



T.C.

Ardahan Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Biyoteknoloji Ana Bilim Dalı

Biyoteknoloji Bilim Dalı

PEYNİR ALTI SUYUNDAN ÜRETİLEN SİRKENİN AROMA BİLEŞENLERİ VE BİYOLOJİK AKTİVİTELERİ

Seda YILDIZ

Dr. Öğr. Üyesi Nurcan ERBİL

Yüksek Lisans Tezi

Ardahan, 2023

PEYNİR ALTI SUYUNDAN ÜRETİLEN SİRKENİN AROMA BİLEŞENLERİ VE
BİYOLOJİK AKTİVİTELERİ

Seda YILDIZ

Dr. Öğr. Üyesi Nurcan ERBİL

Ardahan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Biyoteknoloji Ana Bilim Dalı
Biyoteknoloji Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Ardahan, 2023

KABUL VE ONAY

Seda YILDIZ tarafından hazırlanan “Peynir Altı Suyundan Üretilen Sirkenin Aroma Bileşenleri ve Biyolojik Aktiviteleri” başlıklı bu çalışma, 08.06.2023 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Okan EŞTÜRK (Başkan)

Dr. Öğr. Üyesi Nurcan ERBİL (Danışman)

Doç. Dr. Zehra Tuğba MURATHAN

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa ŞENEL
Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Ardahan Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinleri yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi / Ardahan Üniversitesi Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

23/06/2023

Seda YILDIZ

“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

- (1) Madde 6. 1. Lisansüstü tezle ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.
- (2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulunun** gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, **tezin yapıldığı kurum** tarafından verilir *. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, **ilgili kurum ve kuruluşun önerisi** ile **enstitü** veya **fakültenin** uygun görüşü üzerine **üniversite yönetim kurulu** tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

* **Tez danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** tarafından karar verilir.

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Tez Danışmanım **Dr. Öğr. Üyesi, Nurcan ERBİL** danışmanlığında tarafımdan retilildiđini ve Ardahan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

Seda YILDIZ

ÖN SÖZ

Bu yüksek lisans çalışmasında; peynir endüstrisinde atık bir yan ürün olarak ortaya çıkan ve çevreye salındığında ciddi çevre kirliliklerine neden olan peynir altı suyundan sirke elde edilmesi ve elde edilen sirkenin toplam asit, laktoz ve protein miktarlarının, antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerinin ve aroma bileşenlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan araştırma sunulmuştur. Bu çalışmada elde edilen peynir altı suyu sirkesi ülkemizde daha önce bilinmeyen bir sirke çeşidi olup, alışlagelen diğer bitkisel kökenli sirkelerden farklı olarak hayvansal ürün bazlı bir sirkedir. Ayrıca bu sirke, atık bir ürün olan peynir altı suyunun değerlendirilmesine önemli bir alternatif oluşturma potansiyeline sahiptir. Çalışmamız Ardahan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 2021-2)ÖNP-Sağl-001 nolu proje ile desteklenmiştir.

Yüksek lisans tezimin her aşamasında gösterdiği destek ve anlayış için, bilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Nurcan ERBİL'e, biyokimyasal analizlerin yapılması esnasında desteklerini esirgemeyen çok değerli Doç. Dr. Vesile DÜZGÜNER'e, peynir altı suyu numunelerinin temini esnasında desteklerini esirgemeyen Öğr. Gör. Dr. Bora TOPAL'a ve her daim yanımda olan çok değerli eşim ve biricik oğluma teşekkürlerimi sunarım.

Seda YILDIZ
Ardahan 2023

ÖZET

YILDIZ, Seda. *Peynir Altı Suyundan Üretilen Sirkenin Aroma Bileşenleri ve Biyolojik Aktiviteleri*, Yüksek Lisans Tezi, Ardahan, 2023.

Peynir altı suyu (PAS), peynir üretiminde açığa çıkan sıvı bir yan üründür. Yapısında sütte bulunan laktozun neredeyse hepsini, kuru maddenin yarısını, proteinin yaklaşık %20'sini bulundurmaktadır. Bu yan ürünün atık madde olarak çevreye bırakılması çevre kirliliğine, besin değeri kaybına ve ekonomik kayba neden olmaktadır. Çalışmamızda PAS'ın farklı değerlendirilme yollarına alternatif olması amacıyla, stok halindeki PAS'ın ve farklı oranlarda laktoz ilave edilmiş (%5, %10 ve %15) PAS'ın ham madde olarak kullanılmasıyla dört çeşit peynir altı suyu sirkesi elde edilmiştir (PASS, PASS %5, PASS %10 ve PASS %15). PAS ve dört farklı PAS sirkesinin laktoz ve protein miktarları, antimikrobiyal ve antioksidan aktivite parametreleri ile aroma bileşenleri incelenmiş olup; PAS sirkelerinin toplam asit miktarları belirlenmiştir. Antimikrobiyal aktiviteyi tayin etmek amacıyla agar kuyu difüzyon, minimum inhibisyon konsantrasyonu (MIC), maksimum tolere edilebilir konsantrasyon (MTC) ve minimum bakterisidal konsantrasyon (MBC); antioksidan aktivite parametrelerini belirlemek amacıyla ise total oksidan seviye (TOS), total antioksidan seviye (TAS), glutatyon (GSH) düzeyi ve katalaz (CAT) enzim aktivitesi analizleri yapılmıştır. Çalışmamızda elde edilen sirkelerin toplam asit değerleri 5.92-14.97 g/100 mL olarak tespit edilmiştir. PAS, PASS, PASS %5, PASS %10 ve PASS %15'in laktoz miktarları sırasıyla 32.912, 0.540, 0.615, 3.477 ve 50.798 g/L; protein miktarları ise sırasıyla 0.948, 0.308, 0.423, 0.423 ve 0.432 g/100 g olarak belirlenmiştir. PAS için herhangi bir antimikrobiyal aktivite tespit edilememiş olup, PAS sirkelerinde ise değişen oranlarda antimikrobiyal aktivite belirlenmiştir. MIC değerleri PASS, PASS %5, PASS %10, PASS %15 için sırasıyla 25-50, 6.25-50, 6.25-50 ve 6.25-25 µL/mL olarak tespit edilmiştir. Sirkeler arasında PASS'ın diğer sirkelere oranla daha zayıf antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu gözlenmiştir. PASS dışında TOS etkinliğine rastlanmamış olup, TAS tüm gruplarda ortalama düzeyde bulunmuştur. Aroma bileşenleri incelendiğinde tüm sirkelerde etanol ve asetik asitin baskın bileşenler olduğu görülmektedir.

Anahtar Sözcükler:

Peynir altı suyu, sirke, fermantasyon, laktoz, protein, antimikrobiyal, antioksidan, aroma bileşenleri



ABSTRACT

YILDIZ Seda. *Aroma Components and Biological Activities of Vinegar Produced from Whey*, Master's Thesis, Ardahan, 2023.

Whey is a liquid by-product of cheese production. It contains almost all of the lactose, half of the dry matter, and approximately 20% of the protein of milk. Leaving this by-product to the environment as a waste material causes environmental pollution, loss of nutritional value, and economic loss. In our study, four types of whey vinegar (PASS, PASS 5%, PASS 10%, and PASS 15%) were produced using whey (PAS) and whey supplemented with lactose (5%, 10% and 15%) as raw materials. The whey vinegar will be an important alternative to the evaluation methods of whey. Lactose and protein amounts, antimicrobial and antioxidant activity parameters, and aroma components of whey and whey vinegars were investigated. Additionally, the total acid amounts of four whey vinegars were determined. Antimicrobial activities were studied by different methods such as agar well diffusion, minimum inhibition concentration (MIC), maximum tolerable concentration (MTC), and minimum bactericidal concentration (MBC). In order to determine the antioxidant activity parameters, total oxidant level (TOS), total antioxidant level (TAS), glutathione (GSH) level, and catalase (CAT) enzyme activity analyses were performed. According to the results, the total acid values of the vinegars were determined between 5.92-14.97 g/100 mL. The lactose amounts of PAS, PASS, PASS 5%, PASS 10%, and PASS 15% were determined as 32.912, 0.540, 0.615, 3.477, and 50.798 g/L (respectively); protein amounts were determined as 0.948, 0.308, 0.423, 0.423, and 0.432 g/100 g (respectively). It was found that whey did not exhibit antimicrobial activity against test bacteria. Moreover, MIC values were determined as 25-50, 6.25-50, 6.25-50, and 6.25-25 $\mu\text{L/mL}$ for PASS, PASS %5, PASS %10, and PASS %15, respectively. It was observed that PASS has a weaker antimicrobial effect than the other vinegars. No TOS activity was found except for PASS, and TAS was found at an average level in all groups. When the aroma components are examined, it is seen that ethanol and acetic acid are the dominant components in all vinegars.

Keywords:

Whey, vinegar, fermentation, lactose, protein, antimicrobial, antioxidant, aroma components



İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	ii
ETİK BEYAN.....	iv
ÖN SÖZ.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
TABLolar DİZİNİ	xiv
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
GİRİŞ	1
1. BÖLÜM.....	3
SİRKE ve PEYNİR ALTI SUYU	3
1.1. SİRKE ÜRETİMİ	3
1.1.1. Sirke Üretiminde Kullanılan Hammaddeler	3
1.1.2. Sirke Fermantasyonu	3
1.1.3. Sirke Üretim Teknikleri.....	5
1.1.3.1. Yüzey kültür (yavaş) yöntem.....	5
1.1.3.2. Derin kültür (submers) metodu.....	6
1.1.3.3. Jeneratör yöntemi (Alman metodu ya da zincirleme fermentasyon)....	7
1.2. PEYNİR ALTI SUYU	7
1.2.1. Peynir Altı Suyunun Bileşenleri	8
1.2.1.1. Laktoz	9
1.2.1.2. Peynir altı suyu protein bileşimi ve fonksiyonel özellikleri	9
1.2.2. Peynir Altı Suyunun Gıdalarda Kullanımı	12
1.3. PEYNİR ALTI SUYU SİRKESİ.....	14
1.3.1. <i>Kluyveromyces</i> türleri.....	14
1.3.2. Asetik asit bakterileri.....	15
2. BÖLÜM.....	16
LİTERATÜR ÖZETİ	16

2.1. SİRKENİN ANTİMİKROBİYAL ETKİSİ	16
2.2. SİRKENİN ANTİOKSİDAN ETKİSİ.....	18
2.3. SİRKENİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ	20
2.4. PEYNİR ALTI SUYUNUN ANTİMİKROBİYAL VE ANTİOKSİDAN ETKİSİ	20
2.5. PEYNİR ALTI SUYUNUN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ.....	21
2.6. PEYNİR ALTI SUYUNDAN ALKOL VE SİRKE ÜRETİMİ.....	22
3. BÖLÜM.....	25
MATERYAL METOT	25
3.1. PEYNİR ALTI SUYU ÖRNEKLERİNİN TEMİNİ.....	25
3.2. PEYNİR ALTI SUYU SİRKESİ ÜRETİMİ.....	25
3.3. TOPLAM ASİTLİK ve pH TAYİNİ.....	27
3.4. LAKTOZ TAYİNİ	27
3.5. PROTEİN TAYİNİ.....	28
3.6. ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTE ANALİZLERİ	28
3.6.1. Agar Kuyu Difüzyon Metodu.....	28
3.6.2. Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu (MIC).....	28
3.6.3. Minimum Bakterisidal Konsantrasyonu (MBC)	29
3.6.4. Maksimum Tolere Edilebilir Konsantrasyon (MTC).....	30
3.7. ANTİOKSİDAN AKTİVİTE PARAMETRELERİNİN TESPİTİ	30
3.7.1. Total Oksidan Seviye (TOS)	30
3.7.2. Total Antioksidan Seviye (TAS).....	31
3.7.3. Glutatyon (GSH) Düzeyinin Belirlenmesi	31
3.7.4. Katalaz (CAT) Enzim Aktivitesi	32
3.8. AROMA BİLEŞENLERİ TAYİNİ.....	32
3.9. İSTATİSTİKSEL ANALİZ.....	34
4. BÖLÜM.....	35
BULGULAR ve TARTIŞMA.....	35
4.1. TOPLAM ASİTLİK ve pH TAYİNİ.....	35
4.2. LAKTOZ TAYİNİ	37
4.3. PROTEİN TAYİNİ.....	40
4.4. ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTE.....	41

4.5. ANTİOKSİDAN AKTİVİTE PARAMETRELERİ.....	47
4.6. AROMA BİLEŞENLERİ ANALİZ SONUÇLARI.....	48
SONUÇ.....	57
KAYNAKÇA	58
EKLER.....	70
EK 1. ORİJİNALLIK RAPORU FORMU	70
EK 2. ETİK MUAFİYET İZNİ.....	71
ÖZ GEÇMİŞ.....	72



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

g	Gram
HPLC	Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
L	Litre
mg	Miligram
mL	Mililitre
MBC	Minimum bakterisidal konsantrasyonu
MIC	Minimum inhibisyon konsantrasyonu
MTC	Maksimum tolere edilebilir konsantrasyon
PAS	Peynir altı suyu
PASS	Peynir altı suyu sirkesi
PASS %5	%5 Laktoz ilave edilmiş peynir altı suyundan elde edilen sirke
PASS %10	%10 Laktoz ilave edilmiş peynir altı suyundan elde edilen sirke
PASS %15	%15 Laktoz ilave edilmiş peynir altı suyundan elde edilen sirke
TOS	Total oksidan seviye
TAS	Total antioksidan seviye
OSI	Oksidatif stres indeksi
SI	Benzerlik indeksi
µg	Mikrogram

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. Peynir Altı Suyunun Bileşimi (g/L).....	9
Tablo 2. Peynir Altı Suyu Proteinlerinin Bileşimi	10
Tablo 3. Peynir altı suyu bileşiminde yer alan proteinler ve biyolojik etkileri.....	11
Tablo 4. GC/MS analiz koşulları	33
Tablo 5. Headspace Loop metodu analiz şartları	33
Tablo 6. Peynir altı suyu sirkelerinin % toplam asitlik miktarları	36
Tablo 7. Peynir altı suyu ve peynir altı sirkelerine ait laktoz analizi sonuçları	38
Tablo 8. Peynir altı suyu ve peynir altı sirkelerine ait protein analizi sonuçları.....	41
Tablo 9. Peynir altı suyu ve peynir altı suyu sirkelerine ait antimikrobiyal aktivite sonuçları	42
Tablo 10. Peynir altı suyu ve peynir altı suyu sirkelerine ait MIC sonuçları.....	45
Tablo 11. Peynir altı suyu ve peynir altı suyu sirkelerine ait MTC sonuçları	46
Tablo 12. Peynir altı suyu ve peynir altı suyu sirkelerine ait MBC sonuçları	46
Tablo 13. Peynir altı suyu ve peynir altı suyu sirkelerinde antioksidan sistem parametreleri düzeyleri.....	47
Tablo 14. Oksidatif stres indeksi parametreleri	48
Tablo 15. Peynir altı suyuna ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS analiz sonuçları ..	49
Tablo 16. Saf peynir altı suyu kullanılarak elde edilen sirkeye (PASS) ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS analiz sonuçları.....	51
Tablo 17. %5 oranında laktoz ilave edilen peynir altı kullanılarak elde edilen sirkeye (PASS %5) ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS analiz sonuçları	52
Tablo 18. %10 oranında laktoz ilave edilen peynir altı kullanılarak elde edilen sirkeye (PASS %10) ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS analiz sonuçları	54
Tablo 19. %15 oranında laktoz ilave edilen peynir altı kullanılarak elde edilen sirkeye (PASS %15) ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS analiz sonuçları	55

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Peynir altı suyu ve laktoz ilave edilmiş peynir altı sularının fermantasyonu sonucu elde edilen sirke örnekleri	26
Şekil 2. MIC analizleri	29
Şekil 3. Toplam asitlik tayininde fenol fitalein ilave edildikten sonra 0.1 N NaOH çözeltisi ile numunenin titre edilmesi sonucu oluşan açık pembe renk.....	37
Şekil 4. Laktoz analizi kalibrasyon eğrisi	38
Şekil 5. Peynir altı suyu (PAS) laktoz miktarı analizine ait HPLC kromatogramı.....	39
Şekil 6. Ham peynir altı suyundan elde edilen sirkenin (PASS) laktoz miktarı analizine ait HPLC kromatogramı analizine ait HPLC kromatogramı.....	39
Şekil 7. %5 Laktoz ilave edilmiş peynir altı suyundan elde edilen sirkenin (PASS %5) laktoz miktarı analizine ait HPLC kromatogramı	39
Şekil 8. %10 Laktoz ilave edilmiş peynir altı suyundan elde edilen sirkenin (PASS %10) laktoz miktarı analizine ait HPLC kromatogramı	39
Şekil 9. %15 Laktoz ilave edilmiş peynir altı suyundan elde edilen sirkenin (PASS %15) laktoz miktarı analizine ait HPLC kromatogramı	40
Şekil 10. Protein tayininde kullanılan kalibrasyon eğrisi.....	40
Şekil 11. Agar kuyu difüzyon metodu ile mikrobiyal aktivitesi test edilen <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 9027 ve <i>Bacillus licheniformis</i> ATCC 14580'e ait inhibisyon zonları	43
Şekil 12. Peynir altı suyuna ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS kromatogramı	50
Şekil 13. Saf peynir altı suyundan elde edilen sirkeye (PASS) ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS kromatogramı.....	52
Şekil 14. %5 oranında laktoz ilave edilen peynir altı kullanılarak elde edilen sirkeye (PASS %5) ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS kromatogramı.....	53
Şekil 15. %10 oranında laktoz ilave edilen peynir altı kullanılarak elde edilen sirkeye (PASS %10) ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS kromatogramı.....	54
Şekil 16. %15 oranında laktoz ilave edilen peynir altı kullanılarak elde edilen sirkeye (PASS %15) ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS kromatogramı.....	56

GİRİŞ

TS 1880 EN 13188 Standardında (2003) sirkenin tanımı; “Tarım kökenli sıvılar veya diğer maddelerden, iki ayrı fermantasyonla (alkol ve asetik asit fermantasyonu) biyolojik yoldan üretilen, kendine özgü ürün” olarak yapılmıştır. Yine aynı standarda göre kullanılan hammadde çeşidine göre sirkeler; meyve sirkesi, şarap sirkesi, elma şarabı sirkesi, meyve şarabı sirkesi, tahıl sirkesi, beyaz sirke, aromalı sirke, malt sirkesi ve diğer sirkeler olacak şekilde çeşitlendirilmiştir. Sirke üretimi, iki basamaktan oluşan bir fermantasyon işlemi ile gerçekleşmektedir. Bu fermentasyon aşamalarından birincisi, genellikle *Saccharomyces* cinsine ait türler olmak üzere kullanılan mayalar tarafından fermente edilebilir şekerlerin etanole dönüştürüldüğü alkol fermentasyonu, ikinci aşama ise *Acetobacter*, *Gluconobacter* ve *Gluconacetobacter* cinsleri gibi bakterilerin etanolü okside etmesiyle asetik asitin meydana geldiği asetik asit fermantasyonudur (Turhan ve Canbaş, 2016; Bayram ve diğerleri, 2018).

