinde olumlu etki yaratmaktadır.

*Lb. bulgaricus*'un gelişimi ise ağırlıklı olarak *S. thermophilus* tarafından açığa çıkartılan formik asit varlığında stimüle olmaktadır (Zourari vd. 1992, Settachaimongkon vd. 2014). Formik asit aynı zamanda 100 °C'nin üzerinde 10 dakikadan uzun ısı işlem uygulamaları sonunda meydana gelmektedir. Isıl işlem uygulaması sonunda formik asit konsantrasyonu 1.7 mg/kg'dan 39 mg/kg'a kadar çıkabilmektedir (Kikuchi vd. 1984). Kikuchi vd. (1984) süte 20 mg/kg düzeyinde sodyum format ilavesi ile *Lb. bulgaricus*'un koloni sayısının 10 kat, asit üretim kapasitesinin ise 2.7 kat arttığını ortaya koymuşlardır. Formik asite ilave olarak, fermantasyon sırasında *S. thermophilus* tarafından üretilen bazı bileşenler de *Lb. bulgaricus* gelişimini desteklemektedir. *S. thermophilus*'un üre metabolizması sırasında ortaya çıkan CO<sub>2</sub>, *Lb. bulgaricus* gelişimini stimüle eden etkili bir faktördür (Routray ve Mishra 2011). Optimum düzeyde laktik asit üretimi için *Lb. bulgaricus* tarafından ihtiyaç duyulan CO<sub>2</sub> konsantrasyonu 30 mg/kg'ın üzerindedir ve *S. thermophilus* bu seviyeden daha yüksek konsantrasyonlarda CO<sub>2</sub> üretebilme yeteneğindedir (Tinson vd. 1982). *S. thermophilus* tarafından üretilen CO<sub>2</sub>, aspartik asit üretimi için prekürsör olarak da kullanılmaktadır. *S. thermophilus* tarafından üretilen CO<sub>2</sub> seviyesi üretimde kullanılan süt türüne göre değişmektedir. *Lb. bulgaricus* gelişimini destekleyen diğer bileşenler pürin, pirimidin, adenin, guanin, urasil, fumarik asit, oksaloasetik asit ve sisteindir.



Günümüze kadar, yoğurt bakterileri arasındaki simbiyozisin moleküler düzeyde incelendiği çok az çalışma bulunmaktadır. Herve-Jimenez vd. (2009) *S. thermophilus* LMG 18311'in *Lb. bulgaricus* ATCC 11842 varlığında sütte gelişimi sırasındaki transkriptomik ve proteomik modifikasyonların kinetiğini incelemiştir. Yazarlar yetmiş yedi farklı gen ve proteinin, esas olarak azot, nükleotid baz ve demir içerdiğini ve bu bileşimin kombine kültürde spesifik olarak değiştiğini göstermiştir. Olasılıkla *Lb. bulgaricus*'un hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) üretimi üzerine intraselüler demir konsantrasyonunda azalmayı gösteren, potansiyel olarak demir bağlayıcı *dpr* ve *fur* (*per* R) düzenleyici genlerin ekspresyonu artmıştır (Herve-Jimenez vd. 2009). *Lb. bulgaricus* ve *S. thermophilus* kombine kültüründe fermantasyonun başlangıcında biyokütlenin gelişimi ve sürdürülebilirliği için yüksek miktarda ATP ve lag fazında enzim induksiyonu için yüksek miktarda enerji gereklidir (de Souza Oliveira vd. 2012). Gelişim ortamına prebiyotik olarak inülin ilavesi bu ihtiyaçların azalmasını sağlamaktadır.

Yukarıda değinildiği gibi, yoğurt bakterilerinin birlikte gelişiminin her bir yoğurt bakterisinin metabolik aktivitesi üzerindeki olumlu etkileri şüphesizdir. Ancak, sütün fermantasyonu sırasında bu iki mikroorganizma arasında bir rekabet de yaşanmaktadır. Rekabet ve protokooperasyon arasındaki denge, metabolik ürünlerin durumunu ve basiller ve koklar arasındaki dengeyi belirlemektedir. Yoğurt bakterileri arasındaki dengenin çeşitliliğine bağlı olarak, laktik asit üretimi etkilenmeden yoğurdun tekstürel ve duyuşsal özellikleri değişebilmektedir.

Yoğurt fermantasyonu dört ardışık basamaktan oluşmaktadır (Beal ve Corrieu 1991). Bunlar;

*Faz 1.* Her iki yoğurt bakterisinin de dikkate değer çoğalma göstermediği durgunluk fazı (lag fazı),

*Faz 2.* Fermantasyonun ilk 80-100 dakikasında *S. thermophilus*'un hızlı gelişimi. Bu basamakta *S. thermophilus* toplam bakteri popülasyonunun % 90-95'lik kısmını oluşturmaktadır (log fazı),

*Faz 3. Lb. bulgaricus* gelişimi stimüle edilmektedir ve *S. thermophilus* sayısı kademeli olarak azalmaktadır. *S. thermophilus* toplam bakteri popülasyonunun % 70-95'ini temsil etmektedir (geç log fazı),

*Faz 4.* Her bir bakterinin gelişiminin yavaşladığı durgunluk fazı.

#### **2.1.4 Yoğurt starter bakterilerinin metabolizması**

##### ***Karbonhidrat metabolizması***

Laktik asit bakterileri enerji ihtiyaçlarını karbonhidratların fermantasyonuyla sağlamaktadır. Her iki yoğurt bakterisi de laktozu homofermantatif yolla fermente etmektedir. Termofilik yoğurt bakterileri tarafından gerçekleştirilen laktoz fermantasyonunun ilk basamağı laktozun bakteri hücresi içerisine taşınmasıdır. Dış ortamdan hücre içine laktoz transferi *S. thermophilus*'ta diğer süt starter bakterilerinden (örneğin; laktokoklar) farklıdır. Laktokoklar fosfoenolpirüvata bağlı (PEP)-fosfotransferaz sistemi (PTS) adı verilen spesifik bir laktoz transfer sistemine sahiptir (Marshall ve Tamime 1997). Bu sistem fosfo- $\beta$ -galaktosidaz ( $\beta$ -P-gal) adı verilen ve laktoz transferi sırasında oluşan laktoz-6-fosfatın glikoz ve galaktoza hidrolizini katalize eden bir enzim içermektedir (Zourari vd. 1992). Laktozun dışarıdan sitoplazmik membranın içine translokasyonuna dört protein (sırasıyla enzim II, III, I ve HPr) dahil olmaktadır (Monnet vd. 1996, Tamime ve Robinson 2007). *S. thermophilus* suşlarının büyük çoğunluğu  $\beta$ -P-gal veya PEP-PTS sistemine sahip değildir ve *S. thermophilus*'ta laktoz transferi, laktoz-galaktoz antiport veya galaktoz-proton simport sistemi olarak çalışan bir laktoz permeaz (LacS) ile sağlanmaktadır (Foucaud ve Poolman 1992, Poolman 1993, de Vin vd. 2005). *S. thermophilus*'ta laktoz alımı sırasında laktoz-galaktoz değişim mekanizmasında metabolik enerji ihtiyacı bulunmamaktadır (Poolman 1993). *S. thermophilus*'ta antiport sistemi sırasında laktoz alımı hızı, galaktoz antiport reaksiyonunda kullanılamayacağından, galaktokinaz geninin (*galk*) ekspresyonundan olumsuz olarak etkilenmektedir. Laktozun hücre içerisinde glukoz ve galaktoza hidrolizi  $\beta$ -galaktosidaz ( $\beta$ -gal) enzimi aracılığıyla gerçekleştirilmektedir (Poolman vd. 1992). Yalnızca glukoz *S. thermophilus* tarafından Embden-Meyerhof-Parnas yolu ile L (+)

laktata metabolize olmaktadır. Ortamda laktoz fazlası bulunduğunda galaktozun laktoz alımıyla eşit molar konsantrasyonlarda ortama salınmasıyla galaktoz-negatif (*gal*) fenotip oluşturmaktadır (Hutkins vd. 1985, Svensson vd. 2007). *S.thermophilus*'un *gal* fenotipinin oluşması, Leloir yolunda hız kısıtlayıcı veya laktoz transfer sisteminde enerji açısından avantaj sağlayan galaktokinaz (GalK) enziminin indüksiyonunda kusur olarak nitelendirilmektedir (Hutkins vd. 1985, de Vos 1996). Diğer yandan, kısıtlı laktoz ve fazla galaktoz konsantrasyonları gibi uygun selektif koşullarda *S. thermophilus*'un galaktozu fermente edebilen (*gal*<sup>+</sup>) mutantları da karakterize edilmiştir (Hutkins vd. 1985). *S. thermophilus*'un *gal*<sup>+</sup> mutantları galaktokinaz (GalK), galaktoz-1-fosfat-üridil transferaz (GalT), üridildifosfat-4-epimeraz (GalE) ve mutarotaz (GalM) enzimleri aracılığıyla Leloir yolu ile ortama salınan galaktozu metabolize edebilmektedir (Zourari vd. 1992, de Vin vd. 2005). Aslında *S. thermophilus*'un galaktozu fermente edemeyen (*gal*) mutantları (örneğin; CNRZ 302 suşu), Leloir yolu için yapısal olarak gerekli olan genleri bulundurmaktadır, ancak bu genler zayıf şekilde kopyalanmıştır (van den Bogaard 2002). Bağımsız olarak izole edilen *gal*<sup>+</sup> mutantlar *gal* düzenleyici bölgede mutasyonlar içermektedir. Aktifleştirilen bu *gal* genlerin ekspresyonu, olasılıkla galaktoz veya bir türevinin indükleyici vazifesi gördüğü apoindükleiyici GalR kontrolündedir (de Vos 1996).

*Lb. bulgaricus* sınırlı sayıda karbonhidratı metabolize edebilme özelliğine sahiptir. Genellikle glukozu metabolize ederken galaktoz üzerindeki etkinliği çok sınırlıdır. *S. thermophilus*'a benzer şekilde laktoz konsantrasyonu yetersizliği durumunda bazı suşlarında galaktoz metabolizması devreye girmektedir. *Lb. bulgaricus*'ta glukozun hücre içerisine alımı fosfotransferaz sistemi benzeri (PTS) bir mekanizma üzerinden olmaktadır. Laktoz ve galaktozun hücre içine transferi ise permeaz sistemi ile gerçekleşmektedir. *Lb. bulgaricus*'un çoğu suşu hem  $\beta$ -D-galaktosidaz ( $\beta$ -gal) hem de fosfo- $\beta$ -D-galaktosidaz ( $\beta$ -P-gal) enzimlerine sahiptir. Genellikle  $\beta$ -gal aktivitesi daha fazladır. Laktoz hücre içerisine alındıktan sonra  $\beta$ -gal aracılığı ile hidrolizasyona uğratılmaktadır. Glukoz ise hem laktoz transport sistemini hem de  $\beta$ -gal sentezini yavaşlatmaktadır. *Lb. bulgaricus* tarafından sentezlenen  $\beta$ -gal 50-55 °C'de ve pH 6.5-7.0 koşullarında aktivite göstermektedir ve molekül ağırlığı 114 kDa civarındadır (Gupta vd. 1994).  $\beta$ -gal ko-faktör olarak Mg<sup>+2</sup> iyonlarına gereksinim duymaktadır

(Adams vd. 1994). *Lb. bulgaricus* ağırlıklı olarak glukoz metabolizması üzerinde karbonhidrat fermantasyonu sağlamakla birlikte gerektiği koşullarda galaktozu bir galaktokinaz tarafından regüle edilen Leloir yolu üzerinden metabolize etmektedir. Leloir metabolik yolunun aktive olabilmesi için P-β-D-gal varlığı ve laktoz yetersizliği ön koşuldur.

Yoğurtta fermantasyon sonrası asitlik artışından birinci derecede *Lb. bulgaricus* sorumludur. Ancak yoğurt laktobasilleri aracılığıyla gelişen fermantasyon sonrası asitlik artışı, son üründe fazla laktik asit birikimine neden olarak duyu kalitenin bozulmasına yol açan ve kontrol edilemeyen bir süreçtir. Bu ikilemin üstesinden gelebilmek amacıyla çalışmalar *Lb. bulgaricus*'un *lacZ* geni üzerine yoğunlaşmıştır (Schmidt vd. 1989). Adams vd. (1994) *Eschericia coli* ekspresyonu ve tesadüfi mutagenез yoluyla *lacZ* geninde meydana gelen bir seri soğuga duyarlı mutasyon belirlemiştir. *Lb. bulgaricus*'un *LacZ* genini etkileyen delesyon, laktobasillerin aşırı asit geliştirme özelliğinin azaltılması için seçenek sunmaktadır. Germond vd. (1995) bu delesyonların yeni bir delesyon sekansı (IS) unsuru (ISL3) içerdiğini belirlemiştir. Bu delesyonları taşıyan *Lb. bulgaricus* suşları enerji sağlanması için laktozu karbon kaynağı olarak kullanamamaktadır (Delley vd. 1990).

### **Laktik asit izomerleri**

Laktik asit, yoğurt bakterilerinin laktoz katabolizmasında temel son üründür. Laktik asit, L(+) laktik asit ve D(-) laktik asit olarak bulunan bir kiral moleküldür (Benthin ve Villadsen 1995). *S. thermophilus* pirüvattan yalnızca L(+) laktik asit oluşturmakta, diğer yandan pirüvatin % 90'ından fazlası *Lb. bulgaricus* tarafından D(-) laktata dönüştürülmektedir (Tamime ve Robinson 2007). L(+) laktik asitin *Lb. bulgaricus* tarafından atipik üretimi de bildirilmiştir (Rogout vd. 1989). Daha az yaygın olarak, yoğurt bakterilerinin bazı suşları DL(±) laktik asit adı verilen üçüncü laktik asit izomerini de üretme yeteneğindedir (Herrero vd. 2004). Bu suşlar *ldhL* ve *ldhD* olarak adlandırılan ve laktat dehidrogenaz kodlaması için gerekli olan her iki *ldh* genini de içermektedir (de Vos 1996). Laktik asit biyosentezi stereospesifiktir ve rasemat D- ve L-laktat dehidrogenazın (LDH) ortak çalışmasından veya rasemat ile birlikte tek bir

dehidrogenazdan meydana gelmektedir. LDH, bakteri hücresinin sitoplazmasında yer almaktadır ve aktivitesi nikotinamid adenin dinükleotide (NAD)/indirgenmiş nikotinamid adenin dinükleotide (NADH) bağımlıdır. NAD, pirüvik asitin laktik asite dönüşümü sırasında NADH'den yeniden oluşmaktadır. *Lb. bulgaricus* tarafından sentezlenen, altbirim başına 36 kDa moleküler ağırlığı olan ve 332 amino asit kalıntısından oluşan bir homodimer olan D-LDH, anaerobik koşullar altında glikolitik yolun son basamağı olarak rol oynayarak glikoliz için gerekli olan NAD reoksidasyonunu sağlamaktadır (Le Bras ve Garel 1991). Vinals vd. (1995) *Lb. bulgaricus* tarafından sentezlenen LDH'nin yapısının, katalitik alanı (örneğin; arginin ve fenilalaninle birlikte histidin kalıntısı içeren) ve bir koenzim bağlayan alanı olan  $\alpha/\beta$  altbirimlerinden oluştuğunu göstermiştir.

Yoğurt fermantasyonunun ilk basamaklarında, *S. thermophilus*'un hızlı gelişiminden kaynaklanan glikolitik aktivite nedeniyle L(+) laktik asit birikimi daha fazladır. Daha sonraki basamaklarda *Lb. bulgaricus*'un hızlı çoğalmasıyla birlikte D(-) laktik asit miktarında hızlı bir artış görülmektedir. Yoğurttaki D(-) ve L(+) laktik asit izomerleri arasındaki denge suşa bağımlıdır ve yoğurt genellikle % 45-60 L(+) laktik asit ve % 40-55 D(-) laktik asit içermektedir (Tamime ve Robinson 2007).

### ***Ekzopolisakkarit (EPS) üretimi***

*S. thermophilus* ve *Lb. bulgaricus*'un her ikisinin de ekzopolisakkarit üreten (EPS<sup>+</sup>) suşları bulunmaktadır. Yoğurt bakterileri tarafından üretilen EPS'lerin farklı monosakkarit kompozisyonları olabilmektedir. *S. thermophilus* tarafından üretilen hetero-ekzopolisakkaritlerin (HEPS) tekrar eden birimlerinin yapısı ilk defa Doco vd. (1990) tarafından belirlenmiştir. Günümüze kadar, her iki yoğurt bakterisi tarafından da üretilen HEPS'lerin bazı tekrar eden birimlerinin yapısı 1D ve 2D <sup>1</sup>H-NMR spektroskopisi ile ortaya konmuştur (de Vuyst vd. 2001, Leeflang vd. 2000). Saf kültürlerde yoğurt bakterileri tarafından üretilen EPS miktarı önemli oranda değişebilmektedir (Bouzar vd. 1997). Süt kültürlerinde EPS konsantrasyonlarının *S. thermophilus* için 50-3.000 mg/L ve *Lb. bulgaricus* için 60-2.100 mg/L arasında olabileceği belirtilmektedir (Bouzar vd. 1997, Grobber vd. 1996). Yoğurt bakterileri

tarafından üretilen HEPS'lerin kimyasal kompozisyonu, zincir uzunluğu ve tekrar eden birimlerin yapısı EPS molekülünün molar kütlesi ve tekstür geliştirici özelliklerini belirlemektedir (Laws ve Marshall 2001, Ruas-Mediedo ve de los Reyes-Gavilian 2005). Farklı suşların oluşturduğu EPS'lerin kompozisyonu, yükü, üç boyutlu dağılımı, rijiditesi ve proteinlerle interaksiyon yeteneğinin farklı olabilmesi nedeniyle, EPS konsantrasyonları ve yoğurdun görünür viskoziteleri arasında kesin bir korelasyon bulunmamaktadır. Diğer yandan birçok durumda, yüksek molekül ağırlıklı EPS'ler ve kısmen sıkı zincir yapısı, ürüne daha yüksek viskozite kazandırmaktadır. Tuinier vd. (1999) zincir sıklığının alt birimler arasındaki bağların türüyle direkt bağlantılı olduğunu ve  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4) bağlarının  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4) veya  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3) bağlarından daha sıkı zincirler oluşturduğunu belirtmiştir. *Lb. bulgaricus* ve *S. thermophilus* tarafından üretilen EPS'lerin bağıl molekül ağırlığı yüksektir (sırasıyla  $0.5 \times 10^6$  Da ve  $1 \times 10^6$  Da) (Cerning vd. 1986, Doco vd. 1990). Yoğurt bakterileri tarafından üretilen HEPS'lerin yapıları suşa bağımlıdır.

HEPS üretimi enerji-yoğun bir süreçtir ve yoğurt bakterileri enerji sağlayabilecek kısıtlı sayıda katabolik yola sahiptir (Broadbent vd. 2003). Bu durum *S. thermophilus* için daha fazla geçerlidir. HEPS'ler aktive edilmiş nükleotid şekerlerinden sentezlenmektedir ve şeker prekürsörlerinin seviyesinin düşük olması EPS üretimi üzerinde kısıtlayıcı bir unsur olabilmektedir. Bu nedenle *S. thermophilus* ve *Lb. bulgaricus*'un EPS üretiminin artırılması amacıyla son genetik yaklaşımlar, bu bakterilerin merkezi şeker metabolizması üzerine yoğunlaşmaktadır. Levander vd. (2002) ve Svensson vd. (2005)'e göre laktik asit bakterilerinin EPS üretimi, prekürsör nükleotid şekerlerinin üretimini etkileyen merkezi metabolizmadaki enzim seviyesinin artırılması yoluyla geliştirilebilmektedir. Leloir yoluna sahip olan *S. thermophilus*'ta, UDP glukoz (UDPglu) ve UDP galaktoz (UDPgal), glukoz veya galaktoz monomerleri ile oluşturulabilmektedir (Levander vd. 2002). Fosfoglukomutaz (PGM) Leloir yolu için temel enzimdir ve glukoz-6-fosfatın ve glukoz-1-fosfatın ara-çevrimini katalize etmektedir. PGM aktivitesi bulunmayan *S. thermophilus* mutantlarının laktoz varlığında aynı düzeyde EPS ürettikleri belirtilmiştir (Levander ve Rådström 2001). Bu durum EPS prekürsörlerinin sağlanması için Leloir yoluyla galaktoz metabolizmasının önemini vurgulamaktadır. HEPS biyosentezi ve salgılanması kompleks bir genetik düzenlemedir

ve spesifik *eps/cps* genleri kadar şeker nükleotidlerinin sentezi için birkaç tane temel referans gen (housekeeping gene) de gereklidir. *S. thermophilus* Sfi6 HEPS biyosentezinde genlerin dahil olduğu gösterilen ilk suştur. Stingle vd. (1996, 1999) bu bakteride 14.5 kb *eps* gen dizisi *epsABCDEFGHIJKLM*'nin EPS üretiminden sorumlu olduğunu ortaya koymuştur. Ardından, bütün *cps* gen dizisi *cps ABCDEFGHIJKL* (11.2 kb) de *S. thermophilus* NCFB 2393'te belirlenmiştir (Almiron-Roig vd. 2000, Griffin vd. 1996). Mezofilik ve termofilik laktik asit bakterilerinin HEPS üretiminin değişkenlik gösterdiği belirtilmektedir (Cerning vd. 1990, Faber vd. 1998). Mezofilik laktik asit bakterilerinde sekresyon niteliğinin spontan kaybının plazmid kodlayan genlerle ilgili olduğu ortaya konulmuştur (van Kranenburg vd. 2000). Her iki bakteri de bu plazmidleri içermediğinden bu durum *S. thermophilus* ve *Lb. bulgaricus* için geçerli değildir (Vescovo vd. 1989). Termofilik yoğurt bakterilerindeki HEPS'lerin genetik değişkenliği, insersiyon sekansı gibi mobil genetik unsurların varlığına veya DNA delesyonu ve yeniden düzenlemelerini de içeren genellenmiş genetik düzensizliğe bağlı olabilmektedir (Stingle vd. 1996, Bourgoïn vd. 1999, de Vuyst vd. 2001, Germond vd. 2001). İlâveten, *S. thermophilus* polisakkariti indirgeyebilen ekzoselüler glikohidrolizleri de üretebilmektedir (Cerning vd. 1990). Aksine, *S. thermophilus*'un bazı suşları (örneğin; ST 111 suşu) hidrolizasyon karşısında daha dirençli olan yüksek molekül ağırlıklı EPS'leri üretebilmektedir (Vaningelgem vd. 2004).

EPS<sup>+</sup> suşlarla üretilen yoğurt benzeri fermente ürünlerin tekstürü, proteinler ve polisakkaritler arasındaki interaksiyonlar tarafından belirlenmektedir (Hess vd. 1997). EPS salgılanması kazein miselleri ve yağ globüllerinin bağlı kaldığı bir ağ yapısında, çok kompleks yapıda üç boyutlu bir retikulum oluşumuyla fiziksel hücre adezyonuna yol açmaktadır (Bianchi-Salvadori 1997). Hidrasyon suyunun EPS filamentleri ile bağlanması serbest su molekülü miktarında azalmaya, dolayısıyla serumda EPS konsantrasyonunun artmasına neden olmaktadır (Duboc ve Mollet 2001). Yoğurt bakterilerinin EPS<sup>+</sup> suşları ile üretilen yoğurt benzeri ürünlerin viskozitesi EPS'lerin yüzey yükünden etkilenmektedir. Duboc ve Mollet (2001) nötral EPS içeren yoğurdun viskozitesinin zamanla arttığını ve EPS üretmeyen suşlar (EPS<sup>-</sup>) ile üretilen yoğurtlardan 10 kat daha fazla olduğunu belirtmiştir. Genel olarak, nötral EPS viskoziteye etki etmekte ancak elastisiteye etki etmemektedir. Aksine, negatif olarak

yüklenmiş EPS elastisiteyi yükseltmekte ancak viskozite gelişimi üzerinde etkisi bulunmamaktadır. Bu durum negatif yüklü EPS'lerin elektrostatik bağlanma yoluyla pozitif yüklü kazein partikülleriyle interaksiyona girmesiyle, böylece ağ modüllerinde (özellikle depolama modülüsü, G') artış sağlamasıyla ilgilidir. Kazeinlerle etkileşime giren EPS'ler serum fazda zayıf bir dispersiyon özelliği göstermekte ve bu nedenle viskozite gelişimi üzerinde çok az etkili olmaktadır. Yoğurt bakterilerinin EPS üretim yeteneği zamanın bir fonksiyonu olarak azalabilmektedir. Özellikle, pasajlamadaki artışla suşların EPS biyosentezi kapasitesi de azalabilmektedir (Cerning 1988).

### ***Asetaldehit üretimi***

Yoğurdun aroma ve lezzetinin kontrolü, son ürünün kalite kontrolü ve pazarlama başarısı açısından önemlidir. Son ürünün karakteristik lezzeti (laktik asitin keskinliği tarafından sağlananın üstünde ve ötesinde) temel olarak asetaldehite dayandırılmaktadır (Cheng 2010, Martin vd. 2011). Sade yoğurttaki ideal asetaldehit konsantrasyonu 10-25 mg/kg arasındadır. Ancak, bu bileşenin asetoin, diasetil ve aseton gibi diğer karbonil bileşenlerine oranı kesin olarak belirlenmiş değildir (Tamime ve Robinson 2007). Yoğurt bakterilerinin asetaldehit üretimi suşa bağımlı görünmektedir. Hangi yoğurt bakterisinin temel olarak asetaldehit üretiminden sorumlu olduğu konusunda bir mütabakata varılmış değildir (Ott vd. 2000).

Yoğurt bakterileri asetaldehit üretimi için karbonhidrat, protein ve nükleik asit metabolizmasına dahil olan çeşitli yanyolara sahiptir (Bongers vd. 2005). Tüm durumlarda asetaldehit yan ürün veya ara üründür ve fazla birikimi toksik olduğundan hücre dışına atılmaktadır. Asetaldehit üretimi için birkaç metabolik yol bulunmasına rağmen, karbonhidrat temelli metabolik yol öncelik taşımaktadır (Hugenholtz 1993). Yoğurt fermantasyonu sırasında, asetaldehit pirüvat dekarboksilasyonunun sonucu olarak laktoz metabolizmasıyla direkt üretilebilmektedir. Direkt olarak pirüvat dekarboksilaz veya pirüvatoksidaz aracılığıyla veya indirekt olarak pirüvat dehidrogenaz veya pirüvat format liyaz ile ara ürün asetil-CoA oluşumu şeklinde üretilebilmektedir (Chaves vd. 2002). Bu yollar aracılığıyla fermantasyonun ileri evrelerinde ve/veya soğuk depolama sırasında lezzet bileşenleri oluşumunun kontrolü



söz konusudur. Ek olarak, timidin asetaldehite degrade olabilmektedir. Asetaldehit üretimi için bir diğer olası yol amino asitlerin pirüvat aracılığıyla asetaldehite dönüşümüne dayanmaktadır. Treonin aldolaz da treoninden asetaldehit ve glisin eldesinde rol oynamaktadır (Chaves vd. 2002). Yoğurt bakterileri tarafından asetaldehit üretimi için kullanılan olası metabolik yollar aşağıda irdelenmiştir;

### **Glukozdan asetaldehit oluşumu**

Yoğurt bakterilerinde asetaldehit için en sık kullanılan yol, Embden-Meyerhof-Parnas yolu üzerinden  $\alpha$ -karboksilaz aracılığıyla pirüvatın asetaldehite dönüşümüdür (Tamime ve Robinson 2007, Zourari vd. 1992). Alternatif bir yol da pirüvat dehidrogenaz enziminin pirüvat üzerindeki aktivitesiyle, sonraki basamaklarda asetaldehit eldesi için katalize edilebilen veya aldehit dehidrogenaz enzimi ile indirgenebilen asetil-CoA'nın oluşumudur (Lees ve Jago 1976a, b, 1977). Lees ve Jago (1976a) yoğurt bakterilerinin dört suşunda aldehit dehidrogenaz aktivitesini göstermiştir. Buna karşın, Manca de Nadra vd. (1987) ve Raya vd. (1986), iki *S. thermophilus* ve iki *Lb. bulgaricus* suşunda aldehit dehidrogenaz veya  $\alpha$ -karboksilaz aktivitesini belirleyememiştir. Bu nedenle pirüvat metabolizmasına dahil olan enzimler *S. thermophilus* ve *Lb. bulgaricus* suşlarında nadiren bulunduğundan, pirüvat metabolizması yoluyla asetaldehit oluşumunu ortaya atmak daha uzak olasılık olarak değerlendirilmektedir.

*S. thermophilus*'un sadece bazı suşları heksoz monofosfat (HMP) döngüsü yoluyla sırasıyla fosfotransasetilaz ve asetat kinaz enzimleriyle meydana gelen asetil-CoA veya asetattan asetaldehit biyosentezini katalize eden aldehit dehidrogenaz enzimine sahip olduğundan, HMP yoluyla asetaldehit üretimi mümkün görünmemektedir.

### **Treoninden asetaldehit oluşumu**

Lees ve Jago (1976b) treonin aldolaz (EC 2.1.2.1) vasıtasıyla treoninden asetaldehit oluşumunun birincil önemini ortaya koymuştur. Treonin aldolaz, yoğurt bakterilerinde asetaldehitin yan ürün olarak oluştuğu treoninin glisine dönüşümünü katalize etmesiyle bilinen bir enzimdir. Metiyonin, treonin için bir prekürsör olarak çalışmakta ve bu nedenle aynı mekanizma ile asetaldehit birikimine yol açmaktadır. Metiyoninin

asetaldehit ve glisine dönüşümü için önerilen yol S-adenosil-homosistein, L-homosistein, sistein, L-homoserin, homoserin fosfat ve treonin ara ürünlerini içermektedir (Özer ve Atasoy 2002). Tekli kültürlerde laktobasillerdeki treonin aldolaz aktivitesi streptokoklardan daha belirgindir (Özer ve Atasoy 2002). Ancak amino asit takviyesi varlığında veya karışık yoğurt kültürlerinde, *S. thermophilus* treonin aldolaz aktivitesini fazlasıyla artırmaktadır (Varga 1998). Ott vd. (2000) <sup>13</sup>C-etiketli treonin ve <sup>13</sup>C-etiketli glukoz ilavesiyle inek sütünün fermantasyonu sırasında *S. thermophilus* ve *Lb. bulgaricus*'tan asetaldehit oluşumunu incelemiştir. Tekli ve çiftli etiketlenmiş asetaldehit hesaba katıldığında, *Lb. bulgaricus* ve *S. thermophilus*'tan fermantasyon sırasında glukozdan % 90'ın üzerinde asetaldehitin oluştuğunu belirlemişlerdir. Her iki mikroorganizma da treonin aldolaz aktivitesi sergilemekte ve sütün fermantasyonu sırasında <sup>13</sup>C-etiketli treoninden etiketli asetaldehit üretmektedir. Streptokoklar tarafından salgılanan treonin aldolaz, normal inkübasyon seviyelerine kadar sıcaklık artışıyla azalmaktadır (Marranzini vd. 1989). Aksine, *Lb. bulgaricus*'un treonin aldolaz aktivitesi inkübasyon sıcaklığı değişiminden etkilenmemektedir (Zourari vd. 1992). Yoğurt sütü 43 °C'de fermantasyona bırakıldığından asetaldehitin temel olarak *Lb. bulgaricus* tarafından üretildiği varsayılmaktadır (Bianchi-Salvadori 1997).

Sütün metiyonin ve/veya treoninle takviyesi, yoğurttaki asetaldehit seviyesinin artmasına neden olmaktadır. Özer ve Atasoy (2002) süte metiyonin (10 ve 30 mg/100 mL süt) ve treonin (5 ve 10 mg/100 mL süt) takviyesi yapmış, sünme yapan kültürle üretilen yoğurtlarda asetaldehit birikimini gözlemlemiştir. Sünme yapan karışık kültürlerde süte ilave edilen metiyonin ve treonin seviyesinin artırılmasının asetaldehit üretimini büyük ölçüde desteklediği belirlenmiştir. Benzer şekilde yoğurt sütüne daha az konsantrasyonlarda (1 veya 3 mg/L süt) treonin ilavesinin yoğurt bakterileri tarafından asetaldehit sentezinde artışa neden olduğu ifade edilmektedir (Baranowska 2006). Kurultay vd. (2005) 100 mg/kg seviyesinde metiyonin takviyesinin bazı *S. thermophilus* suşlarında asetaldehit üretimini artırdığını belirtmiştir.

Chaves vd. (2002), *glyA* geni tarafından kodlanan serin hidroksimetiltransferaz (SHMT) enzimi ile katalizlenen spesifik bir reaksiyon üzerine yoğunlaşarak, *S. thermophilus* tarafından asetaldehit oluşumu prosesini incelemiştir. *S. thermophilus*'ta SHMT, treonin

aldolaz aktivitesi de göstermektedir. Gelişme ortamının L-treonin ile takviyesi asetaldehit üretiminde artışa neden olmuştur. Benzer gözlemler, gelişme ortamında L-treonin varlığında *S. thermophilus* MGD4-7'nin asetaldehit üretimini araştıran Tong vd. (2012) tarafından da elde edilmiştir. SHMT'nin fizyolojik rolünün belirlenmesi için gen parçalanması yoluyla bir *glyA* mutanlığı oluşturulmuştur. *glyA*'nın inaktivasyonu treonin aldolaz aktivitesinde ciddi bir düşüşe ve fermantasyon sırasındaki asetaldehit oluşumunun tamamen kaybedilmesine yol açmıştır. Aksine *glyA* geninin güçlü bir düzenleyici (promoter) ( $P_{LacA}$ ) varlığında klonlandığı bir *S. thermophilus* suşu ile fermantasyon sırasında treonin aldolaz aktivitesi ve asetaldehit üretimi artmıştır. Bu durum *S. thermophilus*'ta SHMT'nin asetaldehit üretimi için temel yol olduğunu göstermektedir (Chaves vd. 2002).

Gelişme ortamındaki yüksek glisin konsantrasyonu, *S. thermophilus* ve *Lb. bulgaricus*'ta treonin aldolaz aktivitesi için kısıtlayıcı bir unsurdur. Schmidt vd. (1989) glisinin yoğurt bakterilerinin farklı suşları üzerindeki inhibisyon etkisi üzerine çalışmıştır. Araştırmacılar 125  $\mu\text{mol}$  treonin içeren gelişme ortamına 25  $\mu\text{mol}$  glisin ilave edildiğinde, *S. thermophilus* için inhibisyon seviyesinin % 39.1-98.1, *Lb. bulgaricus* için ise % 2.1-18.9 arasında değiştiğini gözlemlemiştir. Keçi sütü yüksek oranda glisin içerdiğinden, yüksek treonin aldolaz inhibisyonu seviyesine bağlı olarak keçi sütünden elde edilen yoğurtlarda asetaldehit birikimi diğer türlerden yapılanlara nazaran kısmen daha düşüktür (Rysstad vd. 1990). Rodriguez-Serrano vd. (2002), ultrafiltre edilmiş peyniraltı suyunda *S. thermophilus* NCFB 2075 ve *Lb. bulgaricus* NCFB 2074 karışık kültürü ile asetaldehit üretiminin konsantre edilmemiş süttten daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum farklı protein türlerinin farklı glisin içeriklerine, dolayısıyla sütteki treonin aldolaz aktivitesinin konsantre peyniraltı suyundan daha düşük olmasına bağlanmaktadır.

Glisinin treonin aldolaz üzerindeki inhibisyon etkisi suşa bağımlıdır (Wilkins vd. 1986). Yüksek tuz konsantrasyonu ve  $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{Zn}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+2}$  ve  $\text{Co}^{+2}$  gibi divalent katyonların varlığı da treonin aldolaz aktivitesinde inhibisyona neden olmaktadır (Schmidt vd. 1989, Wilkins vd. 1986). *Lb. bulgaricus* için maksimum treonin aldolaz aktivitesi 40 °C ve pH

6.5'ta, *S. thermophilus* için ise 30 °C'de (37-42 °C'de daha az) gözlenmektedir (Zourari vd. 1992, Tamime ve Robinson 2007).

### **Nükleik asitlerden asetaldehit üretimi**

Asetaldehit üretiminde 2-deoksiriboaldolaz enziminin de rol oynadığı ortaya konulmuştur. Raya vd. (1986) en az dört *S. thermophilus* ve bir *Lb. bulgaricus* suşunun bu enzim aracılığı ile asetaldehit ürettiğini göstermiştir. Bu enzim, timidin fosforilaz ve deoksiribomutazla birlikte DNA katabolik yollarına dahildir ve yan ürün olarak asetaldehit üretmektedir (Raya vd. 1986, Varga 1998). Bu yolun substratı olan 2-deoksiriboz-5-fosfat, olasılıkla timidinin bir yıkım ürünüdür. Ancak enzim, *Salmonella typhimurium* ve diğer bakterilerin enerji kaynağı olarak kullandığı deoksiribozun oksidasyonunu da sağlamaktadır. Bu yolun kısa süreli fermantasyon sürecinde, asetaldehit üretimi için öncelikli olmadığı düşünülmektedir.

Asetaldehitin alkol dehidrogenaz varlığında etanole degradasyonu, bu enzimin *Lb. bulgaricus*'ta bulunmaması nedeniyle yoğurtta nadiren görülebilen bir durumdur ancak *S. thermophilus*'un en az iki suşunda rastlanmıştır (Lees ve Jago 1976a, Raya vd. 1986).

### ***Proteolitik aktivite***

Yoğurt bakterileri orta düzeyde proteolitik olmalarına rağmen, yoğurt fermantasyonu sırasında önemli düzeyde proteolize neden olabilmektedir. Süt proteinleri (özellikle kazeinler) yoğurt starter bakterileri için temel azot kaynağıdır. Loones (1989)'a göre, 24 saatlik üretim boyunca yoğurdun serbest amino asit içeriği ikiye katlanmakta, depolama boyunca proteoliz devam etmekte ve 7 °C'de 21 günlük depolama süresince serbest amino asitler yine yaklaşık olarak ikiye katlanmaktadır. *S. thermophilus* ve *Lb. bulgaricus*'un birçok suşu proteinaz aktivitesi göstermektedir (Kalantzopoulous vd. 1990). *Lb. bulgaricus* proteinazı (PrtB) sistein subtilinler alt familyasına aittir ve 1.946 kalıntıyla 212 kDa moleküler ağırlığa sahip olduğu tahmin edilmektedir (Gilbert vd. 1996). Bu enzim, aktivitesi için  $Zn^{+2}$  ye ihtiyaç duyan bir metallo-enzimdir. Proteolitik aktivitesi 45-55 °C'de ve pH 5.2-5.8 aralığında optimum düzeydedir. PrtB,  $\beta$ -kazein and

$\alpha$ -kazein üzerinde serum proteinlerine nazaran daha etkilidir (Laloi 1989).  $\beta$ -kazein diğer kazein fraksiyonlarına göre yoğurt bakterileri tarafından daha hızlı hidrolize edilmektedir (Kalantzopoulous vd. 1990, Khalid vd. 1991). Aynı zamanda *Lb. bulgaricus*'un bazı suşları (örneğin; CRL 656) serum proteinlerinden yüksek derecede alerjik olan  $\beta$ -laktoglobulini ( $\beta$ -LG) degrade edebilmekte, böylece bu protein fraksiyonunu daha az immunoreaktif hale getirmektedir. Bu suşların hipoalerjenik süt ürünlerinin geliştirilmesinde kullanılma potansiyeli bulunmaktadır (Pescuma vd. 2011). *Lb. bulgaricus* proteazlarının aktivitesi sütün pH'sının düşmesiyle (<pH 5.0) artmaktadır. Bu nedenle bu enzimler fermantasyonun ileri basamaklarında daha aktiftir (Stefanitsi ve Garrel 1997). Fermantasyon sırasında *S. thermophilus*'un kazeinler üzerindeki proteolitik aktivitesi oldukça zayıftır (Meyer vd. 1989). *S. thermophilus*'un subtilaz familyasının bir üyesi olan hücre duvarı proteinazı (PrtS), hücre duvarına tipik sortaz A (SrtA) enzimi mekanizmasıyla sıkıca bağlıdır ve kazeinin küçük oligopeptitlere parçalanma sürecini başlatmaktadır. PrtS aktivitesi  $Ca^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$  and  $Mg^{+2}$  varlığında yükselmektedir (Fernandez-Espla vd. 2000) ve sütün *S. thermophilus* aracılığıyla asidifikasyonunda anahtar enzimdir (Dandoy vd. 2011). *S. thermophilus* ve *Lb. bulgaricus*'un sırasıyla PrtS<sup>-</sup> ve PrtB<sup>-</sup> mutantlarında aktif PrtS ve PrtB'nin bulunmaması, bu bakterilerin gelişimlerini azaltmaktadır (Courtin vd. 2002, Galia vd. 2009).

### **Yoğurt starterlerinin peptit kullanımı**

*Lb. bulgaricus* proteazları tarafından açığa çıkarılan oligopeptitler, endo- ve ekzopeptidazlar, aminopeptidazlar, dipeptidazlar, tripeptidazlar ve peptidil peptidazlar aracılığıyla düşük molekül ağırlıklı peptitlere ve amino asitlere degrade olmaktadır (Kunji vd. 1996) ve bu azotlu bileşenler *S. thermophilus* tarafından gelişim için kullanılmaktadır (Bockelman vd. 1992). *S. thermophilus* ekzopeptidazları peptitler üzerinde *Lb. bulgaricus* tarafından sentezlenenlerden daha etkilidir (Bianchi-Salvadori vd. 1995). Diğer yandan *Lb. bulgaricus*'un endopeptidaz aktivitesi daha çok bilinmektedir ve endopeptidazlar kazein fraksiyonlarının hidrolizinden öncelikli olarak sorumludur (Bertrand-Harb vd. 2003). *S. thermophilus*'un peptidaz ve aminopeptidaz aktiviteleri, proteinaz aktivitesinden daha yüksektir (Shankar 1977). *S. thermophilus*

tarafından salgılanan dipeptidazlar öncelikle valil, lösil, alanil ve arginil üzerinde etkilidir. *S. thermophilus*'un birçok suşu lösin-aminopeptidaz aktivitesine sahiptir (Boullianne ve Desmazeud 1980). Bazı suşlar aminopeptidaz N (Pep N), aminopeptidaz C (Pep C) ve arginin-aminopeptidaz aktivitesine de sahiptir. *Lb. bulgaricus* dört adet hücre duvarıyla bağlantılı aminopeptidaza (AP I-IV) sahiptir (Laloi vd. 1991). Bu enzimler 30 °C'de ve pH 5.5'te optimum aktivite göstermektedir (Ezzat vd. 1987).

*Lb. bulgaricus* ve *S. thermophilus*'un neredeyse tüm suşları X-propil-dipeptidilaminopeptidaz (X-pro-DPAP) aktivitesine sahiptir (Meyer ve Jordi 1987, Bockelmann vd. 1991). X-pro-DPAP bir metallo-enzimdir ve aktivitesi için  $Ca^{+2}$  ve  $Mn^{+2}$ 'e ihtiyaç duymaktadır. Bu enzim  $Cu^{+2}$ ,  $Fe^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$  veya  $Hg^{+2}$  varlığında hızlıca inhibe olmaktadır (Bockelmann vd. 1991). X-pro-DPAP prolini substrat olarak kullandığından ve kazein zengin bir prolin kaynağı olduğundan, kazein hidrolizasyonu için anahtar enzimdir (Meyer ve Jordi 1987). X-pro-DPAP yoğurtta dipeptit oluşumundan da öncelikli olarak sorumludur (Laloi 1989, Atlan vd. 1990). Genel olarak, yoğurt bakterilerinin logaritmik gelişim fazında proteolitik aktivite en üst düzeydedir ve bakteri gelişiminin durgunluk fazı boyunca azalmaktadır. Bazı serbest yağ asitleri (örneğin; kaprik asit) yoğurt bakterilerinin proteolitik aktivitesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir.

### ***Lipolitik aktivite***

Yoğurt starter bakterilerinin lipolitik aktiviteleri kısıtlı olmasına rağmen, lipoliz ürünleri yoğurtta aroma/lezzet oluşumuna katkıda bulunmaktadır. *S. thermophilus* tarafından salgılanan triaçilgliserol lipaz enzimi tribütirini ve trioleini hidrolize etmektedir, ancak bu enzim süt yağı üzerinde oldukça zayıf aktiviteye sahiptir (Tamime ve Deeth 1980). *Lb. bulgaricus* orto- ve para-nitrofenil etkileyen intraselüler esteraza sahiptir (El-Soda vd. 1986). Para-nitrofenil orto-nitrofenilden daha hızlı hidrolize olmaktadır (Khalid vd. 1991). Her iki yoğurt bakterisi tarafından salgılanan esterazlar 40-50 °C'de ve yaklaşık pH 7'de optimum aktivite göstermektedir.

### **Üreaz aktivitesi**

*S. thermophilus* homolaktik fermantasyondan farklı bir metabolik yol üzerinden CO<sub>2</sub> üretme yeteneğindedir ve üreaz aktivitesi bu mekanizmada anahtar bir rol oynamaktadır (Juillard vd. 1988). CO<sub>2</sub>, üreaz aracılığıyla ürenin amonyağa dönüşümü sırasında açığa çıkmaktadır. Yoğurttaki amonyak birikimi asitlik gelişimini yavaşlatarak zamanla fermantasyon kinetiğini etkilemektedir. Bu problemin üstesinden gelebilmek için, yoğurt üretiminde *S. thermophilus*'un üreaz negatif (üreaz<sup>-</sup>) suşları kullanılmalıdır (Monnet vd. 2004, Mora vd. 2004). Üre metabolizması *S. thermophilus*'un gelişim kinetiğini de etkilemektedir (Pernoud vd. 2004). Gelişimin durgunluk fazı boyunca *S. thermophilus*'un üreaz aktivitesi önemli düzeyde düşmektedir (Juillard vd. 1988).

### **Oksijen metabolizması**

*Lb. bulgaricus* yüksek konsantrasyonda oksijen varlığında H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oluşturabilme yeteneğindedir ve meydana çıkan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sütün laktoperoksidaz sistemini (LP-sistemi) aktive etmektedir. LP-sisteminin aktivasyonu sonucu, *Lb. bulgaricus* gelişimi kısmen inhibe olmaktadır (Özer vd. 2003). *Lb. bulgaricus*'un aksine, *S. thermophilus* sütün LP-sistemini aktive etmeye yetecek düzeyde H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> üretememektedir (Guirguis ve Hickey 1987). *S. thermophilus*'un birçok suşu O<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> metabolizmasında aktif rol oynayan bir enzim olan NADH-oksidad aktivitesi göstermemektedir.

### **Vitamin metabolizması**

Yoğurt fermantasyonu sırasında *S. thermophilus* daha sonra *Lb. bulgaricus* tarafından büyüme faktörü olarak kullanılan folik asiti üretmektedir. *Lb. bulgaricus* gelişiminin logaritmik fazda olduğu fermantasyon basamağında folik asit konsantrasyonu düşmektedir (Kaneko vd. 1987). Folik asit kadar önemli olmamakla birlikte, vit-B<sub>12</sub> de *Lb. bulgaricus* tarafından büyüme faktörü olarak kullanılmaktadır (Rao vd. 1984). Her iki yoğurt bakterisi de yoğurt fermantasyonu sırasında niasin ve vit-B<sub>6</sub> sentezleyebilmektedir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

##### 3.1.1 İzolat kaynakları

*S. thermophilus* ve *Lb. bulgaricus* izolatları Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı/ TÜBİTAK tarafından desteklenen 112D052 kodlu ‘Geleneksel Yoğurt Örneklerinden İzole Edilen *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* Suşlarının Endüstriyel Yoğurt Üretimine Uygunluğunun Saptanarak Starter Kombinasyonlarının Geliştirilmesi’ adlı SAN-TEZ projesi kapsamında oluşturulan kültür koleksiyonundan sağlanmıştır. İzolatların fenotipik ve genotipik tanımlamaları aynı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir (Özer vd. 2018).

Proje kapsamında identifikasyonu ve moleküler tanımlaması yapılan izolatların kodları ve temin edildiği kaynaklar çizelge 3.1 - 3.2’de görülmektedir.

Çizelge 3.1 *S. thermophilus* izolat kodları, temin edildiği kaynaklar ve örnek alma tarihleri

<i>S. thermophilus</i> İzolat Kodları	Temin Edildiği Kaynak	İzolasyon tarihi
0, 1, 6, 8, 10, 11, 12, 23, 26, 27, 43, 49, 51, 53, 55, 56, 58, 64, 100	Ermenek (Karaman)	18.09.2014
6-2	Dörtdivan (Bolu)	18.09.2014
19-2	Bulanık Köyü (Bolu)	18.09.2014
40-2	Yuvaköy (Bolu)	18.09.2014
70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 79, 80, 81, 88, 90, 93, 94, 95	Sertavul (Mersin)	04.06.2014
124, 139	Mut (Mersin)	04.06.2014
MS1-3, MS1-4, MS1-5, MS2-1, MS2-2, MS2-3, MS2-5	Kağıcılı Köyü (Merzifon)	06.07.2015
MS5-1	Yolüstü Köyü (Merzifon)	06.07.2015
MS6-4	Alicılı Köyü (Merzifon)	06.07.2015



Çizelge 3.2 *Lb. bulgaricus* izolat kodları, temin edildiği kaynaklar ve örnek alma tarihleri

<i>Lb. bulgaricus</i> İzolat Kodları	Temin Edildiği Kaynak	İzolasyon tarihi
14	Ermenek (Karaman)	18.09.2014
25, 27	Sertavul (Mersin)	04.06.2014
29, 30, 37, 39, 41, 42, 44, 46	Mut (Mersin)	04.06.2014
ML4-1	Gümüštepe Köyü (Merzifon)	06.07.2015
ML7-6, ML9-5, ML9-6	Merkez (Merzifon)	06.07.2015

Aksi belirtilmedikçe tüm besiyerleri ve kimyasal malzemeler Merck & Co. (New Jersey, ABD)'dan temin edilmiştir. Besiyeri bileşimleri Ek 1'de verilmiştir. Yoğurt üretimleri Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Döner Sermaye Süt İşletmesi'nde, laboratuvar çalışmaları ise Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir.

## 3.2 Yöntem

### 3.2.1 İzolatların aktivasyonu

İzolatların teknolojik performanslarının belirlenebilmesi için öncelikle -80 °C'de gliserol içerisinde depolanmış olan bakteri suşları aktive edilmiştir. Bunun için, 20 µL *Lb. bulgaricus* izolatı 5 mL MRS broth içeren tüplere, 20 µL *S. thermophilus* izolatı ise 5 mL M17 broth içeren tüplere aktararak inkübe edilmiştir. *Lb. bulgaricus* içeren tüpler 43 °C'de 72 saat süreyle Anaerocult® A anaerobik kit ve jar kullanımıyla elde edilen mikroaerofilik koşullarda, *S. thermophilus* içeren tüpler ise 37 °C'de 24 saat süre ile aerobik koşullarda inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrasında *Lb. bulgaricus* içeren broth'dan 150 µL inokulum alınarak MRS agar içeren petrilere, *S. thermophilus* içeren broth'dan 150 µL alınarak M17 agar içeren petrilere yayma plak yöntemi ile paralel ekim yapılmıştır. Petrilere aynı inkübasyon koşullarında inkübe edilmiş ve petrilere tek koloni toplanarak 1.5 ml MRS broth:gliserol (3:2) içeren mikrosantrifüj (Eppendorf) tüplerine alınmıştır. Bu işlem üç kez tekrarlanarak denemelerde kullanılacak olan izolatların saflığı kontrol edilmiş ve aktive edilmiştir.

### 3.2.2 Tekil ve kombine kültürlerle ait teknolojik performans testleri

#### 3.2.2.1 Tekil ve kombine kültürlerin asidifikasyon yeteneklerinin belirlenmesi

Bakteri izolatlarının asidifikasyon yetenekleri iki farklı şekilde incelenmiştir. Öncelikle, 50 mL % 10 (w/v) kurumaddeli sterilize rekonstitüye sültere aktifleştirilmiş izolatlardan 0.5 mL inokülasyon yapılmış ve 43 °C'de inkübe edilerek ana kültür oluşturulmuştur. Ana kültür oluşumunda inkübasyon sonuna karar verilirken kültür kabının yüzeyinde serum birikmesi görüldüğü an takip edilmiştir. Daha sonra bu kültür 24 saat 4 °C'de bekletilmiş ve 50 mL % 12.0 (w/v) kurumaddeli rekonstitüye yağsız inek sütlerine % 2 (w/w) oranında inoküle edilmiştir. 30'ar dakikalık ölçümler ile sütün asitliğinin pH 4.6'ya inmesi için geçen süre tespit edilmiş ve inkübasyon sonrası örnekler 4 °C'de 12 saat depolanmıştır. 4 °C'de 12 saat depolama sonrası örneklerin pH değerleri bir kez daha ölçülmüştür. Rekonstitüye sütler kullanım öncesi 107 °C'de 7 dakika ısıl işleme tabi tutulmuştur.

Kombine kültürlerin asidifikasyon yeteneklerinin belirlenmesinde ise seçilen *S. thermophilus* ve *Lb. bulgaricus* izolatlarından eşit düzeylerde (% 1'er, w/v) ilave edilerek hazırlanmış rekonstitüye sütler ana kültür olarak kullanılmış ve bu kültürlerden % 2 (w/v) ilave edilmiş inek sütlerinde 43 °C'de pH değişimi 30'ar dakikalık intervaller ile takip edilmiştir. İnek sütleri kullanım öncesi 90 °C'de 10 dakika ısıl işleme tabi tutulmuş ve inkübasyon son noktası olarak pH 4.6-4.7 aralığı belirlenmiştir.

#### 3.2.2.2 Tekil izolatların spesifik gelişim oranlarının belirlenmesi

Tekil izolatların spesifik gelişim oranlarının belirlenmesinde 24 saatlik gelişim periyodu boyunca her üç saatte bir 600 nm'de optik dansite (OD) değerlerinin ölçümünden yararlanılmıştır. Bu amaçla, aktifleştirilen izolatlardan 20'şer µL uygun besi ortamına aktarılmış (*Lb. bulgaricus* için 5 mL MRS broth; *S. thermophilus* için 5 mL M17 broth) ve *Lb. bulgaricus* için 43 °C'de 24 saat süre ile Anaerocult® A anaerobik kit ve jar kullanımıyla elde edilen mikroaerofilik koşullarda, *S. thermophilus* için 37 °C'de 24

saat süre ile aerobik koşullarda inkübe edilmiştir. İnkübasyonun 0, 3, 6, 9, 12, 18 ve 24. saatlerinde her bir izolattan 1'er mL alınarak 600 nm'de spektrofotometrik ölçüm yapılmıştır (Perkin Elmer, Lambda 25, UV/VIS spektrofotometre, Perkin Elmer Inc., Massachusetts, ABD). Ölçüm esnasında izolat içeren besiyerinin bulanıklılığının spektrofotometrenin ölçüm aralığında kalmasını sağlamak için gerektiğinde steril deiyonize su ile seyreltme yapılmıştır. Seyreltme oranları da dikkate alınarak her bir izolata ait gelişim eğrileri hazırlanmıştır ve izolatların ortalama spesifik gelişim oranları belirlenmiştir.

Tekil suşların spesifik gelişim oranlarının belirlenmesinde aşağıdaki formülden yararlanılmıştır (Öner vd. 1986).

$$\text{Spesifik gelişim oranı } (\mu) = 2.303 \times (\text{OD}_{600 \text{ t}24} - \text{OD}_{600 \text{ t}0}) / 24$$

OD<sub>600 t0</sub>: İnkübasyon başlangıcındaki absorbans (600 nm)

OD<sub>600 t24</sub>: İnkübasyonun 24. saatindeki absorbans (600 nm)

$\mu$ : Maksimum spesifik gelişim oranı

### **3.2.2.3 Tekil ve kombine izolatlar ile hazırlanan yoğurt örneklerinin aroma profillerinin belirlenmesi**

Yoğurt örneklerinin aroma profilleri tepe boşluğu ve Divinilbenzen/ Karboksen/ Polidimetilsiloksan (DVB/CAR/PDMS) fiberin dahil olduğu üç fazlı Katı Faz Mikro Ekstraksiyon (SPME) yöntemi ile belirlenmiştir. Tekil izolatlar ile yoğurt örneklerinin hazırlanmasında rekonstitüye süt, kombine izolatlar ile yoğurt örneklerinin hazırlanmasında ise inek sütü kullanılmıştır (örnek hazırlama için *Bkz.* Bölüm 3.2.2.1). Analizde 5 g örnek 20 mL'lik viallere alınarak 10  $\mu$ L iç standart (81 mg/kg metanol içerisinde 2 metil-3 heptanon ve 2-metil pentanoik asit) ilave edildikten sonra 50 °C'de 30 dakika süre ile karıştırılmıştır. Ardından 50 °C'de 30 dakika süre ile uçucu aroma bileşenlerinin fibere tutunması sağlanmıştır. Çalışmada DB-Wax (30 m, 0.25 mm, 0.25  $\mu$ m) kolon kullanılmış, taşıyıcı gaz olarak ise helyumdan yararlanılmıştır. Aroma

bileşenlerin tespitinde GC-MS cihazı kullanılmıştır (Agilent 7890A GC-5975 MSD, Agilent Technologies, California, ABD). Aroma tespit çalışmaları Lee vd. (2003) tarafından önerilen yöntemle göre ve aşağıda sunulan analiz şartlarına göre gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.3 GC-MS çalışma koşulları

Kolon	DB-Wax (30 m x 0.25 mm x 0.25 µm)	Fırın sıcaklık programı		
		Artış	Sıcaklık	Bekleme
Mode	Splitless			
Enjeksiyon sıcaklığı	230 °C	-	40 °C	10 dk
Taşıyıcı gaz (He) akış hızı	1.0 mL/dk	5 °C/dk	110 °C	-
Dedektör sıcaklığı	250 °C	10 °C/dk	240 °C	-
Scan mode	35-500 m/z; 5.19 scan/s	-	250 °C	15 dk
Threshold	150			

Bileşenlerin identifikasyonu standart bileşiklerin Wiley, Flavor, NIST (National Institute of Standards and Technology) kütle spektrumu ve gaz kromatografisindeki alıkonma zamanları kombinasyonu ile yapılmıştır. Aroma bileşeni pik alanının, 81 mg/kg iç standardın pik alanı ile karşılaştırılmasıyla elde edilen sonuçlar oransal miktar (mg/kg) olarak verilmiştir.

Aroma bileşeni miktarı (mg/kg) = 81 x Aroma bileşeni pik alanı / İç standart pik alanı

#### 3.2.2.4 Tekil izolatlar ile hazırlanan yoğurt örneklerinin peptid profillerinin belirlenmesi

Tekil izolatlar kullanılarak üretilen yoğurt örneklerinin proteolitik aktivitelerinin belirlenmesinde pH 4.6'da çözünen protein fraksiyonlarının ölçümü esas alınmıştır (Kuchroo ve Fox 1982). pH değerleri 4.6'ya ayarlanan yoğurt örnekleri 5000 rpm'de 4 °C'de 15 dakika süre ile santrifüj edilmiş ve Whatman No:113 filtre kağıdından süzülerek serum fazı ayrılmıştır. Bu filtrat pH 4.6'da çözünen fraksiyonları içermektedir. Ayrılan serumdan 1 mL alınarak 1 mL % 0.2'lik triflorasetik asit (TFA)

ile karıştırılarak 0.45 µm'lik membran filtreden süzölmüştür. Süzöntüde yer alan peptid bileşenlerinin tespitinde ters faz-HPLC (RP-HPLC) cihazından yararlanılmıştır (1100 series, Agilent Technologies, California, ABD). Analizde C18 (250 m x 4,6 mm x 5 µm, 300 Å) kolon kullanılmıştır (kolon sıcaklığı 30-40 °C). Mobil faz A olarak % 0.1 TFA içeren saf su ve mobil faz B olarak % 0.1 TFA içeren UV-grade asetonitrilden yararlanılmıştır. Ölçümler 214 nm'de yapılmış ve elde edilen veriler Wiley, Flavor ve NIST kütüphaneleri ile karşılaştırılmıştır. Peptid analizi gradiyent programı aşağıdaki gibidir.

Çizelge 3.4 Peptid analizi gradiyent programı

Dakika	Mobil Faz A (%)	Mobil Faz B (%)	Akış Hızı (mL/dk)
0	100	0	0.75
10	100	0	0.75
90	50	50	0.75
95	40	60	0.75
100	40	60	0.75
105	5	95	0.75
110	5	95	0.75
115	100	0	0.75
120	100	0	0.75

### 3.2.2.5 Yoğurt örneklerinin elektroforetik profillerinin belirlenmesi

Ticari potansiyeli yüksek izolat kombinasyonları ile hazırlanan yoğurt örneklerine ait indirgen poliakrilamid jel elektroforez (SDS-PAGE) analizleri Özer (1997)'ye göre gerçekleştirilmiştir. Kullanılan çözelti formülasyonları aşağıda sunulmuştur;

#### Akrilamid-bisakrilamid çözeltisi

29.2 g akrilamid ve 0.8 g bisakrilamid destile su içerisinde çözöndürölerek 100 mL'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan çözelti Whatman No 1 filtre kağıdı yardımıyla süzölmüş ve 4 °C'de depolanmıştır.

#### Ayırıcı (separating) jel çözeltisi

36.3 g Tris 100 mL destile su içerisinde çözüldürülmüş ve çözeltilinin pH'sı 1 M HCl yardımıyla 8.8'e ayarlanmıştır. Çözeltilinin hacmi 200 mL'ye tamamlanmış ve 4 °C'de depolanmıştır.

#### Yoğunlaştırıcı (stacking) jel çözeltisi

6 g Tris 40 mL destile su içerisinde çözüldürüldükten sonra çözeltilinin pH'sı 1 M HCl aracılığı ile 6.8'e ayarlanmıştır. Çözeltilinin hacmi 100 mL'ye tamamlandıktan sonra 4 °C'de depolanmıştır.

#### Örnek tampon çözeltisi

1.5 g Tris, 2 g SDS, 2 mg brom fenol mavisi, 60 mL destile su içerisinde çözüldürülmüş, üzerine 10 mL gliserol ilave edilmiştir. Karışımın pH değeri 1 M HCl ile 6.8'e ayarlanmış ve üzerine 5 mL 2-β-merkaptoetanol eklenmiştir. Son hacim 100 mL'ye tamamlanmış ve 4 °C'de depolanmıştır.

#### Elektrot tampon çözeltisi

30 g Tris, 144 g glisin ve 10 g SDS destile su içerisinde çözüldürülmüş ve hacim 2 L'ye tamamlanmıştır. Çözelti kullanım öncesi 5 kat seyreltilmiştir.

#### Amonyum persülfat çözeltisi

% 10'luk (w/v) amonyum persülfat çözeltisi günlük olarak hazırlanmıştır.

#### SDS çözeltisi

% 10'luk (w/v) SDS çözeltisi günlük olarak hazırlanmıştır.

#### Boya çözeltisi

1 g Coomassie Brilliant Blue G-250, 400 mL etanol içerisinde çözüldükten sonra üzerine 100 mL asetik asit ve 500 mL saf su ilave edilmiştir. Karışım Whatman No 1 filtre kağıdından süzölmüş ve 4 °C'de depolanmıştır.

#### Boya çözücü

400 mL etanol, 100 mL asetik asit ve 500 mL saf su karıştırılmış ve çözelti 4 °C’de depolanmıştır.

### Örnek hazırlama

Protein içeriği 2 mg/1 mL su olacak şekilde seyreltilen örnek üzerine son protein konsantrasyonu 1 g/1 mL olacak şekilde örnek tamponu ilave edilmiştir. 500 µL’lik tüplere alınan örnekler analiz anına kadar -20 °C’de depolanmıştır.

Çizelge 3.5 SDS-PAGE analizinde kullanılan ayırıcı ve yoğunlaştırıcı jel bileşimleri

Çözeltiler	Ayırıcı (separating) jel	Yoğunlaştırıcı (stacking) jel
Akrilamid stok çözeltisi	4.17 mL	0.65 mL
Ayırıcı jel tamponu	2.50 mL	-
Yoğunlaştırıcı jel tamponu	-	1.25 mL
Destile su	3.18 mL	3.05 mL
% 10 (w/v) SDS	0.10 mL	0.05 mL
Amonyum persülfat	50 µL	25 µL
TEMED	5 µL	5 µL

Analizde BioRad mini Protean Gel elektroforez cihazı kullanılmıştır. Örnek yükleme miktarı 20 µL, sabit voltaj 200 V ve başlangıç akım 60 mA olarak uygulanmıştır. Tüm jel yürütme süresi 45-60 dk olarak belirlenmiştir.

### **3.2.2.6 Tekil ve kombine izolatlar ile hazırlanan yoğurt örneklerinin lipolitik profillerinin belirlenmesi**

Lipoliz ürünlerinin belirlenmesi için, örneklerdeki serbest yağ asitleri (de Jong ve Badings 1990)’e göre ekstrakte edilmiştir. Bu amaçla, homojen hale getirilmiş yoğurt örneklerinden 3 g alınarak, 8 g susuz sodyum sülfat ile bir havan içerisinde ezilmiştir. Bu karışım kapaklı erlene aktararak, üzerine 0.3 mL 2.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 1 mL iç standart çözeltisi [her biri 0.5 g/L konsantrasyona sahip olacak şekilde pentanoik asit (C<sub>5:0</sub>), heptanoik asit (C<sub>7:0</sub>), heptadekanoik asit C<sub>17:0</sub>] ve 15 mL eter/heptan (1:1) ilave edilmiştir. Örnekler 1 dakika vorteks ile karıştırılmış ve 490 x ρ’de 2 dakika santrifüj edilmiştir. Üst berrak faz, içerisinde 1 g susuz sodyum sülfat bulunan ağzı kapaklı 100 ml’lik şişelere aktarılmıştır. Toplanan supernatantlar, 10 mL heptan ile koşullandırılmış

katı faz ekstraksiyon aminopropil kolondan (AccuBond II SPE Cartridge-Agilent Technologies, California, ABD) geçirilmiştir. Daha sonra, kolondan nötral trigliseritleri uzaklaştırmak için 20 mL hekzan:2-propanol (3:2, v/v) karışımı geçirilmiş, kolon dolgu maddesine bağlanmış olan yağ asitleri % 2 formik asit içeren 2.5 mL eter çözeltisi ile ekstrakte edilip viallere alınmıştır. Ekstraksiyonla alınan serbest yağ asitlerinin, FID dedektör içeren GC (6890 series, Agilent Technology, CA, ABD) ile analiz edilerek serbest yağ asitleri belirlenmiştir. Analizde kullanılan GC'nin çalışma koşulları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.6 GC çalışma koşulları

<b>Kolon:</b> TR-FFAP (30 m x 0.25 mm x 0.25 µm)	<b>Dedektör:</b> FID
<b>Taşıyıcı faz:</b> Azot gazı	<b>Sıcaklık:</b> 260 °C
<b>Akış hızı:</b> 2 mL/dk	<b>H<sub>2</sub> akış hızı:</b> 33 mL/min
<b>Split oranı:</b> 40:1	<b>Air akış hızı:</b> 370 mL/min
<b>Enjeksiyon sıcaklığı:</b> 250 °C	<b>Make up akış hızı:</b> 30 mL/min

Sıcaklık programı, başlangıçta 90 °C'de 1 dakika tutulmuş, sonra dakikada 7 °C'lik artışla 240 °C'ye çıkarılarak bu sıcaklıkta 15 dakika sabit tutulmuştur. Elde edilen pikler aşağıda verilen iç standartlara göre değerlendirilmiştir:

Analizlerde üç farklı iç standart kullanılmıştır; valerik asit (C<sub>5:0</sub>), heptanoik asit (C<sub>7:0</sub>) ve heptadekanoik asit (C<sub>17:0</sub>) (Sigma-Aldrich Co., Darmstadt, Almanya). Bütirik asit (C<sub>4:0</sub>), kaproik asit (C<sub>6:0</sub>) ve kaprilik asit (C<sub>8:0</sub>) valerik asit (C<sub>5:0</sub>) iç standardına göre; kaprik asit (C<sub>10:0</sub>), laurik asit (C<sub>12:0</sub>), miristik asit (C<sub>14:0</sub>), heptanoik asit (C<sub>7:0</sub>) iç standardına göre; palmitik asit (C<sub>16:0</sub>), stearik asit (C<sub>18:0</sub>), linoleik asit (C<sub>18:2</sub>) ve linolenik asit (C<sub>18:3</sub>) ise heptadekanoik asit (C<sub>17:0</sub>) iç standardına göre değerlendirilmiştir.

