



T.C.
SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI FERMANTASYON YÖNTEMLERİNİN
KIRMIZI PANCAR SUYU KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Şura Melisa DUYAR
(20209232003)**

**Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Hatice Aybüke KARAOĞLAN
Eş Danışman: Doç. Dr. Ferda SARI**

**SIVAS
TEMMUZ 2023**

Şura Melisa DUYAR'ın hazırladığı ve “FARKLI FERMANTASYON YÖNTEMLERİNİN KIRMIZI PANCAR SUYU KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı Dr. Öğr. Üyesi Hatice Aybüke KARAOĞLAN

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Eş Danışman Doç. Dr. Ferda SARI

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Jüri Üyesi Doç. Dr. Emre HASTAOĞLU

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Jüri Üyesi Dr. Öğr. Üyesi Elif YILDIZ

Bursa Uludağ Üniversitesi

Jüri Üyesi Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Burcu AKTAŞ

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nevcihan GÜRSOY

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.





Bütün hakları saklıdır.

Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© Şura Melisa DUYAR, 2023

ETİK

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

15/07/2023

Şura Melisa DUYAR

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, üç yıl boyunca değerli bilgilerini benimle paylaşan, kullandığı her kelimenin hayatıma kattığını önemini asla unutmayacağım, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen ve çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen saygıdeğer danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Hatice Aybüke KARAOĞLAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Analizlerimde desteklerini esirgemeyen eş danışman hocam Doç. Dr. Ferda SARI'ya da teşekkürlerimi iletmek isterim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca her zaman yanımda olan sevgili annem Yasemin ZOROĞLU'na teşekkürlerimi borç bilirim.

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 122O050 numaralı proje ile desteklenmiştir.

ÖZET

FARKLI FERMANTASYON YÖNTEMLERİNİN KIRMIZI PANCAR SUYU KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Şura Melisa DUYAR

Yüksek Lisans Tezi

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hatice Aybüke KARAOĞLAN

Eş Danışman: Doç. Dr. Ferda SARI

2023, 58 + xii sayfa

Bu çalışmada, sağlık üzerine olumlu etkileri olan ve ülkemizde üretimi yapılan kırmızı pancardan fermente bir ürün oluşturulmak amaçlanmıştır. Bu amaçla, starter kültür ilave edilerek ve spontan fermantasyon üretim yöntemi olmak üzere iki farklı üretim yöntemi ile kırmızı pancar suları üretilmiştir. Spontan fermantasyon yöntemi oda sıcaklığında (24-25°C), starter kültür ilave edilen yöntemde ise kırmızı pancar suları 60°C, 22 dak. pastörize edildikten sonra ortama probiyotik *Lc. paracasei* inoküle edilmiş ve 31±1 °C’de fermantasyon gerçekleştirilmiştir. Fermantasyon süresi boyunca kırmızı pancar suyu örneklerine ait pH değerleri, toplam betalain miktarı, organik asitlerden laktik asit ve asetik asit üretimi, glikoz, fruktoz ve sakkaroz kullanımı ve toplam maya ve küf, toplam mezofilik bakteri ve toplam laktik asit bakteri sayıları belirlenmiştir. Her iki yöntemde de fermantasyon, kontrol örneklerinin pH değerleri yaklaşık 4 ve altına inene kadar gözlemlenmiştir. Bu süre, spontan üretim yönteminde yaklaşık 96 saat iken, *Lc. paracasei* ilaveli gerçekleştirilen üründe yaklaşık 44 saattir. Fermantasyon sonunda örneklerin pH değerleri spontan yöntem ve *Lc. paracasei* ilave edilen yöntemde sırasıyla 4,00 ve 3,83 olarak belirlenmiştir. Örneklerle ait toplam betalain seviyeleri fermantasyon süresi boyunca hafif dalgalanma gösterse de fermantasyon sonunda örneklerle ait betalainler degrade olmadan kalabilmişlerdir. Örneklerde organik asitlerden laktik asit en fazla miktarda tespit edilmiş olup, onu asetik asit takip etmiştir. Fermantasyon sonunda spontan yöntemle ve *Lc. paracasei* ilave edilerek üretilen kırmızı pancar sularının fermantasyon sonunda laktik asit ve asetik asit molar derişimlerinin oranları sırasıyla 3,6 ve 1,7 olarak tespit edilmiştir. Her iki yöntem ile üretimi gerçekleştirilen kırmızı pancar sularında en yüksek şeker konsantrasyonunun sırasıyla sakkaroz, fruktoz ve glikoz şeklindedir. Her iki yöntemde fermantasyon süresi

boyunca sakkaroz miktarı azalırken, glikoz ve fruktoz miktarının değişmediği belirlenmiştir ($p < 0,05$).

Anahtar kelimeler: kırmızı pancar, probiyotik, *Lactocaseibacillus paracasei*, betalain, organik asit, şeker



ABSTRACT

EFFECT OF DIFFERENT FERMENTATION METHODS ON CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PROPERTIES OF RED BEETROOT JUICE

Şura Melisa DUYAR

Master Thesis

Department of Food Engineering

Advisor: Assist Dr. Hatice Aybüke KARAOĞLAN

Co-Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ferda SARI

2023, 58 + xii page

In this study, it was aimed to design a fermented product from red beetroot, which has positive effects on health and is produced in our country. For this purpose, red beetroot juices were produced using two different production methods: by adding starter culture and spontaneous fermentation production method. Spontaneous fermentation method is at room temperature (24-25°C), and in the method with starter culture, red beetroot juices are pasteurized at 60°C, 22 min. After pasteurization, probiotic *Lc. paracasei* was inoculated and fermented at 31±1°C. During the fermentation period, pH values of red beetroot juice samples, some chemical (total betalain amount, lactic acid and acetic acid production from organic acids, glucose, fructose and sucrose usage) and microbiological properties (total yeast and mold, total mesophilic bacteria and total lactic acid) number of bacteria) was determined. In both methods, fermentation was observed until the pH values of the control samples decreased to about 4 and below. While this period is approximately 96 hours in the spontaneous production method, it is approximately 44 hours in the product made with the addition of *Lc. paracasei*. As a result spontaneous fermentation and fermentation by *Lc. paracasei* pH values were determined as 4.00 and 3.83, respectively. Although the total betalain levels of the samples fluctuated slightly during the fermentation period, the betalains of the samples remained undegraded at the end of the fermentation. The highest amount of lactic acid was detected as organic acid in the samples, and lesser amount of acetic acid was also detected. At the end of the fermentations carried out by spontaneous and by *Lc. paracasei* the ratios of lactic acid and acetic acid molar concentrations of red beetroot juices produced were determined as 3.6 and 1.7, respectively. In the red beet juices produced by both methods, the highest sugar concentration is in the form of sucrose,

fructose and glucose, respectively. During the fermentation period, it was determined that the amount of sucrose decreased significantly in both methods, and the amount of glucose and fructose did not change ($p < 0.05$).

Keywords: red beetroot, probiotic, *Lactocaseibacillus paracasei*, betalin, organic acid, sugar



İÇİNDEKİLER

ETİK	iv
KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET	vi
ABSTRACT.....	viii
İÇİNDEKİLER	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Fermente Sebze Suyu Üretimi	4
2.2. Probiyotik Bakterilerin Fermente Sebze İçecekleri Üretiminde Kullanımı.....	6
2.3. Kırmızı Pancar	9
2.4. Betalainler	11
2.5. Organik Asitler.....	14
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	17
3.1 Materyal	17
3.2 Yöntem.....	17
3.2.1. Starter Kültür İlaveli Yöntemde Kullanılan Kültürlerin Hazırlanması ...	17
3.2.2. Sebze Sularının Hazırlanması ve Fermantasyon	17
3.2.3. Fermantasyon Sırasında Yapılan Kimyasal Analizler.....	18
3.2.3.1. pH	18
3.2.3.2. Toplam betalain miktarı.....	18
3.2.3.3. Glikoz, Fruktoz, Sakkaroz Miktarı	19
3.2.3.4. Organik asit standartlarının hazırlanması ve kalibrasyonu.....	20
3.2.3.5. HPLC ile şekerlerin belirlenmesi	21
3.2.3.6. Şeker standartlarının hazırlanması ve kalibrasyonu	22
3.2.4. Fermantasyon Sırasında Yapılan Mikrobiyolojik Analizler	23
3.2.4.1 Toplam maya ve küf sayımı	24
3.2.4.2. Toplam laktik asit bakterisi sayımı.....	24
3.2.4.3. Toplam mezofilik bakteri sayımı.....	24
3.2.5. İstatistik Analizler	24
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	25
4.1 Kırmızı Pancar Suyu Örneklerinin Fermantasyon Süresince pH değişimleri.	25
4.2. Kırmızı Pancar Suyu Örneklerinin Fermantasyon Süresince Toplam Betalain Miktarları	28
4.3. Kırmızı Pancar Suyu Örneklerinin Fermantasyon Süresince Organik Asit Miktarları	29
4.4. Kırmızı Pancar Suyu Örneklerinin Fermantasyon Süresince Şeker Miktarları	33
4.5. Kırmızı Pancar Suyu Örneklerinin Fermantasyon Süresince Mikrobiyolojik Analizleri	34
4.6. Korelasyon ve Regresyon Analizi.....	38
5. SONUÇ	46
6. KAYNAKÇA	50
ÖZGEÇMİŞ	58

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kırmızı Pancarın Biyokimyasal Besin İçeriği.....	10
Şekil 3.1. Fermente kırmızı pancar suyunun iki farklı yöntem ile hazırlanması.....	18
Şekil 3.2 Laktik asit kalibrasyon eğrisi	20
Şekil 3.3 Asetik asit kalibrasyon eğrisi	20
Şekil 3.4 Fruktoz kalibrasyon eğrisi.....	22
Şekil 3.5 Glikoz kalibrasyon eğrisi.....	23
Şekil 3.6 Sakkaroz kalibrasyon eğrisi.....	23
Şekil 4.1 Farklı üretim yöntemleri ile üretilen kırmızı pancar suyu örneklerinin fermantasyon boyunca süreye bağlı toplam betalain içeriği değişimi	29
Şekil 4.2 Farklı üretim yöntemleri ile üretilen kırmızı pancar suyu örneklerinin fermantasyon boyunca süreye bağlı toplam asit içeriği değişimi	31
Şekil 4.3 Farklı üretim yöntemleri ile üretilen kırmızı pancar suyu örneklerinin fermantasyon boyunca süreye bağlı toplam şeker içeriği değişimi.....	34
Şekil 4.4 Spontan yöntemle üretilen kırmızı pancar suyu örneklerinin değişkenler arasındaki ilişkisi.....	41
Şekil 4.5 <i>Lc. paracasei</i> ilave edilerek üretimi gerçekleştirilen kırmızı pancar sularının değişkenler arasındaki ilişki	44

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 HPLC çalışma koşulu ve gradient elusyon programı	19
Çizelge 3.2. HPLC çalışma koşulu ve gradient elusyon programı	21
Çizelge 4.1 İki farklı yöntemle üretimi gerçekleştirilen kırmızı pancar suyu örneklerinin fermantasyon süresine bağlı pH ve kimyasal özelliklerindeki değişim	26
Çizelge 4.2 Örneklerin pH ve kimyasal özelliklerine ait ANOVA tablosu özetleri..	27
Çizelge 4.3. <i>Lc. paracasei</i> inoküle edilerek üretilen kırmızı pancar suyu örneklerinin mikrobiyolojik analiz sonuçları	35
Çizelge 4.5 Örneklerin mikrobiyolojik özelliklerine ait ANOVA tablosu özetleri...	37
Çizelge 4.6 Spontan üretilen kırmızı pancar sularının değişkenler arasındaki pearson korelasyon katsayıları	40
Çizelge 4.7 <i>Lc. paracasei</i> ilave edilerek üretilen kırmızı pancar sularının değişkenler arasındaki pearson korelasyon katsayıları	43

1. GİRİŞ

Fermantasyon, çok eski yıllardan beri uygulanmakta olan bir gıda üretim ve muhafaza yöntemidir. Fermente ürünler, bitkisel ve hayvansal ürünlerden doğal yolla ya da starter kültürlerin eklenmesiyle üretilen ürünler olarak tanımlanmaktadır. Fermente yiyecek ve içecekler, bakteri, maya ve mantarlar gibi mikroorganizmalar ve enzimler aracılığıyla üretilmektedir (Tamang, Watanabe, ve ark., 2016).

Günümüzde market raflarında daha çok görmeye başladığımız ticari meyve ve sebze suları, sağlığı geliştirici bileşikleri içeren alternatif ve kullanışlı ürünler olarak pazarlanmaktadır. Yapılan çalışmalar, pancar suyunun, nar veya kıvılcık suyundan bile daha yüksek antioksidan potansiyelini vurgulamıştır (Lu ve ark., 2004 ; Wootton-Beard ve ark., 2011).

Çeşitli fermente gıdalardan izole edilen ve probiyotik özellikleri kanıtlanmış suşlar, starter kültür olarak yeni ürünlerin geliştirilmesi amacıyla fermente ürünlerde kullanılabilir. Probiyotikler, belirli koşullar altında ortamda bulunan fermente edilebilir bileşenleri kullanarak organik asit, etanol, hidrojen peroksit, karbondioksit, antibiyotik, bakteriyolizin ve peptid bakteriyosin gibi çeşitli metabolitleri üretebilmekte ve böylece ortamda bulunabilecek olası patojenlerin gelişimini olumsuz yönde etkileyebilmektedirler (Rivera-Espinoza & Gallardo-Navarro, 2010).

Gıdalarda kimyasal koruyucuların kullanımına ilişkin artan tüketici endişesi, kimyasal katkı maddelerinin kullanımının yerine, fermantasyon yolu ile üretilen doğal içecekler üzerine araştırmalara teşvik etmiştir. Yeni nesil içecekler, başta *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* ve *Enterococcus* cinsleri olmak üzere, insan sindirim sisteminde gelişebilen ve probiyotik özellikler gösteren seçilmiş bakteri suşları tarafından gerçekleştirilen kontrollü fermantasyon işlemi yoluyla elde edilmektedir. Probiyotik türler arasında *Lactobacillus acidophilus*, *L. johnsonii*, *Lc.casei*, *L. gasseri*, *Lc. plantarum*, *L. rhamnosus*, *Bifidobacterium longum*, *B. breve*, *B. bifidum*, *B. infantis* ve *Enterococcus faecium* gösterilebilmektedir (Kaur ve ark., 2009). Kırmızı pancar sahip olduğu karbonhidratlar nedeniyle probiyotiklerin gelişimi için iyi bir ortam olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kırmızı pancarın toplam antioksidan kapasitesi temel olarak iki biyoaktif bileşik ile açıklanmaktadır: betalainler ve polifenoller (Annunziata ve ark., 2017). Betalainler, iki alt bileşik grubu içeren suda çözünür pigmentlerdir: mor-kırmızı betasiyaninler (esas olarak betanin) ve sarı-turuncu betaksantinler (esas olarak vulgaxanthin) olarak ayrılmaktadır (Azeredo, 2009). Betalainlerin antioksidan özelliklerine ek olarak, bu pigmentlerin immünoşüpresif, antiinflamatuar, hepatoprotektif ve antitümör biyolojik aktiviteye sahip olduğu da belirtilmiştir (Azeredo, 2009). Çekici renk, özellikle ısıl işleme duyarlı olan betalain pigmentinden kaynaklanır (K. M. Herbach ve ark., 2006). Polifenollerin güçlü antioksidan potansiyeli de yaygın olarak kabul edilmektedir. Önemli ve makul biyolojik kanıtlar, diyet polifenollerinin insan sağlığını etkileyeceğini göstermektedir. Bu nedenle, kırmızı pancar suyu umut verici bir biyoaktif bileşik karışımı içerir. Bununla birlikte, sebze sularının düşük asitliği ve istenmeyen kök sebze toprak mikroflorası izleri, market raflarında taze sıkılmış bir ürün olarak bulunabilirliğini kısıtlamaktadır. Bu bakımdan birçok meyve suyunun mikrobiyolojik stabilitesini iyileştirmek için ısıl işlemler yaygın olarak uygulanmaktadır. Ancak pancar suyunun işlenmesinde organoleptik ve besinsel kayıplar nedeniyle meyve suyu kalitesini olumsuz etkileyebilmektedirler (Plaza ve ark., 2006).

Bu çalışmada, fonksiyonel gıda pazarına ülkemiz kaynakları kullanılarak bir ürün kazandırılması amaçlanmıştır. Protein, nişasta, mineral, lif, vitamin ve hastalıkları önleyici antioksidan içeriği bakımından zengin, sağlık üzerine olumlu etkileri birçok çalışmaya konu olmuş ve ülkemiz topraklarında yetiştirme potansiyeli yüksek kırmızı pancarın bu amaçla kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Üretim yöntemi olarak kontrollü ve kontrolsüz iki yöntem seçilmiştir. Kontrollü yöntemde hazırlanan kırmızı pancar suyu pastörize edildikten sonra ortama probiyotik *Lc. paracasei* ilave edilerek fermantasyon gerçekleştirilmiştir. Kontrolsüz yöntemde ise geleneksel olarak tercih edilen spontan üretim ile oda sıcaklığında fermantasyon gerçekleştirilmiştir. Her iki yöntem ile üretimi gerçekleştirilen kırmızı pancar suyu örneklerinin fermantasyon süresince pH değerleri, bazı kimyasal özellikleri (toplam betalain miktarı, organik asitlerden laktik asit ve asetik asit üretimi, glikoz, fruktoz ve sakkaroz kullanımı) ve mikrobiyolojik özellikleri (toplam maya ve küf, toplam mezofilik bakteri ve toplam laktik asit bakteri sayısı) belirlenmiştir. Böyle bir ürün sayesinde, pazarda taze şekilde tüketiciye sunulamayan, üreticinin zarar ettiği hatta üretimine küstüğü sebzelerin

alternatif, sağlıklı, uzun raf ömrüne sahip, lezzetli ürünlere dönüştürülmesi ülke gelirinin artmasına neden olması beklenilmektedir.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Fermente Sebze Suyu Üretimi

Fermente sebze suları batı toplumlarında yaygın olarak tüketilen bir teknolojik üründür. Gelişmiş ülkelerde diyet kültürünün değişmesi, vejetaryenlikteki artış, probiyotik ürünlerin genelde süt ürünlerinde olması ve laktoz intoleransı olan bireylerin tüketmemesi gibi etmenler meyve sularının yanı sıra sebze sularının tüketimine toplumu yönlendirmiştir. Probiyotik içeren sebze suları konusunda üretim çalışmalarına başlanmış ve probiyotik laktik asit bakterilerinin yaşanabilirliği test edilmiştir (Makalesi ve ark., 2016).

Fermentasyon, çok eski yıllardan beri uygulanmakta olan bir gıda üretim ve muhafaza yöntemidir. Fermente ürünler, bitkisel ve hayvansal ürünlerden doğal yolla ya da starter kültürlerin eklenmesiyle üretilen ürünler olarak tanımlanmaktadır. Fermente yiyecek ve içecekler, bakteri, maya ve mantarlar gibi mikroorganizmalar ve enzimler aracılığıyla üretilmektedir (Tamang, Shin, ve ark., 2016).

Fermente sebze suyu üretimi özel starter kültürlerle gerçekleştirilmek istenirse *Lactiplantibacillus plantarum* (*Lc. plantarum*), *Lacticaseibacillus casei* (*Lc. casei*) yaygın olarak kullanılmaktadır (Fonseca et al., 2021; Nguyen et al., 2019).

Sebze suyu üretimi meyve suyu üretimi kadar yaygın değildir. Ancak sebze suları meyve sularına oranla daha düşük kalorili olmasının yanı sıra sindirim düzenleyici, iştah açıcı, yüksek vitamin ve mineral içeriği açısından da önem taşımakta olup popüler kültür ile tüketim hızının artması öngörülmektedir.

Sebze suyu üretiminde laktik asit fermentasyonu uygulaması yaygınlaşan bir işlemdir ve bu işleme laktoferment yöntemi adı verilmektedir. Laktoferment yöntemi ile sebze mayşesinin veya sebze suyunun starter kültür adı verilen mikroorganizmalar tarafından kontrollü ve hızlı fermentasyonu sağlanabilmektedir. Laktoferment yöntemiyle elde edilen sebze suyunun pH değeri 4'ün altında olacağı için pastörizasyonla muhafaza etmek mümkündür (Kaya & Baysal, 2016).

Laktoferment yöntemi uygulanarak kırmızı pancar, havuç, kereviz, lahana, biber ve domates suları gibi çeşitli sebzelerden üretim yapılmaktadır. Üretimi gerçekleştirilen

sebzelere dair birkaç çalışma örneklendirilecek olursa en yaygını şalgam, havuç sularından bahsedilebilmektedir (Gökmen ve Acar, 1992; Kaya, 2013).

Laktoferment yönteme örnek olarak yapılan bir çalışmada Fen ve ark., (2012) laktik asit bakterileri kullanılarak şalgam suyu elde etmek için hammadde olarak bulgur unu, su, şalgam turpu, ekşi hamur, kara havuç ve tuz kullanılmıştır. Şalgam suyunun üretimi günümüzde hala spontan yöntemle üretilmesi nedeniyle kesin bir akış şemasına sahip değildir. Spontan yöntem, ekşi maya fermentasyonu ve havuç fermentasyonu olmak üzere iki fermentasyon aşamasından oluşmaktadır. Ticari ve ev tipi üretimlerde spontan yöntem kullanılarak süregelmektedir. Genel olarak şalgam suyu üretiminde fermentasyon, sebzelerde bulunan doğal mikroflora kullanılarak spontan olarak veya starter kültür ilave edilerek kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Gökmen ve Acar, (1992), özel starter kültürler kullanarak fermente sebze suları üretimi gerçekleştirilmiş olup, çalışmalarında *Lc. plantarum*, *Lactobacillus delbrueckii* (*L. delbrueckii*) kullanarak havuç suyunda laktik asit oluşumunu incelemişlerdir. *Lc. plantarum* kültürünün hızlı pH düşüşü sağlaması ve istenmeyen mikroorganizmalara karşı antogonistik etki göstermesi nedeniyle laktoferment yöntemi ile havuç suyu üretimine uygun olduğunu bildirmişlerdir. Havuç suyu üretim basamakları; temizleme, ayıklama, yıkama, parçalama (mayşe), mayşenin pastörizasyonu (90°C’de 5 dakika), mayşe starter kültür ilavesi, mayşenin fermentasyonu (32°C veya 40°C’de 19 saat), fermente mayşe, presleme, fermente havuç suyu, şişeleme, pastörizasyon (kaynar suda 20 dakika), depolama (13-14°C) olarak belirlemişlerdir.