M. Ö. 5000 yıllarına ait Babil kayıtlarında, hurma ağacı meyvesinin şarap ve sirke elde etmek için ana hammadde olarak kullanıldığı, bu amaçla daha az yaygın olarak incir ve üzümün de kullanıldığı belirtilmektedir. Sirke, Babilliler tarafından gıdalardan turşu yapmak ve gıdaları muhafaza etmek amacıyla kullanılmıştır. Doğada sadece sirkede bulunan sirke solucanı M.Ö. 3000’e ait Mısır küpündeki kalıntılarda bulunmuştur (Aktan ve Kalkan Yıldırım, 2011). Antik Yunan’da, Hipokrat (M.Ö. 460-377) tarafından öksürük ve soğuk algınlığı dahil olmak üzere birçok hastalığın tedavisinde ana çare olarak sirke kullanılmıştır (Mazza ve Murooka, 2009; Flandrin ve diğerleri, 2000). İncil döneminde iyi bilinir hale gelen sirke genellikle suya eklenen enerji verici ve canlandırıcı bir içecek olarak veya günümüzde kullandığı şekliyle diğer yiyeceklere lezzet katmak amacıyla çeşni olarak kullanılmıştır (Mazza ve Murooka, 2009).

Sirke, geçmişten günümüze değişik medeniyetler tarafından lezzet verici madde olarak ve dezenfeksiyon işlemlerinde kullanılması ile birlikte sağlık üzerinde olumlu etkileri sebebi ile tıbbi maksatlarla da kullanılmaktadır (Konus ve diğerleri, 2020).

Aynı zamanda; salça, mayonez, konserve gıdalar, salata sosu vb. ürünlerin imalatında, et ve balıkların pişirilmesinde de sirkeden faydalanılmaktadır (Parrondo ve diğerleri, 2003; Gökırmaklı ve diğerleri, 2019a).

Sirkenin bileşiminin %80'ini su oluştururken; geriye kalan kısmını ise organik asitler, vitaminler, minareller, alkoller, aminoasitler, aroma maddeleri ve uçucu bileşikler gibi çok çeşitli diğer bileşikler oluşturmaktadır (Casale ve diğerleri, 2006). Sirkenin bileşimini; asetik asitin yanısıra kullanılan hammaddenin bileşimi, sirkeye ilave edilen su ve sirke bakterilerinin faaliyeti için eklenen besin maddeleri gibi faktörler de etkilemektedir (Aktan ve Kalkan Yıldırım, 2011). TS 1880 EN 13188 standardında (2003), sirkenin toplam asit içeriğinin en az 40 g/L (suda serbest asetik asit cinsinden) olması, şarap sirkelerinde ise toplam asit içeriğinin en az 60 g/L olması gerektiği bildirilmiştir.

Bu çalışmada Ardahan ilinde yerel bir kaşar peyniri firmasından temin edilen peynir altı suyu kullanılarak, peynir altı suyu sirkesinin elde edilmesi ve elde edilen bu sirkenin biyokimyasal ve mikrobiyolojik analizlerinin yapılması ve ayrıca toplam asit içeriği bakımından standartlara uygunluğunun tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmamızdan elde edilen peynir altı suyu sirkesinin ise peynir altı suyunun değerlendirilmesine yönelik önemli bir alternatif oluşturması ve ülkemizde bilinmeyen hayvansal ürün bazlı bu sirke çeşidinin ülkemize tanıtılması hedeflenmektedir. Peynir üretiminde sıvı bir yan ürün olarak açığa çıkan peynir altı suyu zengin bir besin değerine sahiptir. Bu yan ürünün çevreye atılması nedeniyle peynir altı suyundan besinsel değer açısından faydalanılamamaktadır. Ayrıca, peynir altı suyunun çevreye atılması yüksek organik madde içermesi nedeniyle çevre kirliliğine neden olmakta ve mikroorganizma gelişimi için uygun besin içeriğine sahip olmasından dolayı çevrede kontrolsüz bir şekilde mikroorganizma gelişimine neden olabildiğinden halk sağlığı problemlerine zemin hazırlayabilmektedir. İlk başlarda sadece hayvan yemi ve gübre olarak kullanılan peynir altı suyunun değerlendirilmesi amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Çalışmamızda elde edilen peynir altı suyu sirkesi, peynir altı suyunun değerlendirilmesi konusunda yapılacak çalışmalara bir alternatif oluşturmakla birlikte, bu atık ürünün doğaya salınımını azaltarak çevre kirliliğinin önüne geçilebileceği düşünülmektedir. Hammadde olarak kullanılan peynir altı suyunun ve elde edilen peynir altı suyu sirkesinin antimikrobiyal aktivitesi, toplam oksidan (TOC) ve antioksidan (TAC) seviyesi ve glutatyon düzeyi ve katalaz enzim aktivitesi, laktoz miktarı, protein miktarı ve aroma bileşenleri incelenmiş ve elde edilen veriler karşılaştırılmıştır.

1. BÖLÜM

SİRKE ve PEYNİR ALTI SUYU

1.1. SİRKE ÜRETİMİ

1.1.1. Sirke Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

Sirke; fermentasyon sonucu alkol oluşturulabilen şekerli ürünler, nişasta içeren hububat ürünleri ya da etil alkolden üretilir (Aktan ve Kalkan Yıldırım, 2011). Dünyada üzüm ve elma başta olmak üzere alıç, muz, portakal, pirinç, ahududu, ananas, böğürtlen, hurma, erik, hindistan cevizi gibi yaş ve kuru meyveler ve bu meyvelerin suları ile bal, çay, süt, kahve pulpu, çeşitli hububat vb. gibi şeker içeren ya da çeşitli yollarla şekere dönüşebilen tüm gıda maddelerinden sirke yapımında hammadde olarak faydalanmak mümkündür (Yurdugül ve diğerleri, 2010; Aktan ve Kalkan Yıldırım, 2011; Launholt ve diğerleri, 2020). Kullanılan hammaddelerin çeşidine göre sirkeleri; sebze sirkesi (soğan sirkesi, domates sirkesi, vb.), meyve sirkesi (elma sirkesi, mango sirkesi, ananas sirkesi, vb.) ve hayvan sirkesi (bal sirkesi, peynir altı suyu sirkesi, vb.) olarak üç gruba ayırmak mümkündür (Solieri ve Giudici, 2009; Li ve diğerleri, 2015). Çeşit, iklim şartları, toprak yapısı ve yetiştirmede kullanılan yöntemlerden doğrudan etkilenen hammadde bileşimi, sirkenin bileşimini de doğrudan etkilemektedir. Üretiminde kaliteli hammadde kullanılan ve uygun üretim yöntemi seçilen sirkelerin kalitesi diğerlerine göre daha yüksektir (Prescott ve Dunn, 1959; Gerbi ve diğerleri, 1998; Achaerandio ve diğerleri, 2002; Morales ve diğerleri, 2004; Ünal ve Canbaş, 2008).

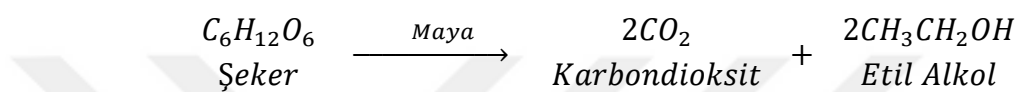
1.1.2. Sirke Fermantasyonu

Sirke genellikle çeşitli hammaddelerdeki fermente olabilme yeteneğine sahip şekerlerin iki aşamalı bir fermentasyonu sonucunda meydana gelen özel bir gıda maddesidir. Fermentasyonun ilk aşamasında ortamda bulunan şekerin anaerobik şartlarda mayalar tarafından etanole dönüştürülmesi, ikinci basamakta ise oluşan etanolün asetik asit bakterilerince (AAB) aerobik şartlarda oksidasyonu sonucu asetik asit oluşumu söz

konusudur (Tanamool ve diğerleri, 2020; Yıkılmış ve diğerleri, 2020). Alkol ve asetik asit fermentasyonundaki reaksiyonlar şu şekilde gerçekleşmektedir (Türker, 1963):

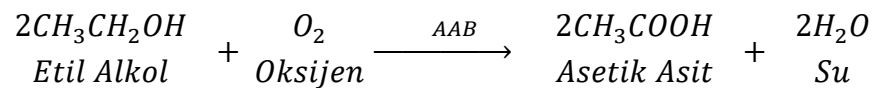
Alkol Fermentasyonu

Anaerobik koşullarda



Asetik Asit Fermentasyonu

Aerobik koşullarda



Bu reaksiyonlar, temel olarak alkol dehidrogenaz enzimi tarafından etanolün oksidasyonu ile oluşan asetaldehitin daha sonra aldehit dehidrogenaz enzimi kullanılarak asetik asite dönüştürülmesini içeren iki biyokimyasal reaksiyon sonucu oluşmaktadır (Gullo ve diğerleri, 2014; Yıkılmış ve diğerleri, 2020). İlk aşama olan alkol fermentasyonunda *Saccharomyces* türleri çoğunlukta olmak üzere mayalar kullanılmaktadır. Mayalar tarafından gerçekleştirilen alkol fermentasyonu sonucu oluşan etanolün asetik aside dönüştürülmesi amacıyla ise *Acetobacter*, *Gluconobacter* ve *Gluconacetobacter* cinslerinin içerdiği türler kullanılmaktadır (Turhan ve Canbaş, 2016; Bayram ve diğerleri, 2018).

1.1.3. Sirke Üretim Teknikleri

Sirke üretmek amacıyla kullanılan teknikler üç temel gruba ayrılmaktadır (Aktan ve Kalkan Yıldırım, 2011). Sirke üretiminin geleneksel olarak yapılması halinde yüzey kültür (yavaş) metodu, endüstriyel olarak sirke üretiminin gerçekleşmesi halinde derin kültür metodu (submers metodu) tercih edilmektedir. Sirke üretim teknikleri arasında yer alan fakat dezavantajları nedeni ile pek tercih edilmeyen diğer bir yöntem ise jeneratör yöntemidir (Budak ve Güzel-Seydim, 2010).

Geleneksel olarak yavaş yöntemle üretilen sirkeler diğer yöntemlerle üretilenlere göre yüksek kaliteli ürünler olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte derin kültür metodunun diğer yöntemlere göre daha hızlı olma, ekonomik olma ve yüksek verim elde etme gibi, üreticilere endüstriyel manada sağladığı birçok avantaj nedeniyle ticari olarak tercih edilmektedir (Morales ve diğerleri, 2001; Gullo ve diğerleri, 2014; Turhan ve Canbaş, 2016).

1.1.3.1. Yüzey kültür (yavaş) yöntem

Bu işlem için, çoğunlukla asetifikasyon ve dinlendirmenin aynı anda gerçekleştiği ahşap fıçı ya da tahta bir kap kullanılmaktadır (Morales ve diğerleri, 2001). Fıçı yarısına kadar 1/3-1/4 oranında pastörize edilmemiş keskin bir sirke ilave edilmiş şarap ile doldurulur, sıcaklığın uygun olduğu (21-30 °C olacak şekilde) karanlık bir ortamda sirkeleşmeye bırakılır ve bir süre sonra alkollü sıvının üzerinde zar oluşumu başlar. Asetifikasyon işlemi çok düşük bir hızla yalnızca sıvının yüzeyinde (yüzey oksidasyonu olarak) gerçekleşir. Bu işlem için gerekli olan çözünmüş O₂ fıçıda alkollü sıvının yüzeyinin üstünde bulunan delikler ile sağlanır (Aktan ve Kalkan Yıldırım, 2011; Bekatorou, 2019). Özgül ağırlığı daha yüksek olan asetik asit dibe çöker ve üste çıkan alkol yüzeyde oluşan zar ile sürekli temas halindedir. Uygun şartlarda 6-8 hafta sonra asetifikasyon işlemi biter. Asetifikasyon işleminin tamamlandığı, sirke anasının kendiliğinden dibe çökmesi ile anlaşılır (Aktan ve Kalkan Yıldırım, 2011).

Yüzey kültür yönteminde asetifikasyon işlemi katı işlem parametreleri olmadan gerçekleştirilir ve oluşan ürünler standart değildir (Giudici ve diğerleri, 2017).

Orleans yöntemi; yüzey kültür yöntemlerinden birisidir. Orleans sistemi eski bir yöntem olmakla beraber yüksek kaliteli sirke üretiminde hala güncelliğini korumaktadır. Bu yöntemde yaklaşık 230 litre hacimde, asetifikasyon için hava sirkülasyonunu

sağlamak maksadıyla yan delikler bulunan ve altında bulunan huni ile şarap ilavesine izin verirken, bu işlem sırasında bakteriyel zararın bozulmasını engelleyen fiçılar kullanılmaktadır (Giudici ve diğerleri, 2017; Bekatorou, 2019).

Asetifikasyon işlemi; son ürünün çekilmesi için gerekli olan etanol içeriği ve titre edilebilir asitliğin ölçülmesiyle kontrol edilebilmektedir (Giudici ve diğerleri, 2017). Oluşan sirkenin aroması ve asitliği uygun olduğunda sirke çıkarılır. Fıçıda kalan sirke bir sonraki işlem için starter kültür olarak kullanılmaktadır (Bekatorou, 2019)

Orleans yönteminin geliştirilmiş hali olan Pastör yönteminde ise; üst üste yerleştirilen fiçılar borularla birbirine bağlanarak proses sürekli hale getirilmiştir. Şarap en üstteki kaba ilave edilir, en altta bulunan kaptan ise son ürün olan sirke olarak çıkar. Bu yöntem günümüzde kullanılmamaktadır (Aktan ve Kalkan Yıldırım, 2011).

1.1.3.2. Derin kültür (submers) metodu

1952 yılında geliştirilen ve günümüzde endüstriyel sirke üretiminde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Bekatorou, 2019). Bu yöntemde, diğer yöntemlerde olduğu gibi asetik asit bakterileri alkollü sıvıların yüzeyinde değil, sirkeleşecek alkollü sıvının içinde çalışmaktadır. Hava, sirke bakterileri inoküle edilmiş sirkeleşecek alkollü sıvının içine çok ince hava kabarcıkları şeklinde verilir. Bunun sonucunda sirke bakterileri ihtiyaç duydukları havayı sıvının içinde bulurlar ve çalışırlar (Bulduk, 2010).

Submers sisteminde tankın alt kısmında hava sağlamak amacıyla bulunan hava pompaları ile donatılmış büyük paslanmaz çelik tanklar olan asetatörlerde sirke üretimi gerçekleşmektedir (Bekatorou, 2019). Bu yöntemde ilk olarak pilot fermantatörde aktifleştirilen genellikle *Acetobacter* cinsi bakteriler kullanılmaktadır (Aktan ve Kalkan Yıldırım, 2011). Asetatörde bulunan alkollü püre içerisine kuvvetli hava beslemesi yapılır ve bunun ardından yaklaşık 26-30 °C'de asetifikasyon gerçekleşir. Oluşan ürünün yaklaşık 1/3'ü asetatörde bırakılarak, sıradaki parti asetifikasyon işlemi için aşı olarak kullanılmaktadır (Giudici ve diğerleri, 2017; Bekatorou, 2019). Bu işlemde önemli proses parametreleri; basınçlı hava, sıcaklık, geri çekme-doldurma zamanı ve yöntemidir (Giudici ve diğerleri, 2017).