Sonuçların değerlendirilmesi için, ardışık beş konsantrasyonda (100 mg/kg, 200 mg/kg, 300 mg/kg, 400 mg/kg, 500 mg/kg) standart karışım hazırlanmıştır. Yağ asitlerinin her birinden 0.05 g tartılarak eter içerisinde hazırlanan % 6 formik asit ile 50 mL'ye tamamlanmıştır. 1000 mg/kg ana stok olarak hazırlanan standart miks aynı koşullarda



cihaza enjekte edilerek standart eğri çizilmiştir. Sonuç hesaplamada aşağıdaki formüle göre konsantrasyon mg/kg cinsinden hesaplanmıştır.

$$C_i = \frac{A_i}{A_{st}} \times C_{st} \times RF \times SF$$

$$RF = \frac{\text{Standart pik alan}}{\text{Bileşik pik alan}} \times \frac{\text{Bileşik konsantrasyonu}}{\text{İç standart konsantrasyonu}}$$

Burada;

C<sub>i</sub>: Bileşiğin konsantrasyonu (mg/kg)

A<sub>i</sub>: Bileşiğin pik alanı

A<sub>st</sub>: İç standardın pik alanı

C<sub>st</sub>: İç standardın konsantrasyonu (mg/kg)

RF: Cevap faktörü

SF: Seyreltme faktörü'dür.

### **3.2.2.7 Tekil ve kombine izolatlar ile hazırlanan yoğurt örneklerinin reolojik ve tekstürel özelliklerinin belirlenmesi**

Tekil ve kombine izolatlar kullanılarak üretilen yoğurt örneklerinde küçük deformasyon reolojik analizler bir dinamik reometre yardımıyla (Malvern Instruments Ltd., Kinexus Pro+, Worcestershire, UK) ölçülmüştür. Kombine kültürler ile üretilen yoğurtlarda hem jelleşme profilleri hem de 12 saat 4 °C'de bekletilmiş ürünlerde dinamik reometrik profiller belirlenmiştir. Tekil izolatlar ile üretilen yoğurtlarda ise yalnızca 12 saat 4 °C'de depolama sonrası dinamik reometrik profil belirlenmesi gerçekleştirilmiştir.

Suşların sol fazından jel fazına dönüş profillerinin belirlenmesinde starter bakteriler ile inoküle edilmiş süt örnekleri 43 °C'de iki parallel-plate arasında jelleşmeye bırakılmış ve bu sırada zamana karşı elastik (G', storage modulus) ve viskoz modülüste (G'', loss modulus) meydana gelen değişimler izlenmiştir. Test sırasında uygulanan frekans ve deformasyon oranı sırasıyla 1 Hz ve % 3 olarak seçilmiş ve sıcaklık kontrolü cihaza

bağlı bir su banyosu aracılığı ile sağlanmıştır.  $G'$ 'nin 1 Pascal'ı aştığı nokta jelleşmenin başladığı nokta olarak kabul edilmiştir. Yoğurt örneklerinin 24 saatlik soğuk depolama sonrasında dinamik reolojik özelliklerinin belirlenmesinde ise stres-taraması (stress sweep) ve frekans taraması (frequency sweep) testlerinden yararlanılmıştır. Tüm reolojik ölçümler yoğurt örneklerinin ön denemeler sonucu belirlenen lineer viskoelastik bölge aralığında gerçekleştirilmiş ve Non-Newtonian akış modelleri ile uygunlukları Cross, Power Law ve Moore modellerine göre belirlenmiştir. Örneklerin infinite shear viscosity, shear viscosity ve zero shear viscosity ile akış indeks (flow index) değerleri de belirlenmiştir. Dinamik reolojik ölçümler Özer vd. (1998)'e göre gerçekleştirilmiştir.

Yoğurt örneklerinin jelleşme karakteristikleri ve küçük deformasyon reolojik özellikleri dinamik reolojik yöntem ile belirlenirken, deformasyona karşı dirençleri ise büyük deformasyon (large deformation) testi ile ölçülmüştür. Bu amaçla, TX.2TA Texture Profile Analyzer (Stable Micro Systems, Godalming, UK) cihazından yararlanılmıştır. Cihaz 5 kg hücre yükü ile çalıştırılmış ve örnekler 20 mm'lik silindirik prob altında batma testine tabi tutulmuştur. Batma derinliği 15 mm ve batma hızı 1 mm/s olarak uygulanmıştır. Testler sonucunda “firmness”, “cohesiveness”, “consistency” ve “index of viscosity” değerleri elde edilmiştir. Ölçümler 4 °C'de gerçekleştirilmiştir.

### **3.2.2.8 Tekil ve kombine izolatlar ile hazırlanan yoğurt örneklerinin duyuşal özelliklerinin belirlenmesi**

#### ***Tanımlayıcı Duyuşal Değerlendirmeler***

Tanımlayıcı duyuşal özellikler hem tekil izolatlar hem de kombine izolatlar ile üretilen yoğurtlarda gerçekleştirilmiş ve belirlenmelerde Meilgaard vd. (1999) tarafından önerilen Spectrum prosedürü izlenmiştir. Panel grubu tanımlayıcı duyuşal değerlendirme konusunda eğitim almış 5 deneyimli panelistten oluşmuştur. Değerlendirmelerde her bir özellik Spectrum Universal yoğunluk skalası kullanılarak numerik değerlere dönüştürülmüştür. Bu spektruma göre 0 tanımlanamayan, 15 ise en güçlü olan özelliği ifade etmektedir. Örneklerin duyuşal değerlendirmeleri 10-12 °C'de gerçekleştirilmiştir. Tanımlayıcı duyuşal değerlendirme formu EK 2'de sunulmaktadır.

### ***Tüketici Beğeni Testi***

Tüketici beğeni testleri sadece ticarileşme potansiyeli olduğu değerlendirilen kombine izolatlar ile üretilen yoğurtlara uygulanmıştır. Bu testte yoğurt örnekleri 50 kişilik bir tüketici grubu tarafından üretimi takip eden 5. depolama gününde duyuşal olarak değerlendirilmeye alınmıştır. Duyusal değerlendirmeler 5-puan hedonik değerlendirme modeline göre yapılmıştır. Bu modele göre; 0 beğenilmeyen, 5 ise en beğenilen özelliği ve/veya ürünü vurgulamaktadır. Tüketiciler ayrıca örnekleri beğeni sırasına göre sıralayarak beğeni tercihlerini ortaya koymuşlardır (Isleten ve Karagül-Yüceer 2006).

### **3.2.3 Mikrobiyolojik analizler**

Kombine kültürler ile hazırlanan yoğurt örneklerinde *S. thermophilus* sayımında M17 agar besiyerinden yararlanılmıştır. Ringer çözeltisi ile seyreltilen örnekler yayma plak yöntemiyle M17 agar besiyeri üzerine aktarılmış ve petri kutuları aerobik koşullar altında 37 °C’de 24 saat süre inkübe edilmiştir. *Lb. bulgaricus* sayımında ise asidifiye MRS agar (pH 5.4) kullanılmış ve seyreltik örnekler dökme plak yöntemiyle petri kutularına ekilmiştir. *Lb. bulgaricus* için mikroaerofilik koşullarda 72 saat süre ile 43 °C’de inkübasyon gerçekleştirilmiştir. İnkübasyon sonunda elde edilen koloni sayıları aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır (Halkman 2005).

$$N = C/[V \times (n_1 + 0.1n_2) \times d]$$

N: Yoğurt örneğinin 1 gramındaki mikroorganizma sayısı

C: Sayımı yapılan tüm petri kutularındaki toplam koloni sayısı

V: Sayımı yapılan petri kutularına aktarılan hacim (mL)

n<sub>1</sub>: İlk seyreltiden yapılan sayımlarda sayımı yapılan petri kutusu adedi

n<sub>2</sub>: İkinci seyreltiden yapılan sayımlarda sayım yapılan petri kutusu adedi

d: Sayımın yapıldığı ardışık 2 seyreltiden daha konsantre olanın seyreltme oranı

### 3.2.4 İstatistiksel analizler

Proje kapsamında yer alan veriler SPSS 17 programında varyans analizine tabi tutulmuştur. Gruplar arası farklılıkların belirlenmesinde Least Significant Difference (LSD) testinden yararlanılmıştır ( $p < 0.05$ ). Tüm çalışma iki tekrarlamalı olarak yürütülmüştür.



## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1 Tekil İzolatların Teknolojik Performans Testleri

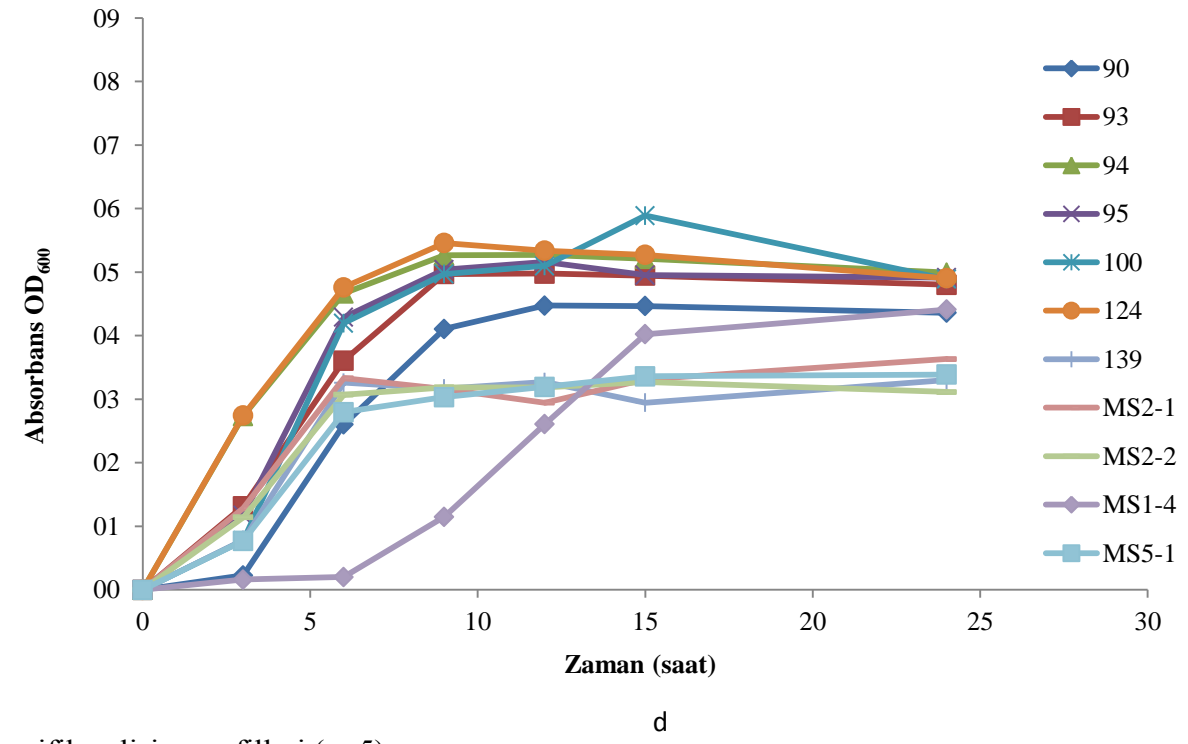
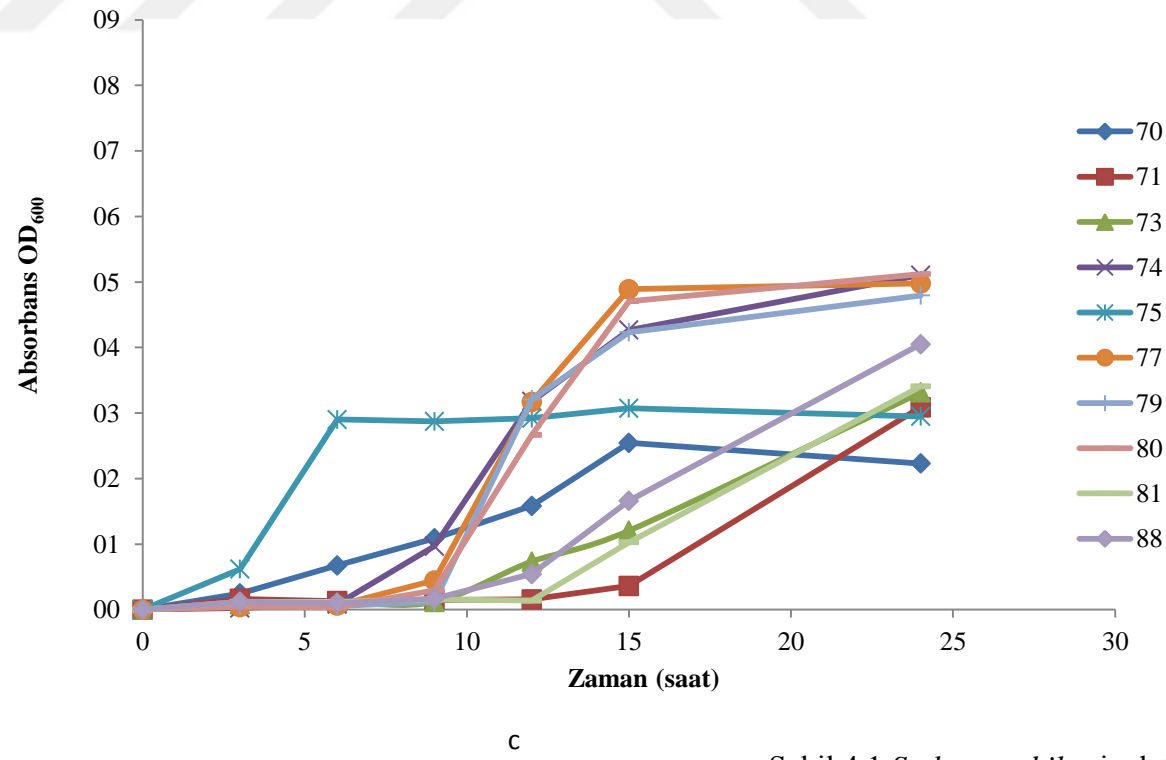
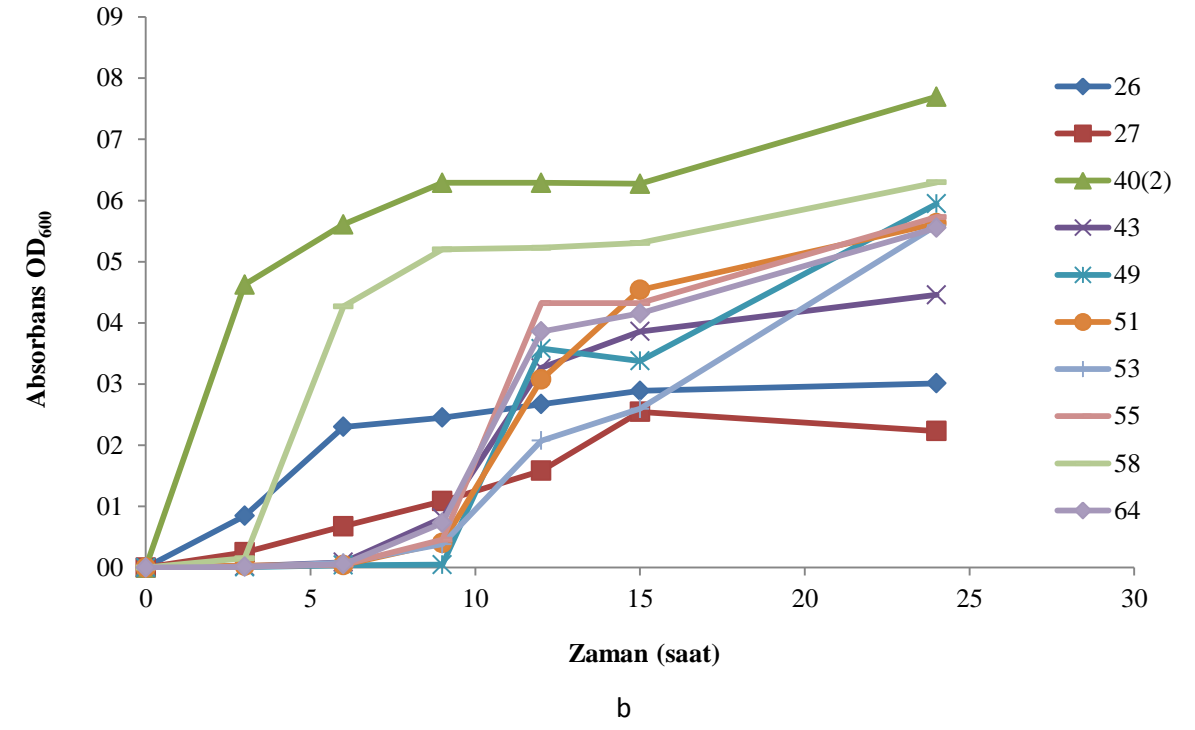
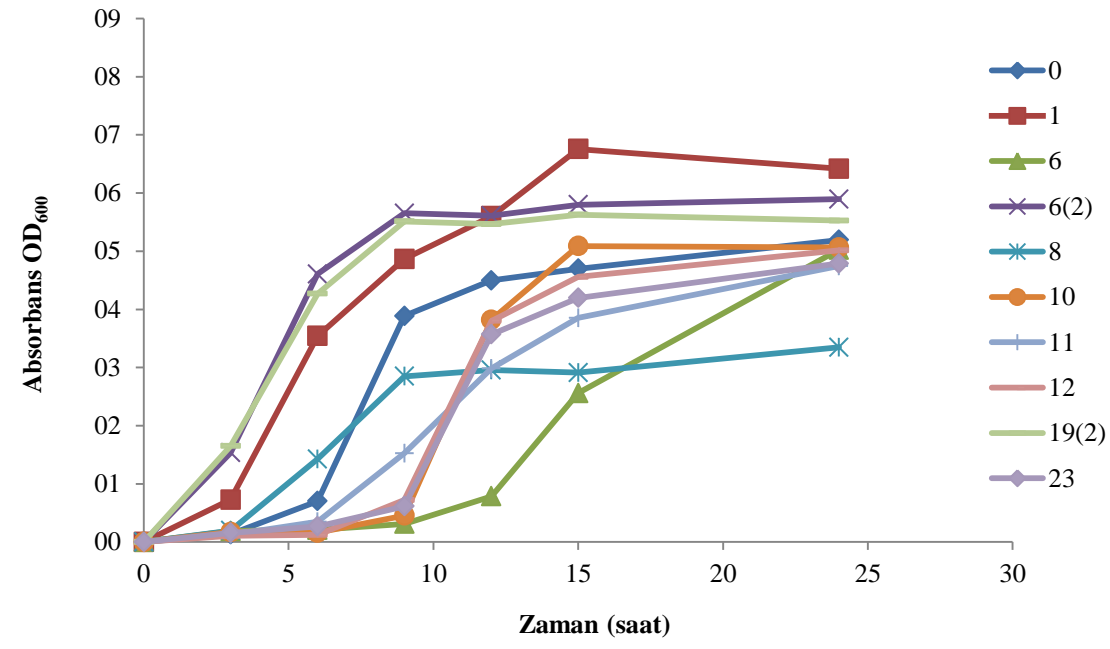
#### 4.1.1 Tekil izolatların spesifik gelişim oranları

Tekil bakteri izolatlarının spesifik gelişim oranları 24 saatlik gelişim periyodu boyunca her üç saatte bir Optik Dansite (OD) değerlerinin ölçümü ile belirlenmiştir. Spesifik gelişim grafikleri şekil 4.1 - 4.2’de, ortalama spesifik gelişim oranları ise çizelge 4.1’de sunulmaktadır. Genel olarak; *S. thermophilus* izolatlarının logaritmik (log) gelişim fazlarının birbirine yakın olduğu ve ilk 10 saat içerisinde tamamlandığı görülmüştür. Bazı izolatlar (1, 40-2, 58, 75, 90, 93, 94, 95, 100, 124, 139, MS2-1, MS2-2, MS5-1) ilk 5 saatlik gelişim sürecinde log fazını tamamlayarak durgunluk fazına geçmişlerdir. Bazı izolatların (6, 11, 23, 43, 49, 51, 53, 55, 64, 71, 73, 74, 77, 79, 80, 81 ve 88) adaptasyon (lag) fazı 6-12 saat kadar sürmüştür, ardından başlayan log fazı ise 24 saate kadar devam etmiştir. Beklenildiği üzere, *Lb. bulgaricus* izolatları logaritmik çoğalma fazına *S. thermophilus*’tan çok daha geç bir evrede girmiştir. 25 nolu *Lb. bulgaricus* izolatında gelişim çok yavaş seyrederken, 41 ve 37 nolu izolatlarda gelişim hızı diğer izolatlardan daha düşük bulunmuştur.

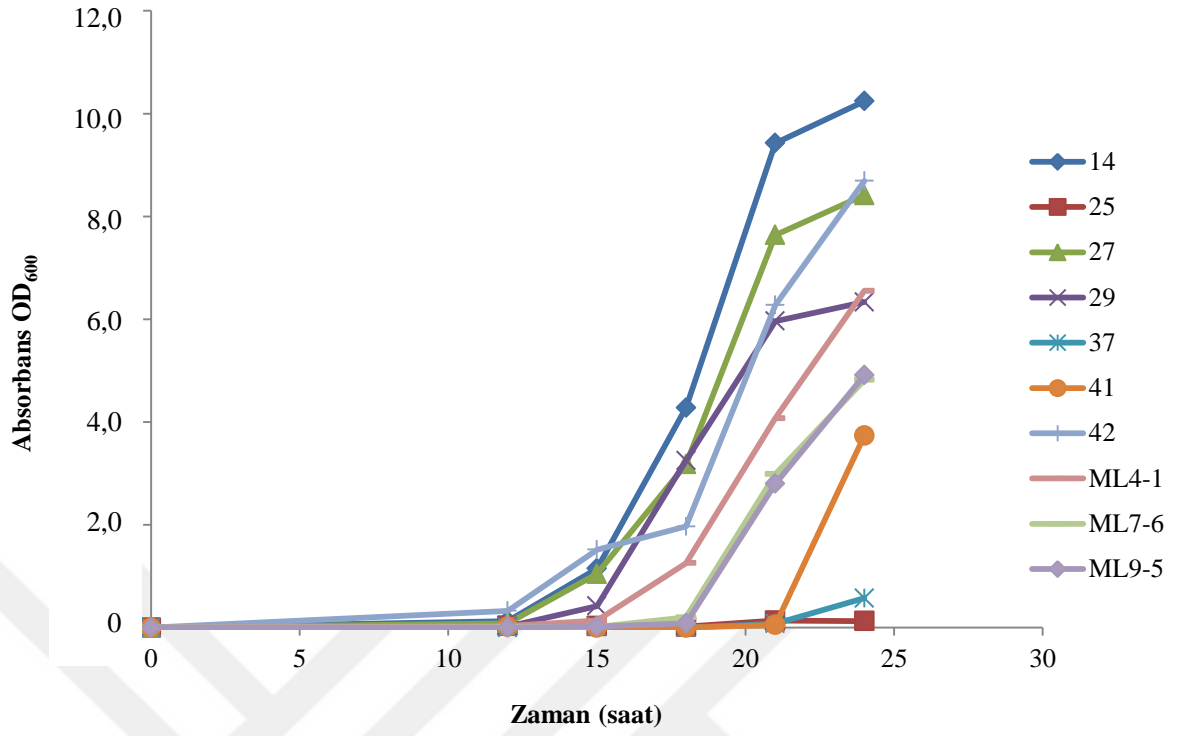
Spesifik bakteri gelişim oranı ( $\mu$ , 1/h), birim zamanda toplam bakteri hücresi sayısına oranla hücre miktarındaki artışı ifade etmektedir. İzolatların spesifik gelişim oranlarında önemli farklılıklar gözlenmiştir. *S. thermophilus* izolatlarından 43, 49, 51, 53, 55, 74 ve MS2-1 numaralı izolatların spesifik gelişim hızlarının diğerlerine oranla daha yüksek olduğu gözlenmiştir. *S. thermophilus* 6-2, 19-2, 26, 40-2, 70, 72, 73, 74, 75, 93, 94, 95, 100, 124, 139, MS2-2 ve MS5-1 numaralı izolatların spesifik gelişim oranları ise düşük bulunmuştur. *Lb. bulgaricus* izolatlarının gelişim oranlarının ise *S. thermophilus* izolatlarına göre daha düşük olduğu görülmüştür.

Yoğurt bakterileri arasında protokooperasyon ilişkisinin varlığı uzun yıllardır bilinmektedir. Önceleri “simbiyotik” olarak adlandırılan bu ilişkinin protokooperatif bir

karaktere sahip olduğu anlaşılmıştır. Her iki yoğurt bakterisi de birbirlerinin gelişimi için gerekli olan metabolitleri sağlayarak bir stimülasyon etkisi yaratmaktadır. Örneğin; *Lb. bulgaricus*, sentezlemiş olduğu hücre duvarına tutulu (cell-bound) proteazlar (özellikle *prtB*) aracılığıyla kazein fraksiyonlarından açığa çıkardığı bazı serbest aminoasitler ile proteolitik kapasitesi nispeten zayıf olan *S. thermophilus*'un gelişimini teşvik etmektedir (Champagne vd. 1990, Zourari vd. 1992, Gilbert vd. 1997, Fira vd. 2001). *S. thermophilus*'un gelişimini teşvik eden amino asitlerin sayısı suşta göre değişmektedir (Letort ve Juillard 2001). Özellikle, lösin, lisin, aspartik asit, histidin ve valin, *Lb. bulgaricus* tarafından sentezlenebilen ve *S. thermophilus*'un hızlı gelişimi için elzem olan amino asitlerin başlıcalarıdır. *S. thermophilus* asite karşı *Lb. bulgaricus*'tan daha duyarlıdır. pH 4.2-4.4 aralığında *S. thermophilus* gelişimi ciddi düzeyde yavaşlarken, *Lb. bulgaricus* pH 3.5-3.8 düzeyine kadar asit toleransı göstermektedir (Lourens-Hattingh ve Viljoen 2001). Yaklaşık olarak inkübasyon tamamlandıktan 3-4 saat sonrasında iki yoğurt bakterisi arasındaki oran eşitlenmektedir.



Şekil 4.1 *S. thermophilus* izolatlarının spesifik gelişim profilleri (n=5)



Şekil 4.2 *Lb. bulgaricus* izolatlarının spesifik gelişim profilleri (n=5)

Çizelge 4.1 Tekil izolatların spesifik gelişim oranları, 1/h ( $X \pm$  Standart hata)

<i>S. thermophilus</i>			
İzolat	Spesifik gelişim oranları ( $\mu$ , 1/h)	İzolat	Spesifik gelişim oranları ( $\mu$ , 1/h)
0	0.2166±0.0715 <sup>abcde fgh i</sup>	72	0.0675±0.0012 <sup>ghijkl</sup>
1	0.1085±0.0225 <sup>defghijkl</sup>	73	0.0990±0.0495 <sup>efghijkl</sup>
6	0.1797±0.0460 <sup>abcde fghijkl</sup>	74	0.2652±0.0392 <sup>abcde f</sup>
6-2	0.0736±0.0385 <sup>ghijkl</sup>	75	0.0866±0.0375 <sup>ghijkl</sup>
8	0.1405±0.0195 <sup>cde fghijkl</sup>	77	0.2307±0.0100 <sup>abcde f g</sup>
10	0.1825±0.0420 <sup>abcde fghijk</sup>	79	0.2095±0.0065 <sup>abcde fghij</sup>
11	0.2204±0.0760 <sup>abcde fgh i</sup>	80	0.2255±0.0020 <sup>abcde fgh</sup>
12	0.2145±0.0595 <sup>abcde fgh i</sup>	81	0.1780±0.0695 <sup>abcde fghijkl</sup>
19-2	0.0694±0.0363 <sup>ghijkl</sup>	88	0.1675±0.0070 <sup>bcde fghijkl</sup>
23	0.1669±0.0176 <sup>bcde fghijkl</sup>	89	0.1916±0.0014 <sup>abcde fghijk</sup>
26	0.0650±0.0060 <sup>ghijkl</sup>	90	0.1406±0.0025 <sup>cde fghijkl</sup>
27	0.1000±0.0080 <sup>efghijkl</sup>	93	0.0620±0.0055 <sup>ghijkl</sup>
40-2	0.0255±0.0115 <sup>kl</sup>	94	0.0285±0.0055 <sup>kl</sup>
43	0.2706±0.0550 <sup>abcde</sup>	95	0.0683±0.0030 <sup>ghijkl</sup>
49	0.3490±0.0705 <sup>a</sup>	100	0.0820±0.0050 <sup>ghijkl</sup>



Çizelge 4.1 Tekil izolatların spesifik gelişim oranları, 1/h ( $X \pm$  Standart hata) (devam)

<i>S. thermophilus</i>			
51	0.3121±0.1050 <sup>abc</sup>	124	0.0505±0.0235 <sup>hijkl</sup>
53	0.3323±0.0820 <sup>ab</sup>	139	0.0719±0.0194 <sup>ghijkl</sup>
55	0.3306±0.0880 <sup>ab</sup>	MS1-4	0.1565±0.0025 <sup>bcdefghijkl</sup>
58	0.2807±0.1330 <sup>abcd</sup>	MS2-1	0.3505±0.0324 <sup>a</sup>
64	0.2938±0.0115 <sup>abc</sup>	MS2-2	0.0486±0.0080 <sup>ijkl</sup>
70	0.0879±0.0345 <sup>ghijkl</sup>	MS5-1	0.0935±0.0435 <sup>fghijkl</sup>
71	0.1427±0.0550 <sup>cdefghijkl</sup>		
<i>Lb. bulgaricus</i>			
İzolat	Spesifik gelişim oranları ( $\mu$ , 1/h)	İzolat	Spesifik gelişim oranları ( $\mu$ , 1/h)
14	0.0032±0.0002 <sup>abc</sup>	41	0.0379±0.0010 <sup>c</sup>
25	0.0185±0.0005 <sup>bc</sup>	42	0.0256±0.0010 <sup>bc</sup>
27	0.0323±0.0005 <sup>abc</sup>	ML4-1	0.0228±0.0010 <sup>bc</sup>
29	0.0327±0.0002 <sup>abc</sup>	ML7-6	0.0137±0.0010 <sup>bc</sup>
37	0.0315±0.0005 <sup>bc</sup>	ML9-5	0.0148±0.0002 <sup>bc</sup>

Farklı harfler gruplar arası istatistiksel farklılığı vurgulamaktadır ( $P < 0.05$ )

#### 4.1.2 Tekil izolatların asidifikasyon yetenekleri

Yoğurt üretimi amacıyla starter kültür seçiminde en önemli unsurlardan biri bakterilerin asidifikasyon yeteneğidir (Liu vd. 2016). Fermantasyon sırasında yavaş gelişen asitlik serum ayrılması gibi yoğurt kalitesini direkt olarak etkileyen kalite kusurlarına neden olabilmektedir (Tamime ve Robinson 2007). Ayrıca fermantasyon süresinin uzaması ekonomik kayıplara da yol açmaktadır. Bakterinin asidifikasyon hızı suşa bağlı olduğundan yoğurt üretiminde asidifikasyon yeteneği güçlü ancak post-asidifikasyon yeteneği sınırlı suşlar tercih edilmektedir.

Çalışmada kullanılan tekli *S. thermophilus* ve *Lb. bulgaricus* izolatlarının asit geliştirme yetenekleri çizelge 4.2’de sunulmaktadır. Buna göre; *S. thermophilus* izolatlarından 2 adedinin (23 ve 27 nolu izolatlar) çok güçlü, 6 adedinin ise (6-2, 11, 26, 72, 79, 81) güçlü/orta düzeyde asidifikasyon yeteneğine sahip olduğu bulunmuştur. 6 izolat ise (56,

MS1-3, MS1-5, MS2-3, MS2-5, MS6-4 nolu izolatlar) çok uzun fermantasyon süresi ve zayıf gelişim gösterdiğinden elenmiştir. *Lb. bulgaricus* izolatlarından 3 adedi (27, 29 ve 42 nolu izolatlar) çok güçlü asit üretme yeteneğine sahip bulunmuştur. 5 adet *Lb. bulgaricus* izolatı (30, 39, 44, 46 ve ML9-6 nolu izolatlar) ise zayıf gelişim ve uzun fermantasyon süreçleri nedeniyle elenmiştir.

Çizelge 4.2 Tekil izolatların asit geliştirme yetenekleri

İzolat kodu	Kültür inkübasyon süresi (dk)	24-saatlik soğutma sonrası kültür pH'sı	Yoğurt inkübasyon süresi (dk)	İnkübasyon sonu pH	12 saatlik soğutma sonu pH
<i>Streptococcus thermophilus</i>					
0	485 ±12.0 <sup>af</sup>	4.81 ±0.015 <sup>a</sup>	605 ±16.0 <sup>a</sup>	4.69 ±0.012 <sup>a</sup>	4.60 ±0.021 <sup>a</sup>
1	480 ± 9.0 <sup>af</sup>	4.60 ±0.001 <sup>b</sup>	560 ±11.0 <sup>b</sup>	4.60 ±0.002 <sup>b</sup>	4.59 ±0.063 <sup>a</sup>
6	600 ± 21.0 <sup>b</sup>	4.61 ±0.010 <sup>b</sup>	557 ±36.0 <sup>b</sup>	4.61 ±0.003 <sup>b</sup>	4.61 ±0.028 <sup>a</sup>
6-2	680 ± 14.0 <sup>c</sup>	5.17 ± 0.021 <sup>c</sup>	470 ±45.0 <sup>c</sup>	4.67 ±0.018 <sup>a</sup>	4.52 ±0.031 <sup>b</sup>
8	960 ± 11.0 <sup>d</sup>	4.97 ± 0.032 <sup>d</sup>	660 ±9.0 <sup>d</sup>	4.68 ±0.029 <sup>a</sup>	4.67 ±0.044 <sup>c</sup>
10	450 ± 22.0 <sup>e</sup>	4.61 ± 0.040 <sup>b</sup>	650 ±12.0 <sup>d</sup>	4.61 ±0.014 <sup>b</sup>	4.45 ±0.021 <sup>d</sup>
11	490 ± 5.0 <sup>f</sup>	4.66 ±0.014 <sup>ei</sup>	435 ±30.0 <sup>e</sup>	4.66 ±0.033 <sup>a</sup>	4.81 ±0.060 <sup>e</sup>
12	420 ± 14.0 <sup>g</sup>	4.73 ±0.026 <sup>f</sup>	585 ±11.0 <sup>b</sup>	4.63 ±0.018 <sup>b</sup>	4.54 ±0.044 <sup>b</sup>
19-2	540 ±22.0 <sup>h</sup>	4.85 ±0.018 <sup>ah</sup>	532 ±15.0 <sup>f</sup>	4.68 ±0.022 <sup>a</sup>	4.62 ±0.014 <sup>a</sup>
23	400 ± 31.0 <sup>g</sup>	4.65 ± 0.029 <sup>e</sup>	235 ±4.0 <sup>g</sup>	4.53 ±0.011 <sup>c</sup>	4.52 ±0.023 <sup>b</sup>
26	485 ± 3.0 <sup>af</sup>	4.73 ± 0.024 <sup>f</sup>	470 ±14.0 <sup>c</sup>	4.67 ±0.047 <sup>a</sup>	4.52 ±0.011 <sup>b</sup>
27	660 ±16.0 <sup>c</sup>	4.75 ± 0.030 <sup>f</sup>	280 ±7.0 <sup>h</sup>	4.69 ±0.013 <sup>a</sup>	4.56 ±0.019 <sup>f</sup>
40-2	533 ±11.0 <sup>h</sup>	5.05 ± 0.011 <sup>g</sup>	730 ±17.0 <sup>i</sup>	4.71 ±0.025 <sup>a</sup>	4.73 ±0.025 <sup>g</sup>
43	750 ±21.0 <sup>i</sup>	4.88 ±0.037 <sup>h</sup>	840 ±11.0 <sup>j</sup>	4.72 ±0.030 <sup>d</sup>	4.75 ±0.021 <sup>g</sup>
49	465 ±14.0 <sup>e</sup>	4.69 ±0.043 <sup>i</sup>	740 ±2.0 <sup>k</sup>	4.70 ±0.011 <sup>ad</sup>	4.68 ±0.027 <sup>c</sup>
51	450 ± 5.0 <sup>e</sup>	4.73 ±0.044 <sup>f</sup>	960 ±41.0 <sup>l</sup>	4.70 ±0.022 <sup>ad</sup>	4.68 ±0.030 <sup>c</sup>
53	540 ±9.0 <sup>h</sup>	4.92 ±0.001 <sup>k</sup>	660 ±18.0 <sup>d</sup>	4.71 ±0.002 <sup>d</sup>	4.68 ±0.009 <sup>c</sup>
55	545 ±13.0 <sup>h</sup>	4.98 ±0.031 <sup>l</sup>	565 ±16.0 <sup>b</sup>	4.68 ±0.004 <sup>a</sup>	4.64 ±0.04 <sup>c</sup>
56	Çok zayıf pıhtı oluşumu ve çok uzun fermantasyon süresi gözlemlendiğinden elendi				
58	685 ± 12.0 <sup>c</sup>	4.85 ±0.012 <sup>ah</sup>	650 ±18.0 <sup>d</sup>	4.75 ±0.000 <sup>e</sup>	4.72 ±0.022 <sup>g</sup>
64	545 ±21.0 <sup>h</sup>	4.83 ±0.002 <sup>ah</sup>	645 ±21.0 <sup>d</sup>	4.69 ±0.020 <sup>a</sup>	4.61 ±0.005 <sup>a</sup>
70	545 ±22.0 <sup>h</sup>	4.88 ±0.041 <sup>ah</sup>	640 ±23.0 <sup>d</sup>	4.73 ±0.002 <sup>de</sup>	4.71 ±0.001 <sup>g</sup>
71	650 ±3.0 <sup>c</sup>	4.76 ±0.031 <sup>f</sup>	635 ±9.5 <sup>d</sup>	4.75 ±0.031 <sup>e</sup>	4.70 ±0.011 <sup>g</sup>
72	455 ±19.0 <sup>e</sup>	5.01 ±0.022 <sup>g</sup>	455 ±10.0 <sup>ce</sup>	4.67 ±0.022 <sup>a</sup>	4.86 ±0.028 <sup>h</sup>
73	470 ±24.0 <sup>e</sup>	4.85 ±0.014 <sup>ah</sup>	690 ±13.0 <sup>m</sup>	4.81 ±0.045 <sup>f</sup>	4.78 ±0.001 <sup>i</sup>
74	470 ±11.0 <sup>e</sup>	4.92 ±0.009 <sup>k</sup>	687 ± 7.0 <sup>m</sup>	4.82 ±0.004 <sup>th</sup>	4.74 ±0.009 <sup>ig</sup>
75	645 ±16.0 <sup>bc</sup>	4.90 ±0.001 <sup>hk</sup>	565 ± 5.0 <sup>b</sup>	4.75 ±0.009 <sup>e</sup>	4.64 ±0.014 <sup>ac</sup>
77	530 ±17.0 <sup>h</sup>	4.85 ±0.032 <sup>ah</sup>	620 ±15.0 <sup>d</sup>	4.71 ±0.024 <sup>a</sup>	4.66 ±0.037 <sup>c</sup>
79	440 ±9.0 <sup>e</sup>	5.04 ±0.025 <sup>g</sup>	440 ±24.0 <sup>ce</sup>	4.64 ±0.017 <sup>b</sup>	4.84 ±0.008 <sup>h</sup>
80	690 ±17.0 <sup>c</sup>	5.02 ±0.018 <sup>g</sup>	750 ±12.0 <sup>i</sup>	4.67 ±0.008 <sup>a</sup>	4.66 ±0.004 <sup>c</sup>
81	420 ±23.5 <sup>g</sup>	4.88 ±0.027 <sup>ah</sup>	420 ±36.0 <sup>e</sup>	4.64 ±0.044 <sup>b</sup>	4.81 ±0.019 <sup>j</sup>
88	680 ±11.5 <sup>c</sup>	4.89 ±0.003 <sup>ah</sup>	687 ±22.0 <sup>m</sup>	4.69 ±0.016 <sup>a</sup>	4.62 ±0.011 <sup>a</sup>
90	450 ±6.5 <sup>e</sup>	4.89 ±0.001 <sup>ah</sup>	675 ±17.0 <sup>d</sup>	4.69 ±0.021 <sup>a</sup>	4.67 ±0.039 <sup>c</sup>
93	675 ±4.0 <sup>c</sup>	4.82 ±0.021 <sup>a</sup>	662 ± 4.04 <sup>d</sup>	4.70 ±0.014 <sup>ad</sup>	4.66 ±0.000 <sup>c</sup>
94	500 ±12.0 <sup>f</sup>	4.91 ±0.000 <sup>hk</sup>	610 ±14.0 <sup>a</sup>	4.70 ±0.000 <sup>ad</sup>	4.65 ± 0.004 <sup>ac</sup>
95	435 ±22.0 <sup>e</sup>	4.75 ±0.016 <sup>f</sup>	726 ±7.0 <sup>i</sup>	4.69 ±0.0013 <sup>a</sup>	4.63 ±0.002 <sup>a</sup>
100	675 ±24.0 <sup>c</sup>	5.15 ±0.022 <sup>c</sup>	795 ±16.0 <sup>n</sup>	4.77 ±0.055 <sup>g</sup>	4.72 ±0.048 <sup>g</sup>

Çizelge 4.2 Tekil izolatların asit geliştirme yetenekleri (devam)

İzolat kodu	Kültür inkübasyon süresi (dk)	24-saatlik soğutma sonrası kültür pH'sı	Yoğurt inkübasyon süresi (dk)	İnkübasyon sonu pH	12 saatlik soğutma sonu pH
124	675 ±8.0 <sup>c</sup>	5.08 ±0.017 <sup>m</sup>	905 ±33.0 <sup>o</sup>	4.85 ±0.059 <sup>h</sup>	4.81 ±0.017 <sup>j</sup>
139	480 ±9.0 <sup>af</sup>	4.84 ±0.003 <sup>a</sup>	645 ±45.0 <sup>d</sup>	4.68 ±0.005 <sup>a</sup>	4.66 ±0.027 <sup>c</sup>
MS1-3	Çok zayıf pıhtı oluşumu ve çok uzun fermentasyon süresi gözlemlendiğinden elendi				
MS1-4	324 ±12.0 <sup>j</sup>	5.12±0.003 <sup>c</sup>	665 ±22.0 <sup>d</sup>	4.78 ±0.025 <sup>g</sup>	4.99 ±0.012 <sup>k</sup>
MS1-5	Çok zayıf pıhtı oluşumu ve çok uzun fermentasyon süresi gözlemlendiğinden elendi				
MS2-1	322 ±16.0 <sup>j</sup>	5.08±0.003 <sup>m</sup>	685 ±33.0 <sup>m</sup>	4.78 ±0.039 <sup>g</sup>	4.94 ±0.033 <sup>l</sup>
MS2-2	323 ±5.0 <sup>j</sup>	5.12±0.003 <sup>c</sup>	680 ±29.0 <sup>m</sup>	4.79 ±0.058	4.88 ±0.008 <sup>h</sup>
MS2-3	Çok zayıf pıhtı oluşumu ve çok uzun fermentasyon süresi gözlemlendiğinden elendi				
MS2-5	Çok zayıf pıhtı oluşumu ve çok uzun fermentasyon süresi gözlemlendiğinden elendi				
MS5-1	440 ±11.0 <sup>e</sup>	5.30±0.003 <sup>n</sup>	663 ±22.0 <sup>d</sup>	4.81 ±0.08 <sup>t</sup>	4.96 ±0.005 <sup>k</sup>
MS6-4	Çok zayıf pıhtı oluşumu ve çok uzun fermentasyon süresi gözlemlendiğinden elendi				
<b>Lactobacillus bulgaricus</b>					
14	960 ±16.0 <sup>a</sup>	4.44 ±0.015 <sup>a</sup>	805 ±22.0 <sup>a</sup>	4.70 ±0.055 <sup>a</sup>	4.56 ±0.011 <sup>a</sup>
25	1445 ±33.0 <sup>b</sup>	3.87 ±0.008 <sup>b</sup>	1440 ±34.0 <sup>b</sup>	4.79 ±0.022 <sup>b</sup>	4.85 ±0.005 <sup>b</sup>
27	690 ±45.0 <sup>c</sup>	4.67 ±0.010 <sup>c</sup>	290 ±10.0 <sup>c</sup>	4.64 ±0.064 <sup>c</sup>	4.51 ±0.018 <sup>c</sup>
29	680 ±41.0 <sup>c</sup>	4.32 ±0.09 <sup>d</sup>	265 ±7.0 <sup>c</sup>	4.66 ±0.007 <sup>c</sup>	4.46 ±0.023 <sup>d</sup>
30	Çok zayıf pıhtı oluşumu ve çok uzun fermentasyon süresi gözlemlendiğinden elendi				
37	1620 ±35.0 <sup>d</sup>	4.14 ±0.01 <sup>e</sup>	825 ±58.0 <sup>a</sup>	4.71 ±0.010 <sup>a</sup>	5.02 ±0.033 <sup>e</sup>
39	Çok zayıf pıhtı oluşumu ve çok uzun fermentasyon süresi gözlemlendiğinden elendi				
41	1440 ±35.0 <sup>b</sup>	3.40 ±0.082 <sup>t</sup>	715 ±33.0 <sup>d</sup>	4.65 ±0.055 <sup>c</sup>	4.87 ±0.029 <sup>b</sup>
42	810 ±44.0 <sup>e</sup>	4.50 ±0.042 <sup>g</sup>	270 ±55.0 <sup>e</sup>	4.43 ±0.028 <sup>d</sup>	4.33 ±0.008 <sup>t</sup>
44	Çok zayıf pıhtı oluşumu ve çok uzun fermentasyon süresi gözlemlendiğinden elendi				
46	Çok zayıf pıhtı oluşumu ve çok uzun fermentasyon süresi gözlemlendiğinden elendi				
ML4-1	741 ±10.0 <sup>t</sup>	5.41 ±0.014 <sup>h</sup>	827 ±15.0 <sup>a</sup>	4.90 ±0.024 <sup>e</sup>	5.09 ±0.010 <sup>g</sup>
ML7-6	1580 ±29.0 <sup>g</sup>	4.82 ±0.022 <sup>l</sup>	672 ±14.0 <sup>e</sup>	4.98 ±0.038 <sup>t</sup>	4.90 ±0.019 <sup>b</sup>
ML9-5	1578 ±8.0 <sup>g</sup>	5.01 ±0.043 <sup>l</sup>	677 ±38.0 <sup>e</sup>	4.92 ±0.005 <sup>e</sup>	4.97 ±0.066 <sup>e</sup>
MS9-6	Çok zayıf pıhtı oluşumu ve çok uzun fermentasyon süresi gözlemlendiğinden elendi				

Farklı harfler gruplar arası istatistiksel farklılığı vurgulamaktadır (P<0.05)

#### 4.1.3 Tekil izolatların tekstür geliştirme kapasiteleri

Seçili izolatların tekstür geliştirme yetenekleri çizelge 4.3'de sunulmaktadır. *S. thermophilus* izolatlarından 2 adedinin (26 ve 27 nolu izolatlar) güçlü tekstürel özelliklere sahip yoğurt ürettiği belirlenirken (Şekil 4.3, Çizelge 4.3), 25 nolu *Lb. bulgaricus* izolatının da güçlü tekstür geliştirici özelliği tespit edilmiştir (Şekil 4.4, Çizelge 4.3). *S. thermophilus* 26 ve 27'nin sıklık ve konsistens değerleri diğer izolatlardan yüksek bulunmuştur. Bu iki izolatın iç yapışkanlık (cohesiveness) ve viskozite indeksi değerleri de ortalamanın üzerinde bulunmuştur. *S. thermophilus* izolatlarından 56, MS1-3 ve MS6-4, *Lb. bulgaricus* izolatlarından ise 30, 39, 44 ve 46 ile elde edilen deneme yoğurtları çok zayıf tekstürel özelliklere sahip olduğundan

elenmiştir. Yoğurdun sıklık, konsistens, iç yapışkanlık ve viskozite gibi nitelikleri ürünün duyuusal kabul edilebilirliğini direkt olarak etkileyeceğinden, bu izolatların kombinasyonunun starter kültür olarak üretimde kullanılması sonucu elde edilen yoğurtların pıhtı özelliklerinin de çok zayıf olacağı öngörülmektedir.

Tekstür profil analizi sonucunda elde edilen sıklık, konsistens, iç yapışkanlık ve viskozite gibi değerler ürünün duyuusal ve reolojik özelliklerinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Tekstür profil analizinde iki kez sıkıştırma kuvveti uygulanmasıyla elde edilen kuvvet-zaman kurvesiyle sıklık, konsistens, iç yapışkanlık ve vizkozite indeksi değerleri ölçülmüştür. Sıklık ilk sıkıştırma döngüsü sırasındaki pik kuvveti (maksimum kuvvet) olarak tanımlanmaktadır ve üründe belirli bir deformasyonu sağlamak için gereken kuvvettir. Özellikle set tip yoğurtlarda fiziksel kalitenin değerlendirildiği en önemli parametredir (Özer vd. 1998). İkinci sıkıştırma döngüsü sırasındaki pozitif kuvvet alanının ilk sıkıştırma döngüsündekine oranı iç yapışkanlıktır ve bir materyalin iç bağlarının gücüne bağlı olarak yapı bozulmadan ne kadar deforme edilebildiğini göstermektedir.

Çizelge 4.3 Tekil izolatların % 12.0 (w/v) kurumaddeli fermente sütün tekstürel parametrelerine etkisi

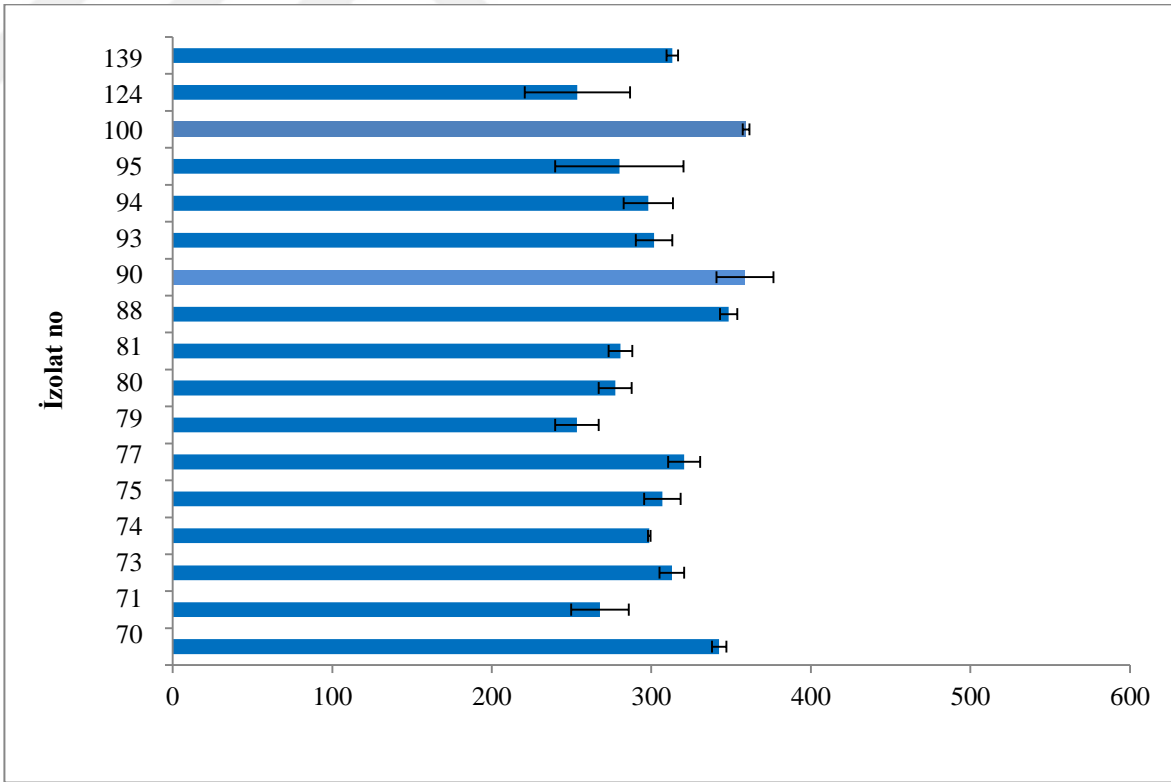
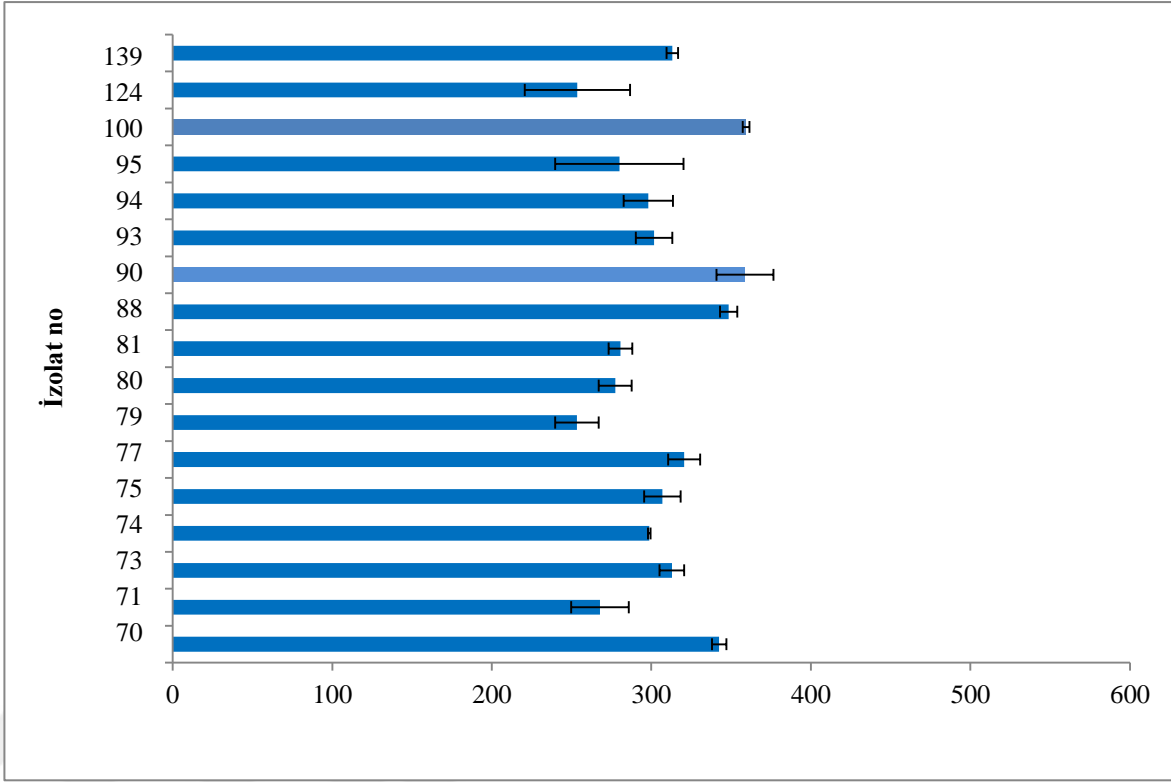
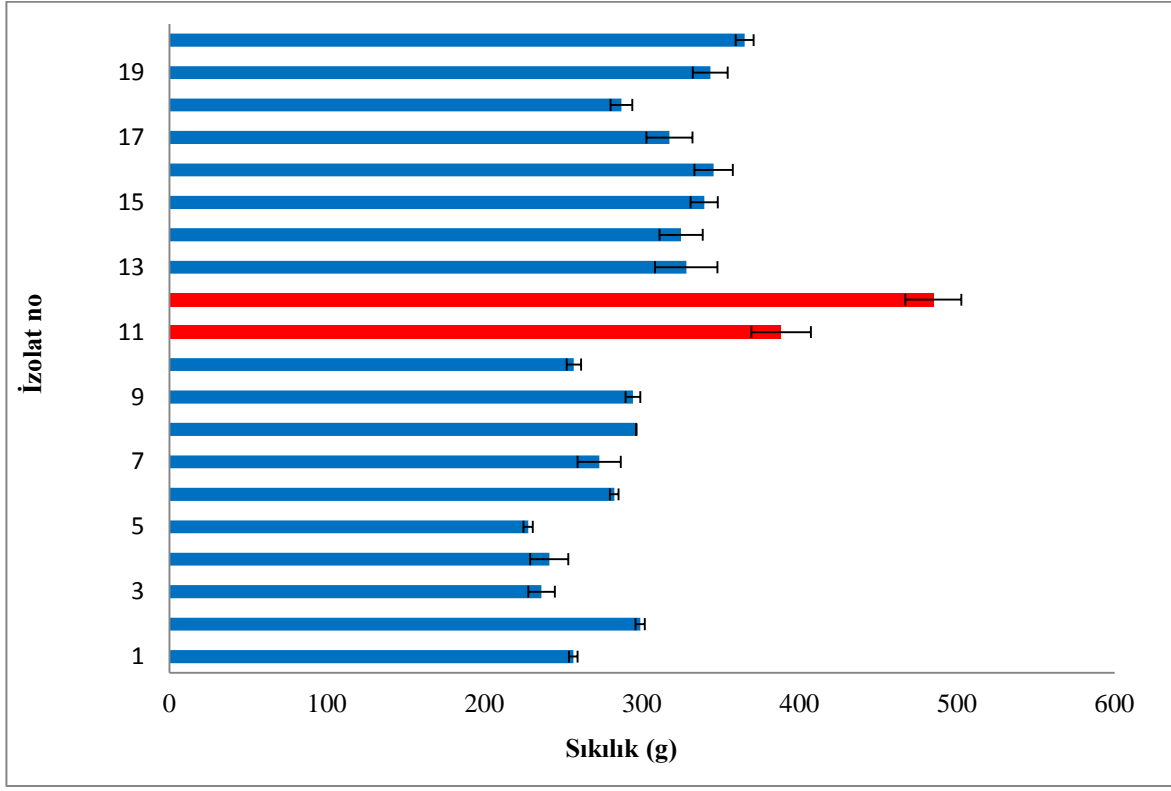
İzolat No	Firmness (g)	Consistency (g.sec)	Cohesiveness (g)	Index of Viscosity (g.sec)
<i>S. thermophilus</i>				
0	256.36 ± 2.68	6266.63 ± 24.25	110.99 ± 2.63	192.97 ± 2.99
1	298.86 ± 4.55	7036.64 ± 11.20	95.01 ± 8.69	176.81 ± 4.64
6	236.18 ± 8.47	5893.20 ± 161.41	101.52 ± 8.52	196.70 ± 7.38
6(2)	241.12 ± 12.05	5839.57 ± 221.52	106.84 ± 16.66	104.42 ± 42.79
8	227.71 ± 2.95	5279.68 ± 20.23	78.71 ± 0.97	160.58 ± 0.61
10	282.42 ± 2.76	6850.66 ± 161.43	122.63 ± 0.87	235.64 ± 0.70
11	272.85 ± 13.69	6595.98 ± 78.53	103.77 ± 4.71	183.02 ± 11.48
12	296.38 ± 0.05	7343.80 ± 52.81	129.60 ± 5.43	224.55 ± 4.70
19(2)	294.26 ± 4.63	6887.26 ± 84.95	162.24 ± 10.51	60.95 ± 20.80
23	256.71 ± 4.55	6420.66 ± 53.12	112.44 ± 3.59	192.10 ± 7.32
26	388.34 ± 18.91	9347.07 ± 396.31	143.42 ± 0.03	362.18 ± 1.68
27	484.98 ± 17.79	11346.25 ± 110.74	146.49 ± 3.61	229.39 ± 59.52
40(2)	328.10 ± 19.85	7504.57 ± 451.44	146.21 ± 3.06	139.24 ± 87.79
43	324.81 ± 13.73	7365.24 ± 214.56	132.09 ± 10.79	257.97 ± 21.82
49	339.50 ± 8.67	8357.08 ± 62.56	142.03 ± 1.62	257.38 ± 8.83

Çizelge 4.3 Tekil izolatların % 12.0 (w/v) kurumaddeli fermente sütün tekstürel parametrelerine etkisi (devam)

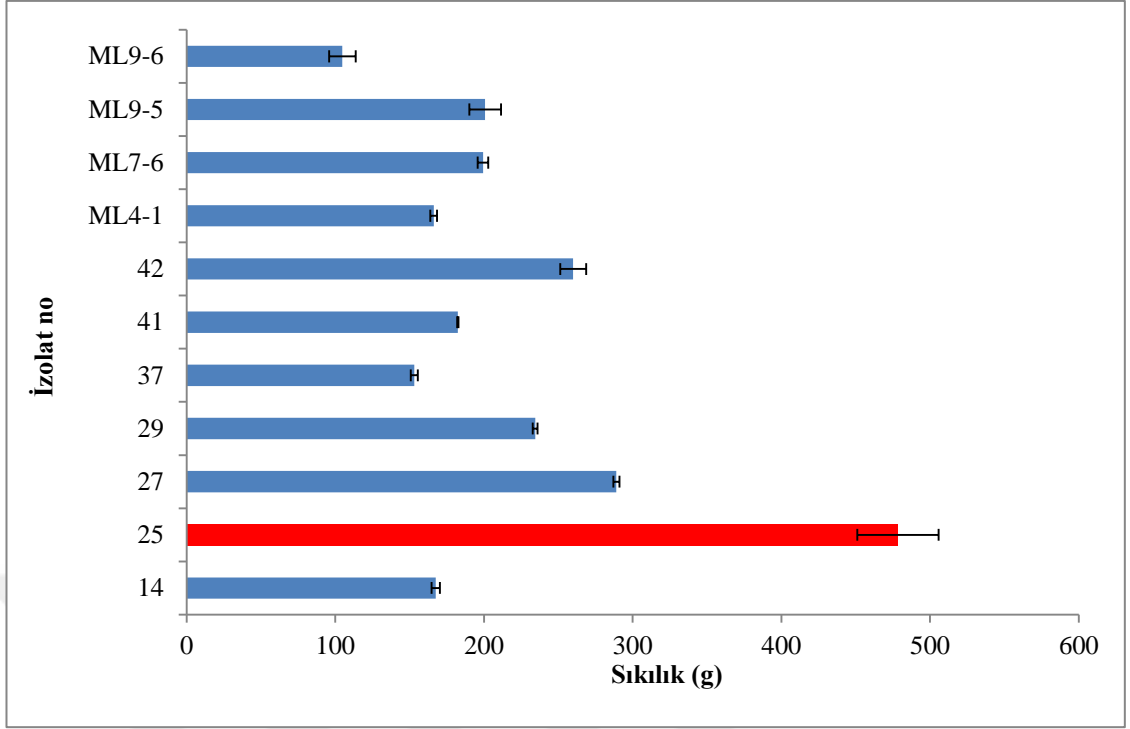
51	345.43 ± 12.12	8238.88 ± 29.97	144.86 ± 1.63	290.82 ± 17.13
53	317.40 ± 14.58	7767.17 ± 150.69	161.06 ± 7.83	207.65 ± 86.55
55	286.90 ± 6.96	7038.42 ± 85.74	193.12 ± 25.30	48.61 ± 23.65
56	Çok zayıf pıhtı oluşumu ve çok uzun fermantasyon süresi gözlemlendiğinden elendi			
58	343.37 ± 11.05	8471.51 ± 326.29	144.90 ± 8.55	268.42 ± 23.24
64	365.23 ± 5.68	8610.77 ± 72.09	137.59 ± 13.53	91.41 ± 64.87
70	342.46 ± 4.52	8221.47 ± 367.72	135.60 ± 21.00	132.11 ± 91.08
71	267.90 ± 18.05	6595.00 ± 400.43	137.15 ± 3.56	48.77 ± 7.70
72	260.07 ± 16.23	5953.27 ± 192.84	103.51 ± 1.78	198.81 ± 5.62
73	312.90 ± 7.76	7357.38 ± 23.56	118.09 ± 2.88	201.04 ± 19.49
74	298.64 ± 0.78	7020.85 ± 148.81	119.26 ± 2.07	230.16 ± 1.01
75	306.94 ± 11.39	7909.06 ± 473.38	133.91 ± 12.76	141.90 ± 70.53
77	320.62 ± 9.98	7821.11 ± 326.32	142.83 ± 3.17	155.88 ± 108.34
79	253.39 ± 13.72	6001.77 ± 75.75	110.84 ± 0.94	204.62 ± 12.55
80	277.36 ± 10.27	7056.62 ± 303.33	205.11 ± 11.80	73.04 ± 2.10
81	280.61 ± 7.45	6753.05 ± 24.06	114.64 ± 3.62	206.41 ± 15.99
88	348.40 ± 5.43	8634.69 ± 91.63	167.22 ± 3.62	64.05 ± 11.92
90	358.73 ± 17.79	8565.54 ± 335.01	139.94 ± 20.62	111.66 ± 77.30
93	301.73 ± 11.35	7630.21 ± 215.61	127.05 ± 5.57	207.15 ± 11.36
94	298.11 ± 15.44	7283.02 ± 621.22	179.31 ± 15.25	85.24 ± 42.07
95	279.97 ± 40.25	6727.40 ± 1038.20	182.32 ± 47.41	61.93 ± 15.74
100	359.46 ± 2.14	8543.99 ± 58.52	144.60 ± 2.61	317.95 ± 13.31
124	253.66 ± 4.45	5870.58 ± 136.35	112.33 ± 8.99	232.45 ± 45.22
139	313.14 ± 3.54	7548.89 ± 21.91	140.57 ± 4.80	139.24 ± 84.14
MS1-3	Çok zayıf pıhtı oluşumu gözlemlendiğinden elendi			
MS1-4	282.07 ± 3.21	3221.58 ± 128.57	111.49 ± 3.49	32.89 ± 17.55
MS1-5	Gaz oluşumu gözlemlendiğinden elendi			
MS2-1	288.54 ± 6.12	3353.63 ± 95.88	115.26 ± 9.12	22.53 ± 1.17
MS2-2	282.59 ± 12.22	3458.75 ± 39.47	105.67 ± 21.66	139.95 ± 8.88
MS2-3	Gaz oluşumu gözlemlendiğinden elendi			
MS2-5	Gaz oluşumu gözlemlendiğinden elendi			
MS5-1	317.35 ± 17.04	3599.31 ± 67.08	103.07 ± 0.67	131.67 ± 118.25
MS6-4	Çok zayıf pıhtı oluşumu gözlemlendiğinden elendi			
<b><i>Lb. bulgaricus</i></b>				
14	167.53 ± 2.89	4117.80 ± 1.66	71.30 ± 0.97	146.85 ± 1.96
25	478.35 ± 27.32	11801.27 ± 627.15	146.49 ± 0.69	117.61 ± 38.07
27	289.03 ± 2.07	7637.54 ± 53.46	186.76 ± 44.28	249.3 ± 227.40
29	234.43 ± 1.67	6162.46 ± 3.19	136.19 ± 7.43	145.43 ± 119.50
30	Çok zayıf pıhtı oluşumu gözlemlendiğinden elendi			
37	153.19 ± 2.37	3955.52 ± 13.29	91.39 ± 0.49	200.71 ± 8.89

Çizelge 4.3 Tekil izolatların % 12.0 (w/v) kurumaddeli fermente sütün tekstürel parametrelerine etkisi (devam)

39	Çok zayıf pıhtı oluşumu gözlemlendiğinden elendi			
41	182.36 ± 0.48	4645.26 ± 8.31	108.44 ± 0.84	221.14 ± 6.24
42	259.97 ± 8.78	6542.03 ± 94.34	140.26 ± 2.90	111.26 ± 100.69
44	Çok zayıf pıhtı oluşumu gözlemlendiğinden elendi			
46	Çok zayıf pıhtı oluşumu gözlemlendiğinden elendi			
ML4-1	166.17 ± 2.28	2070.49 ± 6.42	83.15 ± 4.31	164.43 ± 8.89
ML7-6	199.35 ± 3.54	2619.71 ± 21.48	97.32 ± 3.17	186.86 ± 5.22
ML9-5	200.72 ± 10.65	2357.87 ± 27.97	96.42 ± 1.24	166.66 ± 38.22
ML9-6	90.2 ± 3.50	1100.0 ± 122.04	19.2 ± 1.66	8.3 ± 9.61



Şekil 4.3. *S. thermophilus* izolatlarının geri ekstrüzyon sıklık değerleri (g)



Şekil 4.4 *Lb. bulgaricus* izolatlarının geri ekstrüzyon sıklık değerleri (g)

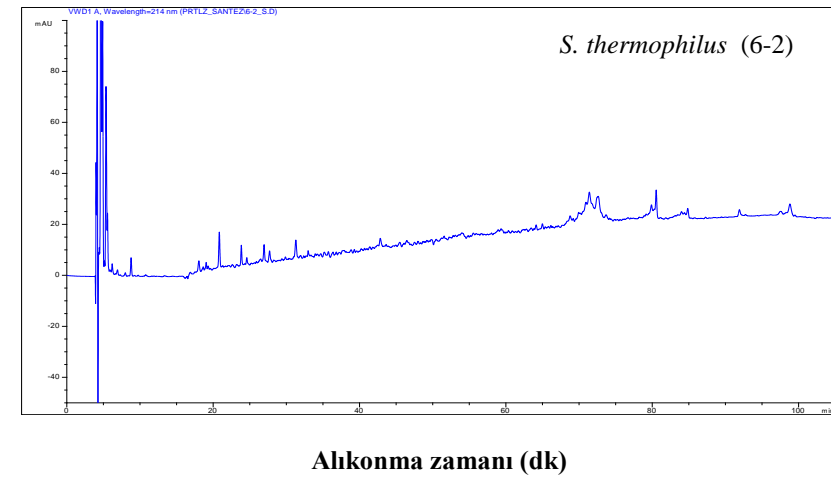
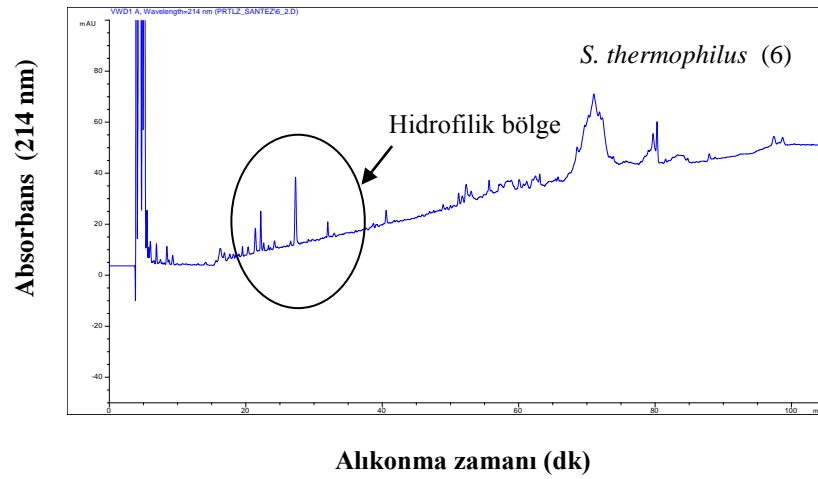
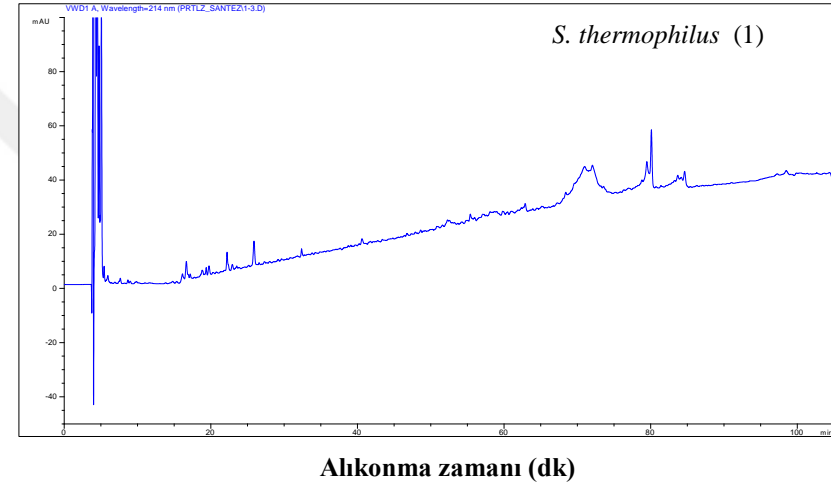
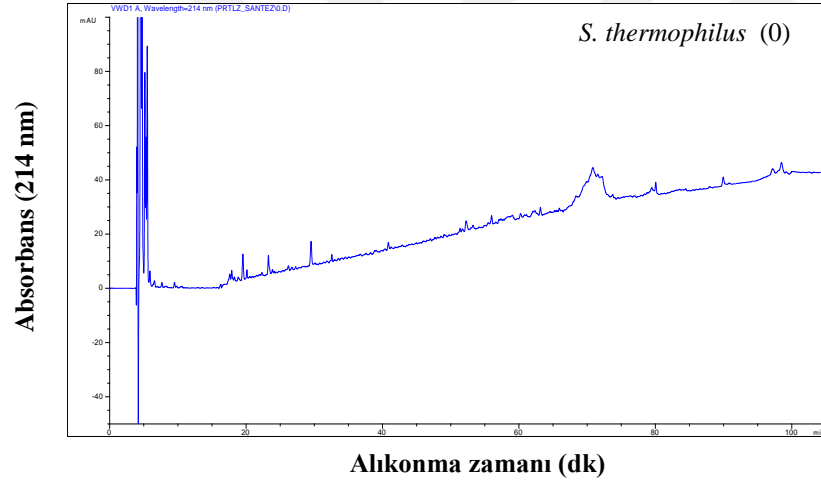
#### 4.1.4 Tekil izolatların proteolitik kapasitesi

Tekil izolatlara ait peptid dağılımlarını gösteren kromatogramlar şekil 4.5’de sunulmaktadır. İlgili kromatogramlar incelendiğinde, *Lb. bulgaricus* izolatlarının *S. thermophilus* izolatlarından daha güçlü proteolitik yeteneğe sahip olduğu görülmektedir. *Lb. bulgaricus* 14’ün güçlü proteolitik kapasiteye sahip olduğu belirlenirken, *Lb. bulgaricus* 27, 29, 37, 41 ve 42 izolatlarında orta/zayıf seviyede proteolitik kapasite tespit edilmiştir. *S. thermophilus* izolatları içerisinde ise sadece 6 nolu izolatın kısmen proteolitik karakter taşıdığı görülmüştür. Bazı izolatların pasajlama sayısı arttıkça gelişim ve metabolik aktivitelerinde zayıflama görülmüştür. Bu izolatların büyük ölçüde ticari kültür özelliği taşıdığı düşünülmektedir.