Karpuz suyunun fermente edilmesi konusunda yapılan bir çalışmada Dong, (2012) *Lactobacillus helveticus* (*L. helveticus*) NRRL B-4526 standart suşu, *Lactobacillus acidophilus* (*L. acidophilus*) KPb4b ve *Lc. plantarum* laktik asit bakterileri kullanarak taze sıkılmış karpuz suyundan fermente karpuz suyu üretimi amaçlanmıştır. Laktik asit bakterileri inoküle edilen taze sıkılmış karpuz suları 37°C’de 18 saat boyunca fermentasyona bırakılmıştır. Fermentasyonun gidişi toplam asit, pH, toplam canlı laktik asit bakterisi, renk ve suda çözünür kuru madde analizleri ile izlenmiştir. Fermentasyon başında ve sonunda alınan örneklerde ise kimyasal (şeker, toplam antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde) ve duyusal analizler yapılmıştır. Araştırma bulgularına göre, fermentasyon boyunca örneklerde toplam asitlik artmış, buna bağlı olarak pH azalmıştır. Tüm denemelerde toplam canlı laktik asit bakteri sayıları önemli oranda

artmış, *Lc. plantarum* ile fermente edilen karpuz suyunda 10 log KOB/mL ile en yüksek sayıya ulaştığı gözlemlenmiştir.

2.2. Probiyotik Bakterilerin Fermente Sebze İçecekleri Üretiminde Kullanımı

Çeşitli fermente gıdalardan izole edilen ve probiyotik özellikleri kanıtlanmış suşlar, starter kültür olarak yeni ürünlerin geliştirilmesi amacıyla kullanılabilir. Probiyotikler, belirli koşullar altında ortamda bulunan fermente edilebilir bileşenleri kullanarak organik asit, etanol, hidrojen peroksit, karbondioksit, antibiyotik, bakteriyolizin ve peptid bakteriyosin gibi çeşitli metabolitleri üretebilmekte ve böylece ortamda bulunabilecek olası patojenlerin gelişimini olumsuz yönde etkileyebilmektedirler (Rivera-Espinoza ve Gallardo-Navarro, 2010).

Probiyotiklerin yeterli miktarlarda uygulandığında konakçıya sağlık yararı sağlayan canlı mikroorganizmalardır. Probiyotikler, insan/hayvan sağlığını, diğerlerinin yanı sıra, bağırsak patojenik mikroorganizmaları inhibe etmek, bağışıklık tepkisini modüle etmek, serum kolesterol konsantrasyonunu azaltmak veya antioksidan aktivite uygulamak gibi çeşitli şekillerde etkileyebilmektedirler. Bu tür etkiler, mikroorganizmanın kendisinin varlığından veya ürettiği ve belirli durumlarda çevreye salınan metabolitlerden (örneğin bakteriyosinler, ekzopolisakkaritler ve organik asitler) kaynaklanabilmektedir (Bengoa ve ark., 2021).

Avrupa Birliği Fonksiyonel Gıdalar Komisyonu'na göre; bir gıdanın fonksiyonel gıda sayılabilmesi için temel beslenme özelliklerinin yanı sıra insan sağlığını iyileştirmede ve/veya hastalıkların oluşumunu önlemede etkili olması gerekmektedir. İnsan sağlığı üzerine olumlu yönde etki gösteren gıda maddelerinin kompleks yapısında probiyotiklerin önemli bir rolü olduğu araştırmalar sonucu belirlenmiştir (Sezen, 2013).

Probiyotik içeceklerin tüketimi kalın bağırsaktaki laktik asit bakterilerinin (LAB) sayısını artırır. LAB, fermente gıdalarda bulunabilen *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Staphylococcus aureus* ve enterokoklar gibi birçok patojenin büyümesini inhibe etme yeteneğine sahiptirler (Zamfir ve ark., 1999). Fermente ürünlerin koruyucu etkisi, fermantasyon sırasında mikroorganizmalar tarafından üretilen organik asitler (laktik asit, asetik asit) nedeniyle oluşmaktadır. Organik asitlerin yanı sıra bazı türler, antimikrobiyal aktiviteye katkıda bulunan ve beslenme rekabetine ve laktik asit fermantasyonu ile ilişkili düşük redoks potansiyeline katkıda bulunan H₂O₂, diasetil ve

bakteriyosinler üretirler (Baráth ve ark., 2004). Spontan olarak LAB, diyetimizin dörtte birini oluşturan (Nychas ve ark., 2016) güvenli, uzun raf ömrüne sahip ve bazı yararlı sağlık etkileri ile karakterize edilen fermente gıdaların üretiminde yer almaktadır. LAB ile gerçekleştirilen fermantasyon sırasında üretilen laktik asit ve ortamın düşük pH'sı, kırmızı pancar suyu üzerinde koruyucu etkisi göstermektedir (Baráth ve ark., 2004).

LAB içindeki en büyük ve en çeşitli cins olan *Lactobacillus*'un 200'den fazla türü mevcuttur (Sun ve ark., 2015). 16S rRNA sekanslarına göre, Lactobacilli filogenetik olarak yedi gruba dağılır: *Lactobacillus buchneri* grubu, *Lc. casei* grubu, *L. delbrueckii* grubu, *Lc plantarum* grubu, *L. reuteri* grubu, *L. sakei* grubu ve *L. salivarius* grubu. Spontan olarak cins, karbonhidrat fermantasyon yollarına göre üç gruba ayrılır: (1) zorunlu homofermentatif; (2) isteğe bağlı heterofermentatif; ve (3) zorunlu heterofermentatif laktobasiller. Laktobasillerin en belirgin iki yararlı rolü, başlatıcı kültürler (hızlı bir şekilde asit üretmek için) ve probiyotik kültürlerdir. *Laktobasiller*, üretimden sonra peynirde büyüeyebilen birkaç kontaminant bakteriden biridir (Shah, 2007). Homofermentatif *Lactobacillus* spp. şekerleri ağırlıklı olarak laktik aside (%90'dan fazla) fermente eder ve gaz üretmez. Heterofermentatif türler ise şekeri (glikoz) fermente ederek asetik asit gibi diğer maddelerin yanı sıra laktik aside çevirerek CO₂ üretirler.

Kyung ve ark., (2005) dört çeşit LAB (*L. acidophilus*, *Lc. casei*, *L. delbrueckii*, *Lc. plantarum*) kullanarak probiyotik pancar suyu ürettikleri çalışmalarında tüm kültürlerin pancar suyunda laktik asit üretme kapasitesine sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Suşlar içerisinde *L. acidophilus* ve *Lc. plantarum* kültürlerinin diğer kültürlerden daha fazla laktik asit ürettiklerini ve başlangıç pH 6,3 değerinin 30°C'de 48 saat fermantasyon koşullarında pH 4,5'in altına düştüğünü saptamışlardır. Yapılan bir diğer araştırmada, 35°C'de fermantasyona tabi tutulan kırmızı pancar, havuç ve 50:50 kırmızı pancar, havuç suyu karışımındaki üç potansiyel probiyotik bakteri kültürünün (*Lc. casei*, *Lc. plantarum* ve *L. acidophilus*) canlılığı üzerine soğuk depolamanın etkisi araştırılmış ve 48 saatlik fermantasyon sonunda 3 türünde canlı sayısının 8 log KOB/mL seviyesine ulaştığı, 3 haftalık soğuk depolama sırasında LAB'nin canlı sayısının fermente sebze sularında kademeli olarak azalmasına rağmen, *L. acidophilus* hariç tüm bakterilerin probiyotikler için öngörülen minimum limitlerin (yaklaşık 6 log KOB/ml) üzerinde kaldığı belirlenmiştir (Malik ve ark., 2019). *L. acidophilus*'un

gelişiminde gözlemlenen bu düşüşün kırmızı pancar sularının *L. acidophilus* üzerinde kısmi inhibitör etkisi yaratabilmesi (Buruleanu ve ark., 2009), pancar suyu ortamının pH'sındaki düşüğe bağlı olarak *L. acidophilus*'un büyümesini engellemesi veya pH, asitlik, oksijen konsantrasyonu ve antimikrobiyal varlığı gibi birçok faktörün, nihai ürünlerdeki bakteri kültürlerinin canlılığını etkilemesi ile açıklanmıştır (Shah, 2007). Reddy ve ark., (2015) *L. acidophilus*, *L. delbrueckii*, *Lc. plantarum* ve *Lc. casei* suşları ile probiyotik mango suyu geliştirmek amacıyla yaptıkları çalışmada, farklı tür probiyotikleri içeren ürünlerin 30°C'de 72 saatlik fermantasyon sonunda probiyotik sayılarının 9 log KOB/mL düzeyinde olduğu bildirilmiştir. Fermantasyonun ilk 12 saatlik diliminde probiyotik sayılarının başlangıç seviyesinin bir miktar altına düştüğü tespit edilmiş ve bu olayın, probiyotik suşların farklı pH değerlerine sahip ortamlarda (besiyeri pH'sı 5,6, fermantasyon öncesi ürün pH'sı 4,5) geliştirilmesinden kaynaklanabileceğini bildirilmiştir.

Laktik asidin bakterilere ve bozulma yapıcı mayalara karşı antimikrobiyal etkisi sadece düşük pH'nın etkisinden kaynaklanmaz; membran geçirgenliğinin artması, laktik asit fermentasyonunda bir koruma modu olarak rol oynamaktadır. Helander & Mattila-Sandholm, (2000) laktik asidin güçlü bir geçirgenleştirici olarak işlev gördüğünü ve aynı pH'da HCl ile elde edilenden önemli ölçüde daha güçlü dış zarın geçirgenliğini sağladığını belirtmiştir.

Erginkaya & Hammes, (1992) yaptıkları bir çalışmada, şalgam sularının *L. plantarum* ve *L. delbrueckii* sayısının 10^8 ile 10^9 log KOB/ml arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Bu farklılık çalışmalarda kullanılan kültür tipi, oranı ve kullanılan sebzelerin farklı oluşu ve depolanma sürelerinin de farklı olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Yapılan bir başka çalışmada *Lc. casei*, *Lc. paracasei* kültürü ile fermente edilen sebze suları 30°C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. Fermente edildikten sonra, 42 gün 4°C de depolanmıştır. Fermente edilen sebze sularında depolama süresince *Lc. casei* ve *Lc. paracasei* sayısında önemli bir azalma gözlenmemiştir (Makalesi ve ark., 2016).

Çeşitli fermente ürünlerden izole edilen mikroorganizmalar üzerine daha detaylı çalışmalar yapılarak bu mikroorganizmaların probiyotik potansiyellerinin belirlenmesine ve bu yönde yeni probiyotik gıdaların geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Gıdalarda kimyasal koruyucuların kullanımına ilişkin artan tüketici endişesi, kimyasal katkı maddelerinin kullanımının yerine, fermantasyon yolu ile üretilen doğal içecekler üzerine araştırmalara teşvik etmiştir. Yeni nesil içecekler, başta *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* ve *Enterococcus* cinsleri olmak üzere, insan sindirim sisteminde geliştirebilen ve probiyotik özellikler gösteren seçilmiş bakteri suşları tarafından gerçekleştirilen kontrollü fermantasyon işlemi yoluyla elde edilmektedir. Probiyotik türler arasında *Lactobacillus acidophilus*, *L. johnsonii*, *Lc.casei*, *L. gasseri*, *Lc. plantarum*, *L. rhamnosus*, *Bifidobacterium longum*, *B. breve*, *B. bifidum*, *B. infantis* ve *Enterococcus faecium* gösterilebilmektedir (Kaur ve ark., 2009). Kırmızı pancar sahip olduğu karbonhidratlar nedeniyle probiyotiklerin gelişimi için iyi bir ortam olarak karşımıza çıkmaktadır.

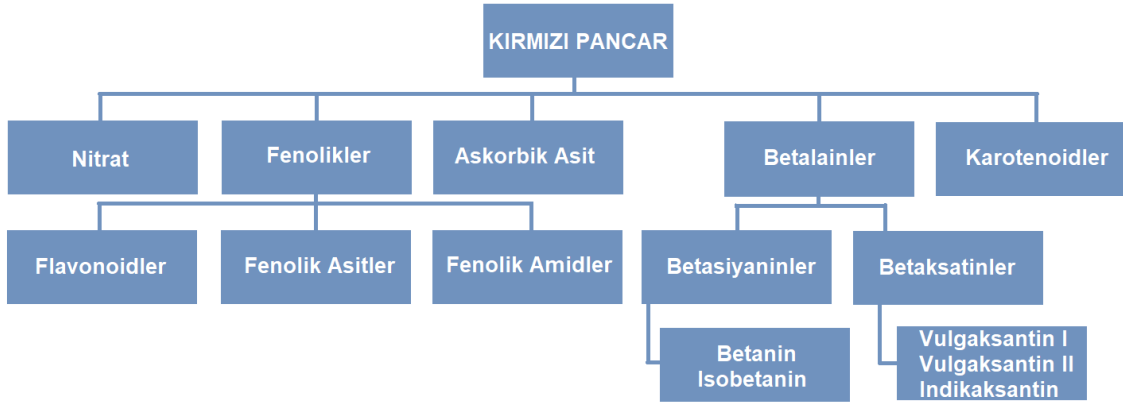
2.3. Kırmızı Pancar

Kırmızı pancar (*Beta vulgaris L.*); Amaranthaceae familyasına ait çiçekli bir bitki olan şeker pancarının diğer alt türleri *Beta vulgaris subsp.vulgaris (altissima)* ile karşılaştırıldığında, şeker içeriği yaklaşık 2 kat daha düşük olduğu belirlenmiştir (Wruss ve ark., 2015). Bu özelliği nedeniyle kırmızı pancar, şeker üretiminden çok gıda ürünlerinde (turşu, salata, sebze suyu) kullanılmak üzere yetiştirilmektedir. Diğer sebzelerden farklı olarak pancardaki ana şeker sakkarozdur (Bavec ve ark., 2010). Kök kısmı koyu kırmızı olan pancar, açık yeşilden koyu yeşile değişebilen renkte koyu kırmızı damarları olan yapraklara sahip bir bitkidir (Özcan ve Ersus Bilek, 2018).

2019 yılı verilerine göre, ülkemizde 9.917 ton kırmızı pancar yetiştirilmiş, üretimin büyük bir bölümü, Samsun (3.300 ton), Bursa (1.548 ton), Ankara (1.434 ton), İzmir (1.424 ton), Balıkesir (1.005 ton), Denizli (440 ton) ve Afyonkarahisar (304 ton) illerinde yapılmıştır. Kırmızı pancar genellikle taze olarak tüketilmekte olup bunun yanı sıra gıda endüstrisinde turşu, şalgam ve doğal gıda boyası üretiminde kullanılmaktadır (TÜİK, 2021).

Kırmızı pancarın anavatanı Akdeniz Bölgesi olmasına rağmen son zamanlarda popüleritesinin artışına bağlı olarak Avrupa, Amerika ve Asya'da yaygın olarak yetiştirilmektedir. Kırmızı pancar geleneksel tıpta yüzyıllardır kullanılmakla birlikte suyu ve ekstraktı, gıda renklendiricisi ve kozmetiklere ham madde olarak da kullanılmaktadır. Pancara olan bilimsel ilgi son on yılda ivme kazanırken, doğal ilaç

olarak kullanıldığına dair kayıtların Roma dönemine kadar uzandığı bilinmektedir (Özcan ve Bilek, 2018).




Şekil 2.1. Kırmızı Pancarın Biyokimyasal Besin İçeriği (Azeredo, 2009)

Besin içeriği açısından kırmızı pancarın 100 gramında, 43 kcal enerji, % 87,58 su, % 1,61 protein, % 0,17 yağ, % 9,56 karbonhidrat, % 2,8 lif, % 6,76 toplam şeker, 16 mg Ca, 0,80 mg Fe, 23 mg Mg, 40 mg P, 325 mg K, 78 mg Na, 0,35 mg Zn ve 4,9 mg C vitamini içermektedir (Akan ve Gunes, 2019).

Kırmızı pancar mineraller bakımından zengindir. Özellikle potasyum içeriğinin diğer besin öğelerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca, yapısında bulunan nitrat, karotenoidler, askorbik asit, fenolik maddeler ve betalainler sağlık açısından önemli bileşenlerdir ve kırmızı pancarın beslenmedeki önemini arttırmaktadır (Özcan & Ersus Bilek, 2018). Kırmızı pancarda, betalainlere ek olarak, insanlarda emilimi ve biyoyararlılığı yüksek epikateşin, rutin ve kafeik asit de dahil olmak üzere pek çok antioksidanlar da araştırmalar sonucu tespit edilmiştir (Clifford ve ark., 2015). Betalainler ve antosiyaninler doğal oluşumlarında birbirini baskılar, ancak diğer flavonoidler (örneğin, flavonoller ve flavonlar) genellikle betalain içeren bitkilerde beraber sentezlenebilmektedir. Bu bilgiler ışığında beslenmede kırmızı pancar tüketiminin oldukça önemli olduğu kanısına varılabilmektedir. Ancak, bu noktada betalain bileşikler bakımından zengin çeşitlere ulaşmak kritiktir. Bu nedenle, farklı kırmızı pancar çeşitlerinde betalain profillerinin ortaya konularak bitkideki dağılımının bilinmesi gerekmektedir.

Kırmızı pancardan elde edilen pancar suyunun antioksidan içeriği konusunda yapılan araştırmada ise, pancar suyunun domates, havuç, portakal, nar, ananas gibi bilinen sebze

ve meyve sularından çok daha güçlü antioksidan içeriğine sahip olduğu ortaya konulmuştur (Ryan & Prescott, 2010).

Kırmızı pancarın sağlık açısından birçok faydalı özelliği bulunmaktadır. Kırmızı pancar, iyi miktarda antioksidan ve kalsiyum, magnezyum, demir, potasyum, fosfor, sodyum ve çinko gibi mineraller, biotin, folik asit, niasin, B6 vitamini gibi vitaminler, suda çözünür lif ve çözünür pigmentlerden betalainler, örneğin betasiyaninler ve betaksantinler (Azeredo, 2009) gibi sağlığa faydalı diğer birçok bileşik içerir. Kırmızı pancarın sahip olduğu yoğun kırmızı rengi, bir grup fenolik, ikincil bitki metabolitlerden olan antosiyaninler ve betalainlerin yüksek konsantrasyonlarından kaynaklanır (Bazaria & Kumar, 2018). Betalainler, tirozin amino asitinden kırmızı-mor betasiyaninler ve sarı-turuncu betaksantinler olmak üzere iki yapısal gruba sentezlenen suda çözünür azot içeren pigmentlerdir (Azeredo, 2009). Betalainler, gıda endüstrisi tarafından doğal renklendiriciler olarak kullanılmakta olup, özellikle antioksidan ve anti-enflamatuar aktiviteleri olmak üzere insanlarda olası sağlık yararları nedeniyle artan bir ilgi görmektedir (Georgiev ve ark., 2010). Kırmızı pancarın diğer önemli faydaları arasında lipid peroksidasyonunun inhibisyonu (Reddy ve ark., 2005), düşük yoğunluklu lipoproteinlerin oksidasyonuna karşı artan direnç ve kemo-önleyici etkiler (Zhang ve ark., 2013) bulunmaktadır. Kırmızı pancar aynı zamanda iyi bir  kaynağı olup (Santamaria, 2006), insanlarda sistolik kan basıncını önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir (Siervo ve ark., 2013).

2.4. Betalainler

Betalainler, sahip oldukları güçlü antioksidan, antikanserojen, hepatoprotektif, antibakteriyel ve anti-enflamatuar aktivitelerin yanı sıra bağırsak ve bağışıklık düzenleyici etkileri olduğu için önemli bileşenlerdir (Georgiev ve ark., 2010). Ek olarak, betalainler hücreleri peroksidasyona ve DNA hasarına karşı koruyabilir, hepatik koruyucu etkiye sahip olabilir ve antikanser özellikler sergileyebilir (Khan, 2016). Sağlıkla ilgili bu yararları nedeniyle, betalainler gıda endüstrisinde doğal diyet takviyeleri, renklendiriciler veya gıda katkı maddeleri olarak kabul edilir. Örneğin, temel olarak ticari olarak kullanılan kırmızı pancardan üretilen çeşitli gıda ürünlerinde (örneğin meyve suyu, şekerlemeler ve yoğurt) betalainler kullanılmaktadır. Betalainlerin kırmızı pancardan metanol veya etanol kullanılarak suya geleneksel ekstraksiyonu, ısıl işlemin varlığında veya yokluğunda pigmentleri geri kazanabilir.