Bu yöntemin diğer yöntemlere göre birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir:

- Daha kaliteli sirke üretimi sağlar

- İşgal ettiği alan daha azdır
- Dolgu materyalinden kaynaklanan problemler yaşanmaz
- Yüksek verim sağlar
- Az zamanda fazla miktarda sirke üretme imkanı sağlar (Türker, 1973; Aktan ve Kalkan Yıldırım, 2011).

1.1.3.3. Jeneratör yöntemi (Alman metodu ya da zincirleme fermentasyon)

Ülkemizde sirkelerin bir kısmı bu yöntem kullanılarak üretilmektedir (Elgün, 2011). Jeneratör yönteminde; sirke ile ıslatılmış halde hareketsizleştirilen odun talaşı, yonga, taneleri alınmış mısır koçanları gibi asetik asit bakterilerini adsorbe etmek amacıyla geniş yüzeyler oluşturan inert maddelerle dolu ahşap ya da çelik bir tanktan meydana gelen jeneratörler mevcuttur (Elgün, 2011; Bekatorou, 2019).

Jeneratör yönteminde tankın üst bölümüne sirkeleştirilecek sıvı beslenir. Orta bölümünde asetik asit bakterilerinin tutunduğu dolgu maddeleri vardır. Sirkeleşecek materyal, sıvı ve sirke bakterileri arasında bulunan temas yüzeyini arttırmak maksadıyla tankın üstünden püskürtülerek ilave edilir ve talaş yatağıyla temas eder. Tankın yanlarından açılan deliklerle ihtiyaç olan havalandırma sağlanır. Oluşan sirke tankın en alt bölümünde toplanır (Elgün, 2011; Bekatorou, 2019; Özçelik ve Bağder Elmacı, 2020).

Bu yöntemde dolgu maddelerine asetik asit bakterilerinin yerleşmesinden sonra tankın üst bölümünden sirkeleştirilecek alkollü sıvı alt bölme doğru akıtılır. Yağmur gibi geniş bir yüzeye akıtılan bu sıvı alt bölme doğru akarken asetik asit bakterileri tarafından sirkeye dönüştürülür (Elgün, 2011).

Asetifikasyonun tamamlanması için ihtiyaç duyulan süre optimum sıcaklıkta (27-30 °C) 3-7 gündür (Bekatorou, 2019).

Bu yöntemin daha az yer kaplaması, kontrollerinin kolay olması ve daha az işletme maliyetine ihtiyaç göstermesi başlıca avantajları arasındadır. Bu yöntemde diğer yöntemlere oranla daha yüksek konsantrasyonda asetik asit içeren (%14 gibi) ve verimi daha fazla olan sirke üretimi yapılabilmektedir (Aktan ve Kalkan Yıldırım, 2011).

1.2. PEYNİR ALTI SUYU

Süt sanayisinde peynir altı suyu, kazein ve peynir üretiminin bir yan ürünüdür. Peynir mayası (kimozin) ya da mineral/organik asit kullanılarak kazein proteinlerinin

pıhtılaşmasının ardından geriye kalan sıvıya peynir altı suyu denilmektedir (Zadow, 1994; Smithers, 2008). Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliğinde (2015) peynir altı suyu; “Pıhtı kesimi sonrasında pıhtıdan ayrılan ve teleme dışında kalan sıvı yan ürün” şeklinde ifade edilmektedir. Peynir üretim sürecinde ortalama %85 oranında peynir altı suyu ortaya çıkmaktadır (Demirci ve Arıcı, 1989).

Peynir altı suyunun rengi, kullanılan sütün türüne ve kalitesine bağlı olmakla birlikte sarı/yeşil renkte hatta bazen mavimsi bir renkte de olabilmektedir. Dünyanın bazı ülkelerinde koyun, keçi ve deve sütü; batı ülkelerinde ise en çok inek sütü peynir altı suyunun açığa çıktığı süt ürünlerinin üretiminde kullanılmaktadır (Smithers, 2008).

1.2.1. Peynir Altı Suyunun Bileşenleri

Peynir üretiminde açığa çıkan bu yan ürünün yaklaşık %93’ünü su oluşturmakta ve peynir altı suyu sütün bileşiminde bulunan besinlerinin yaklaşık %55’ini yapısında bulundurmaktadır (Huffman, 1996; Siso, 1996; Jeličić ve diğerleri, 2008). Peynir altı suyunun bileşimi süte benzemekle birlikte; sütte bulunan laktozun hemen hemen tamamını, süt proteinlerinin yaklaşık %20’sini, kuru maddenin yarısını ve B vitaminlerinin önemli bir kısmını yapısında bulundurmaktadır (Güzeler ve diğerleri, 2017). Laktoz (%4.5-5), mineral tuzları (%8-10 kurutulmuş ekstrakt), çözünür proteinler (%0.6-0.8) ve lipitler (%0.4-0.5) peynir altı suyunun yapısında en bol bulunan besinlerdir (Siso, 1996).

Peynir altı suyunun bileşiminde mineraller ve süt yağı da yer almaktadır, ancak bu bileşenler daha az miktardadır (Jeličić ve diğerleri, 2008). Peynir altı suyu bileşiminde yer alan temel mineral maddeler ise kalsiyum, sodyum, potasyum ve fosfordur (Visser, 1981).

Peynir altı suyunun özellikleri ve bileşimi, son ürün olarak elde edilecek olan peynir çeşidine, üretim prosesine ve üretimde kullanılan sütün kalitesine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Tratnik, 1998). Kazein pıhtılaşması türüne göre, asit ve tatlı peynir altı suyu meydana gelebilmektedir (Yerlikaya ve diğerleri, 2010). Cottage ve benzer peynirlerden ve asit kazein üretiminden asit peynir altı suyu; Gravyer, Çedar ve peynir mayası ile üretilen peynirlerden ise tatlı peynir altı suyu elde edilmektedir (Smith, 1976). Literatürde Çedar peyniri peynir altı suyu örneklerinin pH değerlerinin 6.0 ± 0.02 ile 6.3 ± 0.03 arasında ve yağ oranının ise 0.18 ± 0.05 ile 0.22 ± 0.04 arasında değiştiği

bildirilmiştir (Karagül Yüceer ve diğerleri, 2003). Genellikle tatlı peynir altı suyu pH 5,9-6,3; asit peynir altı suyu ise pH 4,4-4,6' dır (Kosikowski, 1979). Tatlı peynir altı suyunda toplam katı madde içeriği, laktoz, protein ve lipid daha yüksek miktarda bulunurken; asit peynir altı suyu ise daha fazla miktarda fosfor ve kalsiyum içermektedir (Josephson ve diğerleri, 1975; Schmidt ve diğerleri, 1984). Tatlı ve asit peynir altı suyunun bileşimi Tablo 1'de gösterilmiştir (Dinçoğlu ve Ardic, 2012).

Tablo 1. Peynir Altı Suyunun Bileşimi (g/L)

	Tatlı Peynir Altı Suyu	Asit Peynir Altı Suyu
Toplam Kuru Madde	63.0-70.0	63.0-70.0
Laktoz	46.0-52.0	44.0-46.0
Protein	6.0-10.0	6.0-8.0
Yağ	3.0-3.5	2.0-2.5
Kalsiyum	0.4-0.6	1.2-1.6
Fosfat	1.0-3.0	2.0-4.5
Laktat	2.0	6.4
Klorür	1.1	1.1

1.2.1.1. Laktoz

Peynir altı suyunun toplam kuru maddesi %6.5'tir ve önemli bir enerji kaynağı olan laktoz kuru maddenin temel bileşenidir (Tsakali ve diğerleri, 2010; Yerlikaya ve diğerleri, 2010). Laktozun enerji kaynağı olarak kullanılmasının yanı sıra, bağırsakta patojen mikroorganizmaların gelişmesini önleyen hafif asit reaksiyonunun kurulması, sindirim sisteminde peristaltizmin uyarılması, kalsiyum ve fosfor emilimini desteklemesi, uygun magnezyum miktarının sağlanması, süt yağı ve diğer besinlerin sindiriminin geliştirilmesi gibi faydalı etkileri bulunmaktadır (Tratnik, 2003).

1.2.1.2. Peynir altı suyu protein bileşimi ve fonksiyonel özellikleri

Peynir altı suyu çok çeşitli kimyasal, fiziksel ve fonksiyonel proteinlerce zengin bir sıvıdır. Bu proteinler, beslenmede önemli bir rol oynamakla birlikte zengin ve dengeli bir amino asit kaynağıdır (McIntosh ve diğerleri, 1998). 20 amino asidin ve 9 esansiyel amino asidin tamamını içeren peynir altı suyu proteinlerinin biyolojik değeri, içeriğinde yer alan

esansiyel amino asitler sebebiyle diğer diyet proteinleri ile kıyaslandığında daha yüksektir (Shah, 2000). Peynir altı suyunun bileşiminde yer alan proteinler, β -laktoglobulin, α -laktalbumin, imminoglobulinler, glikomakropeptitler, serum albümin gibi majör proteinler ve laktoperoksidaz, mikroglobulinler, laktoferrin, γ -globulin gibi minör proteinlerden meydana gelmektedir (Özcan ve Delikanlı, 2011). Peynir altı suyu proteinlerinin yaklaşık %80' ini oluşturan β -laktoglobulin ve α -laktalbumin temel peynir altı suyu proteinleridir (Schmidt ve diğerleri, 1984). Peynir altı suyu proteinleri arasında temel fraksiyon, en fazla orana sahip olan (%58) β -laktoglobulin'dir. Sırasıyla α -laktalbumin (α -La), imminoglobulinler (Ig), sığır serum albümini (BSA) ve laktoperoksidaz (LP) diğer önemli peynir altı suyu proteinlerini oluşturmaktadır (Yüksel ve diğerleri, 2019). Peynir altı suyu proteinlerinin bileşimi Tablo 2'de verilmiştir (Dinçoğlu ve Ardıç, 2012).

Tablo 2. Peynir Altı Suyu Proteinlerinin Bileşimi

Protein	Konsantrasyon (g/L süt)
β -Laktoglobulin	3.2
α -Laktalbumin	1.2
Imminoglobulin	0.8
Kan-Serum Albumini	0.4
Laktoferrin	0.2
Laktoperoksidaz	0.03
Proteaz-Pepton	≥ 1

β -laktoglobulin; inek sütü peynir altı suyunda bulunan proteinlerin yaklaşık %50'sini oluştururken, insan sütünde β -laktoglobulin bulunmaz (Shah, 2000). Dallı zincirli ve esansiyel amino asitlerin kaynağı olan β -laktoglobulin, A vitamininin emiliminde ve kullanılabilirliğinde rol oynadığı düşünülen retinolü bağlayıcı bir proteindir (Walzem ve diğerleri, 2002; Bulut Solak ve Akın, 2012). Ayrıca lipid ve yağ asidi bağlayıcı olarak işlev yapmaktadır (Pérez ve Calvo, 1995). Bu protein retinoik asit de dahil küçük hidrofobik moleküllerin taşıyıcısıdır ve lenfatik tepkileri modüle etme potansiyelindedir (Marshall, 2004).

α -Laktalbumin; sığır ve insan sütünde yer alan ana proteinlerden biridir ve peynir altı suyu proteinlerinin yaklaşık %17-22'sini oluşturmaktadır (Shah, 2000; Heine ve

diğerleri, 1991). Saflaştırılmış α -laktalbumin, anne sütüne yapısal olarak benzer protein profiline sahip olması nedeniyle bebek mamalarının üretiminde kullanılmaktadır (Marshall, 2004).

İmmünoglobulin; peynir altı suyu protein fraksiyonunun yaklaşık %10-15' ini oluşturmaktadır (Gupta ve Prakash, 2017). İmmünoglobulinler; bebeklerde pasif bağışıklık sağlarken, yetişkinlerde bağışıklık sistemini desteklemektedir (Harper, 2000).

Serum albumini; serbest yağ asitlerini bağlamaktadır. Yüksek oranda sistein içermesi nedeniyle karaciğerde glutatyon üretimi için önemli bir kaynak teşkil etmektedir (Karagözlü ve Bayarer, 2004; De Wit, 1998).

Laktoferrin; demir bağlama özelliği olan bir glikoprotein ve ayrıca sütün kolostrumunda ve peynir altı suyu fraksiyonunda yer alan enzimatik olmayan bir antioksidandır (Marshall, 2004). Peynir altı suyunda %1-2 oranında bulunmaktadır (Beaulieu ve diğerleri, 2006). Laktoferrin, ortamda var olan demiri bağlamakta ve mikroorganizmanın demiri kullanmasını engelleyerek gelişim faaliyetini sürdürememesine neden olmaktadır. Çeşitli mikroorganizmalara karşı bakteriyostatik ve bakterisidal etki göstermektedir (Shah, 2000).

Laktoperoksidaz; peynir altı suyunda bulunan toplam proteinin %0.25-0.50'sini oluşturmaktadır (Marshall, 2004). Laktoperoksidaz, ortamda hidrojen peroksit (H_2O_2) bulunduğunda tiyosiyanatın (SCN^-) oksidasyonunu hızlandırmakta ve antimikrobiyal aktivitesi var olan bir ürün ortaya çıkmasını sağlamaktadır (Shah, 2000).

Peynir altı suyunun içerdiği birçok biyoaktif bileşen, sağlığa olan olumlu katkıları sebebiyle araştırılmaktadır (Ha ve Zemel, 2003). Peynir altı suyu proteinleri ve bu proteinlerin hidrolizi yoluyla elde edilen biyoaktif özellikler; antihipertansif, antimikrobiyal, antioksidan, antiviral, immünomodülatör, antikarsinogenik ve mineral madde bağlama gibi özellikleridir (Yüksel ve diğerleri, 2019). Peynir altı suyu proteinleri ve bu proteinlerin biyolojik aktiviteleri Tablo 3' te verilmiştir (Ramos ve diğerleri, 2016).

Tablo 3. Peynir altı suyu bileşiminde yer alan proteinler ve biyolojik etkileri

Peynir Altı Suyu Proteinleri	Biyolojik Aktiviteleri
Tüm Peynir Altı Suyu Proteini	Kanserin önlenmesi, Glutatyon seviyelerinin artması, Tümör hücresi savunmasızlığının artması, HIV tedavisi, antimikrobiyal etki, doyumluk tepkisinin artması, Plazma amino asitlerinde artış, Kolesistokin ve glukagon benzeri peptit miktarlarında artış

Tablo 3(Devam). Peynir altı suyu bileşiminde yer alan proteinler ve biyolojik etkileri

Peynir Altı Suyu Proteinleri	Biyolojik Aktiviteleri
B-laktoglobulin	Retinol, palmitat, kolestro, D vitamini, yağ asitleri ve trigliseritleri taşıyıcısı Mide koşullarından geçiş sürecinde koruma Pasif bağışıklığın gelişimi ve transferi Meme bezi metabolizmasının düzenlenmesi Antikarsinojenik aktivite, İmmünomodülatör aktivite
α -laktalbumin	Antikarsinojenik aktivite, laktoz sentezi, kronik stres nedeniyle oluşan hastalıkların tedavisi
Sığır Serum Albumini	Lipid sentezi, antimutajenik, antioksidan ve antikarsinojenik aktivite
İmmünoglobulinler	İmmünomodülatör aktivite, büyüme ve gelişmenin desteklenmesi, pasif bağışıklık yoluyla hastalıklardan korunma, antibakteriyel ve antifungal aktivite, HIV tedavisi, opioid etkinliği
Laktoferrin	Antimikrobiyal, antifungal ve antivirüs aktivite, Antitrombotik aktivite, İmmünomodülatör aktivite, Antiproliferatif aktivite
Laktoperoksidaz	Antimikrobiyal ve antifungal aktivite, İmmünomodülatör aktivite

Peynir altı suyunun içerdiği bileşiklerin ve peynir altı suyu proteinlerinin astım, bazı kanser çeşitleri, kolit, bağışıklık sistemi zayıflığı, yüksek tansiyon, kan şekeri seviyesi düzensizliği, kas zayıflığı, iyileşmeyen yaralar ve hepatit gibi hastalıklara karşı faydalı birçok etkisi olduğu bildirilmiştir (Yıldırım ve Güzeler, 2013). Peynir altı suyu içeriğinde yer alan proteinlerin ayrıca büyümeyi, kilo kontrolünü ve kemik sağlığını olumlu yönde destekleyen faydalı özellikleri de bulunmaktadır (Karagözlü ve Bayarar, 2004).