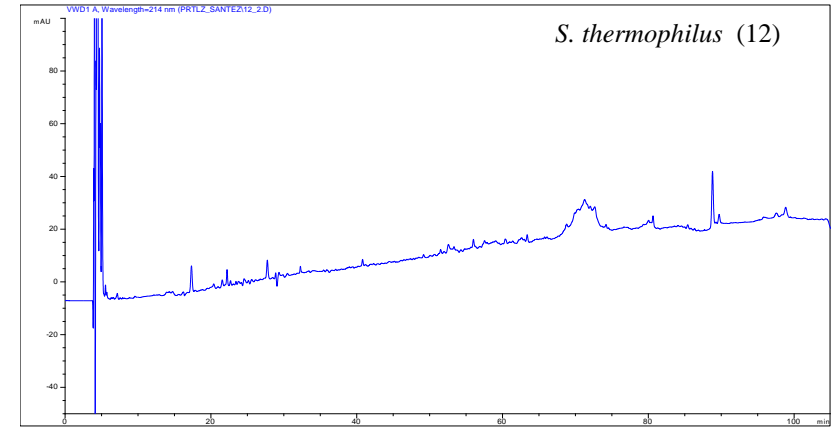
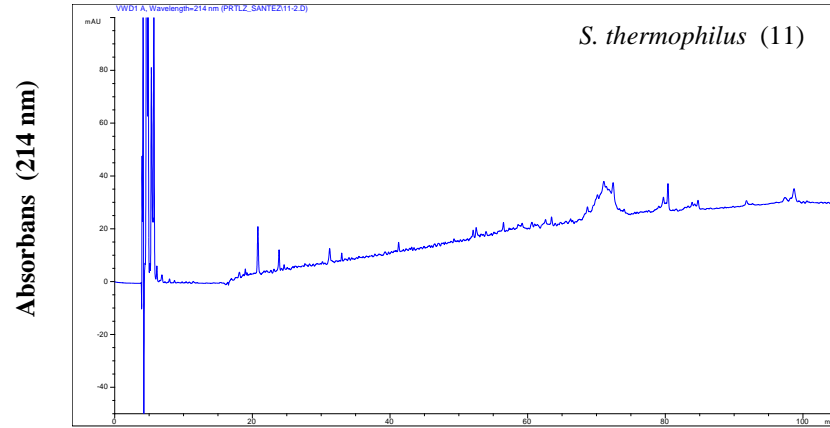
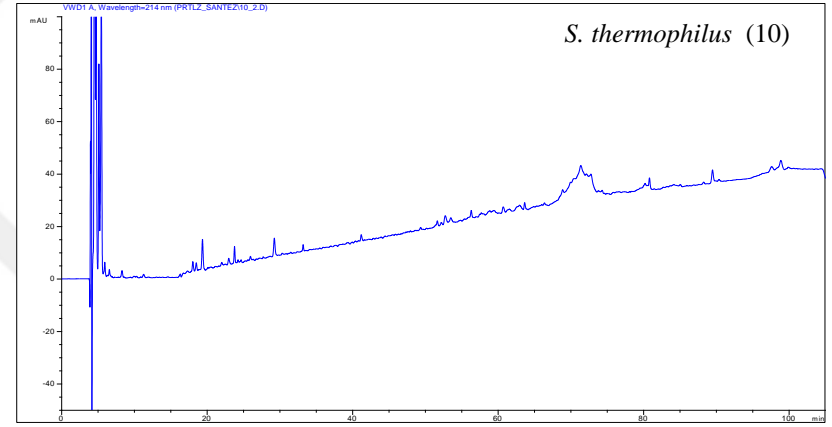
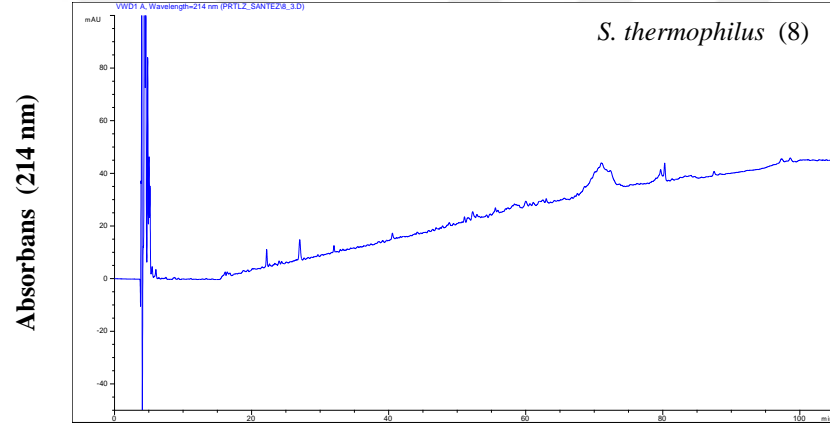
Süt proteinleri (özellikle kazeinler) yoğurt bakterileri için temel azot kaynağıdır. Yoğurt bakterilerinin proteolitik aktiviteleri türe ve suşa bağlı olarak değişmektedir (Slocum vd. 1988, Rajagopal ve Sandine 1990, Shahbal vd. 1991, Beshkova vd. 1998, Ayhan vd. 2005, Donkor vd. 2007). Yoğurt starter bakterilerinin proteolitik mekanizmasının



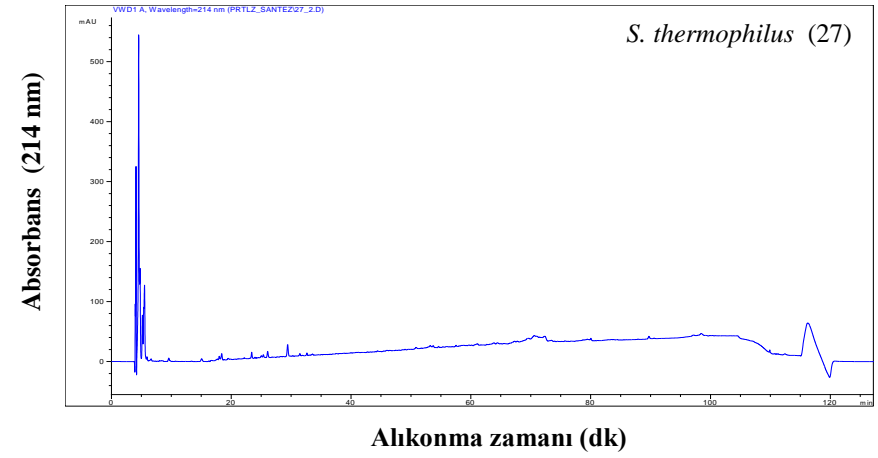
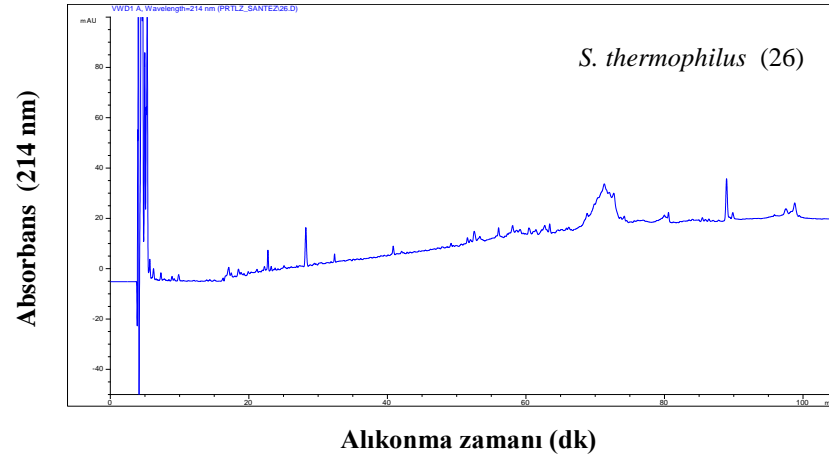
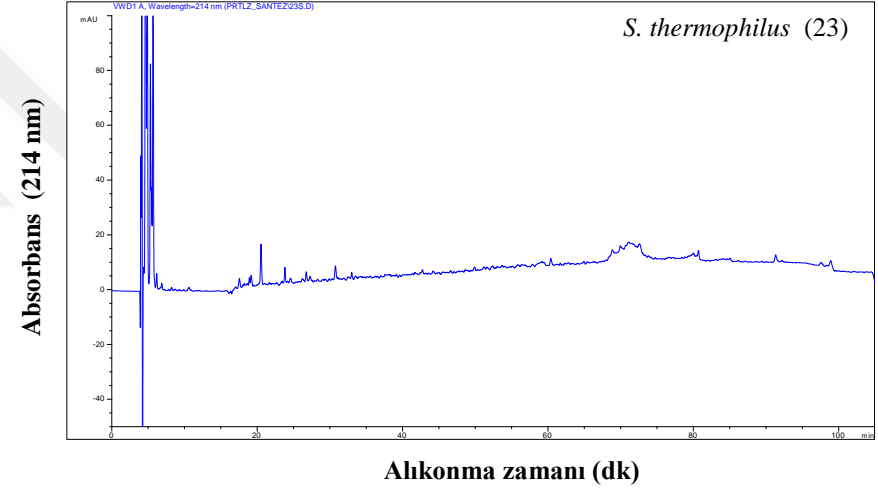
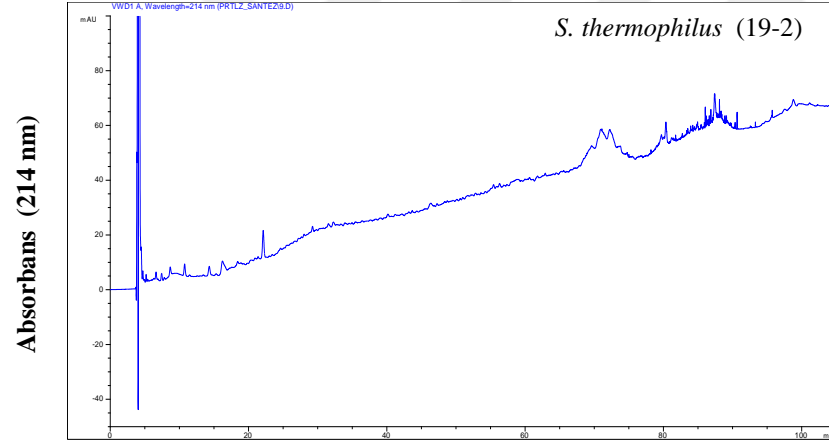
birinci basamağı olan kazein hidrolizasyonundan ağırlıklı olarak hücre duvarında lokalize olan ekzo-proteinazlar, hücre membranına bağlı aminopeptidazlar, hücre içi ekzo-peptidazlar ve proteinazlar sorumludur (Thomas ve Pritchard 1987, Bockelmann vd. 1992). Her iki yoğurt bakterisine ait birçok suş proteinaz aktivitesine sahiptir (Ezzat vd. 1985, Kalantzopoulos vd. 1990). *Lb. bulgaricus* proteinazlarının başlıca substratı  $\beta$ -kazein ve  $\alpha_s$ -kazein'dir ve bu enzimin serum proteinleri üzerindeki etkileri sınırlıdır (Chandan vd. 1982, El-Soda ve Desmazeaud 1982, Laloï 1989). Genel olarak,  $\beta$ -laktoglobulin hidrolizasyona uğramazken,  $\alpha$ -laktalbumin hidrolizasyonu sınırlı düzeyde gerçekleşmektedir (Bertrand-Harb vd. 2003). pH değerlerindeki azalmaya bağlı olarak (pH <5.0) kazeinler üzerindeki proteolitik aktivite artış göstermektedir. Bu nedenle, fermantasyonun ileri aşamalarında *Lb. bulgaricus* kaynaklı proteolizde artış gözlenmektedir (Stefanitsi ve Garrel 1997). Proteolitik aktivite bakteriyel gelişimin logaritmik fazında en üst seviyededir. Durgunluk fazına girildiğinde ise serbest aminoasitlerin gelişim faktörü olarak tüketimi ve/veya aldehit, asit vb. kimyasal bileşenlere indirgenmesi nedeniyle aminoasit konsantrasyonu azalmaktadır (Irigoyen vd. 2012, Germani vd. 2014). Genel olarak *S. thermophilus*'un süt proteinleri üzerindeki proteolitik etkinliği sınırlıdır (Meyer vd. 1989). Her iki yoğurt bakterisi de  $\beta$ -kazein'i diğer kazein fraksiyonlarından daha hızlı hidrolize etmektedir (Kalantzopoulos vd. 1990, Khalid vd. 1991, El-Zahar vd. 2003). Yoğurt bakterilerinin proteolitik aktivitelerine bağlı olarak acı peptidlerin açığa çıkması ve/veya tatlı, acı ya da broth benzeri tat özelliklerinin gelişmesini sağlayan amino asitlerin serbest hale gelmesi mümkündür (Zainoldin ve Baba 2012). Yoğurt bakterilerinin proteolitik kapasiteleri yoğurt tekstürü üzerinde genellikle olumsuz etki yapmaktadır. Özellikle serum ayrılması ve yapıda yumuşama sıklıkla proteolitik aktivite ile ilişkilendirilmektedir (Ramchandran ve Shah 2009, Amani vd. 2017). Ekzopolisakkarit üreten (EPS<sup>+</sup>) yoğurt bakterilerinin proteolitik aktiviteleri genellikle daha yüksek olmaktadır (Peterson vd. 2000, Ramchandran ve Shah 2010). Çalışmada kullanılan izolatların hiçbirisi polisakkarit materyal üretme yeteneğine sahip değildir. Ayrıca, duyuşal değerlendirmeler sırasında *S. thermophilus* 8 nolu izolat hariç belirgin bir acılaşıma ile karşılaşılmaştır.



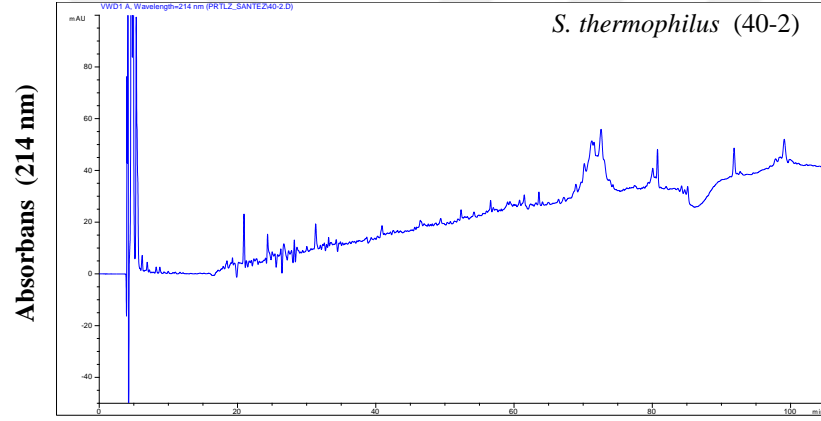
Şekil 4.5 Tekil izolatların proteolitik kapasitelerini gösteren RP-HPLC kromatogramları (0, 1, 6, 6-2)



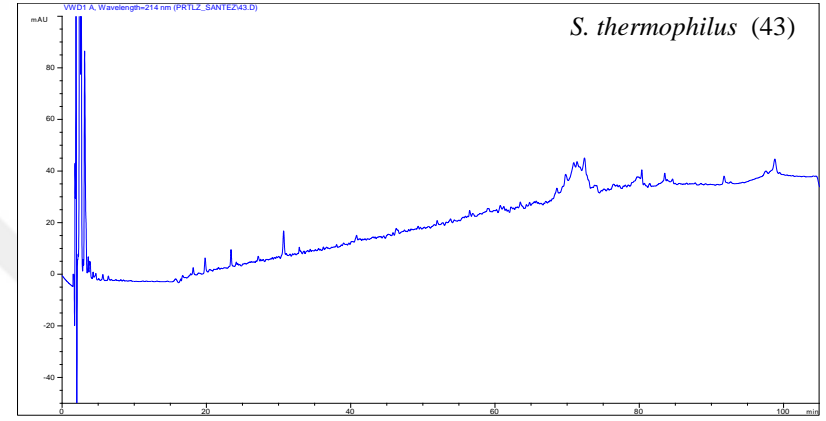
Şekil 4.5 Tekil izolatların proteolitik kapasitelerini gösteren RP-HPLC kromatogramları (8, 10, 11, 12)



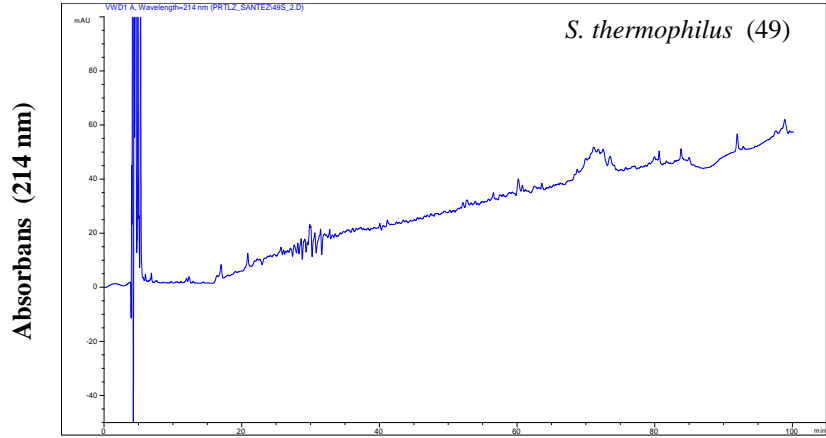
Şekil 4.5 Tekil izolatların proteolitik kapasitelerini gösteren RP-HPLC kromatogramları (19-2, 23, 26, 27)



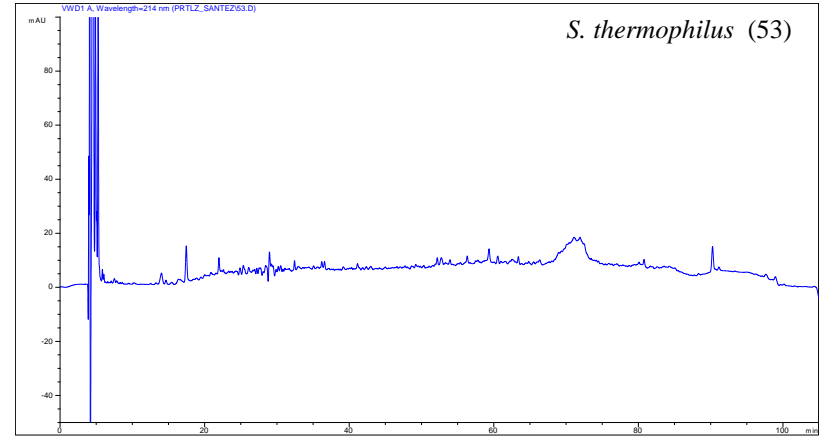
Alıkonma zamanı (dk)



Alıkonma zamanı (dk)

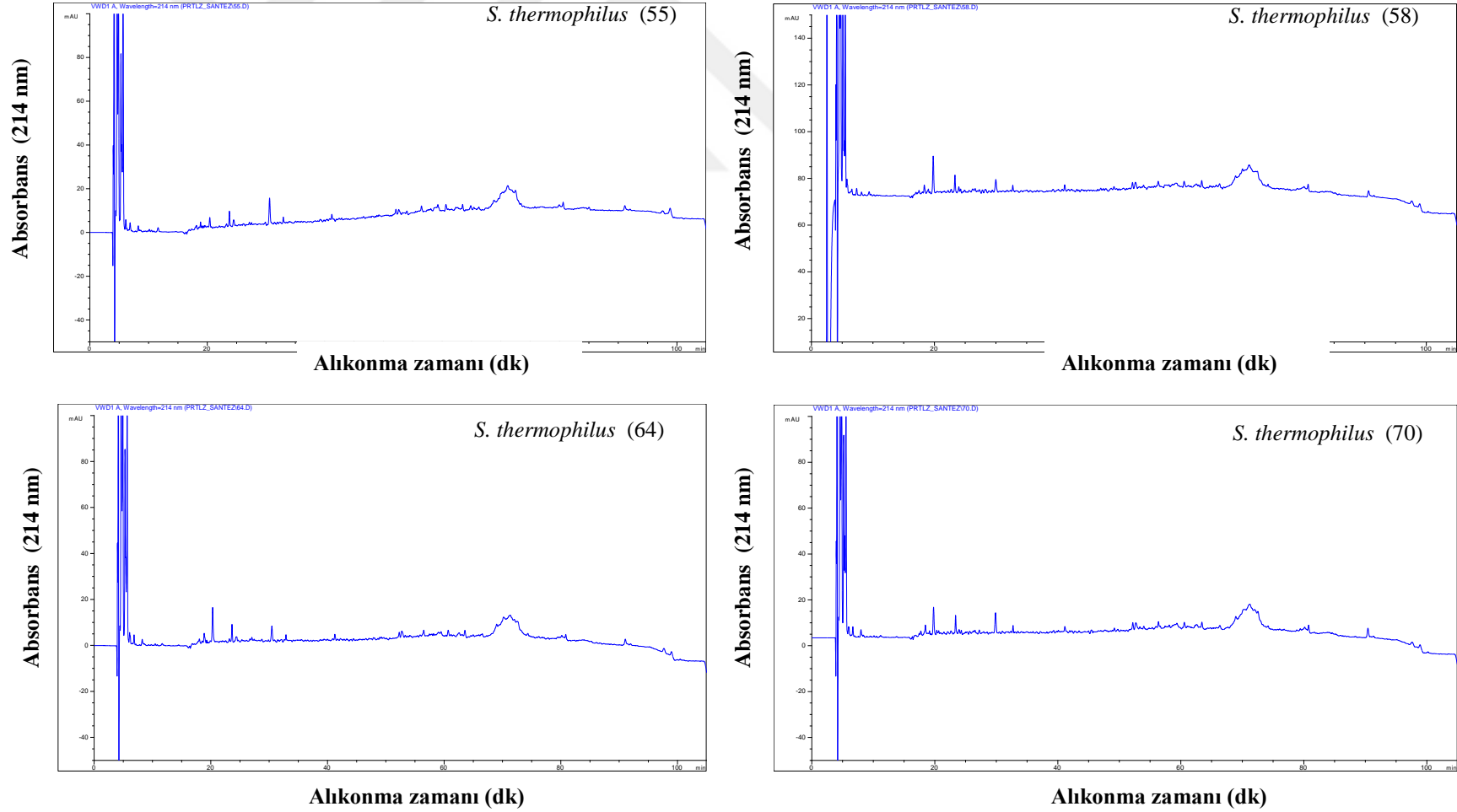


Alıkonma zamanı (dk)

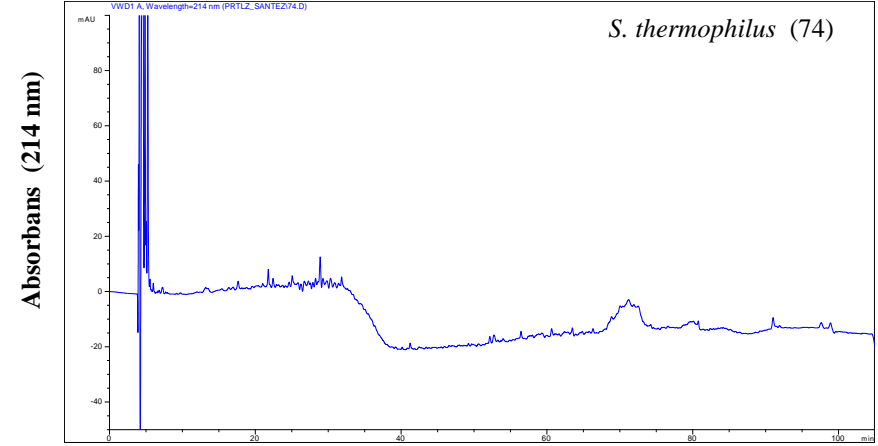
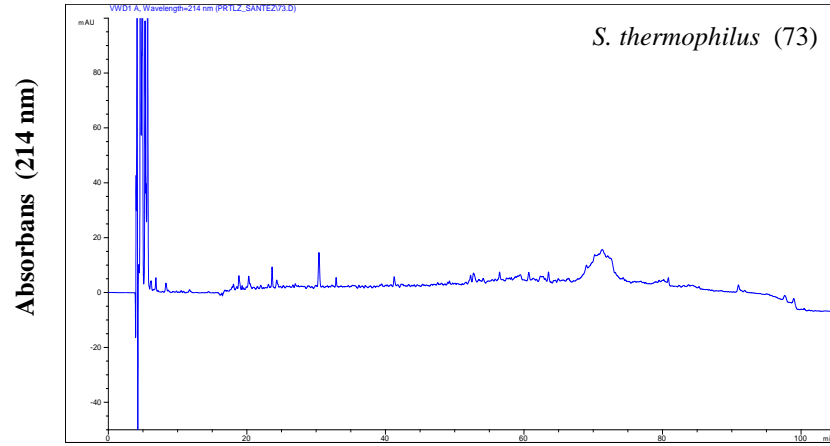
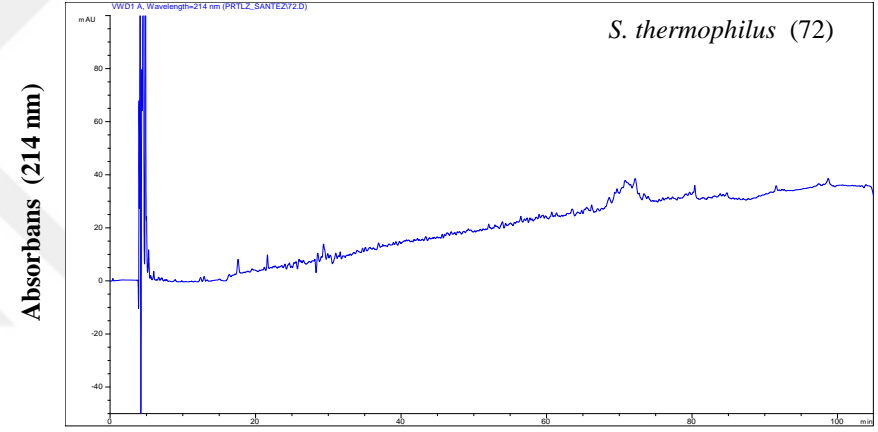
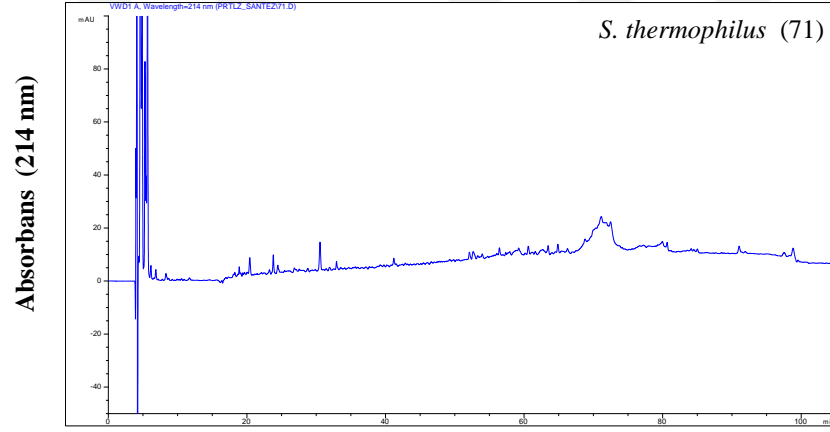


Alıkonma zamanı (dk)

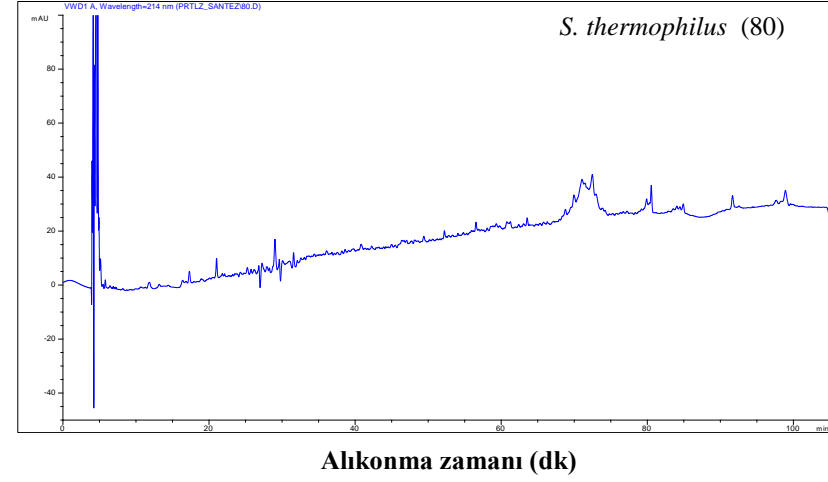
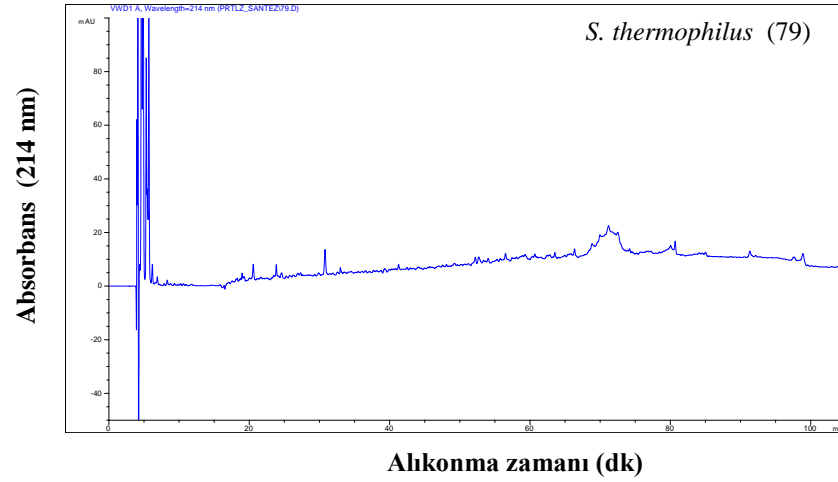
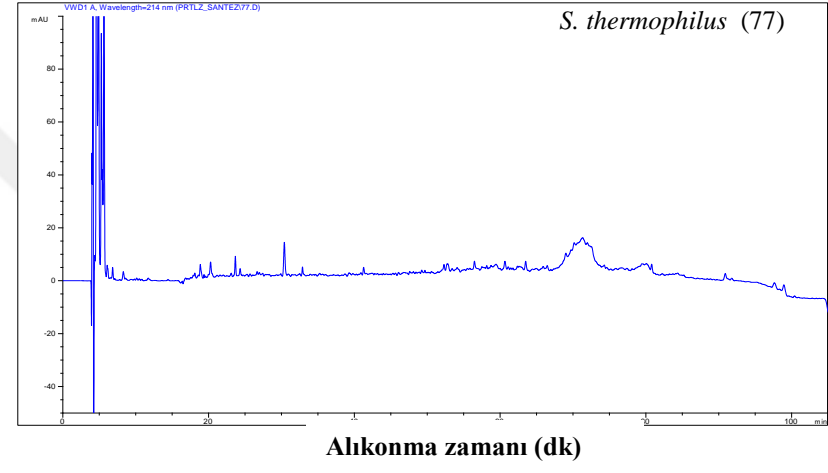
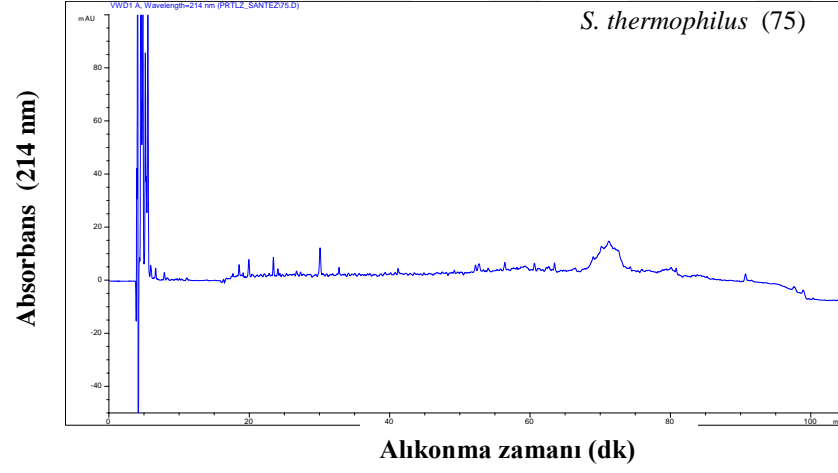
Şekil 4.5 Tekil izolatların proteolitik kapasitelerini gösteren RP-HPLC kromatogramları (40-2, 43, 49, 53)



Şekil 4.5 Tekil izolatların proteolitik kapasitelerini gösteren RP-HPLC kromatogramları (55, 58, 64, 70)

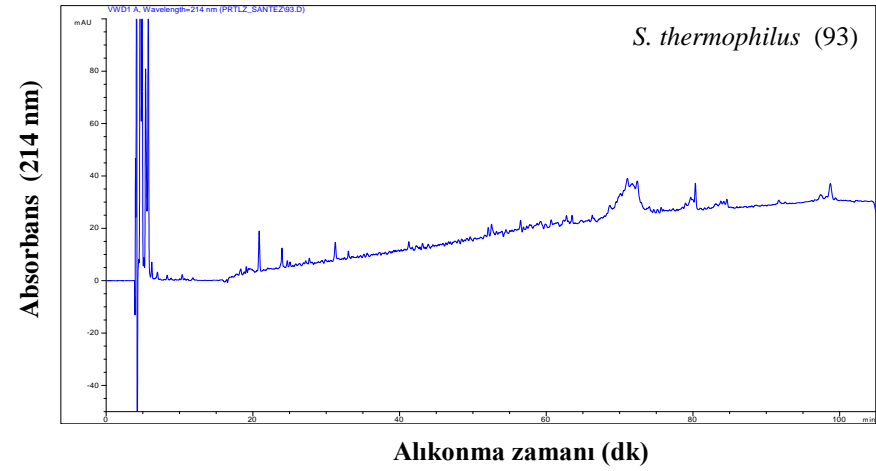
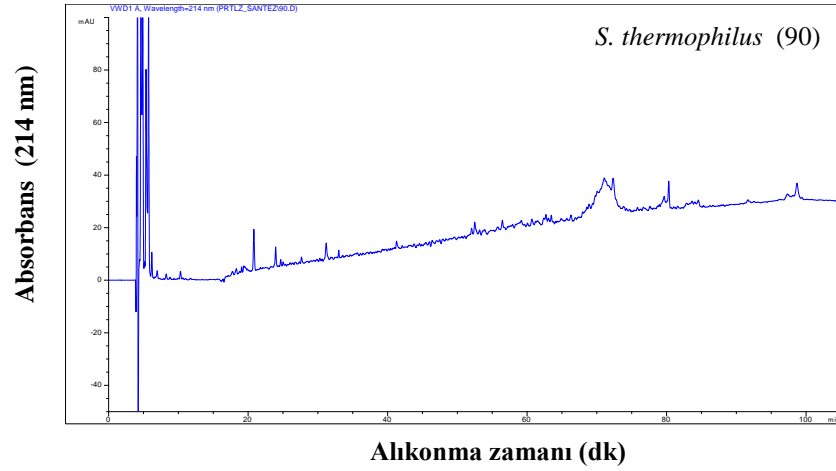
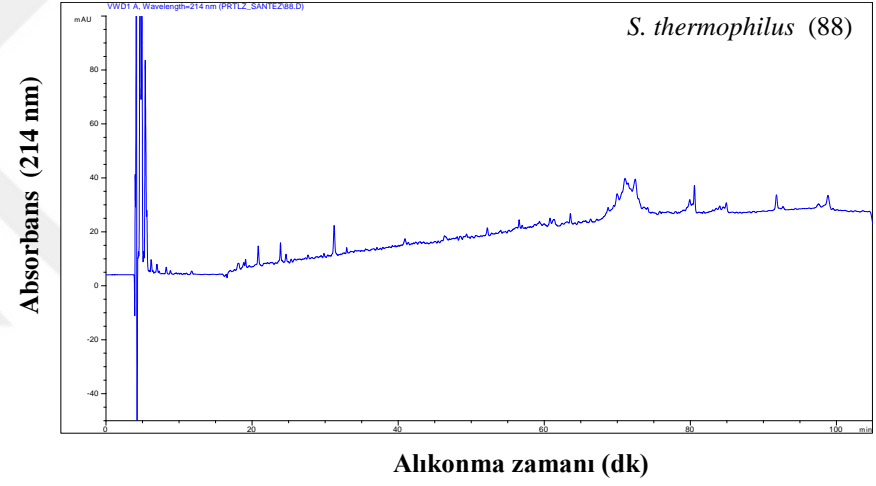
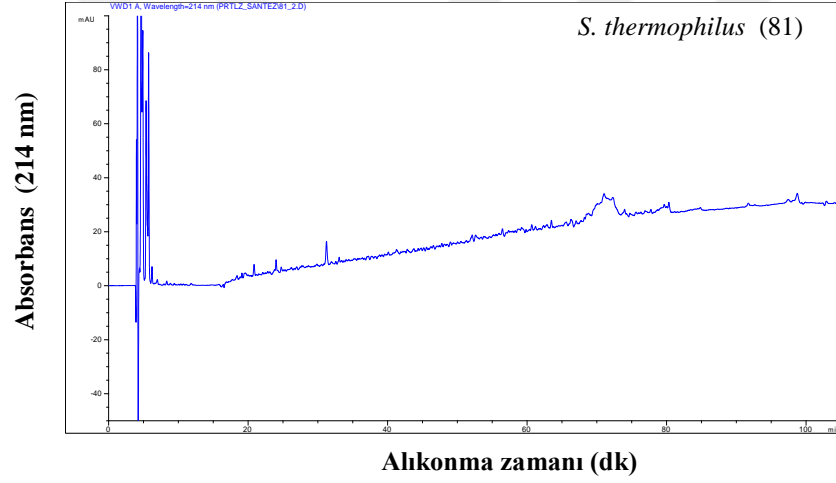


Şekil 4.5 Tekil izolatların proteolitik kapasitelerini gösteren RP-HPLC kromatogramları (71,72, 73, 74,)

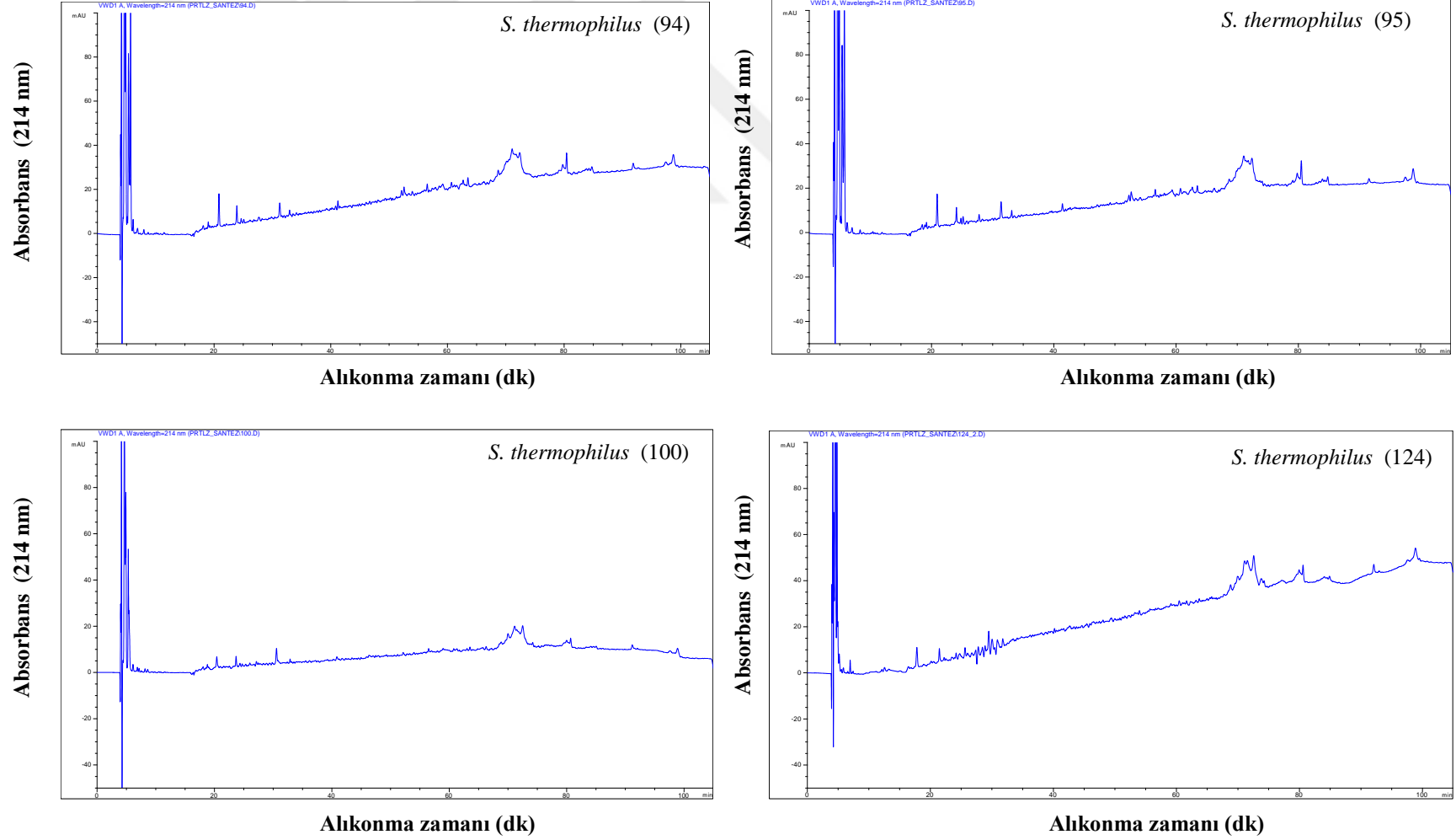


Şekil 4.5 Tekil izolatların proteolitik kapasitelerini gösteren RP-HPLC kromatogramları (75, 77, 79, 80)

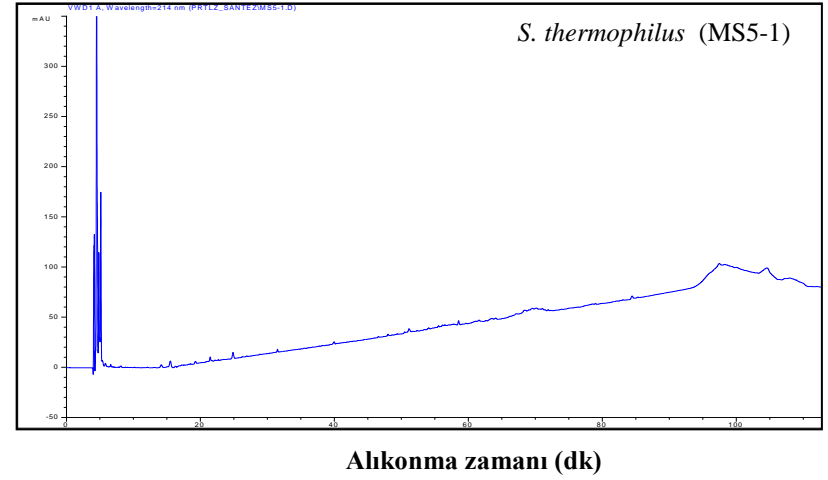
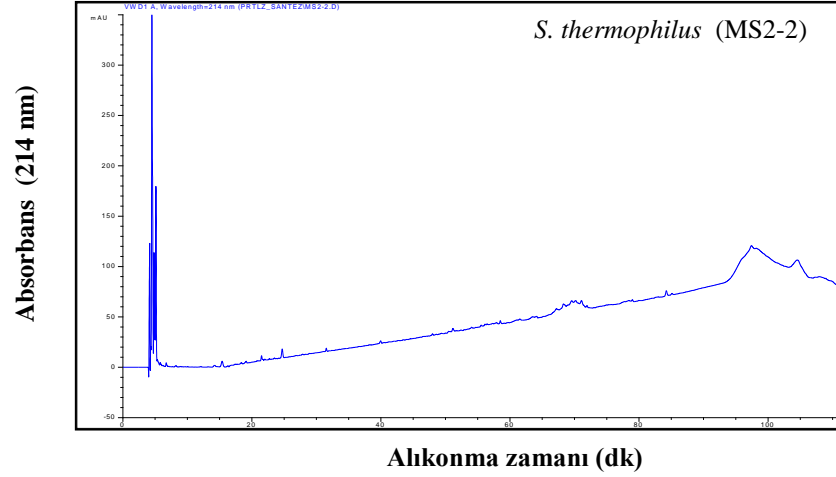
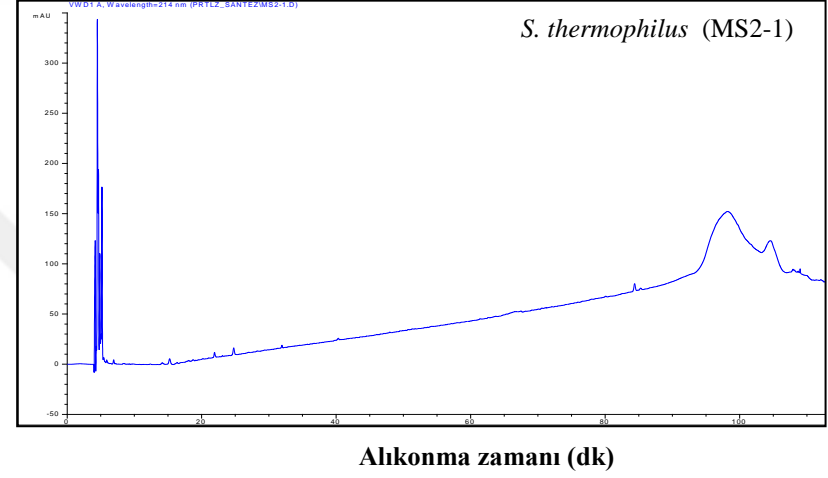
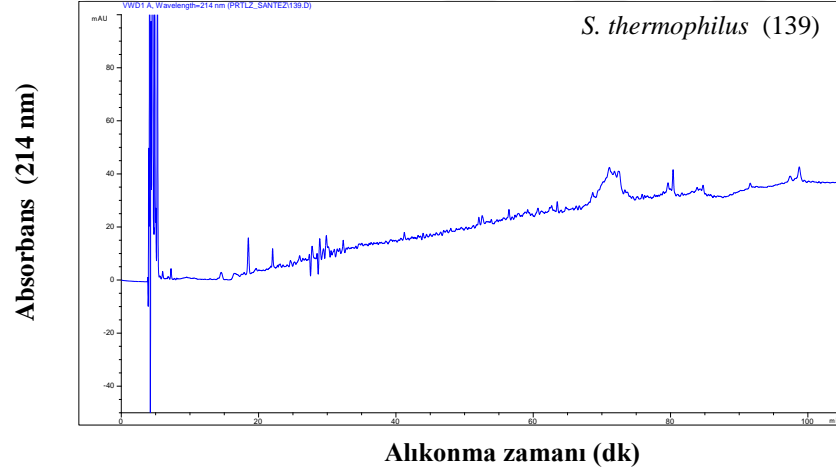




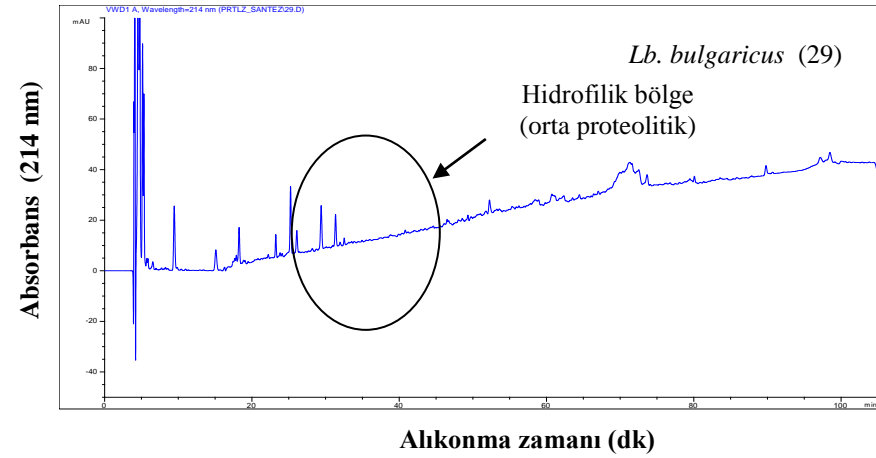
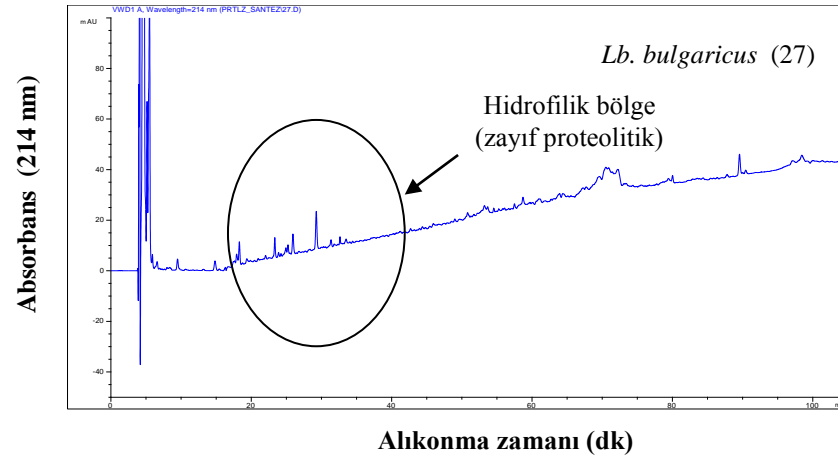
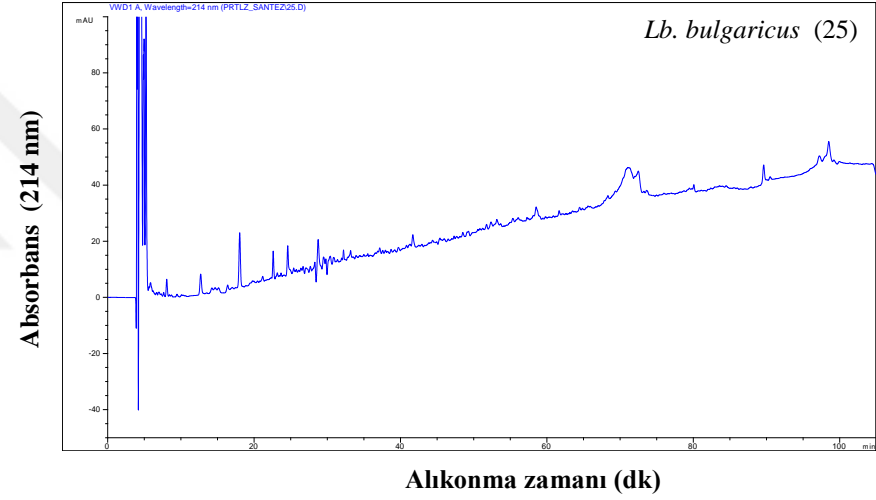
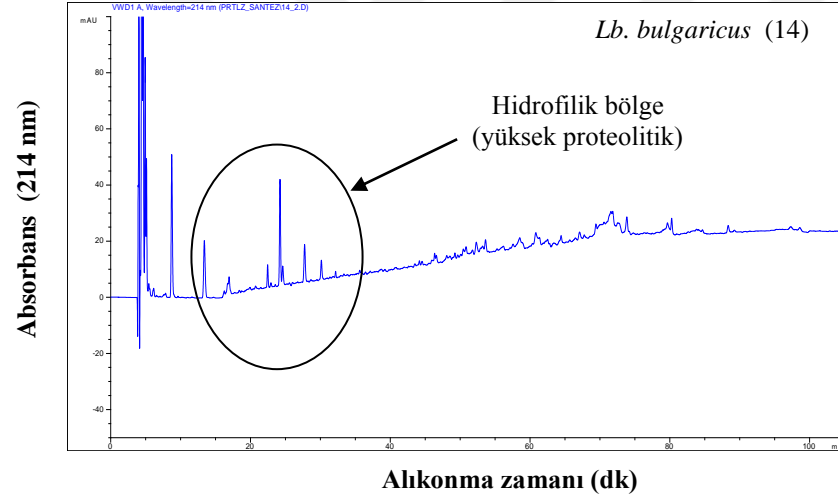
Şekil 4.5 Tekil izolatların proteolitik kapasitelerini gösteren RP-HPLC kromatogramları (81,88,90,93)



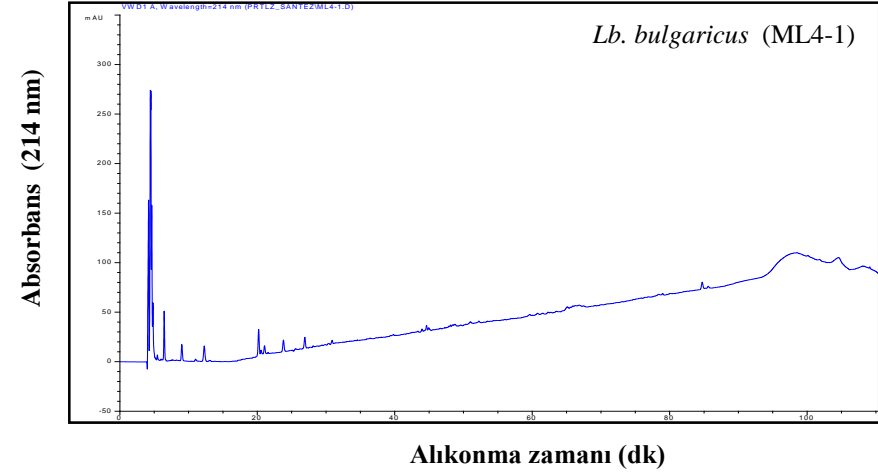
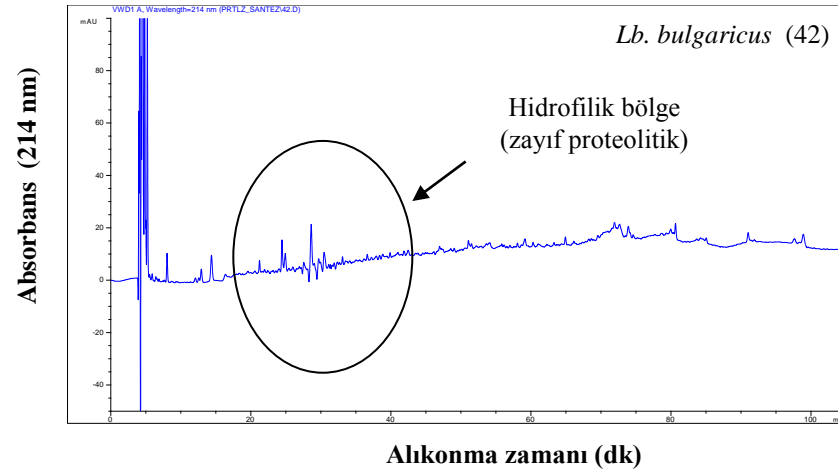
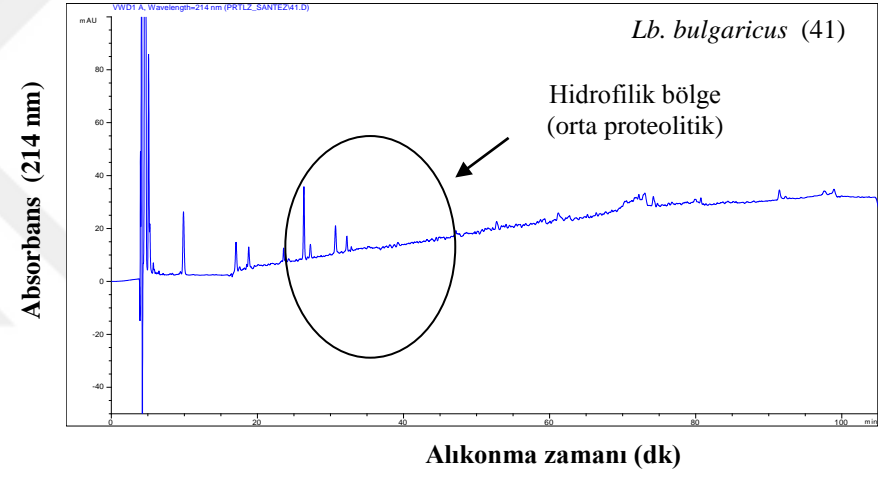
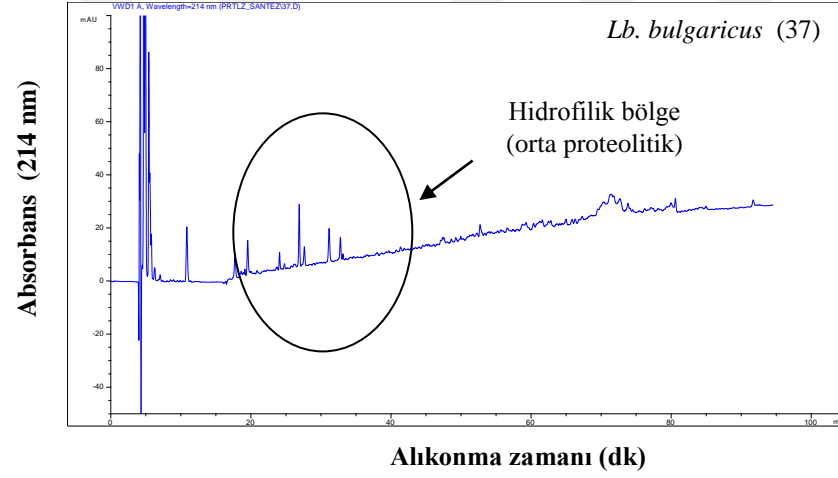
Şekil 4.5 Tekil izolatların proteolitik kapasitelerini gösteren RP-HPLC kromatogramları (94,95,100,124)



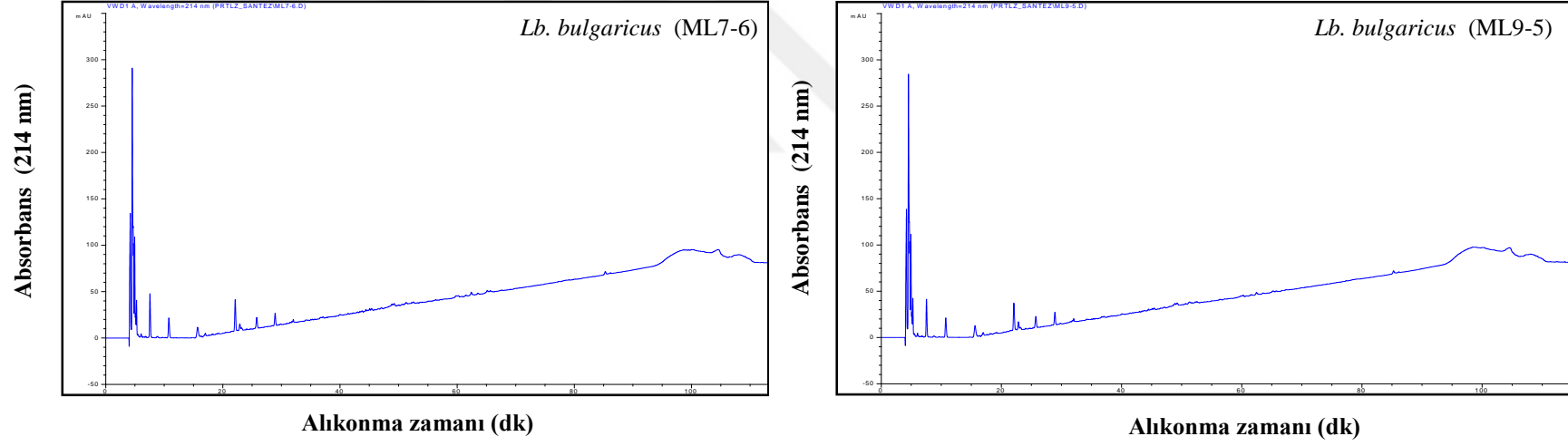
Şekil 4.5 Tekil izolatların proteolitik kapasitelerini gösteren RP-HPLC kromatogramları (139, MS2-1, MS2-2, MS5-1)



Şekil 4.5 Tekil izolatların proteolitik kapasitelerini gösteren RP-HPLC kromatogramları (14,25,27,29)



Şekil 4.5 Tekil izolatların proteolitik kapasitelerini gösteren RP-HPLC kromatogramları (37,41,42,ML4-1)



Şekil 4.5 Tekil izolatların proteolitik kapasitelerini gösteren RP-HPLC kromatogramları (ML7-6, ML9-5)

Tekil izolatların performans testleri ve bu doktora çalışmasının dışında olan ancak 112D052 kodlu ‘Geleneksel Yoğurt Örneklerinden İzole Edilen *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* Suşlarının Endüstriyel Yoğurt Üretimine Uygunluğunun Saptanarak Starter Kombinasyonlarının Geliştirilmesi’ adlı SAN-TEZ projesi kapsamında değerlendirmeleri gerçekleştirilen fenotipik/genotipik analizler sonucunda, yoğurt üretiminde kombine kültür denemeleri için 12 *S. thermophilus* suşu ile 8 *Lb. bulgaricus* suşu seçilmiştir. Seçilen suşlar çizelge 4.4’de sunulmaktadır. Bu suşlar birbirleri ile kombine edilmiş ve toplamda 192 yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir (toplam 96 yoğurt x iki tekrarlamaya = 192 üretim).