Bununla birlikte, ekstraksiyon oranını artırmak ve betalainlerin bozulmasını önlemek için, kriyojenik dondurma, ultrason destekli ekstraksiyon, darbeli elektrik alanları, mikrodalga destekli ekstraksiyon ve membran işleme gibi bazı yenilikçi ekstraksiyon yöntemleri, ısıya dayanıklı biyoaktif bileşikleri gıdada tutmak için yararlı araçlar oluşturabilir. Ayrıca ısı işlem, kurutma gibi farklı işleme yöntemleri ile kırmızı pancar ürünlerindeki biyoaktif bileşenler bazı değişikliklere uğrayabilmektedir (Azeredo, 2009). Betalainlerin kırmızı pancarda depolanması veya işlenmesi sırasında, betalain bozunması meydana gelebilir, bu da kararsızlığından dolayı renkte daha fazla değişikliğe neden olur. Bu nedenle, farklı işleme yaklaşımlarının biyoaktif bileşenler (örn. betalainler) üzerindeki etkilerinin araştırılması, diyet önerilerinin formülasyonuna fayda sağlayabilir. Betalainler, nitrojen içeren ve suda çözünebilir iki ana yapısal birimden oluşur; betasiyanin ve betaksantinler. Betasiyaninlerin içerisinde betanin, prebetanin, izobetanin ve ayrıca neobetanin yer almaktadır ve betalainler 538 nm'de maksimum absorpsiyona sahip kırmızı-mor renge sahiptirler. Betaksantinler ise 480 nm'de maksimum absorpsiyon verir ve sarı-turuncu rekten sorumlulardır. Kırmızı pancardaki tahmin edilen betasiyanin ve betaksantin konsantrasyonları taze ağırlığa göre sırasıyla 400–2100 mg/kg ve 200–1400 mg/kg'dır (Janiszewska-Turak ve ark., 2022).

Mevcut ana pigmentler, kırmızı rengin %75-95'ine katkıda bulunan betaninli kırmızı-mor betasiyaninler ve sarı rengin %95'ine katkıda bulunan vulgaxanthin-I'li sarı betaksantinlerdir (Lacid ve Ndez, 2003). Ayrıca betalain içeriği kırmızı pancar çeşidine göre değişmektedir (de Oliveira ve ark., 2021; Janiszewska-Turak ve ark., 2022). Sawicki ve ark., (2016)'nın 13 ticari kırmızı pancar çeşidi ile yaptığı araştırmada, toplam betalain, betasiyaninlerin ve betaksantinlerinin içeriğinin kök kısımları arasında önemli derecede değişkenlik gösterdiğini, kabuk kısmın iç kısımlara göre daha yüksek betalain düzeyine sahip olduğunu saptamışlardır.

Betalainlerin bozunması farklı mekanizmalar yoluyla ilerleyebilir. Betalain stabilitesi, bu bileşikler gıda endüstrisinde uygularken dikkate alınması gereken hem içsel hem de dışsal çeşitli faktörlerden etkilenir. Betalainler, oksijen, ısı, pH, ışık ve enzimlere karşı oldukça hassastır (Herbach ve ark., 2004).

Betalainler ısıya duyarlıdır ve 50 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda bozulur; bu özellik, gıdaların renklendirilmesinde kullanımlarında önemli bir dezavantajdır (Sadowska-Bartosz ve Bartosz, 2021). Betasiyaninlerin yüksek sıcaklıklarda parçalanması, neobetasiyaninler, betalamik asit ve yeni oluşan betaksantinler dahil olmak üzere sarı ürünlerin oluşumuna yol açar (Herbach ve ark., 2006). Betalain içeren bitki materyalinin kaynatılması hem betasiyaninlerin hem de betaksantinlerin içeriğini azaltır. Bir betanın çözeltisinin kırmızı rengi, 100 °C'de ısıtıldığında yavaş yavaş solarak sarımsı-kahverengi bir renge dönüşür. Yapılan bir çalışma, betasiyaninlerin bozunmasının yüksek sıcaklıklarda meydana gelebileceğini ve neobetasiyaninler, betalamik asit ve betaksantinler dahil olmak üzere sarı ürünler oluşturabileceğini göstermiştir (Herbach ve ark., 2006). Betanın içeren malzemenin kaynatılması, glikozitin eliminasyonu ile birlikte hidrojeni giderilmiş ve dekarboksile edilmiş betanın türevlerinin katkı yüzdesinde bir artışı çağırır (Fu ve ark., 2020).

Betalainler 3-7 pH aralığında nispeten kararlı olup (Herbach ve ark., 2004), 5-6 pH aralığı, maksimum betanın stabilitesi için ideal olduğu belirtilmiştir (Herbach ve ark., 2006). Floresan ışığı altında betanın bozunma oranının pH 3'te pH 5'e göre üç kat daha yüksek olduğu bulunmuştur (Khan, 2016).

Kırmızı pancarda, azot içeren suda çözünebilir bitki pigmenti olan 'Betalainler' (kırmızı-mor betasiyaninler ve sarı betaksantinler) bulunmaktadır. Kırmızı pancar en zengin betalain kaynağıdır (Özyurt ve ark., 2019). Kırmızı pancarda bulunan betalainler yapısal olarak kırmızı-mor renge sahip betasiyaninler ve sarı renge sahip betaksantinler olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Betalainler, çiçek, meyve ve onları sentezleyen bitkilerin hücre boşluklarında, özellikle epidermal ve/veya subepidermal dokularında birikmektedir (Kujala ve ark., 2001). Babarykin ve ark., (2019)'a göre, betalaini oluşturan pigmentlerden betanın (300–600 mg·kg⁻¹) kırmızı pancardaki en yoğun pigmenttir. Kavutkar, (2017) ise, çoğu kırmızı pancar çeşidinde baskın renklendirici olan betanın mevcut toplam rengin %75 ile %90'ını temsil ettiğini bildirmiştir. Barutçu Mazi ve ark., (2018) da, kırmızı pancarın betalain içeriğinin 380mg/100g taze ağırlık olduğunu araştırmalarıyla belirtmiştir.

Hem gıda işleme hem de depolama sırasında sıcaklık betalain stabilitesi üzerinde en önemli etkileyen faktör olarak kabul edilebilir. Betalainler genellikle kaybedilen ısıya duyarlı pigmentler olarak bilinirler. Kırmızı pancarın içerdiği β-Glukosidazlar,

polifenoloksidazlar ve peroksidazlar gibi endojen enzimler sebze suyu hazırlanırken sıkma işlemi sırasında sebze suyuna geçmiş, fermentasyon sırasında da faaliyet göstermiş olabilirler (Czy, 2006; Sadowska-Bartosz ve Bartosz, 2021). β -Glukosidazlar, polifenoloksidazlar ve peroksidazlar birincil olarak zara bağlıdır, ancak her zaman en yüksek hücre pigment konsantrasyonuna yakındır, bu da bu enzimlerin betalain döngüsünde biyolojik bir işlevi olduğunu düşündürür (Czy, 2006).

Yapılan bir araştırmada, kırmızı pancarın, zengin betalainin kaynağı olması sebebiyle en güçlü antioksidan özelliklere sahip ilk on sebze arasında olduğu kabul edilmektedir (Akan ve Gunes, 2019). Kähkönen ve ark., (1999) tarafından yapılan araştırmada Fin menşeli 92 farklı kırmızı pancar ekstraktının toplam fenolik içeriği ve antioksidan aktivite profili araştırılmış, sonuç olarak tüm çeşitlerin kuvvetli antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Sasa ve ark., (2012) tarafından yapılan diğer çalışmada da çeşitli kırmızı pancar örneklerinin toplam fenolik içeriğinin oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir.

2.5. Organik Asitler

İçeceklerin organik asitleri birkaç açıdan önemlidir. İlk olarak, ana tat gruplarından birini, yani ekşiliği içerirler. Tüm organik asitler bir dereceye kadar bu özelliğe sahip olmakla birlikte bazılarının kendine has karakteristik tadı, lezzeti veya aroması vardır. Örneğin, sitrik asit, malik asitten farklı taze bir asit aromasına sahipken, süksinik asit, ekşiliğine ek olarak alışılmadık tuzlu, acı bir tada sahiptir. Süksinik asit aynı zamanda sahip olduğu yağ asitleri nedeniyle de ekşi bir tada sahiptir. Asetik asit karakteristik bir aromaya ve damağın arkasına dokunan bir etkiye sahipken, daha uzun zincirli homologların her birinin içeceğe kattığı kendine has aroması vardır. İkincisi, okso asitler, özellikle pirüvik ve 2- ksogiutarik asitler, yaygın olarak kullanılan bir mikrobiyal inhibitörü SO_2 'yi bağlarlar böylece (birleşmemiş, ayrışmamış) SO_2 'nin etkinliğini de azaltırlar. Üçüncüsü, asitler, özellikle laktik asit bakterileri tarafından mikrobiyolojik saldırıya karşı hassasiyetleri bakımından büyük farklılıklar gösterir; süksinik asit anaerobik ve aerobik olarak dirençliyken, malik ve sitrik asitler anaerobik olarak kolayca metabolize olur ve sonuç olarak tat değişiklikleri olur (Whiting, 1976).

Czy, (2006) farklı kırmızı pancar çeşitleri ile probiyotik bakteriler kullanarak kırmızı pancar suyu üretimi gerçekleştirmiştir. Bu bakterileri içerisinde farklı *Lc. paracasei* suşlarının hem tek başına hem de diğer suşlarla kombine şekilde kullanmıştır.

Kullandığı Chrobry çeşiti kırmızı pancar sularını 30°C'de 48 saat fermente etmiş ve betalain miktarlarını spektrofotometrik yöntemle belirlemiştir. Örneklerin taze kırmızı pancar suları, kontrol örnekleri için kırmızı renk miktarlarını sırasıyla 127,68 mg/100 mL, 6,62 mg/100 mL iken; sarı renk miktarlarını sırasıyla 63,22 mg/100 mL ve 65,06 mg/mL olarak bildirmiştir. Farklı *Lc. paracasei* ile ve bunların kombinasyonları kullanarak ürettiği örneklerin kırmızı renk miktarlarının sırasıyla 35,82-67,93 mg/100 mL ve 49,76-61,99 mg/100 mL aralığında değiştiğini rapor etmiştir. Ayrıca, bu örneklere ait sarı renk değerleri sırasıyla 21,42-38,08 mg/100 mL ve 33,05-40,71 mg/100 mL aralığında değiştiği belirtilmiştir.

Blana ve ark., (2014) daha önce endüstriyel olarak fermente edilmiş sofralık zeytinlerden izole edilmiş ve probiyotik potansiyel için in vitro olarak taranmış iki LAB suşunun, *L. pentosus* B281 ve *Lc. plantarum* B282'nin zeytin fermantasyonunda performansı değerlendirdikleri bir çalışma yapmışlardır. 120 gün fermantasyon sürecini izledikleri çalışmalarında %8 tuzlu su ortamında *Lc. plantarum* B282 ve iki suşun kombine kullanıldığı denemelerinde 5 günlük fermantasyondan sonra laktik asit konsantrasyon sırasıyla 50,6 ve 57,7 mM değerleri ile belirgin bir artış gösterdiğini, bu süreden sonra sırasıyla 39 ve 50 mM değerine ulaşarak fermantasyonun sonuna (114. gün) kadar kademeli olarak azaltıldığını bildirmişlerdir. Buna karşılık, *L. pentosus* B281 ile aşılana süreçteki laktik asit konsantrasyonu kademeli olarak artarak, fermantasyonun sonunda 56 mM'lik nihai bir değere ulaştığı ve diğer iki deneme ile karşılaştırıldığında en yüksek laktik asit konsantrasyonunu gösterdiğini rapor etmişlerdir. Kontrol örneklerinde (inoküle edilmemiş fermantasyon) ise salamuraadaki laktik asidin 20. güne kadar arttığı, ancak daha sonra laktik asidin tespit edilemediğini, 55. güne kadar da laktik asitin hızla azalmaya başladığı vurgulamışlardır.

Chen ve ark., (2018) *L. acidophilus* ve *Lc. plantarum* tarafından fermente edilmiş papaya sularının sağlığı geliştirici etkileri belirlenmiştir. Fermantasyon sürecinde pH, indirgeyici şeker, organik asitlerdeki değişimleri belirlenmiştir. Fermente meyve suları *L. acidophilus* ve *Lc. plantarum* tarafından 48 saatlik fermantasyon süresi boyunca pH ve azalan şeker içeriğinde benzer değişiklikler göstermiştir. Büyük miktarlarda aroma ile ilişkili bileşikler ve organik asitlerin üretildiğini, özellikle laktik asitin fermantasyon sonunda önemli ölçüde (sırasıyla 543,18mg/100mL ve 571,29mg/100 mL) arttığını ($p<0,05$) ve bunun içecek kalitesini iyileştirdiğini bildirmişlerdir.

Nguyen, (2015) ananas suyunun probiyotik bakteri *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* suşları ile fermantasyonu ve depolama süresince içeceğin bazı özelliklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Test edilen tüm suşların, herhangi bir besin bileşeni takviyesi olmaksızın ananas suyunda iyi büyüme özellikleri sergilediklerini belirtmişlerdir. 24 saatlik fermantasyon sonunda laktobasillerin hücre sayısı $5 \cdot 10^9$ log KOB/mL seviyesini geçtiğini, Bifidobakterilerin hücre sayısının 10^9 KOB/mL seviyesine ulaştığını bildirmişlerdir. İçeceklerin laktik asit/asetik asit oranının *Lc. plantarum* 299V ve *L. acidophilus* La5 ile üretimi gerçekleştirilen içeklerde sırasıyla 5,37 ve 9,91 olduğunu kaydetmişlerdir. *B. lactis* Bb-12 kullanılan içeceklerde, laktik asit ve asetik asit konsantrasyonları doğal meyve sularında sırasıyla 6 mM ve 23 mM ve fermantasyonun 16. saatinde prebiyotiklerle takviye durumunda 15 ve 21 mM iken fermantasyonun sonunda 7 mM laktik asit ve 23 mM asetik asit ile sonuçlandı. Fruktoz hem laktobasiller hem de bifidobakteriler için en çok tercih edilen şeker olduğunu da kaydetmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Kırmızı pancar suyunun ana materyali olan kırmızı pancar yerel marketlerden taze alınıp, bekletilmeden kullanılmıştır. Denemelerde probiyotik bakteri olarak *Lactocaseibacillus paracasei* (*Lc. paracasei*) 431 kullanılmış olup, probiyotik bakteri kültürleri CHR-HANSEN (Horsholm, Danimarka) firmasından tedarik edilmiştir.

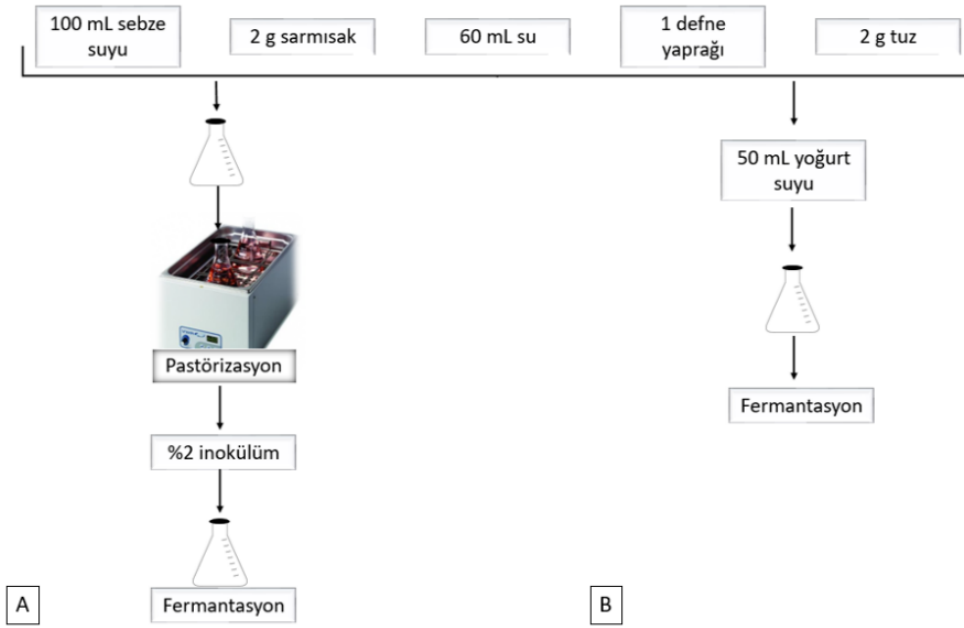
3.2 Yöntem

3.2.1. Starter Kültür İlaveli Yöntemde Kullanılan Kültürlerin Hazırlanması

Suşlar kullanılacağı zamana kadar -20°C'de tutulmuş, kullanılacakları zaman MRS besiyerinde 37°C'de 250 devir/dak. çalkalamalı inkübatörde (ISS-3075, Jeio Tech Lab Companion) 1 gece geliştirilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda süspansiyondan 1 mL alınmış, daha önceden steril edilmiş 10 mL kırmızı pancar suyu içerisinde aynı koşullarda 1 gece inkübe edilmiş, süre sonunda %2 oranında süspansiyon fermantasyon çalışmalarında kullanılmıştır.

3.2.2. Sebze Sularının Hazırlanması ve Fermantasyon

Kırmızı pancarlar, soyulup, yıkanıp ve dilimlendikten sonra halde katı meyve suyu sıkacağından (Philips, HR1861) geçirilmiş, Şekil 3.1'de verilen miktarlarda sebze suyu, sarımsak, su, defne yaprağı ve tuz karışımı hazırlanmıştır. Starter kültür ilave edilen yöntemde, daha önce grubumuz tarafından yapılan çalışmalarda *Lc. paracasei* ilave edilerek kırmızı pancar suyu üretimi için pastörizasyon sıcaklığı, pastörizasyon süresi ve fermantasyon sıcaklığının bağımsız değişkenler olarak belirlendiği optimizasyon çalışmasında; kırmızı pancar sularının toplam betalain içeriği, toplam laktik asit bakteri sayısı ve genel beğeni düzeylerini maksimum düzeyde tutan optimum koşullar 60°C 22 dak. pastörizasyon işlemi sonrasında 31±1°C'da fermentasyon sıcaklığı olarak belirlendiği için (Durukan, 2023) üretimde bu koşullar kullanılmıştır. Spontan yöntemde ise, kırmızı pancar suyu karışımı içeresine yoğurt suyu ilavesi yapılmış, herhangi bir ısıtma işlemi bırakılmadan oda sıcaklığında (24-25°C) fermantasyona bırakılmıştır.



Şekil 3.1. Fermente kırmızı pancar suyunun iki farklı yöntem ile hazırlanması (A: *Lc. paracasei* ilave edilen kırmızı pancar suyu üretimi, B: spontan yöntem ile kırmızı pancar suyu üretimi)

3.2.3. Fermantasyon Sırasında Yapılan Kimyasal Analizler

Her iki yöntemle üretimi yapılan kırmızı pancar sularının fermantasyon süresi boyunca kimyasal ve mikrobiyolojik analizleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.1. pH

Fermente pancar suyu örneklerine ait pH değerleri pH metre (Hanna HI 1221, Czeck) ile belirlenmiştir.

3.2.3.2. Toplam betalain miktarı

Örneklerin betalain miktarı hem farklı tamponlarda hem de deiyonize suda, betanin molar zayıflama katsayıları ($\epsilon=60,000$ l/mol cm H₂O; $\lambda=538$ nm; MW=550 g/mol) indikaksantin ($\epsilon=48.000$ l/mol cm H₂O içinde; $\lambda=480$ nm; MW=308 g/mol) uygulanarak pH adaptasyonu olmadan üç tekrar halinde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 0,05 mol/l pH 6,5 fosfat tamponu, pH 4,5 ve pH 5,0 tamponları hazırlanmıştır. Sebze suları, $0,8 \leq A \leq 1,0$ absorpsiyon değerleri elde etmek için tamponlar veya deiyonize su ile yeteri kadar seyreltilmiştir. Örneklerin betalain içeriği (BC), aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır (Stintzing ve ark., 2003).

$$BC [mg/L] = [(A \times DF \times MW \times 1000) / (\epsilon \times L)],$$

burada A, sırasıyla betasiyaninler ve betaksantinler için 538 nm ve 480 nm'de absorpsiyondur.

DF, seyreltme faktörüdür

L, 1 cm küvetin yol uzunluğudur

MW ve ϵ için, betanin ve indikaksantin için ayrı ayrı yukarıda verilmiştir.