1.2.2. Peynir Altı Suyunun Gıdalarda Kullanımı

Yüksek besin değeri ve organik madde içeriğine sahip olmasına rağmen; peynir altı suyu çoğu zaman değerlendirilmeyip, hiçbir işleme tabi tutulmadan atık ürün olarak çevreye atılmakta ve çevre kirliliğine neden olmaktadır (Yüksel ve diğerleri, 2019). Çevre kirliliğine ek olarak, peynir altı suyunun çevreye atılması ile besin değeri kaybı ve ekonomik kayıp gibi sorunlar da ortaya çıkmaktadır (Yıldırım ve Güzeler, 2013). Peynir altı suyu, önceleri yalnızca sıvı halde silaj ya da gübre olarak kullanılmakta iken, günümüzde farklı amaçlarla değerlendirilebilmektedir (Yüksel ve diğerleri, 2019). Bu

atık maddeleri değerlendirmek maksadıyla birçok farklı yan ürünler üretilmektedir (Yıldırım ve Güzeler, 2013). Peynir altı suyu, doğrudan insan gıdası olarak kullanılmamakla beraber peynir altı suyu içecekleri, peynir altı suyu tozu, minerali giderilmiş peynir altı suyu, laktozu azaltılmış peynir altı suyu, peynir altı suyunun konsantre edilmesi sonucu peynir altı suyu konsantratları, izolatları ve hidrolizatları, peynir altı suyu protein ürünlerinin üretimi gibi pek çok alanda kullanılmaktadır (Yerlikaya ve diğerleri, 2010; Özcan ve Delikanlı, 2011; Cansız ve diğerleri, 2020). Bununla birlikte, yüksek besinsel değere sahip peynir altı suyu proteinlerinin iyi çözünürlük, viskoziteyi artırma, emülsifiye etme, jelleşme yeteneği, su tutma ve serum ayrılmasını önleme gibi işlevsel özelliklere sahip olması nedeniyle peynir altı suyu protein konsantreleri büyük ölçüde gıda sanayinde kullanılmaktadır (Jeličić ve diğerleri, 2008; Özcan ve Delikanlı, 2011). Peynir altı suyu tozu; şekerlemeler, unlu mamuller, et ürünleri, çorbalar, soslar, patates cipsleri, çerezler ve çeşitli içecekler gibi farklı ürünlerin içeriğine ilave edilmek suretiyle gıda endüstrisinde kullanılabilmektedir (Küçüköner, 2011).

Peynir altı suyundan Mysost, Ricotta ve lor gibi peynirler üretilmektedir. Peynir altı suyunun ısıtılarak koyulaştırılması ile Mysost peyniri, kaynatılarak süzülmesiyle ise lor peyniri elde olunur. Ricotta peynirinde, sütle karıştırılan peynir altı suyu 90 °C'ye ısıtılmakta ve daha sonra ekşi peynir suyu ilave edilerek proteinler çöktürülmektedir (Kurt, 1981).

Peynir altı suyunun değerlendirilebileceği bir diğer gıda ürünü ise ekmektir. Ekmek üretiminde peynir altı suyu tozunun ve peynir altı suyu protein konsantratının kullanılması; ekmeğin besin değerinin artırılmasına, proteince zenginleştirilmiş ekmek gibi özel ürünlerin üretilmesine, ekmeğin oluşumunun ve pazara sunulan ekmek çeşitlerinin kalitelerinin olumlu şekilde etkilenmesine olanak sağlamaktadır (Mete, 2012).

Peynir altı suyu farklı içeceklerin üretiminde de kullanılabilmektedir. Peynir altı suyundan içecek üretilmesi ilk olarak 1970'li yıllarda yapılmaya başlanmıştır ve İsviçre'de üretilen Rivella en eski peynir altı suyu içeceklerinden biri olarak ele alınabilir. Günümüzde proteini giderilmiş, fermente edilmiş ve toz peynir altı suyundan çok farklı çeşitte peynir altı suyu içecekleri geliştirilmiştir (Jeličić ve diğerleri, 2008).

1.3. PEYNİR ALTI SUYU SİRKESİ

Peynir altı suyu sirkesi endüstriyel olarak üretimden ziyade bazı Kuzey Avrupa ülkelerinde lokal olarak ve geleneksel olarak üretilen ve tüketilen bir sirke çeşididir. Ülkemizde ise bu sirke çeşidi bilinmemektedir. Peynir altı suyu sirkesi hayvansal ürün bazlı bir sirke olmasından dolayı ülkemizde bilinen ve tüketilen diğer sirke çeşitlerinden oldukça farklı kompozisyon, aktivite, aroma ve lezzete sahiptir.

Peynir altı suyundan sirke üretimi diğer sirkelerde olduğu gibi iki aşamada gerçekleşir. İlk aşama substrat olarak kullanılan peynir altı suyunun alkolik fermantasyonu, ikinci aşama ise asetik fermantasyondur (Parrondo ve diğerleri, 2009). Peynir altı suyunun yaklaşık %4-5'ini oluşturan laktoz, peynir altı suyunda fermente edilebilme özelliğine sahip tek karbonhidrattır. Etil alkol üretiminde, laktozu β -galaktosidaz enzimi ile parçalayabilme özelliğine sahip mikroorganizmalar kullanılabilmektedir (Zafar ve Owais, 2006; Kosseva ve diğerleri, 2009).

Mayalar kullanılarak peynir altı suyunda bulunan laktozun fermente edilmesi sonucu etanol elde edilmesi 1940'lı yıllardan beri literatürde ele alınmıştır (Arasan, 2020). Maya suşlarının birçoğunun, laktozu etanole fermente edebilme yeteneğine sahip olmaması nedeniyle araştırmaların bir bölümü uygun mikroorganizma seçimini ele almaktadır (Özçelik ve diğerleri, 1994; Kargi ve Ozmıhçı, 2006). *Saccharomyces* türlerinin birçoğunun, laktozun glikoz ve galaktoza hidrolizini katalizleyen β -galaktosidaz enzimini içermemesi nedeniyle laktozu fermente edebilme yeteneğine sahip değildir. *Kluyveromyces* türlerinin birçoğu ise, peynir altı suyunda yer alan laktozu direkt etanole fermente edebilmektedir (Kargi ve Ozmıhçı, 2006). Peynir altı suyunun fermantasyonu sonucu etanol üretimi yaygın bir şekilde *Kluyveromyces* türleri, *Candida pseudotropicalis* ve *Saccharomyces cerevisiae* mayaları kullanılmaktadır (Arasan, 2020). *Saccharomyces cerevisiae* mayasının, laktozu doğrudan metabolize edememesi sebebiyle, önce laktozun hidrolize edilerek bu mayanın metabolize edebileceği glikoz ve galaktozun açığa çıkması sağlanmalıdır (Seçkin ve Özgören, 2011; Arasan, 2020).

1.3.1. *Kluyveromyces* türleri

Kluyveromyces türleri, askospor oluşturmakta ve çoklu tomurcuklanma yoluyla çoğalmaktadırlar. Sporları yuvarlağımsıdır (Akın ve Akın, 2010). Bu mayalar, β -galaktosidaz enzimine sahip olmaları nedeniyle laktoz dahil olmak üzere şekerleri aktif

olarak fermente edebilme yeteneğine sahiptir (Akın ve Akın, 2010; Arasan, 2020). *Kluyveromyces* türleri içerisinde en çok çalışılan türlerden biri *Kluyveromyces lactis*'tir. *K. lactis*, özellikle *S. cerevisiae* ile yapılan karşılaştırılmalı çalışmalar gibi “geleneksel olmayan mayaların” moleküler fizyolojisi üzerine yapılan çalışmalar için model bir sistem haline gelmiştir (Breuning ve diğerleri, 2000).

Literatürde *Kluyveromyces* türü mayaların kullanıldığı peynir altı suyunun içeriğinde yer alan laktozun alkolik fermantasyonuna ilişkin çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmaların büyük bir çoğunluğunda şu anda *Kluyveromyces marxianus* türüne dahil edilen *Kluyveromyces fragilis* ve *Kluyveromyces marxianus* türlerinden bahsedilmektedir (Parrondo ve diğerleri, 2000a; Parrondo ve diğerleri, 2000b; Zafar ve Owais, 2006; Dragone ve diğerleri, 2009; Koushki ve diğerleri, 2012; Guimarães ve diğerleri, 2010).

Peynir altı suyunun alkol fermantasyonu mikroaerobik koşullar altında tipik olarak laktozu fermente edebilen bir maya olan *Kluyveromyces marxianus* kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Parrondo ve diğerleri, 2009).

1.3.2. Asetik asit bakterileri

Asetik asit bakterileri zorunlu aerob ve mezofilik olup, optimum gelişme sıcaklıkları 28-34 °C arasında değişmektedir (Elgün, 2011). Bu mikroorganizmaların şekerleri, şeker alkoller ve etil alkolü okside etmesi sonucu nihai ürün olarak asetik asit oluşmaktadır (Özçelik ve Bağder Elmacı, 2020). Bu bakteriler türden türe farklılık gösterse de %13-18 asit konsantrasyonuna karşı dayanıklıdır (Elgün, 2011).

Sirke yapımında asetik asit bakterileri olarak genellikle *Glucanobacter* ve *Acetobacter* cinsine ait türler kullanılmaktadır. *Acetobacter* türlerinin temel işlevi etanolü asetik aside okside etmek, *Glucanobacter* türlerinin temel işlevi ise glikozu glukonik aside okside etmektir. Bununla birlikte bazı *Glucanobacter* türleri etanolü yüksek asitlik ve alkol bulunması durumunda asetik aside okside edebilmektedir (Özçelik ve Bağder Elmacı, 2020).

Acetobacter cinsi bakteriler, Gram-negatif, aerobik ve mezofiliktir. Tekli veya kısa zincirler halinde bulunabilen elipsoid-çubuk şeklinde bakterilerdir. Hareketli ve hareketsiz türleri bulunabilmektedir (Akın ve Akın, 2010). Genellikle *Acetobacter aceti* sirkenin asetik asit fermantasyonunda yer alan ana sirke bakterisidir (Özçelik ve Bağder Elmacı, 2020).

2. BÖLÜM

LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. SİRKENİN ANTİMİKROBİYAL ETKİSİ

Fenolik bileşikler, organik asitler ve yapısında bulunan antimikrobiyal maddelerin yanı sıra yüksek asit içeriği ile de sirke, antimikrobiyal ajan olarak kullanılan bir gıda maddesidir (Gökırmaklı ve diğerleri, 2019 b). Sirkenin yapısında bulunan, başta asetik asit olmak üzere organik asitler antibakteriyel özellik göstermektedir (Budak ve diğerleri, 2014). Genel olarak güvenli (GRAS) kabul edilmekte olan asetik asitin, özellikle bakteriler ve mayalar üzerine öldürücü etkisi bulunmaktadır (Gökırmaklı ve diğerleri, 2019b). Sirke içeriğinde bulunan asetik asit gibi organik asitlerin antimikrobiyal etki derecesini, ortam sıcaklığı, pH, inhibe edilmek istenen bakteri türleri, ortamda bulunabilen diğer antimikrobiyal maddeler, asit konsantrasyonu ve iyonlaşma kuvveti gibi faktörler etkileyebilmektedir (Budak ve diğerleri, 2014; Ayhan ve Bilici, 2015).

Sirke, gıda üretiminde kullanılan birçok alet-ekipman ve yüzeyleri dezenfekte etmek amacıyla kullanılabildiği gibi, sebzelerde bulunabilen birçok patojen bakterinin inhibe edilmesinde de rol alabilmektedir (Şengün ve Kılıç, 2019). Sebzelerin tahıl ve meyve sirkelerinde kısa bir süre bekletilerek sebze de bulunan patojen bakterilerin başarıyla inhibe edildiği bildirilmiştir (Chen ve diğerleri, 2016). Medina ve diğerleri (2007) tarafından yapılan çalışmada; şarap, sirke, çay ve zeytinyağı özütlerinin çeşitli gıda patojenleri üzerindeki antibakteriyel etkisi incelenmiştir. Bu ürünler arasından en güçlü bakterisidal etkiyi sirkenin gösterdiği bildirilmiştir. Yapılan çalışmada sirkenin; *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteritidis*, *Shigella sonnei* ve *Yersinia* sp. türlerini tespit limitinin altındaki değerlere indirdiği, *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* hücrelerinin çoğunu öldürdüğü raporlanmıştır.

Şengün ve Kılıç (2018) tarafından yapılan çalışmada ise, farklı yöntemler kullanılarak yapılan dut sirkelerinin (ev yapımı ve ticari) bazı özellikleri incelenmiştir. Çalışmada sirke numunelerinin antimikrobiyal aktivitesinin belirlenebilmesi amacıyla *Escherichia coli* O157:H7 ATCC 43895, *Listeria monocytogenes* Scott A, *Salmonella typhimurium* NRRLB4420, *Staphylococcus aureus* 6538P, *Bacillus subtilis* ATCC 6037,

Escherichia coli ATCC 1103, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 ve *Pediococcus acidilactici* ATCC 8042'yi test kültürü olarak kullanmışlardır. Ev yapımı dut sirkesine en duyarlı mikroorganizmalar *Escherichia coli* O157:H7 ve *Enterococcus faecalis* olarak belirlenmiştir. Bu mikroorganizmalara karşı ev yapımı sirke ile ticari sirkenin göstermiş olduğu antimikrobiyal etkinin, istatistiksel olarak farklı olmadığı bildirilmiştir. Ayrıca, ticari olarak üretilen dut sirkelerine en duyarlı mikroorganizmanın ise *Listeria monocytogenes* olduğu, fakat bu bakteri üzerine ev yapımı sirkenin antimikrobiyal etkisi bulunmadığı belirtilmiştir. Ticari sirkenin test edilen tüm bakteriler üzerinde antimikrobiyal etki gösterdiği, ev yapımı sirkenin ise incelenen sekiz bakteri kültüründen yalnızca beşi üzerinde (*E. coli* O157:H7, *S. typhimurium*, *B. subtilis*, *E. faecalis*, *P. acidilactici*) etkili olduğu bildirilmiştir.

Bileşiminde organik asit içeriği fazla bulunan ticari sirkenin antimikrobiyal etkisinin de fazla olması beklenen bir sonuçtur (Şengün ve Kılıç, 2018). Bununla birlikte sirkelerde antimikrobiyal etkiden en başta asetik asit olmak üzere organik asitler sorumlu olsa da, sirkelerin bileşiminde bulunan fenolik bileşiklerin de antimikrobiyal özelliği destekleyen etkilerinin olduğu belirtilmektedir (Karabıyıklı ve Şengün, 2017).

Kılınç ve Yavuz (2011) tarafından yapılan çalışmada; alabalık filetolarının mikrobiyal (*E. coli*, koliform, *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus aureus*, toplam aerobik bakteri sayısı ve maya-küf) değişimlerini tespit etmek hedeflenmiştir. Bu amaçla, kontrol grubuyla karşılaştırılmak üzere alabalık filetoları ayrı ayrı elma ve üzüm sirkelerine batırıldıktan sonra buzdolabı sıcaklığında bekletilmiştir. Sirkelere daldırma süreleri açısından dört grup (Kontrol grubu, 30 saniye, 10 ve 30 dakika) ve oranlama 1:1 olacak şekilde uygulanmıştır. Farklı sürelerde elma ve üzüm sirkelerine daldırılan filetoların mikrobiyolojik analizleri saklama periyodunun 0., 3., 6., 8. ve 10. günlerinde yapılmıştır. Üzüm sirkesine 30 sn, 10 dk ve 30 dk daldırma işlemlerinin hepsinin mikrobiyal açıdan etkili olduğu kontrol grubuna göre raf ömrünü 4 gün arttırdıkları belirlenmiştir. Elma sirkesinin raf ömrüne etki edebilmesi için en az 30 dk daldırma işlemi uygulanması gerektiği belirtilmiştir.

Şengün ve Karapınar (2006) tarafından yapılan çalışmada, limon suyu, sirke ve limon suyu-sirke karışımlarının; roka, taze soğan ve havuç numunelerine inoküle edilen *Salmonella typhimurium*'a karşı göstermiş oldukları antimikrobiyal etki incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda, uygulanan limon suyu, sirke, limon suyu-sirke

karışımlarının (1:1) numunelere inoküle edilen *Salmonella typhimurium* hücreleri üzerinde antimikrobiyal özellik gösterdiği, bu antimikrobiyal özelliğin sebzenin çeşidine, inokulum miktarına ve denenen sıvı içerisinde bekletme süresine göre değişiklik gösterdiği bildirilmiştir. Yapılan çalışmada, havuç ve roka numuneleri için en etkili antimikrobiyal ajan limon suyu-sirke karışımı iken, taze soğan numunelerinde ise en etkili antimikrobiyal ajanın sirke olduğu saptanmıştır.

Choi ve diğerleri (2015) tarafından yapılan çalışmada, esmer pirincin fermentasyonu ile üretilen sirkenin antimikrobiyal etkisi disk difüzyon yöntemi ile belirlenmiştir. Sirkeler 1 ya da 3 yıl fermentasyon sonunda analiz edilmiştir. Çalışmada üretilen sirkenin *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, *Yersinia enterocolitica* ve *Lodderomyces elongisporus*'a karşı yüksek oranda antimikrobiyal etkisi olduğu bildirilmiştir. Sirkelerin mikroorganizmalar üzerinde 12-22 mm arasında değişen bir inhibisyon zonu oluşturduğu saptanmıştır. Çalışmada en yüksek antimikrobiyal etki, *Y. enterocolitica* üzerinde 3 yıl olgunlaştırılmış sirkenin kullanımı ile gözlemlenmiştir (22 mm inhibisyon zonu).