Çizelge 4.4 Tekil izolatların performans testleri ve fenotipik/genotipik değerlendirmeler sonucunda devam edilmesine karar verilen suşlar

<i>S. thermophilus</i>	<i>Lb. bulgaricus</i>
İzolat no	İzolat no
6-2	25
8	27
11	29
19-2	41
23	42
26	ML7-6
27	ML9-5
70	ML4-1
75	
79	
81	
139	

## 4.2 Kombine Kültürlerin Teknolojik Performans Testleri

### 4.2.1 Kombine kültürlerin asidifikasyon kapasiteleri

Kombine kültürlerle ait fermantasyon süreleri ve depolama asitlikleri çizelge 4.5’de sunulmaktadır. Endüstriyel ölçekte yoğurt üretimlerinde tüm sürecin 5- 6 saat içerisinde sonlanması beklenmektedir. *S. thermophilus* 23, 26 ve 27 nolu suşların tüm *Lb. bulgaricus* suşları ile denemeleri sonucunda kabul edilebilir fermantasyon süreleri elde edilmiştir. 6-2, 8, 19-2, 70, 75 ve 139 nolu *S. thermophilus* suşlarının 25, 27 ve 42 nolu *Lb. bulgaricus* suşları ile, 79 ve 81 nolu *S. thermophilus* suşlarının ise 25, 27, 29, 42,

ML7-6 ve ML9-5 nolu *Lb. bulgaricus* suşları ile kombinasyonunun fermantasyon performansları yetersiz bulunduğundan deneme kapsamı dışında tutulmuştur. Özellikle, 27 nolu *S. thermophilus* suşunun tüm laktobasiller ile kombinasyonlarının hızlı asidifikasyon kapasitesine sahip olduğu görülmüştür. Bu kombinasyonların fermantasyon süreleri 265-355 dakika arasında değişirken fermantasyon sonu pH değerleri de 4.57-4.67 aralığında kaydedilmiştir. *S. thermophilus* 23 ile tüm *Lb. bulgaricus* kombinasyonları da 307.5-375 dakikalık fermantasyon sürelerine sahip bulunmuştur. Fermantasyon sonu pH değerleri 4.54-4.69 arasındadır.

*S. thermophilus/Lb. bulgaricus* 19-2/ML4-1, 6-2/ML4-1 ve 11/ML4-1 numaralı suş kombinasyonları da hızlı asit üreticisi olarak kaydedilmiştir. Bu kombinasyonların fermantasyon süreleri 255-322 dakika arasında değiştiğinden üretim açısından tercih edilebilir olmalarına rağmen, depolama sürecinde asitlik artışı hızlı gelişmekte ve 14 günlük depolama sırasında pH 3.79-3.93 aralığına kadar düşmektedir. Asitlikteki aşırı artış ürünün duyu kalitesini olumsuz etkilediğinden bu kombinasyonlar son üründe *S. thermophilus* 23 ve 27'nin *Lb. bulgaricus*'un tüm suşları ile kombinasyonları kadar tatminkar sonuçlar vermemiştir. Suş kombinasyonlarından *S. thermophilus/Lb. bulgaricus* 6-2/25, 8/25, 8/27, 8/42, 11/27, 19-2/42, 70/25, 70/27, 70/42, 75/27, 139/25, 81/25, 81/27, 81/29, 81/42, 81/ML7-6 ve 81/ML9-5 numaralı kombinasyonların fermantasyon performansları yetersiz bulunduğundan, 6-2/27, 6-2/42, 11/25, 11/27, 11/42, 19-2/25, 19-2/27, 75/25, 139/27 ve 139/42 numaralı kombinasyonlar aroma, tat ve görünüş kusurları nedeniyle ve 79/25, 79/27, 79/42, 79/ML7-6 ve 79/ML9-5 numaralı kombinasyonlar üründe gaz oluşumu gözlemlendiğinden deneme kapsamı dışında tutulmuştur.



Çizelge 4.5 Deneme yoğurtlarının fermantasyon süreleri, 1. ve 14. gün pH ve % laktik asit değerleri (*S. thermophilus*; *S. Lb. bulgaricus*; L)

Kombinasyon	Fermantasyon süresi (dk)	Fermantasyon sonu pH	pH		% laktik asit	
			1. Gün	14. Gün	1. Gün	14. Gün
S (6-2)/L (25)	Fermantasyon süresi >24 saat olduğundan denemeden çıkarılmıştır					
S (6-2)/L (27)	Yetersiz yoğurt aroması saptandığından denemeden çıkarılmıştır					
S (6-2)/L (42)	Atipik koku ve yetersiz aroma saptandığından denemeden çıkarılmıştır					
S (6-2)/L (29)	560.0±10.0 <sup>a</sup>	4.66±0.015 <sup>ac</sup>	4.55±0.022 <sup>a</sup>	4.33±0.010 <sup>a</sup>	0.680±0.025 <sup>a</sup>	0.780±0.019 <sup>a</sup>
S (6-2)/L (41)	505.0±23.0 <sup>b</sup>	4.70±0.005 <sup>ab</sup>	4.53±0.015 <sup>a</sup>	4.34±0.005 <sup>a</sup>	0.710±0.015 <sup>a</sup>	0.760±0.033 <sup>a</sup>
S (6-2)/L (ML4-1)	255.0±15.0 <sup>c</sup>	4.78±0.010 <sup>b</sup>	4.24±0.013 <sup>b</sup>	3.79±0.020 <sup>b</sup>	0.830±0.005 <sup>b</sup>	1.220±0.004 <sup>b</sup>
S (6-2)/L (ML7-6)	550.0±19.0 <sup>a</sup>	4.72±0.013 <sup>b</sup>	4.64±0.005 <sup>c</sup>	4.35±0.045 <sup>a</sup>	0.680±0.010 <sup>a</sup>	0.780±0.010 <sup>a</sup>
S (6-2)/L (ML9-5)	555.0±28.0 <sup>a</sup>	4.58±0.000 <sup>c</sup>	4.51±0.001 <sup>a</sup>	4.28±0.015 <sup>a</sup>	0.660±0.010 <sup>a</sup>	0.810±0.022 <sup>a</sup>
S (8)/L (25)	Fermantasyon süresi >24 saat olduğundan denemeden çıkarılmıştır					
S (8)/L (27)	Fermantasyon süresi >24 saat olduğundan denemeden çıkarılmıştır					
S (8)/L (42)	Fermantasyon süresi >24 saat olduğundan denemeden çıkarılmıştır					
S (8)/L (29)	657.5±42.5 <sup>b</sup>	4.61±0.005 <sup>a</sup>	4.29±0.020 <sup>c</sup>	4.28±0.010 <sup>bc</sup>	0.692±0.018 <sup>a</sup>	0.905±0.025 <sup>a</sup>
S (8)/L (41)	692.5±62.5 <sup>b</sup>	4.67±0.035 <sup>a</sup>	4.49±0.020 <sup>b</sup>	4.41±0.015 <sup>b</sup>	0.642±0.018 <sup>ab</sup>	0.696±0.015 <sup>b</sup>
S (8)/L (ML4-1)	507.5±2.5 <sup>b</sup>	4.34±0.015 <sup>b</sup>	4.34±0.015 <sup>c</sup>	4.19±0.030 <sup>c</sup>	0.668±0.001 <sup>ab</sup>	0.887±0.013 <sup>a</sup>
S (8)/L (ML7-6)	995.0±60.0 <sup>a</sup>	4.58±0.080 <sup>a</sup>	4.56±0.005 <sup>a</sup>	4.79±0.040 <sup>a</sup>	0.602±0.001 <sup>b</sup>	0.655±0.005 <sup>b</sup>
S (8)/L (ML9-5)	1095.0±55.0 <sup>a</sup>	4.65±0.000 <sup>a</sup>	4.63±0.015 <sup>a</sup>	4.79±0.015 <sup>a</sup>	0.602±0.008 <sup>b</sup>	0.658±0.032 <sup>b</sup>
S (11)/L (25)	Yetersiz aroma saptandığından denemeden çıkarılmıştır					
S (11)/L (27)	Yetersiz aroma saptandığından ve uzun fermantasyon gözlemlendiğinden denemeden çıkarılmıştır					
S (11)/L (42)	Yetersiz aroma saptandığından denemeden çıkarılmıştır					
S (11)/L (29)	785.0±33.5 <sup>a</sup>	4.67±0.012 <sup>ab</sup>	4.29±0.013 <sup>a</sup>	4.20±0.012 <sup>ad</sup>	0.700±0.023 <sup>a</sup>	0.760±0.003 <sup>a</sup>
S (11)/L (41)	630.0±21.0 <sup>b</sup>	4.62±0.001 <sup>a</sup>	4.26±0.021 <sup>a</sup>	4.23±0.005 <sup>a</sup>	0.790±0.012 <sup>b</sup>	0.900±0.015 <sup>b</sup>
S (11)/L (ML4-1)	300.0±14.0 <sup>c</sup>	4.60±0.005 <sup>a</sup>	4.08±0.004 <sup>b</sup>	3.93±0.003 <sup>b</sup>	0.960±0.010 <sup>c</sup>	1.030±0.020 <sup>c</sup>
S (11)/L (ML7-6)	840.0±45.0 <sup>d</sup>	4.74±0.010 <sup>b</sup>	4.48±0.012 <sup>c</sup>	4.33±0.014 <sup>c</sup>	0.640±0.024 <sup>a</sup>	0.790±0.018 <sup>a</sup>
S (11)/L (ML9-5)	760.0±16.0 <sup>a</sup>	4.71±0.008 <sup>b</sup>	4.17±0.006 <sup>b</sup>	4.12±0.020 <sup>d</sup>	0.860±0.005 <sup>d</sup>	0.890±0.014 <sup>b</sup>

Çizelge 4.5 Deneme yoğurtlarının fermantasyon süreleri, 1. ve 14. gün pH ve % laktik asit değerleri (*S. thermophilus*; *S. Lb. bulgaricus*; L)  
(devam)

Kombinasyon	Fermantasyon süresi (dk)	Fermantasyon sonu pH	pH		% laktik asit	
			1. Gün	14. Gün	1. Gün	14. Gün
S (19-2)/L (25)	Atipik tat ve koku saptandığından denemeden çıkarılmıştır					
S (19-2)/L (27)	Yemimsi koku saptandığından denemeden çıkarılmıştır					
S (19-2)/L (42)	Yemimsi koku saptandığından ve uzun fermantasyon gözlemlendiğinden denemeden çıkarılmıştır					
S (19-2)/L (29)	580.0±20.0 <sup>a</sup>	4.69±0.025 <sup>a</sup>	4.50±0.050 <sup>ab</sup>	4.37±0.035 <sup>a</sup>	0.730±0.050 <sup>a</sup>	0.800±0.020 <sup>b</sup>
S (19-2)/L (41)	612.5±97.5 <sup>a</sup>	4.79±0.085 <sup>b</sup>	4.65±0.011 <sup>a</sup>	4.49±0.015 <sup>b</sup>	0.690±0.020 <sup>a</sup>	0.750±0.010 <sup>b</sup>
S (19-2)/L (ML4-1)	322.5±52.5 <sup>a</sup>	4.46±0.035 <sup>c</sup>	4.15±0.095 <sup>b</sup>	3.82±0.025 <sup>c</sup>	0.930±0.100 <sup>b</sup>	1.185±0.035 <sup>a</sup>
S (19-2)/L (ML7-6)	607.5±57.5 <sup>a</sup>	4.71±0.010 <sup>a</sup>	4.55±0.090 <sup>ab</sup>	4.34±0.015 <sup>a</sup>	0.730±0.050 <sup>a</sup>	0.820±0.040 <sup>b</sup>
S (19-2)/L (ML9-5)	700.0±145.0 <sup>a</sup>	4.69±0.110 <sup>a</sup>	4.59±0.075 <sup>ab</sup>	4.45±0.017 <sup>b</sup>	0.720±0.060 <sup>a</sup>	0.825±0.015 <sup>b</sup>
S (23)/L (29)	347.5±2.5 <sup>ab</sup>	4.64±0.035 <sup>a</sup>	4.41±0.010 <sup>a</sup>	4.28±0.015 <sup>ac</sup>	0.735±0.035 <sup>a</sup>	0.780±0.020 <sup>b</sup>
S (23)/L (41)	327.5±7.5 <sup>ab</sup>	4.60±0.025 <sup>a</sup>	4.29±0.025 <sup>b</sup>	4.22±0.010 <sup>a</sup>	0.820±0.030 <sup>b</sup>	0.920±0.020 <sup>a</sup>
S (23)/L (ML4-1)	320.0±15.0 <sup>ab</sup>	4.64±0.040 <sup>a</sup>	4.25±0.065 <sup>b</sup>	4.09±0.015 <sup>b</sup>	0.885±0.075 <sup>c</sup>	0.965±0.065 <sup>a</sup>
S (23)/L (ML7-6)	375.0±15.0 <sup>a</sup>	4.54 ± 0.070 <sup>b</sup>	4.44±0.065 <sup>a</sup>	4.28±0.055 <sup>ac</sup>	0.710±0.070 <sup>a</sup>	0.820±0.030 <sup>c</sup>
S (23)/L (ML9-5)	372.5±12.5 <sup>a</sup>	4.69 ± 0.020 <sup>a</sup>	4.41±0.040 <sup>a</sup>	4.24±0.015 <sup>a</sup>	0.815±0.045 <sup>b</sup>	0.915±0.045 <sup>a</sup>
S (23)/L (25)	307.5 ± 7.5 <sup>b</sup>	4.68 ± 0.015 <sup>a</sup>	4.31±0.020 <sup>b</sup>	4.20±0.020 <sup>a</sup>	0.730±0.030 <sup>a</sup>	0.775±0.005 <sup>b</sup>
S (23)/L (27)	322.5 ± 2.5 <sup>ab</sup>	4.67 ± 0.015 <sup>a</sup>	4.23±0.025 <sup>b</sup>	4.17±0.035 <sup>ab</sup>	0.820±0.050 <sup>b</sup>	0.920±0.030 <sup>a</sup>
S (23)/L (42)	312.5±12.5 <sup>b</sup>	4.68 ± 0.010 <sup>a</sup>	4.38±0.020 <sup>a</sup>	4.34±0.015 <sup>c</sup>	0.770±0.030 <sup>ab</sup>	0.920±0.010 <sup>a</sup>
S (26)/L (29)	702.5±47.5 <sup>a</sup>	4.68±0.010 <sup>bc</sup>	4.68±0.010 <sup>bc</sup>	4.51±0.020 <sup>b</sup>	0.725±0.005 <sup>b</sup>	0.780±0.010 <sup>a</sup>
S (26)/L (41)	658.0±108.0 <sup>a</sup>	4.67±0.030 <sup>bc</sup>	4.60±0.050 <sup>c</sup>	4.50±0.065 <sup>b</sup>	0.725±0.005 <sup>b</sup>	0.765±0.015 <sup>a</sup>
S (26)/L (ML4-1)	697.5±47.5 <sup>a</sup>	4.76±0.015 <sup>abc</sup>	4.67±0.015 <sup>bc</sup>	4.57±0.035 <sup>ab</sup>	0.680±0.010 <sup>bc</sup>	0.775±0.035 <sup>a</sup>
S (26)/L (ML7-6)	710.0±45.0 <sup>a</sup>	4.69±0.010 <sup>bc</sup>	4.62±0.005 <sup>bc</sup>	4.55±0.035 <sup>ab</sup>	0.670±0.010 <sup>bc</sup>	0.715±0.055 <sup>a</sup>
S (26)/L (ML9-5)	707.0±32.5 <sup>a</sup>	4.73±0.035 <sup>bc</sup>	4.62±0.010 <sup>bc</sup>	4.52±0.030 <sup>b</sup>	0.705±0.035 <sup>bc</sup>	0.750±0.050 <sup>a</sup>
S (26)/L (25)	617.5±17.5 <sup>a</sup>	4.83±0.015 <sup>ab</sup>	4.77±0.015 <sup>ab</sup>	4.61±0.015 <sup>ab</sup>	0.550±0.030 <sup>bc</sup>	0.750±0.020 <sup>a</sup>
S (26)/L (27)	510.0±10.0 <sup>a</sup>	4.62±0.040 <sup>c</sup>	4.05±0.015 <sup>d</sup>	4.00±0.005 <sup>c</sup>	0.950±0.000 <sup>a</sup>	1.075±0.025 <sup>b</sup>
S (26)/L (42)	500.0±00.0 <sup>a</sup>	4.93±0.060 <sup>a</sup>	4.84±0.050 <sup>a</sup>	4.72±0.040 <sup>a</sup>	0.595±0.065 <sup>bc</sup>	0.650±0.090 <sup>a</sup>

Çizelge 4.5 Deneme yoğurtlarının fermantasyon süreleri, 1. ve 14. gün pH ve % laktik asit değerleri (*S. thermophilus*; *S. Lb. bulgaricus*; L) (devam)

Kombinasyon	Fermantasyon süresi (dk)	Fermantasyon sonu pH	pH		% laktik asit	
			1. Gün	14. Gün	1. Gün	14. Gün
S (27)/L (29)	272.5±22.5 <sup>a</sup>	4.62±0.050 <sup>a</sup>	4.47±0.025 <sup>ab</sup>	4.32±0.040 <sup>a</sup>	0.760±0.010 <sup>a</sup>	0.815±0.015 <sup>ab</sup>
S (27)/L (41)	287.5± 2.5 <sup>a</sup>	4.57±0.040 <sup>a</sup>	4.44±0.020 <sup>abc</sup>	4.26±0.010 <sup>ab</sup>	0.770±0.030 <sup>a</sup>	0.820±0.000 <sup>ab</sup>
S (27)/L (ML4-1)	270.0±25.0 <sup>a</sup>	4.62±0.015 <sup>a</sup>	4.42±0.015 <sup>bcd</sup>	4.28±0.015 <sup>ab</sup>	0.795±0.015 <sup>a</sup>	0.810±0.010 <sup>ab</sup>
S (27)/L (ML7-6)	265.0±20.0 <sup>a</sup>	4.63±0.040 <sup>a</sup>	4.52±0.015 <sup>a</sup>	4.29±0.055 <sup>a</sup>	0.790±0.010 <sup>a</sup>	0.815±0.045 <sup>ab</sup>
S (27)/L (ML9-5)	275.0±25.0 <sup>a</sup>	4.65±0.025 <sup>a</sup>	4.51±0.000 <sup>a</sup>	4.32±0.015 <sup>a</sup>	0.765±0.005 <sup>a</sup>	0.765±0.005 <sup>b</sup>
S (27)/L (25)	355.0±10.0 <sup>a</sup>	4.67±0.020 <sup>a</sup>	4.35±0.010 <sup>de</sup>	4.16±0.006 <sup>abc</sup>	0.705±0.015 <sup>a</sup>	0.805±0.025 <sup>ab</sup>
S (27)/L (27)	315.0±15.0 <sup>a</sup>	4.64±0.040 <sup>a</sup>	4.37±0.015 <sup>cde</sup>	4.03±0.010 <sup>c</sup>	0.750±0.020 <sup>a</sup>	0.830±0.020 <sup>ab</sup>
S (27)/L (42)	305.0± 5.0 <sup>a</sup>	4.66±0.035 <sup>a</sup>	4.29±0.005 <sup>e</sup>	4.10±0.015 <sup>bc</sup>	0.780±0.010 <sup>a</sup>	0.915±0.045 <sup>a</sup>
S (70)/L (25)	Fermantasyon süresi >24 saat olduğundan denemeden çıkarılmıştır					
S (70)/L (27)	Fermantasyon süresi >24 saat olduğundan denemeden çıkarılmıştır					
S (70)/L (42)	Fermantasyon süresi >24 saat olduğundan denemeden çıkarılmıştır					
S (70)/L (29)	430.0±5.0 <sup>ab</sup>	4.63±0.015 <sup>a</sup>	4.49±0.010 <sup>a</sup>	4.33±0.025 <sup>a</sup>	0.730±0.010 <sup>a</sup>	0.915±0.025 <sup>a</sup>
S (70)/L (41)	487.5±37.5 <sup>ab</sup>	4.39±0.090 <sup>b</sup>	4.24±0.065 <sup>b</sup>	3.99±0.075 <sup>b</sup>	0.890±0.040 <sup>b</sup>	1.235±0.095 <sup>b</sup>
S (70)/L (ML4-1)	365.0±65.0 <sup>b</sup>	4.55±0.040 <sup>c</sup>	4.35±0.070 <sup>b</sup>	3.97±0.005 <sup>b</sup>	0.805±0.035 <sup>c</sup>	1.170±0.020 <sup>b</sup>
S (70)/L (ML7-6)	635.0±85.0 <sup>ab</sup>	4.64±0.135 <sup>a</sup>	4.31±0.100 <sup>b</sup>	4.15±0.017 <sup>c</sup>	0.815±0.055 <sup>c</sup>	1.020±0.030 <sup>c</sup>
S (70)/L (ML9-5)	670.0±30.0 <sup>a</sup>	4.66±0.190 <sup>a</sup>	4.58±0.085 <sup>a</sup>	4.34±0.035 <sup>a</sup>	0.720±0.150 <sup>a</sup>	0.955±0.035 <sup>a</sup>
S (75)/L (25)	Atipik tat ve görünüş saptandığından denemeden çıkarılmıştır					
S (75)/L (27)	Fermantasyon süresi >24 saat olduğundan ve atipik tat ve görünüş saptandığından denemeden çıkarılmıştır					
S (75)/L (42)	Atipik tat ve görünüş saptandığından denemeden çıkarılmıştır					
S (75)/L (29)	420.0±00.0 <sup>a</sup>	4.65±0.020 <sup>ab</sup>	4.57±0.025 <sup>abc</sup>	4.46±0.045 <sup>ab</sup>	0.790±0.020 <sup>a</sup>	0.905±0.015 <sup>ab</sup>
S (75)/L (41)	570.0±00.0 <sup>b</sup>	4.75±0.085 <sup>ab</sup>	4.65±0.010 <sup>ab</sup>	4.54±0.035 <sup>a</sup>	0.710±0.040 <sup>b</sup>	0.795±0.005 <sup>bc</sup>
S (75)/L (ML4-1)	315.0±75.0 <sup>c</sup>	4.58±0.030 <sup>b</sup>	4.30±0.045 <sup>c</sup>	4.17±0.045 <sup>b</sup>	0.865±0.025 <sup>c</sup>	0.950±0.040 <sup>a</sup>
S (75)/L (ML7-6)	420.0±00.0 <sup>a</sup>	4.61±0.040 <sup>b</sup>	4.42±0.080 <sup>bc</sup>	4.20±0.100 <sup>b</sup>	0.800±0.070 <sup>a</sup>	0.920±0.030 <sup>ab</sup>
S (75)/L (ML9-5)	705.0±35.0 <sup>d</sup>	4.88±0.000 <sup>a</sup>	4.87±0.015 <sup>a</sup>	4.71±0.045 <sup>a</sup>	0.660±0.030 <sup>b</sup>	0.740±0.020 <sup>c</sup>

Çizelge 4.5 Deneme yoğurtlarının fermantasyon süreleri, 1. ve 14. gün pH ve % laktik asit değerleri (*S. thermophilus*; *S. Lb. bulgaricus*; L)  
(devam)

Kombinasyon	Fermantasyon süresi (dk)	Fermantasyon sonu pH	pH		% laktik asit	
			1. Gün	14. Gün	1. Gün	14. Gün
S (79)/L (25) S (79)/L (27) S (79)/L (42) S (79)/L (ML7-6) S (79)/L (ML9-5) S (79)/L (ML4-1)	Bu örnek grubunda gaz oluşumu gözlemlendiği için denemeden çıkarılmıştır					
S (79)/L (29)	575.0±15.0 <sup>ab</sup>	4.64±0.020 <sup>a</sup>	4.31±0.010 <sup>a</sup>	4.00±0.015 <sup>a</sup>	0.885±0.025 <sup>a</sup>	1.000±0.050 <sup>a</sup>
S (79)/L (41)	630.0±00.0 <sup>a</sup>	4.67±0.025 <sup>a</sup>	4.56±0.010 <sup>b</sup>	4.38±0.035 <sup>b</sup>	0.625±0.035 <sup>b</sup>	0.760±0.080 <sup>b</sup>
	555.0±10.0 <sup>b</sup>	4.63±0.010 <sup>a</sup>	4.21±0.005 <sup>c</sup>	4.08±0.040 <sup>a</sup>	0.710±0.010 <sup>c</sup>	0.845±0.025 <sup>c</sup>
S (81)/L (25) S (81)/L (27) S (81)/L (42) S (81)/L (ML7-6) S (81)/L (ML9-5) S (81)/L (ML4-1)	Bu örnek grubunda fermantasyon süresi aşırı uzun olduğundan denemeden çıkarılmıştır					
S (81)/L (29)	482.5±7.5 <sup>a</sup>	4.63±0.030 <sup>a</sup>	4.40±0.015 <sup>a</sup>	4.20±0.065 <sup>a</sup>	0.735±0.045	0.895±0.015 <sup>a</sup>
S (81)/L (41)	Bu örnek grubunda fermantasyon süresi aşırı uzun olduğundan denemeden çıkarılmıştır					
	392.5±2.5 <sup>b</sup>	4.62±0.040 <sup>a</sup>	4.36±0.045 <sup>a</sup>	4.19±0.045 <sup>a</sup>	0.745±0.035	0.930±0.060 <sup>a</sup>
S (139)/L (25) S (139)/L (27) S (139)/L (42)	Fermantasyon süresi >24 saat olduğundan, atipik tat ve görünüş saptandığından denemeden çıkarılmıştır					
S (139)/L (29)	Atipik tat ve görünüş saptandığından denemeden çıkarılmıştır					
S (139)/L (41)	Plastik koku varlığı görüldüğünden denemeden çıkarılmıştır					
S (139)/L (ML4-1)	672.5±12.5 <sup>ab</sup>	4.65±0.035 <sup>a</sup>	4.61±0.010 <sup>a</sup>	4.54±0.000 <sup>a</sup>	0.740±0.010 <sup>a</sup>	0.820±0.010 <sup>ab</sup>
S (139)/L (ML7-6)	735.0±80.0 <sup>a</sup>	4.72±0.025 <sup>a</sup>	4.65±0.015 <sup>a</sup>	4.63±0.075 <sup>b</sup>	0.710±0.010 <sup>a</sup>	0.860±0.010 <sup>a</sup>
S (139)/L (ML9-5)	395.0±30.0 <sup>b</sup>	4.66±0.005 <sup>a</sup>	4.49±0.015 <sup>b</sup>	4.34±0.014 <sup>c</sup>	0.810±0.010 <sup>b</sup>	0.825±0.025 <sup>ab</sup>
	732.5±67.5 <sup>a</sup>	4.71±0.010 <sup>a</sup>	4.66±0.005 <sup>a</sup>	4.57±0.065 <sup>ab</sup>	0.760±0.060 <sup>ab</sup>	0.765±0.035 <sup>ab</sup>
	732.5±62.5 <sup>a</sup>	4.66±0.040 <sup>a</sup>	4.63±0.020 <sup>a</sup>	4.59±0.010 <sup>ab</sup>	0.715±0.005 <sup>a</sup>	0.715±0.005 <sup>b</sup>

#### 4.2.2 Kombine kültürler ile üretilen deneme yoğurtlarının lipolitik profilleri

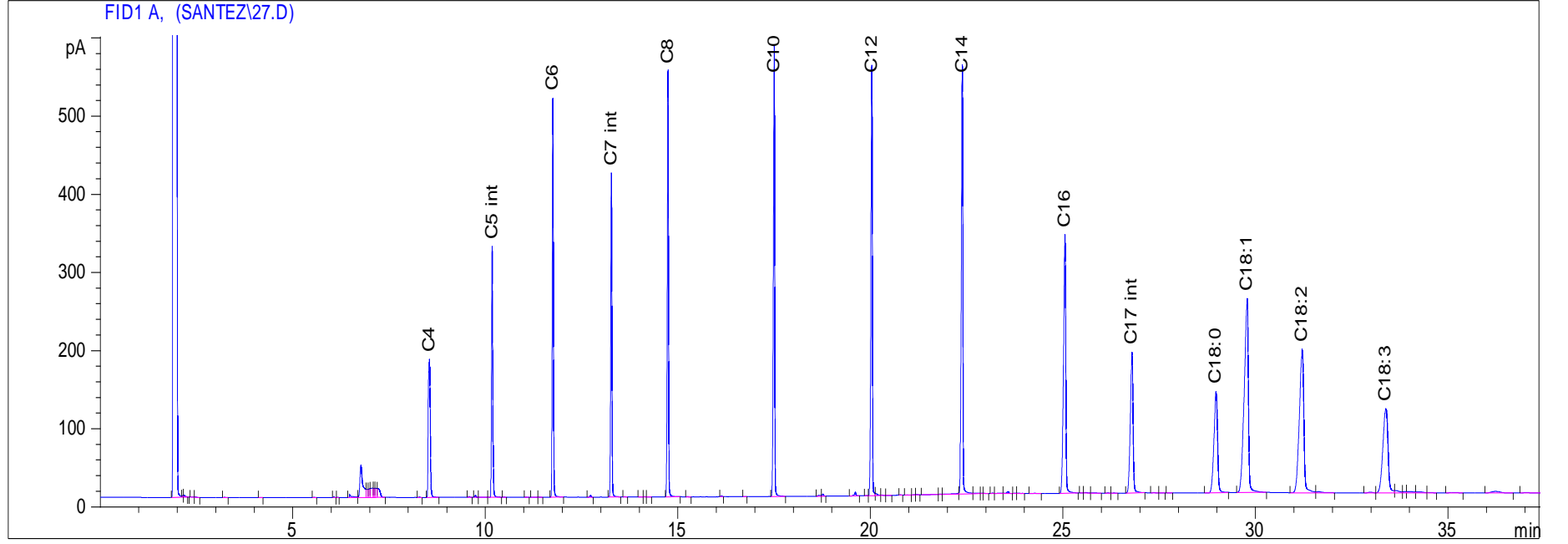
Serbest yağ asitleri analizinde kullanılan standart yağ asidi karışımının geri kazanım grafiği ile her bir yağ asidi için standart kurveler şekil 4.6 ve şekil 4.7'de sunulmaktadır. Deneme örneklerine ait yağ asitleri değerleri ise çizelge 4.6'da yer almaktadır.

Genel olarak, tüm kombinasyonlarda yağ asitleri konsantrasyonu depolama süresi boyunca azalma göstermiştir. Bu azalma oksidasyon veya laktik asit bakterilerinin metabolizması sonucu alkollerle ester oluşumuna bağlı olabilmektedir (Menendez vd. 2000) ve benzer çalışmalarla tutarlıdır (Regula 2007, Güler ve Gülsoy-Balcı 2011). Hemen hemen tüm deneme yoğurtlarının yağ asidi konsantrasyonu ve profili literatür verileri ile uyumlu bulunmuştur (Rychlik vd. 2006, Güler ve Park 2011, Şenel vd. 2011). Tüm örneklerde kısa ( $C_{4:0}$ - $C_{8:0}$ ) ve orta ( $C_{10:0}$ - $C_{14:0}$ ) zincirli yağ asitleri konsantrasyonları uzun ( $C_{16:0}$ - $C_{18:3}$ ) zincirli yağ asitleri konsantrasyonlarından daha düşük bulunmuştur. Bazı örneklerde (*S. thermophilus* 8, 11, 19-2, 79 ve 81 nolu suşları ile gerçekleştirilen kombinasyonlarda) linoleik asit ( $C_{18:3}$ ) tespit edilememiştir. Linoleik asit süt ve ürünlerinde bulunan başlıca çoklu doymamış yağ asitlerinden birisidir (Seçkin vd. 2005, Florence vd. 2009).

Tüm kombinasyonlarda palmitik asit ( $C_{16:0}$ ) konsantrasyonu yüksek bulunurken özellikle *S. thermophilus* 23 nolu suşun kombinasyonları en yüksek değerlere sahip bulunmuştur. Yoğurt aroması üzerinde en fazla etkili yağ asidi bütirik ( $C_{4:0}$ ) asittir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, *S. thermophilus* 23 ile gerçekleştirilen tüm kombinasyonlarda bütirik asit düzeyinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

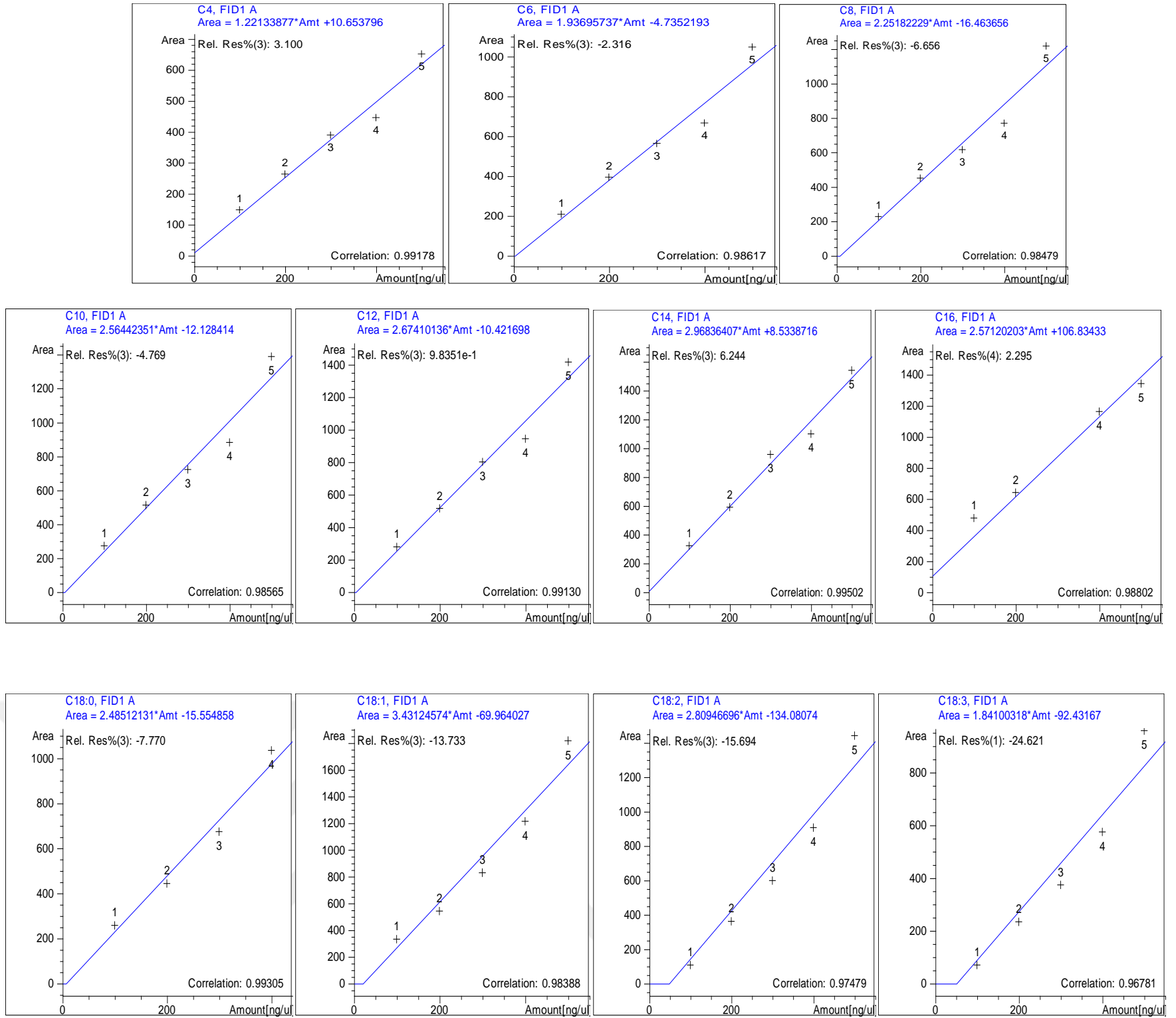
Yoğurtta serbest yağ asitleri kompozisyonu sütün serbest yağ asitleri kompozisyonuna benzerlik göstermektedir. *S. thermophilus*'un sahip olduğu triaçilgliserol lipaz enzimi tribütirin ve triolein üzerinde etkili iken süt yağı üzerindeki etkisi kısmen sınırlı kalmaktadır. *Lb. bulgaricus*, orto- ve para-nitrofenil üzerinde etkili olan bir hücre içi esteraz aktivitesine sahiptir. Genel olarak, yoğurtta serbest yağ asitleri miktarında meydana gelen değişimlerin starter bakteri suşu ve süt türüne göre değişkenlik gösterdiği bilinmektedir. Serbest yağ asitleri içeriğinde depolama sırasında meydana

gelen sınırlı değişime karşın, yoğurtta uçucu yağ asitleri konsantrasyonunda daha belirgin değişimler gözlenmektedir. Yoğurt bakterilerinin lipolitik yeteneği sınırlı olduğundan fermantasyon sırasında önemli düzeyde lipoliz meydana gelmemektedir. Ancak oluşan düşük düzeydeki serbest yağ asitleri ürünün aroma ve lezzet gelişimine katkıda bulunarak duyuşal kaliteyi etkilemektedir (Vagenas ve Roussis 2012). Yoğurt bakterilerinden *Lb. bulgaricus*, *S.thermophilus*'a oranla daha fazla uçucu yağ asidi üretebilmektedir (Tamime ve Robinson 2007). Süt türü ve kaynağı, laktasyon dönemi ve mevsimsel etkiler yoğurtta lipoliz düzeyine etki edebilmektedir (Florence vd. 2012, Sumarmono vd. 2015). Bu çalışma kapsamında aynı kaynaktan alınan sütler dar bir zaman aralığında yoğurda dönüştürüldüğü için süt kökenli bir farklılığın etkisinin ihmal edilebilir düzeyde olduğu varsayılmıştır. Kombinasyonlar bazında kısa ( $C_{4:0}$ - $C_{8:0}$ ), orta ( $C_{10:0}$ - $C_{14:0}$ ) ve uzun ( $C_{16:0}$ - $C_{18:3}$ ) zincirli yağ asitlerinin 14 günlük depolama sırasındaki değişimleri Şekil 4.8-4.12'de sunulmaktadır. *S. thermophilus* 27 ile *Lb. bulgaricus* ML9-5 depolamanın başlangıcında en yüksek toplam serbest yağ asidi konsantrasyonuna sahip örnek olurken, depolamanın 14. gününde bu örneğe *S. thermophilus* 27 ile *Lb. bulgaricus* 29 ve 41 nolu suşların kombinasyonları da eklenmiştir. Depolama sürecinde tüm örneklerde toplam serbest yağ asidi konsantrasyonunda azalmalar kaydedilmiştir. *S. thermophilus* 75 ile gerçekteştirilen tüm kombinasyonlar en yüksek kısa zincirli serbest yağ asidi konsantrasyonuna sahip bulunmuştur. Benzer Şekilde, *S. thermophilus* 11 ile *Lb. bulgaricus* 41 ve *S. thermophilus* 19-2 ile *Lb. bulgaricus* 41 kombinasyonları da yüksek düzeyde kısa zincirli serbest yağ asidi üretme yeteneğine sahip bulunmuştur.14 günlük depolama sonunda lipolitik aktivitesini en fazla geliştiren ise *S. thermophilus* 27 ile *Lb. bulgaricus* 29 kombinasyonu olmuştur. Kısa zincirli yağ asitlerinin tat ve aromaya doğrudan katkısı bulunduğu göz önüne alınırsa bu kombinasyonun (lipolizin arzu edildiği ürünler için) ticari potansiyelinin yüksek olabileceği değerlendirilmektedir. Aynı kombinasyon depolama süresince en yüksek orta zincirli ( $C_{10:0}$ - $C_{14:0}$ ) yağ asidi konsantrasyonuna sahip bulunmuştur. Uzun zincirli yağ asitleri geliştirme yetenekleri bakımından ise *S. thermophilus* 23 ile *Lb. bulgaricus* ML4-1, ML7-6, ML9-5, *S. thermophilus* 26 ile *Lb. bulgaricus* 41, ML9-5, *S. thermophilus* 27 ile *Lb. bulgaricus* 29, 41, ML9-5 ve *S. thermophilus* 139 ile *Lb. bulgaricus* ML9-5 kombinasyonları ön plana çıkmıştır.

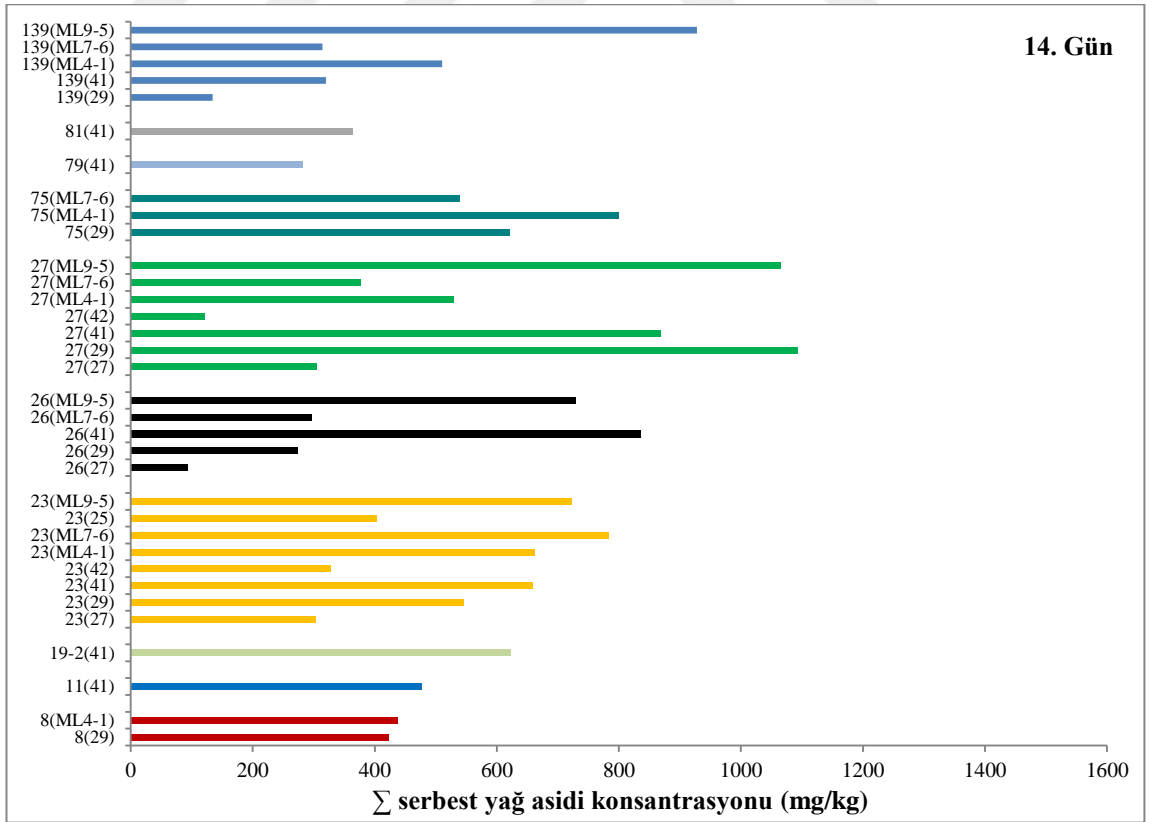
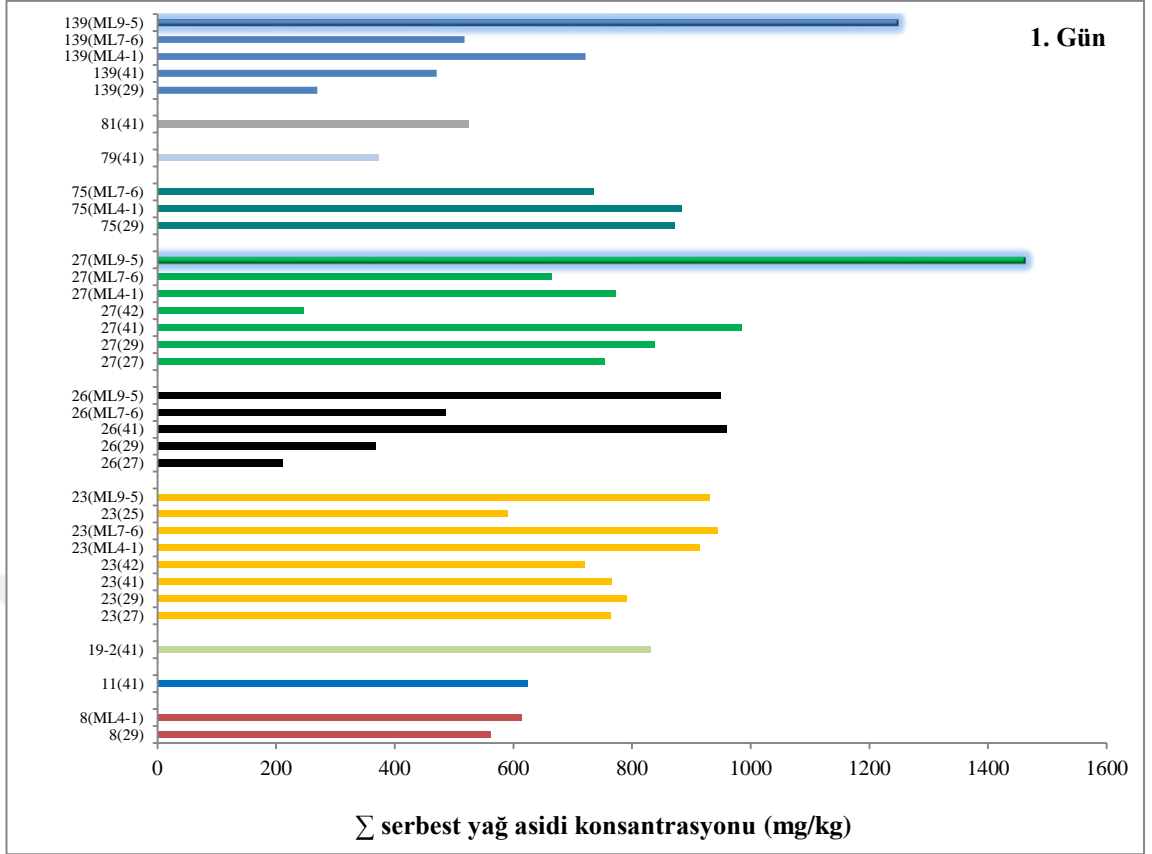


Şekil 4.6 500 ppm standart yağ asidi karışımı geri kazanım grafiği

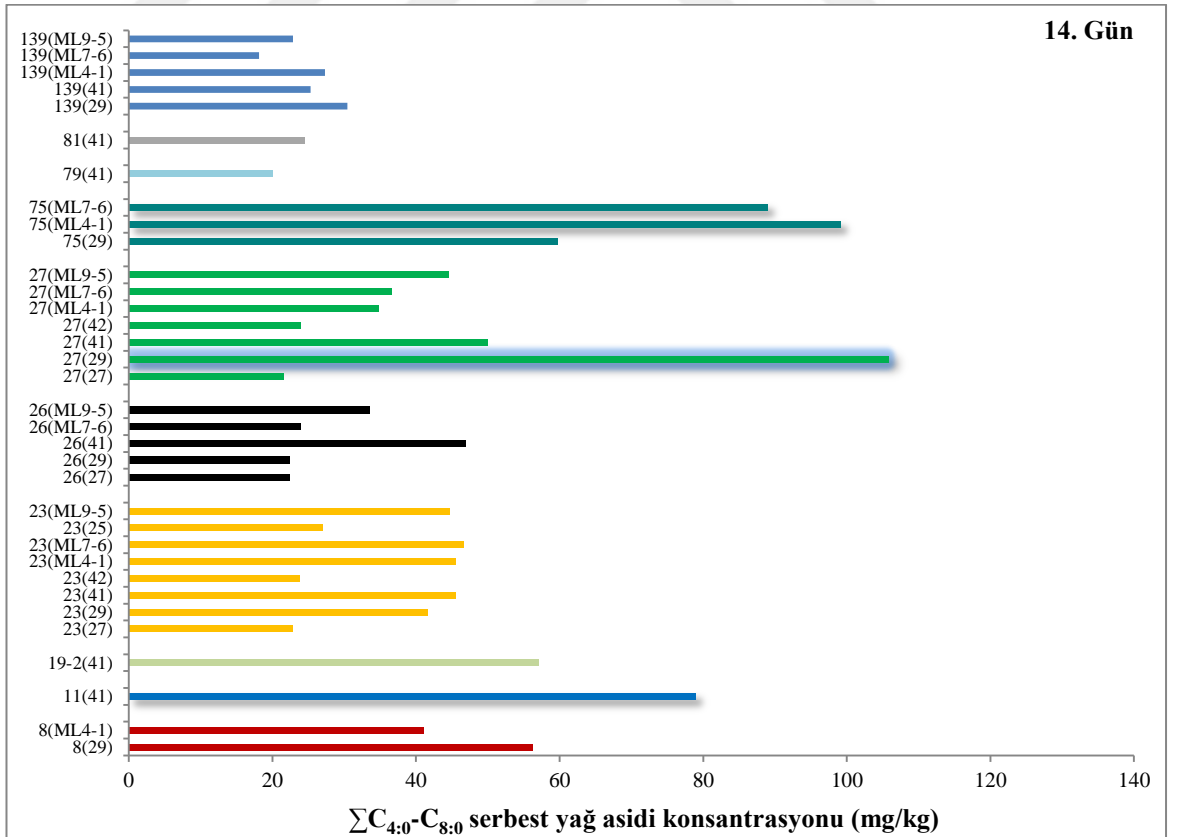
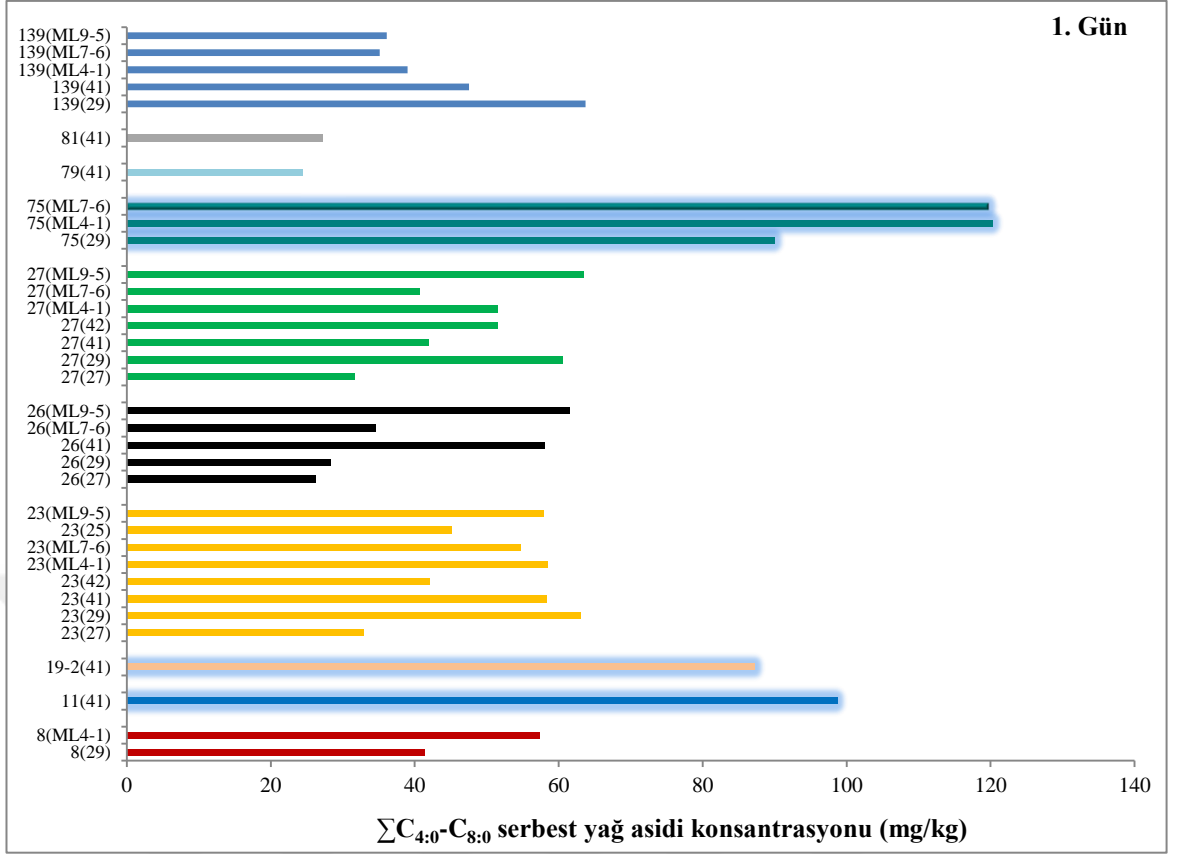
Şekil 4.7 Her bir yağ asidi standardı için standart kurveler



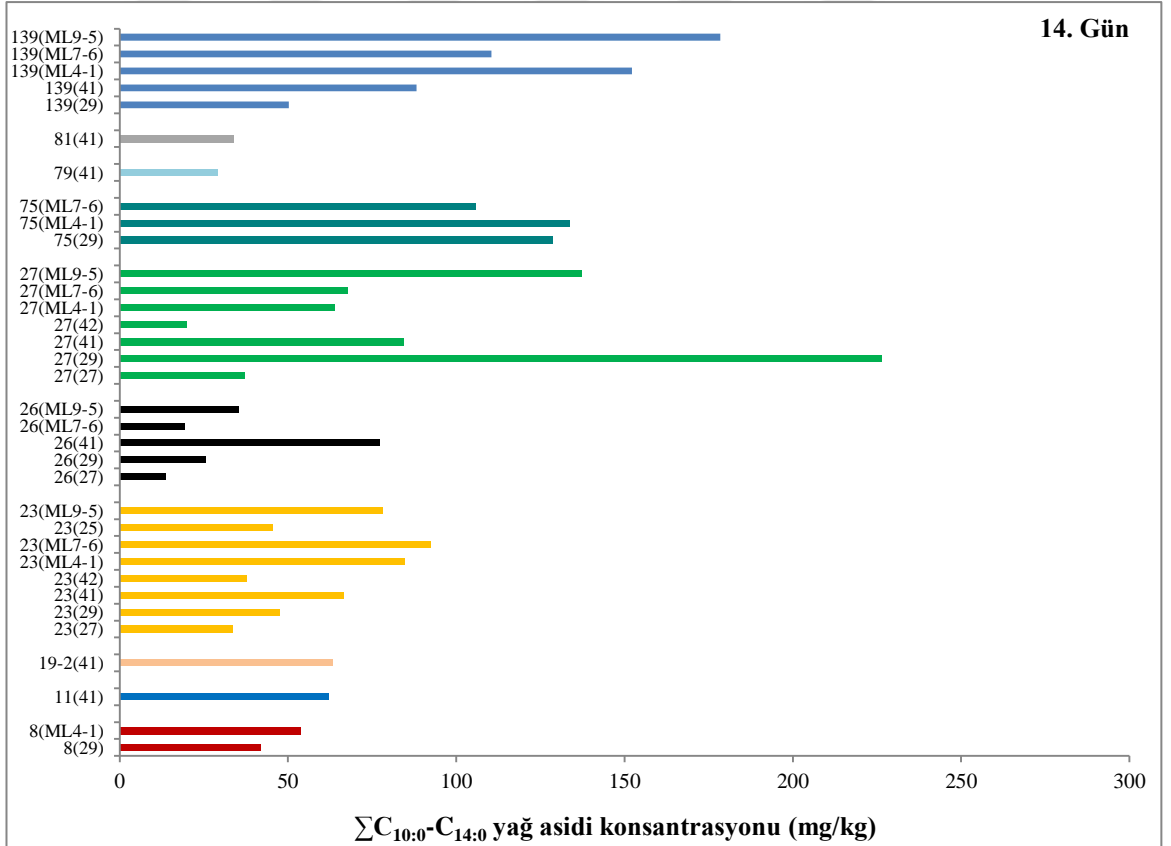
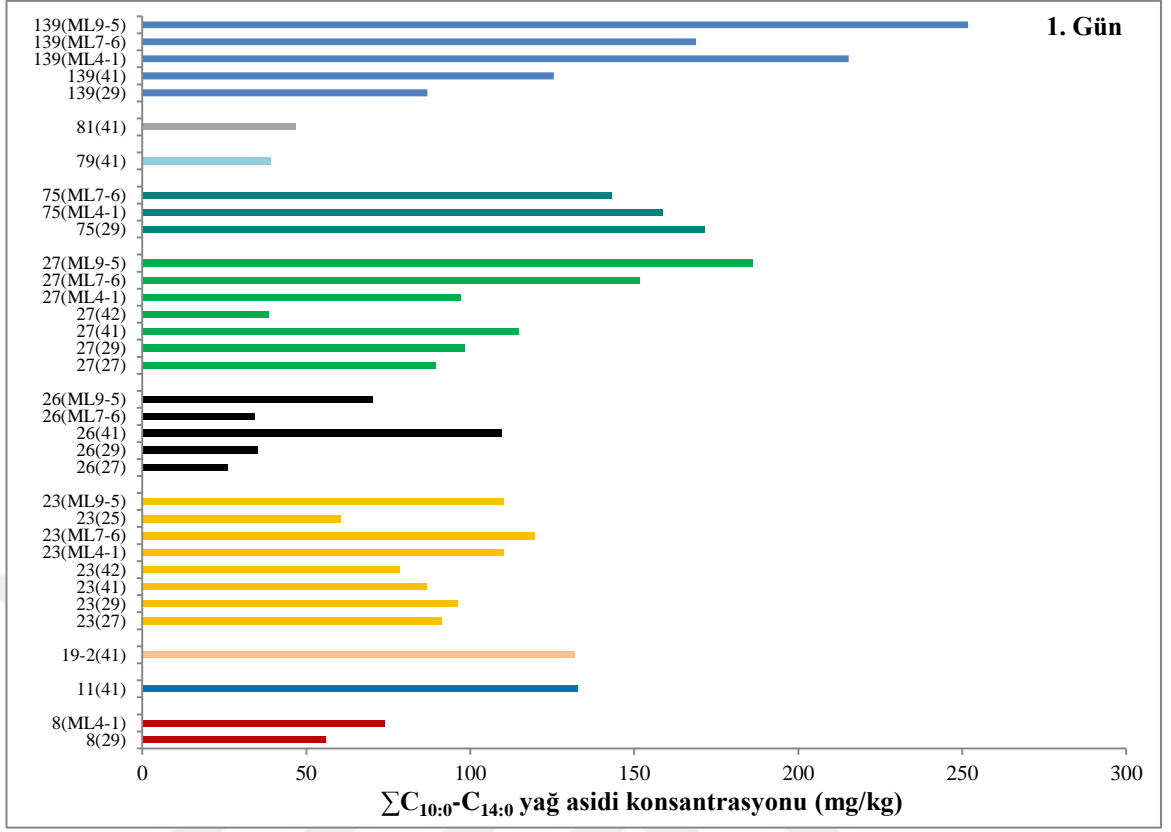




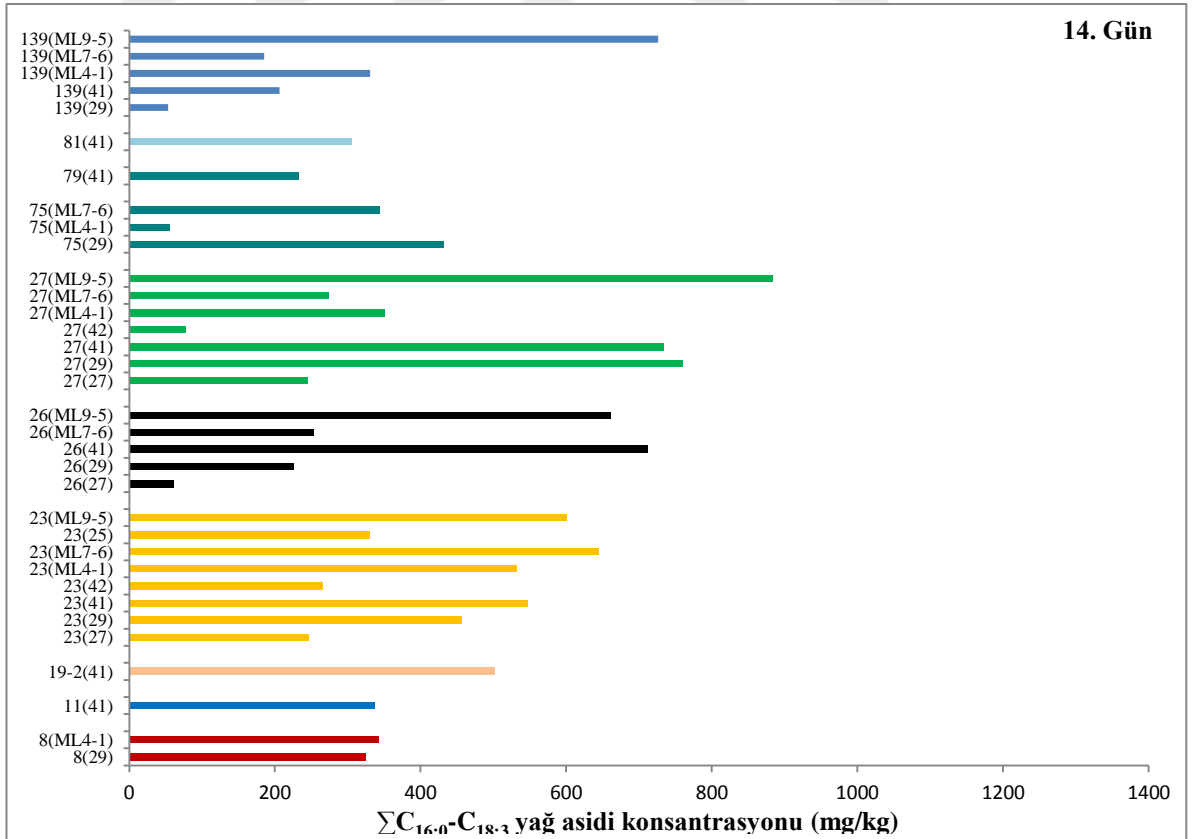
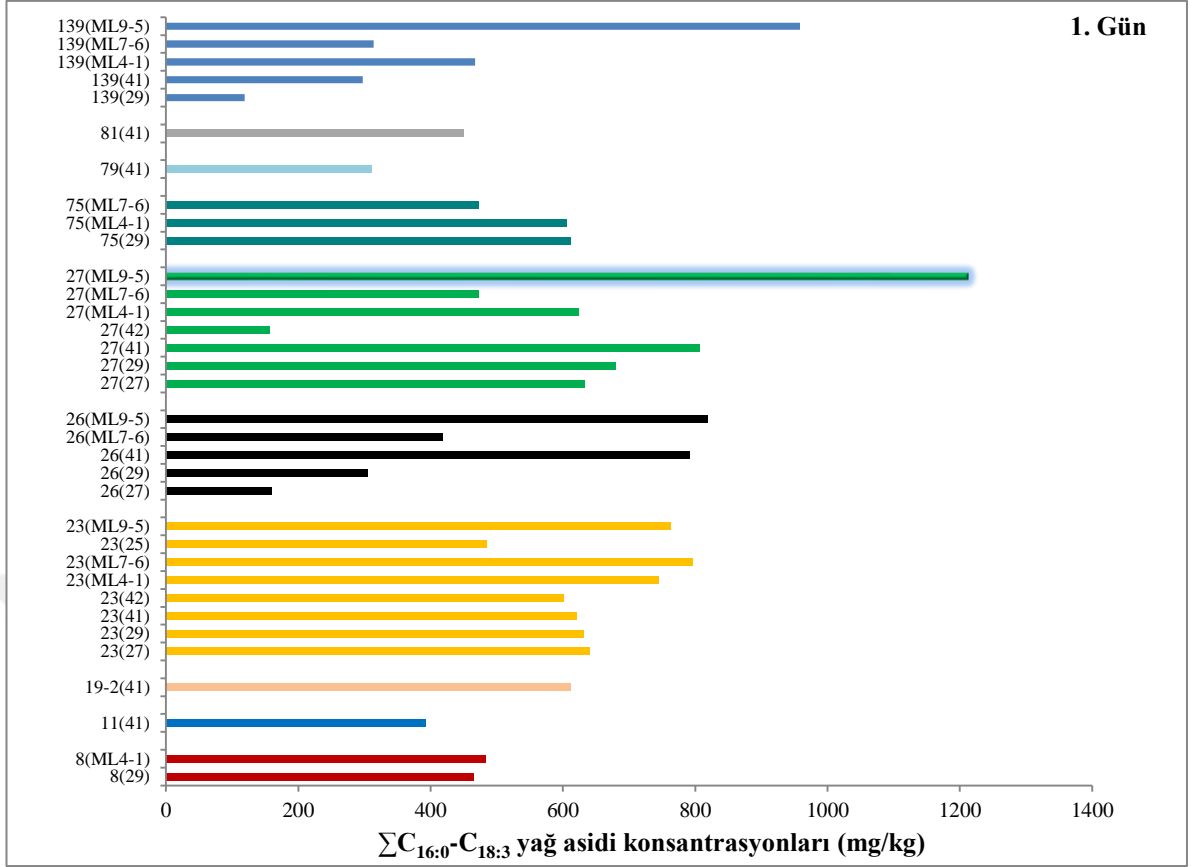
Şekil 4.8 Kombine yoğurt kültürleri ile üretilen yoğurt örneklerinin toplam serbest yağ asidi düzeyleri