3.2.3.3. Glikoz, Fruktoz, Sakkaroz Miktarı

Örneklerin organik asit miktarlarındaki zamana bağlı değişimleri Cemeroğlu (2010)'un önerdiği yöntem üzerinde bazı modifikasyonlar yapılarak belirlenmiştir. Santrifüj edilmiş (15000 rpm; 15 dak.) (Sigma 2-16PK, Germany) örnekler HPLC'de ayırımın iyi olması amacıyla saf su ile dört kez seyreltilmiş ve 0.45 μ m'lik membran filtreden süzülerek enjeksiyon yapılmıştır. Çalışmada kullanılmış olan HPLC koşulları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

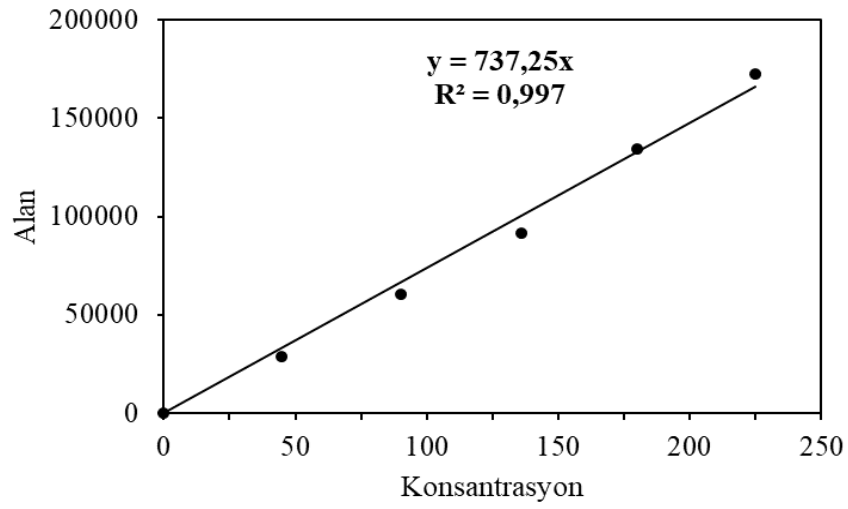
Çizelge 3.1 HPLC çalışma koşulu ve gradient elusyon programı

HPLC çalışma koşulu

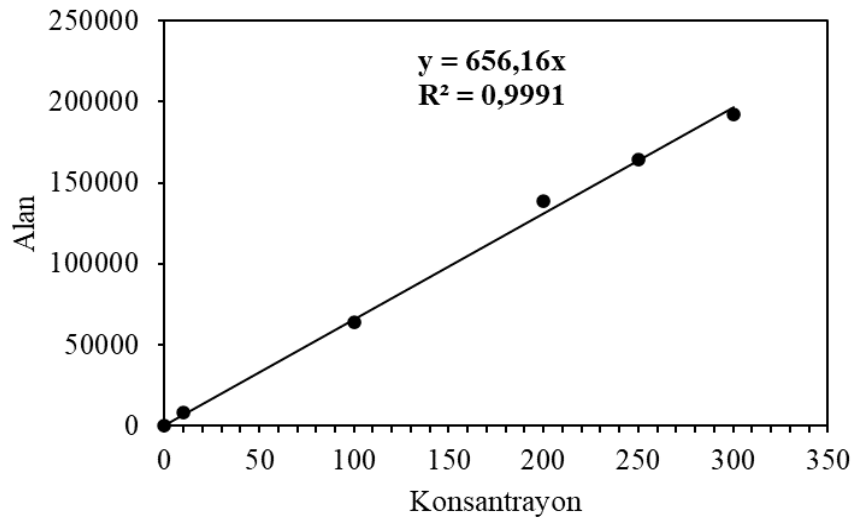
Model	: Shimadzu (Prominence serisi)
Yazılım	: LCLab solution
Kolon	: Inertsil ODS-3 (250 x 4.6 mm; 5 μ m; C ₁₈)
Kolon Fırını	: CTO-10A SVp
Dedektör	: Photodiode array (PDA)
Pompa	: LC-10 ADVp
Program	: İzokratik
Mobil Faz	: 0.005 N H ₂ SO ₄
Dedeksiyon	: 210 nm
Akış Hızı	: 1 ml/dk
Kolon Sıcaklığı	: 30 °C
Enjeksiyon Miktarı	: 20 μ l

3.2.3.4. Organik asit standartlarının hazırlanması ve kalibrasyonu

Organik asitlerin miktarlarının tespit edilmesinde bileşiklere ait HPLC kromatogramlarından elde edilmiş integre alanlar ve standart maddelerin ara stok çözeltileri ile hazırlanan kalibrasyon eğrilerinden yararlanılmıştır. Örneklerde organik asit için kullanılan standart maddelerden laktik asitten 45-250 µg/ml, asetik asitte ise 10-300 µg/ml arasında değişen konsantrasyonlarda ara stok çözeltilerin hazırlanması ile elde edilen kalibrasyon eğrileri doğrusal olup (Şekil 3.2 ve 3.3) eğrinin denklemi ve korelasyon katsayısı şekil üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Laktik asit kalibrasyon eğrisi



Şekil 3.3 Asetik asit kalibrasyon eğrisi

Örneklerdeki organik asitlerin tanımlanması, bileşiklerin kolondaki alıkonma zamanı spektrumların karşılaştırılması ve standart maddelerin örneklere ilave edilmesi ile yapılmıştır.

3.2.3.5. HPLC ile şekerlerin belirlenmesi

Örneklerin şeker miktarlarındaki zamana bağlı değişimleri Jalaludin ve Kim (2021)'un önerdiği yöntemle belirlenmiştir. Santrifüj edilmiş (15000 rpm; 15 dak.) (Sigma 2-16PK, Germany) örnekler HPLC'de ayırımın iyi olması amacıyla saf su ile dört kez seyreltilmiş ve 0.45 µm'lik membran filtreden süzülerek enjeksiyon yapılmıştır. Çalışmada kullanılmış olan HPLC koşulları Çizelge 3.2'de verilmiştir.

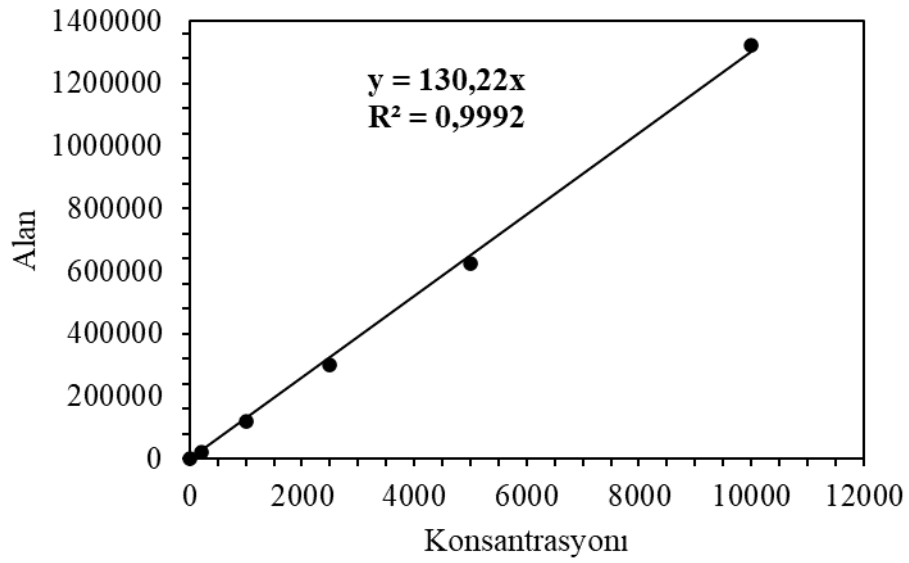
Çizelge 3.2. HPLC çalışma koşulu ve gradient elusyon programı

HPLC çalışma koşulu	
Model	: Shimadzu (Prominence serisi)
Yazılım	: LCLab solution
Kolon	: Inertsil NH ₂ (250 x 4.6 mm; 5 µm)
Kolon Fırını	: CTO-10A SVp
Dedektör	: Diode array dedektör (DAD)
Pompa	: LC-10 ADVp
Program	: İzokratik
Mobil Faz	: Asetonitril:su (75:25)
Dedeksiyon	: 210 nm
Akış Hızı	: 1 ml/dk
Kolon Sıcaklığı	: 40 °C
Enjeksiyon Miktarı	: 20 µl

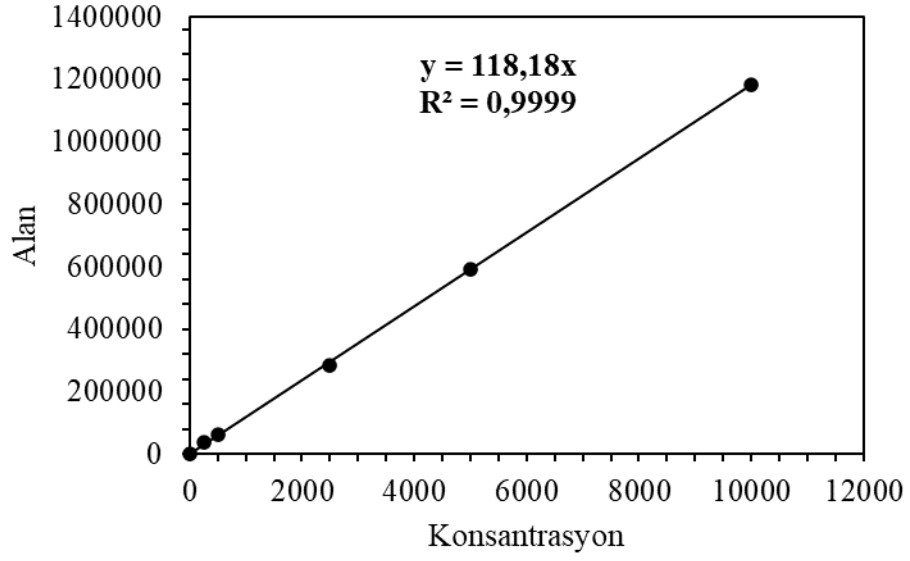
Örneklerdeki şekerlerin tanımlanması, bileşiklerin kolondaki alıkonma zamanı spektrumların karşılaştırılması ve standart maddelerin örneklere ilave edilmesi ile yapılmıştır.

3.2.3.6. Şeker standartlarının hazırlanması ve kalibrasyonu

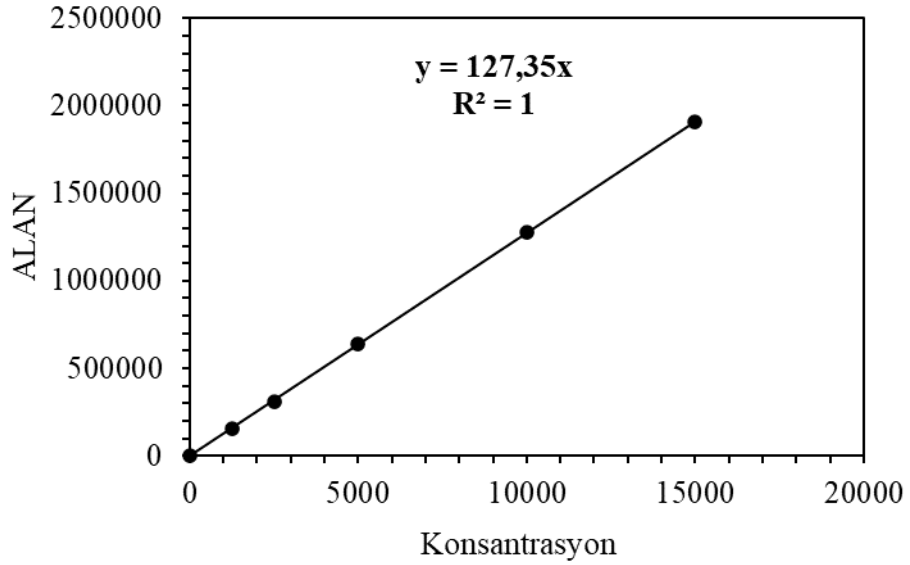
Şeker miktarlarının tespit edilmesinde bileşiklere ait HPLC kromatogramlarından elde edilmiş integre alanlar ve standart maddelerin ara stok çözeltileri ile hazırlanan kalibrasyon eğrilerinden yararlanılmıştır. Örneklerde şeker için kullanılan standart maddelerden Fruktoz için 200-10000 µg/ml, glukoz için 250-10000 µg/ml ve sakkaroz için ise 1250-15000 µg/ml arasında değişen konsantrasyonlarda ara stok çözeltilerin hazırlanması ile elde edilen kalibrasyon eğrileri doğrusal olup (Şekil 3.4, 3.5 ve 3.6) eğrinin denklemini ve korelasyon katsayısı şekil üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Fruktoz kalibrasyon eğrisi



Şekil 3.5 Glikoz kalibrasyon eğrisi



Şekil 3.6 Sakkaroz kalibrasyon eğrisi

Örneklerdeki şekerlerin tanımlanması, bileşiklerin kolondaki alıkonma zamanı ve standart maddelerin örneklere ilave edilmesi ile yapılmıştır.

3.2.4. Fermantasyon Sırasında Yapılan Mikrobiyolojik Analizler

Kırmızı pancar suyu örneklerinin mikrobiyolojik analizleri şu şekilde yapılmıştır; 10 mL örnek alınarak, içerisinde steril 9 mL %0,85 NaCl çözeltisi bulunan tüplere

aktarılarak homojenize edilmiş, gerekli seyreltmelere devam edildikten sonra yayma yöntemiyle selektif besiyerlerine ekim yapılmıştır. Her bir denemeden 2 paralel ekim yapılmıştır. İnkübasyon sonrasında gelişen koloni sayılmış, örnekte bulunan mikroorganizma yükü log KOB/mL olarak belirlenmiştir (FDA, 1995; Triqueros ve ark., 2016).

3.2.4.1 Toplam maya ve küf sayımı

Örnekler seyreltirmeler yapıldıktan sonra son 3 seyreltiden Patato Dextrose Agar (PDA) besiyerine yayma kültür yöntemi ile ekim yapılmıştır. Petriler 30°C'de 3 gün bekletildikten sonra, oluşan koloniler sayılmış ve örneklerin toplam maya ve küf yükü hesaplanmıştır.

3.2.4.2. Toplam laktik asit bakterisi sayımı

Fermente edilmiş sebze sularında var olan laktik asit bakterileri, katı De Man, Rogosa And Sharpe (MRS) besiyerine yayma yöntemi ile ekim yapılarak belirlenmiştir. Ekim yapılan petriler 37°C'de 2 gün inkübe edilmiştir.

3.2.4.3. Toplam mezofilik bakteri sayımı

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı için gerekli seyreltirmeler yapıldıktan sonra hazırlanan son 3 seyreltiden Plate Count Agar (PCA) besiyerine yayma kültür yöntemi ile ekim yapılmıştır. Petriler 37°C'de 2 gün bekletildikten sonra, oluşan koloniler sayılarak örneklerin toplam mezofilik bakteri sayıları belirlenmiştir.

3.2.5. İstatistiksel Analizler

İki farklı yöntemle üretimi gerçekleştirilen kırmızı pancar suyu örneklerinin incelenen kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine sürenin etkisi her bir yöntem için MINITAB 20 (State College, PA)'de %95 güven aralığında tek yönlü-ANOVA testi kullanılarak incelenmiştir. Karşılaştırmalar ve harflendirmeler aynı program içerisinde Tukey testi kullanılarak yapılmıştır. Korelasyon analizleri SPSS Statistics for Windows (versiyon 22.0, Armonk, NY:IBM Corp) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan tez çalışmasında iki farklı yöntemle kırmızı pancar suyu üretimi gerçekleştirilmiştir. *Lacticaseibacillus paracasei* 431 ilave edilerek ve spontan yöntemle ile üretilen kırmızı pancar sularının fermantasyon süresi boyunca pH, toplam betalin miktarı, asit üretim (laktik asit, asetik asit), şeker tüketim (glikoz, fruktoz ve sakkaroz) miktarları belirlenmiştir. Ayrıca, mikrobiyolojik analizlerden toplam maya ve küf, toplam mezofilik bakteri sayısı ve toplam laktik asit bakteri sayıları belirlenmiştir.

Her iki yöntemde de fermantasyon, kontrol örneklerinin pH değerleri yaklaşık 4 ve altına geldiğinde bitirilmiştir. Fermantasyon, spontan üretim yönteminde yaklaşık 96 saat, *Lc. paracasei* ilaveli gerçekleştirilen üründe yaklaşık 44 saat gözlemlenmiştir.

4.1 Kırmızı Pancar Suyu Örneklerinin Fermantasyon Süresince pH Değişimleri

Üretilen fermente kırmızı pancar suyu örneklerinin pH değerleri Çizelgede 4.1'den incelendiğinde spontan yöntemle üretilen örneklerde fermantasyon başlangıcında (0.saate) ortalama 4,77 iken fermantasyon izlenmesinin bitimi olan (96. saatte) ortalama 4 olarak belirlenmiştir. Sürenin, spontan yöntemle üretilen örneklerin pH değerleri üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p \leq 0,05$) (Çizelge 4.2). *Lc. paracasei* ilave edilerek üretilen kırmızı pancar suyu örneklerinin pH değerleri ise 0. ve 44. saatte sırasıyla ortalama 5,72 ve 3,83 olarak belirlenmiştir. *Lc. paracasei* ilave edilerek üretilen kırmızı pancar sularının pH değerleri üzerine sürenin etkisi önemli belirlenmiştir ($p \leq 0,05$) (Çizelge 4.2). Spontan yöntemde örneklerin 0. saatte pH değerlerinin, *Lc. paracasei* ilave edilen örneklere göre daha düşük çıkmasının nedeni üretim yönteminde verildiği gibi ortama eklenen yoğurt suyunda bulunan çeşitli organik asitlerdir.

Çizelge 4.1 İki farklı yöntemle üretimi gerçekleştirilen kırmızı pancar suyu örneklerinin fermantasyon süresine bağlı pH ve kimyasal özelliklerindeki değişim

Yöntem	Süre	pH	Toplam betalain miktarı (mg/L)	Laktik asit (mg/L)	Asetik asit (mg/L)	Glikoz (mg/L)	Fruktoz (mg/L)	Sakkaroz (mg/L)
Spontan	0	4,77±0,21 a*	594,1±29,6 ab	519,30±34,60 d	42,46±2,16 d	65,66±5,56	3802,10±79,40	8038,00±38 a
	4	4,67±0,18 ab	670,05±9,05 a	570,10±30,20 d	50,75±3,31 d	49,2±16,8	3508,70±55,6	8038,00±38 a
	8	4,63±0,11 abc	567,7±30,00 abc	449,20±28,10 d	62,70±15,20 d	38,83±6,00	3062±561	5075±75,30 c
	10	4,62±0,11 abc	634,4±34,50 ab	589,00±35,50 d	346,84±3,72 ab	61,69±7,95	4178,00±698,00	7331,60±331 ab
	24	4,41±0,05 abcd	672,8±42,10 a	870,50±42,20 c	403,30±15,60 a	64,24±5,63	3920,70±0,32	7983,20±71,50 a
	32	4,34±0,07 abcd	576±19,80 abc	883,78±9,95 bc	401,70±10,40 a	60,89±9,56	3757,00±28,40	7543,70±87,90 ab
	44	4,20±0,14 bcd	582,48±6,89 abc	997,70±14,80 bc	360,63±1,37 ab	73,32±0,67	4085,00±125,00	8169,00±212,00 a
	56	4,24±0,05 abcd	466,8±21,80 c	860,44±6,10 c	280,10±45,70 abc	59,10±15,40	3136,00±257,00	6405,90±405 bc
	72	4,16±0,07 bcd	534,3±25,50 bc	950,70±37,60 bc	244,00±46,20 bc	62,69±0,99	3648,00±166,00	6370±370 bc
	80	4,08±0,04 cd	561,2±10,20 abc	1179,60±10,30 a	254,60±30,10 bc	62,88±5,97	3761,00±239,00	6414±414 bc
	96	4,00±0,02 d	580,2±20,00 abc	1024,30±2,85 b	191,33±1,55 c	73,76±2,60	3764,50±10,60	7373,00±109,00 ab
<i>Lc. paracasei</i> ilaveli	0	5,72±0,14 a	535,20±35,10 bc	T.E. d **	T.E. d	233,57±3,32	3495,00±955,00	14490,00±417,00 a
	2	5,65±0,20 a	535,20±35,10 bc	T.E. d	T.E. d	231,48±8,83	3992±570	14339±62,2 a
	8	5,69±0,19 a	463,50±13,7 c	T.E. d	T.E. d	215,82±6,17	2134±818	13029±339 ab
	10	5,85±0,03 a	474,50±13,20 c	81,30±11,00 d	218,43±7,62 b	259,48±6,13	3297,00±148,00	15213,00±52,70 a
	20	4,85±0,20 b	525,90±11,00 bc	292,73±8,15 c	29,9±10,20 d	256,60±26,40	4108±1020	12961±1165 ab
	24	4,94±0,16 b	635,91±0,51 ab	267,30±40,10 c	328,10±30,20 a	232,39±3,67	2616,00±603,00	11878,00±1145,00 ab
	26	4,28±0,16 c	625,20±33,50 ab	601,30±42,10 b	131,49±2,26 c	237,98±1,24	2666±187	10390±339 b
	32	3,88±0,04 c	569,64±0,09 abc	807,10±22,90 a	162,80±27,20 bc	259,29±2,50	3390,00±758,00	12702,00±765,00 ab
	44	3,83±0,02 c	667,40±39,70 a	851,10±25,00 a	327,76±1,48 a	250,44±3,99	2484,00±65,60	10080,00±675,00 b

*harfler, her bir yönteme ait sütunlar içerisindeki istatistiki farklılıkları belirtmektedir ($p \leq 0,05$), ** T.E: Tespit edilemedi.