Ousaaïd ve diğerleri (2021) tarafından yapılan çalışmada, 3 farklı elma çeşidi ile üretilen elma sirkesi örneklerinin (S1, S2, S3, S4) antimikrobiyal özellikleri incelenmiştir. Yapılan analizlerde S1 ve S2'nin test mikroorganizmalarının (*Salmonella typhi* (CIP 5535), *Escherichia coli* (CIP 54127), *Vibrio cholerae* non-O1-non-O139, *Candida albicans* (IPL CIM 861484) ve *Candida tropicalis* (Pfizer CIM 4069)) tümünün, S3 ve S4'ün ise *E. coli* ve *V. cholerae* mikroorganizmalarının büyümelerini engellediği gösterilmiştir. S1 numunesinin, test mikroorganizmaları üzerinde 12-19 mm arasında değişen bir inhibisyon zonu oluşturduğu saptanmıştır. S1 numunesinin tüm suşlara karşı en iyi antimikrobiyal etkiye, S4 numunesinin ise en düşük antimikrobiyal etkiye sahip olduğu bildirilmiştir. Test mikroorganizmalarından *E. coli* tüm sirke numunelerine karşı en duyarlı mikroorganizmayken, *C. albicans* ve *C. tropicalis*'in ise S2, S3 ve S4 numunelerine karşı daha dirençli olduğu belirtilmiştir.

2.2. SİRKENİN ANTİOKSİDAN ETKİSİ

Reaktif Oksijen Türleri (ROS); DNA, lipidler ve proteinlerde yapısal bozulmalara sebep olarak yaşlanmanın hızlanması, beyin dejenerasyonu ve kanser gibi birçok

problemi ortaya çıkartabilmektedir (Budak ve diğerleri, 2014). Antioksidan bileşikler, bu radikallerin neden olduğu oksidatif stres kaynaklı hasarlardan DNA ya da hücre duvarı gibi molekülleri koruma yeteneğindedirler (Bakir ve diğerleri, 2016). Sirkenin güçlü antioksidan etkisi içeriğinde bulunan karotenoidler, fitosteroller ve bununla birlikte flavonoidler, tanenler, antosiyaninler ve fenolik asitler gibi fenolik bileşiklerden kaynaklanmaktadır (Kawa-Rygielska ve diğerleri, 2018).

Tomar ve diğerleri (2020) tarafından yapılan çalışmada üç farklı yaban mersini türünden (*Vaccinium corymbosum* L. Marmara bölgesi, *Vaccinium arctostaphylos* L. Orta Karadeniz bölgesi ve *Vaccinium uliginosum* L. ise Doğu Karadeniz bölgesi) geleneksel olarak üretilmiş olan sirkenin bazı kalite özellikleri incelenmiştir. İncelenen sirkelerin toplam fenolik madde içeriklerinin sırasıyla 262.49 ± 21.96 , 131.23 ± 16.24 ve 92.29 ± 18.52 mg GAE L⁻¹ olduğunu ve toplam antioksidan kapasite değerinin ise sırasıyla 141.14 ± 6.6 , 118.21 ± 7.1 ve 96.11 ± 5.6 µg TE mL⁻¹ olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, toplam antioksidan kapasite değerleri örneklerin renk ve aroma özellikleriyle pozitif bir korelasyon gösterdiğini belirtmişlerdir.

Budak (2015) tarafından yapılan çalışmada, Isparta ilinden mevsiminde toplanan dut meyvesinden sirke üretimi gerçekleştirilmiş ve üretim sürecinde dut suyu, dut şarabı ve dut sirkesinden örnekler alınmıştır. Örneklerde antioksidan aktivite ORAC (Oksijen Radikal Absorbans Kapasitesi) ve TEAC (Troluks Eşdeğeri Antioksidan Kapasite) yöntemleri ile tespit edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda; antioksidan aktivitenin ORAC yöntemine göre dut suyunda 17.01 µmol/mL, dut şarabında 18.04 µmol/mL ve dut sirkesinde 1.068 µmol/mL; TEAC yöntemine göre ise dut sirkesinde 7.72 mM olarak tespit edildiği belirtilmiştir. Araştırmacı tarafından, dut suyundan üretilen dut şarabı ve dut sirkesi örneklerinin antioksidan aktivite değerinde artma gözlemlendiği bildirilmiştir.

Dávalos ve diğerleri (2015) yaptıkları çalışmada kırmızı ve beyaz üzüm suları ile şarap sirkesi örneklerinin antioksidan aktivitesini floresan probu olarak fluorescein (FL) kullanarak oksijen radikal absorbans kapasitesi (ORAC) testi ile belirlemişlerdir. Yapılan çalışmada, ORAC-FL değerleri kırmızı üzüm suları için 14.6 ile 25.0 µmoltrolox Equiv./mL arasında, beyaz üzüm suları için 3.5 ila 11.1 µmoltrolox Equiv./mL arasında ve şarap sirkeleri için ise 4.5 ila 11.5 µmoltrolox Equiv./mL arasında tespit edilmiştir. Söz konusu veriler ışığında üzüm suları ve şarap sirkesinin iyi bir antioksidan kaynağı olduğu bildirilmiştir.

2.3. SİRKENİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

Başta geleneksel yöntemlerle üretilenler olmak üzere sirke, birçok fizyolojik özelliği olduğu bilinen asidik bir üründür (Chen ve diğerleri, 2016). Sirkenin sağlığa faydalı etkileri nedeniyle kullanılmaya başlanması 10 bin yıl öncesine kadar dayanmaktadır (Gökırmaklı ve diğerleri, 2019a).

İlk defa Hipokrat tarafından, yaralardaki iltihapları önlemek, öksürüğü, ülseri ve bulaşıcı hastalıkları tedavi etmek amacıyla sirke kullanılmaya başlanmıştır (Chen ve diğerleri, 2016). 18. yüzyılda Amerika’da zehirli sarmaşığın neden olabileceği döküntüleri tedavi etmek, karın ağrısı, yüksek ateş ve şişkinlik gibi rahatsızlıkları iyileştirmek amacıyla sirke kullanılmıştır (Johnston ve Gaas, 2006).

Literatürde sirkenin enfeksiyonlar, şeker hastalığı, obezite, kanser, kalp-damar sistemi hastalıklarını iyileştirme potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir (Samad ve diğerleri, 2016). 18. yüzyılın sonlarından itibaren obeziteyi azaltmak amacıyla tedavi edici olarak kullanılmaktadır (Bray, 2014).

Sirkenin; lipid metabolizmasını regüle etmek, oksidasyonu önlemek, kan şekerini düzenlemek, kilo vermeyi desteklemek, enfeksiyonları ve kanseri engellemek gibi pek çok fonksiyona sahip olduğu bildirilmiştir (Chen ve diğerleri, 2016). Ayrıca; bileşiminde 15 mL sirke (750 mg asetik asit) bulunan bir içeceğin günlük olarak tüketilmesinin hiperlipidemi, obezite ve hipertansiyon gibi yaşam tarzı ile ilişkili hastalıkları iyileştirebildiği belirtilmiştir (Samad ve diğerleri, 2016).

2.4. PEYNİR ALTI SUYUNUN ANTİMİKROBİYAL VE ANTİOKSİDAN ETKİSİ

Zulueta ve diğerleri (2009), pastörize ve yüksek sıcaklık ile muamele edilmiş 16 farklı süt örneğinin toplam antioksidan kapasitelerini (TAC) belirlemek için çalışma yapmışlar. Tam yağlı süt, peynir altı suyu ve deproteinize sütün analiz edilmesi neticesinde; UHT ve pastörize sütün toplam antioksidan kapasitesi değerlerinde önemli bir farklılık olmadığı, peynir altı suyunun TAC değerlerinin ilk süt örneklerinin TAC değerlerine göre daha düşük olduğu ve en düşük TAC değerlerine deproteinize süt örneklerinin sahip olduğu belirtilmiştir.

El-Zahar ve diğerleri (2004) yaptıkları çalışmada, peynir altı suyu proteinlerinin ve onların peptik hidrolizatlarının farklı patojenik mikrobiyal suşlar üzerine antimikrobiyal

etkilerini incelemişlerdir. Bozulmamış α -laktalbumin ve β -laktoglobulinin aksine onların peptik hidrolizatlarının *Escherichia coli* HB101, *Escherichia coli* Cip812, *Bacillus subtilis* Cip5265 ve *Staphylococcus aureus* 9973 suşlarını inhibe ettiğini saptamışlardır. İnhibitör etkinin çalışılan tüm suşlara karşı doza bağımlı olduğu belirtilmiştir. Çalışmalar β -laktoglobulinin peptik peptitlerinin RP-HPLC ayrımı, hidrofobik ve hidrofilik peptitlerin eş zamanlığı varlığının antimikrobiyal aktivite için gerekli olduğunu göstermiştir. Analizler sonucunda; *Salmonella enterica* Cip5858, *Listeria innocua* R1007 ve *Streptococcus mutans* Cip103220T suşlarına karşı ise herhangi bir antimikrobiyal aktivite gözlemlenmemiştir.

Gad ve diğerleri (2011) peynir altı suyu konsantresi, Spirulina ve bunların kombinasyonları antioksidan, radikal süpürücü ve metal şelatlama aktivitesi in vitro koşullarda, CCl_4 e karşı hepatoprotektif etkilerini ise 8 erkek sıçan denek kullanılarak in vivo koşullarda incelemiştir. WPC, Spirulina ve bunların kombinasyonları 5 konsantrasyon (20, 40, 60, 80 veya 100 mg/100 mL) olacak şekilde kullanılmıştır. Spirulina çözeltisinin DPPH temizleme kapasitesinin WPC çözeltisinininkinden fazla olduğu bildirilmiştir. WPC-Spirulina kombinasyonlarının tüm konsantrasyonları tek başına kullanılan WPC çözeltisi ile karşılaştırıldığında önemli seviyede daha yüksek bir DPPH süpürme aktivitesine sahip olduğunu belirlemişlerdir. Sonuçlara göre, WPC ve Spirulinanın doza bağlı bir şekilde antioksidan, radikal süpürücü ve metal şelatlayıcı aktivite gösterdiği gözlemlenmiştir.

2.5. PEYNİR ALTI SUYUNUN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

De Pergola ve diğerleri (2020) çalışmalarında, aşırı kilolu ve obezitesi olan 22 adet denekte proteinlerle zenginleştirilmiş düşük karbonhidratlı bir diyet uygulayıp sonuçlarını incelemeyi amaçlamışlardır. Çalışmada 18 g peynir altı suyu proteini ile zenginleştirilmiş düşük karbonhidratlı bir diyet uygulanmadan 6 hafta önce ve uygulandıktan 6 hafta sonra bazı parametreler incelenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda peynir altı suyu proteinleri ile zenginleştirilmiş, reçetesiz, kısa süreli ve düşük karbonhidrat içerikli uygulanan bir diyetin yağ kütlesinin azalmaya başlaması ve sağlığı iyileştirmek amacıyla kullanılabilecek iyi bir yol olduğu kanaatine varılmıştır.

Pal ve Ellis (2010) tarafından yapılan çalışmada, aşırı kilolu/obez bireylerde peynir altı suyu takviyesinin kan basıncı, vasküler fonksiyon ve inflamatuvar belirteçler üzerine

etkisi kazein ve glukoz (kontrol) takviyesine kıyasla değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarında; peynir altı suyu proteini takviyesinin aşırı kilolu ve obez bireylerde kan basıncı ve damar fonksiyonlarını iyileştirdiği bildirilmiştir.

Frid ve diğerleri (2005) tarafından yapılan bir çalışmada, peynir altı suyu proteinleri ile desteklenen yüksek glisemik indeksli (GI) (Kahvaltı: beyaz ekmek; öğle yemeği: köfteli patates püresi) öğünlerin, tip 2 diyabetli deneklerde insülin salgılanması ve kan şekeri kontrolü üzerine etkisi araştırılmıştır. Kan şekeri, serum insülini, glikoza bağlı insülinotropik polipeptit (GIP) ve glukon benzeri peptid 1 (GLP-1) ölçümü için kan örnekleri alınmış. Kahvaltıdan önce (%31) ve öğle yemeğinden sonra (%57) insülin yanıtları, PAS'ın dahil edilmediği duruma göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Öğle yemeğinden sonra kan şekeri tepkisinin önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak; hızlı emilen ve sindirilen karbonhidratları içeren öğünlere PAS ilave edilmesi, tip 2 diyabetli deneklerde yemeklerden sonra insülin salınımını uyardığı ve postprandial kan glukoz dalgalanmasını azalttığı sonucuna varılmıştır.

Pal ve diğerleri (2010) 12 hafta boyunca yüksek kilolu/obez bireylerde PAS proteini takviyesinin vücut kompozisyonu, lipid, insülin ve glukoz üzerindeki etkilerini kazein ve glukoz (kontrol) takviyesine kıyasla değerlendirmişlerdir. PAS proteini ile takviye edilen deneklerin, kontrol ya da kazein grubu ile karşılaştırıldığında vücut kompozisyonunda veya serum glikozunda önemli bir değişiklik göstermediği bildirilmiştir. PAS grubunda açlık TAG seviyelerinin 6. hafta ve 12. haftada önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir. PAS grubunda toplam kolesterol ve LDL kolesterol seviyelerinde anlamlı bir düşüş olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar bu çalışmanın obez ve aşırı kilolu kişilerde insülin seviyelerini ve açlık lipid seviyelerini iyileştirdiğini belirtmiştir.

2.6. PEYNİR ALTI SUYUNDAN ALKOL VE SİRKE ÜRETİMİ

Literatürde peynir altı suyunun ham madde olarak kullanılması ile etil alkol ve sirke üretimine dayalı çalışmalar bulunmaktadır. Dragone ve diğerleri (2009) tarafından yapılan bir çalışmada laktozu fermente eden bir maya olan *Kluyveromyces marxianus* kullanılarak peynir altı suyunun fermente edilmesi sonucu etanol içeriği %35.4 olan bir içecek üretilmiştir.

Parrondo ve diğerkleri (2003) tarafından yapılan çalışmada ise laktoz ile takviye edilmiş peynir altı suyundan üretilen sirkelerde etanolün asetik aside biyotransformasyonunun %84 verimlilik ile gerçekleştiği bildirilmiştir. Ayrıca; nihai asetik asit konsantrasyonu %5 (v/v) olarak tespit edilmiştir. Araştırmacılar tarafından, sirke üretimi için kullanılan sürecin FAO gerekliliklerini karşıladığı ve elde edilen sirkenin insan tüketimi için uygun olduğunu belirtilmiştir. Elde edilen sirkede majör aroma komponentlerinin; etil asetat, 3-methyl-1-butanol, 2-methyl-1-butanol ve 2-methyl-1-propanol olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar tarafından bu aroma bileşiklerinin miktarları ise sırasıyla 13.36 ± 0.43 mg/L, 33.88 ± 0.05 mg/L, 8.98 ± 0.03 mg/L ve 40.75 ± 0.24 mg/L olarak tespit edilmiştir. Asetaldehitin ise alkollü üründe mevcut iken son ürün olan sirkede tespit edilemediği bildirilmiştir.

Lustrato ve diğerkleri (2013) ise çalışmalarında seçilmiş maya (*Kluyveromyces marxianus* Y102 suşu) ve asetik asit bakterisi (*Acetobacter aceti* DSM-G3508 suşu), alkol ve asetik fermantasyon için peynir altı suyuna sırasıyla inoküle edilerek sirke üretmişlerdir. Deneysel testler hem laboratuvar hem de pilot tesis (20 L ve 200 L) seviyelerinde gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar asetik asit üretkenliğini saatte 0.2 g/L olarak tespit etmiş olup, bu değerin literatürde bildirilen saatte 0.4 g/L değerinden düşük olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacıların çalışmanın başında kullandığı peynir altı suyunun laktoz değeri 23.7 g/L'dir. Fermantasyonun sona ermesinden sonra kalıntı laktoz konsantrasyonları yaklaşık 2.35 g/L olarak tespit edilmiş ve laktozun etanole dönüşümünün %90'dan fazla olmadığını belirtmişlerdir. Asetik asit dönüşüm verimliliği ise %88.9 olarak bildirilmiştir.