Şekil 4.9 Kombine yoğurt kültürleri ile üretilen yoğurt örneklerinin kısa zincirli serbest yağ asidi düzeyleri



Şekil 4.10 Kombine yoğurt kültürleri ile üretilen yoğurt örneklerinin orta zincirli serbest yağ asidi düzeyleri



Şekil 4.11 Kombine yoğurt kültürleri ile üretilen yoğurt örneklerinin uzun zincirli serbest yağ asidi düzeyleri

Çizelge 4.6 Kombine kültürler ile üretilen deneme yoğurtlarına ait yağ asidi değerleri (mg/kg) (n=2) (*S. thermophilus*; *S. Lb. bulgaricus*; L)

Kombinasyon	C <sub>4:0</sub>		C <sub>6:0</sub>		C <sub>8:0</sub>		C <sub>10:0</sub>		C <sub>12:0</sub>		C <sub>14:0</sub>		C <sub>16:0</sub>		C <sub>18:0</sub>		C <sub>18:1</sub>		C <sub>18:2</sub>		C <sub>18:3</sub>	
	1	14	1	14	1	14	1	14	1	14	1	14	1	14	1	14	1	14	1	14	1	14
S (8)/L (29)	14.66	36.95	11.53	9.14	15.20	10.16	11.27	8.41	21.08	16.02	23.63	17.49	155.60	66.82	154.11	67.17	118.80	74.28	81.56	116.33	nd	nd
S (8)/L (ML4-1)	18.87	9.58	18.04	11.76	20.45	19.67	13.35	8.62	24.61	21.03	36.13	24.21	139.52	92.35	121.39	88.62	121.44	85.60	100.5	77.13	nd	nd
S (11)/L (41)	21.52	17.98	36.23	29.72	41.00	31.28	47.20	22.27	50.92	26.07	34.78	13.73	180.22	170.5	82.36	69.08	130.19	97.35	nd	nd	nd	nd
S (19-2)/L (41)	7.13	3.25	40.96	30.64	39.18	23.18	36.93	11.85	49.97	18.24	44.90	33.08	309.08	285.1	196.40	167.8	106.32	49.23	nd	nd	nd	nd
S (23)/L (25)	15.02	9.22	13.58	7.41	16.55	10.33	9.48	6.27	11.57	8.46	39.41	30.77	201.65	115.2	48.33	35.89	134.47	91.38	100.6	88.25	nd	nd
S (23)/L (27)	11.96	9.37	8.75	4.00	12.25	9.45	6.37	3.04	8.37	2.82	76.69	27.62	408.66	130.0	56.93	26.65	60.66	45.93	114.2	44.61	nd	nd
S (23)/L (29)	22.69	9.73	20.85	16.24	19.48	15.32	21.47	11.01	29.45	18.47	45.30	17.94	148.30	68.70	94.92	79.48	139.74	109.2	127.8	119.92	120.67	79.83
S (23)/L (41)	20.03	14.67	18.35	15.34	19.93	15.43	18.81	15.92	31.11	20.35	36.84	30.13	148.51	135.5	103.56	92.60	129.88	107.7	124.4	115.49	114.31	95.49
S (23)/L (42)	27.36	12.18	4.84	3.78	9.84	7.83	3.03	2.06	2.24	1.48	73.04	34.17	405.01	189.7	31.99	16.90	51.10	21.15	112.1	38.17	nd	nd
S (23)/L (ML4-1)	14.03	9.12	22.99	17.26	21.51	19.20	21.94	19.63	35.50	30.45	52.83	34.54	200.48	100.5	109.69	78.10	184.02	137.9	130.0	98.44	120.76	117.37
S (23)/L (ML7-6)	15.31	10.98	18.16	16.89	21.25	18.80	22.81	19.84	38.32	31.27	58.63	41.18	216.66	190.6	131.02	90.28	176.14	152.6	124.7	98.03	120.56	113.08
S (23)/L (ML9-5)	16.27	11.59	19.86	15.32	21.71	17.73	22.06	12.81	34.90	27.30	53.32	37.99	223.58	191.8	119.27	80.59	170.70	139.9	126.9	100.45	122.26	87.88
S (26)/L (27)	6.71	4.83	7.59	3.41	11.99	10.12	10.02	7.99	6.55	2.84	9.35	2.86	63.93	37.40	95.63	23.41	nd	nd	nd	nd	nd	nd
S (26)/L (29)	9.06	7.25	8.80	6.24	10.46	8.96	3.99	2.58	5.19	4.20	25.93	18.79	109.21	92.99	32.22	22.76	47.255	35.69	115.5	74.30	nd	nd
S (26)/L (41)	16.97	10.70	19.95	17.58	21.08	18.66	20.82	15.54	33.61	22.76	55.09	38.97	229.38	197.7	117.92	111.7	190.98	164.9	133.0	124.93	120.9	113.08
S (26)/L (ML7-6)	15.71	12.28	9.11	6.93	9.74	4.77	8.64	5.16	8.17	4.77	17.35	9.53	136.87	60.09	113.56	94.20	62.48	48.41	89.69	50.34	15.19	nd
S (26)/L (ML9-5)	12.02	4.81	29.04	13.83	20.38	14.93	19.77	7.92	21.83	10.51	28.69	16.89	321.46	213.7	270.04	277.3	110.85	92.24	115.8	78.03	nd	nd
S (27)/L (27)	10.94	8.37	8.71	3.97	12.02	9.21	6.86	3.10	8.50	3.32	73.99	30.80	401.19	128.9	57.12	25.94	60.66	45.93	114.2	44.61	nd	nd
S (27)/L (29)	11.64	6.54	42.74	32.95	51.47	29.58	49.78	40.43	64.66	28.12	111.99	86.93	191.66	131.7	190.96	149.1	250.01	194.7	127.9	117.03	nd	nd
S (27)/L (41)	18.08	10.11	20.94	18.98	23.89	20.87	24.28	18.04	33.70	25.52	56.79	40.97	236.39	199.8	120.19	119.9	192.39	172.6	134.0	126.62	124.16	115.46
S (27)/L (42)	27.03	10.78	8.11	3.98	16.36	9.13	8.07	3.43	4.53	3.60	26.03	12.79	62.82	22.81	50.94	26.63	23.52	14.58	19.72	13.06	nd	nd
S (27)/L (ML4-1)	9.86	9.88	9.12	5.70	32.56	19.29	35.72	16.96	25.37	18.58	36.02	28.43	141.56	105.4	140.71	99.77	133.61	107.6	129.7	117.33	77.98	nd
S (27)/L (ML7-6)	2.61	3.43	19.60	16.59	18.42	16.55	29.32	12.07	41.27	25.03	80.95	30.61	102.80	49.77	98.88	58.12	131.73	80.65	117.3	85.08	22.58	nd
S (27)/L (ML9-5)	20.75	17.92	16.85	7.61	25.82	19.00	25.37	15.33	44.71	33.58	116.07	88.43	379.63	255.4	232.01	186.4	316.70	196.6	152.9	122.62	130.01	122.78
S (75)/L (29)	12.03	8.52	33.58	21.08	44.41	30.17	35.11	30.56	41.84	35.68	94.54	62.33	184.01	100.2	199.24	175.2	228.00	156.4	nd	nd	nd	nd
S (75)/L (ML4-1)	11.39	9.83	56.34	43.02	52.59	46.28	38.89	36.04	51.09	49.39	68.55	48.36	298.17	282.2	168.91	154.2	138.69	130.9	nd	nd	nd	nd
S (75)/L (ML7-6)	12.78	10.34	57.66	39.32	49.12	39.28	38.46	31.83	49.51	37.79	55.06	36.14	198.22	131.2	148.94	116.1	126.08	96.86	nd	nd	nd	nd
S (79)/L (41)	6.53	4.92	7.14	6.13	10.81	9.04	12.98	6.65	13.96	3.45	12.04	19.02	108.61	67.57	37.58	31.96	48.89	47.97	115.2	85.08	nd	nd
S (81)/L (41)	7.63	6.65	6.77	5.90	12.75	11.99	5.78	4.12	6.73	7.26	34.45	22.41	223.19	148.0	57.92	39.45	52.55	32.88	116.7	85.89	nd	nd
S (139)/L(29)	11.86	7.61	12.97	7.97	38.90	14.85	22.18	10.92	28.35	14.24	36.44	25.04	74.75	20.71	18.42	14.86	25.83	17.97	nd	nd	nd	nd
S (139)/L (41)	14.75	9.90	5.61	3.56	27.17	11.85	49.66	33.36	44.67	29.93	31.13	24.86	191.62	156.3	106.00	50.25	nd	nd	nd	nd	nd	nd
S (139)/L (ML4-1)	10.98	7.55	8.31	5.47	19.69	14.29	48.27	32.22	66.59	45.87	100.47	74.12	205.58	147.7	119.56	82.36	142.03	100.5	nd	nd	nd	nd
S (139)/L (ML7-6)	13.80	7.80	4.58	1.49	16.76	8.85	18.25	10.78	59.27	42.08	91.27	57.61	159.23	81.89	41.91	33.26	95.64	59.21	17.00	11.05	nd	nd
S (139)/L (ML9-5)	15.04	10.74	5.52	2.27	15.55	9.87	57.27	35.15	80.49	61.07	114.01	82.19	311.46	289.5	99.39	71.34	240.62	152.1	26.30	18.85	280.8	194.72

#### 4.2.3 Kombine kültürler ile üretilen deneme yoğurtlarının aroma profilleri

Ön duyuusal denemeler sonucunda ticarileştirilme potansiyeli bulunan tekli suşlar ve suş kombinasyonları kullanılarak üretilen yoğurtlarda aroma profilleri GC-MS ile belirlenmiştir. Tekil ve kombine kültürler ile üretilen deneme yoğurtlarının aroma profilleri sırasıyla çizelge 4.7 - 4.8'de sunulmaktadır. *Lb. bulgaricus* 27 ve 41'in benzoik asit üreticisi olduğu belirlenmiştir. Bilindiği üzere benzoik asit gıda endüstrisinde koruyucu amaçlı kullanılmaktadır ve bu iki suşun bu anlamda doğal bir koruyucu olabilme olasılığı tespit edilmiştir. Tüm *Lb. bulgaricus* suşlarının (ML9-5 hariç) bütirik asit üreticisi olduğu saptanmıştır. Bütirik asit birçok gıdada aroma geliştirici olarak kullanılmaktadır. *Lb. bulgaricus* 29 ve 41 nolu izolatların ayrıca asetaldehit üreticisi olduğu da tespit edilmiştir. Özellikle *Lb. bulgaricus* 41'in 2.87 mg/kg düzeyinde asetaldehit üretmesi dikkat çekici bulunmuştur. *Lb. bulgaricus*'un tüm izolatlarının yağ asidi metabolizma ürünleri temelli aroma üreticisi olduğu tespit edilmiştir. Benzer bir saptama *S. thermophilus* izolatları için de geçerlidir. *S. thermophilus*'un 26, 27, 70, 75 ve 139 nolu suşlarının asetaldehit üreticisi olduğu belirlenirken, 26, 70, 75 ve 139 nolu suşların yüksek düzeyde diasetil ve asetoin ürettiği de belirlenmiştir. Bu bulgular anılan suşların süt ürünlerinin karakteristik tat/aroma dengesinin oluşmasında rol oynayan karbonil bileşenlerinin birer üreticisi olduğu sonucunu ortaya koymaktadır. Bazı kombinasyonlarda (*S. thermophilus/Lb. bulgaricus* 8/29, 11/41, 19-2/41, 23/ML4-1, 23/ML7-6, 27/ML7-6, 75/29, 75/ML4-1, 75/ML7-6, 79/41, 81/41, 139/29, 139/ML4-1, 139/ML7-6 ve 139/ML9-5) asetaldehite rastlanmamıştır. Ancak bu kombinasyonlar duyuusal değerlendirmelerde tipik yoğurt aromasına sahip olarak değerlendirilmiş ve yüksek duyuusal puanlar almıştır. Dolayısıyla, her ne kadar asetaldehit yoğurt için temel aromatik karbonil bileşeni olarak değerlendirilse de aroma bileşenlerinin ortak etkisi ve birbirleri arasındaki oran yoğurdun aroma ve tat özelliklerinin oluşumunda daha büyük önem taşımaktadır. Tipik bir yoğurt aroması için asetaldehit konsantrasyonuna ilişkin literatür verileri net değildir. Literatürde, kabul edilebilir bir yoğurt aroması için asetaldehit konsantrasyonunun 2.5-50.0 ppm gibi geniş bir aralıkta değiştiği bildirilmektedir (Tamime ve Deeth 1980, Gaafar 1992, Kniefel vd. 1992, Imhof ve Bosset 1994, Georgala vd. 1995, Pourahmad ve Assadi 2007, Tamime ve Robinson 2007).

Yoğurt bakterilerinden yalnızca *S. thermophilus*'un bazı suşlarında aktivitesi görülen alkol dehidrogenaz enzimi (EC 1.1.1.1.) (Lees ve Jago 1977), asetaldehiti etanole indirgemektedir (Zourari vd. 1992, Köse ve Ocak 2014). Dolayısıyla asetaldehitin yoğurtta düşük konsantrasyonda bulunması, kısmen starter kültürlerin alkol dehidrogenaz aktivitesi ile açıklanabilmektedir (Lees ve Jago 1977, Hruškar ve Ritz 1995). Deneme yoğurtlarından bazılarında hiç asetaldehite rastlanmamasının, bazılarının da beklenen konsantrasyondan düşük çıkmasının izolatların alkol dehidrogenaz aktivitesinin yüksekliğinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca depolama süreci boyunca deneme yoğurtlarının genelinde asetaldehit miktarında düşüş gözlenmesi benzer çalışmalarda da görülmektedir (McGregor ve White 1987, Gaafar 1992, Hruškar ve Ritz 1995, Bonczar vd. 2002, Güzel-Seydim vd. 2005, Baranowska 2006, Kaminarides vd. 2007, Güler vd. 2009). Bu düşüşe alkol dehidrogenaz enzimi aktivitesinin yanı sıra asetaldehitin asetata oksidasyonu da neden olabilmektedir. Ayrıca asetaldehitteki azalma buharlaşma (evaporasyon) ile de açıklanabilmektedir (Bonczar vd. 2002).

Deneme yoğurtlarının birçoğunda diasetile rastlanmazken, 23/25, 23/27, 23/29, 23/42, 23/ML9-5, 27/27, 27/29, 27/41 ve 81/41 numaralı suş kombinasyonlarıyla elde edilen yoğurtların 0.348-2.584 mg/kg arasında değişen diasetil oranları literatürde yer alan bazı çalışmaların sonuçları ile benzerlik göstermektedir (Ott vd. 1999, Kaminarides vd. 2007). Diasetil, yoğurt lezzeti ve aromasını tamamlayan ve özellikle asetaldehit miktarı düşük olan yoğurtlarda varlığı önemli olan bir aroma bileşenidir. 8/29 ve 8/ML4-1 hariç tüm suş kombinasyonlarıyla elde edilen yoğurtların yüksek oranda asetoin içerdiği gözlenmiştir. 8/ML4-1 ve 23/ML9-5 kombinasyonu olan yoğurtların bütirik asit değerleri diğer suş kombinasyonlarına oranla oldukça yüksektir. Dolayısıyla bu yoğurtlarda tereyağımsı lezzetin fazla olacağı öngörülmektedir. Koruyucu özelliği ile ön plana çıkan benzoik asite özellikle 8/29, 8/ML4-1, 11/41, 23/41, 23/42, 23/ML7-6, 26/27, 75/29, 75/ML4-1, 75/ML7-6, 81/41, 139/29a ve 139/ML7-6 numaralı kombinasyonlarda yüksek olmakla birlikte genellikle tüm deneme yoğurtlarında rastlanmıştır.

Asetik asit 8/29, 8/ML4-1, 26/29, 26/27, 26/41, 26/ML7-6, 26/ML9-5 ve 139/ML4-1 numaralı kombinasyonlarla elde edilen yoğurtlarda daha yüksek miktarlarda görülmektedir.

Çizelge 4.7 Asidifikasyon ve spesifik gelişim parametreleri değerlendirmeleri sonucunda seçilen tekil kültürlerin aroma profilleri

İzolat no	Bileşen	Oransal miktar (mg/kg)
<i>Lb. bulgaricus</i> (25)	Ethyl ether	3.218
	2,3 Butanedione	0.224
	2-butanone, 3-methyl	0.145
	Toluene	1.570
	Hexanal	1.609
	Heptanal	0.818
	4-octanone	0.501
	Styrene	1.965
	2 butanone-3-hydroxy	0.884
	2-nonanone	0.409
	Acetic acid	1.227
	Silenediol	0.752
	Hexanoic acid	0.936
	<i>Lb. bulgaricus</i> (27)	2-butanone-3-hydroxy
4-nonanone (propil amyl ketone)		1.168
3-pentanol		0.146
Butyric acid		0.301
Hexanoic acid		0.967
Nonanoic acid		0.776
Decanoic acid		0.192
Benzoic acid		0.182
<i>Lb. bulgaricus</i> (29)	Acetaldehyde	0.755
	Acetic acid	0.593
	Butyric acid	0.207
	Hexanoic acid	0.422
	Octanoic acid	0.341
	Dodecanoic acid	0.090
<i>Lb. bulgaricus</i> (41)	Acetaldehyde	2.870
	Acetic acid	0.251
	Butyric acid	0.170
	Hexanoic acid	0.619
	Nonanoic acid	0.708
	Decanoic acid	0.242
	Benzoic acid	0.143
<i>Lb. bulgaricus</i> (42)	Ethyl ether	2.924
	4-octanone	0.523
	styrene	1.179
	2-butanone-3-hydroxy	0.757
	octanal	0.439
	4-nonanone (propyl amyl ketone)	0.405
	Acetic acid	1.776
	Silenediol	1.160
	Butanoic acid,2 methyl	2.905
	Hexanoic acid	2.247
	Octanoic acid	2.634



Çizelge 4.7 Asidifikasyon ve spesifik gelişim parametreleri değerlendirmeleri sonucunda seçilen tekil kültürlerin aroma profilleri (devam)

İzolot no	Bileşen	Oransal miktar (mg/kg)
<i>Lb. bulgaricus</i> (ML4-1)	Isobutyl 3-methylvalerate (3-etoxy 2 propenoic acid)	1.371
	Acetic acid	0.169
	3-pentanol	0.076
	Butyric acid	0.059
	Hexanoic acid	0.212
	Octanoic acid	0.152
	Dodecanoic acid	0.068
<i>Lb. bulgaricus</i> (ML9-5)	4-octanone (Butyl propil keton)	0.251
	2-nonanone	0.182
	Acetic acid	0.113
	Hexanoic acid	0.121
	Octanoic acid	0.182
	Nonanoic acid	0.061
<i>Lb. bulgaricus</i> (ML7-6)	2-heptanone (amyl methyl ketone)	0.226
	2-nonanone	0.096
	Acetic acid	0.417
	3-pentanol	0.087
	Butyric acid	0.148
	Hexanoic acid	0.426
	Nonanoic acid	0.374
	Dodecanoic acid	0.078
<i>S. thermophilus</i> (6-2)	4-octanone	0.210
	Acetic acid	0.445
	Butyric acid	0.219
	Hexanoic acid	0.924
	octanoic acid	1.814
	n-decanoic acid	0.889
	Ethyl ether	1.002
<i>S. thermophilus</i> (8)	4-octanone	0.193
	Acetic acid	0.698
	Butyric acid	0.312
	Hexanoic acid	1.229
	octanoic acid	2.897
	n-decanoic acid	1.577
<i>S. thermophilus</i> (11)	4-octanone	0.182
	Acetic acid	0.356
	3-pentanol	0.104
	Butyric acid	0.130
	Hexanoic acid	0.529
	Nonanoic acid	0.451
	Decanoic acid	0.130
<i>S. thermophilus</i> (19-2)	Acetaldehyde	0.524
	Acetic acid	0.119
	Benzaldehyde	0.238
	Butyric acid	0.631
	Hexanoic acid	0.442
	Nonanoic acid	0.348
Decanoic acid	0.082	

Çizelge 4.7 Asidifikasyon ve spesifik gelişim parametreleri değerlendirmeleri sonucunda seçilen tekil kültürlerin aroma profilleri (devam)

İzolat no	Bileşen	Oransal miktar (mg/kg)
<i>S. thermophilus</i> (23)	Ethyl ether	0.824
	4-octanone	0.670
	Styrene	1.125
	Octanoic acid	0.405
	Acetic acid	0.815
	Benzaldehyde	0.243
	Silanediol	0.967
	Butanoic acid	0.328
<i>S. thermophilus</i> (26)	Acetaldehyde	0.337
	Diacetyl (2,3-Butanedione)	0.514
	Acetoin (2-butanone-3 hydroxy)	0.550
	Acetic acid	0.337
	Butyric acid	0.222
	Isovaleric acid	0.718
	Nonanoic acid	0.532
	Decanoic acid	0.160
<i>S. thermophilus</i> (27)	3-methyl-2-butanone	0.072
	Acetaldehyde	2.220
	2-butanone-3-hydroxy	0.555
	Acetic acid (Etanoic acid)	0.376
	3-Pentanol	0.098
	Butyric acid	0.358
	Hexanoic acid	1.011
	Nonanoic acid	0.635
	Decanoic acid	0.161
<i>S. thermophilus</i> (70)	Acetaldehyde	3.410
	Diacetyl (2,3-Butanedione)	0.968
	Acetoin (2-butanone-3 hydroxy)	0.394
	Acetic acid	0.412
	Butyric acid	0.215
	Hexanoic acid	0.690
	Nonanoic acid	0.412
	Dodecanoic acid	0.090
<i>S. thermophilus</i> (75)	Acetaldehyde	3.680
	Diacetyl (2,3-Butanedione)	1.279
	Acetoin (2-butanone-3 hydroxy)	0.561
	Acetic acid	0.359
	Hexanoic acid	0.718
	Nonanoic acid	0.429
	Dodecanoic acid	0.079
<i>S. thermophilus</i> (79)	3-methyl-2-butanone	0.489
	2-butanone-3-hydroxy	0.204
	Acetic acid	0.247
	3-pentanol	0.106
	Butyric acid	0.186
	Hexanoic acid	0.654
	Octanoic acid	0.742
	Decanoic acid	0.203

Çizelge 4.7 Asidifikasyon ve spesifik gelişim parametreleri değerlendirmeleri sonucunda seçilen tekil kültürlerin aroma profilleri (devam)

İzolat no	Bileşen	Oransal miktar (mg/kg)
<i>S. thermophilus</i> (81)	2-butanone-3-methyl	0.801
	2,3 butanedione	0.313
	4-octanone	0.157
	2-butanone-3-hydroxy	0.212
	Acetic acid	0.226
	Butyric acid	0.166
	Hexanoic acid	1.061
	Octanoic acid	0.917
	Stearic acid	0.138
	<i>S. thermophilus</i> (139)	Acetaldehyde
Diacetyl (2,3-Butanedione)		0.779
Acetoin (2-butanone-3 hydroxy)		0.446
Acetic acid		0.481
Butyric acid		0.201
Isovaleric acid		0.665
Octanoic acid		0.420
Decanoic acid		0.087

Çizelge 4.8 Kombine kültürler ile üretilen deneme yoğurtlarının aroma profilleri (*S. thermophilus*; *S. Lb. bulgaricus*; L)

Kombinasyonlar	Aroma bileşeni	1. Gün	14. Gün
S (8)/L (29)	2-Nonanone	0.060	0.220
	Acetic acid	2.053	1.295
	3-Pentanol	0.498	0.386
	Butyric acid	0.718	0.971
	Hexanoic acid	1.754	1.531
	Nonanoic acid	1.296	0.060
	Benzoic acid	0.459	0.499
	Octanoic acid (caprylic acid)	1.475	0.429
	2-Nonanone	0.060	1.440
S (8)/L (ML4-1)	Acetaldehyde	2.330	-
	Styrene	2.226	-
	2-Nonanone	1.745	0.212
	Nonanal	0.822	-
	Acetic acid	4.305	1.659
	Nonanol	0.229	-
	2-undecanone	0.825	0.087
	Silanediol	2.979	-
	Butanoic acid	6.433	-
	Hexanoic acid	4.177	-
	Octanoic acid	3.169	-
	2-pentanone	-	0.357
	3-pentanol	-	0.338
	Butyric acid	-	1.256
	Furfuryl alcohol	-	0.048
	Benzyl alcohol	-	0.068
	Nonanoic acid	-	1.491
	δ-decalactone	-	0.068
	Decanoic acid	-	0.453
	Benzoic acid	-	0.907

Çizelge 4.8 Kombine kültürler ile üretilen deneme yoğurtlarının aroma profilleri (*S. thermophilus*; *S. Lb. bulgaricus*; L) (devam)

Kombinasyonlar	Aroma bileşeni	1. Gün	14. Gün
S (11)/L (41)	2 propanamine	0.659	-
	1,2 ethanediamine	0.296	0.925
	1-butaneamine	0.689	-
	2-pentanone(ethyl acetone)	0.334	1.312
	4-nonanone (propyl amyl ketone)	4.070	0.660
	2-butanone-3 hydroxy(Acetoin )	1.014	1.018
	Acetic acid	0.827	0.633
	Benzaldehyde	0.059	-
	Butyric acid	0.295	0.539
	Hexanoic acid	1.386	2.815
	Nonanoic acid	1.771	0.160
	Decanoic acid	0.640	2.757
	Benzoic acid	0.413	0.481
	Stearic acid	0.079	-
	Palmitic acid	-	0.122
	Octanoic acid(caprylic)	-	3.455
	2-nonanone	-	0.142
S (19-2)/L (41)	2-pentanone	-	0.038
	2-butanone 3-hydroxy	-	1.131
	Acetic acid	-	1.255
	Butyric acid	-	0.502
	Hexanoic acid	-	2.149
	Nonanoic acid	-	1.499
	octanoic acid	-	1.754
	Benzoic acid	-	0.330
Stearic acid	-	0.070	
S (23)/L (25)	Acetaldehyde	0.057	-
	Ethane/diethyl ether	1.307	-
	2,3 butanedione	0.569	-
	2-butanone-3 hydroxy(Acetoin )	0.718	0.137
	2-nonanone	0.092	-
	Acetic acid	1.286	0.303
	1,2-butanediol/2butanol-2methyl	0.502	-
	Butyric acid	0.503	0.244
	Hexanoic acid	1.743	0.821
	Octanoic acid	0.978	-
	Decanoic acid	0.232	-
	Benzoic acid	0.036	-
	Deuteroacetone	-	0.592
	2-butanone-3-methyl	-	1.173
	2,3 pentanedione	-	0.127
Nonanoic acid	-	0.498	

Çizelge 4.8 Kombine kültürler ile üretilen deneme yoğurtlarının aroma profilleri (*S. thermophilus*; *S. Lb. bulgaricus*; L) (devam)

Kombinasyonlar	Aroma bileşeni	1. Gün	14. Gün
S (23)/L (27)	Acetaldehyde	0.067	-
	Ethane/diethyl ether	1.102	-
	2,3 butanedione	0.879	2.584
	2-butanone-3 hydroxy(Acetoin )	0.763	0.076
	2-nonanone	0.096	0.057
	Acetic acid	0.532	2.578
	1,2-butanediol/2butanol-2methyl	0.411	-
	Butyric acid	0.503	0.316
	Hexanoic acid	0.860	1.076
	Octanoic acid	0.454	0.406
	Decanoic acid	0.232	0.237
	Benzoic acid	0.222	-
2-butanone-3-methyl	-	1.820	
S (23)/L (29)	Acetaldehyde	0.057	0.067
	Ethane/diethyl ether	1.307	1.102
	2,3 butanedione	0.569	0.879
	2-butanone-3 hydroxy(Acetoin )	0.718	0.763
	2-nonanone	0.184	0.192
	Acetic acid	1.286	0.532
	1,2-butanediol/2butanol-2methyl	0.502	0.411
	Butyric acid	0.503	0.503
	Hexanoic acid	1.743	0.860
	Octanoic acid	0.978	0.454
	Decanoic acid	0.232	0.232
	Benzoic acid	0.036	0.222
S (23)/L (41)	Acetaldehyde	0.044	0.036
	1,2 Ethanediamine	0.694	0.776
	2-butanone 3-methyl	0.314	0.698
	2-pentanone (methyl propyl ketone)	0.401	0.427
	2-butanone-3 hydroxy(Acetoin )	0.508	0.621
	Acetic acid	0.391	0.630
	2-propanol	-	0.606
	Butyric acid	0.459	0.514
	Hexanoic acid/valeric acid	1.682	1.610
	Octanoic acid	1.036	1.067
	Decanoic acid	0.244	0.262
	Benzoic acid	0.284	0.388
S (23)/L (42)	Acetaldehyde	0.194	0.289
	Ethane	0.776	-
	2,3 butanedione	0.698	0.489
	2,3 pentanedione	0.427	0.201
	2-butanone-3 hydroxy(Acetoin )	0.621	0.789
	Acetic acid	0.630	0.927
	Butyric acid	0.514	0.828
	Hexanoic acid/valeric acid	1.610	1.687
	Octanoic acid	1.067	-
	Decanoic acid	0.262	0.250
	Benzoic acid	0.388	0.451
	Nonanoic acid	-	1.064

Çizelge 4.8 Kombine kültürler ile üretilen deneme yoğurtlarının aroma profilleri (*S. thermophilus*; *S. Lb. bulgaricus*; L) (devam)

Kombinasyonlar	Aroma bileşeni	1. Gün	14. Gün
S (23)/L (ML4-1)	Pentanedial	0.234	-
	2 pentanone (methyl propyl ketone)	0.557	-
	2-butanone-3 hydroxy(Acetoin )	0.199	0.556
	Acetic acid	0.400	1.201
	Butyric acid	0.342	0.595
	Hexanoic acid/valeric acid	1.260	2.164
	Octanoic acid	0.976	1.717
	Decanoic acid	0.244	0.595
	Benzoic acid	0.224	0.248
	2-butanone 3-methyl	-	0.625
Nonanoic acid	-	0.059	
S (23)/L (ML7-6)	2 pentanone (methyl propyl ketone)	0.651	-
	2-butanone-3 hydroxy(Acetoin )	0.421	0.187
	2 nonanone	0.134	-
	Acetic acid	0.345	0.491
	Butyric acid	0.354	0.388
	Hexanoic acid	1.321	1.562
	Octanoic acid	0.986	1.503
	Decanoic acid	0.189	0.265
	Benzoic acid	-	0.707
S (23)/L (ML9-5)	Acetaldehyde	0.789	0.767
	2-butanone 3-methyl	0.157	-
	2-pentanone (methyl propyl ketone)	0.401	-
	2-butanone-3 hydroxy(Acetoin )	0.508	0.956
	Acetic acid	0.391	0.574
	2-propanol	0.606	-
	Butyric acid	1.720	0.624
	Hexanoic acid/valeric acid	1.682	1.953
	Octanoic acid	1.036	1.188
	Decanoic acid	0.244	0.232
	Benzoic acid	0.284	0.201
	2,3-butanedione	-	1.228
	2,3-pentanedione	-	1.067
	4-nonanone	-	1.429
	2-octanone	-	0.151
3-pentanol	-	0.674	
S (26)/L (29)	Acetaldehyde	-	2.972
	2-heptanone	2.289	-
	Styrene	0.574	-
	2-Butanone, 3-hydroxy (Acetoin)	1.880	1.605
	Octanal	0.628	-
	2-nonanone	0.931	0.433
	Nonanal	0.594	-
	Acetic acid	5.581	6.034
	Silanediol	6.339	4.581
	Hexanoic acid	0.988	1.008
	Hexanal	-	1.550
Hexanol	-	1.055	

Çizelge 4.8 Kombine kültürler ile üretilen deneme yoğurtlarının aroma profilleri (*S. thermophilus*; *S. Lb. bulgaricus*; L) (devam)

Kombinasyonlar	Aroma bileşeni	1. Gün	14. Gün
S (26)/L (41)	Acetaldehyde	-	2.775
	2-butanamine	0.104	-
	n-dodecane	1.528	-
	styrene	3.397	0.333
	2-Butanone, 3-hydroxy (Acetoin)	2.429	0.947
	2-nonanone	2.025	0.342
	Acetic acid	5.237	2.481
	2-undecanone	0.711	0.110
	Silanediol	3.019	2.621
	Hexanoic acid	2.851	0.586
	Hexanol	-	0.236
S (26)/L (27)	Acetaldehyde	0.688	0.218
	2,3 Butanedione	0.349	
	2-butanone 3-hydroxy	0.281	0.108
	2-Nonanone	12.947	0.036
	Acetic acid	1.714	1.341
	1-pentanol	0.165	0.087
	Butyric acid	0.291	0.159
	Hexanoic acid	0.901	0.439
	Nonanoic acid	0.571	0.296
	Decanoic acid	0.232	-
	Benzoic acid	0.320	0.285
	2-butanone 3-methyl	-	0.270
	2-pentanone	-	0.094
S (26)/L (ML7-6)	Acetaldehyde	5.125	3.701
	Dodecane	1.178	0.939
	Styrene	3.758	2.928
	2-Butanone, 3-hydroxy (Acetoin)	1.737	1.238
	2-nonanone	1.674	1.198
	Acetic acid	2.411	5.289
	2-undecanone	0.645	0.610
	Silanediol	4.323	2.230
	Butanoic acid	0.523	0.789
	Hexanoic acid	2.734	2.467
	S (26)/L (ML9-5)	Acetaldehyde	5.218
n-dodecane		0.714	2.275
2-butanone 3-hydroxy (acetoin)		1.309	1.544
Styrene		4.937	3.537
2-Nonanone		1.145	1.463
Acetic acid		3.038	5.042
2-undecanone		0.242	0.572
Silanediol		7.103	2.963
Hexanoic acid		1.913	1.737
1-hexanol			0.670
Butanoic acid		0.326	

Çizelge 4.8 Kombine kültürler ile üretilen deneme yoğurtlarının aroma profilleri (*S. thermophilus*; *S. Lb. bulgaricus*; L) (devam)

Kombinasyonlar	Aroma bileşeni	1. Gün	14. Gün
S (27)/L (27)	Acetaldehyde	1.711	1.069
	Ethane	0.895	0.868
	Ethyl acetate	0.619	0.386
	2,3 butanedione	0.496	1.816
	2-butanone-3 methyl	0.782	
	2,3-Pentanedione	0.248	
	2-butanone-3 hydroxy(Acetoin )	0.486	0.480
	4-nonanone (propyl amyl ketone)	1.410	
	3-pentanol	0.543	
	Acetic acid	1.420	0.663
	Butyric acid	0.553	0.569
	Hexanoic acid	1.829	1.427
	2-pentanone (ethyl acetone)	-	0.710
	Octanoic acid	-	0.669
	Decanoic acid	-	0.159
Benzoic acid	-	0.742	
S (27)/L (29)	Acetaldehyde	0.048	0.099
	Ethane	0.261	-
	2,3 butanedione	0.348	0.743
	Acetic acid, ethyl ester	0.049	-
	2-butanone-3 hydroxy(Acetoin )	0.579	0.276
	Acetic acid	0.435	0.239
	Butyric acid	0.290	0.229
	Hexanoic acid	0.917	0.753
	Nonanoic	0.637	0.486
	Decanoic acid	0.117	0.077
S (27)/L (41)	2-butanone-3 methyl	-	0.348
	Acetaldehyde	1.962	0.432
	Ethyl acetate	2.836	-
	Acetic acid, ethyl ester	0.306	-
	2-butanone-3 hydroxy(Acetoin )	0.320	0.345
	Acetic acid	0.353	0.643
	1-propanol	0.434	-
	Butyric acid	0.306	0.470
	Hexanoic acid	0.945	1.477
	Nonanoic acid/Octanoic acid	0.587	0.950
	Decanoic acid	0.105	1.151
	2-butanamine	-	0.202
	2,3-butanedione	-	1.064
	2-butanone-3 methyl	-	0.777
	2,3-Pentanedione	-	0.273
Benzoic acid	-	0.232	



Çizelge 4.8 Kombine kültürler ile üretilen deneme yoğurtlarının aroma profilleri (*S. thermophilus*; *S. Lb. bulgaricus*; L) (devam)

Kombinasyonlar	Aroma bileşeni	1. Gün	14. Gün
S (27)/L (ML4-1)	Acetaldehyde	0.042	0.056
	Ethane	0.844	1.110
	2-butanone-3 methyl	0.431	7.700
	2-butanone-3 hydroxy(Acetoin )	0.421	0.515
	Acetic acid	0.480	0.912
	Butyric acid	0.274	0.496
	Hexanoic acid	0.881	1.933
	Decanoic acid	0.557	-
	Benzoic acid	0.108	0.277
	Octanoic acid	0.127	0.248
	Nonanoic acid	-	0.605
	4-nonanone (propyl amyl ketone)	-	0.119
Acetic acid, ethyl ester			
S (27)/L (ML7-6)	Ethane	0.895	0.821
	Ethyl acetate	0.619	2.836
	2-butanone-3 methyl	0.782	-
	2,3-Pentanedione	0.248	-
	2-butanone-3 hydroxy(Acetoin )	0.486	0.320
	4-nonanone (propyl amyl ketone)	1.410	-
	Acetic acid	0.334	0.611
	Butyric acid	0.219	0.306
	Hexanoic acid	0.743	0.945
	Decanoic acid	-	0.105
	Acetic acid, ethyl ester	-	0.320
	Nonanoic acid/ Octanoic acid	-	0.587
1-propanol	-	0.434	
S (27)/L (ML9-5)	Acetaldehyde	0.101	0.035
	Ethane	1.098	-
	Ethyl acetate	1.098	4.311
	2-butanone-3 methyl	0.657	-
	2-butanone-3 hydroxy(Acetoin )	0.864	0.469
	4-nonanone (propyl amyl ketone)	1.699	-
	Acetic acid	0.705	0.728
	3-pentanol	0.684	-
	Butyric acid	0.4141	0.489
	Hexanoic acid	1.566	1.715
	Nonanoic acid	1.013	1.016
	Decanoic acid	0.253	0.315
	Benzoic acid	0.050	0.130
	2-butaneamine	-	0.897
	1-propanol	-	0.695
2-pentanone (ethyl acetone)	-	0.967	
Acetic acid, ethyl ester	-	1.535	

Çizelge 4.8 Kombine kültürler ile üretilen deneme yoğurtlarının aroma profilleri (*S. thermophilus*; *S. Lb. bulgaricus*; L) (devam)

Kombinasyonlar	Aroma bileşeni	1. Gün	14. Gün
S (75)/L (29)	2-Butanone, 3-hydroxy (Acetoin)	0.624	1.312
	3-Pentanol, 2-methyl	1.042	-
	2-Butanol	0.971	-
	Acetic acid	1.411	1.583
	Butyric acid	0.736	0.396
	Hexanoic acid	0.961	1.333
	Heptanoic acid	1.063	-
	Octanoic acid (caprylic acid)	0.777	-
	Myristic acid	0.633	0.333
	Benzoic acid	0.491	0.458
	Stearic acid	0.766	-
	4-Nonanone	-	2.560
	3-Pentanol	-	0.417
	Butanoic acid, 3-methyl- (isovaleric acid)	-	1.291
	Valeric acid	-	0.062
Nonanoic acid	-	1.197	
S (75)/L (ML4-1)	1,2-Ethanediamine	0.149	-
	2-Butanone,3-hydroxy(Acetoin)	0.329	0.609
	Acetic acid	1.533	1.826
	Butyric acid	0.607	0.539
	Butanoic acid, 3-methyl- (isovaleric acid)	0.089	0.100
	Hexanoic acid	1.641	1.637
	Octanoic acid	1.194	-
	Decanoic acid	0.269	0.170
	Benzoic acid	0.488	0.398
	2-propanamine	-	0.070
	2,3-Pentandione	-	0.259
	Heptanoic acid	-	0.090
	Nonanoic acid	-	1.028
S (75)/L (ML7-6)	Acetic acid	0.770	1.976
	Acetophenone	0.059	-
	Butyric acid	0.917	0.477
	Heptanoic acid	0.393	0.060
	Hexanoic acid	0.832	1.430
	9-octadecenoic acid (oleic acid)	0.795	-
	Decanoic acid	0.151	0.253
	Benzoic acids	0.356	0.425
	Phenol	0.816	-
	2-propanamine	-	0.103
	2,3-butanedione	-	0.303
	2,3-pentandione	-	0.170
	3-pentanol	-	0.476
	Butanoic acid, 3-methyl- (isovaleric acid)	-	0.081
	Octanoic acid (caprylic acid)	-	1.042
2-Butanone,3-hydroxy(Acetoin)	-	0.476	

Çizelge 4.8 Kombine kültürler ile üretilen deneme yoğurtlarının aroma profilleri (*S. thermophilus*; *S. Lb. bulgaricus*; L) (devam)

Kombinasyonlar	Aroma bileşeni	1. Gün	14. Gün
S (79)/L (41)	2-Butanone, 3-methyl	0.648	0.427
	2,3-Pentanedione	0.574	0.623
	3-Hexanone	0.199	-
	2-Butanone,3-hydroxy(Acetoin)	0.565	0.721
	4-Nonanone	0.481	1.010
	Acetic acid	0.251	0.396
	3-Pentanol	0.366	0.489
	Butyric acid	0.199	0.257
	Hexanoic acid	0.450	0.594
	Octanoic acid (caprylic acid)	0.272	0.329
Benzoic acid	0.188	0.270	
S (81)/L (41)	2,3-Butanedione	0.911	1.823
	2,3-Pentandione	0.790	1.444
	3-Hexanone	0.203	0.420
	2-Butanone,3-hydroxy(Acetoin)	0.709	0.768
	2-Nonanone	0.111	-
	Acetic acid	0.395	0.399
	3-Pentanol	0.405	0.420
	Butyric acid	0.354	0.287
	Hexanoic acid	1.073	0.953
	Heptanoic acid	0.040	0.133
	Octanoic acid (caprylic acid)	0.891	0.400
	Decanoic acid	0.122	0.041
	Benzoic acid	0.324	0.389
	2-Butanone, 3-methyl	1.023	1.639
	2-Pentanone, 3-methyl	0.192	-
	2-Pentanone	-	0.318
Nonanoic acid	-	0.717	
S (139)/L (29)	2-butanone-3 hydroxy(Acetoin)	0.300	0.564
	Acetic acid	1.471	0.564
	Benzaldehyde	0.181	0.159
	Butyric acid	0.203	0.202
	Hexanoic acid	1.064	1.128
	Decanoic acid	0.358	0.346
	Benzoic acid	0.261	0.465
	Acetaldehyde	-	0.077
	2-nonanone	-	0.760
	2-undecanone	-	0.093
Octanoic acid	-	1.128	
S (139)/L (41)	2-butanone-3 hydroxy(Acetoin )	1.470	Tüketilemez boyutta
	2-nonanone	0.145	
	Acetic acid	1.296	
	Benzaldehyde	0.424	
	2-undecanone	0.116	
	Butyric acid	0.445	
	Hexanoic acid	0.310	
	Octanoic acid	0.097	
Decanoic acid	0.773		

Çizelge 4.8 Kombine kültürler ile üretilen deneme yoğurtlarının aroma profilleri (*S. thermophilus*; *S. Lb. bulgaricus*; L) (devam)

Kombinasyonlar	Aroma bileşeni	1. Gün	14. Gün
S (139)/L (ML4-1)	2-butanone-3 hydroxy(Acetoin )	0.779	
	Acetic acid	2.597	
	Benzaldehyde	0.104	
	Butyric acid	0.870	
	Hexanoic acid	0.892	
	Octanoic acid	0.175	
	Decanoic acid	0.301	
	Benzoic acid	0.095	
S (139)/L (ML7-6)	2-butanone-3 hydroxy(Acetoin )	0.779	
	2-butanone-3 hydroxy(Acetoin )	1.236	0.760
	Acetic acid	1.011	2.059
	Butyric acid	0.330	0.317
	Hexanoic acid	1.808	1.568
	Heptanoic acid	1.885	-
	Octanoic acid	1.497	1.722
	Lauric acid	0.350	-
	Benzoic acid	0.253	-
	Benzaldehyde	-	0.317
Decanoic acid	-	0.529	
S (139)/L (ML9-5)	2-butanone-3 hydroxy(Acetoin )	0.189	0.652
	Acetic acid	1.155	2.346
	Benzaldehyde	0.155	0.146
	Butyric acid	0.151	0.254
	Hexanoic acid	0.966	1.336
	Octanoic acid	1.006	1.267
	Decanoic acid	0.289	0.347
	Benzoic acid	0.105	0.267
	2-undecanone	0.061	-
	2-Butanone 3-Methyl	-	0.652

#### 4.2.4 Kombine kültürler ile üretilen deneme yoğurtlarının büyük deformasyon tekstürel özellikleri

Kombine yoğurt örneklerinin büyük deformasyon tekstürel özellikleri TX.2TA Texture Profile Analyzer aracılığı ile geri ekstrüzyon modunda ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar çizelge 4.9’da sunulmaktadır. Buna göre; *S. thermophilus* 27 ile *Lb. bulgaricus* 29, 41, ML4-1, ML7-6 ve ML9-5 nolu izolatları hariç tüm kombinasyonların birbirine yakın sıklık değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Yoğurt sıklığı starter kültüre bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir (Rohm ve Kovac 1994, Hess vd. 1997, Rawson ve Marshall 1997). İstisnasız tüm örneklerde 14 günlük depolama sonunda sıklık (firmness, g) değerleri artış göstermiştir. Benzer sonuçlar, *S. thermophilus* 26 nolu suşun tüm kombinasyonları hariç konsistens değerleri için de geçerli bulunmuştur. *S.*

*thermophilus* 26 ile *Lb. bulgaricus*'un tüm kombinasyonlarında depolama süresi boyunca belirgin bir tekstürel zayıflama kaydedilmiştir. Bu durum, duyusal değerlendirme sonuçları ile paralelik göstermektedir (Bkz. Çizelge 4.10). *S. thermophilus* 27 ile *Lb. bulgaricus* 42 hariç tüm kombinasyonların kısmen daha düşük konsistens değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Viskozite indeksi (g/s) değerleri bakımından ise örnekler arasında ve depolama süresi boyunca düzensiz farklılıklar meydana geldiği görülmüştür. Aynı *S. thermophilus* izolatının farklı *Lb. bulgaricus* izolatları ile yapmış olduğu kombinasyonların belirgin farklılıklar göstermesi, *Lb. bulgaricus* suşlarının viskozite indeksi üzerinde daha belirgin bir etkisinin olduğuna işaret etmektedir.

Genel olarak, yoğurttaki tekstürel özellikler üzerine etkili temel etmenler; asidifikasyon kinetiği, ısı işlem normu, fiziksel müdahaleler, kurumadde düzeyi, homojenizasyon, ekzopolisakkarit üretimi, inkübasyon sonu pH değeri ve soğutma hızı olarak tanımlanmaktadır. Bu parametrelerin bakteri kombinasyonu ve asidifikasyon kinetiği hariç tamamı deneme süresi boyunca sabit tutulduğundan örnekler arasındaki farklılığın fermantasyon kinetiğindeki değişimden kaynaklanmış olma olasılığı güçlü görülmektedir. İnkübasyon süresi ve hedef pH değeri aynı olsa bile *S. thermophilus* ve *Lb. bulgaricus* arasındaki protokooperasyon, asidifikasyon kinetiğini önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Literatürde yağ asidi kompozisyonunun fermente ürünlerin tekstürüne de etki ettiği ifade edilmektedir (Hillbrick ve Augustin 2002). Ancak, bu bilgi çalışmamızda kullanılan kombinasyonların lipolitik yetenekleri ve tekstürel özellikleri açısından değerlendirildiğinde doğrulanamamıştır. Benzer şekilde; uzun fermantasyon süresinin pıhtı sıklığını artırabildiği de bilinmektedir. Ancak, bu konu ile ilgili genel yaklaşım fermantasyon sürecinin çok uzun ya da çok kısa olması durumunda tekstürel yapının olumsuz etkileneceği şeklindedir. İnkübasyon sonu pH, yoğurt tekstürü üzerinde önemli etkiye sahiptir ve düşük inkübasyon sonu pH'sı daha viskoz ürün eldesini sağlamaktadır (Beal vd. 1999).

Çizelge 4.9 Kombine kültürler ile üretilen yoğurt örneklerine ait geri ekstrüzyon tekstür analiz sonuçları (*S. thermophilus*; *S. Lb. bulgaricus*; L)

Kombinasyon	Firmness (g)		Consistency (g/s)		Cohesiveness (g)		Index of Viscosity (g/s)	
	1. Gün	14. gün	1. Gün	14. gün	1. Gün	14. gün	1. Gün	14. gün
S (8)/L (29)	260.9 ± 12.75	279.2 ± 0.00	2529.1 ± 757.02	3297.4 ± 88.01	91.3 ± 3.90	122.5±0.10	207.0± 29.34	167.1 ± 142.4
S (8)/L (ML4-1)	182.5 ± 12.75	210.1± 10.80	2275.1 ± 99.06	2673.6 ± 33.50	93.3 ± 1.29	103.1±1.74	195.2 ± 7.17	229.0 ± 3.18
S (11)/L (41)	273.0 ± 27.53	285.1 ± 5.56	3248.2 ± 241.43	3375.9 ± 65.08	130.5±12.18	144.0±4.60	151.5±110.8	158.9 ± 129.7
S (19-2)/L (41)	206.2 ± 12.00	248.0 ± 0.25	2554.4 ± 59.47	3043.2 ± 30.43	109.5 ± 0.89	122.2±1.82	212.9± 26.93	245.9 ± 9.63
S (23)/L (25)	240 ± 9.00	275.0±14.32	2633.0 ± 41.66	3346.9 ± 85.60	135.8± 11.25	145.1±9.76	229.0± 14.08	144.5 ± 111.2
S (23)/L (27)	191.2 ± 33.51	207.8 ± 1.63	2543.0 ± 66.78	2665.4 ± 33.94	128.2± 26.31	143.7±0.99	201.2 ± 6.35	246.2 ± 7.55
S (23)/L (29)	229.9 ± 15.81	253.1± 23.58	2643.0 ± 112.67	3135.4 ± 252.11	129.1 ± 3.45	147.1±19.14	69.3 ± 10.15	296.9 ± 28.44
S (23)/L (41)	225.2 ± 2.14	251.9 ± 9.02	2895.9 ± 16.05	3043.8 ± 33.14	133.0 ± 8.50	143.4±1.28	77.4 ± 16.59	272.1 ± 28.31
S (23)/L (42)	189.6 ± 11.55	241.2± 17.25	2475.9 ± 33.19	2918.3 ± 231.96	128.3 ± 6.90	141.2± 13.93	81.2 ± 2.55	229.5 ± 13.98
S (23)/L (ML4-1)	199.6 ± 7.77	230.8 ± 1.85	2506.5 ± 20.60	2698.3 ± 6.96	120.4 ± 1.61	158.2 ± 1.27	77.8 ± 21.72	45.6 ± 0.50
S (23)/L (ML7-6)	241.9 ± 4.37	257.7 ± 3.37	2995.8 ± 23.53	32288 ± 72.42	123.6 ± 3.52	142.6 ± 2.74	252.8 ± 4.88	187.1 ± 89.24
S (23)/L (ML9-5)	225.8 ± 0.96	247.9 ± 8.19	2847.5 ± 5.71	2996.1 ± 157.69	111.5 ± 2.69	146.0± 11.09	244.3 ± 7.57	153.8 ± 88.68
S (26)/L (27)	222.0 ± 13.50	253.3± 11.21	2501.2 ± 61.11	2937.08 ± 33.46	166.9 ± 4.26	153.99± 3.55	56.6 ± 5.51	129.33 ± 11.3
S (26)/L (29)	201.8 ± 0.73	151.8 ± 4.68	2446.8 ± 1.19	1867.5 ± 110.61	90.2 ± 3.66	77.3 ± 3.70	177.6± 18.06	156.7 ± 4.91
S (26)/L (41)	210.6 ± 4.53	169.2 ± 5.88	2603.1 ± 11.25	2049.1 ± 9.62	93.6 ± 2.19	90.4 ± 8.46	184.2 ± 5.00	181.0 ± 12.68
S (26)/L (ML7-6)	201.9 ± 10.94	139.2 ± 1.08	2298.1 ± 48.70	1679.9 ± 4.01	88.4 ± 2.40	79.2 ± 4.24	184.6 ± 1.27	174.1 ± 11.74
S (26)/L (ML9-5)	226.1 ± 1.25	176.9± 11.23	2747.3 ± 35.47	2183.2 ± 63.97	106.1 ± 1.99	91.3 ± 1.56	192.6± 10.49	187.3 ± 6.51
S (27)/L (27)	188.7 ± 13.05	221.8 ± 8.13	2391.5 ± 157.89	2760.7 ± 67.12	110.4 ± 6.52	153.9 ± 5.30	128.7± 88.12	47.4 ± 16.57
S (27)/L (29)	154.5 ± 0.62	202.3 ± 9.16	1958.2 ± 4.23	2268.0 ± 11.09	74.5 ± 6.05	111.3± 10.72	155.9± 10.02	222.3 ± 18.27
S (27)/L (41)	135.2 ± 3.76	175.7 ± 1.52	1566.9 ± 73.78	2083.8 ± 32.92	70.5 ± 4.86	88.7 ± 1.10	155.1± 12.57	186.5 ± 1.25
S (27)/L (42)	212.3 ± 11.19	232.7± 23.29	2630.9 ± 112.83	2908.8 ± 243.94	106.5 ± 5.59	151.6± 19.57	211.8 ± 4.54	121.1 ± 90.32
S (27)/L (ML4-1)	152.7 ± 1.37	188.6 ± 0.85	1792.1 ± 4.49	2180.8 ± 28.62	80.6 ± 8.95	89.7 ± 0.13	164.7 ± 2.01	181.4 ± 7.94
S (27)/L (ML7-6)	144.6 ± 7.77	164.4± 11.51	1708.7 ± 119.75	1911.9 ± 31.39	72.1 ± 3.11	111.1 ± 3.73	167.7 ± 6.21	145.5 ± 66.78
S (27)/L (ML9-5)	140.3 ± 10.19	165.4± 13.79	1636.9 ± 55.58	1891.4 ± 64.21	61.6 ± 4.15	105.2 ± 5.29	140.7 ± 9.46	94.0 ± 22.36
S (75)/L (29)	259.5 ± 13.28	271.7 ± 5.50	3058.6 ± 96.25	3285.1 ± 133.14	123.67± 1.31	119.0 ± 1.01	244.4 ± 51.19	147.3 ± 103.5
S (75)/L (ML4-1)	199.8 ± 13.35	255.6 ± 0.26	2343.7 ± 201.80	3151.5 ± 12.22	166.7± 13.49	11.3 ± 3.30	60.0 ± 3.49	258.4 ± 3.30
S (75)/L (ML7-6)	213.1 ± 10.45	235.4± 11.26	2544.6 ± 124.16	2967.2 ± 126.78	143.0 ± 7.52	125.9 ± 3.76	33.8 ± 9.58	145.6 ± 92.45
S (79)/L (41)	236.3 ± 12.74	244.8± 21.11	2999.7 ± 240.53	3025.6 ± 88.61	134.8± 13.12	119.2 ± 1.32	175.3± 78.37	166.2 ± 13.12
S (81)/L (41)	236.4 ± 1.35	251.3± 12.12	2864.0 ± 33.23	2925.1 ± 54.21	115.7 ± 1.82	130.2 ± 10.2	241.8 ± 5.81	258.7 ± 13.25
S (139)/L (29)	266.4 ± 1.12	275.1± 14.87	2683.1 ± 69.27	3162.2 ± 7.38	118.2 ± 8.70	120.5 ± 3.07	14.2± 95.85	236.2 ± 13.81
S (139)/L (41)	281.2 ± 4.65	297.7± 25.33	3413.7 ± 25.81	3679.0 ± 124.11	116.2 ± 1.91	114.6 ± 6.69	267.8 ± 4.90	277.1 ± 21.36
S (139)/L (ML4-1)	201.8 ± 1.74	230.1 ± 6.84	2333.2 ± 41.62	2616.2 ± 9.55	114.6 ± 5.58	107.5 ± 0.04	129.9± 92.81	213.2 ± 15.88
S (139)/L (ML7-6)	235.2 ± 9.51	297.7 ± 8.80	2849.6 ± 147.68	3514.2 ± 55.11	120.8 ± 4.51	123.9 ± 9.58	146.4± 99.66	287.9 ± 16.80
S (139)/L (ML9-5)	301.2 ± 7.00	329.8± 20.34	3421.9 ± 27.60	3841.9 ± 104.41	117.8 ± 3.35	128.4 ± 6.68	260.5 ± 4.29	206.8 ± 93.94

#### 4.2.5 Kombine kültürler ile üretilen yoğurt örneklerine ait duysal değerlendirmeler

12 adet *S. thermophilus* ve 8 adet *Lb. bulgaricus* suşunun kombinasyonu ile üretilen yoğurtlar Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde 5 adet duysal değerlendirme eğitimi almış deneyimli panelist tarafından tanımlayıcı duysal test modeline göre değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçları çizelge 4.10'da sunulmaktadır. Çizelge 4.11'de ise panelistlerin yoğurt örnekleri hakkında yaptıkları yorumlar yer almaktadır. Bu değerlendirmeler sonucunda 23 ve 27 nolu *S. thermophilus* suşlarının tüm *Lb. bulgaricus* suşları ile kombinasyonlarının yüksek duysal kabul edilebilirliğe sahip yoğurt meydana getirdiği saptanmıştır. Bu iki kombinasyon dışında kalan kombinasyonlarda ise duysal beğeni değerleri çok değişkenlik göstermiştir. Bazı suşlar üretimden itibaren düşük duysal beğeni skorları alırken bazı suşlarda olumsuz duysal özellikler 14 günlük depolama sonrasında belirgin hale gelmiştir. Duysal açıdan tüketilemez ya da 23 ve 27 nolu suşlar ile karşılaştırıldığında daha az tercih edilen kombinasyonlarda tipik yoğurt kokusunun yanında en belirgin koku karakteristikleri yemimsi ve yabancı kokular olmuştur. Ayrıca, panelistler, bazı örneklerde tanımlanamayan kötü koku ve ahırımı/hayvanımı koku varlığını tespit etmişlerdir. Duysal açıdan en beğenilen kombinasyon olan *S. thermophilus* 27 ile tüm *Lb. bulgaricus* karışımlarının (*Lb. bulgaricus* 25 hariç) en baskın koku karakteristiği yoğurt kokusu ve ekşimsi koku olmuştur. Bazı panelistler ise belirgin asetaldehit kokusunun varlığına işaret etmiştir. Lezzet değerlendirmesi açısından 11 ve 19-2 nolu suşların kullanıldığı kombinasyonlarda yabancı lezzet baskın olarak algılanmıştır. Yoğurt lezzeti hemen hemen tüm kombinasyonların hakim lezzet karakteristiği olurken; tatlımsı, kremamsı, yavan, ekşimsi, sütlümsü, acımsı, ahırımı, kuruyemişimsi, efervesan ve umami lezzet karakteristikleri de farklı kombinasyonlar için kaydedilmiştir. 70, 75, 79, 81 ve 139 nolu *S.thermophilus* suşlarının bazı kombinasyonlarında belirgin tatlımsı lezzet ön plana çıkmıştır. Duysal tekstür değerlendirmeleri hem kaşık hem de ağız kıvamı açısından gerçekleştirilmiştir. Genel olarak, örneklerin kaşık ve ağız kıvam değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Depolama süresi boyunca kıvam değerlerinde belirgin bir değişim kaydedilmemiştir. Tat sonrası izlenim kısa, orta ve uzun olarak üç skalada değerlendirilmiştir. *S. thermophilus* 27 nolu suşun kombinasyonlarının ağızda diğer kombinasyonlara oranla daha uzun yoğurt tadı bıraktığı tüm panelistlerce

belirtilmiştir. 23 ve 26 nolu *S. thermophilus* suşlarının bazı kombinasyonlarının da ağızda kısmen uzun tat algısı bıraktığı, buna karşın 70, 75, 79, 81 ve 139 nolu suşların birçoğunun *Lb. bulgaricus* ile yapmış olduğu kombinasyonların kısa süreli yoğurt tat algısı bıraktığı belirlenmiştir. *S. thermophilus* 6-2 nolu suşun bazı kombinasyonlarında tat sonrası ağızda yoğurt aromasının kaldığı ancak depolama süresi boyunca ortaya çıkan tat ve aroma özelliklerinin bu kombinasyonları tüketilemez kıldığı belirlenmiştir. *S. thermophilus* 8 nolu suşun *Lb. bulgaricus* 29 ve ML4-1 suşları ile olan kombinasyonlarının ticarileşebilir nitelikte olduğu ve her iki kombinasyonun da belirgin ekşimsi tat ve kıvam özellikleri nedeniyle köy yoğurduna benzerlik gösterdiği ifade edilmiştir. *S. thermophilus* 11 nolu suşun *Lb. bulgaricus* 41 ile yapmış olduğu kombinasyon hariç ticarileşebilme potansiyeline sahip kombinasyon tespit edilememiştir. *S. thermophilus* 19-2 ile *Lb. bulgaricus* 41 kombinasyonunun baskın tatlımsı tat nedeniyle çocuk tüketimine uygun yoğurt üretiminde kullanılabileceği, diğer kombinasyonların ise ticari değerinin olmadığı belirlenmiştir. *S. thermophilus* 23 ile tüm *Lb. bulgaricus* kombinasyonlarının başarılı sonuçlar verdiği ve son ürünün kabul edilebilir düzeyde ekşiliğe sahip olduğu belirtilmiştir. *S. thermophilus* 26 ile *Lb. bulgaricus* 41, ML4-1, 25 ve 42 kombinasyonlarının ticari ölçekte üretime uygun tat/aromaya sahip olmadıkları, *Lb. bulgaricus* 27 ile olan kombinasyonunun ise torba yoğurdu üretimi için uygun olabileceği değerlendirilmiştir. *S. thermophilus* 27 ile tüm *Lb. bulgaricus* kombinasyonlarının başarılı sonuç verdiği, sadece *Lb. bulgaricus* ML4-1, ML9-5 ve ML7-6 ile olan kombinasyonlarda 14 günlük depolama sonunda hafif bir aroma kaybı, atipik aroma ve meyvemsi aroma gelişimi gözlenmiştir. *S. thermophilus* 70'in *Lb. bulgaricus* ile yaptığı hiçbir kombinasyon başarılı bulunmazken, *S. thermophilus* 75'in *Lb. bulgaricus* 41, 29, ML4-1, ML7-6 kombinasyonlarının ekşi yoğurt üretimi için uygun olabileceği ancak diğer kombinasyonların endüstriyel üretime uygunluk göstermediği belirlenmiştir. *S. thermophilus* 79'un *Lb. bulgaricus* 41 ve 29 suşları ile kombinasyonları zayıf endüstriyel potansiyele sahip kombinasyonlar olarak değerlendirilmiştir. *S. thermophilus* 81'in *Lb. bulgaricus* 41 ile kombinasyonunun kısmen başarılı sayılabileceği, ancak diğer kombinasyonların tüketilemez olduğu bulunmuştur. *S. thermophilus* 139 ile *Lb. bulgaricus* ML4-1 kombinasyonu çok başarılı bulunurken, *Lb. bulgaricus* 41 ve ML7-6 ile olan kombinasyonlarında hafif asitlik gelişimi, 29 nolu suş ile olan kombinasyonunda ise hafif aroma yetersizliği



kaydedilmiştir. Duyusal değerlendirmeler sonucunda denemelerin ileri aşamalarında devam edilecek olan kombinasyonlar çizelge 4.12’de sunulmaktadır.