Çizelge 4.2 Örneklerin pH ve kimyasal özelliklerine ait ANOVA tablosu özetleri

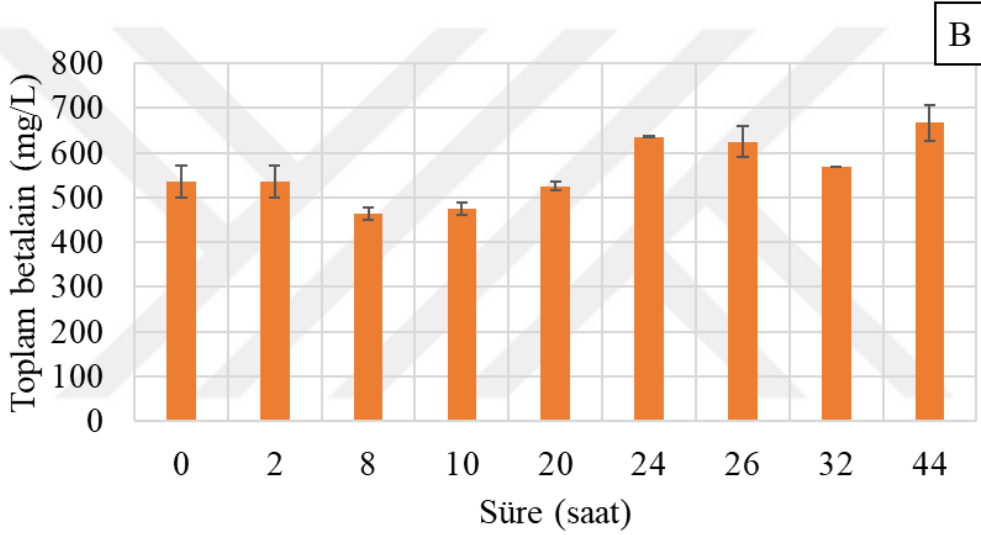
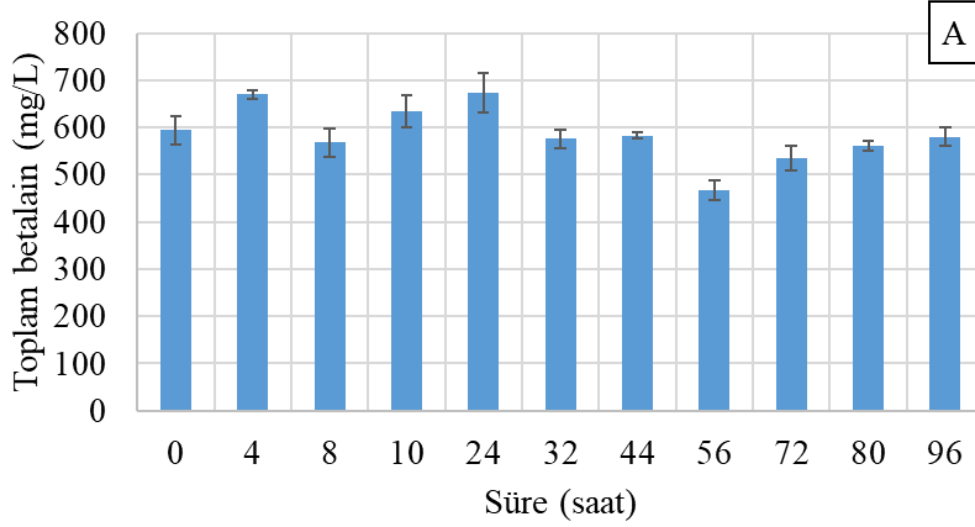
Yöntem		pH	Toplam betalain miktarı (mg/L)	Laktik asit (mg/L)	Asetik asit (mg/L)	Glikoz (mg/L)	Fruktoz (mg/L)	Sakkaroz (mg/L)
Spontan	F	5,63***	5,58***	80,19***	36,2***	1,33	1,36	15,91***
	R ²	0,719	0,717	0,986	0,971	0,548	0,553	0,935
	R _{adj} ²	0,591	0,589	0,974	0,944	0,136	0,147	0,877
<i>Lc. paracasei</i> ilaveli	F	55,67***	8,09***	230,51***	91,47***	2,34	1,09	6,99**
	R ²	0,961	0,783	0,995	0,988	0,675	0,492	0,861
	R _{adj} ²	0,944	0,686	0,991	0,977	0,387	0,401	0,738

*** p≤0,001, ** p≤0,01

4.2. Kırmızı Pancar Suyu Örneklerinin Fermantasyon Süresince Toplam Betalain Miktarları

İki farklı yöntemle üretimi gerçekleştirilen kırmızı pancar suyu örneklerinin fermantasyon süreleri boyunca toplam betalain miktarlarındaki değişimi Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1'de verilmiştir. Spontan yöntemle üretimi gerçekleştirilen kırmızı pancar suyunun fermantasyon başlangıcında ve fermantasyon sonunda toplam betalain miktarı sırasıyla ortalama 594,068 mg/L ve 580,151 mg/L olarak tespit edilmiştir. Probiyotik *Lc. paracasei* ilave edilen örneklerin fermantasyon başlangıcında ve fermantasyon sonunda toplam betalain miktarları sırasıyla ortalama 535,152 mg/L ve 667,382 mg/L olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.2'de ANOVA testi sonuçlarına göre her iki yöntem içinde sürenin toplam betalain üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p \leq 0,05$). Tukey testi ile farklı sürelerde elde edilen betalain düzeyleri arasındaki farklılık incelendiğinde her ne kadar süreye bağlı olarak örneklerin toplam betalain miktarları dalgalanma gösterse de spontan yöntemle ait örneklerin fermantasyon başlangıcında ve fermantasyon sonunda toplam betalain değerleri arasındaki farklılık da istatistiki olarak önemsiz belirlenmiştir ($p > 0,05$), *Lc. paracasei* ilave edilen yöntemde ise her ne kadar fermantasyonun izlenmesinin sonlandırıldığı 44. saatte toplam betalain seviyesi en yüksek seviyede belirlenmiş olsa da betalain seviyesinde düşüş olmaması betalainlerin fermantasyon ile degrade olmadan kalabildiklerini göstermektedir. Burada etkili olan faktör; betalainlerin pH 3-7 aralığında iç ve dış faktörlere karşı genellikle duyarsız pigmentler olmasıdır (Janiszewska-Turak ve ark., 2022).

Kırmızı pancar pigmentleri; sarı-turuncu betaksantinler ve kırmızı-mor betasiyaninlerden oluşan betalainlerden kaynaklanır. Betasiyaninler 538 nm'de, betaksantinler ise 480 nm'de maksimum absorpsiyon verir. Mevcut ana pigmentler, kırmızı rengin %75-95'ine katkıda bulunan betaninli kırmızı-mor betasiyaninler ve sarı rengin %95'ine katkıda bulunan vulgaxanthin-I'li sarı betaksantinlerdir (Lacid & Ndez, 2003). Betalain içeriği kırmızı pancar çeşidine, üretimi yapılan bölgeye göre farklılık gösterdiğini unutmamak gerekir (Janiszewska-Turak ve ark., 2022). Elde edilen veriler farklı probiyotik *Lc. paracasei* suşları ile kırmızı pancar suyu üretimi yapan çalışmalarla benzerlik göstermektedir (Czy, 2006).



Şekil 4.1 Farklı üretim yöntemleri ile üretilen kırmızı pancar suyu örneklerinin fermantasyon boyunca süreye bağlı toplam betalain içeriği değişimi A: spontan yöntem, B: *Lc. paracasaei* ilave edilerek fermantasyon

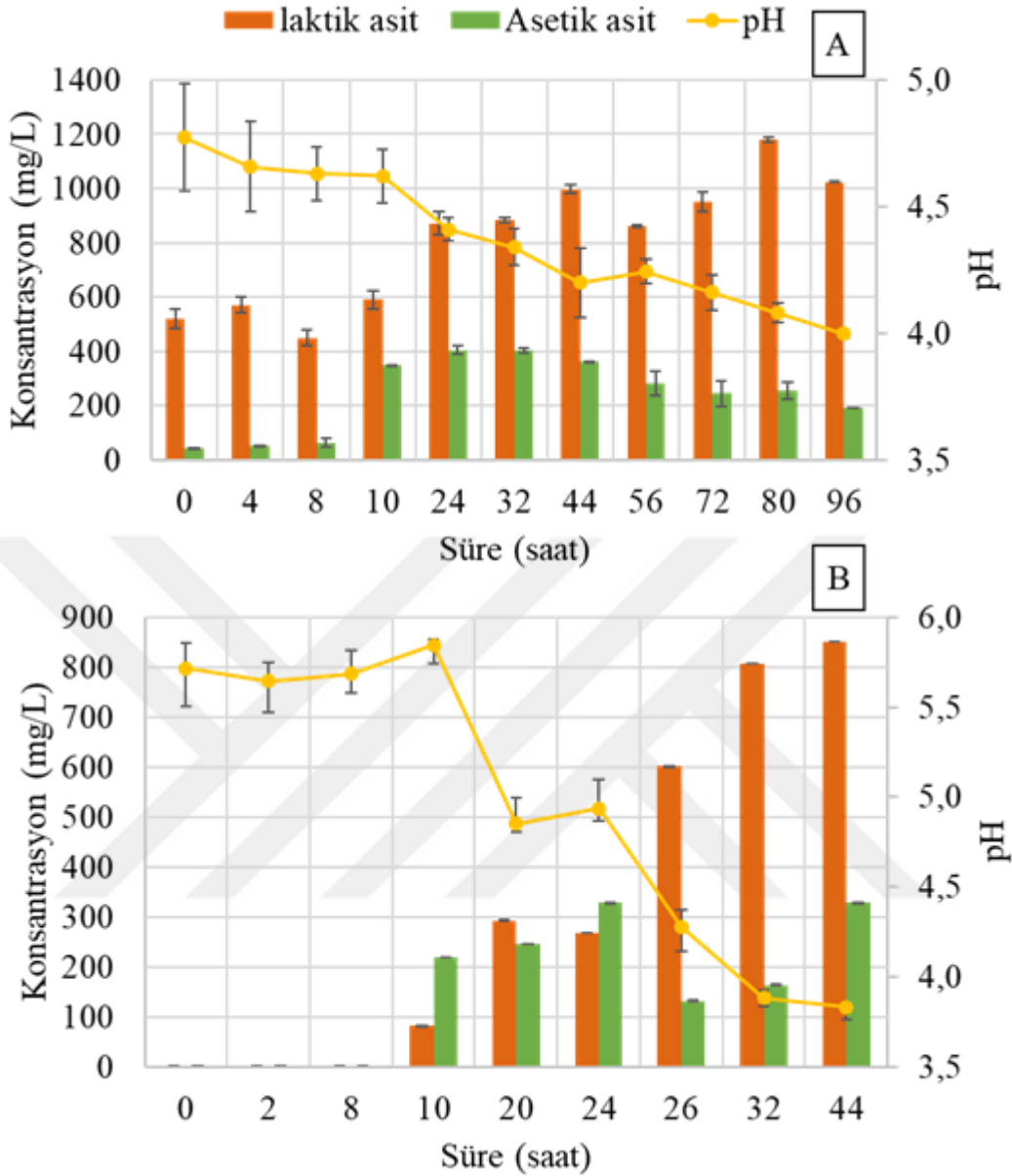
4.3. Kırmızı Pancar Suyu Örneklerinin Fermantasyon Süresince Organik Asit Miktarları

Laktik asit bakterileri, fermantasyon yoluyla şekerleri katabolize ederek, nihai ürünler olarak etanol ile birlikte organik asitlerin (laktik asit, asetik asit dahil) oluşumuna yol açarlar. Fermantasyon ortamına hâkim olan mikroorganizmaların çeşidine bağlı olarak ürettikleri organik asitler de farklılık göstermektedir. Zorunlu homofermentatif bir bakteri ana metabolik ürün olarak laktik asit üretirken, fakültatif homofermentatif gruba ait bakteriler laktik asit ve asetik asit gibi diğer ürünleri üretirler (Marnpae et al., 2022).

Bu organik asitler, gıda fermantasyonu sırasında çoğalan çok sayıda mikrobiyal cins için önemli ikincil karbon kaynaklarıdır.

Kromatografik ayırma temelinde, test edilen örneklerde iki asidin varlığı ortaya çıkmıştır. Bunlar laktik asit fermantasyonunun ürünleri olan laktik asit ve asetik asittir. *Lc. paracasei* ilave edilerek ve spontan olarak üretilen kırmızı pancar suyu örneklerinin fermantasyon sürelerince tespit edilen organik asitlerin konsantrasyonları Çizelge 4.1 ve Şekil 4.2’de verilmiştir. Laktik asit, fermantasyondan sonunda ortamda en fazla bulunan organik asit olup, ardından asetik asit gelmektedir. Spontan yöntemle yapılan fermantasyon sonucunda kırmızı pancar sularının laktik asit miktarları 0. ve 96. saatlerde sırasıyla 519,30 mg/L ve 1024,30 mg/L’dir. Daha önce de belirtildiği gibi yöntemle göre fermantasyon başlamadan ortama yoğurt suyu ilave edildiği için 0. saatte laktik asit belirlenebilmiştir. Örneklere ait asetik asit miktarları ise 0. ve 96. saatlerde sırasıyla ortalama 42,46 mg/L ve 191,33 mg/L’dir. *Lc. paracasei* ilave edilerek gerçekleştirilen fermantasyon sonucunda örneklerde 0. saatte laktik asit ve asetik asit tespit edilemezken, 44. saatte sırasıyla 851,10 mg/L ve 327,76 mg/L tespit edilmiştir. Çizelge 4.2’den görüldüğü gibi her iki yöntemde de sürenin laktik asit ve asetik asit üretimi üzerine etkisi önemlidir ($p \leq 0,05$).

Şekil 4.2 incelendiğinde iki farklı yöntemde de fermantasyonun başlangıcına göre fermantasyon sonucunda laktik asit ve asetik asit miktarlarının arttığı saptanmıştır. Asit oluşumu ile pH değişimini incelediğimizde; spontan yöntemle üretilen örneklerin 10. saat itibarıyla pH’larındaki ciddi düşüş olduğu, aynı zamanda asit miktarında da artış olduğu görülmektedir (Şekil 4.2A). *Lc. paracasei* ilave edilen örneklerde ise, yine 10. saatte pH düşüşü ile organik asit miktarının arttığı belirlenmiştir. Veriler pH ile organik asit miktarı arasındaki ilişkiyi onaylamaktadır.



Şekil 4.2 Farklı üretim yöntemleri ile üretilen kırmızı pancar suyu örneklerinin fermantasyon boyunca süreye bağlı toplam asit içeriği değişimi A: spontan yöntem, B: *Lc. paracasae* ilave edilerek fermantasyon

Tespit edilen profil daha önce *L. acidophilus* ve *Lc. plantarum* ile fermente edilen papaya içeceği (Özel ve ark., 2016) ve spontane üretimi yapılan fermente kırmızı pancar suyu üretim çalışmaları ile benzerlik göstermektedir (Hing, 2020). Ayrıca diğer fermente ürünlerin organik asit profilleri incelendiğinde; zeytin gibi diğer fermente ürünlerin de fermantasyonun ana biyokimyasal ürünü olarak laktik asit ve asetik asit gösterilmektedir. Burada ortamda bulunan besin bileşenlerinin, tuz konsantrasyonu varlığı nedeniyle LAB suşlarının homo- veya hetero-fermentatif metabolizmasının etkili

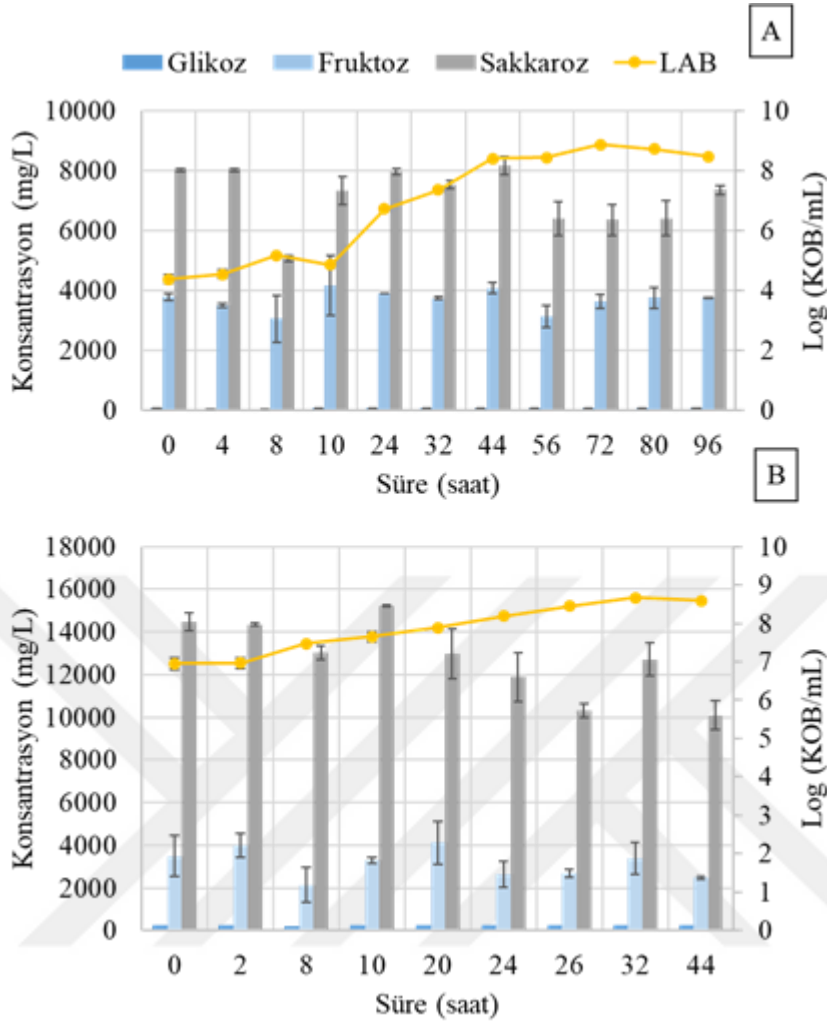
olduğu düşünölmektedir (Arroyo-lópez ve ark., 2012). Tofalo ve ark., (2015) sonuçlarımızla benzer şekilde, mezofilik laktobasil ve laktokoklarla fermente peynir yapımında laktik asit ve asetik asit içeriğinin arttığını bildirmiştir. Buna karşılık, (Baek ve ark., 2016) *Bifidobacterium* ve *Streptococci* suşları ile fermente edilmiş soya sütünde malik asit ve asetik asit içeriğinde bir azalma gözlemlemiştir.

Fermantasyon sonunda *Lc. paracasei* ilave edilerek ve spontan yöntemle üretimi gerçekleştirilen kırmızı pancar sularının laktik asit ve asetik asit molar derişimlerinin oranları fermantasyon sonunda sırasıyla 1,7 ve 3,6 olarak tespit edilmiştir. Bu değerleri diğer fermente ürün çalışmalarını ile kıyaslırsak benzer oranlar spontan fermente kırmızı pancar suyunda üretimini araştıran Hing, (2020) tarafından da belirlenmiştir. Diğer meyve ve sebzelerle fermente içecek hazırlayan çalışmalara baktığımızda Truong ve ark., (2019) probiyotik *Lc. plantarum* 299V, *L. acidophilus* La5 ve *B. lactis* Bb-12 kullanarak ürettikleri fermente ananas suyu içeceklerinde laktik asit/asetik asit oranını fermantasyonunun 8. saatinde sırasıyla 9,95; 6,11 ve 0,71, fermantasyonun bitimi olan 24. saatinde sırasıyla 10,05; 4,93 ve 0,27 olarak belirlemiştir. Mai ve ark., (2018) *L. acidophilus* La5, *B. lactis* Bb-12 ve *Lc. casei* suşları ile fermente kayısı suyu üretimi yaptıkları çalışmalarında ürünlerin laktik asit/asetik asit oranını fermantasyon sonunda sırasıyla 2,67; 4,42 ve 2,98 olarak rapor etmişlerdir. Sonuçlar göstermektedir ki suşlar tarafından organik asit üretimi hem uygulanan ortamın bileşimine hem de kullanılan suşa bağlı olarak değişebilir. Ayrıca laktik asetik/asetik asit oranı üzerine fermantasyon süresinde etkili olduğu Mai ve ark., (2018) tarafından da belirtilmiştir. Elde edilen veriler, aynı suşu kullandığımız Mai ve ark., (2018) ile birbirine yakındır. Chumchalova, (2010) bazı *Lactobacillus* suşlarının, ortamın bileşimine bağlı olarak fermantatif profillerini homofermentatiften miks-asit fermantasyonuna değiştirebileceğini doğrulamıştır.

Organik asit verileri fermente edilen kırmızı pancar sularının hem nitrojen hem de karbon kaynakları LAB'nin gelişimi için yeterli olduğunu göstermektedir. Bu gelişim nedeniyle çok iyi laktik asit/asetik asit molar oranları elde edilmiştir. Laktik asidin tadının asetik asite göre daha yumuşak olması nedeniyle genellikle fermente içeceklerde daha iyi bir tat vermektedir (Borowska ve ark., 2023). Asetik asitten daha yumuşak bir tada karşılık gelen daha yüksek bir laktik asit oranı, özellikle fenolik bileşikler açısından zengin kırmızı pancar suyu ieçeği için avantajlı bir durum oluşturacaktır.

4.4. Kırmızı Pancar Suyu Örneklerinin Fermantasyon Süresince Şeker Miktarları

Kırmızı pancar suyu örneklerinin fermantasyon süresi boyunca şeker miktarlarındaki değişim izlenilmiştir (Şekil 4.3). Spontan yöntemle üretilen kırmızı pancar suyu örneklerinin fermantasyon başlangıcında sakkaroz, fruktoz ve glikoz miktarları sırasıyla 8038 mg/L, 3802 mg/L ve 65,66 mg/L olarak belirlenmiştir. Fermantasyonun 96. saatinde ise konsantrasyonlar sırasıyla 7373 mg/L, 3764 mg/L ve 73,76 mg/L olarak tespit edilmiştir. Tek yönlü ANOVA testi ile spontan yöntemle üretimi gerçekleştirilen kırmızı pancar suları üzeri sürenin etkisi sadece sakkaroz konsantrasyonu için önemli belirlenmiştir ($p \leq 0,05$) (Çizelge 4.2). *Lc. paracasei* ilave edilerek gerçekleştirilen yöntemde örneklerin fermantasyon başlangıcında sakkaroz, fruktoz ve glikoz miktarları sırasıyla 14490 mg/L, 3495 mg/L ve 233,57 mg/L olarak belirlenmiştir. Fermantasyonun 44. saatinde ise konsantrasyonlar sırasıyla 10080 mg/L, 2484 mg/L ve 250,44 mg/L olarak tespit edilmiştir. Sürenin şeker konsantrasyonları üzerine etkisi ANOVA testi ile değerlendirildiğinde bu yöntem içinde sürenin etkisi sadece sakkaroz konsantrasyonu üzerine etkili çıkmıştır. Fakültatif heterofermentatif LAB olarak, *Lc. casei/Lc. paracasei* suşları, glikoliz yolu veya pentoz fosfat yoluyla şekerleri parçalayabilir (Wu ve Shah, 2017; Xu ve ark., 2015). Dolayısıyla iki üretim yönteminde de gözlemlenen fermantasyon süresince, sakkarozun glikoz ve fruktoza parçalandığı, glikoz ve fruktozun da spontan yöntemde ortamda bulunan mikroorganizmalar, diğer yöntemde ise ortama eklenen *Lc. paracasaei* tarafından kullanıldığı gözlemlenmektedir. Bu esnada ortamdaki glikoz ve fruktoz seviyesinin değişmediğini söyleyebiliriz. Aynı durum kayısı suyuna probiyotik *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* suşları ilave edilerek gerçekleştirilen fermantasyonda da gözlemlenmiştir (Bujna et al., 2018). Her iki fermantasyon yönteminde belirlenen kırmızı pancar suyunda en çok bulunan şeker konsantrasyonu sıralamasının sakkaroz, fruktoz ve glikozun bulunduğu belirlenmiştir. Bu durum kırmızı pancar suyunda şeker analizler gerçekleştiren diğer çalışmalarda da belirlenmiştir (Vasconcellos et al., 2016; Dygas et al., 2021).