Kawamata ve diğerkleri (2021) yaptıkları çalışmada koji için hammadde olarak kolza tohumu küspesi (RM) ve buğday kepeği (WB) kullanılarak peynir altı suyu bazlı bir sirke geliştirmişlerdir. Çalışmada peynir altı suyu solüsyonu önce RM/WB koji ile şekerleştirilmiş ve daha sonra *Zymomonas mobilis* ile fermente edilerek alkollü bir içeceğe dönüştürülmüştür. Alkollü içecek *Acetobacter pasteurianus* ile asetik fermentasyona tabi tutularak sirke haline getirilmiştir. Araştırmacılar tarafından nihai lakto-sirkenin %4 (v/v) asetik asit içerdiği tespit edilmiştir. RM koji kullanılarak yapılan sirkenin antioksidan kapasite, aminoasit içeriği ve antihipertansif aktivite açısından WB koji kullanılarak yapılabna göre daha üstün olduğu ve bu nedenle lakto-sirke üretiminde koji yapmak için bir hammadde olarak RM'nin daha faydalı olduğu belirtilmiştir.

Çalışmada üretilen lakto-sirke, ticari siyah sirke ve tahıl sirkesi ile karşılaştırıldığında lakto-sirkenin besin değeri ve fonksiyonel özellikler açısından daha üstün olduğu bildirilmiştir. Ayrıca RM koji kullanılarak elde edilen peynir altı suyu bazlı sirkenin ticari sirkeden çok daha yüksek antioksidan kapasite, antihipertansif aktivite ve aminoasit içerisine sahip olduğu ortaya çıkarılmıştır.



3. BÖLÜM

MATERYAL METOT

3.1. PEYNİR ALTI SUYU ÖRNEKLERİNİN TEMİNİ

Ardahan ilinde eski/yeni kaşar peyniri üretimi yapan yerel firmalar faaaaliyet göstermekte olup, bu üretimler esnasında her yıl önemli miktarda peynir altı suyu açığa çıkmaktadır. Ardahan ilinde 2020 yılı verilerine göre Nisan-Ağustos ayları arasında ortalama 25.762 ton süt işlenmektedir. Belirtilen aylar arasında günlük açığa çıkan PAS miktarı 146-163 ton arasında olup, bu süreçte açığa çıkan toplam PAS miktarı ise 21.898-24.474 ton arasında değişmektedir. Eylül-Mart ayları arasında ise işlenen süt miktarında mevsime bağlı olarak düşüş gözlenmekte olup (6.440 ton); günlük PAS miktarı 26-29 ton arasında, bu aylar arasındaki toplam PAS miktarı ise 5.474-6.116 ton arasında değişmektedir (SERKA, 2020).

Çalışmada kullanılan peynir altı suyu örneği Ardahan'ın Göle ilçesinde faaliyet gösteren ve kaşar peyniri imal eden yerel bir firmadan temin edilmiştir. Alınan peynir altı suyu numunesi soğutucu çanta içerisinde laboratuvar ortamına getirilmiş ve +4 °C'de muhafaza edilmiştir.

3.2. PEYNİR ALTI SUYU SİRKESİ ÜRETİMİ

Peynir altı suyundan sirke üretimi, alkol ve asetik asit fermentasyonu olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiş olup; alkol fermentasyonunda *Kluyveromyces marxianus* CECT 1442 (Spanish Type Culture Collection, Spain; Katalok No: SJCE1442), asetik asit fermentasyonunda ise *Acetobacter aceti* CECT 298 (Spanish Type Culture Collection, Spain; Katalok No: SJCE298) starter kültür olarak kullanılmıştır.

Peynir altı suyu sirkesi Parrondo ve diğerleri (2003) tarafından kullanılan yöntem modifiye edilerek üretilmiştir. Peynir altı suyu sirkesi dört farklı şekilde üretilmiştir. Bunlardan ilki saf peynir altı suyunun, ikincisi %5 oranında laktozla zenginleştirilmiş peynir altı suyunun, üçüncüsü %10 oranında laktozla zenginleştirilmiş peynir altı suyunun ve dördüncüsü ise %15 oranında laktozla zenginleştirilmiş peynir altı suyunun fermantasyonu sonucu elde edilmiştir. Hazırlanan bu dört farklı ham madde 121 °C'de

15 dakika sterilize edilmiştir. Soğutulduktan sonra, peynir altı suyunun ilk fermentasyon döngüsü olan alkolik fermentasyon için her bir fermentasyon ortamına %1 oranında *Kluyveromyces marxianus* CECT 1442 suşu aşılanmıştır. Daha sonra çalkalmalı etüvde (SI-300, Lab Companion, South Korea) 120 rpm'de ve 37 °C'de ortalama iki hafta süre ile fermentasyona bırakılmıştır. Alkolik fermentasyon sürecinin akabinde, asetik asit fermentasyonu başlatılmıştır. Alkolik fermentasyonun son ürününe %1 oranında *Acetobacter aceti* CECT 298 suşu inoküle edilmiş ve çalkalmalı etüvde (SI-300, Lab Companion, South Korea) 120 rpm'de ve 30 °C'de ortalama iki hafta süre ile fermentasyona bırakılmıştır. Peynir altı suyu ve laktoz ilave edilmiş peynir altı sularının fermentasyonu sonucu elde edilen sirke örnekleri Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1. Peynir altı suyu ve laktoz ilave edilmiş peynir altı sularının fermentasyonu sonucu elde edilen sirke örnekleri

3.3. TOPLAM ASİTLİK VE PH TAYİNİ

4 g NaOH damıtık su ile litreye tamamlanarak 0.1N NaOH çözeltisi ve 1 g fenol fitalein %95'lik etil alkol ile 100 mL'ye tamamlanarak %1'lik fenol fitalein indikatörü hazırlanmıştır.

10 mL sirke bir erlenmayer içerisine alınmıştır. Üzerine 2-3 damla fenol fitalein indikatörü ilave edilip, bir büret yardımıyla 0.1 N NaOH çözeltisi ile açık pembe renk ortaya çıkıncaya kadar titre edilmiştir. Harcanan NaOH miktarı kaydedilmiş olup sonuçlar asetik asit cinsinden hesaplanmıştır (Uylaşer ve Başoğlu,2014).

$$\% \text{ Toplam Asit Miktarı(g/100mL)} = \frac{(a \times N \times \text{meq} \times F \times 100)}{\ddot{O}}$$

a= Titrasyonda harcanan NaOH miktarı (mL)

Ö= Örnek miktarı (mL-g)

N= Titrasyonda kullanılan NaOH normalitesi

F= Titrasyonda kullanılan NaOH faktörü

meq= Organik asidin meq ağırlığı Asetik asit= 60 g

Sirke örneklerinin pH değerleri ise bir pH metre (Mettler Toledo, Seven Excellence, Muliparameter) yardımı ile ölçülmüştür.

3.4. LAKTOZ TAYİNİ

Ham peynir altı suyunda bulunan ve fermentasyon sonrasında elde edilen dört farklı peynir altı suyu sirkesinde kalan laktoz miktarını belirlemek için yüksek performanslı sıvı kromatografisi cihazında (Shimadzu marka LC20AD model HPLC) analizler gerçekleştirilmiştir. Kolon fırını olarak CTO-10AS ve refraktif indeks dedektörü olarak RID 10A kullanılmıştır. Kullanılan kolon İntersustain NH2 250 x 4.6 mm'dir. Taşıyıcı faz olarak 0.45 µm partikül çapında milipurdan süzülmüş ultra saf su ve asetonitril (Merck, Germany) (80:20 asetonitril/saf su) kullanılmıştır. Akış hızı 1.3 mL/dk olarak belirlenmiş, kolon 40 °C sıcaklığa getirilmiş ve şırınganın enjeksiyon hacmi 20 µL olarak ayarlanmıştır. Analizler üç tekrar olarak çalışılmış ve ortalama değerleri kullanılmıştır.

3.5. PROTEİN TAYİNİ

1'er mL olacak şekilde örnek tüpü içerisine protein çözeltisi ve standart tüpü içerisine standart çözeltiler ve kör tüpüne ise saf su koyulmuştur. Daha sonra 100:1 oranında A reaktifi (%2 Na₂CO₃, %0.4 NaOH, %0.16 Na tartarat) ve B reaktifi (%4 CuSO₄.5H₂O) karışımından oluşan C reaktifinden 3 mL alınarak, tüm tüplere eklenmiştir. Elde edilen karışımlar oda sıcaklığında 30 dakika bekletilmiş olup, daha sonra 300 µL Folin-Fenol reaktifi vortekslenerek tüm tüplere eklenmiştir. Bu işlemi takiben, oda sıcaklığında 45 dk daha bekletilmiş ve absorbans değerleri köre karşı 660 nm'de okunmuştur. Standart olarak BSA kullanılmış olup; örneklerin protein miktarları, standart kalibrasyon grafiğinden faydalanarak hesaplanmıştır (Lowry ve diğerleri, 1951). Analizler üç tekrar olarak çalışılmış ve ortalama değerleri kullanılmıştır.

3.6. ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTE ANALİZLERİ

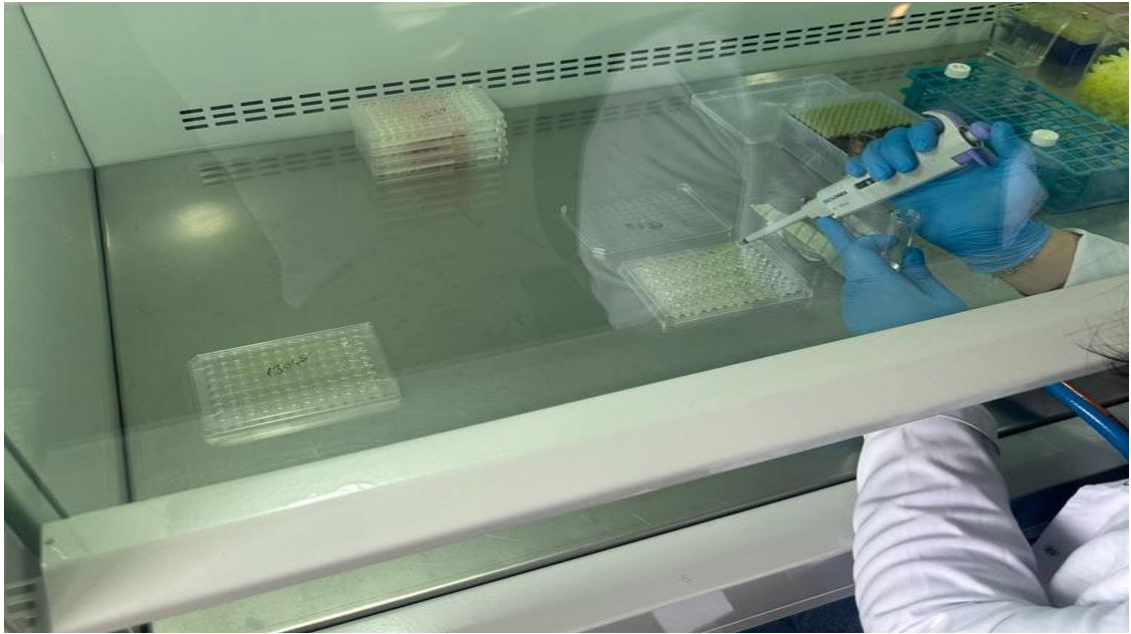
3.6.1. Agar Kuyu Difüzyon Metodu

Agar kuyu difüzyon metodu (Hufford ve diğerleri, 1975) için besiyeri olarak Muller Hinton Agar (MHA) (Merck, Germany), test bakterisi olarak ise *Bacillus licheniformis* ATCC 14580, *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048, *Escherichia coli* ATCC 8739, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 33495, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 ve *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* ATCC 6633 kullanılmıştır. McFarland 0.5 standardına göre ayarlanmış 16 saatlik bakteri kültürlerinin herbirinden 100 µL alınarak, steril besiyerlerine aşılanmış ve steril Petri plaklarına dökülmüştür. Tamamen katılaştığından emin olunduktan sonra steril cork borer yardımı ile 10 mm çapında kuyucuklar açılmıştır. Kuyucuklara peynir altı suyu ve peynir altı suyu sirkesinin her birinden (PASS, PASS %5, PASS %10 ve PASS %15) 150 µL eklenmiş, pozitif kontrol olarak ise Eritromisin standart antibiyotik kullanılmıştır. Petri plakları 37 °C'de 48 saat inkübe edilmiş ve inhibisyon zonları dijital kumpas yardımı ile ölçülmüştür. Analizler üç tekrar olarak çalışılmış ve ortalama değerleri kullanılmıştır.

3.6.2. Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu (MIC)

Minimum inhibisyon konsantrasyonu (MIC), broth mikrodilüsyon metodu ile (Abbasoğlu ve diğerleri, 1995; Uysal, 2011), agar kuyu difüzyon yönteminde kullanılan

aynı mikroorganizma türlerine karşı çalışılmıştır. 96-well microplate'in her bir kuyucuğuna 100 μ L Muller Hinton Broth (MHB) (Merck, Germany) eklenmiştir. İlk kuyucuklara peynir altı suyu ve peynir altı suyu sirkesinin her birinden ayrı ayrı 100 μ L eklenmiş ve dilüe edilmiştir. Daha sonra 0.5 McFarland standardına göre ayarlanmış 16 saatlik bakteri kültürlerinin her birinden 100 μ L kuyucuklara eklenmiş ve 37 °C'de 18 saat inkübe edilmiştir. Daha sonra her bir kuyucuğa %0.5 2,3,5-tripheniltetrazolium chloride (TTC) çözeltisinden eklenmiş ve renk değişiminin gözlenmediği ilk kuyucuk MIC olarak belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. MIC analizleri

3.6.3. Minimum Bakterisidal Konsantrasyonu (MBC)

Minimum bakterisidal konsantrasyonun (MBC) belirlenmesi için, MIC değerinin başladığı kuyucuktan başlayarak bakteri gelişiminin gözlenmediği kuyucukların her birinden 10 μ L örnek alınarak Muller Hinton Agar besiyerine ekim yapılmış ve 37 °C'de 24-48 saat inkübasyona bırakılmıştır. %99 bakteri inhibisyonunu sağlayan en yüksek madde konsantrasyonu MBC olarak belirlenmiştir (Erkmen, 2016). Analizler üç tekrar olarak çalışılmıştır.

3.6.4. Maksimum Tolere Edilebilir Konsantrasyon (MTC)

Test mikroorganizmalarının gelişimi üzerine herhangi bir etki göstermeyen en yüksek madde konsantrasyonu, maksimum tolere edilebilir konsantrasyon (MTC) olarak belirlenmiştir (Erkmen, 2016).

3.7. ANTİOKSİDAN AKTİVİTE PARAMETRELERİNİN TESPİTİ

3.7.1. Total Oksidan Seviye (TOS)

Örneklerin total oksidan seviye ticari spektrofotometrik kit (TOS; Rel Assay Diagnostics) kullanılarak belirlenmiştir. Demir iyonu-kenetleme kompleksi, örneklerde bulunan oksidantlar tarafından ferrik iyonla okside edilmektedirler. Reaksiyon ortamında yoğun miktarda bulunan güçlendirici moleküller sayesinde, oksidasyon reaksiyonu uzatılmaktadır. Asidik ortamda bir kromojen ile demir iyonu renkli bir kompleks oluşturur ve renk yoğunluğu örneklerde bulunan toplam oksidan molekül miktarı ile bağlantılıdır. Standart olarak H_2O_2 Equivalent/L kullanılmış ve kalibrasyon yapılmıştır.

Örnek küvetine 75 μ L örnek ve 500 μ L Reagent 1 ilave edilmiş ve iyice karıştırılmıştır. 30 saniye sonra 37 °C’ de 530 nm’de absorbansı ölçülmüştür (A_1). Daha sonra 25 μ L Reagent 2 ilave edilmiş ve iyice karıştırılmıştır. Tam zamanlı olarak zamanlayıcı çalıştırılmış ve 5 dk sonra absorbansı 530 nm’de ölçülmüştür (A_2). Standart küvetine ise 75 μ L standart solüsyonu eklenerek prosedür aynen uygulanmıştır. Analizler üç tekrar olarak çalışılmış ve ortalama değerleri kullanılmıştır.

$$A_2 - A_1 = \Delta \text{Abs Örnek}$$

$$\text{Sonuçlar} = \frac{(\Delta \text{Abs Örnek})}{(\Delta \text{Abs Standart})} \times \text{Standart Konsantrasyonu}$$

$$\text{Standart Konsantrasyonu} = 10 \mu\text{mol/L}$$

3.7.2. Total Antioksidan Seviye (TAS)

Toplam antioksidan seviye ticari spektrofotometrik kit (TAS; Rel Assay Diagnostics) kullanılarak belirlenmiştir. ABTS®'ye (2,2'-Azino-di-- [3-etilbenziazolin sülfonat]), bir peroksidaz (metmyoglobin) ve H₂O₂ ile radikal katyon ABTS®⁺'yı üretmek üzere inkübe edilmektedir. Bu 660 nm'de ölçülen nispeten sabit mavi-yeşil bir renge sahiptir. Eklenen örneklerde bulunan antioksidanlar, bu renk üretiminin konsantrasyonları ile orantılı bir dereceye kadar bastırılmasına neden olmaktadır. Test, geleneksel olarak bir E vitamini analogu olan Trolox Eşdeğeri (Trolox Equivalent) olarak adlandırılan kararlı bir antioksidan standart solüsyon ile kalibre edilmiştir.