Çizelge 4.10 Kombine yoğurt kültürleri ile hazırlanan yoğurtlara ait genel duyuşal değerlendirme tablosu

<i>Lb. bulgaricus</i> →		29	41	ML4-1	ML7-6	ML9-5	25	27	42	Açıklama
<i>S.thermophilus</i> ↓										
6-2	1. Gün									Üretime uygun değil
	14. Gün									
8	1. Gün									<i>Lb. bulgaricus</i> 'un 29 ve ML4-1 suş kombinasyonu hariç üretme uygun değil
	14. Gün									
11	1. Gün									<i>Lb. bulgaricus</i> 'un 41 nolu suşu ile kombinasyonu üretme uygun
	14. Gün									
19-2	1. Gün									<i>Lb. bulgaricus</i> 'un 41 nolu suşu ile kombinasyonu üretme uygun
	14. Gün									
23	1. Gün									Tüm <i>Lb. bulgaricus</i> suşları ile kombinasyonlar üretme uygun
	14. Gün									
26	1. Gün									<i>Lb. bulgaricus</i> 'un 29, 41, 27, ML9-5 ve ML7-6 nolu suşları ile kombinasyonu üretme uygun
	14. Gün									
27	1. Gün									Tüm <i>Lb. bulgaricus</i> suşları ile kombinasyonlar üretme uygun
	14. Gün									
70	1. Gün									Üretme uygun değil
	14. Gün									
75	1. Gün									<i>Lb. bulgaricus</i> 'un 29, ML4-1 ve ML7-6 nolu suşları ile kombinasyonu üretme uygun
	14. Gün									
79	1. Gün									<i>Lb. bulgaricus</i> 'un 41 nolu suşu ile kombinasyonu üretme uygun
	14. Gün									
81	1. Gün									<i>Lb. bulgaricus</i> 'un 41 nolu suşu ile kombinasyonu üretme uygun
	14. Gün									
139	1. Gün									<i>Lb. bulgaricus</i> 'un 25, 27 ve 42 nolu suşları hariç diğer kombinasyonlar ile üretme uygun
	14. Gün									
<b>NOT</b>										
		Duyusal açıdan kabul edilebilir ürün								
		Duyusal açıdan kabul edilemez ürün								

Çizelge 4.11 Yoğurt örnekleri hakkında panel grubunun yapmış olduğu değerlendirmeler

Kombinasyon		Koku	Lezzet (tat-aroma)	Tekstür	Tat sonrası izlenim	Tat sonrası ağızda kalan aroma	Genel lezzet etkisi	Açıklama	
<b>DEĞERLENDİRME SKALASI</b>									
<i>S. thermophilus</i>	<i>Lb. bulgaricus</i>								
6-2	41 (1. Gün)	Yoğurt (12)	Ekşi (8) Yoğurt (12)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (10)	Orta	Baskın yoğurt	Ticarileşebilir (13), Temiz aroma Temiz koku, Dengeli lezzet	Laktik asit hafif baskın	
	41 (14. Gün)	Kötü koku (14)					Ticarileşemez (0)	14. gün sonunda tüketilemez bulundu	
	29 (1. Gün)	Yoğurt (10)	Yoğurt (14)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (12)	Uzun	Yoğurt	Ticarileşebilir (14), Dengeli aroma karakteristik tat daha baskın	Asetaldehit baskın, 41 nolu suşla kombinlenebilir	
	29 (14. Gün)	Kötü koku (15)					Ticarileşemez (0)	14. gün sonunda tüketilemez bulundu	
	ML4-1 (1. Gün)	Yoğurt (10)	Ekşi (14) Yoğurt (12)	Ağız kıvamı (8) Kaşık kıvamı (10)	Orta	Yoğurt	Ticarileşebilir (12), Ekşi sevenler için klasik-karakteristik tat var	Ekşilik baskın	
	ML4-1 (14. Gün)	Kötü koku (8)	Aşırı ekşi				Ticarileşemez (0)	14. günde atipik tat ve koku gelişimi	
	ML7-6 (1. Gün)	Yoğurt (12) Ekşi (5)	Ekşimsi (10) Tatlımsı (10) Yoğurt (10)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (12)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşebilir (10)	Karakteristik yoğurt tadı yok	
	ML7-6 (14. Gün)	Kötü koku (14)					Ticarileşemez (0)	14. günde atipik tat ve koku gelişimi	
	ML9-5 (1. Gün)	Yoğurt (12)	Ekşimsi (8) Yavan tat (12)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (12)	Orta	Yavan yoğurt	Zayıf ticarileşebilir (8)		
	ML9-5 (14. Gün)	Kötü koku (14)					Ticarileşemez (0)	14. günde atipik tat ve koku gelişimi	
	25 (1. Gün)	Kötü koku (10) Yemimsi tat (12)					Ticarileşemez (0)	Atipik tat ve koku gelişimi mevcut	
	25 (14. Gün)	Kötü koku (14)					Ticarileşemez (0)		
	27 (1. Gün)	Kötü koku (12) Atipik tat (12)					Ticarileşemez (0)	Atipik tat ve koku gelişimi mevcut	
	27 (14. Gün)	Kötü koku (13)					Ticarileşemez (0)		
	42 (1. Gün)	Kötü koku (14) Yemimsi tat (13)					Ticarileşemez (0)	Atipik tat ve koku gelişimi mevcut	
42 (14. Gün)	Kötü koku (14)					Ticarileşemez (0)			

Çizelge 4.11 Yoğurt örnekleri hakkında panel grubunun yapmış olduğu değerlendirmeler (devam)

Kombinasyon		Koku	Lezzet (tat-aroma)	Tekstür	Tat sonrası izlenim	Tat sonrası ağızda kalan aroma	Genel lezzet etkisi	Açıklama
<b>DEĞERLENDİRME SKALASI</b>								
<i>S. thermophilus</i>	<i>Lb. bulgaricus</i>							
		Yok	Fark edilebilir	Çok hafif	Hafif	Hafif-orta	Orta	Kuvvetli-orta
<b>8</b>	41 (1. Gün)	Yoğurt (9-10) Yağ (5) Süt (3)	Tatlı (7-8) Yoğurt (10) Kremamsı (4-5)	Ağız kıvamı (5) Kaşık kıvamı (10)	Kısa	Yoğurt tadı (kremamsı) Yoğurt tadı (geride)	Ticarileşebilir (13)	Pürüzsüz Serum ayrılması yok
	41 (14. Gün)	Yoğurt (7,5)	Ekşi (8) Proteoliz acısı (5)	Ağız kıvamı (13) Kaşık kıvamı (13)	Orta	Proteolitik acılık Ekşilik	Ticarileşemez (0)	14. gün sonunda aşırı acı bulundu
	29 (1. Gün)	Yoğurt (10) Ekşi (9)	Yoğurt (10) Ekşilik (8-9)	Ağız kıvamı (12) Kaşık kıvamı (14)	Orta	Yoğurt (asetaldehit)	Ticarileşebilir (12)	Yoğurt aroması baskın Diasetil tadı hissediliyor
	29 (14. Gün)	Yabancı koku (8)	Yoğurt (5-6) Ekşilik (10) Proteoliz acısı (7)	Ağız kıvamı (12) Kaşık kıvamı (14)	Uzun	Ekşilik Proteolitik acılık	Ticarileşebilir (10)	Ekşi yoğurt aroması mevcut, Tekstürü çok iyi ancak acılık baskın
	ML4-1 (1. Gün)	Yoğurt (4) Kremamsı (5)	Ekşi (5), Yoğurt (13), Kremamsı (4)	Ağız kıvamı (7) Kaşık kıvamı (8)	Orta	Yoğurt Kremamsı	Ticarileşebilir (10)	
	ML4-1 (14. Gün)	Yoğurt (12)	Yoğurt tadı (10) Ekşilik (12)	Ağız kıvamı (12) Kaşık kıvamı (14)	Uzun	Ekşi Yoğurt	Ticarileşebilir (12)	Tipik köy yoğurdu tadı
	ML7-6 (1. Gün)	Tereyağı (10) Yoğurt (9) Süt (2,5)	Sütümsü (8) Tatlımsı (9-10) Yoğurt (5)	Ağız kıvamı (5) Kaşık kıvamı (12)	Kısa	Tatlımsı	Zayıf ticarileşebilir (5)	
	ML7-6 (14. Gün)	Yoğurt (2,5-3,0)	Yoğurt (3) Yabancı tat (7,5)	Ağız kıvamı (12) Kaşık kıvamı (14)	Kısa	Yoğurt tadı	Ticarileşemez (0)	Yetersiz aroma Yabancı tat gelişimi
	ML9-5 (1. Gün)	Yoğurt (3) Tatlımsı-şeker (5)	Yoğurt (13-14) Krema tadı (12) Ekşilik (7)	Ağız kıvamı (9) Kaşık kıvamı (12)	Orta	Kremamsı Yoğurt aroması	Zayıf ticarileşebilir (8)	
	ML9-5 (14. Gün)	Yoğurt (7,5)	Yoğurt (6-7) Kremamsı tat (5)	Ağız kıvamı (12) Kaşık kıvamı (12)	Kısa	Ekşimsi (7,5-8,5)	Zayıf ticarileşebilir (8)	Yetersiz aroma gelişimi mevcut
	25 (1. Gün)	Kötü koku (10) Yemimsi tat (12)					Ticarileşemez (0)	Atipik tat ve koku gelişimi mevcut
	25 (14. Gün)	Kötü koku (14)					Ticarileşemez (0)	
	27 (1. Gün)	Kötü koku (12) Atipik tat (12)					Ticarileşemez (0)	Atipik tat ve koku gelişimi mevcut
	27 (14. Gün)	Kötü koku (13)					Ticarileşemez (0)	
	42 (1. Gün)	Kötü koku (14) Yemimsi tat (13)					Ticarileşemez (0)	Atipik tat ve koku gelişimi mevcut
	42 (14. Gün)	Kötü koku (14)					Ticarileşemez (0)	

Çizelge 4.11 Yoğurt örnekleri hakkında panel grubunun yapmış olduğu değerlendirmeler (devam)

Kombinasyon	Koku	Lezzet (tat-aroma)	Tekstür	Tat sonrası izlenim	Tat sonrası ağızda kalan aroma	Genel lezzet etkisi	Açıklama	
<b>DEĞERLENDİRME SKALASI</b>								
<i>S. thermophilus</i>	<i>Lb. bulgaricus</i>							
		Yok	Fark edilebilir	Çok hafif	Hafif	Hafif-orta	Orta	Kuvvetli-orta
<b>11</b>	41 (1. Gün)	Yoğurt (12)	Ekşi (7-8) Yoğurt (12) Kremamsı (7-8)	Ağız kıvamı (12) Kaşık kıvamı (12)	Orta	Yoğurt tadı Hafif kremamsı	Ticarileşebilir (12)	Tipik yoğurt özellikleri mevcut
	41 (14. Gün)	Yoğurt (10) Ekşi (10) Kötü koku (8-10)	Ekşi (10) Yoğurt (12-13) Kremamsı (8-9)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (12)	Orta	Hafif ekşi kremamsı yoğurt	Ticarileşebilir (12-13)	Depolama boyunca tipik yoğurt özellikleri korunmuş
	29 (1. Gün)	Yabancı koku (15)	Yabancı tat (15)	Ağız kıvamı (8) Kaşık kıvamı (10)	Kısa	Zayıf aroma	Ticarileşemez (0)	Çok kötü tat koku ve aroma mevcut
	29 (14. Gün)	Ekşi (8) Yoğurt (10)	Tatlımsı (10) Yoğurt (8) Ekşi (5)	Ağız kıvamı (8) Kaşık kıvamı (10)	Kısa	Fermentasyon yetersiz	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf aroma ve kötü koku mevcut
	ML4-1 (1. Gün)	Yoğurt (7)	Ekşi (10) Yoğurt (10)	Ağız kıvamı (8) Kaşık kıvamı (10)	Orta	Yoğurt Ekşi	Ticarileşebilir (13-14)	Kaygan, hoş ve yumuşak yapı mevcut
	ML4-1 (14. Gün)	Yabancı koku (15)	Yabancı tat (15)	Ağız kıvamı (6) Kaşık kıvamı (8)	Uzun	Ekşi yakıcı tat	Ticarileşemez (0)	Aşırı asidik yakıcı tat
	ML7-6 (1. Gün)	Yabancı koku (15)	Yabancı tat (15)				Ticarileşemez (0)	Çok kötü tat koku ve aroma mevcut
	ML7-6 (14. Gün)						Ticarileşemez (0)	Alkol tadı (kolonya benzeri)
	ML9-5 (1. Gün)	Yabancı koku (15)	Yabancı tat (15)				Ticarileşemez (0)	Çok kötü tat koku ve aroma mevcut
	ML9-5 (14. Gün)						Ticarileşemez (0)	Çok zayıf aroma
	25 (1. Gün)	Yabancı koku (15)	Yabancı tat (15)				Ticarileşemez (0)	Çok kötü tat koku ve aroma mevcut
	25 (14. Gün)						Ticarileşemez (0)	
	27 (1. Gün)	Yabancı koku (15)	Yabancı tat (15)				Ticarileşemez (0)	Çok kötü tat koku ve aroma mevcut
	27 (14. Gün)						Ticarileşemez (0)	
	42 (1. Gün)	Yabancı koku (15)	Yabancı tat (15)				Ticarileşemez (0)	Çok kötü tat koku ve aroma mevcut
42 (14. Gün)						Ticarileşemez (0)		

Çizelge 4.11 Yoğurt örnekleri hakkında panel grubunun yapmış olduğu değerlendirmeler (devam)

Kombinasyon	Koku	Lezzet (tat-aroma)	Tekstür	Tat sonrası izlenim	Tat sonrası ağızda kalan aroma	Genel lezzet etkisi	Açıklama		
<b>DEĞERLENDİRME SKALASI</b>									
<i>S. thermophilus</i>	<i>Lb. bulgaricus</i>								
		0	1	2.5	5	7.5	10	12.5	15
		Yok	Fark edilebilir	Çok hafif	Hafif	Hafif-orta	Orta	Kuvvetli-orta	Kuvvetli
<b>19-2</b>	41 (1. Gün)	Yoğurt (10)	Yavan (12) Tatlımsı (10)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (12)	Orta	Kremamsı Tatlımsı	Ticarileşebilir (10-12)	Yavan tat mevcut. Çocuk yoğurdu üretimine uygun	
	41 (14. Gün)	Yoğurt (8) Ekşi (10-12)	Ekşi (5) Yoğurt (12) Tatlımsı (10)	Ağız kıvamı (12) Kaşık kıvamı (12)	Orta	Tatlımsı yoğurt	Ticarileşebilir (10)		
	29 (1. Gün)	Yoğurt (10)	Yavan (13)	Ağız kıvamı (13) Kaşık kıvamı (13)	Orta	Tuzlumsu Tatlımsı	Ticarileşebilir (10)	Tatlımsı aroma baskın	
	29 (14. Gün)	Ekşi (10) Yoğurt (8) Kötü koku (5)	Acılık (5) Yoğurt (8) Ekşi (10)	Ağız kıvamı (13-14) Kaşık kıvamı (13)	Orta	Hafif asidik Acımsı tat	Ticarileşebilir (10)	Acımsı tat mevcut	
	ML4-1 (1. Gün)	Yoğurt (10) Ekşi (8)	Ekşi (14) Yoğurt (12)	Ağız kıvamı (12) Kaşık kıvamı (13)	Orta	Ekşi	Ticarileşebilir (13-14)	Ekşi yoğurt sevenler için uygun	
	ML4-1 (14. Gün)	Kötü koku (10)	Aşırı ekşi (15)	Ağız kıvamı (6) Kaşık kıvamı (8)	Uzun	Ekşi yakıcı tat	Ticarileşemez (0)	Limon benzeri aşırı asidik tat	
	ML7-6 (1. Gün)	Yoğurt (10)	Tatlımsı (10) Yoğurt (8)	Ağız kıvamı (12) Kaşık kıvamı (13)	Orta	Yoğurt Tatlımsı	Ticarileşebilir (11)	Yetersiz yavan aroma	
	ML7-6 (14. Gün)	Yoğurt (8) Ekşi (5)	Yoğurt (10) Acımsı (8)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (10)	Orta	Acımsı tat	Zayıf ticarileşebilir (8)	Baskın acılık mevcut	
	ML9-5 (1. Gün)	Yoğurt (10)	Kötü aroma (15)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (12)	Orta	Atipik aroma	Ticarileşemez (0)	Çok kötü tat koku ve aroma mevcut	
	ML9-5 (14. Gün)	Yoğurt (10)	Kötü aroma (15)	Ağız kıvamı (8) Kaşık kıvamı (8)	Kısa	Atipik aroma	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf aroma	
	25 (1. Gün)	Yabancı koku (15)	Yabancı tat (15)				Ticarileşemez (0)	Çok kötü tat koku ve aroma mevcut	
	25 (14. Gün)						Ticarileşemez (0)		
	27 (1. Gün)	Yabancı koku (15)	Yabancı tat (15)				Ticarileşemez (0)	Çok kötü tat koku ve aroma mevcut	
	27 (14. Gün)						Ticarileşemez (0)		
42 (1. Gün)	Yabancı koku (15)	Yabancı tat (15)				Ticarileşemez (0)	Çok kötü tat koku ve aroma mevcut		
42 (14. Gün)						Ticarileşemez (0)			

Çizelge 4.11 Yoğurt örnekleri hakkında panel grubunun yapmış olduğu değerlendirmeler (devam)

Kombinasyon		Koku	Lezzet (tat-aroma)	Tekstür	Tat sonrası izlenim	Tat sonrası ağızda kalan aroma	Genel lezzet etkisi	Açıklama
<b>DEĞERLENDİRME SKALASI</b>								
<i>S. thermophilus</i>	<i>Lb. bulgaricus</i>							
		0	1	2.5	5	7.5	10	12.5
23	41 (1. Gün)	Yoğurt (13)	Yoğurt (15) Ekşi (10-12)	Ağız kıvamı (14) Kaşık kıvamı (14)	Uzun	Yoğurt	Ticarileşebilir (14-15)	Tipik yoğurt tat ve aroması mevcut
	41 (14. Gün)	Yoğurt (8) Ekşi (12)	Ekşi (14) Yoğurt (12)	Ağız kıvamı (13) Kaşık kıvamı (14)	Uzun	Ekşi yoğurt	Ticarileşebilir (12-13)	Ekşi yoğurt sevenler için uygun
	29 (1. Gün)	Yoğurt (8-10)	Yoğurt (12) Ekşi (10)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (12)	Uzun	Yoğurt	Ticarileşebilir (13)	Tipik yoğurt tat ve aroması mevcut
	29 (14. Gün)	Ekşi (12) Yoğurt (10)	Yoğurt (13-14) Ekşi (10-11)	Ağız kıvamı (12) Kaşık kıvamı (13)	Uzun	Hafif ekşi yoğurt	Ticarileşebilir (14)	Tipik yoğurt tat ve aroması mevcut
	ML4-1 (1. Gün)	Yoğurt (12)	Ekşi (11) Yoğurt (13)	Ağız kıvamı (12) Kaşık kıvamı (14)	Orta	Yoğurt	Ticarileşebilir (13)	Tipik yoğurt tat ve aroması mevcut
	ML4-1 (14. Gün)	Yoğurt (10) Ekşi (7-8)	Yoğurt (12), Ekşi (10), Acımsı (5)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (12)	Uzun	Ekşi yoğurt	Ticarileşebilir (12)	Kabul edilebilir yoğurt tat ve aroması mevcut
	ML7-6 (1. Gün)	Yoğurt (10)	Ekşi (10) Yoğurt (12-13)	Ağız kıvamı (12) Kaşık kıvamı (13)	Orta	Yoğurt	Ticarileşebilir (13-14)	Tipik yoğurt tat ve aroması mevcut
	ML7-6 (14. Gün)	Yoğurt (10) Ekşi (8)	Yoğurt (14) Acımsı (11-12)	Ağız kıvamı (12) Kaşık kıvamı (13)	Uzun	Yoğurt	Ticarileşebilir (14-15)	Tipik yoğurt tat ve aroması mevcut
	ML9-5 (1. Gün)	Yoğurt (10)	Yoğurt (12) Ekşi (10-12)	Ağız kıvamı (10-11) Kaşık kıvamı (12)	Orta	Hafif ekşi yoğurt	Ticarileşebilir (12)	Tipik yoğurt tat ve aroması mevcut
	ML9-5 (14. Gün)	Yoğurt (10) Ekşi (8)	Yoğurt (12-13) Ekşi (10-11) Kremamsı (8-10)	Ağız kıvamı (11) Kaşık kıvamı (12)	Uzun	Kremamsı yoğurt	Ticarileşebilir (13-14)	Tipik yoğurt tat ve aroması mevcut
	25 (1. Gün)	Yoğurt (11)	Yoğurt (13) Ekşi (7)	Ağız kıvamı (11) Kaşık kıvamı (12)	Orta	Yoğurt	Ticarileşebilir (13-14)	Tipik yoğurt tat ve aroması mevcut
	25 (14. Gün)	Yoğurt (14) Ekşi (12)	Ekşi (12-13) Yoğurt (13-14)	Ağız kıvamı (10-11) Kaşık kıvamı (12)	Orta	Ekşi yoğurt	Ticarileşebilir (14)	Tipik yoğurt tat ve aroması mevcut
	27 (1. Gün)	Yoğurt (10), Ekşi koku (10), Kötü koku (7)	Yoğurt (11) Ekşi (13)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (10)	Orta	Ekşi yoğurt	Ticarileşebilir (13)	Tipik yoğurt tat ve aroması mevcut
	27 (14. Gün)	Yoğurt (10) Kötü koku (7)	Yoğurt (11-12) Ekşi (13-14)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (12)	Uzun	Ekşi yoğurt	Ticarileşebilir (12)	Tipik yoğurt tat ve aroması mevcut
	42 (1. Gün)	Yoğurt (10) Ekşi (5)	Yoğurt (13) Ekşi (10)	Ağız kıvamı (14) Kaşık kıvamı (14)	Orta	Yoğurt	Ticarileşebilir (14)	Tipik yoğurt tat ve aroması mevcut
	42 (14. Gün)	Yoğurt (12) Ekşi (12)	Yoğurt (12) Acımsı (7), Ekşi (5)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (11)	Uzun	Yoğurt Hafif acımsı	Ticarileşebilir (12)	Depolamada hafif kalite kaybı mevcut

Çizelge 4.11 Yoğurt örnekleri hakkında panel grubunun yapmış olduğu değerlendirmeler (devam)

Kombinasyon		Koku	Lezzet (tat-aroma)	Tekstür	Tat sonrası izlenim	Tat sonrası ağızda kalan aroma	Genel lezzet etkisi	Açıklama	
<b>DEĞERLENDİRME SKALASI</b>									
<i>S. thermophilus</i>	<i>Lb. bulgaricus</i>								
		0	1	2.5	5	7.5	10	12.5	15
26	41 (1. Gün)	Asetaldehit (10-11) Hafif ekşi (5-6)	Kremamsı (7,5-8) Ekşi-tatlımsı (7,5-8)	Ağız kıvamı (9-10) Kaşık kıvamı (12)	Orta	Ekşi Asetaldehit	Zayıf ticarileşebilir (10)	Yoğurt aroması yüksek, asitliği geliştirilmeli, Ahırımımsı koku	
	41 (14. Gün)	Asetik asit (10-11) Ekşi (13)	Ekşi (3) Yoğurt (10)	Ağız kıvamı (8) Kaşık kıvamı (10)	Orta	Yoğurt aroması	Ticarileşebilir (12)		
	29 (1. Gün)	Asetaldehit (10)	Yoğurt (12), Ekşi (9-10), Kremamsı (12)	Ağız kıvamı (9-10) Kaşık kıvamı (10)	Uzun	Yoğurt Ekşi	Ticarileşebilir (12)	Başarılı ürün, baskın yoğurt tadı, hafif ekşimsi	
	29 (14. Gün)	Ekşi (8) Asetaldehit (12)	Yoğurt (12), Tatlımsı (3), Asetaldehit (12)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (10)	Kısa	Yoğurt aroması Asetaldehit	Ticarileşebilir (12)	Başarılı ürün	
	ML4-1 (1. Gün)	Yoğurt (9-10) Asetaldehit (7,5)	Ekşi (9-10), Zayıf yoğurt aroması (7,5-8,5)	Ağız kıvamı (7,5) Kaşık kıvamı (7,5)	Kısa	Kremamsı Ekşimsi	Ticarileşemez (0)	Yoğurt aroması zayıf	
	ML4-1 (14. Gün)	Yoğurt (10) Ekşi (8)	Yoğurt (8), Ekşi (2,5) Yavan tat (8)	Ağız kıvamı (8) Kaşık kıvamı (10)	Orta	Yoğurt	Zayıf ticarileşebilir (9)	Yavan tat gelişimi mevcut	
	ML7-6 (1. Gün)	Yoğurt (7-8) Asetaldehit (10)	Ekşi (10), Yoğurt (12) Asetaldehit (8-9)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (14)	Uzun	Yoğurt Kremamsı	Ticarileşebilir (13)	Başarılı ürün, ekşi yoğurt tadı mevcut	
	ML7-6 (14. Gün)	Yoğurt (13) Ekşi (10) Ahırımımsı (8)	Yoğurt (13-14) Ahırımımsı (8)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (10)	Orta	Yoğurt	Ticarileşebilir (13)	Tipik yoğurt tat ve aroması mevcut	
	ML9-5 (1. Gün)	Asetaldehit (7-8)	Asetaldehit (9-10) Ekşi (7)	Ağız kıvamı (12) Kaşık kıvamı (14)	Orta	Kremamsı Ekşi	Zayıf ticarileşebilir (10)	Asitlik gelişirse başarılı olabilir	
	ML9-5 (14. Gün)	Hafif asetaldehit (8)	Ekşi (12) Yoğurt (12-13) Hayvanımsı (7)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (13)	Uzun	Yoğurt tadı	Ticarileşebilir (14)	Tipik yoğurt tat ve aroması mevcut	
	25 (1. Gün)	Atipik ve yoğun kötü koku					Ticarileşemez (0)	Kabuledilemez koku ve tat	
	25 (14. Gün)								
	27 (1. Gün)	Yoğurt (10) Ekşi koku (10)	Yoğurt (13) Ekşi (15)	Ağız kıvamı (14) Kaşık kıvamı (14)	Uzun	Ekşi yoğurt	Ticarileşebilir (14-15)	Torba yoğurdu için çok ideal	
	27 (14. Gün)	Yoğurt (12) Ekşilik(15)	Yoğurt (12) Ekşi (15)	Ağız kıvamı (13) Kaşık kıvamı (13)	Uzun	Ekşi yoğurt	Ticarileşebilir (10)	Depolamada ekşiik aşırı boyutta arttı	
	42 (1. Gün)	Atipik ve yoğun kötü koku					Ticarileşemez (0)	Kabuledilemez koku ve tat	
42 (14. Gün)									



Çizelge 4.11 Yoğurt örnekleri hakkında panel grubunun yapmış olduğu değerlendirmeler (devam)

Kombinasyon		Koku	Lezzet (tat-aroma)	Tekstür	Tat sonrası izlenim	Tat sonrası ağızda kalan aroma	Genel lezzet etkisi	Açıklama
<b>DEĞERLENDİRME SKALASI</b>								
<i>S. thermophilus</i>	<i>Lb. bulgaricus</i>							
		0	1	2.5	5	7.5	10	12.5
27	41 (1. Gün)	Yoğurt (12) Ekşi (10)	Yoğurt (10), Ekşi (10) Kuruymuş tadı (5) Ferahlatıcı (12)	Ağız kıvamı (7) Kaşık kıvamı (7)	Orta	Yoğurt Ferahlatıcı	Ticarileşebilir (13)	Ferahlık verici başarılı bir ürün
	41 (14. Gün)	Yoğurt (12) Ekşi (10)	Ekşi (14), Yoğurt (14) Kremamsı (10)	Ağız kıvamı (12) Kaşık kıvamı (12)	Uzun	Ekşi yoğurt	Ticarileşebilir (14-15)	Başarılı bir ürün
	29 (1. Gün)	Yoğurt (10) Ekşi (8)	Yoğurt (12), Ekşi (10) Tatlımsı (8)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (10)	Uzun	Yoğurt Tatlımsı tat	Ticarileşebilir (13-14)	Başarılı ürün, baskın yoğurt tadı
	29 (14. Gün)	Ekşi (8) Yoğurt (5)	Yoğurt (10-12) Ekşi (14)	Ağız kıvamı (14) Kaşık kıvamı (14)	Uzun	Ekşi	Ticarileşebilir (14)	Başarılı ürün
	ML4-1 (1. Gün)	Yoğurt (10) Ekşi (8)	Ekşi (10), Yoğurt (12) Tatlımsı tat (12)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (10)	Orta	Yoğurt tadı Tatlımsı	Ticarileşebilir (14)	Yoğurt aroması zayıf
	ML4-1 (14. Gün)	Yoğurt (13) Ekşi (13)	Yoğurt (13) Ekşi (15)	Ağız kıvamı (13) Kaşık kıvamı (14)	Uzun	Ekşi Yoğurt	Ticarileşebilir (14)	Kısmen zayıf yoğurt aroması mevcut
	ML7-6 (1. Gün)	Yoğurt (10) Ekşi (8)	Ekşi (13), Yoğurt (12) Kremamsı (10)	Ağız kıvamı (12) Kaşık kıvamı (12)	Orta	Yoğurt Ekşi	Ticarileşebilir (14)	Tipik yoğurt tat ve aroması mevcut
	ML7-6 (14. Gün)	Yoğurt (10) Ekşi (12)	Yoğurt (12), Ekşi (14) Yabancı tat (8)	Ağız kıvamı (12) Kaşık kıvamı (12)	Uzun	Yoğurt Ekşi	Ticarileşebilir (13)	Meyvemsi aroma kusuru mevcut
	ML9-5 (1. Gün)	Yoğurt (12)	Yoğurt (13) Ekşi (12)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (12)	Uzun	Yoğurt Ekşi	Ticarileşebilir (13)	Tipik yoğurt tat ve aroması mevcut
	ML9-5 (14. Gün)	Ekşi (10) Yoğurt (8)	Ekşi (8), Meyvemsi (8), Yoğurt (5)	Ağız kıvamı (11) Kaşık kıvamı (13)	Uzun	Yabancı tat Ekşimsi tat	Ticarileşebilir (10)	Atipik bir meyvemsi tat mevcut
	25 (1. Gün)	Yoğurt (10)	Yoğurt (13-14), Kremamsı (12), Ekşimsi (8)	Ağız kıvamı (12) Kaşık kıvamı (13)	Uzun	Yoğurt tadı	Ticarileşebilir (14-15)	Çok başarılı ürün
	25 (14. Gün)	Yoğurt (10), Ekşi (8), Kötü koku (7)	Ekşi (12-13) Yoğurt (12)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (11)	Uzun	Yoğurt tadı	Ticarileşebilir (12)	Başarılı ürün ancak depolamada kalite kaybı mevcut
	27 (1. Gün)	Yoğurt (10) Ekşi koku (10)	Yoğurt (12), Kremamsı (10), Ekşimsi (8)	Ağız kıvamı (11) Kaşık kıvamı (12)	Uzun	Yoğurt	Ticarileşebilir (13-14)	Çok başarılı ürün
	27 (14. Gün)	Yoğurt (13) Ekşi (13)	Yoğurt (13), Kremamsı (10) Ekşimsi (13)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (10)	Orta	Yumuşak yoğurt	Ticarileşebilir (14)	Tipik yoğurt tat ve aroması mevcut başarılı ürün
	42 (1. Gün)	Yoğurt (12) Ekşi koku (10)	Yoğurt (12), Kremamsı (10) Ekşimsi (8)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (11)	Orta	Yoğurt	Ticarileşebilir (13)	Tipik yoğurt tat ve aroması mevcut başarılı ürün
	42 (14. Gün)	Yoğurt (10) Ekşi koku (11)	Ekşimsi (12-13), Yoğurt (12- 13), Hafif acımsı (5-7)	Ağız kıvamı (11) Kaşık kıvamı (12)	Uzun	Ekşi yoğurt	Ticarileşebilir (13)	Tipik yoğurt tat ve aroması mevcut başarılı ürün

Çizelge 4.11 Yoğurt örnekleri hakkında panel grubunun yapmış olduğu değerlendirmeler (devam)

Kombinasyon		Koku	Lezzet (tat-aroma)	Tekstür	Tat sonrası izlenim	Tat sonrası ağızda kalan aroma	Genel lezzet etkisi	Açıklama	
<b>DEĞERLENDİRME SKALASI</b>									
<i>S. thermophilus</i>	<i>Lb. bulgaricus</i>								
		0	1	2.5	5	7.5	10	12.5	15
<b>70</b>	41 (1. Gün)	Yoğurt (5) Ekşi (8)	Yabancı tat (7,5) Yoğurt (5) Yavan (12)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Nötr	Ticarileşemez (0)	Atipik tat ve koku mevcut	
	41 (14. Gün)								
	29 (1. Gün)	Ekşi (10)	Zayıf aroma (10) Ekşi (7,5) Asetaldehit (5)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (3)	Kısa	Yavan yoğurt aroması	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut	
	29 (14. Gün)								
	ML4-1 (1. Gün)	Yoğurt (3) Ekşi (10)	Zayıf aroma (10) Ekşi (10)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Asidik	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut	
	ML4-1 (14. Gün)		Yabancı tat (10)						
	ML7-6 (1. Gün)	Ekşi (8)	Ekşimsi-asidik (8) Tatlımsı (10) Hafif umami (8)	Ağız kıvamı (7) Kaşık kıvamı (7,5)	Kısa	Tatlımsı ekşi tat	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut	
	ML7-6 (14. Gün)								
	ML9-5 (1. Gün)	Çok kötü koku (15)	Tatlımsı (2)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut	
	ML9-5 (14. Gün)								
	25 (1. Gün)	Çok kötü koku (15)	Tatlımsı (2)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut	
	25 (14. Gün)								
	27 (1. Gün)	Çok kötü koku (15)	Tatlımsı (2)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut	
	27 (14. Gün)								
	42 (1. Gün)	Çok kötü koku (15)	Tatlımsı (2)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut	
42 (14. Gün)									

Çizelge 4.11 Yoğurt örnekleri hakkında panel grubunun yapmış olduğu değerlendirmeler (devam)

Kombinasyon		Koku	Lezzet (tat-aroma)	Tekstür	Tat sonrası izlenim	Tat sonrası ağızda kalan aroma	Genel lezzet etkisi	Açıklama
<b>DEĞERLENDİRME SKALASI</b>								
<i>S. thermophilus</i>	<i>Lb. bulgaricus</i>							
		0	1	2.5	5	7.5	10	12.5
<b>75</b>	41 (1. Gün)	Yoğurt (10)	Yoğurt (12) Ekşi (2,5) Kremamsı (5)	Ağız kıvamı (12) Kaşık kıvamı (14)	Orta	Yoğurt	Ticarileşebilir (13)	Aroma geliştirilmeli
	41 (14. Gün)	Yoğurt (12)	Yabancı tat (8) Yoğurt (10) Ekşi (5)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (10)	Orta	Yoğurt Buruk tat	Zayıf ticarileştirilebilir (10)	Yabancı tat gelişimi mevcut
	29 (1. Gün)	Yoğurt (8)	Yoğurt (12) Ekşi (2,5)	Ağız kıvamı (12) Kaşık kıvamı (13)	Orta	Yoğurt	Ticarileşebilir (13)	Asitlik geliştirilmeli
	29 (14. Gün)	Yabancı koku (8)	Yoğurt (8) Yabancı tat (10)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (10)	Orta	Atipik tat	Ticarileşemez (0)	Acı-buruk-yabancı tat gelişimi mevcut
	ML4-1 (1. Gün)	Yoğurt (10-11)	Yoğurt (12) Asidik (10) Ekşi (12)	Ağız kıvamı (12) Kaşık kıvamı (12)	Orta	Yoğurt	Ticarileşebilir (14)	Başarılı ürün
	ML4-1 (14. Gün)	Yabancı koku (10) Yoğurt (8)	Ekşi (13) Yoğurt (10) Yabancı tat (6-7)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (10)	Orta	Baskın ekşi tat	Ticarileşebilir (11)	Ekşi yoğurt sevenler için uygun ürün
	ML7-6 (1. Gün)	Yoğurt (10)	Ekşimsi (14) Yoğurt (12)	Ağız kıvamı (8) Kaşık kıvamı (12)	Kısa	Ekşimsi-tatlı	Ticarileşebilir (12)	Ekşilik kalıcı, aroma hızlı geçiyor, ekşi sevenler için uygun
	ML7-6 (14. Gün)	Yoğurt (10)	Ekşimsi (13) Yoğurt (10) Acımsı (8)	Ağız kıvamı (9) Kaşık kıvamı (12)	Uzun	Ekşimsi	Ticarileşebilir (12)	Ekşi sevenler için uygun ürün. Asit geliştirici kültür olarak kullanılabilir
	ML9-5 (1. Gün)	Çok kötü koku (15)	Tatlımsı (2)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut
	ML9-5 (14. Gün)							
	25 (1. Gün)	Çok kötü koku (15)	Tatlımsı (2)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut
	25 (14. Gün)							
	27 (1. Gün)	Çok kötü koku (15)	Tatlımsı (2)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut
	27 (14. Gün)							
	42 (1. Gün)	Çok kötü koku (15)	Tatlımsı (2)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut
42 (14. Gün)								

Çizelge 4.11 Yoğurt örnekleri hakkında panel grubunun yapmış olduğu değerlendirmeler (devam)

Kombinasyon		Koku	Lezzet (tat-aroma)	Tekstür	Tat sonrası izlenim	Tat sonrası ağızda kalan aroma	Genel lezzet etkisi	Açıklama
<b>DEĞERLENDİRME SKALASI</b>								
<i>S. thermophilus</i>	<i>Lb. bulgaricus</i>							
		Yok	Fark edilebilir	Çok hafif	Hafif	Hafif-orta	Orta	Kuvvetli-orta
79	41 (1. Gün)	Yoğurt (8) Ekşi (10)	Yoğurt (8) Tatlımsı (12)	Ağız kıvamı (8) Kaşık kıvamı (10)	Orta	Tatlımsı yoğurt	Zayıf ticarileştirilebilir (10)	Tamamlanmamış fermantasyon
	41 (14. Gün)	Yoğurt (8) Kötü koku (10)	Yoğurt (13) Ekşi (10)	Ağız kıvamı (11) Kaşık kıvamı (12)	Uzun	Yoğurt	Ticarileşebilir (13-14)	Kabul edilebilir ürün
	29 (1. Gün)	Yoğurt (10) Ekşi (12)	Yoğurt (6) Ekşi (10) Tatlımsı (10)	Ağız kıvamı (8) Kaşık kıvamı (10)	Kısa	Tatlımsı kremamsı yoğurt	Zayıf ticarileştirilebilir (10)	Tamamlanmamış fermantasyon
	29 (14. Gün)	Yoğurt (8) Ekşi (5)	Yoğurt (11) Ekşi (8-9) Tatlımsı (5)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (12)	Orta	Kremamsı yoğurt	Zayıf ticarileştirilebilir (10-12)	Zayıf aromalı ürün
	ML4-1 (1. Gün)	Çok kötü koku (15)	Tatlımsı (2)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut
	ML4-1 (14. Gün)							
	ML7-6 (1. Gün)	Çok kötü koku (15)	Tatlımsı (2)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut
	ML7-6 (14. Gün)							
	ML9-5 (1. Gün)	Çok kötü koku (15)	Tatlımsı (2)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut
	ML9-5 (14. Gün)							
	25 (1. Gün)	Çok kötü koku (15)	Tatlımsı (2)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut
	25 (14. Gün)							
	27 (1. Gün)	Çok kötü koku (15)	Tatlımsı (2)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut
	27 (14. Gün)							
42 (1. Gün)	Çok kötü koku (15)	Tatlımsı (2)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut	
42 (14. Gün)								

Çizelge 4.11 Yoğurt örnekleri hakkında panel grubunun yapmış olduğu değerlendirmeler (devam)

Kombinasyon		Koku	Lezzet (tat-aroma)	Tekstür	Tat sonrası izlenim	Tat sonrası ağızda kalan aroma	Genel lezzet etkisi	Açıklama	
<b>DEĞERLENDİRME SKALASI</b>									
<i>S. thermophilus</i>	<i>Lb. bulgaricus</i>								
		Yok	Fark edilebilir	Çok hafif	Hafif	Hafif-orta	Orta	Kuvvetli-orta	Kuvvetli
<b>81</b>	41 (1. Gün)	Yoğurt (8) Ekşi (10)	Yoğurt (10) Ekşi (2)	Ağız kıvamı (8) Kaşık kıvamı (10)	Kısa	Yoğurt	Zayıf ticarileştirilebilir (10)	Zayıf tat gelişimi mevcut	
	41 (14. Gün)	Ekşi (12) Yoğurt (10)	Yoğurt (10) Ekşi (8-10)	Ağız kıvamı (8) Kaşık kıvamı (10)	Orta	Ekşimsi	Ticarileşebilir (12)	Kabul edilebilir ürün	
	29 (1. Gün)	Çok kötü koku (15)	Tatlımsı (2)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut	
	29 (14. Gün)								
	ML4-1 (1. Gün)	Yoğurt (10-12) Ekşi (8)	Yoğurt (10-12)	Ağız kıvamı (8) Kaşık kıvamı (10)	Orta	Yoğurt	Ticarileşebilir (12)	Kısmen zayıf yoğurt aroması mevcut	
	ML4-1 (14. Gün)		Ekşi (8)				Ticarileşemez (0)		
	ML7-6 (1. Gün)	Çok kötü koku (15)	Tatlımsı (2)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut	
	ML7-6 (14. Gün)								
	ML9-5 (1. Gün)	Çok kötü koku (15)	Tatlımsı (2)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut	
	ML9-5 (14. Gün)								
	25 (1. Gün)	Çok kötü koku (15)	Tatlımsı (2)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut	
	25 (14. Gün)								
	27 (1. Gün)	Çok kötü koku (15)	Tatlımsı (2)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut	
	27 (14. Gün)								
42 (1. Gün)	Çok kötü koku (15)	Tatlımsı (2)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut		
42 (14. Gün)									

Çizelge 4.11 Yoğurt örnekleri hakkında panel grubunun yapmış olduğu değerlendirmeler (devam)

Kombinasyon		Koku	Lezzet (tat-aroma)	Tekstür	Tat sonrası izlenim	Tat sonrası ağızda kalan aroma	Genel lezzet etkisi	Açıklama	
<b>DEĞERLENDİRME SKALASI</b>									
<i>S. thermophilus</i>	<i>Lb. bulgaricus</i>								
		0	1	2.5	5	7.5	10	12.5	15
		Yok	Fark edilebilir	Çok hafif	Hafif	Hafif-orta	Orta	Kuvvetli-orta	Kuvvetli
<b>139</b>	41 (1. Gün)	Yoğurt (12) Ekşi (8)	Yoğurt (14), Ekşi (5), Kremamsı (8)	Ağız kıvamı (8) Kaşık kıvamı (12)	Orta	Yoğurt Krema	Ticarileşebilir (13)	Tipik yoğurt tat ve aroması mevcut başarılı ürün	
	41 (14. Gün)	Yoğurt (12) Ekşi (5)	Yoğurt (12), Ekşi (2,5), Tatlımsı (8)	Ağız kıvamı (8) Kaşık kıvamı (10)	Orta	Yoğurt Kremamsı-tatlımsı	Ticarileşebilir (10)	Asitlik gelişimi gerekli	
	29 (1. Gün)	Yoğurt (13)	Yoğurt (14) Ekşi (8)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (12)	Orta	Yoğurt	Ticarileşebilir (14)	Tipik yoğurt tat ve aroması mevcut başarılı ürün	
	29 (14. Gün)	Yoğurt (12-13) Ekşi (10)	Yoğurt (12), Ekşi (10), Tatlımsı (5)	Ağız kıvamı (8) Kaşık kıvamı (10)	Orta	Yoğurt	Ticarileşebilir (11)	Aroma gelişimi sağlanmalı	
	ML4-1 (1. Gün)	Yoğurt (10)	Yoğurt (10) Ekşi (5)	Ağız kıvamı (8) Kaşık kıvamı (12)	Orta	Yoğurt	Ticarileşebilir (12)	Tipik yoğurt tat ve aroması mevcut başarılı ürün	
	ML4-1 (14. Gün)	Yoğurt (5)	Ekşi (12) Yoğurt (14)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (12)	Uzun	Yoğurt	Ticarileşebilir (14-15)	Çok başarılı ürün	
	ML7-6 (1. Gün)	Yoğurt (14)	Yoğurt (11), Ekşi (5), Tatlımsı (8)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (14)	Orta	Yoğurt Tatlımsı	Ticarileşebilir (11)	Asitliği geliştirilmeli	
	ML7-6 (14. Gün)	Yoğurt (12)	Yoğurt (10), Ekşi (8), Tatlımsı (5)	Ağız kıvamı (10) Kaşık kıvamı (12)	Orta	Yoğurt	Ticarileşebilir (11)	Hafif asitlik gelişimi sağlanmalı	
	ML9-5 (1. Gün)	Yoğurt (12)	Yoğurt (12) Ekşi (7-8)	Ağız kıvamı (8) Kaşık kıvamı (11)	Kısa	Yoğurt	Ticarileşebilir (11)	Asitliği geliştirilmeli	
	ML9-5 (14. Gün)	Yoğurt (8)	Yoğurt (10) Ekşi (5)	Ağız kıvamı (12) Kaşık kıvamı (13)	Orta	Yoğurt	Ticarileşebilir (10)	Yavan tat giderilmeli	
	25 (1. Gün)	Çok kötü koku (15)	Tatlımsı (2)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut	
	25 (14. Gün)								
	27 (1. Gün)	Çok kötü koku (15)	Tatlımsı (2)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut	
	27 (14. Gün)								
	42 (1. Gün)	Çok kötü koku (15)	Tatlımsı (2)	Ağız kıvamı (3) Kaşık kıvamı (5)	Kısa	Tatlımsı	Ticarileşemez (0)	Çok zayıf yoğurt aroması mevcut	
	42 (14. Gün)								

### 4.3 Ticarileşme Potansiyeli Olan Kültür Kombinasyonlarının Seçimi

112D052 kodlu ‘Geleneksel Yoğurt Örneklerinden İzole Edilen *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* Suşlarının Endüstriyel Yoğurt Üretimine Uygunluğunun Saptanarak Starter Kombinasyonlarının Geliştirilmesi’ adlı SAN-TEZ projesi kapsamında tür/alttür ve suş bazında karakterizasyonu gerçekleştirilerek elde edilen kültür koleksiyonundan, 153 potansiyel *S. thermophilus* ve 28 potansiyel *Lb. bulgaricus* kültürü asidifikasyon yetenekleri göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar doğrultusunda seçimi yapılan izolatların asidifikasyon ve rekonstitüye sütün pH değerini pH 4.6’ya düşürme süreleri öncelikli olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, tekil izolatların antibiyotik dirençliliği, proteolitik kapasiteleri ve tekstür geliştirme özellikleri de belirlenmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda 12 *S. thermophilus* ve 8 *L. bulgaricus* suşu ile denemelere devam edilmesine karar verilmiştir. Bu süreçte gerçekleştirilen kombinasyonlar öncelikli olarak asidifikasyon hızı ve duyuşal kabul edilebilirlik ölçütleri kapsamında değerlendirmeye alınmıştır. Ek olarak kombine ürünlerin aroma, lipoliz, tekstür geliştirme gibi özellikleri de incelenmiştir. Öncelikli seçim ölçütü olan pH’yı 4.6’ya düşürme süresi açısından *S. thermophilus* 23 ve 27 nolu suşların tüm *Lb. bulgaricus* suşları ile kombinasyonlarının başarılı sonuç verdiği görülmüştür. İlaveten *S. thermophilus* 19-2 ile *Lb. bulgaricus* ML4-1 ve *S. thermophilus* 19-2 ile *Lb. bulgaricus* 29 ve ML4-1 suş kombinasyonlarının da hızlı asit ürettikleri tespit edilmiştir. *S. thermophilus* 23 ve 27 nolu suşların tüm *Lb. bulgaricus* suşları ile kombinasyonlarının duyuşal açıdan kabul edilebilir ürün meydana getirdiği de belirlenmiştir. *S. thermophilus* 23 ve 27 nolu izolatın karşılaştırması yapıldığında ise duyuşal test panelinin *S. thermophilus* 27 nolu izolatın kombinasyonlarını daha başarılı bulduğu tespit edilmiştir. Bu kısa değerlendirmelerden sonra *S. thermophilus* 27 nolu izolatın seçili *Lb. bulgaricus* suşları (*Lb. bulgaricus* 25 hariç) ile kombinasyonlarının daha ileri bir değerlendirmeye tabi tutulmasına karar verilmiştir. *Lb. bulgaricus* 25 zaman içerisinde gelişim özelliğini önemli ölçüde yitirdiğinden deneme dışı bırakılmıştır. Sonuç olarak ticarileşme potansiyeli yüksek kombinasyonlar çizelge 4.12’de sunulmaktadır.

Çizelge 4.12 Ticarileşme potansiyeli yüksek olan kültür kombinasyonları

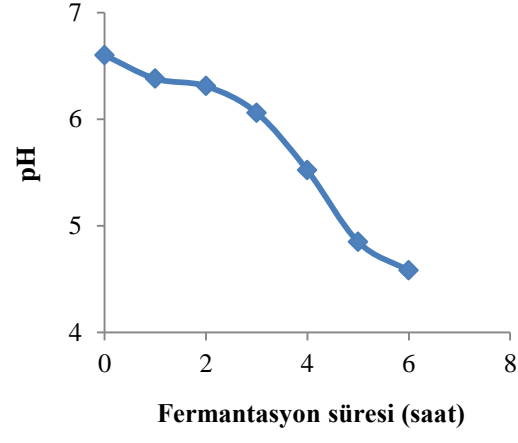
<i>S. thermophilus</i>	<i>Lb. bulgaricus</i>
27	27
	29
	41
	42
	ML4-1
	ML7-6
	ML9-5

#### 4.3.1 Ticarileşme potansiyeli yüksek olan kombine kültürlerin pH-zaman profilleri

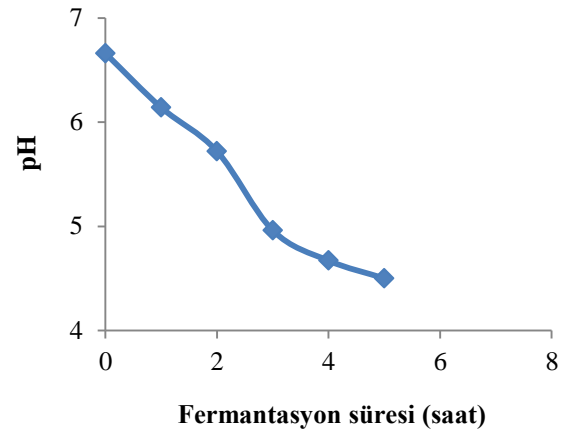
Deneme örneklerine ait pH-zaman grafikleri şekil 4.12’de sunulmaktadır. Buna göre *S. thermophilus* 27 ile *Lb. bulgaricus* 29 kombinasyonu en hızlı, *S. thermophilus* 27 ile *Lb. bulgaricus* 42 kombinasyonu ise en yavaş fermantasyon hızına sahip bulunmuştur. Tüm kombinasyonların pH-zaman grafikleri birbirine benzer bulunmuştur ve tüm fermantasyon süreci ticari yoğurt üretimi için endüstriyel düzeyde istenen zaman dilimi içerisinde (5-7 saat) gerçekleşmiştir.



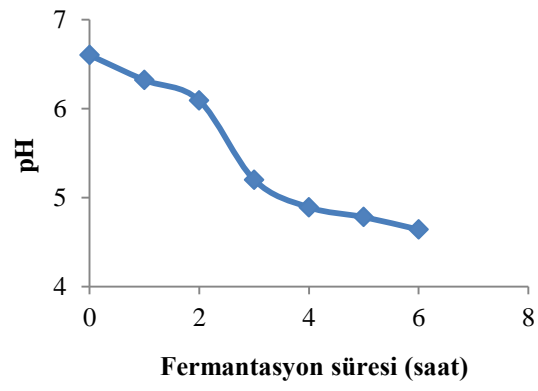
*S. thermophilus* 27/*Lb. bulgaricus* 27



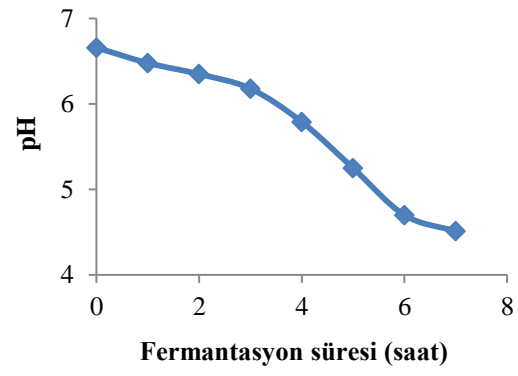
*S. thermophilus* 27/*Lb. bulgaricus* 29



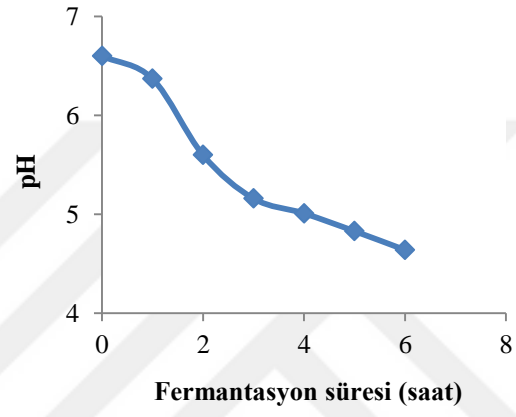
*S. thermophilus* 27/*Lb. bulgaricus* 41



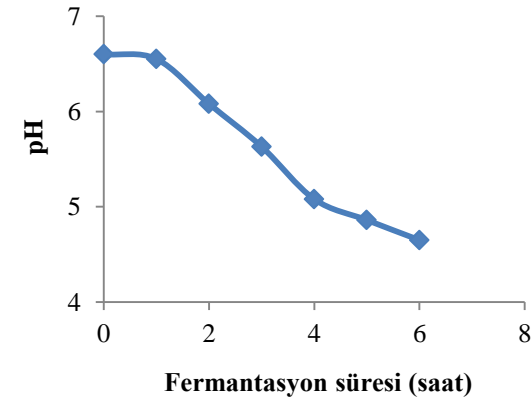
*S. thermophilus* 27/*Lb. bulgaricus* 42



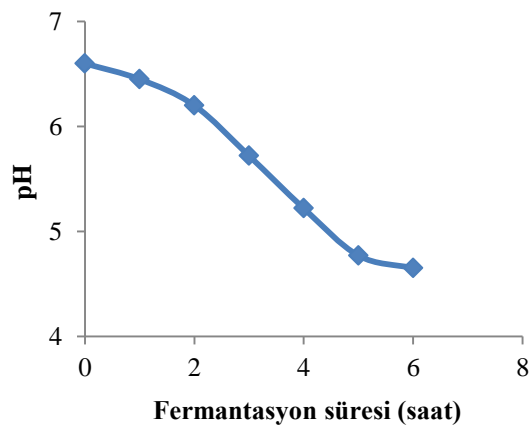
*S. thermophilus* 27/*Lb. bulgaricus* ML4-1



*S. thermophilus* 27/*Lb. bulgaricus* ML7-6



*S. thermophilus* 27/*Lb. bulgaricus* ML9-5



Şekil 4.12 *S. thermophilus* 27 ile *Lb. bulgaricus*'un seçili suşları ile gerçekleştirilen kombinasyon ürünlerinin fermantasyon sırasındaki pH değişimleri

#### **4.3.2 Ticarileşme potansiyeli yüksek kombine kültürler ile üretilen yoğurt örneklerine ait jelleşme profili ve dinamik reolojik analiz sonuçları**

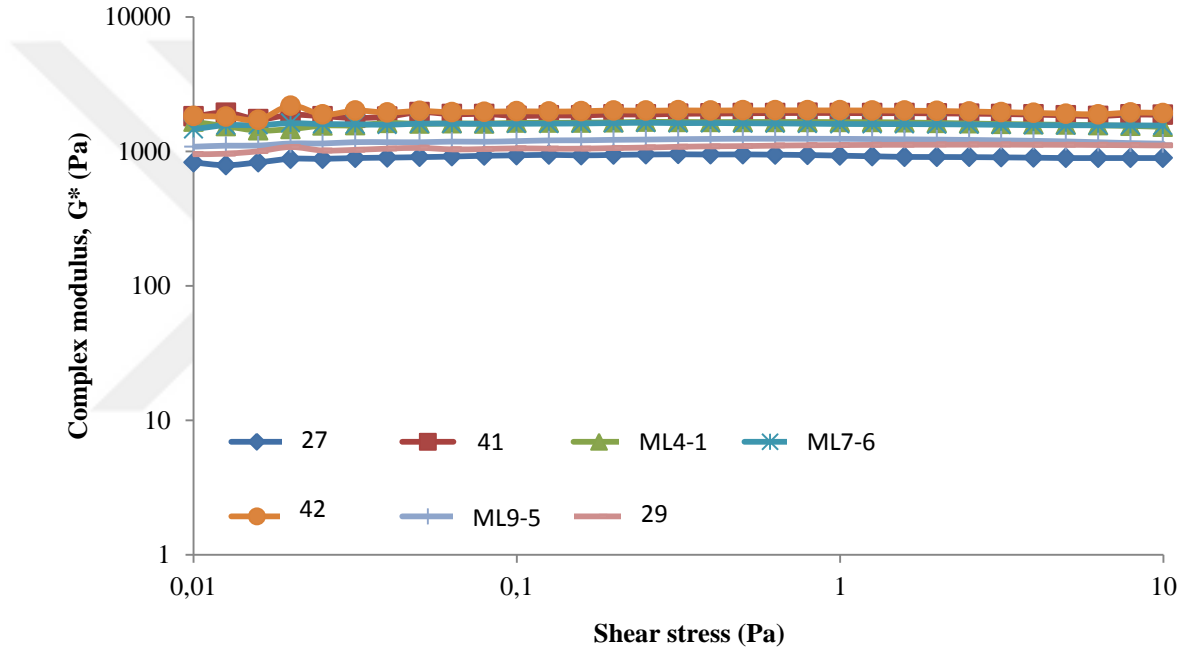
##### **Lineer viskoelastik bölge belirlenmesi**

Yoğurt jeli, zayıf viskoelastik özellik gösterdiğinden yüksek kayma kuvvetlerinin etkisinin altında yapısal bütünlüğünü koruyamamaktadır (Özer vd. 1998). Dolayısıyla ürünün fiziksel özelliklerinin doğru belirlenebilmesi ve dinamik reolojik ölçümlerde deneysel hataların ve artefektlerin minimize edilebilmesi amacıyla tüm ölçümlerin lineer viskoelastik aralıkta gerçekleştirilmesi, böylece yoğurdun yapısının korunması önem taşımaktadır (Benezech ve Maingonnat 1994, Lee ve Lucey 2010). Ölçüm parametrelerinin örneğin fiziksel yapısı üzerindeki etkilerini önemsiz düzeye indirilebilmek amacıyla düşük deformasyon dinamik reolojik testlerde öncelikle lineer viskoelastik çalışma aralığının belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada da lineer viskoelastik bölge belirlenmesi amacıyla bir seri ön deneme gerçekleştirilmiş ve 1 Hz frekans ve 0.01-10 Pa shear stres koşullarında lineer viskoelastik bölge tespit edilmiş ve bütün düşük deformasyon reolojik ölçümler lineer viskoelastik bölge içerisinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.13). Ölçümler sırasında jel yapılarında herhangi bir deformasyon gözlenmemiştir. Genel olarak örnekler birbirlerine çok yakın dinamik reolojik profillere sahip bulunmuştur. Lineer viskoelastik bölgede dinamik modüller uygulanan gerilim veya gerinimden bağımsızdır (Rohm ve Kovac 1994). Bu bölgede basit matematiksel eşitlikler ile objektif ölçümler yapılabilmektedir ancak lineer bölgenin dışında yapılan ölçümlerde üründe deformasyon olduğundan ürünün gerçek fiziksel doğası yansıtılamamaktadır.

##### **Fermantasyon sırasındaki jelleşme profilleri**

Yoğurt viskoelastik yapıda bir jel olduğundan, reolojik özellikleri elastik ve viskoz modülünün birlikte değerlendirilmesi ile açıklanabilmektedir (Sodini vd. 2004). Depolama veya elastik modülü ( $G'$ ) her bir sinüzoidal döngü sırasında depolanan enerjiyi ifade etmektedir ve ürünün elastik özelliklerini karakterize etmektedir (Lee ve Lucey 2010). Jel oluşumu sırasında proteinler arasında ilave bağların oluşumu ve protein ağ yapısındaki yeni düzenlemeler nedeniyle  $G'$  değerleri artmaktadır (Nguyen

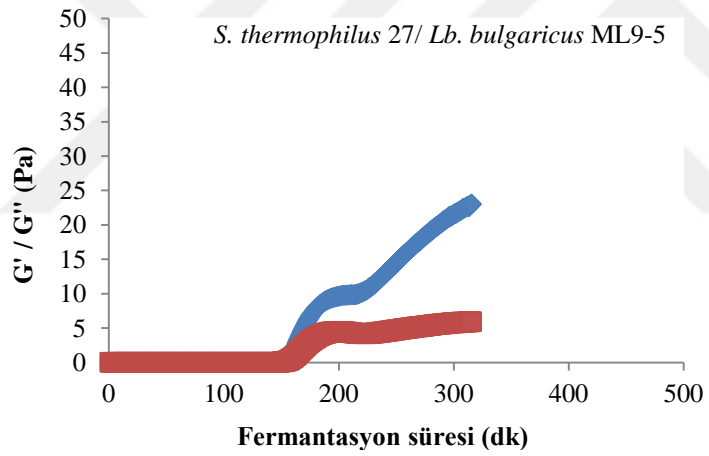
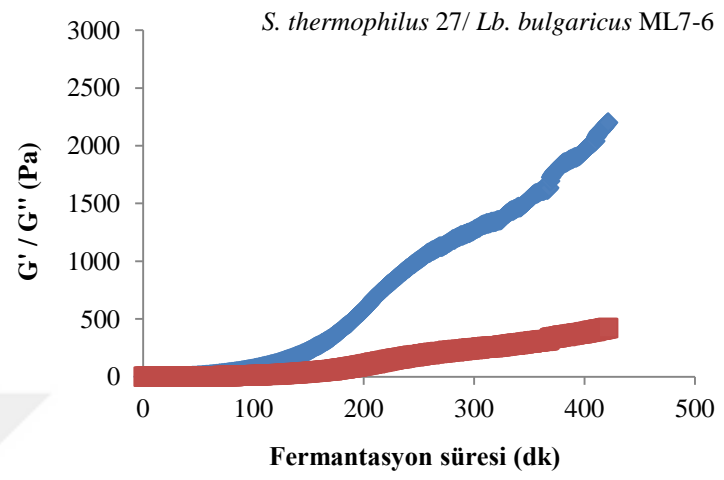
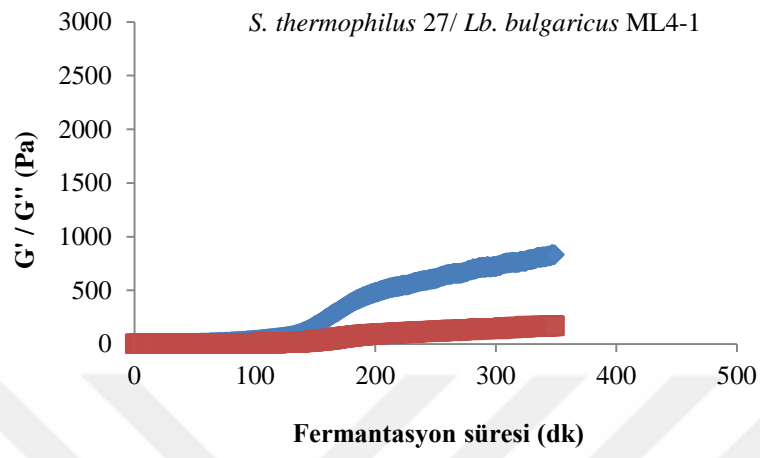
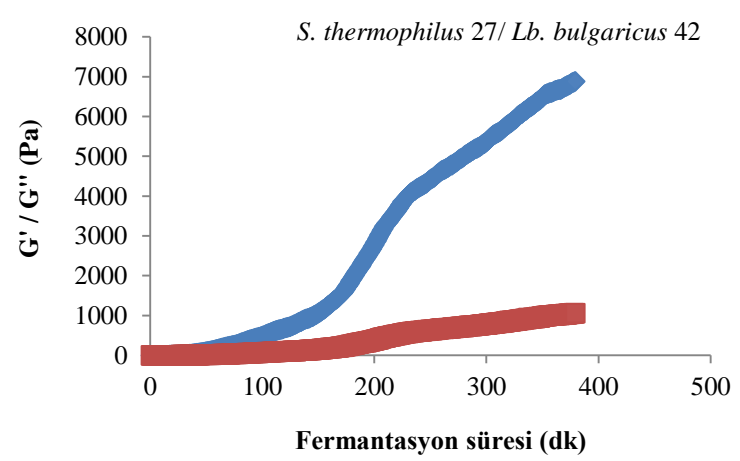
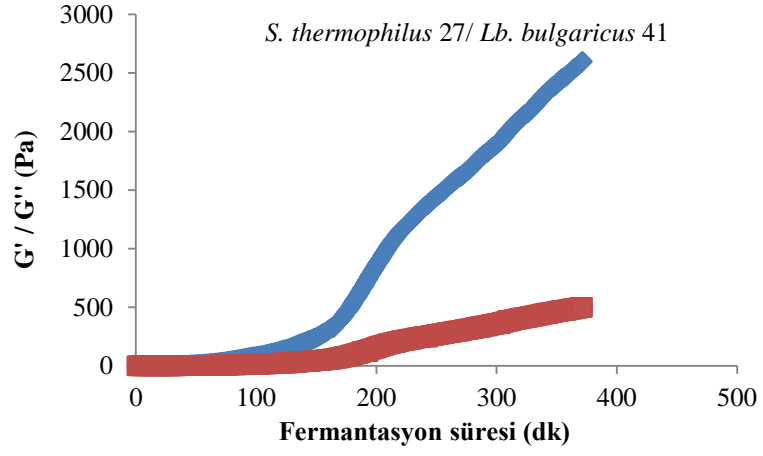
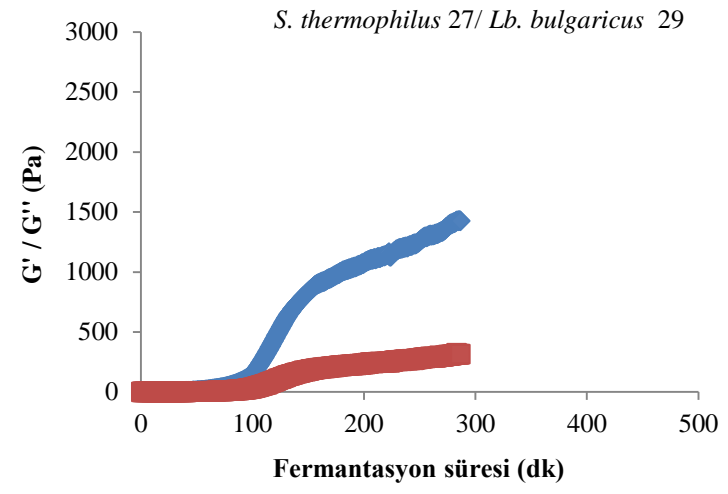
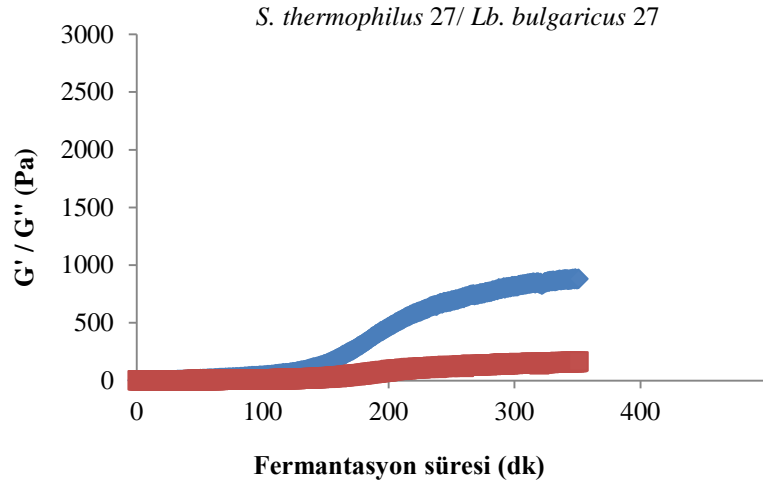
vd. 2014). Fermantasyon sırasında kazeinlerin izoelektrik noktasına yaklaşıldıkça azalan elektrostatik itmeye ve artan kazein interaksiyonlarına bağlı üründe elastik karakter gelişmektedir. Kayıp veya viskoz modülüs ( $G''$ ) her bir sinüzoidal döngü sırasında meydana gelen enerji yitimini ifade etmektedir ve ürünün viskoz karakterini göstermektedir. Kayıp (loss) tanjantı ( $\tan\delta$ ) viskoz modülüsün elastik modülüse oranıdır ( $G''/G'$ ) ve maddenin jel yapısını oluşturan kimyasal bağların tipi ve çeşitliliği hakkında bilgi vermektedir. Kompleks modülüs ( $G^*$ ) ise deformasyona karşı toplam dayanıklılığı ifade etmektedir (Rao 2007).