Şekil 4.3 Farklı üretim yöntemleri ile üretilen kırmızı pancar suyu örneklerinin fermantasyon boyunca süreye bağlı toplam şeker içeriği değişimi A: spontan yöntem, B: *Lc. paracasei* ilave edilerek fermantasyon

4.5. Kırmızı Pancar Suyu Örneklerinin Fermantasyon Süresince Mikrobiyolojik Analizleri

Lc. paracasei ilavesi ile ve spontan olarak üretilen kırmızı pancar sularının fermantasyon süresi boyunca mikrobiyolojik analizleri yapılmıştır. Bu analizler; toplam maya ve küf sayımı, toplam mezofilik bakteri sayımı ve toplam laktik asit bakteri sayımlarıdır.

Örneklerin süreye bağlı toplam maya küf sayıları Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'de verilmiştir. Starter kültür ilave edilerek üretilen kırmızı pancar sularının toplam maya ve küf sayıları fermantasyon başlangıcı olan 0. saat ve fermantasyon bitimi 44. saatte sırasıyla ortalama 3,52 log KOB/mL ve 8,59 log KOB/mL olarak belirlenmiştir (Çizelge

4.3). Sürenin etkisi ANOVA testi ile incelendiğinde, her iki yöntemde de sürenin kırmızı pancar suyu örneklerinin toplam maya ve küf sayısı üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p \leq 0,05$) (Çizelge 4.5). Spontan yöntemle üretilen kırmızı pancar suyu örneklerinin toplam maya ve küf sonuçları fermantasyon başlangıcı olan 0. saat ve fermantasyon bitimi 96. saatte sırasıyla ortalama 4,85 log KOB/mL ve 5,56 log KOB/mL olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.4). *Lc. paracasei* ilave edilerek üretilen kırmızı pancar sularının fermantasyon başlangıcında toplam maya ve küf sayısı, spontan yöntemle üretilen kırmızı pancar sularına kıyasla yaklaşık 1,3 log daha azdır. Fermantasyon sonunda ise örneklerin toplam maya küf sayıları hemen hemen aynıdır. Burada etkili olan faktör kırmızı pancar suyunun maya ve küflerin gelişimleri için çok iyi bir ortam olmasıdır. Elde edilen toplam maya ve küf sayıları hem spontan (Szutowska ve Gwiazdowska, 2021; Viander ve ark., 2003; Zvauya ve ark., 1997), hem de kontrollü (Filya ve ark., 2007) üretimi gerçekleşen birçok meyve ve sebze üretiminin yapıldığı çalışmalar ile benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4.3. *Lc. paracasei* inoküle edilerek üretilen kırmızı pancar suyu örneklerinin mikrobiyolojik analiz sonuçları

Süre	Toplam maya ve küf sayısı (log KOB/mL)	Toplam mezofilik bakteri sayısı (log KOB/mL)	Toplam laktik asit bakteri sayısı (log KOB/mL)
0	3,52±0,12 f	6,62±0,10 d	6,95±0,01 b
2	3,62±0,02 ef	6,64±0,07 d	6,96±0,01 b
8	4,17±0,09 de	7,14±0,09 cd	7,48±0,42 ab
10	4,58±0,02 d	7,67±0,04 bc	7,65±0,05 ab
20	7,84±0,10 c	8,06±1,18 ab	7,89±0,12 ab
24	7,69±0,15 c	7,83±0,10 abc	8,20±0,56 ab
26	8,00±0,19 bc	8,14±0,18 ab	8,46±0,50 a
32	8,75±0,22 a	8,62±0,21 a	8,67±0,21 a
44	8,59±0,05 ab	8,36±0,32 ab	8,59±0,06 a

Çizelge 4.4. Spontan yöntemle üretilen kırmızı pancar suyu örneklerinin mikrobiyolojik analiz sonuçları

Süre	Toplam maya ve küf sayısı (log kob/mL)	Toplam mezofilik bakteri sayısı (log kob/mL)	Toplam laktik asit bakteri sayısı (log kob/mL)
0	4,85±0,12 g	4,91±0,12 h	4,39±0,16 g
4	5,00±0,09 fg	5,00±0,09 gh	4,58±0,15 fg
8	5,13±0,07 fg	5,13±0,06 fg	5,18±0,02 e
10	5,22±0,06 f	5,25±0,02 f	4,86±0,13 ef
24	6,69±0,04 e	6,62±0,03 e	6,74±0,01 d
32	7,38±0,02 d	7,23±0,02 d	7,36±0,01 c
44	8,31±0,02 c	8,34±0,02 c	8,42±0,02 b
56	8,45±0,03 bc	8,27±0,02 c	8,45±0,04 b
72	8,91±0,05 a	8,75±0,06 a	8,88±0,07 a
80	8,67±0,02 ab	8,56±0,02 b	8,73±0,02 ab
96	8,56±0,03 bc	8,19±0,04 c	8,49±0,06 ab

Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4’de farklı iki yöntemle üretimi yapılan fermente örnekler için toplam mezofilik bakteri sayıları verilmiştir. *Lc. paracasei* inoküle edilen örneklerin süreye bağlı toplam mezofilik bakteri sayıları incelendiğinde 0. saatte 6,62 log KOB/mL seviyesinde iken fermantasyon sonunda 44. saatte ortalama 8,36 log KOB/mL seviyesinde bulunmuştur (Çizelge 4.3). Spontan yöntemle üretilen kırmızı pancar sularının toplam mezofilik bakteri sayısı 0. ve 96. saatte sırasıyla ortalama 4,91 ve 8,19 log KOB/mL olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Sürenin etkisi ANOVA testi ile incelendiğinde, her iki yöntemde de sürenin kırmızı pancar suyu örneklerinin toplam mezofilik bakteri sayısı üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p \leq 0,05$) (Çizelge 4.5). Farklı iki yöntemle üretimi gerçekleştirilen örneklerin başlangıçtaki toplam mezofilik bakteri sayıları arasında yaklaşık 1,5 log KOB/mL’lik fark bulunmaktadır. *Lc. paracasei* ilave edilerek üretilen kırmızı pancar suları, inokülasyon öncesinde pastörizasyon işlemine uğratılmış, sonrasında *Lc. paracasei* inoküle edilerek üretilmiştir. Yani bu örneklerin toplam mezofilik bakteri sayısının çoğu inoküle edilen *Lc. paracasei*’den kaynaklanmaktadır. Spontan yöntemle üretilen kırmızı pancar sularının fermantasyon başlangıcındaki toplam mezofilik bakteri sayısı ise tamamen kırmızı pancar suyunun kendisinden gelmektedir. Fermantasyon sonunda ise iki yöntemle üretilen örneklerin toplam mezofilik bakteri sayıları birbirlerine yakındır.

İki farklı yöntemle üretilen kırmızı pancar suyu örneklerine ait toplam laktik asit bakteri sayıları Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de belirtilmiştir. Probiyotik *Lc. paracasei* ilave edilerek üretilen kırmızı pancar sularının toplam laktik asit bakteri sayıları fermantasyonun başlangıcında (0.saatte) 6,95 log KOB/mL seviyesinde iken fermantasyon sonucunda (44. saatte) 8,59 log KOB/mL seviyesinde bulunmuştur. Spontan yöntemle üretilen kırmızı pancar sularının toplam laktik asit bakteri sayısı 0. ve 96. saatte sırasıyla ortalama 4,39 log KOB/mL ve 8,49 log KOB/mL olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Sürenin etkisi ANOVA testi ile incelendiğinde, her iki yöntemde de sürenin kırmızı pancar suyu örneklerinin toplam mezofilik bakteri sayısı üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p \leq 0,05$) Sürenin etkisi ANOVA testi ile incelendiğinde, her iki yöntemde de sürenin kırmızı pancar suyu örneklerinin toplam laktik asit bakteri sayısı üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p \leq 0,05$) (Çizelge 4.5). Starter kültür ilave edilerek gerçekleştirilen fermantasyonlarda, başlangıç starter kültürün 6-7 log KOB/mL seviyesinde olması arzu edilir. Ayrıca, probiyotik bir üründe, probiyotik mikroorganizmalar en az 6 log CFU/mL olmak üzere optimum 7-8 log KOB/mL seviyesinde olmalıdır (Ozcan, 2021). Dolayısıyla üretilen kırmızı pancar sularının probiyotik bir üründen beklenen değerlerde olduğunu söyleyebiliriz. Çalışmada elde ettiğimiz benzer laktik asit bakteri sayıları hem probiyotik *Lc. paracasei* (Bavec ve ark., 2010; Mantzourani ve ark., 2019; Marnpae ve ark., 2022; Pimentel ve ark., 2015), hem de *Lc. paracasei*’nin starter olarak kullanıldığı fermente ürünlerin üzerine yapılan çalışmalarda da belirlenmiştir (Bartkiene, 2022).

Çizelge 4.5 Örneklerin mikrobiyolojik özelliklerine ait ANOVA tablosu özetleri

Yöntem		Toplam maya ve küf sayısı (log KOB/mL)	Toplam mezofilik bakteri sayısı (log KOB/mL)	Toplam laktik asit bakteri sayısı (log KOB/mL)
Spontan	F	834,89***	1850,98***	521,84***
	R ²	0,997	0,998	0,996
	R _{adj} ²	0,996	0,998	0,991
<i>Lc. paracasei</i> ilaveli	F	327,38***	19,53***	4,87**
	R ²	0,993	0,897	0,684
	R _{adj} ²	0,99	0,851	0,544

*** $p \leq 0,001$, ** $p \leq 0,01$

Mikrobiyolojik sayım sonuçları göstermiştir ki; maya ve küfler, mezofilik bakteriler ve laktik asit bakterileri kırmızı pancar suyunda çok iyi gelişim göstermişlerdir. Isıl işleme maruz bırakıldıktan sonra probiyotik bir suşla fermantasyona bırakılan ürünlerle, spontan olarak üretilen örneklerin başlangıç mikrobiyal yükleri birbirinden farklılık gösterse de fermantasyon sonunda mikrobiyal yükleri arasında önemli farklılık belirlenmemiştir. Yalnız burada unutulmaması gereken örneklerin pH değerlerinin yaklaşık 4 veya daha altına düşmesi için gerekli olan birbirinden farklı olmasıdır. Fermantasyon süresinin uzaması örneklerin incelenen mikrobiyal yükleri üzerine önemli bir etki yapmamış olsa da kimyasal ve duyuşsal olarak örneklerin nasıl etkilendiği de göz önüne alınmalıdır. Ayrıca, üretilen kırmızı pancar suları yüksek asitlikte ve % 2 tuz değişimine sahip bir ürün olmakla birlikte bazı patojen mikroorganizmaların bulunma ihtimali olan bir üründür. Bu ortamda bulunma ihtimali olan patojen mikroorganizmalarında araştırılması ısıl işlem sıcaklığının etkinliğinin tartışılmasında göz önüne alınmalıdır.

Şekil 4.2’de örneklerin fermantasyon kinetiği incelendiğinde, spontan yöntemle üretilen kırmızı pancar suyu örneklerinin 96 saat, *Lc. paracasei* ilave edilen örneklerin 44 saatte fermantasyonu tamamladıkları belirlenmiştir. Starter kültürleri ile aşılana kırmızı pancar suyunun pH’ındaki düşüş, kendiliğinden fermente edilmiş kırmızı pancar suyuna göre daha uzun sürmüştür. Bunun nedeni, starter kültür ilavesi ile meyve sularının ilave edilmesi işleminin başlangıcındaki bakteri sayısının az olması veya bu tür fermantasyon için uygun olmayan koşullar olabilir (Janiszewska-Turak ve ark., 2022). Starter kültürlerin eklenmesi, laktik asit fermantasyon sürecinden sorumlu mikrofloranın gelişimini önemli ölçüde hızlandıran bir faktördür (Bontsidis ve ark., 2021). Benzer değerler probiyotik suşlar kullanarak fermente içecek üreten Bontsidis ve ark., (2021) ve Janiszewska-Turak ve ark., (2022) ’ın çalışmalarında da elde edilmiştir.

4.6. Korelasyon ve Regresyon Analizi

Her iki yöntemle üretilen kırmızı pancar suyu örneklerinin incelenen parametrelerinin birbirleri ile olan ilişkisi Pearson korelasyonu ile incelenmiştir. Pearson korelasyonu ile önemli bulunan ilişkiler regresyon analizi ile ortaya koyulmuştur. Elde edilen verilerden faydalanılarak kırmızı pancar suyu üretiminde kullanılan iki yöntem birbiri ile kıyaslanmıştır.

Spontan yöntemle üretilen kırmızı pancar suyu örneklerindeki mikroorganizma gelişimi, üretilen asit ve kullanılan şeker arasındaki ilişkileri gösteren pearson korelasyon katsayıları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Fermantasyon ortamında tespit edilen LA ile ortamdaki LAB, toplam maya ve küf ve toplam mezofilik bakteri arasında pozitif yönlü, sıkı bir ilişki olup sırasıyla r değerleri 0,915, 0,923, 0,923'dür ($p<0.01$). Fermantasyon ortamında LA'de gözlemlenen 1 birimlik artış karşısında LAB, toplam maya ve küf ve toplam mezofilik bakteri sayılarındaki artış sırasıyla 0,007 log KOB/mL, 0,006 log KOB/mL, 0,007 log KOB/mL'dir (Şekil 4.4A). Fermantasyon ortamında tespit edilen LA ile AA arasındaki ilişki $p<0.01$ seviyesinde önemli, ilişki pozitif yönlü ve $r=0,556$ 'dır (Çizelge 4.6). Tespit edilen LA ile ortamdaki şekerlerden sadece glikoz arasındaki ilişki $p<0.05$ seviyesinde önemli iken r değeri 0,453'dür (Çizelge 4.6). Fermantasyon ilerledikçe sakkaroz miktarı düşmesine rağmen, bu düşüş önemli belirlenmemiştir ($p>0.05$). Süreye bağlı olarak glikoz miktarındaki artış şu şekilde yorumlanmıştır; fermantasyon ortamında sakkarozun parçalanması ile açığa çıkan glikoz miktarı, mikroorganizmalar tarafından kullanılan glikoz miktardan daha fazladır. Fakat bu artış da istatistiki olarak önemli değildir ($p>0.05$). Bu demek oluyor ki spontan yöntemle üretimi gerçekleştirilen yöntemde ortamda bulunan mikroorganizmalar sadece şekeri değil ortamda bulunan organik asitleri de enerji kaynağı olarak kullanmış olabilirler. LAB tarafından karbonhidratların fermantasyonu sırasında üretilen asetik asit, ortamda bulunan diğer mikroorganizmalar tarafından doğal bir enerji kaynağı olarak kullanılabilirler (Al-Sheraji ve ark., 2013; Eiteman ve Ramalingam, 2015).

Fermantasyon süresinin ortamdaki LA arasında $r= 868$ değeri ile sıkı bir ilişki ($p<0.01$) varken AA ile arasındaki ilişki önemsizdir ($p>0.05$) (Çizelge 4.6). Spontan yöntemle kırmızı pancar suyu üretiminde süredeki 1 birimlik artış ortamdaki LA miktarının 6,249 mg/L artmasına neden olmaktadır (Şekil 4.4B).

Örneklerin fermantasyon süresi ile LAB, toplam maya ve küf ve toplam mezofilik bakteri arasında pozitif yönlü, sıkı bir ilişki olup sırasıyla r değerleri 0,906, 0,920, 0,905'dir ($p<0.01$). Fermantasyon ilerledikçe LAB, toplam maya ve küf ve toplam mezofilik bakteri sayılarındaki artış regresyon analizi ile incelenmiştir. Buna göre fermentasyon süresindeki 1 birimlik artış LAB, toplam maya ve küf ve toplam

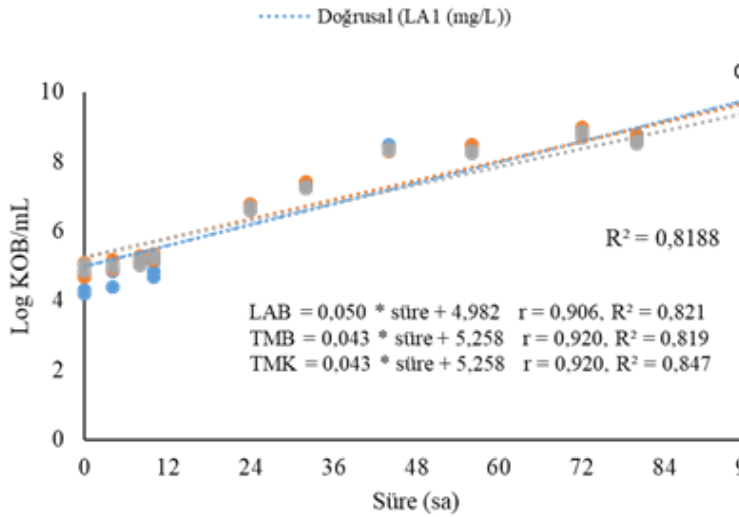
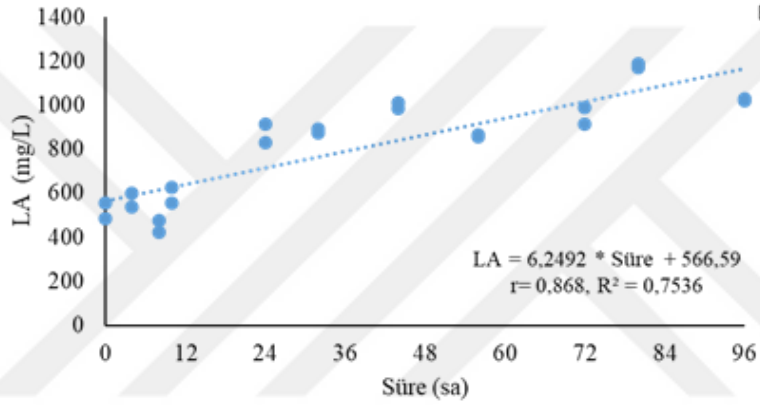
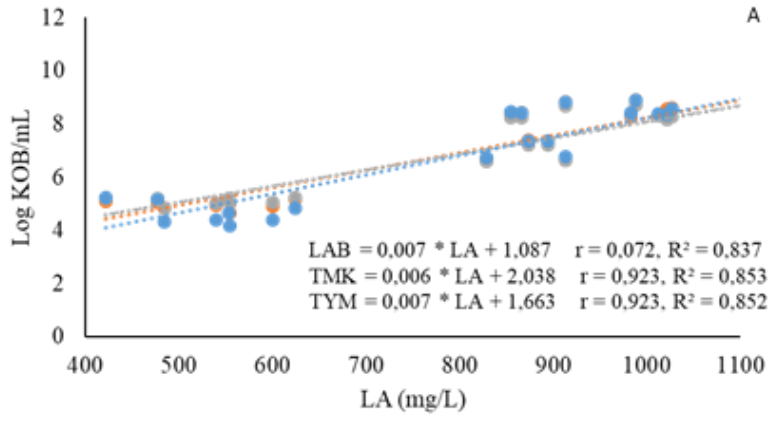
mezofilik bakteri sayılarındaki artış sırasıyla 0,043 log KOB/mL, 0,046 log KOB/mL, 0,049 log KOB/mL'dir seviyesindedir (Şekil 4.4C).

Çizelge 4.6 Spontan üretilen kırmızı pancar sularının değişkenler arasındaki pearson korelasyon katsayıları

	Süre	LAB	TMK	TMB	LA	AA	glukoz	fruktoz	sakkaroz
LAB	0,906**								
TMK	0,920**	0,996**							
TMB	0,905**	0,993**	0,996**						
LA	0,868**	0,915**	0,923**	0,923**					
AA	0,266	0,504*	0,488*	0,484*	0,556**				
Glikoz	0,388	0,379	0,416	0,406	0,453*	0,336			
Fruktoz	0,011	0,015	0,032	0,041	0,233	0,412	0,333		
Sakkaroz	-0,215	-0,187	-0,137	-0,136	0,044	0,229	0,411	0,491*	
TS	-0,158	-0,135	-0,090	-0,086	0,121	0,327	0,446*	0,738**	0,950**

** p<0,01, *p<0,05.

LAB: toplam laktik asit bakteri sayısı (Log KOB/mL), TMK: toplam maya ve küf sayısı (Log KOB/mL), TMB: toplam mezofilik bakteri sayısı (Log KOB/mL), LA: Laktik asit (mg/L), AA: Asetik asit (mg/L), TS: Toplam şeker (mg/L)



Şekil 4.4 Spontan yöntemle üretilen kırmızı pancar suyu örneklerinin değişkenler arasındaki ilişkisi

Lc. paracasei ilave edilerek fermente edilen kırmızı pancar suyu örneklerinde tespit edilen LA ile ortamdaki şekerlerden sakkaroz arasındaki ilişki $p<0,01$ seviyesinde önemli, r değeri $-0,703$, toplam şeker arasındaki ilişki $p<0,05$ seviyesinde önemli, r değeri $-0,586$ 'dır (Çizelge 4.7). Ortamda 1 birimlik LA artışı ile ortamdaki sakkaroz ve toplam şeker miktarında sırasıyla $3,887$ mg/L ve $4,328$ mg/L azalışına neden olmuştur (Şekil 4.5A). Fermantasyon süresi ile LA, AA ve sakkaroz arasında sırasıyla $0,942$, $0,745$, $-0,769$ r değerleri ile sıkı birer ilişki ve toplam şeker ile $-0,672$ r değeri ile ilişki tespit edilmiştir ($p<0,01$) (Çizelge 4.7). Fermantasyon süresinde 1 birimlik artış, oluşumunda sırasıyla $22,4$ ve $6,957$ mg/L LA ve AA oluşumu gerçekleşmektedir (Şekil 4.5B). *Lc. paracasei* ilave edilerek gerçekleşen fermantasyonda süredeki 1 birimlik artışı karşısında sakkaroz $101,13$ mg/L azalırken, toplam şeker miktarı $117,95$ mg/L seviyesinde azalmaktadır (Şekil 4.5C). *Lc. paracasei* ilave edilerek üretilen kırmızı pancar suyu örneklerinde sakkaroz ile fruktoz arasında $r= 0.503$ değerinde pozitif yönlü bir ilişki bulunmaktadır ($p<0.05$) (Çizelge 4.7). Ortamda bulunan mikroorganizmalar sakkarozu fazlaca parçalamış, parçalanma ürünü olan glikoz ve fruktoz arasında fruktozu önemli seviyede harcamıştır. Sakkarozun parçalanması sonrası açığa çıkan glikoz, mikroorganizmaların kullandığından fazla olduğu için süre ile ilişkisi aynı spontan yöntemde olduğu gibi pozitif yönlü belirlenmiştir, fakat bu ilişki istatistiki olarak önemsiz belirlenmiştir ($p>0.05$). Kırmızı pancar suyu örneklerinde tespit edilen şekerlerin konsantrasyonunun çoktan aza doğru sırasıyla sakkaroz, fruktoz ve glikoz olduğu Çizelge 3.1'de daha önce belirtilmiştir.