Örnek küvetine 18 µL örnek ve 300 µL Reagent 1 ilave edilmiş ve iyice karıştırılmıştır. 30 saniye bekletildikten sonra 660 nm'de absorbansı ölçülmüştür (A₁). Daha sonra 45 µL Reagent 2 ilave edilmiş ve iyice karıştırılmıştır. 37 °C' de 5 dakika bekletildikten sonra 660 nm'de absorbansı ölçülmüştür (A₂). Su ve standart küvetlerinde ise örnek yerine su ve standart eklenerek prosedür aynen uygulanmıştır. Analizler üç tekrar olarak çalışılmış ve ortalama değerleri kullanılmıştır.

$$A_2 - A_1 = \Delta \text{Abs Örnek}$$

$$\text{Sonuç} = \frac{(\Delta \text{Abs H}_2\text{O} - \Delta \text{Abs Örnek})}{(\Delta \text{Abs H}_2\text{O} - \Delta \text{Abs Standart})}$$

3.7.3. Glutasyon (GSH) Düzeyinin Belirlenmesi

Glutasyon düzeyi ticari spektrofotometrik kit (GSH; Sunlong Biotech) ile belirlenmiştir. Bu yöntem, reaksiyon ortamına ilave edilen 5,5-ditiyobis-(2-nitrobenzoik asit) (DTNB)'inin sülfidril grupları tarafından indirgenmesi sonucunda, 1 mol sülfidriye karşılık 1 mol 2-nitro-5-merkaptobenzoik asit oluşumuna dayanmaktadır (Sedlak ve Lindsay, 1968).

Örneklerin GSH düzeylerini belirlemek için örnek küvetine sırasıyla 100 µL örnek, 700 µL Regent 2, 200 µL Reagent 3 eklenmiş ve iyice karıştırılmış ve 2 dk sonra 412 nm'de absorbansı ölçülmüştür (A_T). Aynı prosedür örnek yerine 100 µL saf su eklenerek kör tüpü için (A_B) ve standart solüsyonu eklenerek standart tüpü içinde uygulanmıştır.

Standart eğrisinden oluşturulan formül kullanılarak değerler “µg/mL” olarak belirlenmiştir. Analizler üç tekrar olarak çalışılmış ve ortalama değerleri kullanılmıştır.

$$\Delta A = A_T - A_B$$

$$\text{GSH } (\mu\text{g/mL}) = \frac{(\Delta\text{abs} - 0.1285)}{0.0153}$$

3.7.4. Katalaz (CAT) Enzim Aktivitesi

Katalaz enzim aktivitesi ticari spektrofotometrik kit (CAT; Sunlong Biotech) ile belirlenmiştir. Katalaz analizinin prensibi H₂O₂'in ışık spektrumunun ultraviyole dalga boyunun azalma ile artan bir absorbans vermesine dayanmaktadır. Numunede bulunan katalazın etkisiyle, uygun bir tampon içerisinde bulunan H₂O₂'in yıkılması sonucu absorbansta azalma görülmektedir. Absorbansta gözlemlenen bu azalma hızı ile katalaz aktivitesi doğru orantılıdır (Johansson ve Borg, 1988).

Örneklerin CAT enzim aktivitesini belirlemek için CAT çalışma solüsyonu 10 dk 25 °C'de su banyosunda bekletilmiştir. Daha sonra 1 mL çalışma solüsyonu içersine 35 µL örnek eklenmiştir. 5 dk sonra 240 nm'de absorbans değeri ölçülmüş (A₁) ve 1 dk sonra yeniden ölçülmüştür (A₂). Analizler üç tekrar olarak çalışılmış ve ortalama değerleri kullanılmıştır.

$$\Delta A = A_1 - A_2$$

$$\text{CAT (U/mL)} = 678 \times \Delta A$$

3.8. AROMA BİLEŞENLERİ TAYİNİ

Ham peynir altı suyunda bulunan ve fermentasyon sonrasında elde edilen dört farklı peynir altı suyu sirkesinde bulunan aroma bileşenlerini belirlemek için Gaz Kromatografisi/Kütle Spektrofotometre cihazı (GC/MS) (Shimadzu, QP 2010 Ultra) kullanılmıştır. Cihazda Restek RTX-1301 (60.0 m × 0.25 mm × 1.40 µm) kolonu kullanılmış olup, analiz koşulları Tablo 4 ve 5'te sunulmuştur. Enjeksiyon sıcaklığı 230 °C, basınç 164.9 kPa, kolon akış hızı ise 1.50 mL/dk olarak uygulanmıştır. Başlangıç

sıcaklığı 40 °C'ye ayarlanmış ve 5 dk tutulmuştur. Final sıcaklığı ise 230 °C'de 20 dk olacak şekilde ayarlanmıştır. Örneklem Headspace Loop metodu ile yapılmıştır. Analizde kullanılan peynir altı suyu ve peynir altı suyu sirkeleri herhangi bir seyretmeye tabi tutulmadan stok konsantrasyonda kullanılmıştır.

Tablo 4. GC/MS analiz koşulları

GC-MS Çalışma Koşulları			Fırın Sıcaklık Programı		
			Oran	Son Sıcaklık	Bekleme Süresi
Model	:	Shimadzu QP 2010 Ultra	-	40 °C	5 dk
Kolon	:	RTX-1301	4	85 °C	1 dk
Taşıyıcı gaz	:	He	5	150 °C	1 dk
Kolon akış hızı	:	1.50 mL/dk	10	230 °C	20 dk
Toplam akış	:	6.0 mL/dk			
Enjeksiyon modu	:	Bölünmeli (Split)			
Enjeksiyon sıcaklığı	:	230 °C			
Kolon fırın sıcaklığı	:	40 °C			
Basınç	:	164.9 kPa			
Enjeksiyon türü	:	Headspace			

Tablo 5. Headspace Loop metodu analiz şartları

Headspace Loop Koşulları	
Valf fırın sıcaklığı	60 °C
Transfer hattı sıcaklığı	60 °C
Bekleme akış hızı	60 mL/dk
Örnek sıcaklığı	40 °C
Örnek sıcaklık denge zamanı	1.0 dk
Örnek denge zamanı	20 dk
Karıştırma süresi	5 dk
Mixer dengeleme zamanı	0.5 dk
Basınç	10 PSIG
Basınç zamanı	2 dk
Basınç denge zamanı	2 dk
Döngü doldurma basıncı	5 PSIG
Döngü doldurma süresi	2 dk
Enjeksiyon zamanı	5 dk

3.9. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Çalışmadan elde edilen verilerin ortalama değeri ve standart sapmalarının hesaplanması için SPSS istatistiksel analiz paket programı (versiyon 25) kullanılmış ve sonuçlar "ortalama $\pm$ standart sapma" olarak verilmiştir. Biyokimyasal analizlerde Oneway ANOVA ve post hoc çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.



4. BÖLÜM

BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmada ham madde olarak kullanılan peynir altı suyundan, dört farklı peynir altı suyu sirkesi elde edilmiştir. Bunlardan ilki herhangi bir ilave söz konusu olmadan saf peynir altı suyundan elde edilen sirkedir (PASS). İkincisi peynir altı suyu içerisine %5 oranında laktoz ilavesi yapılmış olan sirke (PASS %5), üçüncüsü peynir altı suyuna %10 oranında laktoz ilavesi yapılmış olan sirke (PASS %10) ve dördüncüsü ise peynir altı suyuna %15 oranında laktoz ilavesi yapılmış olan sirkedir (PASS %15). Peynir altı suyu sirkelerinin fermentasyonu esnasında bu şekilde farklı laktoz içeriğine sahip peynir altı suları kullanılarak, ortamdaki laktoz miktarının fermentasyon süreci, asitlik miktarı, antimikrobiyal aktivite, oksidan ve anitoksidan aktivite parametreleri ile glutatyon düzeyi ve katalaz enzim aktivitesi üzerinde oluşturduğu etki belirlenmiştir.

4.1. TOPLAM ASİTLİK VE PH TAYİNİ

Peynir altı suyundan (PAS) elde edilen dört farklı peynir altı suyu sirkesi için toplam asit tayini yapılmış olup, elde edilen sonuçlar Tablo 6'da verilmiştir. Toplam asitlik tayininde fenol fitalein ilave edildikten sonra 0.1 N NaOH çözeltisi ile titre edilen numunede pembe renk oluşumu Şekil 3'te görülmektedir. TS 1880 EN 13188 sirke standardında (2003), sirkenin toplam asit içeriğinin en az 4 g/100 mL (asetik asit cinsinden) olması gerektiği bildirilmiştir. Peynir altı suyu sirkelerinden elde edilen dört farklı sirkenin toplam asit miktarı incelendiğinde, tüm sirke örneklerinin 4 g/100 mL'den fazla toplam asit miktarına sahip olduğu ve standartlara uygun olduğu tespit edilmiştir. Literatürde benzer çalışmalar incelenmiş olup, Parrondo ve diğerleri (2003) tarafından yapılan çalışmada laktoz katkılı peynir altı suyundan elde edilen sirkenin asetik asit konsantrasyonunun %5 olduğu bildirilmiştir. Kawamata ve diğerleri (2021) ise, kolza tohumu küspesi (RM) ve buğday kepeği (WB) kullanılarak elde edilen koji ilave edilerek peynir altı suyu bazlı bir laktosirke geliştirmişlerdir. Elde edilen bu laktosirkenin %4 (v/v) asetik asit içerdiği tespit edilmiştir. Tarafımızca elde edilen peynir altı suyu sirkelerinin asitlik oranının da bu sirkeler ile uyumlu olduğu gözlenmektedir.

Ünal ve Canbaş (2008) tarafından yapılan çalışmada Dimitri üzümünden elde edilen sirke örneklerinde toplam asitlik 4.14-6.59 g/100 mL arasında belirlenmiştir. Cosmulescu ve diğerleri (2022) tarafından ise, bazı yabani meyve türlerinden elde edilen ev yapımı sirkeler ile ticari sirkeler karşılaştırılmış ve ev yapımı sirkelerde toplam asitlik miktarının 0.32-5.09 g/100 mL arasında; ticari sirkelerde ise 4.14-9.63 g/100 mL arasında olduğu bildirilmiştir. Bu veriler ile karşılaştırıldığına çalışmamızda elde edilen sirkelerin toplam asit değerlerinin literatürle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 6. Peynir altı suyu sirkelerinin % toplam asitlik miktarları

Sirke Örneği	% Toplam Asit Miktarı (g/100 mL)	pH
PASS	5.92	4.553
PASS %5	7.18	3.699
PASS %10	14.72	3.821
PASS %15	14.97	3.793

Saf peynir altı suyundan elde edilen PASS'ın toplam asit miktarı 5.92 g/100 mL, pH değeri ise 4.553 olarak belirlenmiştir. Bu asitlik peynir altı suyunun bünyesinde doğal olarak bulunan laktozun *K. marxianus* CECT 1442 ve *A. aceti* CECT 298 tarafından fermentasyonu sonrasında oluşmuştur. Diğer sirke örneklerinde ise peynir altı suyuna farklı oranlarda laktoz ilavesi ile ortamdaki laktoz miktarı artırılmış ve buna bağlı olarak asitlik miktarında da artış meydana gelmiştir. Burada dikkat çeken nokta, PASS %15 daha fazla miktarda laktoz içermesine rağmen, asitlik miktarı PASS %10 ile oldukça yakındır. Bu durum fermentasyon süresinin tüm sirkelerde eş zamanlı olarak başlatılıp, yine eş zamanlı olarak sonlandırılması ile yakından ilişkilidir. Tablo 7'de verilen laktoz miktarları incelendiğinde PASS %15 içerisinde hala kayda değer bir laktoz miktarının var olduğu gözlenmektedir. Fermentasyon süresinin PASS %15'te daha da uzatılması durumunda ortamdaki laktoz miktarının azalacağı ve buna bağlı olarak toplam asit miktarının da artacağı öngörülmektedir.



Şekil 3. Toplam asitlik tayininde fenol fitalein ilave edildikten sonra 0.1 N NaOH çözeltisi ile numunenin titre edilmesi sonucu oluşan açık pembe renk

4.2. LAKTOZ TAYİNİ

Çalışmada ham madde olarak kullanılan peynir altı suyunda bulunan ve fermantasyon sonrasında elde edilen peynir altı suyu sirkelerinde kalan laktoz miktarını tespit etmek amacıyla laktoz analizleri yapılmış olup, laktoz tayininde kullanılan kalibrasyon eğrisi Şekil 4'te, analizden elde edilen veriler ise Tablo 7'de verilmiştir. Peynir altı suyu ve peynir altı suyundan elde edilen dört farklı sirke çeşidinin laktoz analizine ait HPLC kromatogramları Şekil 5, 6, 7, 8 ve 9' da yer almaktadır.

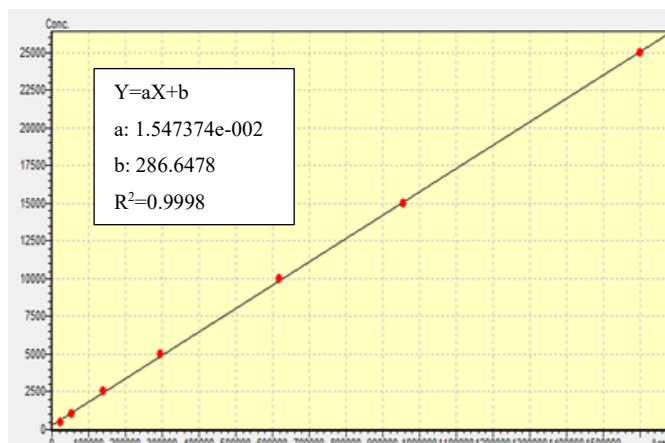
Bu verilere göre sirke üretiminde ham madde olarak kullanılan PAS'ın laktoz miktarı 32.912 g/L olarak belirlenmiştir. Literatürde peynir altı suyunun bileşimiyle ilgili birçok çalışma mevcuttur. Masatcioğlu ve diğerleri (2020) tarafından yapılan peynir altı suyunun bisküvi ve erişte gibi tahıl ürünlerinde kullanım olanaklarının araştırıldığı çalışmada, beyaz peynir üretimi sırasında açığa çıkan peynir altı suyu materyal olarak kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan peynir altı suyunun laktoz içeriğinin 5.04 g/100 mL olarak tespit edildiği bildirilmiştir. Boumba ve diğerleri (2001) tarafından feta peynirinden (beyaz peynir) elde edilen kurutulmuş peynir altı suyu ürünlerinin bileşimi ve besin değeri incelenen çalışmada feta peyniri üreten bir fabrikadan alınan peynir altı suyunun laktoz içeriği %5.07 olarak belirlenmiştir. Peynir altı suyunun bileşiminde bulunan protein ve laktozun kullanımı için ultra ve nanofiltrasyonun araştırıldığı başka bir çalışmada ise, besleme çözeltisi olarak kullanılan peynir altı suyunun laktoz miktarı 48.5 g/L olarak bildirilmiştir (Atra ve diğerleri, 2005). Peynir altı suyunda bulunan laktoz miktarı elde edilen peynirin türüne, peynir üretiminde ham madde olarak kullanılan sütün

içeriğine, peynir üretiminde tercih edilen yöntem ve diğer benzer koşullara bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir.