Şekil 4.13 *S. thermophilus* 27 nolu izolat ile *Lb. bulgaricus* izolatlarının kombinasyonu ile üretilen yoğurtların küçük osilasyon deformasyon modeline göre Lineer Viskoelastik Bölge (LVE) profilleri

Deneme yoğurtlarının jelleşme profilleri şekil 4.14'de sunulmaktadır. Genel olarak tüm kombinasyonların jelleşme profilleri benzerlik göstermiştir. Zaman aralıkları değişmekle birlikte, tüm kombinasyonlarda jelleşme başlamadan önce bir adaptasyon süreci gözlenmiştir. Bu süreç, bakteriyel gelişimin lag (başlangıç) fazı ile aynı zaman dilimine denk gelmiştir. Yoğurt jeli klasik bir viskoelastik kazein jelidir ve jelleşme sırasında viskoz ( $G''$ ) ve elastik ( $G'$ ) karakteristikler birlikte değişime uğramaktadır.

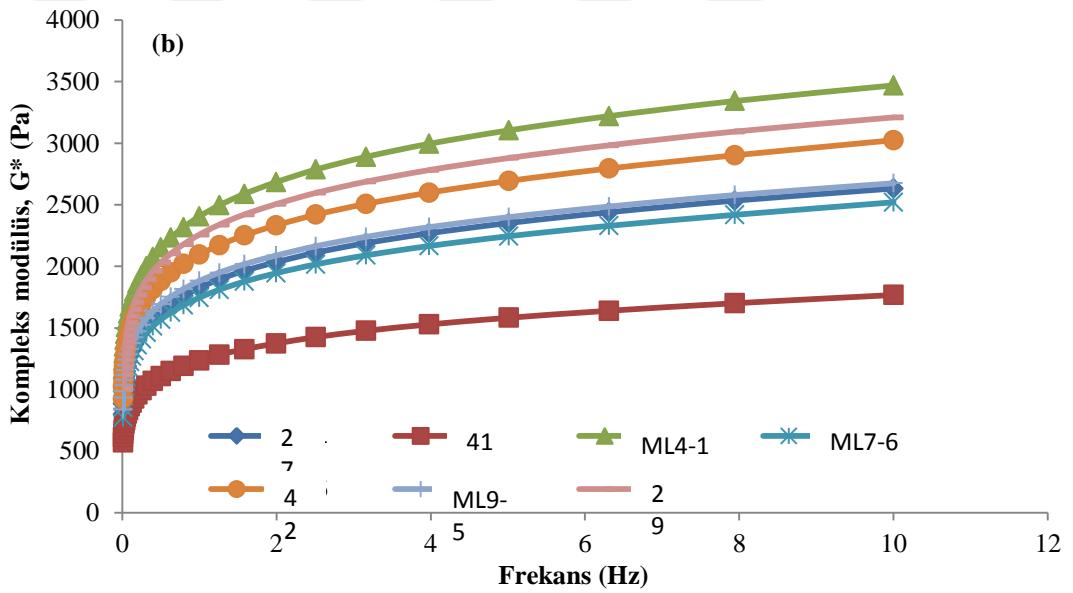
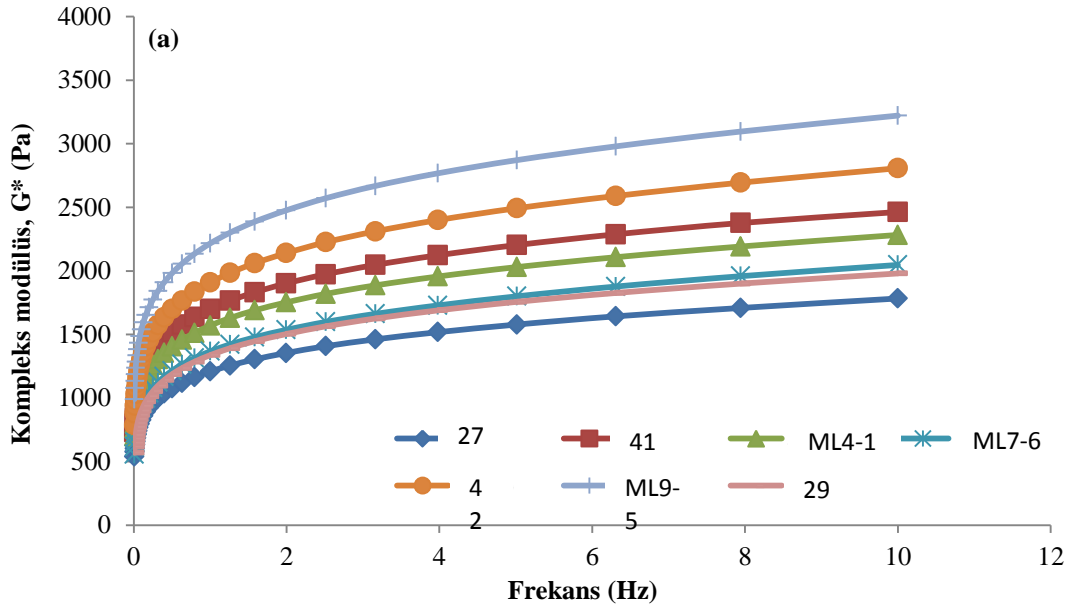
Genel olarak standart bir yoğurt jelinde  $G'$ 'nin  $G''$ 'den daha yüksek değerlere sahip olması beklenmektedir. *S. thermophilus* 27 ile *Lb. bulgaricus* ML4-1 ve ML9-5 kombinasyonlarının jelleşme aşamasındaki jel sıklıkları diğer kombinasyonlardan çok daha düşük bulunmuştur. Özellikle *Lb. bulgaricus* 41 ve 42 nolu suşlar ile gerçekleştirilen kombinasyonlarda belirgin bir jel sıklığı kaydedilmiştir. Bu iki örnekte, tipik bir yoğurt için beklenen plato değerlerine (metastabil pozisyon) ulaşılmamış ve fermantasyon süresince pıhtı sıklığında artış devam etmiştir. Bu iki kombinasyonun özellikle düşük kurumaddeli yoğurt üretimi için avantaj teşkil edebileceği değerlendirilmiştir. Genel olarak, pH düşüş hızı ile  $G^*$  (kompleks modülüs) artış hızı arasında negatif bir ilişki kaydedilmiştir. Bu durum yoğurt gibi zayıf viskoelastik jeller için tipik bir reolojik davranıştır. Tüm örneklerde jelleşmenin tamamlandığı evre pH 4.9-5.1 aralığına denk gelmiştir. Bu aralıkta fermente ürünlerde “sol”’den “jel”’e dönüş evresi tamamlanmıştır. Bu evrede örneklerin  $\tan\delta$  değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Bu durum, örneklerin tamamında benzer kimyasal zayıf ve kuvvetli (kovalent) bağların yer aldığı bir kanıtı olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4.14 *S. thermophilus* 27 nolu izolat ile *Lb. bulgaricus* izolatlarının kombinasyonu ile üretilen yoğurtların küçük osilasyon deformasyon modeline göre jelleşme profilleri  G' depolama modülü (viskoelastik yapının elastik karakterini simgelemektedir)  G'' kayıp modülü (viskoelastik yapının viskoz karakterini simgelemektedir)

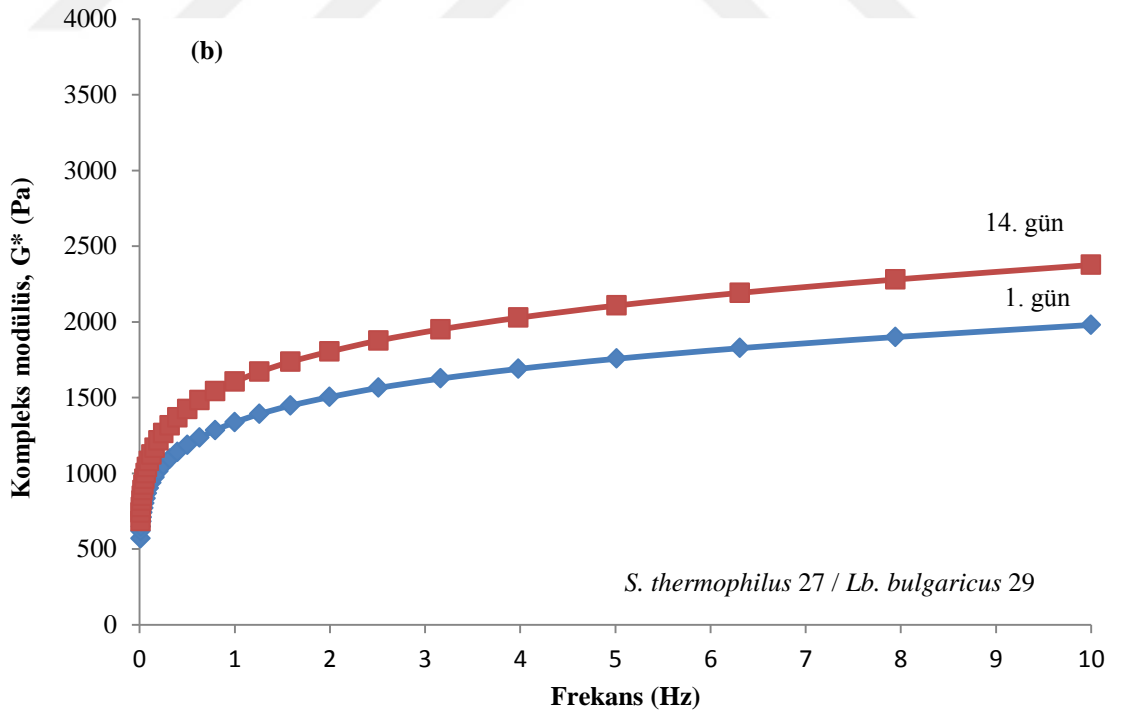
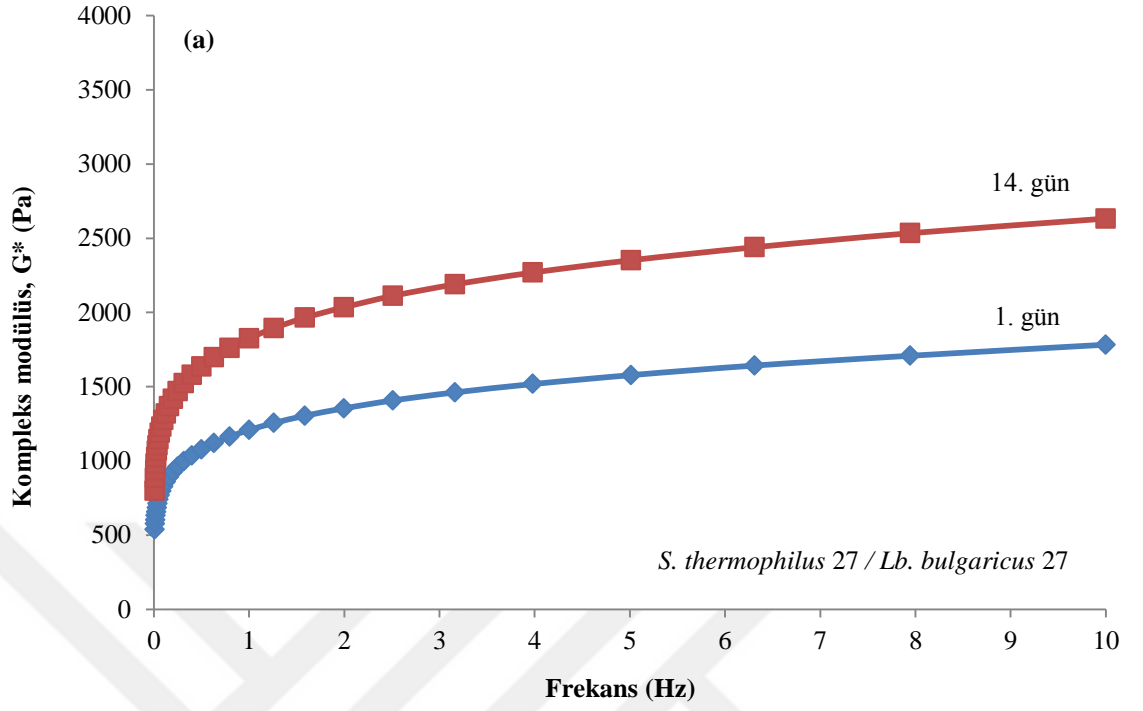
## **Frekans tarama testi**

Deneme örneklerinin frekans tarama (frequency sweep) test sonuçları şekil 4.15’de gösterilmektedir. Çalışmada frekans aralığı 0.01-10 Hz ve sıcaklık ise 5 °C olarak belirlenmiştir. Örneklerin depolamanın 1. ve 14. günündeki frekans tarama profilleri tespit edilmiştir. Tüm örnekler belirgin bir frekans-bağımlı (frequency dependency) özellik göstermiştir. Herhangi bir frekans aralığında örneklerde yapısal deformasyon meydana gelmemiştir. Genel olarak her iki ağ modülüsünün de ( $G'$  ve  $G''$ ) birlikte artış gösterdiği tespit edilmiştir. Yüksek frekans bağımlı özellik tüm jellerin heterojen bir yapıya sahip olduğuna işaret etmektedir ve bu durum yoğurt için beklenen bir durumdur (Özer vd. 1998). Frekans artışı ile birlikte jellerin ağ modüllerindeki artış ölçüm süresi içerisinde protein bağlarındaki gevşemeyi ifade etmektedir. Herhangi bir deformasyon olmadan frekansa bağlı modülüs artışları gevşeme özelliği sınırlı kalıcı protein bağlarının ( $G'$  ile ifade edilmektedir) dominant olduğunu göstermektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde depolamanın 1. gününde *S. thermophilus* 27 ile *Lb. bulgaricus* ML9-5 en stabil jel yapısına sahip örnek olarak ön plana çıkarken *Lb. bulgaricus* 27 ile olan kombinasyon örnekler arasındaki en zayıf stabiliteye sahip örnek olarak bulunmuştur (Şekil 4.15.a). Yoğurtta frekans taramalarındaki farklılıklar, uygulanan teknolojik parametrelere bağlı olabildiği gibi starter kültür suşuna ait spesifik özelliklerden de kaynaklanabilmektedir (Rohm ve Kovac 1994). 14 günlük depolama süresi sonunda ise örneklerin dinamik reolojik özelliklerinde belirgin değişimler gözlenmiştir (Şekil 4.15.b). *S. thermophilus* 27 ile *Lb. bulgaricus* 41 kombinasyonunda reolojik bir zayıflama kaydedilirken, *S. thermophilus* 27 ile *Lb. bulgaricus* ML 4-1, 29 ve 42 kombinasyonlarında belirgin reolojik artışlar kaydedilmiştir. Bu durum, soğuk depolama sürecinde protein bağlarındaki dinamik yeniden yapılanmaların (re-organization) bir sonucu olarak değerlendirilmektedir. Bu yeniden yapılanma süreci bakterilerin soğuk depo koşullarındaki glikolitik ve proteolitik aktiviteleri ile yakından ilişkilidir. Örneklerin tamamı zayıf ya da orta proteolitik aktiviteye sahip olduğundan (Bkz. Şekil 4.5) yeniden yapılanmaya bağlı reolojik değişimlerin soğuk koşullarda asidifikasyon kinetiğinin etkisi ile meydana geldiği değerlendirilmektedir.



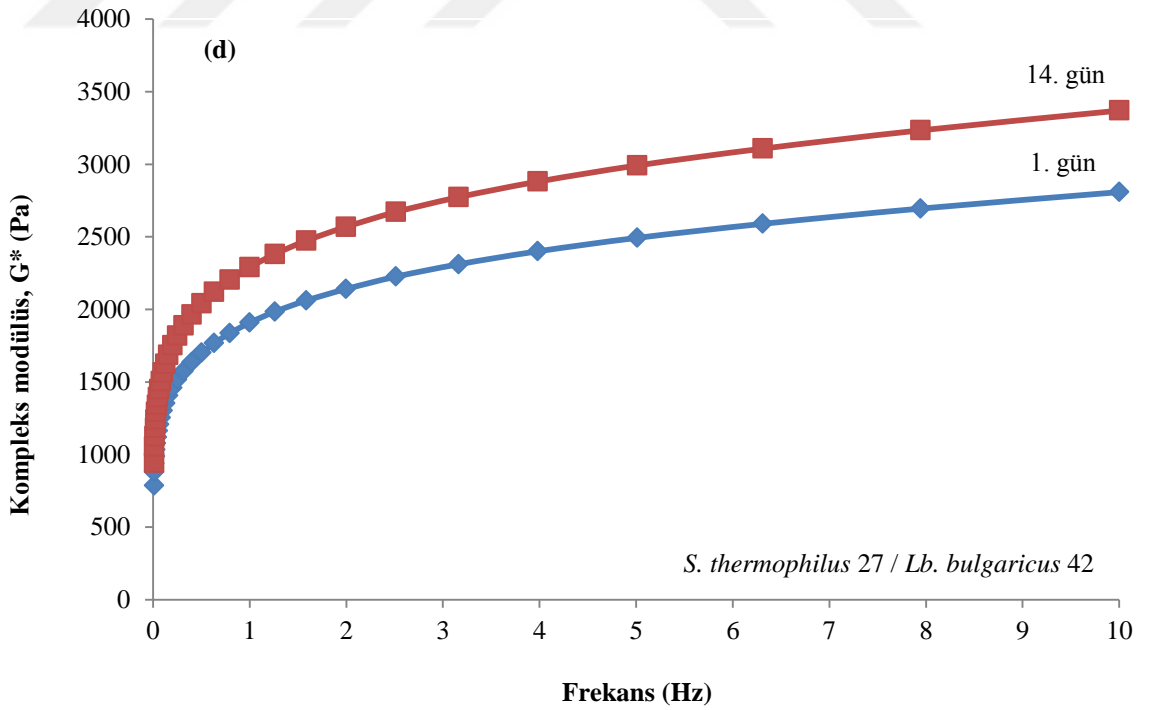
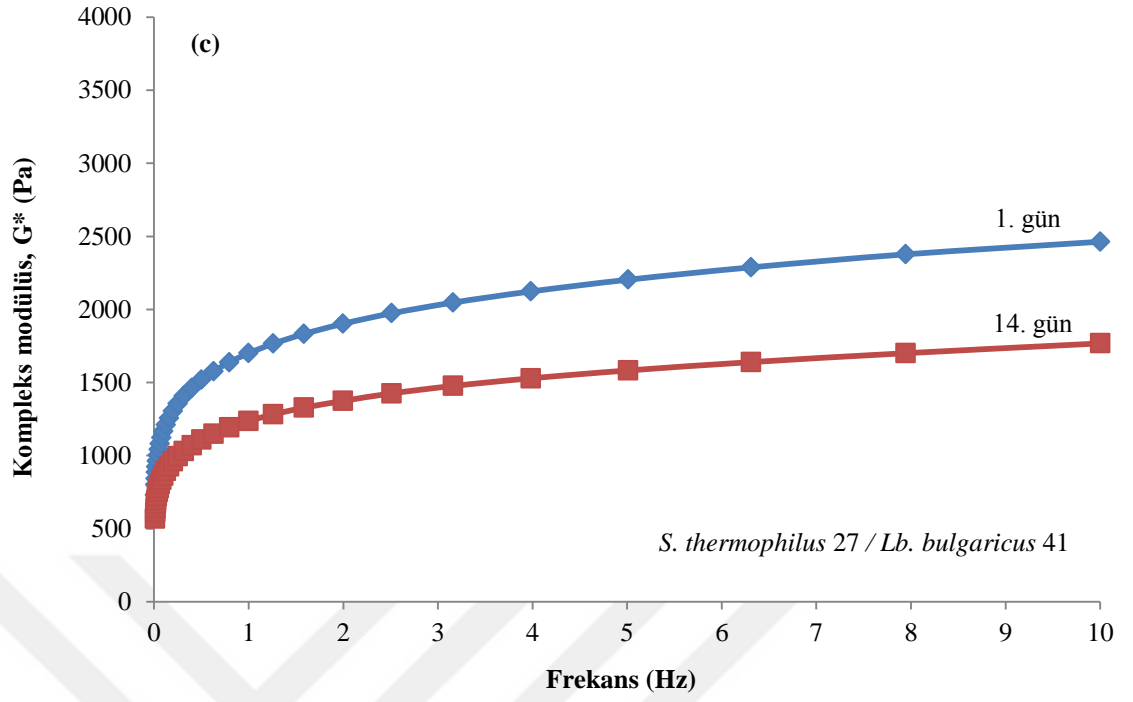
Şekil 4.15 Deneme örneklerinin frekans tarama grafiği: a. 1. Gün, b. 14. Gün, Frekans aralığı 0.01-10 Hz, Ölçüm sıcaklığı 5 °C,  $G^*$  : kompleks modülüs,  $G^* = |G' + iG''|$

Kombinasyonların bağımsız frekans tarama test sonuçları irdelendiğinde de yalnızca *S. thermophilus* 27 ile *Lb. bulgaricus* 41 kombinasyonunda reolojik zayıflama meydana geldiği, diğer kombinasyonlarda ise depolama süresi boyunca sınırlı (*Lb. bulgaricus* 29, 42, ML7-6, ML9-5) ya da belirgin (*Lb. bulgaricus* 27, ML4-1) reolojik iyileşmeler meydana geldiği görülmüştür (Şekil 4.16. a-g).

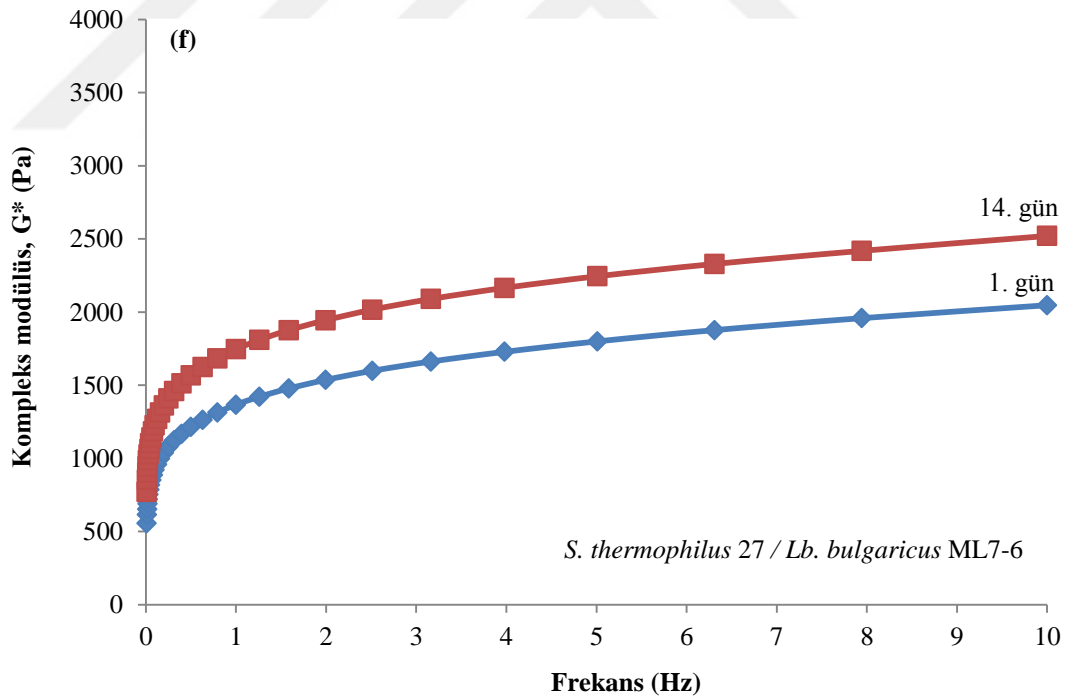
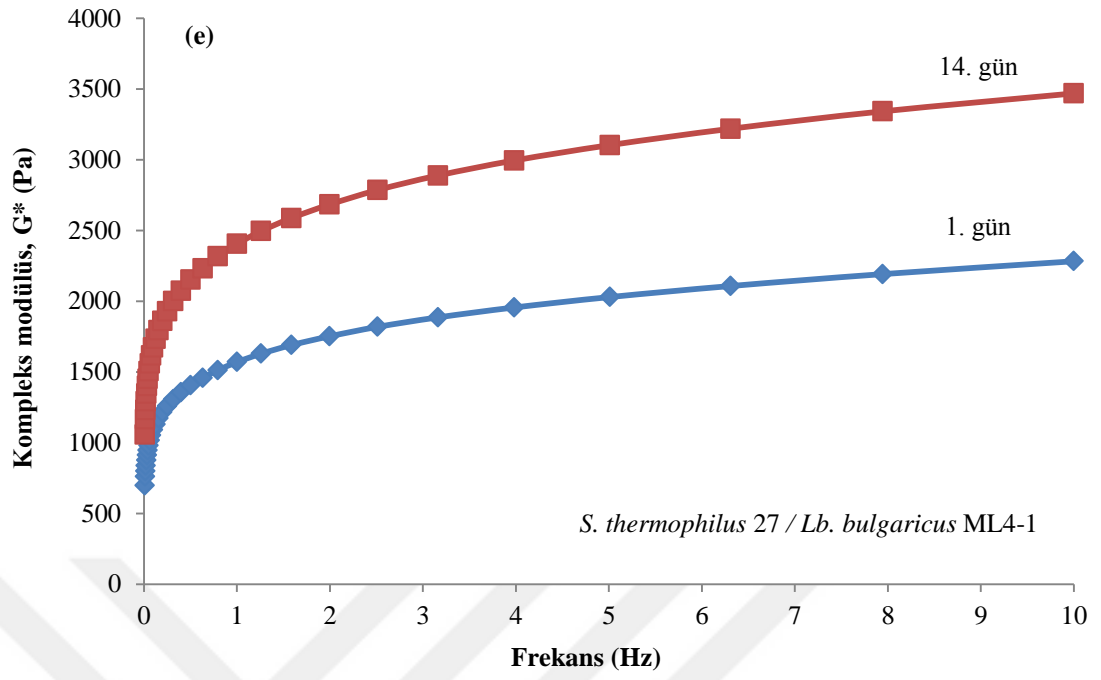


Şekil 4.16 Deneme yoğurtlarının küçük osilasyon deformasyon modeline göre depolama süresince frekans tarama profilleri (a,b)

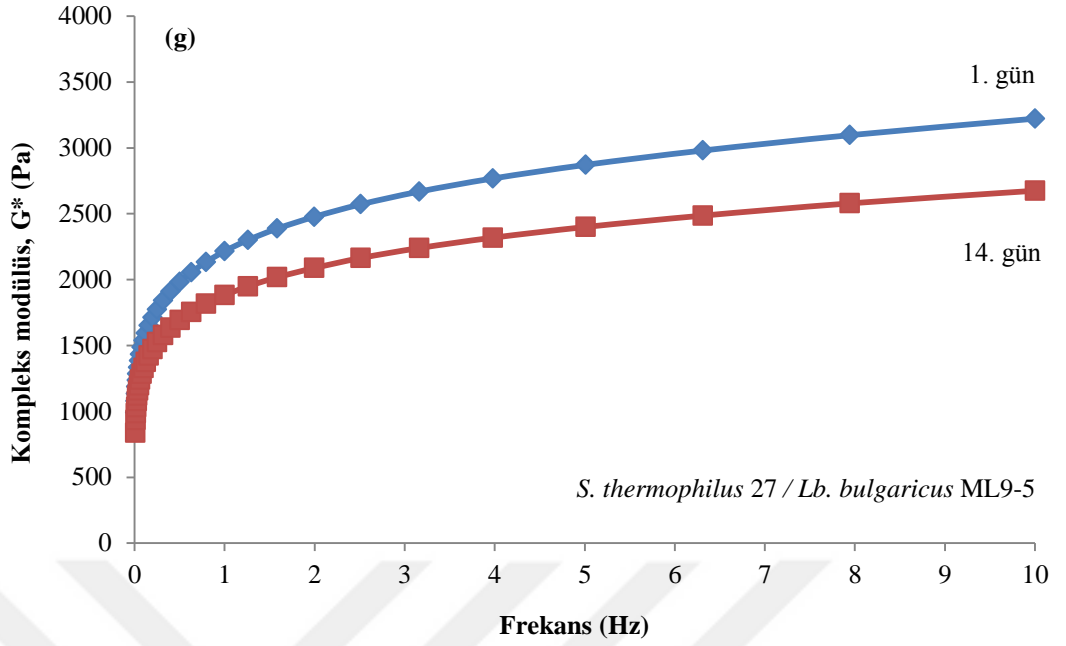




Şekil 4.16 Deneme yoğurtlarının küçük osilasyon deformasyon modeline göre depolama süresince frekans tarama profilleri (c,d)



Şekil 4.16 Deneme yoğurtlarının küçük osilasyon deformasyon modeline göre depolama süresince frekans tarama profilleri (e,f)

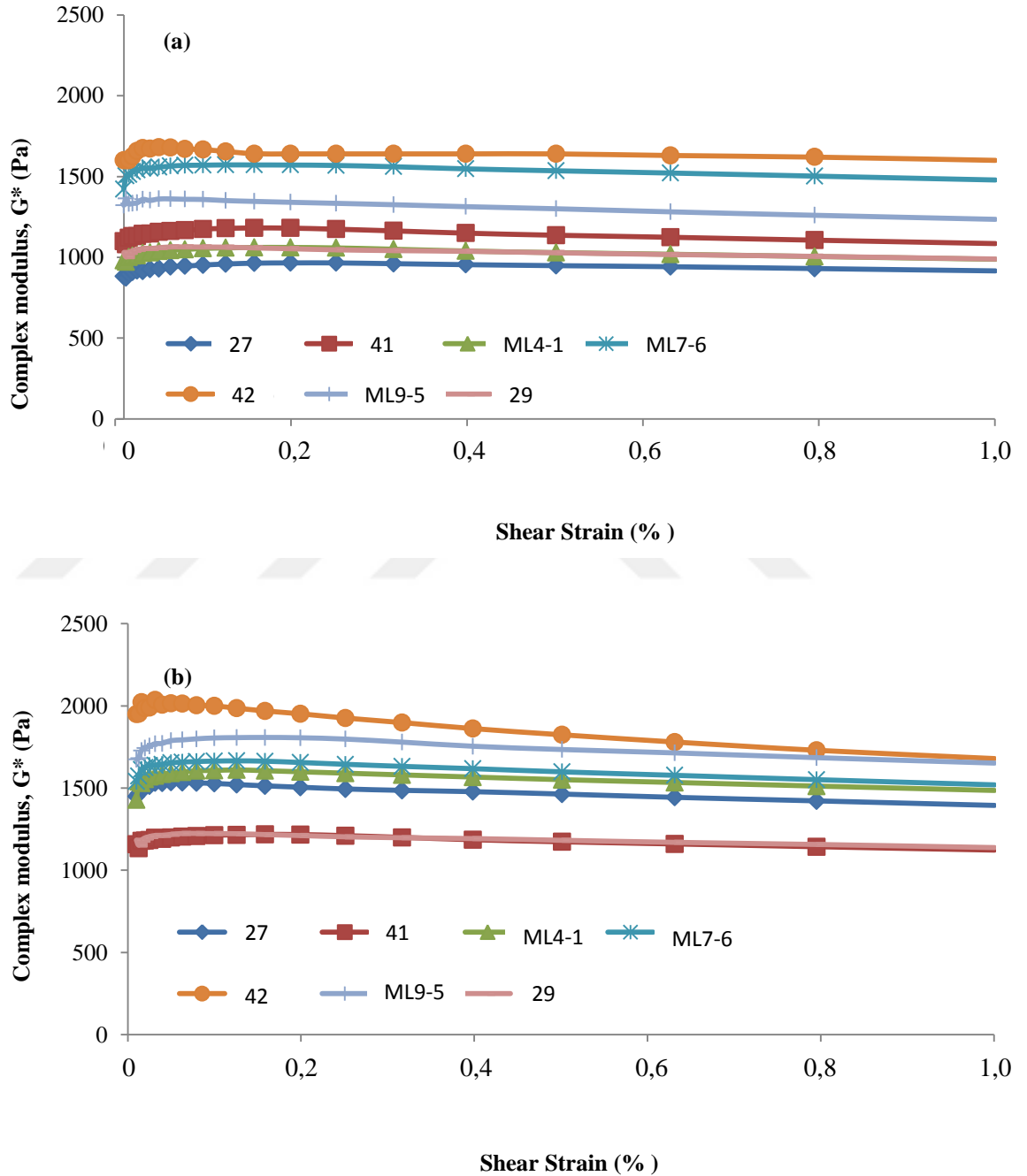


Şekil 4.16 Deneme yoğurtlarının küçük osilasyon deformasyon modeline göre depolama süresince frekans tarama profilleri (g)

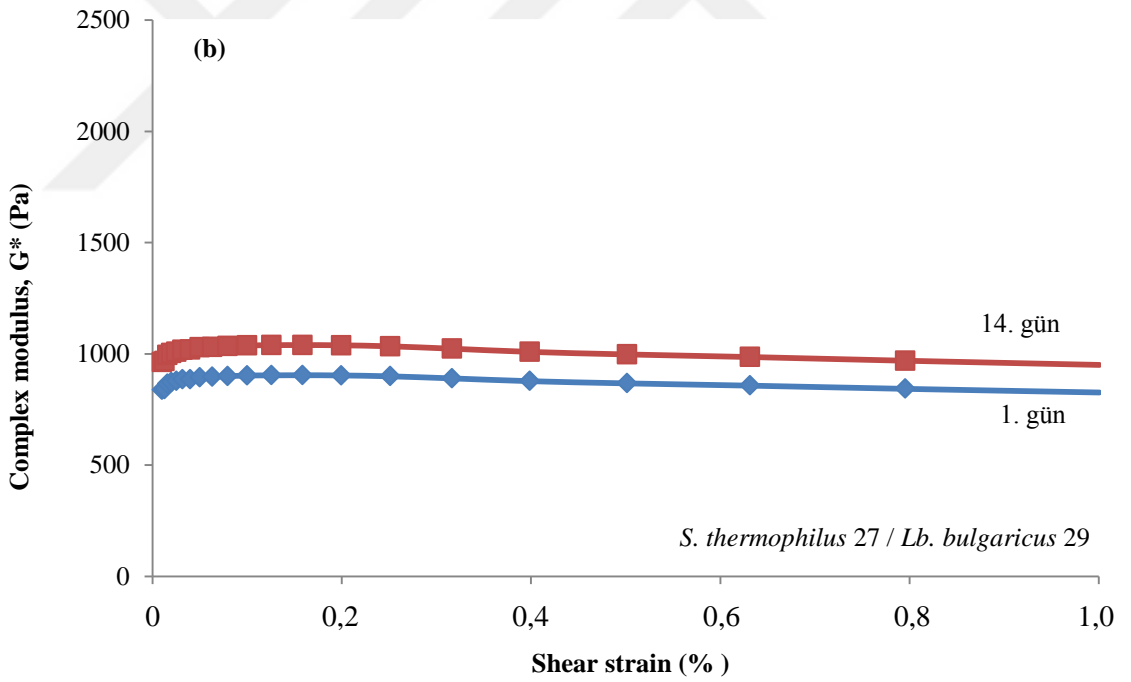
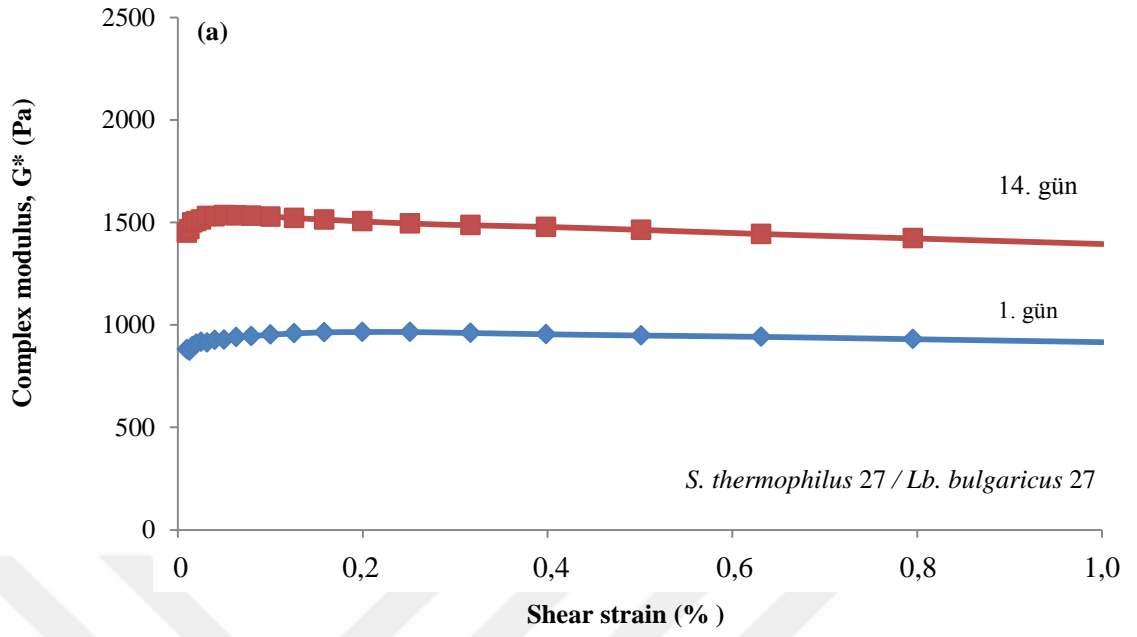
#### **Strain (amplitüd) tarama testi**

Deneme yoğurtlarının strain tarama analiz sonuçları şekil 4.17’de sunulmaktadır. Strain tarama aralığı 1 Hz’de % 0.01-1.0 olarak belirlenmiştir. Lineer viskoelastik bölgede çalışıldığından strain aralığı boyunca bir deformasyon ve artefekt ile karşılaşılmamıştır. Depolamanın 1. ve 14. günlerinde jel sıklığı en fazla olan örnek *S. thermophilus* 27 ile *Lb. bulgaricus* 42 ve ML7-6 kombinasyonu ile üretilen yoğurtlar olarak bulunmuştur. Bu durum aynı kombinasyonların jelleşme profilleri ile uyumlu bulunmuştur (Bkz. Şekil 4.14). Bu iki örnekte jelleşme sürecinde depolama modülüsü ( $G'$ ) metastabil pozisyona ulaşmadığından olasılıkla soğuk depolama sırasında protein bağlarındaki yeniden yapılanma sürecinin kinetiği farklılık göstermiştir. Örneklerin tamamında lineer viskoelastisitenin görülmesine karşın kompleks modülüs ( $G^*$ ) değerlerindeki belirgin farklılık, aynı protein interaksiyon kuvvetlerinin farklı düzeylerde yer aldığını belirtmektedir. Tüm proses koşulları aynı tutulduğundan kompleks modülüs farklılıklarının başlıca nedeninin soğuk depolama sırasındaki protein flokülasyonu ve protein bantlarının yeniden yapılanma kinetiğinin farklılığı olarak düşünülmektedir.

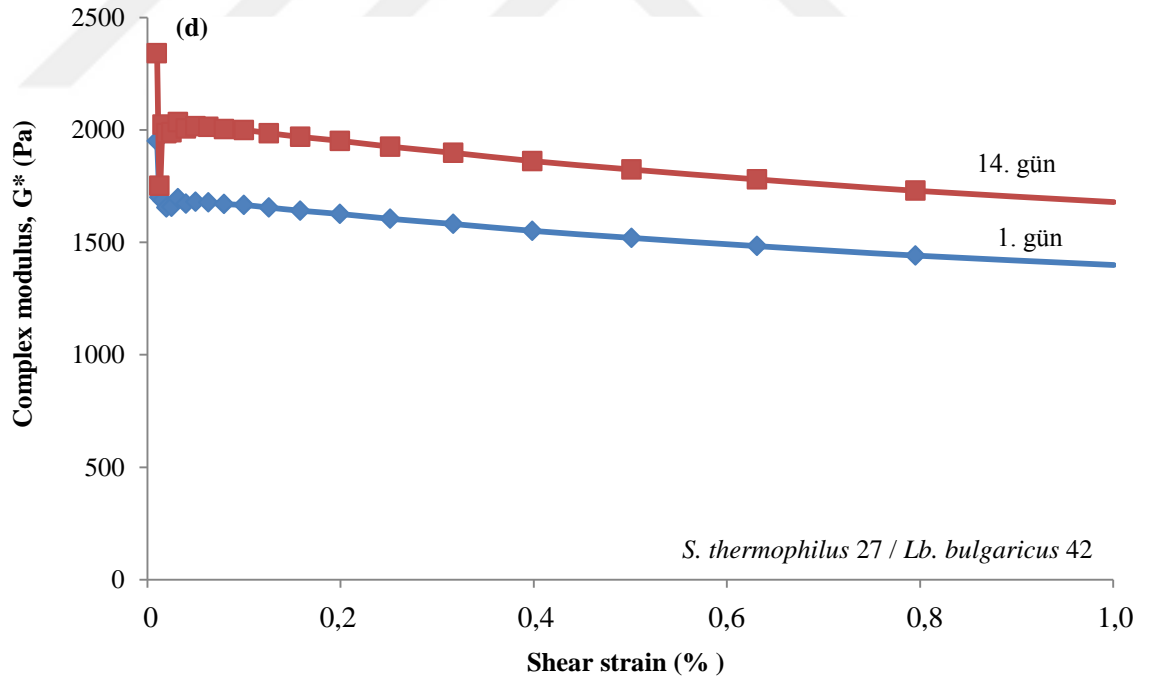
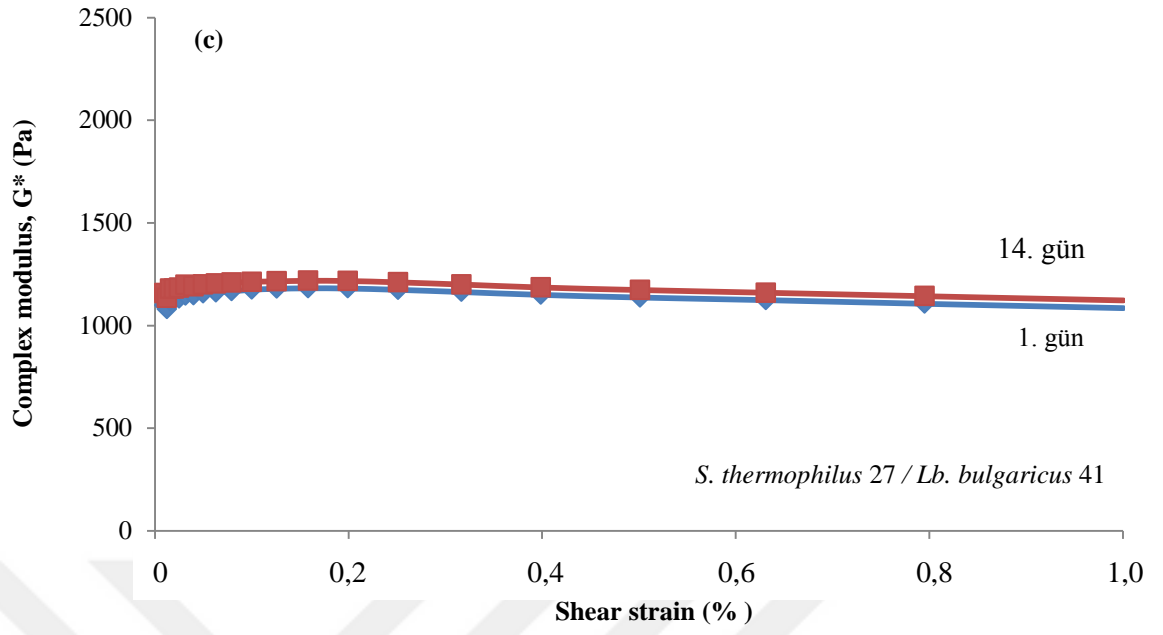
Frekans tarama testinde olduğu gibi amplitüd tarama testinde de depolama sırasında örneklerin jel sıklıkları depolama süresi boyunca artış göstermiştir. Bu artış *S. thermophilus* 27 ile *Lb. bulgaricus* 29, 41 ve ML7-6 kombinasyonlarında oldukça sınırlı iken diğer örneklerde daha belirgin olmuştur (Şekil 4.18 a-g).



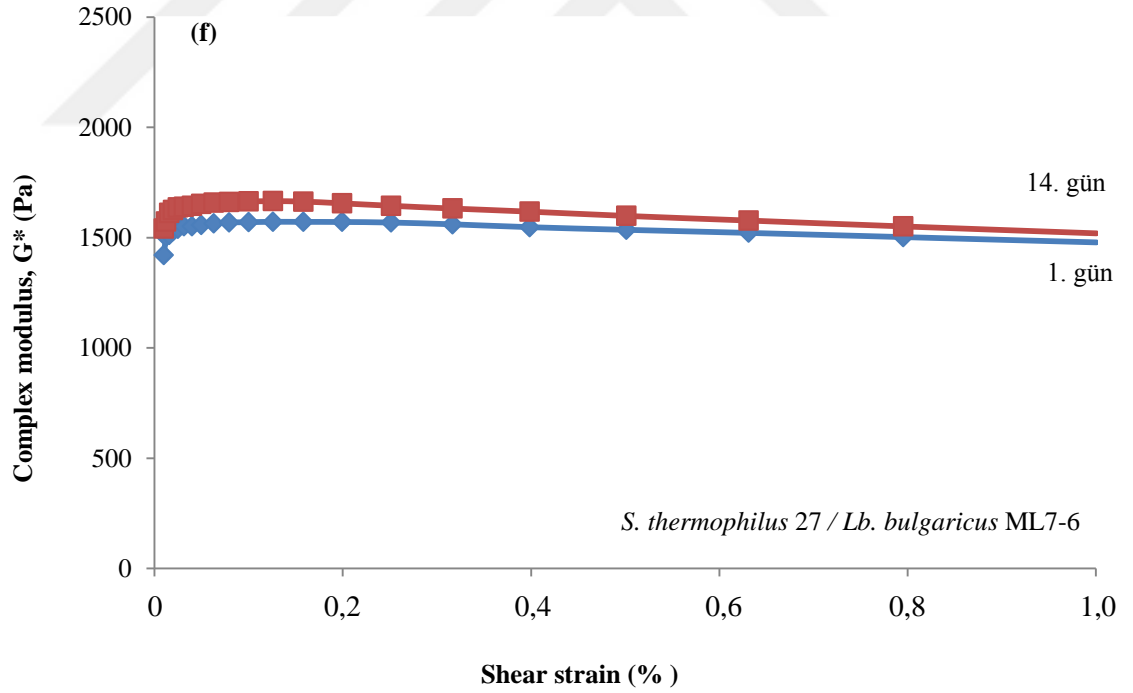
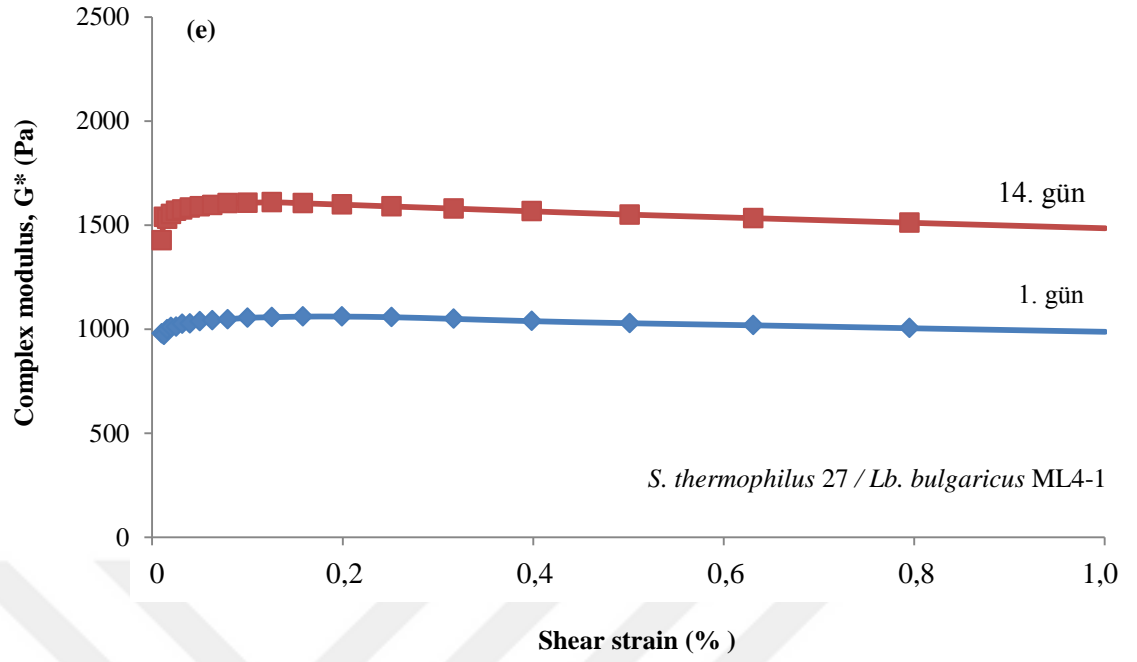
Şekil 4.17 Deneme örneklerinin strain amplitüd tarama grafiği: a. 1. Gün, b. 14. Gün, Amplitüd aralığı 0.01-1.0 ( % ), Ölçüm sıcaklığı 5 °C,  $G^*$  : kompleks modülüs,  $G^* = \sqrt{G' + iG''}$



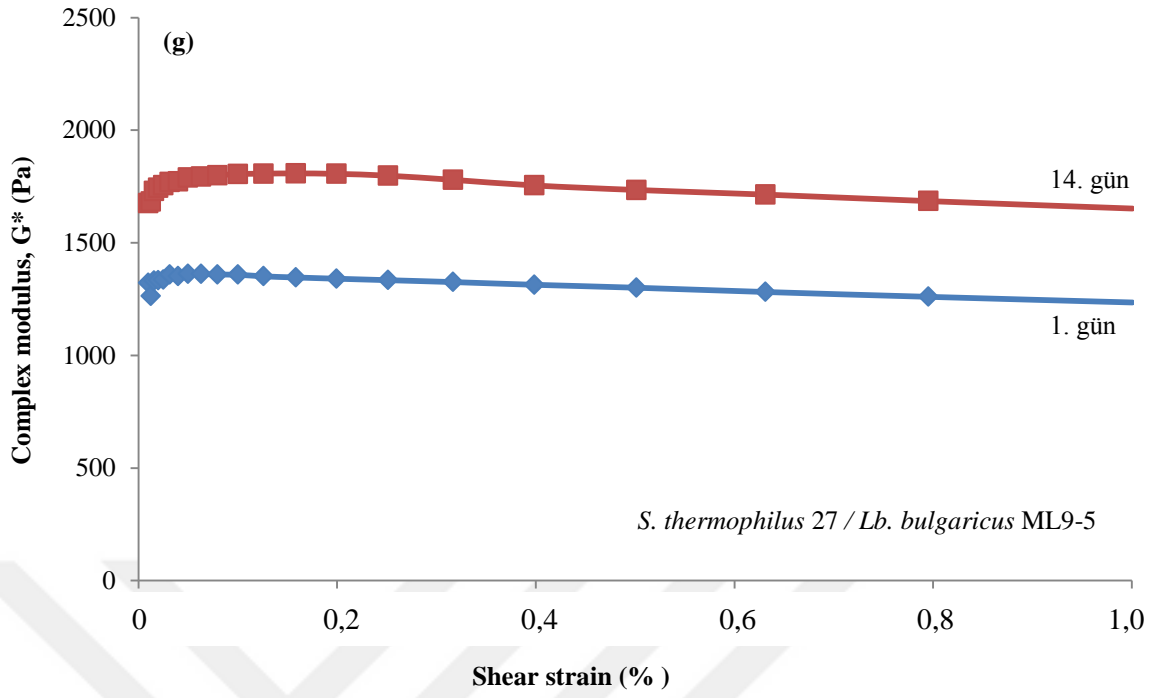
Şekil 4.18 *S. thermophilus 27* nolu izolat ile *Lb. bulgaricus* izolatlarının kombinasyonu ile üretilen yoğurtların depolama süresince strain amplitüd tarama profilleri (a,b)



Şekil 4.18 *S. thermophilus* 27 nolu izolat ile *Lb. bulgaricus* izolatlarının kombinasyonu ile üretilen yoğurtların depolama süresince strain amplitüd tarama profilleri (c,d)



Şekil 4.18 *S. thermophilus* 27 nolu izolat ile *Lb. bulgaricus* izolatlarının kombinasyonu ile üretilen yoğurtların depolama süresince strain amplitüd tarama profilleri (e,f)



Şekil 4.18 *S. thermophilus* 27 nolu izolat ile *Lb. bulgaricus* izolatlarının kombinasyonu ile üretilen yoğurtların depolama süresince strain (amplitüd) tarama profilleri (g)

Deneme yoğurtlarının dinamik reolojik verilerinin üç farklı matematik modele uygunlukları hesaplanmış ve bu modeller arasında uyum olduğu görülmüştür (Çizelge 4.13). Uygunluk testinde kullanılan modeller Cross Model, Moore Model ve Power Law Model'dir ve tüm modellerin korelasyon katsayıları anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Her üç modelde de en yüksek Infinite Shear Viscosity (Pa.s) değerleri *S. thermophilus* 27 ile *Lb. bulgaricus* 42 ve ML9-5 kombinasyonlarında birbirine yakın ve diğer örneklerden yüksek bulunmuştur. Cross ve Power Law modellerine göre örneklerin akış davranış indekslerinin (flow behaviour index) birbirine yakın çıkması tüm örneklerde jel yapısını oluşturan interaksiyon kuvvetlerinin (zayıf ve kuvvetli protein interaksiyon kuvvetleri) benzer olduğunu göstermektedir.

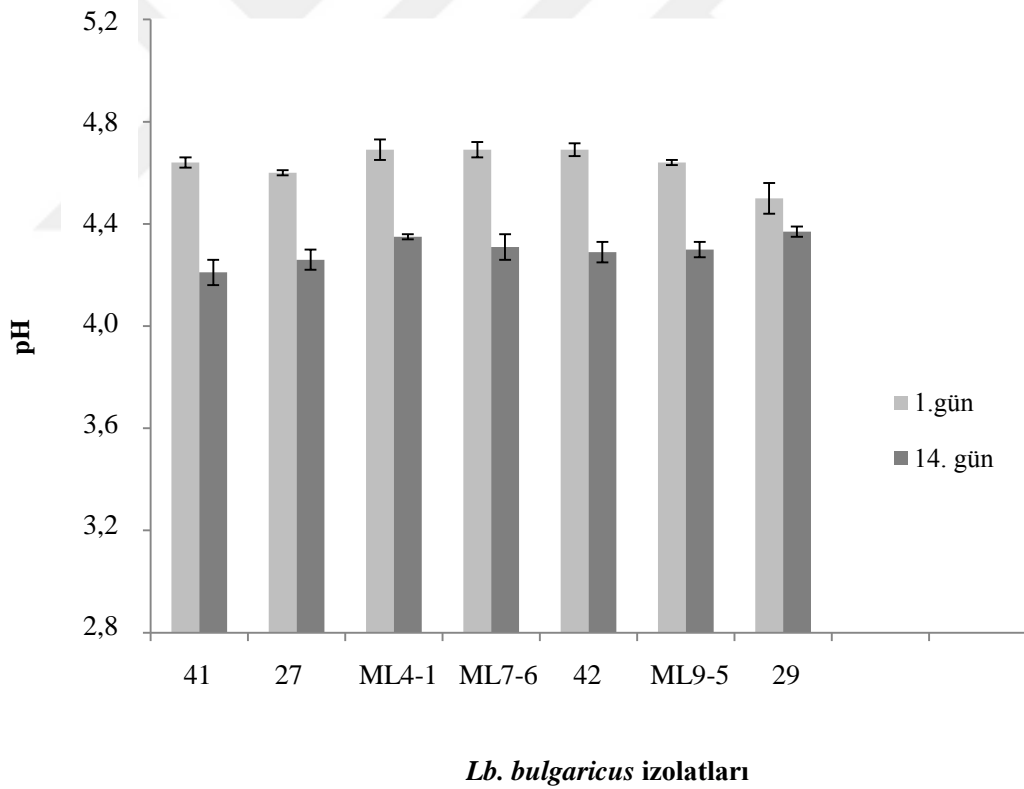


Çizelge 4.13 Deneme yoğurtlarının viskoelastik modellere uygunluğu

Kombinasyon	Cross Model				Moore Model			Power Law Model		
	Zero shear viscosity (Pa.s)	Infinite shear viscosity (Pa.s)	Korelasyon katsayısı	<i>n</i> (flow behaviour index)	Zero shear viscosity (Pa.s)	Infinite shear viscosity (Pa.s)	Korelasyon katsayısı	Shear viscosity (Pa.s)	Korelasyon katsayısı	<i>n</i> (flow behaviour index)
<i>S. thermophilus</i> (27) / <i>Lb. bulgaricus</i> (27)	6.762E+004	10.91	1.000	0.870	1.004E+004	12.80	0.987	4.334	0.999	0.165
<i>S. thermophilus</i> (27) / <i>Lb. bulgaricus</i> (29)	2.643E+004	20.97	0.999	0.911	7.723E+003	10.80	0.988	3.515	0.998	0.171
<i>S. thermophilus</i> (27) / <i>Lb. bulgaricus</i> (41)	3.646E+004	34.20	0.999	0.944	1.331E+004	13.95	0.991	5.236	0.998	0.153
<i>S. thermophilus</i> (27) / <i>Lb. bulgaricus</i> (42)	6.254E+004	43.47	0.999	0.913	1.857E+004	23.69	0.989	8.080	0.998	0.168
<i>S. thermophilus</i> (27) / <i>Lb. bulgaricus</i> (ML4-1)	4.605E+004	31.58	0.999	0.921	1.409E+004	16.38	0.990	5.824	0.998	0.160
<i>S. thermophilus</i> (27) / <i>Lb. bulgaricus</i> (ML7-6)	3.106E+004	32.10	0.999	0.929	1.073E+004	14.71	0.990	4.757	0.998	0.170
<i>S. thermophilus</i> (27) / <i>Lb. bulgaricus</i> (ML9-5)	1.075E+005	49.08	1.000	0.907	2.569E+004	29.64	0.989	10.55	0.999	0.161

### 4.3.3 Ticarileşme potansiyeli yüksek kombine kültürler ile üretilen yoğurtlarda depolama sürecinde pH değerleri değişimi

Deneme örneklerinin 14 günlük depolama sürecinde pH değerlerindeki değişim şekil 4.19'da verilmektedir. Depolamanın başında tüm örneklerde pH değerleri 4.50-4.69 arasında değişirken 14 günlük soğuk depolama sonunda bu değerler 4.21-4.37 aralığına düşmüştür. Yoğurt bakterilerinin seçimindeki temel ölçütlerden birisi fermantasyon asidifikasyonunun hızlı olması (4-6 saat içerisinde pH 4.6-4.7 aralığına ulaşma), soğuk depolama sırasında ise yavaş asit üretmesidir (14 gün içerisinde pH >4.0-4.1). Bu temel ölçüt esas alındığında tüm kombinasyonların endüstriyel yoğurt üretimi için elverişli olduğu görülmüştür.



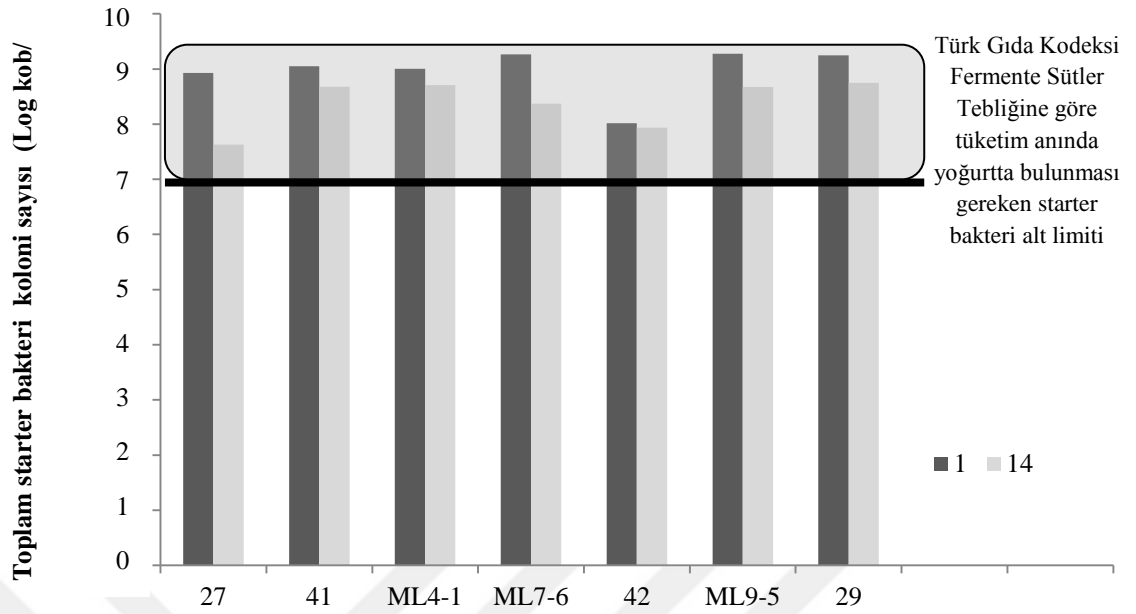
Şekil 4.19 Depolama süresi boyunca yoğurt örneklerinin pH değerlerindeki değişimler (*S. thermophilus* 27 ile 7 farklı *Lb. bulgaricus* kombinasyonu)

#### 4.3.4 Ticarileşme potansiyeli yüksek kombine kültürler ile üretilen yoğurtlarda depolama sürecinde starter kültür sayılarındaki değişimler

Deneme yoğurtlarının starter bakteri koloni sayıları çizelge 4.14’de, toplam starter bakteri koloni sayısındaki değişimler ise şekil 4.20’de gösterilmektedir. Buna göre; *S. thermophilus* 27 koloni sayısı depolamanın 1. gününde  $1.0 \times 10^8$ - $1.76 \times 10^9$  kob/g aralığında yer alırken 14 günlük depolama sonunda bu değerler  $1.0 \times 10^7$ - $5.59 \times 10^8$  kob/g düzeyine gerilemiştir. *Lb. bulgaricus* sayıları ise depolamanın başlangıcında  $3.0 \times 10^5$ - $1.76 \times 10^8$  kob/g aralığında yer alırken iken  $3.0 \times 10^5$ - $7.164 \times 10^7$  kob/g düzeyine azalmıştır. Tüm kombinasyonlar içerisinde en düşük *Lb. bulgaricus* koloni sayıları *Lb. bulgaricus* 29, 42 ve ML4-1 kombinasyonlarında elde edilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliğine göre tüketim anında yoğurtta bulunması gereken toplam starter bakteri alt limiti  $10^7$  kob/g’dir. Buna göre tüm kombinasyonlar depolama süresi sonunda yasal limitlerin üzerinde toplam starter koloni sayısına sahip bulunmuştur. Bu yönü ile seçilen kombinasyonların ticarileşme potansiyeli yüksektir.