Lc. paracasei ilavesi kırmızı pancar suyu örneklerinin fermantasyon ortamında tespit edilen LA ile ortamdaki LAB, toplam maya ve küf ve TMB arasında pozitif yönlü, sıkı bir ilişki olup sırasıyla r değerleri $0,710$, $0,970$, $0,820$ 'dir ($p<0,01$) (Çizelge 4.7). Fermantasyon ortamında LA'de gözlemlenen 1 birimlik artış karşısında LAB, toplam maya ve küf ve toplam mezofilik bakteri sayılarındaki artış sırasıyla $0,002$ log KOB/mL, $0,006$ log KOB/mL, $0,002$ log KOB/mL'dir (Şekil 4.5D).

Fermantasyon ortamında tespit edilen LA ile AA arasındaki ilişki $p<0,05$ seviyesinde önemli, ilişki pozitif yönlü ve $r=0,548$ 'dir. *Lc. paracasei* ilavesi ile üretilen kırmızı pancar suyu örneklerinin süre ile ortamda bulunan LAB ($r= 0,784$), toplam maya ve küf ($r=0,919$) ve toplam mezofilik bakteri ($r=0,861$) sayıları arasında sıkı bir ilişki bulunup, ilişki pozitif yönlüdür ($p<0.01$). Fermantasyon süresindeki 1 birimlik artış LAB, toplam

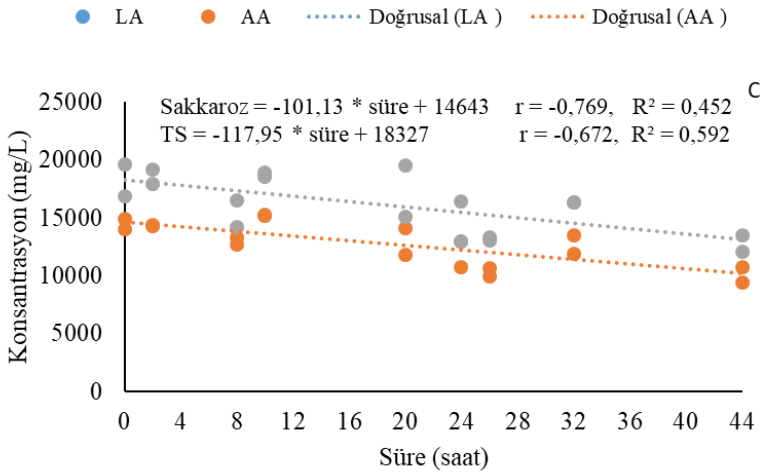
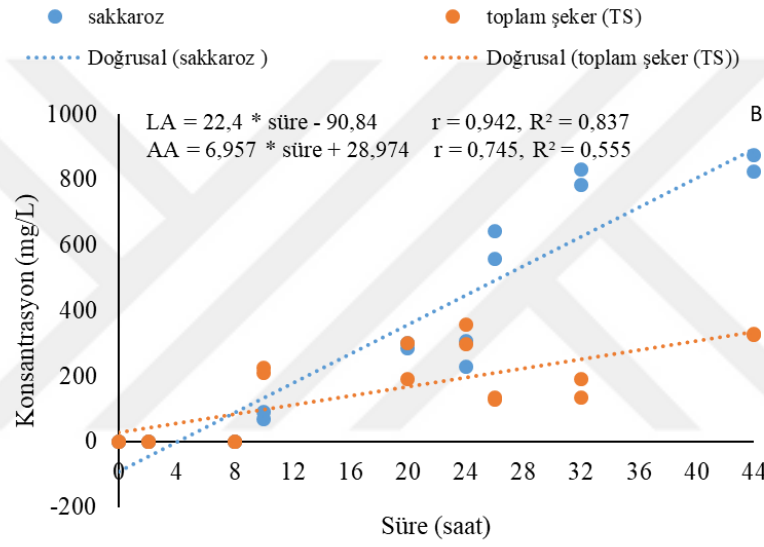
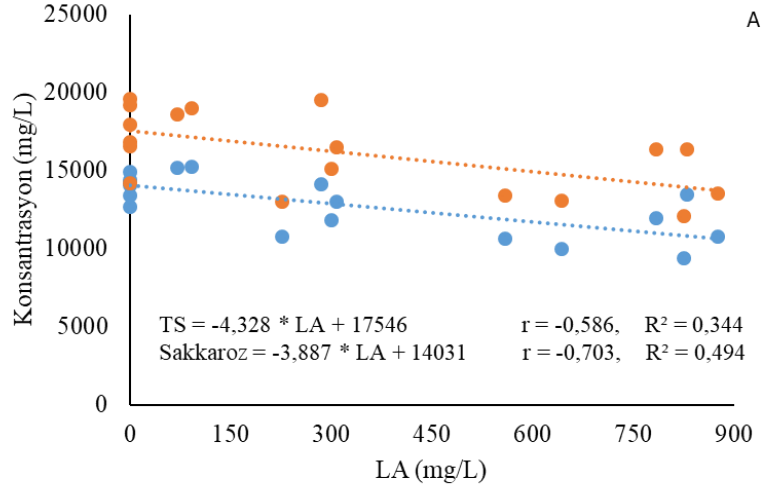
maya ve küf ve toplam mezofilik bakteri sayılarındaki artış sırasıyla 0,043 log KOB/mL, 0,144 log KOB/mL, 0,045 log KOB/mL'dir seviyesindedir (Şekil 4.5E).

Çizelge 4.7 *Lc. paracasei* ilave edilerek üretilen kırmızı pancar sularının değişkenler arasındaki pearson korelasyon katsayıları

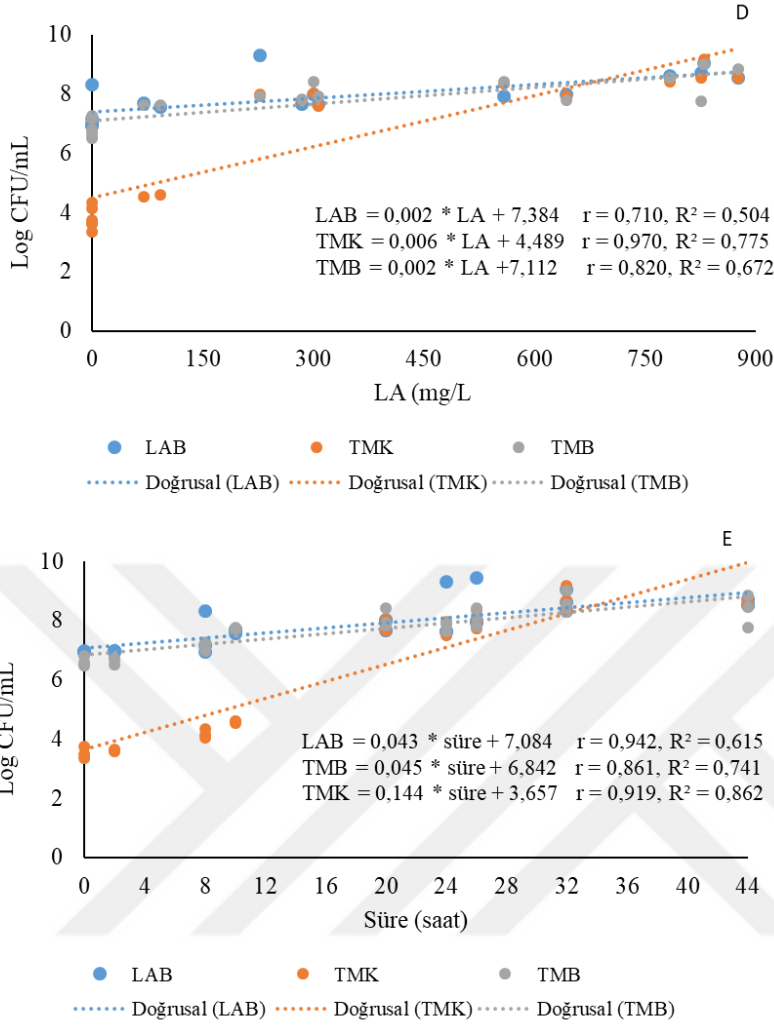
	Süre	LAB	TMK	TMB	LA	AA	glikoz	fruktoz	sakkaroz
LAB	,784**								
TMK	,919**	,716**							
TMB	,861**	,799**	-,799**						
LA	,942**	,710**	-,970**	,820**					
AA	,745**	,634**	-,509*	,645**	,548*				
Glikoz	,387	,316	-,352	,400	,420	,536*			
Fruktoz	-,258	-,338	,177	-,238	-,164	-,061	-,258		
Sakkaroz	-,769**	-,621**	,758**	-,523*	-,703**	-,441	,109	,503*	
TS	-,672**	-,592**	,633**	-,480*	-,586*	-,350	,278	,763**	,942**

** p<0,01, *p<0,05.

LAB: toplam laktik asit bakteri sayısı (Log KOB/mL), TMK: toplam maya ve küf sayısı (Log KOB/mL), TMB: toplam mezofilik bakteri sayısı (Log KOB/mL), LA: Laktik asit (mg/L), AA: Asetik asit (mg/L), TS: Toplam şeker (mg/L)



Şekil 4.5 *Lc. paracasei* ilave edilerek üretimi gerçekleştirilen kırmızı pancar sularının değişkenler arasındaki ilişki



Şekil 4.5 (devam) *Lc. paracasei* ilave edilerek üretimi gerçekleştirilen kırmızı pancar sularının değişkenler arasındaki ilişki

5. SONUÇ

Lc. Paracasei ilave edilerek ve spontan olarak üretilen kırmızı pancar suyu örneklerinin fermantasyon sırasında mikrobiyolojik ve kimyasal özellikleri değerlendirilmiştir. Buna göre;

- Probiyotik *Lc. paracasei* ilave edilerek fermente edilen örneklerin fermantasyon başlangıcında ve fermantasyon sonunda toplam betalain miktarları sırasıyla ortalama 535,152 mg/L ve 667,382 mg/L olarak belirlenmiştir. Spontan yöntemle üretimi gerçekleştirilen kırmızı pancar suyunun fermantasyon başlangıcında ve fermantasyon sonunda toplam betalain miktarı sırasıyla ortalama 594,068 mg/L ve 580,151 mg/L olarak tespit edilmiştir. Örneklerin toplam betalain miktarları dalgalanma gösterse de veriler fermantasyon işlemi ile kırmızı pancar suyu içindeki betalainlerin degrade olmadığı söylenebilir.
- *Lc. paracasei* ilave edilerek gerçekleştirilen fermantasyon sonunda tespit edilen laktik asit ve asetik asit miktarları sırasıyla 851,05 mg/L ve 327,76 mg/L'dir. Spontan yöntemle yapılan fermantasyon sonucunda kırmızı pancar sularının laktik asit ve asetik asit miktarları sırasıyla 1024,31 mg/L ve 191,33 mg/L'dir.
- Fermantasyon sonunda *Lc. paracasei* ilave edilerek ve spontan yöntemle üretimi gerçekleştirilen kırmızı pancar sularının laktik asit ve asetik asit molar derişimlerinin oranları fermantasyon sonunda sırasıyla 1,7 ve 3,6 olarak tespit edilmiştir. Laktik asidin tadının asetik asite göre daha yumuşak olması nedeniyle genellikle fermente içeceklere daha iyi bir tat vermektedir (Borowska ve ark., 2023). Asetik asitten daha yumuşak bir tada karşılık gelen daha yüksek bir laktik asit oranı, özellikle fenolik bileşikler açısından zengin kırmızı pancar suyu içeceği için avantajlı bir durum oluşturacaktır.
- Her iki üretim yönteminde de gözlemlenen fermantasyon süresince, sakkarozun glikoz ve fruktoza parçalandığı, glikoz ve fruktozun da spontan yöntemde ortamda bulunan mikroorganizmalar, diğer yöntemde ise ortama eklenen *Lc. paracasei* tarafından kullanıldığı gözlemlenmiştir. Fermantasyon sırasında ortamdaki glikoz ve fruktoz seviyesinin değişmediğini söyleyebiliriz. Her iki fermantasyon yönteminin de belirlenen kırmızı pancar suyunda en çok bulunan

şeker konsantrasyonu sıralamasının sakkaroz, fruktoz ve glikozun bulunduğu belirlenmiştir.

- *Lc. paracasei* inoküle edilerek üretilen kırmızı pancar sularının toplam maya ve küf sayıları fermantasyon başlangıcı olan 0. saat ve fermantasyon bitimi 44. saatte sırasıyla ortalama 3,53 log KOB/mL ve 8,53 log KOB/mL olarak belirlenmiştir (Şekil 4.3). Spontan yöntemle üretilen kırmızı pancar suyu örneklerinin toplam maya ve küf sonuçları fermantasyon başlangıcı olan 0. saat ve fermantasyon bitimi 44. saatte sırasıyla ortalama 5,06 log KOB/mL ve 8,58 log KOB/mL olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2). *Lc. paracasei* ilave edilerek üretilen kırmızı pancar sularının fermantasyon başlangıcında toplam maya ve küf sayısı, spontan yöntemle üretilen kırmızı pancar sularına kıyasla yaklaşık 1,5 log daha azdır. Fermantasyon sonunda ise örneklerin toplam maya küf sayıları hemen hemen aynıdır. Burada etkili olan faktör kırmızı pancar suyunun maya ve küflerin gelişimleri için çok iyi bir ortam olmasıdır.
- *Lc. paracasei* inoküle edilen örneklerin süreye bağlı toplam mezofilik bakteri sayıları incelendiğinde 0. saatte 6,61 log KOB/mL seviyesinde iken fermantasyon sonunda 44. saate ortalama 8,36 log KOB/mL seviyesinde bulunmuştur (Şekil 4.4). Spontan yöntemle üretilen kırmızı pancar sularının toplam mezofilik bakteri sayısı 0. ve 96. saatte sırasıyla ortalama 5,10 ve 8,31 log KOB/mL olarak belirlenmiştir. Örneklere ait mezofilik bakteri sayıları Şekil 4'den incelendiğinde, farklı iki yöntemle üretimi gerçekleştirilen örneklerin başlangıçtaki toplam mezofilik bakteri sayıları arasında yaklaşık 1,5 log KOB/mL'lik fark bulunmaktadır. *Lc. paracasei* ilave edilerek üretilen kırmızı pancar suları, inokülasyon öncesinde pastörizasyon işlemine uğratılmış, sonrasında *Lc. paracasei* inoküle edilerek üretilmiştir. Yani bu örneklerin toplam mezofilik bakteri sayısının çoğu inoküle edilen *Lc. paracasei*'den kaynaklanmaktadır. Spontan yöntemle üretilen kırmızı pancar sularının fermantasyon başlangıcındaki toplam mezofilik bakteri sayısı ise tamamen kırmızı pancar suyunun kendisinden gelmektedir.
- İki farklı yöntemle üretilen kırmızı pancar suyu örneklerine ait toplam laktik ait bakteri sayıları Çizelge 2 ve Çizelge 3'de belirtilmiştir. Probiyotik *Lc. paracasei* ilave edilerek üretilen kırmızı pancar sularının toplam laktik asit bakteri sayıları

fermantasyonun başlangıcında (0.saatte) 7,4 log KOB/mL seviyesinde iken fermentasyon sonucunda (44. saatte) 8,52 log KOB/mL seviyesinde bulunmuştur (Şekil 4.5). Starter kültür ilave edilerek gerçekleştirilen fermentasyonlarda, başlangıç starter kültürün 6-7 log KOB/mL seviyesinde olması arzu edilir. Ayrıca, iki yöntemle üretilen kırmızı pancar sularının probiyotik bir içecekten beklenen sayıda olduğu belirlenmiştir.

- Elde edilen tüm regresyon verileri ile iki yöntem arasında mikroorganizma gelişimi, asit üretimi ve şeker tüketimi kıyaslanmıştır. Her iki yöntemde, fermentasyon süresindeki her bir birimlik artış karşısında ortamdaki LAB, toplam mezofilik bakteri sayısı aynı seviyelerde artış göstermekteyken, *Lc. paracasei* ilave edilerek gerçekleşen yöntemde toplam maya ve küf sayısı daha fazla artış göstermiştir. Sürede 1 birimlik artış karşısında spontan ve *Lc. paracasei* ilave edilerek gerçekleşen yöntemde toplam maya ve küf sayısında sırasıyla 0,049 Log KOB/mL, 0,144 Log KOB/mL artış gözlemlenmiştir.
- Süreye bağlı olarak üretilen asitler açısından iki yöntemi kıyaslarsak; sürede 1 birimlik artış karşısında spontan ve *Lc. paracasei* ilave edilerek gerçekleşen yöntemde sırasıyla 6,249 mg/L, 22,400 mg/L LA artışı gözlemlenmiştir. Spontan yöntemde AA artışı ile süre arasında önemli bir ilişki tespit edilememiş ($p>0,05$), *Lc. paracasei* ilave edilerek gerçekleşen yöntemde süre AA üretimi arasında sıkı bir ilişki ($r=0,745$) gözlemlenmiştir. Fermentasyon süresi ile şeker tüketimi arasındaki ilişki incelendiğinde; spontan yöntemde bu ilişki önemli değil iken ($p>0,05$), *Lc. paracasei* ilave edilerek gerçekleşen yöntemde süre ile sakkaroz ve toplam şeker tüketimi arasındaki ilişki önemli belirlenmiştir ($p<0,001$). Süredeki 1 birimlik artış karşısında sakkaroz ve toplam şeker miktarı sırasıyla 101,13 mg/L ve 117,95 mg/L seviyesinde azalmaktadır. Buna göre, hem asit hem de şeker verileri göstermektedir ki *Lc. paracasei* ilave edilerek üretilen kırmızı pancar suyu örneklerinde ortamda bulunan mikroorganizmalar, spontan yöntemle üretilen örneklerde bulunan mikroorganizmalardan farklı davranış sergilemektedirler. Spontan yöntemde ortamda bulunan mikroorganizmalar şeker yanında ortamda bulunan asitleri de substrat kaynağı yapmış olabilirler.

Tüm veriler ele alındığında *Lc. paracasei* ilave edilerek üretilen kırmızı pancar sularının fermantasyon süresi diğer yöntemle göre daha kısadır, içinde sağlık üzerine olumlu etkiler yaratan probiyotik bakteri içermesi nedeniyle tüketimi daha çok önerilmektedir. Ayrıca, *Lc. paracasei* ilave edilerek üretilen kırmızı pancar suları, diğer yöntemle üretilen örneklerle kıyasla daha fazla LA ve AA içermektedir.

Yapılmış olan tez çalışmasının, sağlık üzerine olumlu özellikleri ile dikkat çeken bir sebze olan kırmızı pancar gibi doğal ürünlerin fermente içecek ya da başka fonksiyonel ürünler tasarlanmasında kullanımı adına örnek bir çalışmadır. Ayrıca, probiyotik bakterilerin farklı ortamlarda davranışlarının belirlenmesi üzerine yapılmış bir çalışma olması nedeniyle de literatüre katkı sağlanması beklenilmektedir.



6. KAYNAKÇA

- Akan, S., ve Gunes, N.** (2019). Fonksiyonel gıda kaynağı 'kırmızı pancar' fonksiyonel gıda kaynağı 'kırmızı pancar' 'red beetroot' as a functional food source. *Proceedings Book of 5th International Eurasian Congress on Natural Nutrition, healthy*, November.
- Al-Sheraji S.H., Ismail A., Manap M.Y.** (2013) Prebiotics as functional foods: A review. *J Funct Foods* 5:1542–1553. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.08.009>
- Annunziata, M. G., Ciarmiello, L. F., Woodrow, P., Maximova, E., Fuggi, A., ve Carillo, P.** (2017). Durum wheat roots adapt to salinity remodeling the cellular content of nitrogen metabolites and sucrose. *Frontiers in Plant Science*, 7(January), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02035>
- Arroyo-López, F. N., Romero-Gil, V., Bautista-Gallego, J., Rodríguez-Gómez, F., ve Jiménez-Díaz, R.** (2012). International Journal of Food Microbiology Yeasts in Table Olive Processing : Desirable or Spoilage Microorganisms ? *International Journal of Food Microbiology*, 160(1), 42–49. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.08.003>
- Azeredo, H. M. C.** (2009). Betalains: properties, sources, applications, and stability - a review. *International Journal Of Food Science And Technology*, 44(12), 2365–2376. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01668.x>
- Babarykin, D., Smirnova, G., Pundinsh, I., Vasiljeva, S., Krumina, G., ve Agejchenko, V.** (2019). Red Beet (*Beta vulgaris*) impact on human health. *Journal of Biosciences And Medicines*, 07(03), 61–79. <https://doi.org/10.4236/jbm.2019.73007>
- Baek, K., Yi, Y., Son, Y., Yoo, S., Sung, N. Y., Kim, Y., Hong, S., Aravinthan, A., Kim, J., ve Cho, J. Y.** (2016). In vitro and in vivo anti-inflammatory activities of korean red ginseng-derived components. 40. <https://doi.org/10.1016/j.jgr.2016.08.003>
- Baráth, Á., Halász, A., Németh, E., ve Zalán, Z.** (2004). Selection of lab strains for fermented red beet juice production. *European Food Research and Technology*, 218(2), 184–187. <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0832-y>
- Bartkiene, E., Özogul, F., & Rocha, J. M.** (2022). Bread sourdough lactic acid bacteria—technological, antimicrobial, toxin-degrading, immune system-, and faecal microbiota-modelling biological agents for the preparation of food, nutraceuticals and feed. *Foods*, 11(3), 452.
- Barutçu Mazi, I., Tekin, E., ve Türe, H.** (2018). Askorbik asit ilavesinin kırmızı pancar (*Beta Vulgaris L.*) betasiyaninlerinin bozunma kinetiği üzerine etkilerinin

incelenmesi. *Uludağ University Journal of the Faculty of Engineering*, 23(2), 217–232. <https://doi.org/10.17482/uumfd.371118>

- Bavec, M., Turinek, M., Grobelnik-Mlakar, S., Slatnar, A., ve Bavec, F.** (2010). Influence of industrial and alternative farming systems on contents of sugars, organic acids, total phenolic content, and the antioxidant activity of red beet (*Beta Vulgaris* L. Ssp. *Vulgaris* Rote Kugel). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(22), 11825–11831. <https://doi.org/10.1021/jf103085p>
- Bazaria, B., ve Kumar, P.** (2018). Optimization of spray drying parameters for beetroot juice powder using response surface methodology (RSM). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(4), 408–415. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.09.007>
- Bengoa, A. A., Dardis, C., Garrote, G. L., ve Abraham, A. G.** (2021). Health-promoting properties of *Lacticaseibacillus paracasei*: a focus on kefir isolates and exopolysaccharide-producing strains. *Foods*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/foods10102239>
- Blana, V. A., Grounta, A., Tassou, C. C., Nychas, G. J. E., ve Panagou, E. Z.** (2014). Inoculated fermentation of green olives with potential probiotic *Lactobacillus pentosus* and *Lactobacillus plantarum* starter cultures isolated from industrially fermented olives. *Food Microbiology*, 38, 208–218. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.09.007>
- Bontsidis, C., Mallouchos, A., Terpou, A., Nikolaou, A., Batra, G., Mantzourani, I., Alexopoulos, A., ve Plessas, S.** (2021). Microbiological and chemical properties of chokeberry juice fermented by novel lactic acid bacteria with potential probiotic properties during fermentation at 4 °C for 4 weeks. 1–16.
- Borowska, M., Ispiryan, L., Neylon, E., Sahin, A. W., Murphy, C. P., Zannini, E., Arendt, E. K., ve Coffey, A.** (2023). Screening and application of novel homofermentative lactic acid bacteria results in low-fodmap whole-wheat bread. 1–30.
- Bujna, Erika, Nikoletta Annamária Farkas, Anh Mai Tran, Mai Sao Dam, and Quang Duc Nguyen.** (2018). “Lactic Acid Fermentation of Apricot Juice by Mono- and Mixed Cultures of Probiotic *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* Strains.” *Food Science and Biotechnology* 27 (2): 547–54. <https://doi.org/10.1007/s10068-017-0269-x>.
- Buruleanu, L. C., Nicolescu, C. L., Gorghiu, G., Bratu, M. G., Avram, D., ve Manea, I.** (2009). Lactic acid fermentation of carrot and red beet juices by probiotic bacteria. bulletin of university of agricultural sciences and veterinary medicine cluj- napoca. *Agriculture*, 66(2), 252–258. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-agr:3713>

- Chen, W., Chen, R., Chen, W., Chen, H., ve Zhang, G.** (2018). Comparative evaluation of the antioxidant capacities, organic acids, and volatiles of papaya juices fermented by *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus plantarum*. *Journal Of Food Quality*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/9490435>
- Chumchalova, J.** (2010). Production of organic acids by *Lactobacillus* strains in three different media. 395–404. <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1179-9>
- Clifford, T., Howatson, G., West, D. J., ve Stevenson, E. J.** (2015). The potential benefits of red beetroot supplementation in health and disease. *Nutrients*, 7(4), 2801–2822. <https://doi.org/10.3390/nu7042801>
- Czy, A.** (2006). The influence of lactic acid fermentation process of red beet juice on the stability of biologically active colorants. 110–116. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0159-y>
- De Oliveira, S. P. A., Do Nascimento, H. M. A., Sampaio, K. B., ve De Souza, E. L.** (2021). A review on bioactive compounds of beet (*Beta Vulgaris L. Subsp. Vulgaris*) with special emphasis on their beneficial effects on gut microbiota and gastrointestinal health. *Critical Reviews in Food Science And Nutrition*, 61(12), 2022–2033. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1768510>
- Durukan, G.** (2023). Probiyotik Kırmızı Pancar Suyu Üretiminin Optimizasyonu. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, 76s.
- Eiteman, M.A., Ramalingam, S.** (2015) Microbial production of lactic acid. *Biotechnol Lett* 37:955–972. <https://doi.org/10.1007/s10529-015-1769-5>
- Erginkaya, Z., ve Hammes, W. P.** (1992). Şalgam suyu fermentasyonu sırasında mikroorganizmaların gelişimi ve izole edilen laktik asit bakterilerinin tanımlanmaları üzerine bir araştırma. *Gıda* (vol. 17, issue 5, pp. 311–314).
- FDA,** (1995). Bacteriological Analytical Manual. Food and Drug Administration 16 th Edition. AOAC Int. Gaithersburg MD.
- Fu, Y., Shi, J., Xie, S. Y., Zhang, T. Y., Soladoye, O. P., ve Aluko, R. E.** (2020). Red beetroot betalains: perspectives on extraction, processing, and potential health benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(42), 11595–11611. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c04241>
- Georgiev, V. G., Weber, J., Kneschke, E. M., Denev, P. N., Bley, T., ve Pavlov, A. I.** (2010). Antioxidant activity and phenolic content of betalain extracts from intact plants and hairy root cultures of the red beetroot *Beta Vulgaris Cv. Detroit Dark Red*. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65(2), 105–111. <https://doi.org/10.1007/s11130-010-0156-6>
- Gökmen, V., ve Acar, J.** (1992). Laktoferment Yöntemi ile Havuç Suyu Üretimi. https://dergipark.org.tr/tr/pub/gida/issue/6962/92827#article_cite

- Gülin Sezen.** (2013). Prebiyotik, probiyotik ve sinbiyotiklerin insan ve hayvan sağlığı üzerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi* , 8(3), 248–258. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/33998>
- Helander, I. M., ve Mattila-Sandholm, T.** (2000). Permeability barrier of the gram-negative bacterial outer membrane with special reference to nisin. *International Journal of Food Microbiology*, 60(2–3), 153–161. [https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(00\)00307-x](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(00)00307-x)
- Herbach, K. M., Stintzing, F. C., ve Carle, R.** (2006). Betalain stability and degradation - structural and chromatic aspects. *Journal of Food Science*, 71(4). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00022.x>
- Herbach, M. K., Stintzing, F. C., ve Carle, R.** (2004). Thermal degradation of betacyanins in juices from purple pitaya [*hylocereus polyrhizus* (weber) brittonv ve rose] monitored by high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometric analyses. *European Food Research and Technology*, 219(4), 377–385. <https://doi.org/10.1007/s00217-004-0948-8>
- Hing, A.** (2020). Effects of salt and garlic concentration on the microbial. August.
- Jalaludin, I., ve Kim, J.** (2021). Comparison of ultraviolet and refractive index detections in the HPLC analysis of sugars. *Food Chemistry*, 365, 130514.
- Janiszewska-Turak, E., Walczak, M., Rybak, K., Pobiega, K., Gniewosz, M., Woźniak, Ł., ve Witrowa-Rajchert, D.** (2022). Influence of fermentation beetroot juice process on the physico-chemical properties of spray dried powder. *Molecules*, 27(3), 1–17. <https://doi.org/10.3390/molecules27031008>
- Kähkönen, M. P., Hopia, A. I., Vuorela, H. J., Rauha, J. P., Pihlaja, K., Kujala, T. S., ve Heinonen, M.** (1999). Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(10), 3954–3962. <https://doi.org/10.1021/jf990146l>
- Kaur, I. P., Kuhad, A., Garg, A., ve Chopra, K.** (2009). probiotics: potential pharmaceutical applications. *Handbook of Prebiotics and Probiotics Ingredients: Health Benefits and Food Applications*, 15, 381–415. <https://doi.org/10.1201/9781420062151-26>
- Kavitkar, R. S.** (2017). Effect of beetroot extract on colour and sensory quality of flavoured milk. *International Journal of Pure ve Applied Bioscience*, 5(5), 1177–1182. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.2879>
- Kaya, G., ve Baysal, T.** (2016). Production of fermented red beet juice powder by using spray and drum drier. *Gıda / the Journal of Food*, 41, 305–310. <https://doi.org/10.15237/gida.gd16019>
- Khan, M. I.** (2016). Stabilization of betalains: a review. *Food Chemistry*, 197, 1280–1285. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.043>

- Kujala, T., Loponen, J., ve Pihlaja, K.** (2001). Betalains and phenolics in red beetroot (*Beta Vulgaris*) peel extracts : extraction and characterisation.
- Kyung, Y. Y., Woodams, E. E., ve Hang, Y. D.** (2005). Fermentation of beet juice by beneficial lactic acid bacteria. *LWT - Food Science and Technology*, 38(1), 73–75. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.04.008>
- Lacid, M. E. A., ve Ndez, Ä. O.** (2003). *Color Properties and Stability of Betacyanins From Opuntia*. 2772–2776.
- Li, K., Clarkson, C. M., Wang, L., Liu, Y., Lamm, M., Pang, Z., Zhou, Y., Qian, J., Tajvidi, M., Gardner, D. J., Tekinalp, H., Hu, L., Li, T., Ragauskas, A. J., Youngblood, J. P., ve Ozcan, S.** (2021). Alignment of cellulose nanofibers: harnessing nanoscale properties to macroscale benefits. *ACS Nano*, 15(3), 3646–3673. <https://doi.org/10.1021/acsnano.0c07613>
- Lu, A.-H., Schmidt, W., Matoussevitch, N., Bönnemann, H., Spliethoff, B., Tesche, B., Bill, E., Kiefer, W., ve Schüth, F.** (2004). Nanoengineering of a magnetically separable hydrogenation catalyst. *Angewandte Chemie*, 116(33), 4403–4406. <https://doi.org/10.1002/ange.200454222>
- Mahn, K., Hoffmann, C., ve Märländer, B.** (2002). Distribution of quality components in different morphological sections of sugar beet (*Beta Vulgaris L.*). *European Journal Of Agronomy*, 17(1), 29–39. [https://doi.org/10.1016/s1161-0301\(01\)00139-3](https://doi.org/10.1016/s1161-0301(01)00139-3)
- Mai, A., Dam, M. S., Bujna, E., ve Annama, N.** (2018). Lactic acid fermentation of apricot juice by mono- and mixed cultures of probiotic *Lactobacillus* and *Bifidobacterium Strains*. 27(12), 547–554. <https://doi.org/10.1007/s10068-017-0269-x>
- Makalesi, A., Hussein Fadhil Fadhil, Z., Akın Selçuk Üniversitesi, M., Fakültesi, F., ve Bölümü, B.** (2016). *Probiyotik Bakteri ile Sebze Sularının Fermentasyonu Fermentation of Vegetable Juice by Probiotic Bacteria*. 42(1), 1–09.
- Malik, M., Bora, J., ve Sharma, V.** (2019). Growth studies of potentially probiotic lactic acid bacteria (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, and *Lactobacillus casei*) in carrot and beetroot juice substrates. *Journal Of Food Processing and Preservation*, 43(11), 1–8. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14214>
- Mantzourani, I., Plessas, S., Odatzidou, M., Alexopoulos, A., Galanis, A., Bezirtzoglou, E., ve Bekatorou, A.** (2019). Effect of a novel *Lactobacillus paracasei* starter on sourdough bread quality. *Food Chemistry*, 271(July 2018), 259–265. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.183>
- Marnpae, M., Chusak, C., Balmori, V., Kamonsuwan, K., Dahlan, W., Nhujak, T., Hamid, N., ve Adisakwattana, S.** (2022). Probiotic gac fruit beverage fermented with *Lactobacillus paracasei*: physiochemical properties, phytochemicals,

- antioxidant activities, functional properties, and volatile flavor compounds. *Lwt*, 169(July), 113986. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113986>
- Nguyen, H. P. . L. H. D. ve L. V. V.** (2015). Effects of inoculum size on ethanol fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* cells immobilized on nypa fruticans leaf sheath pieces. *Food Technology and Biotechnology*, 53(1), 96–101.
- Nychas, G. J. E., Panagou, E. Z., ve Mohareb, F.** (2016). Novel approaches for food safety management and communication. *Current Opinion in Food Science*, 12, 13–20. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.06.005>
- Özcan, K., ve Ersus Bilek, S.** (2018). Kırmızı pancardan renk maddesi üretimi ve stabilitesinin sağlanması. *Akademik Gıda*, 16(4), 439–449. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.505529>
- Ozcan, T.** (2021). Survival of *Lactobacillus casei* and Functional Characteristics of Reduced Sugar Red Beetroot Yoghurt with Natural Sugar Substitutes. 74(1). <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12741>
- Özel, B., Kaya, H. İ., ve Ömer, Ş.** (2016). Bazı Fermente Gıdalardan İzole Edilen *Lactobacillus Plantarum* Su Ş Larının Metal Dirençlilik Özellikleri. 14(4), 393–397.
- Özyurt, V. H., Saralı, H., ve Ötleş, S.** (2019). Usage of betalain extracts in food. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 25(7), 864–870. <https://doi.org/10.5505/pajes.2019.03592>
- Pimentel, T. C., Madrona, G. S., Garcia, S., ve Prudencio, S. H.** (2015). probiotic viability, physicochemical characteristics and acceptability during refrigerated storage of clarified apple juice supplemented with *Lactobacillus paracasei* ssp. paracasei and oligofructose in different package type. *LWT - Food Science and Technology*, 63(1), 415–422. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.009>
- Plaza, L., Sánchez-Moreno, C., Elez-Martínez, P., De Ancos, B., Martín-Belloso, O., ve Cano, M. P.** (2006). Effect of refrigerated storage on vitamin c and antioxidant activity of orange juice processed by high-pressure or pulsed electric fields with regard to low pasteurization. *European Food Research and Technology*, 223(4), 487–493. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0228-2>
- Reddy, L. V., Min, J. H., ve Wee, Y. J.** (2015). Production of probiotic mango juice by fermentation of lactic acid bacteria. *Korean Journal of Microbiology and Biotechnology*, 43(2), 120–125. <https://doi.org/10.4014/mbl.1504.04007>
- Reddy, M. K., Alexander-Lindo, R. L., ve Nair, M. G.** (2005). Relative inhibition of lipid peroxidation, cyclooxygenase enzymes, and human tumor cell proliferation by natural food colors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(23), 9268–9273. <https://doi.org/10.1021/jf051399j>
- Rivera-Espinoza, Y., ve Gallardo-Navarro, Y.** (2010). Non-dairy probiotic Products. *Food Microbiology*, 27(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2008.06.008>

- Ryan, L., ve Prescott, S. L.** (2010). Stability of the antioxidant capacity of twenty-five commercially available fruit juices subjected to an in vitro digestion. *International Journal of Food Science and Technology*, 45(6), 1191–1197. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02254.x>
- Sadowska-Bartos, I., ve Bartosz, G.** (2021). Biological properties and applications of betalains. *Molecules*, 26(9), 1–36. <https://doi.org/10.3390/molecules26092520>
- Santamaria, P.** (2006). Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and ec regulation. *Journal of the Science of Food And Agriculture*, 86(1), 10–17. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2351>
- Sasa, S., Franc, B., Matjaz, T., Ana, S., Crtomir, R., ve Martina, B.** (2012). Nutritional value and economic feasibility of red beetroot (*Beta Vulgaris L. Ssp. Vulgaris Rote Kugel*) from different production systems. *African Journal of Agricultural Research*, 7(42), 5653–5660. <https://doi.org/10.5897/ajar12.1519>
- Saturnus, W.** (2017). Yüksek Lisans Tezi.
- Sawicki, T., Bączek, N., ve Wiczowski, W.** (2016). Betalain profile, content and antioxidant capacity of red beetroot dependent on the genotype and root part. *Journal of Functional Foods*, 27, 249–261. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.09.004>
- Shah, N. P.** (2007). Functional cultures and health benefits. *International Dairy Journal*, 17(11), 1262–1277. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.01.014>
- Siervo, M., Lara, J., Ogbonmwan, I., ve Mathers, J. C.** (2013). Inorganic nitrate and beetroot juice supplementation reduces blood pressure in adults: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Nutrition*, 143(6), 818–826. <https://doi.org/10.3945/jn.112.170233>
- Sun, Z., Harris, H. M. B., Mccann, A., Guo, C., Argimón, S., Zhang, W., Yang, X., Jeffery, I. B., Cooney, J. C., Kagawa, T. F., Liu, W., Song, Y., Salvetti, E., Wrobel, A., Rasinkangas, P., Parkhill, J., Rea, M. C., O’Sullivan, O., Ritari, J., ... O’Toole, P. W.** (2015). Expanding the biotechnology potential of lactobacilli through comparative genomics of 213 strains and associated genera. *Nature Communications*, 6. <https://doi.org/10.1038/ncomms9322>
- Szutowska, J., ve Gwiazdowska, D.** (2021). Probiotic potential of lactic acid bacteria obtained from fermented curly kale juice. *Archives of Microbiology*, 203(3), 975–988. <https://doi.org/10.1007/s00203-020-02095-4>
- Tamang, J. P., Shin, D. H., Jung, S. J., ve Chae, S. W.** (2016). Functional properties of microorganisms in fermented foods. In *frontiers in microbiology* (Vol. 7, Issue APR). *Frontiers Media S.A.* <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00578>
- Tamang, J. P., Watanabe, K., ve Holzapfel, W. H.** (2016). Review: diversity of microorganisms in global fermented foods and beverages. *Frontiers in Microbiology*, 7(MAR). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00377>

- Tofalo, R., Schirone, M., Fasoli, G., Perpetuini, G., Patrignani, F., Chiara, A., Lanciotti, R., Corsetti, A., Martino, G., ve Suzzi, G.** (2015). Influence of pig rennet on proteolysis , organic acids content and microbiota of pecorino di farindola , a traditional italian ewe' s raw milk cheese. *Food Chemistry*, 175, 121–127. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.088>
- Trigueros D.E.G., Fiorese M.L., Kroumov A.D., Hinterholz C.L., Nadai B.L., Assunc G.M.** (2016). Medium Optimization and Kinetics Modeling For The Fermentation of Hydrolyzed Cheese Whey Permeate As A Substrate For *Saccharomyces cerevisiae var. boulardii*. *Biochemical Engineering Journal*, 110: 71–83.
- Truong, D., Nguyen, D. H., Thuy, N., Ta, A., Bui, A. V., ve Do, T. H.** (2019). Evaluation of the use of different solvents for phytochemical constituents , antioxidants , and in vitro anti-inflammatory activities of *severinia buxifolia*. 2019.
- TÜİK**, 2021. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://bit.ly/3oy7JA>
- Üçok, E. F ve Tosun, H.** (2012). Şalgam suyu üretimi ve fonksiyonel özellikleri şalgam suyu üretimi ve fonksiyonel özellikleri. *Journal of Science*, 8(1), 17–26.
- Vasconcellos, Julia, Carlos Conte-Junior, Davi Silva, Anna Paola Pierucci, Vania Paschoalin, and Thiago Silveira Alvares.** (2016). “Comparison of Total Antioxidant Potential, and Total Phenolic, Nitrate, Sugar, and Organic Acid Contents in Beetroot Juice, Chips, Powder, and Cooked Beetroot.” *Food Science and Biotechnology* 25 (1): 79–84. <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0011-0>.
- Viander, B., Mäki, M., ve Palva, A.** (2003). Impact of low salt concentration, salt quality on natural large-scale sauerkraut fermentation. *Food Microbiology*, 20(4), 391–395. [https://doi.org/10.1016/s0740-0020\(02\)00150-8](https://doi.org/10.1016/s0740-0020(02)00150-8)
- Whiting, B. G. C.** (1976). Organic acid metabolism of yeasts during fermentation of alcoholic beverages—A review. *Journal of the Institute of Brewing*, 82(2), 84–92. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1976.tb03731.x>
- Wu, Qinglong, and Nagendra P. Shah.** (2017). “The Potential of Species-Specific Tagatose-6-Phosphate (T6P) Pathway in *Lactobacillus casei* Group for Galactose Reduction in Fermented Dairy Foods.” *Food Microbiology* 62: 178–87. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.10.027>.
- Xu, Nan, Jie Liu, Lianzhong Ai, and Liming Liu.** (2015). “Reconstruction and Analysis of the Genome-Scale Metabolic Model of *Lactobacillus casei* LC2W.” *Gene* 554 (2): 140–47. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2014.10.034>.