Çizelge 4.14 Depolama süresi boyunca yoğurt bakterilerinin koloni sayılarındaki değişimler ( $\times 10^7$  kob/g)

		<i>S. thermophilus</i>		<i>Lb. bulgaricus</i>	
	Kombinasyon	1. Gün	14. Gün	1. Gün	14. Gün
<i>S. thermophilus</i> 27	<i>Lb. bulgaricus</i> 27	31.0 ± 2.2	7.5 ± 0.3	10 ± 2.3	0.21 ± 0.10
	<i>Lb. bulgaricus</i> 29	176 ± 2.9	55.9 ± 1.6	0.05 ± 0.001	0.03 ± 0.007
	<i>Lb. bulgaricus</i> 41	98.5 ± 6.6	47.4 ± 4.1	13.1 ± 1.2	0.10 ± 0.002
	<i>Lb. bulgaricus</i> 42	10 ± 0.5	1 ± 0.25	0.38 ± 0.05	0.2 ± 0.006
	<i>Lb. bulgaricus</i> ML4-1	101 ± 3.9	51.2 ± 1.1	0.03 ± 0.003	0.02 ± 0.001
	<i>Lb. bulgaricus</i> ML7-6	181 ± 8.5	23.1 ± 3.4	2.4 ± 0.09	0.52 ± 0.04
	<i>Lb. bulgaricus</i> ML9-5	171 ± 14.1	39.9 ± 1.9	17.6 ± 1.3	7.14 ± 0.15

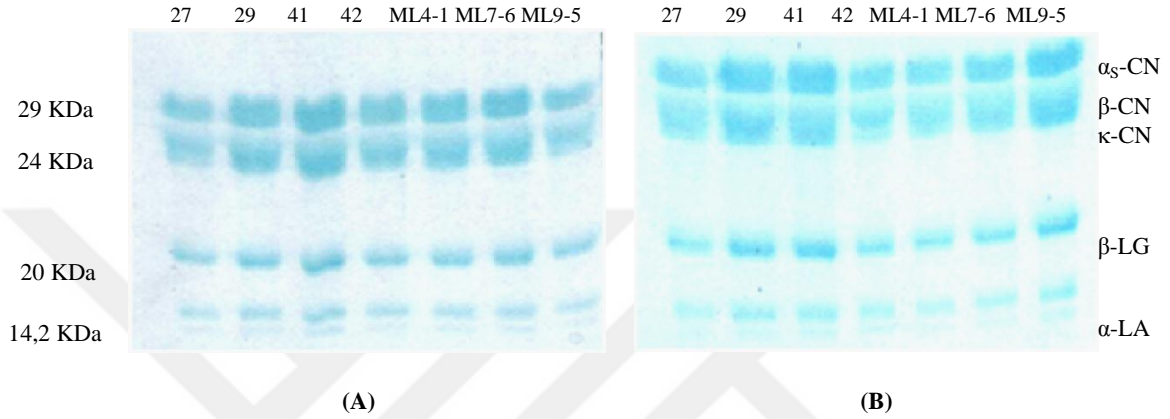


Şekil 4.20 *S. thermophilus* 27 nolu izolat ile *Lb. bulgaricus* izolatlarının kombinasyonu ile üretilen yoğurtların depolama süresince starter bakteri koloni sayılarındaki değişimler (n=5)

#### 4.3.5 Ticarileşme potansiyeli yüksek kombine kültürler ile üretilen yoğurtların elektroforetik profilleri

Deneme yoğurtlarına ait SDS-PAGE elektroforetogramları şekil 4.21’de sunulmaktadır. Depolamanın 1. gününde örnekler arasında kazein fraksiyonları açısından belirgin bir farklılık görülmemiştir. Aynı örneklerin  $\alpha$ -laktalbumin ( $\alpha$ -LA) bantlarında kısmi bir azalma görülmüştür. Depolamanın 14. gününde *S. thermophilus* 27 ile *Lb. bulgaricus* 27, 42 ve ML4-1 kombinasyonlarının kazein fraksiyonlarını temsil eden bantlarının yoğunluklarında azalmalar tespit edilmiştir. Benzer şekilde, serum proteini fraksiyonlarında da aynı örneklerdeki azalma dikkati çekmektedir. Tekil izolatların peptid profil analiz sonuçları irdelendiğinde *Lb. bulgaricus* 27, 41 ve 42 nolu suşlarının orta düzeyde proteolitik kapasiteye sahip olduğu bulunmuştur (Bkz. Şekil 4.5). *Lb. bulgaricus* ML4-1 ise zayıf proteolitik özellik göstermiştir. *S. thermophilus* 27 ise zayıf proteolitik bir izolat olarak belirlenmiştir. Olasılıkla *S. thermophilus* 27 ve *Lb. bulgaricus* ML4-1’in tekil proteolitik performansları zayıf olmakla birlikte ortak proteolitik etkileri daha güçlü olmuştur. Nitekim bu iki bakteri kombinasyonunun küçük deformasyon dinamik reolojik özellikleri incelendiğinde, gerek frekans tarama gerekse

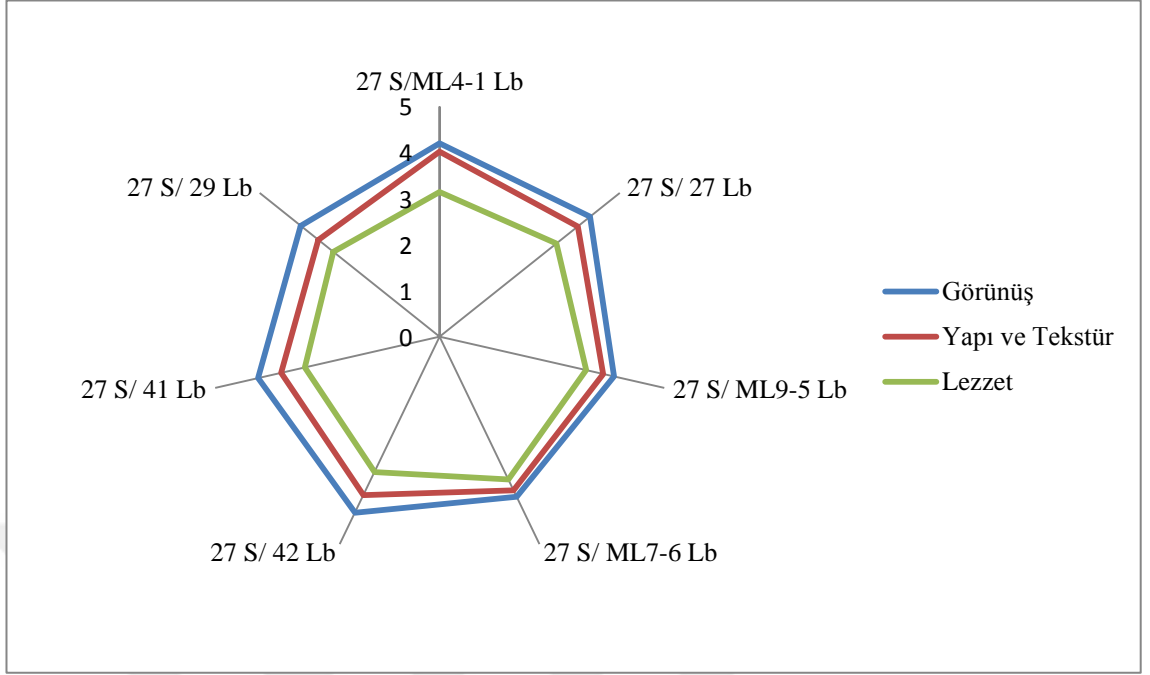
amplitüd tarama test sonuçlarının diğer örneklerden daha yüksek olduğu ve özellikle depolamanın 14. gününde dinamik reolojik özelliklerinin belirgin bir şekilde artış gösterdiği anlaşılmıştır (Bkz. Şekil 4.15 ve 4.19). Yoğurt bakterileri genellikle zayıf ya da orta proteolitik karaktere sahiptir ve gerek fermantasyon gerekse soğuk depolama aşamalarında belirgin bir proteolitik parçalanma beklenmemektedir.



Şekil 4.21 Deneme yoğurtlarının elektroforetogramları (A) 1. Gün, (B) 14. Gün (*S. thermophilus* 27 ile 7 farklı *Lb. bulgaricus* kombinasyonu)

#### 4.3.6 Ticarileşme potansiyeli yüksek kombine kültürler ile üretilen yoğurtların hedonik duyusal değerlendirme sonuçları

Deneme yoğurtları 50 kişilik herhangi bir duyusal değerlendirme eğitimi almamış denek grubu tarafından hedonik olarak depolama sürecinin 21. gününde değerlendirilmiştir. Değerlendirme 5-puan değerlendirme skalası kullanılarak yapı ve tekstür, görünüş ve lezzet açısından yapılmıştır. Değerlendirmeler sonucunda tüm örnekler tüketilebilir bulunurken sadece *S. thermophilus* 27 ile *Lb. bulgaricus* ML4-1 kombinasyonunda kısmi bir aroma/lezzet yetersizliği ön plana çıkmıştır (Şekil 4.22). *Lb. bulgaricus* ML9-5 ve ML7-6 ile hazırlanan kombinasyon ise en yüksek lezzet değerlerini elde etmiştir. Gerek yapı ve tekstür gerekse genel görünüş özellikleri bakımından tüm örnekler yüksek kabul edilebilirlik değerlerine sahip bulunmuştur.



Şekil 4.22 Deneme yoğurtlarının hedonik duysal değerlendirme diyagramı (**denek sayısı: 50, tekrar sayısı: 2**) (*S. thermophilus*; *S. Lb. bulgaricus*; Lb)

## 5. SONUÇ

Tez projesinin temel çıkış noktası ülkemiz yoğurt tüketicilerinin beklentilerine uygun yoğurt üretimlerinde kullanılmak üzere yerel kaynaklardan izole edilmiş yoğurt starter kültürleri geliştirmektir. Bu amaçla; 112D052 kodlu ‘Geleneksel Yoğurt Örneklerinden İzole Edilen *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* Suşlarının Endüstriyel Yoğurt Üretimine Uygunluğunun Saptanarak Starter Kombinasyonlarının Geliştirilmesi’ adlı SAN-TEZ projesi kapsamında izole edilen 153 *S. thermophilus* ve 28 *Lb. bulgaricus* suşu içerisinde tüm fenotipik ve genotipik testler tarafından teyit edilen toplam 49 *S. thermophilus* ve 15 *Lb. bulgaricus* seçilerek teknolojik performans testlerine tabi tutulmuştur. Bu izolatlar öncelikle tekil olarak asidifikasyon ve spesifik gelişim profili testlerine tabi tutulmuştur. Bu testler sonunda bazı izolatlar pasajlama aşamaları sonunda gelişim yeteneklerini yitirirken bazı izolatların da asit üretim yetenekleri zayıflamış ya da atipik tat ve aroma bileşenleri üretmiştir. Dolayısıyla denemeye alınan 49 *S. thermophilus* suşundan 12’si ve 15 *Lb. bulgaricus* suşundan 8’i seçilerek endüstriyel yoğurt üretimine uygunlukları test edilmiştir. Bu aşamada 96 farklı kombinasyon 2 tekrarlamalı olarak yoğurda dönüştürülmüş ve kombine kültürlerin endüstriyel yoğurt üretimine uygunlukları denenmiştir. 96 farklı kombinasyonla üretilen yoğurtlarda fermantasyon profilleri ve duyuşsal karakteristikler başta olmak üzere lipolitik, aromatik ve tekstürel profiller de izlenmiştir. Özellikle fermantasyon sırasında asidifikasyon hızı ve duyuşsal olarak kabul edilebilirlik ölçütleri bazında bir değerlendirme yapıldığında 1 *S. thermophilus* (izolat no 27) ve 7 *Lb. bulgaricus* (izolat no 27, 29, 41, 42, ML4-1, ML7-6, ML9-5) suşunun ticari üretimlere uygunluk gösterdiği belirlenmiş, bu izolatlar arası kombinasyonlar daha ileri düzeyde teknolojik yeterlilik testlerine tabi tutulmuştur.

Ticari üretime uygunlukları tespit edilen kombinasyonların tamamının yoğurt bakterileri için tipik pH-zaman ilişkisine sahip olduğu belirlenmiştir. Tüm kombinasyonlar 5-7 saat içerisinde sütün pH’sını hedef pH olan 4.6’ya indirebilmiştir. Dinamik reolojik ölçümler sonunda seçili izolatlar ile üretilen yoğurtların jelleşme profillerinin tipik viskoelastik jel profilini yansıttığı ve yoğurt gibi viskoelastik jelleri temsil eden reolojik modellere uyduğu belirlenmiştir (Cross Model, Power Law Model, Moore Model).

Bu kombinasyonlar 14 gün boyunca 4 °C'de depolanmış ve post-asidifikasyon özelliklerinin sınırlı olduğu ortaya konulmuştur. Tüm kombinasyonların 14 gün sonunda pH değerleri 4.0-4.1 aralığında kalmıştır. 14 gün sonunda toplam starter bakteri sayısı Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliğinde (RG 16 Şubat 2009/27143, Tebliğ No: 2009/25) yer alan minimum değer (10<sup>7</sup> kob/g) üzerinde bulunmuştur. Hedonik duyu değerlendirmeler sonucunda da kombinasyonların beğenilirliğinin yüksek olduğu ortaya konulmuştur.

Gelecek çalışmalar kapsamında, başarılı bulunan 7 farklı *S. thermophilus* ve *Lb. bulgaricus* kombinasyonunun kendi içlerindeki kok:basil oranları deneyerek teknolojik performanslarının artırılmasına çalışılması önerilmektedir.



## KAYNAKLAR

- Adams, R.M., Yoast, S., Mainzer, S.E., Moon, K., Palombella, A.L., Estell, D.A. Power, S.D. and Schmidt, B.K. 1994. Characterization of two cold-sensitive mutants of the beta-galactosidase from *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Journal of Biological Chemistry, 269(8), 5666-5672.
- Almiron-Roig, E., Mulholland, F., Gasson, M.J. and Griffin, A.M. 2000. The complete *cps* gene cluster from *Streptococcus thermophilus* NCFB 2393 involved in the biosynthesis of a new exopolysaccharide. Microbiology-UK, 146, 2793-2802.
- Amani, E., Eskandari, M.E. and Shekarforoush, S. 2017. The effect of proteolytic activity of starter cultures on technologically important properties of yogurt. Food Science & Nutrition, 5(3), 525-537
- Angelov, M., Kostov, G., Simova, E., Beshkova, D. and Koprinkova-Hristova, P. 2009. Proto-cooperation factors in yogurt starter cultures. Revue de Génie Industriel, 3, 4-12.
- Atlan, D., Laloi, P. and Portalier, R. 1990. X-prolyl-dipeptidyl aminopeptidase of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*: Characterization of the enzyme and isolation of deficient mutants. Applied and Environmental Microbiology, 56(7), 2174-2179.
- Axelsson, L. 1998. Lactic acid bacteria: classification and physiology. In: Lactic Acid Bacteria: Microbiology and Functional Aspects. Salminen S. and von Wright A. (eds), Marcel Dekker Inc., 1-72, New York, ABD.
- Ayhan, K., Durlu-Özkaya, F. and Tunail, N. 2005. Commercially important characteristics of Turkish origin domestic strains of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. International Journal of Dairy Technology, 58(3), 150-157.
- Baranowska, M. 2006. Intensification of the synthesis of flavour compounds in yogurt by milk enrichment with their precursors. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 15(56), 5-11.
- Beal, C. and Corrieu, G. 1991. Influence of pH, temperature and inoculum composition on mixed cultures of *Streptococcus thermophilus* 404 and *Lactobacillus bulgaircus* 398. Biotechnology and Bioengineering, 38(1), 90-98.
- Beal, C., Skokanova, J., Latriille, E., Martin, N. and Corrieu, G. 1999. Combined effects of culture conditions and storage time on acidification and viscosity of stirred yogurt. Journal of Dairy Science, 82, 673-681.
- Benezech, T. and Maingonnat, J.F. 1994. Characterization of the rheological properties of yoghurt-a review. Journal of Food Engineering, 21, 447-472.

- Benthin, S. and Villadsen, J. 1995. Different inhibition of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* by D-lactic acid and L-lactic acid-effects on lag phase, growth rate and cell yield. *Journal of Applied Bacteriology*, 78, 647-654.
- Bertrand-Harb, C., Ivanova, I.V., Dalgalarondo, M. and Haertllé, T. 2003. Evolution of  $\beta$ -lactoglobulin and  $\alpha$ -lactalbumin content during yoghurt fermentation. *International Dairy Journal*, 13, 39-45.
- Beshkova, D.M., Simova, E.D., Frengova, G.I., Simov, Z.I. and Adilov, E.F. 1998. Production of amino acids by yogurt bacteria. *Biotechnology Progress*, 14, 963-965.
- Bianchi-Salvadori, B., Camaschella, P. and Cislighi, S. 1995. Rapid enzymatic method for biotyping and control of lactic acid bacteria used in the production of yogurt and some cheeses. *International Journal of Food Microbiology*, 27(2-3), 253-261.
- Bianchi-Salvadori, B. 1997. Lactic acid bacteria: Biochemical characteristics affecting the texture of fermented milk products. *IDF Proceedings of Texture of Fermented Dairy Products and Dairy Desserts*, May 5-6, 48-62, Vicenza, Italy.
- Bockelmann, W., Fobker, M.B. and Teuber, M. 1991. Purification and characterisation of the X-propyl-dipeptidyl aminopeptidase from *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Lactobacillus acidophilus*. *International Journal of Dairy Technology*, 1, 51-66.
- Bockelmann, W., Schulz, Y. and Teuber, M. 1992. Purification and characterisation of an aminopeptidase from *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. *International Dairy Journal*, 2, 95-107.
- Bolotin, A., Quinquis, B., Renault, P., Sorokin, A., Ehrlich, S.D., Kulakauskas, S., Lapidus, A., Goltsman, E., Mazur, M., Pusch, G.D., Fonstein, M., Overbeek, R., Kyprides, N., Purnelle, B., Prozzi, D., Ngui, K., Masuy, D., Hancy, F., Burteau, S., Boutry, M., Delcour, J., Goffeau, A. and Hols, P. 2004. Complete sequence and comparative genome analysis of the dairy bacterium *Streptococcus thermophilus*. *Nature Biotechnology*, 22, 1554-1558.
- Bonczar, G., Wszolek, M. and Siuta, A. 2002. The effects of certain factors on the properties of yoghurt made from ewe's milk. *Food Chemistry*, 79, 85-91.
- Bongers, R.S., Hoefnagel, M.H. and Kleerebezem, M. 2005. High-level acetaldehyde production in *Lactococcus lactis* by metabolic engineering. *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 1109-1113.
- Bouillanne, C. and Desmazeud, M.J. 1980. Etude de quelques caractères des souches de *Streptococcus thermophilus* utilisés en fabrication de yoghurt et proposition d'une méthode de classement. *Lait*, 60, 458-473.

- Bourgoin, F., Pluvinet, A., Gintz, B., Decaris, B. and Guedon, G. 1999. Are horizontal transfers involved in the evolution of the *Streptococcus thermophilus* exopolysaccharide synthesis loci? *Gene*, 223, 151-161.
- Bouzar, F., Cerning, J. and Desmazeaud, M. 1997. Exopolysaccharide production and texture-promoting abilities of mixed-strain starter cultures in yogurt production. *Journal of Dairy Science*, 80(10), 2310-2317.
- Broadbent, J. R., McMahon, D.J., Welker, D.L., Oberg, C.J. and Moineau, S. 2003. Biochemistry, genetics, and applications of exopolysaccharide production in *Streptococcus thermophilus*: A review. *Journal of Dairy Science*, 86, 407-423
- Burrus, V.C., Bontemps, C., Decaris, B. and Guedon, G. 2001. Characterization of a novel type II restriction-modification system, Sth368I, encoded by the integrative element ICES<sub>t1</sub> of *Streptococcus thermophilus* CNRZ368. *Applied and Environmental Microbiology*, 67, 1522-1528.
- Cerning, J., Bouillanne, C., Desmazeaud, M.J. and Landon, M. 1986. Isolation and characterization of exocellular polysaccharide produced by *Lactobacillus bulgaricus*. *Biotechnology Letters*, 8(9), 625-628.
- Cerning, J. 1988. Exocellular polysaccharide production by *Streptococcus thermophilus*. *Biotechnology Letters*, 10, 255-260.
- Cerning, J., Bouillanne, C., Landon, M. and Desmazeaud, M.J. 1990. Comparison of exocellular polysaccharide production by thermophilic lactic acid bacteria. *Science des Aliments*, 10, 443-451.
- Champagne, C.P., Brouillette, M. and Girard, F. 1990. Effect of maturity of *Lactobacillus delbrueckii* var. *bulgaricus* culture on the growth of *Streptococcus salivarius* var. *termophilus*. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 23(4-5), 203-206.
- Chandan, R.C., Argyl, P.J. and Mathison, G.E. 1982. Action of *Lactobacillus bulgaricus* proteinase preparations on milk proteins. *Journal of Dairy Science*, 65, 1408-1413.
- Chaves, A.C.S.D., Fernandez, M., Lerayer, A.L.S., Mierau, I., Kleerebezem, M. And Hugenholtz, J. 2002. Metabolic engineering of acetaldehyde production by *Streptococcus thermophilus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(11), 5656-5662.
- Cheng, H. 2010. Volatile flavor compounds in yogurt: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50, 938-950.
- Courtin, P., Monnet, V. and Rul, F. 2002. Cell-wall proteinases PrtS and PrtB have a different role in *Streptococcus thermophilus*/*Lactobacillus bulgaricus* mixed cultures in milk. *Microbiology*, 148, 3413-3421.

- Dandoy, D., Fremaux, C., de Frahan, M.H., Horvarth, P., Boyaval, P. and Fontaine, L. 2011. The fast milk acidifying phenotype of *Streptococcus thermophilus* can be acquired by natural transformation of the genomic island encoding the cell envelope proteinase PrtS. *Microbial Cell Fact*, 10 (Suppl. 1), S21.
- de Jong, C. and Badings, H. T. 1990. Determination of free fatty acids in milk and cheese. Procedures for extraction, clean-up and capillary gas chromatographic analysis. *Journal of High Resolution Chromatography*, 13, 94-98.
- Delley, M., Mollet, B. and Hottingher, H. 1990. DNA probe for *Lactobacillus delbrueckii*. *Applied and Environmental Microbiology*, 56, 1967-1970.
- de Souza Oliveira, P.R., Torres, B.R., Perego, P., de Oliveira, M.N. and Converti, A. 2012. Co-metabolic models of *Streptococcus thermophilus* in co-culture with *Lactobacillus bulgaricus* or *Lactobacillus acidophilus*. *Biochemical Engineering Journal*, 62, 62-69.
- de Vin, F., Radström, P., Herman, L. and de Vuyst, L. 2005. Molecular and biochemical analysis of the galactose phenotype of dairy *Streptococcus thermophilus* strains reveals four different fermentation profiles. *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 3659-3667.
- de Vos, W. M. 1996. Metabolic engineering of sugar metabolism in lactic acid bacteria. In: *Proceedings of the Fifth Symposium on Lactic Acid Bacteria: Genetics, Metabolism and Applications*. Federation of European Microbiological Societies and Netherland Institute for Microbiology, 127-146, Veldhooven, The Netherlands.
- de Vuyst, L., de Vin, F., Vaningelgem, F. and Degeest, B. 2001. Recent developments in the biosynthesis and applications of heteropolysaccharides from lactic acid bacteria. *International Dairy Journal*, 11, 687-707.
- Doco, T., Wieruszkeski, J.M., Fournet, B., Carcano, D., Ramos, P. and Loones, A. 1990. Structure of an exocellular polysaccharide produced by *Streptococcus thermophilus*. *Carbohydrate Research*, 198, 313-321.
- Donkor, O.N., Henriksson, A., Vasiljevic, T. and Shah, N.P. 2007. Proteolytic activity of dairy lactic acid bacteria and probiotics as determinant of growth and in vitro angiotensin-converting enzyme inhibitory activity in fermented milk. *Lait*, 86, 21-38.
- Duboc, P. and Mollet, B. 2001. Applications of exopolysaccharides in the dairy industry. *International Dairy Journal*, 11, 759-768.
- El-Soda, M. and Desmazeaud, M.J. 1982. Peptide hydrolyses from lactobacilli of the *Thermobacterium* group. I. Determination in *Lactobacillus helveticus*,

- L.acidophilus*, *L.lactis* and *L. bulgaricus*. Canadian Journal of Microbiology, 28, 1181-1188.
- El Soda, M., Abd El Wahab, H., Ezzat, N., Desmazeaud, M.J. and Ismail, A. 1986. The esterolytic and lipolytic activities of the Lactobacilli. Le Lait, 66(4), 431-443.
- El-Zahar, K., Chobert, J., Sitohy, M., Dalgalarondo, M. and Haertlé, T. 2003. Proteolytic degradation of ewe milk proteins during fermentation of yoghurts and storage. Nahrung/Food, 3, 199-206.
- Ezzat, N., El-Soda, M., Bouilanne, C., Zevaco, C. and Blanchard, P. 1985. Cell Wall associated proteinases in *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus bulgaricus* and *Lactobacillus lactis*. Milchwissenschaft, 40, 140-143.
- Ezzat, N., Zevaco, C., El-Soda, M. and Gripon, J.C. 1987. Partial purification and characterization of a cell-wall associated proteinase from *Lactobacillus bulgaricus*. Milchwissenschaft, 42(2), 95-97.
- Faber, E.J., Zoon, P., Kamerling, J.P. and Vliegthart, J.F.G. 1998. The exopolysaccharides produced by *Streptococcus thermophilus* Rs and Sts have the same repeating unit but differ in viscosity of their milk cultures. Carbohydrate Research, 310, 269-276.
- Farrow, J.A.E. and Collins, M.D. 1984. DNA-base composition, DNA-DNA homology and long chain fatty acids studies on *Streptococcus thermophilus* and *Streptococcus salivarius*. Journal of General Microbiology, 130, 357-362.
- Fernandez-Espla, M., Garault, P., Monnet, V. and Rul, F. 2000. *Streptococcus thermophilus* cell wall-anchored proteinase: release, purification, and biochemical and genetic characterization. Applied and Environmental Microbiology, 66, 4772-4778.
- Fira, D., Kojic, M., Banina, A., Spasojevic, I., Strahinic, I. and Topisirovic, L. 2001. Characterization of cell envelope-associated proteinases of thermophilic lactobacilli. Journal of Applied Microbiology, 90, 123-130.
- Florence, A.C.R., Silva, R.C., Espirito Santo, A.P., Gioielli, L.A., Tamime, A.Y. and Oliveira, M.N. 2009. Increased CLA content in organic milk fermented by bifidobacteria or yoghurt cultures. Dairy Science and Technology, 89, 541-553.
- Florence, A.C.R., Béal, C., Silva, R.C., Bogsan, C.S.B., Pilleggi, A.L.O.S., Gioielli, L.A. and Oliveira, M.N. 2012. Fatty acid profile, trans-octadecenoic,  $\alpha$ -linolenic and conjugated linoleic acid contents differing in certified organic and conventional probiotic fermented milks. Food Chemistry, 135, 2207-2214.
- Foucaud, C. and Poolman, B. 1992. Lactose transport system of *Streptococcus thermophilus*. Functional reconstitution of the protein and characterization of the

- kinetic mechanism of transport. *Journal of Biological Chemistry*, 267, 22078-22094.
- Gaafar, A.M. 1992. Volatile flavour compounds of yoghurt. *International Journal of Food Science and Technology*, 27(1), 87-91.
- Galia, W., Perrin, C., Genay, M. and Dary, A. 2009. Variability and molecular typing of *Streptococcus thermophilus* strains displaying different proteolytic and acidifying properties. *International Dairy Journal*, 19, 89-95.
- Georgala, A.I.K., Tsakalidou, E., Kandarakis, I. and Kalantzopoulos, G. 1995. Flavour production in ewe's milk and ewe's milk yoghurt, by single strains and combinations of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp *bulgaricus*, isolated from traditional Greek yoghurt. *Lait*, 7, 271-283.
- Germani, A., Luneia, R., Nigro, F., Vitiello, V., Donini, L.M. and del Balzo, V. 2014. The yogurt amino acid profile's variation during the shelf-life. *Annali di Igiene*, 26, 205-212.
- Germond, J.E., Lapierre, L., Delley, M. and Mollet, B. 1995. A new genetic element in *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. *Molecular and General Genetics*, 248, 407-416.
- Germond, J.E., Delley, M., d'Amico, N. and Vincent, S.F.J. 2001. Heterologous expression and characterization of the exopolysaccharide from *Streptococcus thermophilus* Sfi39. *European Journal of Biochemistry*, 268, 5149-5156.
- Germond, J. E., Lapierre, L., Delley, M., Mollet, B., Felis, G.E. and Dellaglio, F. 2003. Evolution of the bacterial species *Lactobacillus delbrueckii*: A partial genomic study with reflections on prokaryotic species concept. *Molecular and Biological Evolution*, 20, 93-104.
- Gilbert, C., Atlan, D., Blanc, B., Portalier, R., Germond, J.E., Lapierre, L. and Mollet, B. 1996. A new cell surface proteinase: Sequencing and analysis of the prtB gene from *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. *Journal of Bacteriology*, 178(11), 3059-3065.
- Gilbert, C., Blanc, B., Frot-Coutaz, J., Portalier, R. and Atlan, D. 1997. Comparison of cell surface proteinase activities within the *Lactobacillus* genus. *Journal of Dairy Research*, 64, 561-571.
- Ginovart, M., López, D., Valls, J. and Silbert, M. 2002. Simulation modelling of bacterial growth in yoghurt. *International Journal of Food Microbiology*, 73, 415-425.
- Griffin, A.M., Morris, V.J. and Gasson, M.J. 1996. The cpsABCDE genes involved in polysaccharide production in *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* strain NCBF 2393. *Gene*, 183, 23-27.

- Grobben, G.J., Smith, M.R., Sikkema, J. and de Bont, J.A.M. 1996. Influence of fructose and glucose on the production of exopolysaccharides and the activities of enzymes involved in the sugar metabolism and the synthesis of sugar nucleotides in *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* NCFB 2772 grown in continuous culture on glucose and fructose. Applied Microbiology and Biotechnology, 48, 516-521.
- Guirguis, N. and Hickey, M.W. 1987. Factors affecting the performance of thermophilic starters. 2. Sensitivity to the lactoperoxidase system. Australian Journal of Dairy Technology, 42, 14-16.
- Gupta, P.K., Mital, K.B., Garg, K.S. and Mishra, P.O. 1994. Influence of different factors on activity and stability of beta-galactosidase from *Lactobacillus acidophilus*. Journal of Food Biochemistry, 18, 55-65.
- Güler, Z., Taşdelen, A., Şenol, H., Kerimoğlu, N. and Temel, U. 2009. The determination of volatile compounds in set-type yogurts using static headspace gas chromatographic method. Gıda, 34(3), 137-142.
- Güler, Z. and Gürsoy-Balcı, A.C. 2011. Evaluation of volatile compounds and free fatty acids in set types yogurts made of ewes', goats' milk and their mixture using two different commercial starter cultures during refrigerated storage. Food Chemistry, 127, 1065-1071.
- Güler, Z. and Park, Y.W. 2011. Characteristics of physico-chemical properties, volatile compounds and free fatty acid profiles of commercial set-type Turkish yoghurts. Open Journal of Animal Sciences, 1(1), 1-9.
- Güzel-Seydim, Z.B., Sezgin, E. and Seydim, A.C. 2005. Influences of exopolysaccharide producing cultures on the quality of plain set type yogurt. Food Control, 16, 205-209.
- Halkman, A.K. 2005. Merck Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları. Başak Matbaacılık ve Tanıtım Hizmetleri Ltd.Şti., Ankara.
- Hammes, W.P. and Vogel, R.F. 1995. The genus *Lactobacillus*. In: The Genera of Lactic Acid Bacteria. Wood B.J.B. and Holzapfel W.H. (eds.), 19-54, Chapman & Hall, London, UK.
- Hao, P., Zheng, H., Yu, Y., Ding, G., Gu, W., Yu, Z., Ren, S., Oda, M., Konno, T., Wang, S., Li, X., Ji, S.Z. and Zhao, G. 2011. Complete sequencing and pan genomic analysis of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* reveal its genetic basis for industrial yogurt production. PLoS ONE, 6, 1-9.
- Hardie, J.M. and Whilley, R.A. 1995. The genus *Streptococcus*. In: The Genera of Lactic Acid Bacteria. Vol 2. Wood B.J.B. and Holzapfel W.H. (eds.). 55-124, Blackie Academic and Professional, London, UK.

- Heller, K.J. 2001. Probiotic bacteria in fermented foods: product characteristics and starter organisms. *Am. J. Clin. Nutr.* 73, 374S-379S.
- Herrero, A.M., Requena, T., Reviejo, A.J. and Pingarron, J.M. 2004. Determination of L- lactic acid in yoghurt by a bienzyme amperometric graphite-Teflon composite biosensor. *European Food Research and Technology*, 219 (5), 556-559.
- Herve-Jimenez, L., Guillouard, I., Guedon, E., Gautier, C., Boudebbouze, S., Hols, P., Monnet, V., Rul, F. and Maguin, E. 2008. Physiology of *Streptococcus thermophilus* during the late stage of milk fermentation with special regard to sulfur amino-acid metabolism. *Proteomics*, 8, 4273-4286.
- Herve-Jimenez, L., Guillouard, I., Guedon, E., Boudebbouze, S., Hols P., Monnet, V., Maquin, E. and Rul. F. 2009. Postgenomic analysis of *Streptococcus thermophilus* co-cultivated in milk with *Lactobacillus delbrueckii* subsp *bulgaricus*: involvement of nitrogen, purine, and iron metabolism. *Applied Environmental Microbiology*, 75, 2062-2073.
- Hess, S.J., Roberts, R.F. and Ziegler, G.R. 1997. Rheological properties of nonfat yogurt stabilized using *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* producing exopolysaccharide or using commercial stabilizer systems. *Journal of Dairy Science*, 80, 252-263.
- Hillbrick, G. and Augustin, M.A. 2002. Milkfat characteristics and functionality: opportunities for improvement. *Australian Journal of Dairy Technology*, 57(1), 45-51.
- Hols, P., Hancy, F., Fontaine, L., Grossiord, B., Prozzi, D., Leblond-Bourget, N., Decaris, B., Bolotin, A., Delorme, C., Ehrlich, S.D., Guedon, E., Monnet, W., Renault, P. and Kleerebezem, M. 2005. New insight in the molecular biology and physiology of *Streptococcus thermophilus* revealed by comparative genomics. *FEMS Microbiology Review*, 29, 435-463.
- Hruškar, M. and Rizt, N.V.M. 1995. Aroma profiles and sensory evaluation of yogurt during storage. *Mljekarstvo*, 45(3), 175-190.
- Hugenholtz, J. 1993. Citrate metabolism in lactic acid bacteria. *FEMS Microbiology Review*, 12, 165-178.
- Hutkins, R.W., Morris, H.A. and McKay, L.L. 1985. Galactose transport in *Streptococcus thermophilus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 50, 772-776.
- Hutkins, R.W. and Morris, H.A. 1987. Carbohydrate metabolism by *Streptococcus thermophilus*: a review. *Journal of Food Protection*, 50, 876-884.



- Imhof, R. and Bosset, J.O. 1994. Relationships between micro-organisms and formation of aroma compounds in fermented dairy products. *Zeitschrift fur Lebensmittel Untersuchung und-Forschung*, 198, 267-276.
- Irigoyen, A., Ortigosa, M., García, S., Ibáñez, F.C. and Torre, P. 2012. Comparison of free amino acids and volatile components in three fermented milks. *International Journal of Dairy Technology*, 65(4), 578-584.
- Isleten, M. and Karagül-Yüceer, Y. 2006. Effects of dried dairy ingredients on physical and sensory properties of nonfat yogurt. *Journal of Dairy Science*, 89, 2865-2872.
- Juillard, V. Desmazeaud, M.J. and Spinnler, H.E. 1988. Mise en évidence d'une activité uréasique chez *Streptococcus thermophilus*. *Canadian Journal of Microbiology*, 34, 818-822.
- Kalantzopoulos, G., Tsakalidou, E. and Manolopoulou, E. 1990. Proteinase, peptidase and esterase activities of cell-free extracts from wild strains of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* isolated from traditional Greek yogurt. *Journal of Dairy Research*, 57, 593-601.
- Kaminarides, S., Stamou, P. and Massouras, T. 2007. Comparison of the characteristics of set type yoghurt made from ovine milk of different fat content. *International Journal of Food Science and Technology*, 42, 1019-1028.
- Kaneko, T., Suzuki, H. and Takahashi, T. 1987. Studies on biosynthesis and utilization of folic acid and vitamin B12 by lactic acid bacteria. *Dairy Science Abstracts*, 49, 201.
- Khalid, N.M., El-Soda, M., and Marth, E. 1991. Peptide hydrolyses of *Lactobacillus helveticus* and *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. *Journal of Dairy Science*, 74, 29-45.
- Kikuchi, M., Yamaguchi, K. and Matsui, Y. 1984. The effect of heating skim milk on symbiosis between *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. *Journal of College Dairy and Natural Science*, 10, 349-357.
- Kniefel, W., Ulbert, W., Erhard, F. and Jaros, D. 1992. Aroma profiles and sensory properties of yogurt and yogurt-related products. I: Screening of commercially available starter cultures. *Milchwissenschaft*, 47(6), 362-365.
- Köse, Ş. ve Ocak, E. 2014. Yoğurtta lezzet bileşenlerinin oluşumu ve bu oluşum üzerine etki eden faktörler. *Akademik Gıda*, 12(2), 101-107.
- Kuchroo, C. N. and Fox, P. F. 1982. Fractionation of the water soluble nitrogen from cheddar cheese: chemical methods. *Milchwissenschaft*, 37, 651-653.

- Kunji, E.R.S., Mierau, I., Hagting, A., Poolman, B. and Konings, W.N. 1996. The proteolytic systems of lactic acid bacteria. *Antonie van Leeuwenhoek*, 70, 187-221.
- Kurultay, Ş., Öksüz, Ö. and Kaptan, B. 2005. Determination of the effects of different amino acids, sodium formate and their combinations on some growth characteristics of mixed and single cell cultures of yogurt bacteria. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 2, 153-160.
- Laloi, P. 1989. Analyse biochimique, physiologique et génétique de l'activité caséinolytique et des aminopeptidases de *Lactobacillus bulgaricus*. Doktora Tezi, University of Lyon, Fransa.
- Laloi, P., Atlan, D., Blanc, B., Gilbert, C. and Portalier, R. 1991. Cell wall associated proteinase of *Lactobacillus-delbrueckii* subsp. *bulgaricus* CNRZ 397-Differential extraction, purification and properties of the enzyme. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 36(2), 196-204.
- Laws, A.P. and Marshall. V.M. 2001. The relevance of exopolysaccharides to the rheological properties in milk fermented with ropy strains of lactic acid bacteria. *International Dairy Journal*, 11, 709-721.
- Le Bras, G. and Garel. J.R. 1991. Properties of D-lactate dehydrogenase from *Lactobacillus bulgaricus*: a possible different evolutionary origin for the D- and L-lactate dehydrogenases. *FEMS Microbiology Letter*, 79, 89-94.
- Lee, J. H., Diono, R., Kim, G. Y. and Min, D. 2003. Optimization of solid phase microextraction analysis for the headspace volatile compounds of Parmesan cheese. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 1136-1140.
- Lee, W.J. and Lucey, J. A. 2010. Formation and physical properties of yogurt. *Asian Australian Journal of Animal Science*, 23(9), 1127-1136.
- Leefflang, B.R., Faber, E.J., Eerbel, P. and Vliegenhart, J.F.G. 2000. Structure elucidation of glycoprotein glycans and of polysaccharides by NMR spectroscopy. *Journal of Biotechnology*, 77, 115-122.
- Lees, G.J. and Jago, G.R. 1976a. Acetaldehyde: an intermediate in the formation of ethanol from glucose by lactic acid bacteria. *Journal of Dairy Research*, 43, 75-83.
- Lees, G.J. and Jago, G.R. 1976b. Formation of acetaldehyde from threonine by lactic acid bacteria. *Journal of Dairy Research*, 43, 75-83.
- Lees, G.J. and Jago, G.R. 1977. Role of acetaldehyde in metabolism: a review 2. The metabolism of acetaldehyde in cultured dairy products. *Journal of Dairy Science*, 61, 1216-1224.

- Letort, C. and Juillard, V. 2001 Development of a minimal chemical defined medium for the exponential growth of *Streptococcus thermophilus*. *Journal of Applied Microbiology*, 91, 1-7.
- Levander, F. and Radström, P. 2001. Requirement for phosphoglucomutase in exopolysaccharide biosynthesis in glucose- and lactose-utilizing *Streptococcus thermophilus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 67, 2734-2738.
- Levander, F., Svensson, M. and Radström, P. 2002. Enhanced exopolysaccharide production by metabolic engineering of *Streptococcus thermophilus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 68, 784-790.
- Liu, W., Yu, J., Sun, Z., Song, Y., Wang, X., Wang, H., Wuren, T., Zha, M., Menghe, B. and Heping, Z. 2016. Relationships between functional genes in *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* isolates and phenotypic characteristics associated with fermentation time and flavor production in yogurt elucidated using multilocus sequence typing. *Journal of Dairy Science*, 99(1), 89-103.
- Loones, A. 1989. Changes in milk composition during yogurt production. *International Congress on Fermented Milks: Current Research*, December 14-16, 129-137, Paris.
- Lourens-Hattingh, A. and Viljoen, B.C. 2001. Yogurt as probiotic carrier food. *International Dairy Journal*, 11, 1-17
- Manca de Nadra, M.C., Raya, R.R., Pesce de Ruiz Holgado, A.A. and Olivier, G. 1987. Isolation and properties of threonine aldolase of *Lactobacillus bulgaricus* YOP12. *Milchwissenschaft*, 42, 92-94.
- Marranzini, R.M., Schmidt, R.H., Shireman, R.B., Marshall, M.R. and Cornell, J.A. 1989. Effect of threonine and glycine concentrations on threonine aldolase activity of yoghurt microorganisms during growth in modified milk prepared by ultrafiltration. *Journal of Dairy Research*, 72, 1142-1148.
- Marshall, V.M.E. and Tamime, A.Y. 1997. Starter cultures employed in the manufacture of biofermented milks. *International Journal of Dairy Technology*, 50, 35-41.
- Martin, F., Cachon, R., Pernin K., de Coninck J., Gervais, P., Guichard, E. and Cayot, N. 2011. Effect of oxidoreduction potential on aroma biosynthesis by lactic acid bacteria in non-fat yogurt. *Journal of Dairy Science*, 94, 614-622.
- McGregor, J.U. and White, C.H. 1987. Effect of sweeteners on major volatile compounds and flavor of yogurt. *Journal of Dairy Science*, 70, 1828-1834.
- Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. 1999. *Sensory Evaluation Techniques*, Boca Raton: CRC Press, 173-229, Florida.

- Menendez, S., Centeno, J.A., Godínez, R. and Rodríguez-Otero, J.R. 2000. Effects of *Lactobacillus* strains on the ripening and organoleptic characteristics of Arzúa-Ulloa cheese. *International Journal of Food Microbiology*, 59, 37-46.
- Meyer, J. and Jordi, R. 1987. Purification and characterisation of X-prolyl-dipeptidyl-aminopeptidase from *Lactobacillus lactis* and from *Streptococcus thermophilus*. *Journal of Dairy Science*, 70, 738-745.
- Meyer, J., Howald, D., Jordi, R. and Fürst, M. 1989. Location of proteolytic enzymes in *Lactobacillus lactis* and *Streptococcus thermophilus* and their influence on cheese ripening. *Milchwissenschaft*, 44, 678-681.
- Monnet, V., Condon, S., Cogan, T.M. and Gripon, J.C. 1996. Metabolism of starter cultures. In: *Dairy Starter Cultures*, Cogan, T.M. and Accolas, J.P. (eds), VCH Publishers, New York, 47-100, USA.
- Monnet, C., Pernoud, S., Sepulchre, A., Fremaux, C. and Corrieu, G. 2004. Selection and properties of *Streptococcus thermophilus* mutants deficient in urease. *Journal of Dairy Science*, 87, 1634-1640.
- Mora, D., Maguin, E., Masiero, M., Parini, C., Ricci, G., Manachini, P.L. and Daffonchio, D. 2004. Characterization of urease genes cluster of *Streptococcus thermophilus*. *Journal of Applied Microbiology*, 96(1), 209-219.
- Nakamura, T., Syukunobe, Y., Doki, R., Shimoda, K., Yoshida, T. and Kuwazuru, M. 1991. Stimulating effect of milk casein hydrolysates on the growth of *Streptococcus thermophilus*. *Nippon Shok. Kogyo Gakkaishi*, 38, 858.
- Neviani, E., Giraffa, G. and Brizzi, A. 1995. Amino acid requirements and peptidase activities of *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*. *Journal of Applied Bacteriology*, 79(3), 302-307.
- Nguyen, H.T.H., Ong, L., Kentish, S.E. and Gras, S.L. 2014. The effect of fermentation temperature on the microstructure, physicochemical and rheological properties of probiotic buffalo yoghurt. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 2538-2548.
- Nielsen, M.S., Martinussen, T., Flambard, B., Sørensen, K.I. and Otte, J. 2009. Peptide profiles and angiotensin-I-converting enzyme inhibitory activity of fermented milk products: Effect of bacterial strain, fermentation pH, and storage time. *International Dairy Journal*, 19, 155-165.
- Ott, A., Germond, J., Baumgartner, M. and Chainterau, A. 1999. Aroma comparisons of traditional and mild yogurts: headspace gas chromatography quantification of volatiles and origin of  $\alpha$ -diketones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47; 2379-2385.

- Ott, A., Germond, J. E. and Chaintreau, A. 2000. Vicinal diketone formation in yogurt: <sup>13</sup>C precursors and effect of branched-chain amino acids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48; 724–731.
- Öner, M. D., Erickson, L. E. and Yang, S.S. 1986. Analysis of exponential growth data for yogurt cultures. *Biotechnology and Bioengineering*, Vol. XXVIII, 895-901.
- Özer, B.H. 1997. Rheological Properties of Labneh (Concentrated Yoghurt). Ph.D. Thesis, The University of Reading, Reading, UK.
- Özer, B.H., Robinson, R.K., Grandison, A.S. and Bell, A.E. 1998. Gelation properties of milks concentrated by different techniques. *International Dairy Journal*, 8, 793-799.
- Özer, B.H. and Atasoy, A.F. 2002. Effect of addition of aminoacids, treatment with  $\beta$ -galactosidase and use of heath-shocked cultures on the acetaldehyde level in yogurt. *International Journal of Dairy Technology*, 55, 166-170.
- Özer, B.H., Grandison, A.S., Robinson, R.K. and Atamer, M. 2003. Effects of lactoperoxidase and hydrogen peroxide on rheological properties of yoghurt. *Journal of Dairy Research*, 70, 227-232.
- Özer, B. 2006. Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi. Sidas Yayınevi, 488, İzmir.
- Özer, B. 2014. Microbiology and Biochemistry of Yogurt and Other Fermented Milk Products. Chapter 8. In: *Dairy Microbiology and Biochemistry: Recent Developments*. Özer, B. and Akdemir-Evrendilek G. (eds), CRC/Science Publishers, Boca Raton, 167-213, FL, USA.
- Özer, B., Aytaç, A., Yazıhan, N., Baş, A.L., Taban, B., Şanlı, T., Öztürkoğlu-Budak, Ş. ve Uzunsoy, İ. 2018. Geleneksel Yoğurt Örneklerinden İzole Edilen *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* Suşlarının Endüstriyel Yoğurt Üretimine Uygunluğunun Saptanarak Starter Kombinasyonlarının Geliştirilmesi. Kesin Sonuç Raporu, TÜBİTAK/SAN-TEZ Proje No: 112D052.
- Pearce, L. and Flint, S. 2002. *Streptococcus thermophilus*. In: *Encyclopedia of Dairy Science*. Roginski, H.J. and Fuquay, P. (eds). Academic Press, 2577-2582, London, UK.
- Pébay, M., Colmin, C., Guédon, C., Simonet, J.M. and Decaris, B. 1993. Chromosomal genetic instability in *Streptococcus thermophilus*. *Lait*, 73, 181-190.
- Pernoud, S., Fremaux, C., Sepulchre, A., Corrieu G. and Monnet, C. 2004. Effect of the metabolism of urea on the acidifying activity of *Streptococcus thermophilus*. *Journal of Dairy Science*, 87, 550-555.
- Pescuma, M., Hebert, E.M., Rabesona, H., Drouet, M., Choiset, Y., Haertle, T., Mozzi, F., de Valdez, G.F. and Chobert, M.J. 2011. Proteolytic action of *Lactobacillus*

*delbrueckii* subsp. *bulgaricus* CRL 656 reduces antigenic response to bovine beta-lactoglobulin. *Food Chemistry*, 127, 487-492.

- Peterson B. L., Dave R. I., McMahon D. J., Oberg C. J. and Broadbent J. R. 2000. Influence of capsular and ropy exopolysaccharide producing *Streptococcus thermophilus* on Mozzarella cheese and cheese whey. *Journal of Dairy Science*, 83, 1952–1956.
- Poolman, B., Modderman, R. and Reizer, J. 1992. Lactose transport system of *Streptococcus thermophilus*-role of histidine residues. *Journal of Biological Chemistry*, 267, 9150-9157.
- Poolman, B. 1993. Energy transduction in lactic acid bacteria. *FEMS Microbiology Reviews*, 12, 125-147.
- Pourahmad, R. and Assadi, M.M. 2007. Use of isolated autochthonous starter cultures in yogurt production. *International Journal of Dairy Technology*, 60(4), 259-262.
- Rajagopal, S.N. and Sandine, W.E. 1990. Associative growth and proteolysis of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus* in skim milk. *Journal of Dairy Science*, 73, 894-899.
- Ramchandran L. and Shah, N.P. 2009. Effect of EPS on the proteolytic and ACE-inhibitory activities and textural and rheological properties of low-fat yogurt during refrigerated storage. *Journal of Dairy Science*, 92, 895–906.
- Ramchandran L. and Shah, N.P. 2010. Characterization of functional, biochemical and textural properties of symbiotic low-fat yogurts during refrigerated storage. *Journal Food Science and Technology*, 43, 819–827.
- Rao, D.R., Reddy, A.V., Pulusani, S.R. and Cornwell, P.E. 1984. Biosynthesis and utilization of folic acid and vitamin B<sub>12</sub> by lactic cultures in skim milk. *Journal of Dairy Science*, 67, 1169-1174.
- Rao, M. A. 2007. *Rheology of fluids and semisolid foods*. Springer Science+Business. Media, New York.
- Raya, R.R., Manca de Narda, M.C., Pesce de Ruiz Holgado, A. and Oliver, G. 1986. Acetaldehyde metabolism in lactic acid bacteria. *Milchwissenschaft*, 41, 397-399.
- Rawson, H.L. and Marshall, V.M. 1997. Effect of 'ropy' strains of *Lactobacillus delbrueckii* ssp *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* on rheology of stirred yogurt. *International Journal of Food Science and Technology*, 32(3), 213-220.
- Regula, A. 2007. Free fatty acid profiles of fermented beverages made from ewe's milk. *Lait*, 87, 71-77.

- Rodriguez-Serrano, G.M., Perez-Hernandez, G., Gallardo, F., Gomez-Ruiz, L. and Garcia-Garibay, M. 2002. Performance of yogurt cultures during the fermentation of whey concentrated by ultrafiltration for the elaboration of a fermented beverage. *Milchwissenschaft*, 57, 540-543.
- Rogout, A., Holgado, A.P., Oliver, G. and Sineriz, F. 1989. Presence of an L(+)-lactate dehydrogenase in cells of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. *Biochimie*, 7, 639-644.
- Rohm, H. and Kovac, A. 1994. Effects of starter cultures on linear viscoelastic and physical properties of yogurt gels. *Journal of Texture Studies*, 25(3), 311-329.
- Routray, W. and Mishra, H.N. 2011. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10, 208-220.
- Ruas-Mediedo, P. and de los Reyes-Gavilán, C.G. 2005. Methods for the screening, isolation, and characterization of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria. *Journal of Dairy Science*, 88, 843-856.
- Rychlik, M., Sax, M. and Schieberle, P. 2006. On the role of short-chain free fatty acids for the development of a cheese-like off-note in pasteurized yoghurt. *LWT Food Science and Technology*, 39, 521-527.
- Rysstad, G., Knutsen, W.J. and Abrahamsen, R.K. 1990. Effect of threonine and glycine on acetaldehyde formation in goats' milk yogurt. *Journal of Dairy Research*, 57, 401-410.
- Ruas-Mediedo, P. and de los Reyes-Gavilán, C.G. 2005. Methods for the screening, isolation, and characterization of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria. *Journal of Dairy Science*, 88, 843-856.
- Schmidt, B.F., Adams, R.M., Requadt, C. Power, S. and Mainzer, S.E. 1989. Expression and nucleotide sequence of the *Lactobacillus bulgaricus*  $\beta$ -D-galactosidase gene cloned in *Escherichia coli*. *Journal of Bacteriology*, 171, 625-635.
- Seçkin, A.K., Gürsoy, O., Kımık, Ö. and Akbulut, N. 2005. Conjugated linoleic acid (CLA) concentration, fatty acid composition and cholesterol content of some Turkish dairy products. *LWT Food Science and Technology*, 3, 909-915.
- Settachaimongkon, S., Nout, M.J.R., Antunes Fernandes, E.C., Hettinga, K.A., Vervoort, J.M., van Hooijdonk, T.C.M., Zweitering, H.M., Smid, E.J. and van Valenberg, H.J.F. 2014. Influence of different proteolytic strains of *Streptococcus thermophilus* in co-culture with *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* on the metabolite profile of set-yoghurt. *International Journal of Food Microbiology*, 177, 29-36.

- Shahbal, S., Hemme, D. and Desmazeaud, M. 1991. High cell wall-associated proteinase activity of some *Streptococcus thermophilus* strains (H-strains) correlated with a high acidification rate in milk. *Lait*, 71, 351-357.
- Shankar, P.A. 1977. Interrelationship between *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus* in yoghurt culture. Doktora Tezi. The University of Reading, Reading.
- Sinha, R.P. 1991. Effect of carbohydrate on the viability of *Streptococcus thermophilus*. *Journal of Food Protection*. 54 (7), 537-541.
- Siewwertz, S., de Bok, F.A.M., Hugenholtz, J. and van HylckamaVlieg, J.E.T. 2008. Unraveling microbial interactions in foodf: from classical to genomics approaches. *Applied and Environmental Microbiology*, 74(16), 4997-5007.
- Slocum, S.A., Jasinski, E.M. and Kilara, A. 1988. Processing variables affecting proteolysis in yogurt during incubation. *Journal of Dairy Science*, 71, 596-603.
- Smid, E.J. and Lacroix, C. 2013. Microbe–microbe interactions in mixed culture food fermentations. *Current Opinion in Biotechnology*, 24, 148-154.
- Sodini, I., Remeuf, F., Haddad, S. and Corrieu, G. 2004. The relative effect of milk base, starter, and process on yogurt texture: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44, 113-137.
- Stefanitsi, D. and Garrel, J.R. 1997. A zinc-dependent proteinase from the cell wall of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. *Letters in Applied Microbiology*, 24, 180-184.
- Stingele, F., Neeser, J.R. and Mollet, B. 1996. Identification and characterisation of the eps (exopolysaccharide) gene cluster from *Streptococcus thermophilus* Sfi6. *Journal of Bacteriology*, 178, 1680-1690.
- Stingele, F., Newell, J.W. and Neeser, J.R. 1999. Unraveling the function of glycosyltransferases in *Streptococcus thermophilus* Sfi6. *Journal of Bacteriology*, 181, 6354-6360.
- Sumarmono, J., Sulistyowati, M. and Soenarto, X. 2015. Fatty acids profiles of fresh milk, yogurt and concentrated yogurt from peranakan etawah goat milk. *Procedia Food Science*, 3, 216-222.
- Svensson, M., Waak, E., Svensson, U. and Radström, P. 2005. Metabolically improved exopolysaccharide production by *Streptococcus thermophilus* and its influence on the rheological properties of fermented milk. *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 6398-6400.
- Svensson, M., Lohmeier-Vogel, E., Waak, E., Svensson, U. and Radström, P. 2007. Altered nucleotide sugar metabolism in *Streptococcus thermophilus* interferes



- with nitrogen metabolism. *International Journal of Food Microbiology*, 113, 195-200.
- Şenel, E., Atamer, M., Gürsoy, A. and Öztekin, F.Ş. 2011. Changes in some properties of strained (süzme) goat's yoghurt during storage. *Small Ruminant Research*, 99, 171-177.
- Tamime, A.Y. and Deeth, H.C. 1980. Yoghurt: Technology and biochemistry. *Journal of Food Protection*, 43, 939-977.
- Tamime, A.Y. and Robinson, R. K. 2007. *Yogurt science and technology*. 3<sup>rd</sup> edition, 791, Woodhead Publishing, Oxford.
- Thomas, T.D. and Pritchard, G.G. 1987. Proteolytic enzymes of dairy starter cultures. *FEMS Microbiology Letters*, 46(3), 245-268.
- Tinson, W., Hillier, A.J., and Jago, G.R. 1982. Metabolism of *Streptococcus thermophilus*. I. Utilization of lactose, glucose and galactose. *Australian Journal of Dairy Technology*, 37, 8-13.
- Tong, D., Xia, C., Hua, B.Q., Jun, L.W., Chao, Z.J. and Ping, Z.H. 2012. Effect of L-threonine concentration on acetaldehyde production and glyA in fermented milk by *Streptococcus thermophilus*. *Food Biotechnology*, 26, 280-292.
- Tuinier, R., ten Grotenhuis, E., Holt, C., Timmins, P.A. and Kruif, C.G. 1999. Depletion interaction of casein micelles and an exocellular polysaccharide. *Physical Review E*, 60, 848-856.
- Vagenas, G. and Roussis, I.G. 2012. Fat-derived volatiles of various products of cows', ewes', and goats' milk. *International Journal of Food Properties*, 15, 665-682.
- van den Bogaard, P.T.C. 2002. Catabolite control of sugar metabolism in *Streptococcus thermophilus*. Ph.D. Thesis, Wageningen University, Wageningen, the Netherlands.
- van de Gutche, M., Penaud, S., Grimaldi, C., Barbe, V., Bryson, K., Nicolas, P., Robert, C., Oztas, S., Mangenot, S., Couloux, A., Loux, V., Dervyn, R., Bossy, R., Bolotin, A., Batto, J.M., Walunas, T., Gibrat, J.F., Weissenbach, J., Ehrlich, S.D. and Maguin, E. 2006. The complete genome sequence of *Lactobacillus bulgaricus* reveals extensive and ongoing reductive evolution. *PNAS-Proceedings, National Academy of Science, United States of America*, 103, 9274-9279.
- van Kranenburg, R., Kleerebezem, M. and de Vos, W.M. 2000. Nucleotide sequence analysis of the lactococcal EPS plasmid pNZ4000. *Plasmid*, 43, 130-136.
- Vanangelgem, F., van der Meulen, R., Zamfir, M., Adriany, T., Laws, A.P. and de Vuyst, L. 2004. *Streptococcus thermophilus* ST 111 produces a stable high-

- molecular-mass exopolysaccharide in milk-based medium. *International Dairy Journal*, 14, 857-864.
- Varga, F. 1998. The origins, production and control of acetaldehyde in yoghurt. Ph.D. Thesis, The University of Reading, Reading.
- Vaughan, E.E., van den Bogaard, P.T.C., Catzeddu, P., Kuipers, O.P and de Vos, W.M. 2001. Activation of silent gal genes in the lac-gal regulon of *Streptococcus thermophilus*. *Journal of Bacteriology*, 183, 1184-1194.
- Vescovo, M., Scolari, G.L. and Bottazzi, V. 1989. Plasmid-encoded ropiness production in *Lactobacillus casei* ssp. *casei*. *Biotechnology Letters*, 10, 709-712.
- Vinals, C., Debolle, X., Depiereux, E. and Feytmans, E. 1995. Knowledge-based modelling of the D-lactate dehydrogenase 3-dimensional structure. *Proteins-Structure Function Genetics*, 21, 307-318.
- Wilkins, D.W., Schmidt, R.H. and Kennedy, L.B. 1986. Threonine aldolase activity in yogurt bacteria as determined by headspace gas chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 34, 150-152.
- Zainoldin K.H. and Baba A.S. 2012. The effect of *Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus* on physicochemical, proteolysis, and antioxidant activity in yogurt. *International Journal of Biological and Life Sciences*, 8, 2.
- Zourari, A., Accolas, J.P. and Desmazeud, M.J. 1992. Metabolism and biochemical characteristics of yogurt bacteria. A review. *Lait*, 72, 1-34.

## **EKLER**

EK 1 Besiyeri Bileşimleri

EK 2 Tanımlayıcı Duyusal Değerlendirme Formu

## EK 1 Besiyeri Bileşimleri

<b>MRS Agar Bileşimi</b>	
<b>Maddeler</b>	<b>g/L</b>
Peptone from casein	10.0
Meat extract	10.0
Yeast extract	4.0
D (+) glucose	20.0
di-Potassium hydrogen phosphate	2.0
Tween 80	1.0
di-Ammonium hydrogen citrate	2.0
Sodium acetate	5.0
Magnesium sulphate	0.2
Mangnese sulphate	0.04
Agar-agar	14.0

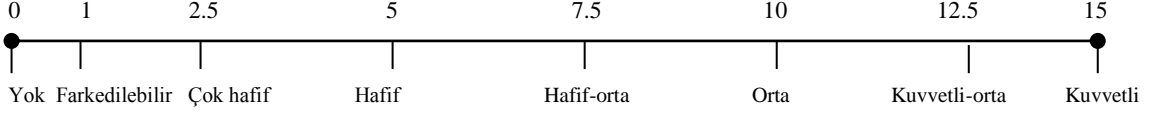
<b>M17 agar Bileşimi</b>	
<b>Maddeler</b>	<b>g/L</b>
Peptone from soymeal	5.0
Peptone from meat	2.5
Peptone from casein	2.5
Yeast extract	2.5
Meat extract	5.0
Lactose mono-hydrate	5.0
Ascorbic acid	0.5
Sodium $\beta$ -glycerophosphate	19.0
Magnesium sulphate	0.25
Agar-agar	12.75

<b>MRS Broth Bileşimi</b>	
<b>Maddeler</b>	<b>g/L</b>
Peptone from casein	10.0
Meat extract	8.0
Yeast extract	4.0
D (+) glucose	20.0
di-Potassium hydrogen phosphate	2.0
Tween 80	1.0
di-Ammonium hydrogen citrate	2.0
Sodium acetate	5.0
Magnesium sulphate	0.2
Mangnese sulphate	0.04

<b>M17 Broth Bileşimi</b>	
<b>Maddeler</b>	<b>g/L</b>
Peptone from soymeal	5.0
Peptone from meat	2.5
Peptone from casein	2.5
Yeast extract	2.5
Meat extract	5.0
Lactose mono-hydrate	5.0
Ascorbic acid	0.5
Sodium $\beta$ -glycerophosphate	19.0
Magnesium sulphate	0.25

## EK 2 Tanımlayıcı Duyusal Değerlendirme Formu

### YOĞURT LEZZET PROFİL ANALİZİ SKALASI



ÖRNEK NO :

TARİH :

PANELİST :

	Özellik	Puan (15 puanlık skalada yoğunluğu)
Koku		
Lezzet (tat-aroma)		
Tekstür	Kıvam Kaşık Ağız	
Tat sonrası izlenim	Kısa Orta Uzun	
Tat sonrası ağızda kalan tat- aroma		
Genel lezzet etkisi		

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İrem UZUNSOY  
Doğum Yeri : Zonguldak  
Doğum Tarihi : 23.05.1978  
Medeni Hali : Bekar  
Yabancı Dili : İngilizce

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

**Lise** : Zonguldak TED Koleji (1996)

**Lisans** : Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü (2000)

**Yüksek Lisans** : Bülent Ecevit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı (Eylül 2009 – 2012 )

### Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Özsağ Ltd.Şti. (2001-2003)

Aytaç Entegre Et Sanayii (2003)

Sembol Hazır Yemek (2003-2006)

Divan 7 Endüstriyel Yemek (2007)

Bülent Ecevit Üniversitesi (2009 - )

### Yayın (SCI)

1. Şen, F., **Uzunsoy, İ.**, Baştürk, E. and Kahraman, M.V. 2017. Antimicrobial agent-free hybrid cationic starch/sodium alginate polyelectrolyte films for food packaging materials. Carbohydrate Polymers, 170, 264-270.

### Ulusal Kongre Sunum

1. Etik Davranma Niyetinin Planlı Davranış Teorisi Çerçevesinde Değerlendirilmesi – Sözlü Bildiri. 8. Gıda Mühendisliği Kongresi 7-9 Kasım 2013, ANKARA.

### **Yayınlar (Diğer)**

1. Hartmann, K., Licitra, G., Eugster-Meier, E., Fröhlich-Wyder, M., Jakob, E., Wechsler, D., Maubois, J.L., Karatzas, K.G., Bintsis, T., Alichanidis, E., López Morales, M.B., Berthier, F., **Uzunsoy, İ.**, Özer, B. and Ardö Y. 2017. Hard Cheeses. *Global Cheesemaking Technology* (Ed. Photis Papademas, Thomas Bintsis). p: 204-246. Wiley, ABD.
2. Bintsis, T., Alichanidis, E., **Uzunsoy, İ.**, Özer, B., Papademas, P., Radulovic, Z. and Miocinovic, J. 2017. White-Brined Cheeses. *Global Cheesemaking Technology* (Ed. Photis Papademas, Thomas Bintsis). p: 349-367. Wiley, ABD.
3. Licitra, G., Radulovic, Z., Miocinovic, J., **Uzunsoy, İ.**, Özer, B., Bintsis, T., Alichanidis, Herian, K. and Jelen, P. 2017. Pasta-Filata Cheeses. *Global Cheesemaking Technology* (Ed. Photis Papademas, Thomas Bintsis). p: 368-391. Wiley, ABD.

### **Proje Deneyimi**

1. Sakine-Şevki Yurtbay Gıda Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarları ve Çaycuma Meslek Yüksekokulu Gıda İşleme Bölümüne (Gıda Teknolojileri Programı ve Gıda Kalite Kontrolü ve Analizleri Programı) Ait Öğrenci Uygulama Laboratuvarlarının Güçlendirilmesi. 2014. Bilimsel Araştırma Projesi, Bülent Ecevit Üniversitesi.
2. Çaycuma Meslek Yüksekokulu Gıda İşleme Bölümü Gıda Teknolojileri ve Gıda Kalite Kontrolü ve Analizleri Programlarına Ait Uygulama Laboratuvarlarının Güçlendirilmesi. 2015. Bilimsel Araştırma Projesi, Bülent Ecevit Üniversitesi.
3. Geleneksel Yoğurt Örneklerinden İzole Edilen *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* Suşlarının Endüstriyel Yoğurt Üretimine Uygunluğunun Saptanarak Starter Kombinasyonlarının Geliştirilmesi. 2018. SAN-TEZ Projesi, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı-TÜBİTAK.
4. Çaycuma Gıda ve Tarım Meslek Yüksekokulu Öğrencilerine Yönelik Uygulama Olanaklarının Geliştirilmesi. 2017-Devam Ediyor. Bilimsel Araştırma Projesi, Bülent Ecevit Üniversitesi.

### **Diğer Akademik Faaliyetler**

1. Tarım ve Gıda Etiği Kongresi Bilim Kurulu Üyeliği