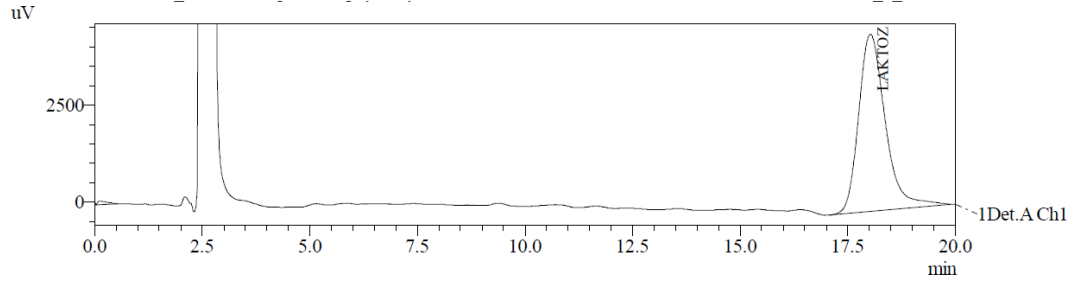
Tablo 7. Peynir altı suyu ve peynir altı sirkelerine ait laktoz analizi sonuçları

Sirke Örneği	Laktoz Miktarı (g/L)
PAS	32.912 ± 610.005
PASS	0.540 ± 11.629
PASS %5	0.615 ± 10.450
PASS %10	3.477 ± 47.481
PASS %15	50.798 ± 1075.403

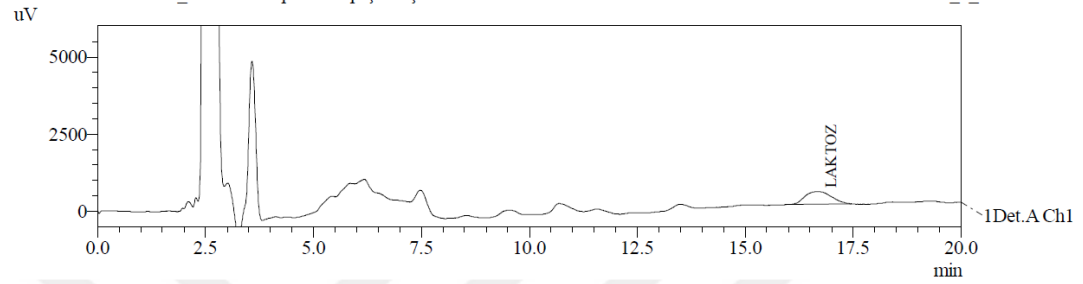
Peynir altı suyunun ham madde olarak kullanılarak peynir altı suyu sirkesinin elde edildiği bir çalışmada, çalışmanın başında kullanılan peynir altı suyunun laktoz değerinin 23700 mg/L olarak tespit edildiği, fermantasyonun sona ermesinden sonra kalıntı laktoz konsantrasyonları yaklaşık 2350 mg/L olarak tespit edildiği bildirilmiş olup, ham maddede bulunan laktoz fermantasyon esnasında yaklaşık %90 oranında metabolize edilmiştir (Lustrato ve diğerleri, 2013). Söz konusu çalışma ile karşılaştırıldığında, tarafımızca yapılan çalışmada ham madde olarak kullanılan peynir altı suyunda bulunan laktoz miktarının daha fazla (32.912 g/L), fermantasyon sonrasında ortamda kalan laktoz miktarının ise daha az (0.540 g/L) olduğu görülmektedir (Tablo 7). Bu durum bizim çalışmamızda, ham maddede bulunan laktozun fermantasyon esnasında yaklaşık %98 oranında metabolize edildiğini göstermektedir.



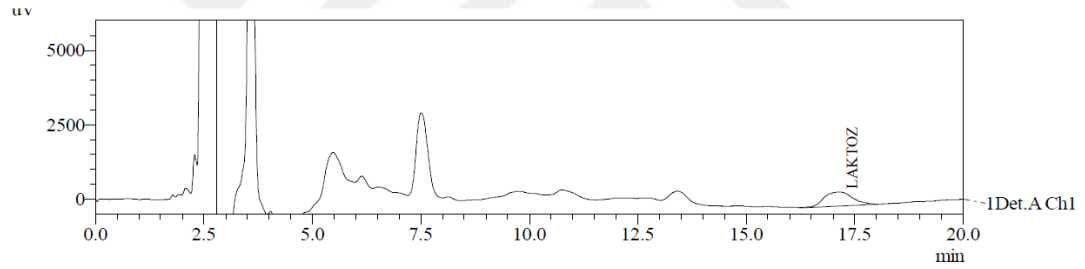
Şekil 4. Laktoz analizi kalibrasyon eğrisi



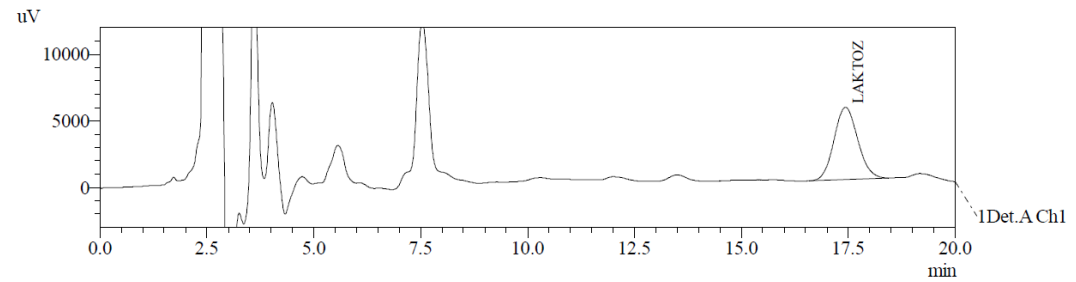
Şekil 5. Peynir altı suyu (PAS) laktoz miktarı analizine ait HPLC kromatogramı



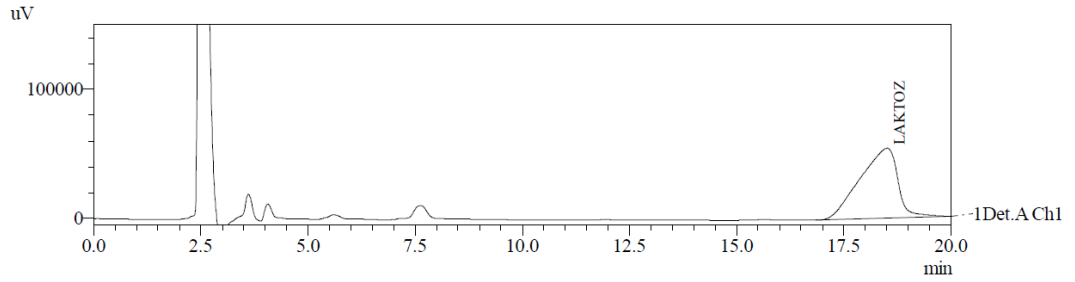
Şekil 6. Ham peynir altı suyundan elde edilen sirkenin (PASS) laktoz miktarı analizine ait HPLC kromatogramı



Şekil 7. %5 Laktoz ilave edilmiş peynir altı suyundan elde edilen sirkenin (PASS %5) laktoz miktarı analizine ait HPLC kromatogramı



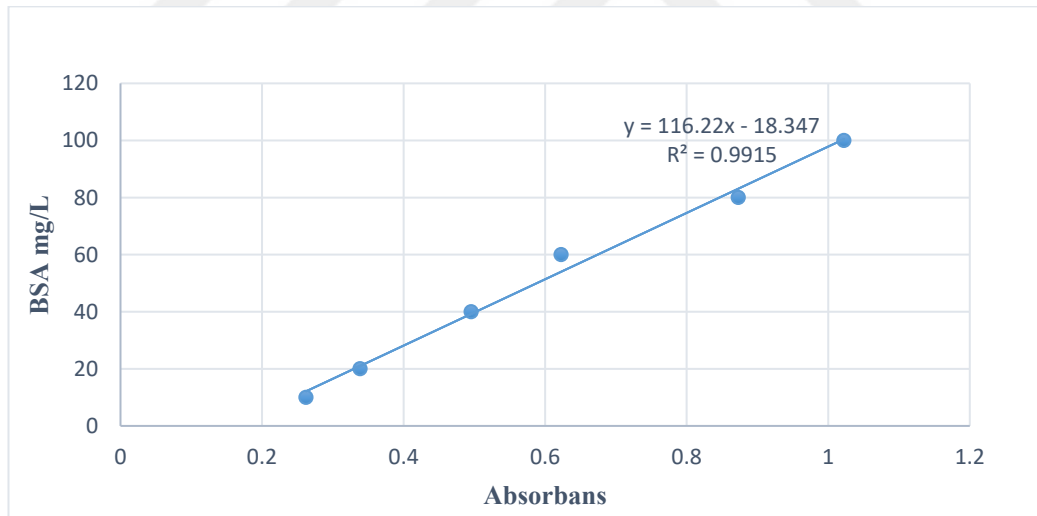
Şekil 8. %10 Laktoz ilave edilmiş peynir altı suyundan elde edilen sirkenin (PASS %10) laktoz miktarı analizine ait HPLC kromatogramı



Şekil 9. %15 Laktoz ilave edilmiş peynir altı suyundan elde edilen sirkenin (PASS %15) laktoz miktarı analizine ait HPLC kromatogramı

4.3. PROTEİN TAYİNİ

Bu çalışmada ham madde olarak kullanılan peynir altı suyunda ve fermantasyon sonrasında elde edilen peynir altı suyu sirkelerinde bulunan protein miktarını tespit etmek amacıyla, Lowry ve diğerleri (1951) tarafından önerilen yöntem ile toplam protein analizleri yapılmış olup; toplam protein miktarları oluşturulan standart kalibrasyon grafiğinden yararlanarak hesaplanmış ve protein tayininde kullanılan standart kalibrasyon eğrisi Şekil 10’da verilmiştir.



Şekil 10. Protein tayininde kullanılan kalibrasyon eğrisi

Yapılan analizler sonucu elde edilen veriler Tablo 8’de sunulmuştur. Bu verilere göre, ham madde olarak kullanılan PAS için protein değeri 0.948 g/100 g olarak tespit edilmiştir. Lustrato ve diğerleri (2013) tarafından ise peynir altı suyu ham madde olarak kullanılarak peynir altı suyu sirkesinde kullanılan peynir altı suyunun protein içeriği %0.75 olduğu bildirilmiştir. Türkmen ve diğerleri (2017) tarafından yapılan çalışmada, üretiminde çiğ sütün kuru madde standardizasyonunu sağlamak amacıyla su yerine farklı

oranlarda peynir altı suyu kullanılarak üretilen ayranların özelliklerinin incelenmesi hedeflenmiş ve kullanılan peynir altı suyunun protein içeriği %0.52 olarak belirlenmiştir. Doultani ve diğerleri (2004) katyon değişim kromatografisi kullanarak peynir altı suyundan proteinlerin fraksiyonlanması amacıyla yaptıkları çalışmada kullandıkları peynir altı suyunun protein içeriğini %0.85 olarak saptamışlardır. Yapılan başka bir çalışmada ise, Cheddar peyniri üretimi sonucu açığa çıkan tatlı peynir altı suyunun protein içeriği %0.8 olarak bildirilmiştir (Blaschek ve diğerleri, 2007). Bu verilerle karşılaştırıldığında çalışmamızda kullanılan peynir altı suyunun protein içeriğinin daha yüksek olduğu gözlemlenebilmektedir.

Tablo 8. Peynir altı suyu ve peynir altı sirkelerine ait protein analizi sonuçları

Sirke Örneği	Toplam Protein (g/100 g)
PAS	0.948 ± 0.083
PASS	0.308 ± 0.014
PASS %5	0.423 ± 0.07
PASS %10	0.423 ± 0.037
PASS %15	0.432 ± 0.006

Tablo 8 incelendiğinde PAS'ın fermantasyonu sonucunda elde edilen peynir altı suyu sirkelerinde de farklı miktarlarda protein tespit edilmiştir. PASS, PASS %5, PASS %10 ve PASS %15 numunelerinin protein içeriklerinin, ham maddeye oranla fermantasyon sonrasında yaklaşık %50 oranında azaldığı görülmektedir. Bu durumun peynir altı suyunun fermantasyonu sonucu oluşan sirkenin asitliğinden dolayı, proteinin denatüre olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Peynir altı suyu sirkelerinde, ham maddeye oranla protein miktarında bir düşüş gözlemlense de hayvansal ürün bazlı bir sirke olan peynir altı suyu sirkesinde protein bulunması, tüketici sağlığı açısından destekleyici bir durum olarak değerlendirilmektedir.

4.4. ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTE

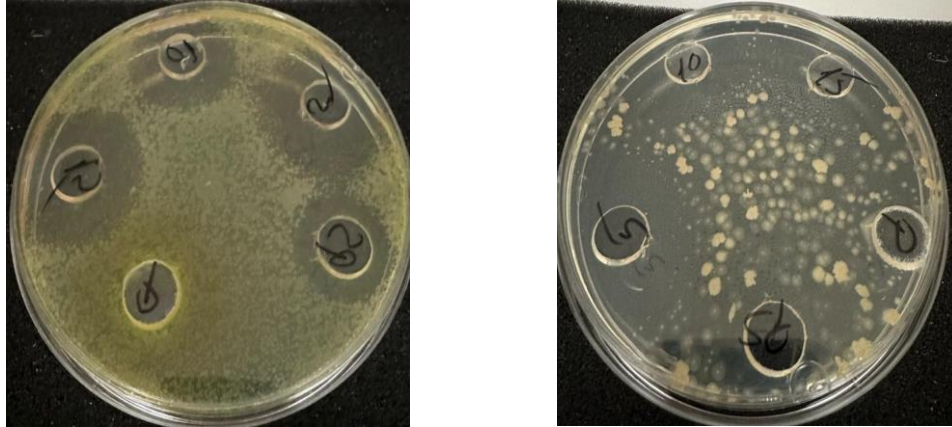
Çalışmada ham madde olarak kullanılan peynir altı suyu ve fermantasyon sonrasında elde edilen peynir altı suyu sirkelerinin antimikrobiyal aktivitesi agar kuyu difüzyon, MIC, MTC ve MBC yöntemleri ile çalışılmış olup; elde edilen sonuçlar sırasıyla Tablo 9, 10, 11 ve 12'de verilmiştir. Agar kuyu difüzyon metodu ile mikrobiyal

aktivitesi test edilen *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027 ve *Bacillus licheniformis* ATCC 14580 mikroorganizmalarına ait inhibisyon zonları Şekil 11’ de yer almaktadır.

Tablo 9. Peynir altı suyu ve peynir altı suyu sirkelerine ait antimikrobiyal aktivite sonuçları

	PAS	PASS	PASS %5	PASS %10	PASS %15	Eritromisin
			(mm)			
<i>Bacillus licheniformis</i> ATCC 14580	-*	17.0867** ±1.7569***	29.0467 ± 1.7309	29.6400 ± 1.3058	29.9900 ± 0.9550	23.3200 ± 1.2124
<i>Enterobacter aerogenes</i> ATCC 13048	-	-	23.0267 ± 0.6297	23.4667 ± 1.4877	24.2267 ± 0.9257	11.9767 ± 0.3758
<i>Escherichia coli</i> ATCC 8739	-	17,6433 ± 1.0819	27.1700 ± 0.8239	26.1100 ± 1.6558	26.0933 ± 1.8434	10.5433 ± 0.5259
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 9027	-	19.8033 ± 1.3041	24.1333 ± 1.1521	25.5767 ± 0.9992	26.0900 ± 1.5634	15.5767 ± 0.2779
<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 33495	-	18.7633 ± 0.5651	24.6367 ± 0.9582	24.8233 ± 0.9243	24.7900 ± 0.8029	10.8533 ± 0.9681
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	-	-	23.4800 ± 1.1537	24.1867 ± 0.9936	25.3200 ± 1.2894	27.4967 ± 0.5002
<i>Bacillus subtilis</i> subsp. <i>spizizenii</i> ATCC 6633	-	20.1667 ± 0.8612	25.8500 ± 2.1980	27.8933 ± 1.4552	28.0333 ± 1.1500	31.8200 ± 1.3524

*: Tespit edilemedi, **: Ortalama değer, ***: Standart sapma



Şekil 11. Agar kuyu difüzyon metodu ile mikrobiyal aktivitesi test edilen *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027 ve *Bacillus licheniformis* ATCC 14580'e ait inhibisyon zonları

Tablolarda görüldüğü üzere peynir altı suyunda (PAS) kullanılan hiçbir test bakterisine karşı inhibisyon zonu tespit edilmemiş olup, aynı zamanda MIC, MTC ve MBC değerleri de belirlenememiştir. Taş ve Güneşer (2021) tarafından yapılan farklı probiyotik laktik asit bakterilerince fermentasyona uğratılan ve enzimatik hidroliz uygulanan peynir altı sularının biyoaktif özelliklerinin incelendiği çalışmada; peynir altı sularının *Escherichia coli* ATTC 25922, *Staphylococcus aureus* ATTC 6538, *Listeria monocytogenes* 4c RSKK 476 ve *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar *Typhimurium* ATCC 700408 bakterileri üzerinde herhangi bir mikrobiyal inhibisyon gerçekleştirmediğini belirtilmiştir. Başka bir çalışmada; zerdeçal, Manuka balı ve peynir altı suyu proteinlerinin gram pozitif (*Bacillus subtilis* NCTC 6276, *Listeria monocytogenes* CDC KC36 ve *Staphylococcus aureus* NCTC 8530) ve gram negatif (*Escherichia coli* NCTC 10863, *Escherichia coli* O157:H7CDC G5244 suşu, *Proteus vulgaris* NCTC 4175, *Shigella sonnei* ATCC 29029 ve *Salmonella typhimurium* CDC AMO 3398) test bakterileri üzerinde sinerjik ve additif antimikrobiyal etkileri incelenmiş olup, peynir altı suyu protein izolatlarının incelenen hiçbir bakteriye karşı etkili olmadığı bildirilmiştir (Balan ve diğerleri, 2016). Swami ve diğerleri (2022) tarafından yapılan çalışmada, fermente peynir altı sularının ve farklı moleküler ağırlıklı fraksiyonlarının antimikrobiyal özellikleri incelenmiştir. Çalışmada test bakterileri olarak gram pozitif (*Bacillus cereus* ve *Listeria monocytogenes*) ve gram negatif (*Escherichia coli* ve *Salmonella typhimurium*) bakterileri kullanılmıştır. Kontrol olarak kullanılan peynir altı suyunun test mikroorganizmalarına karşı antimikrobiyal aktivite göstermediği

bildirilmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçların, tarafımızca elde edilen sonuçlar ile uyumlu olduğu gözlenmektedir.

Buna karşın, peynir altı suyunun fermantasyonu sonucunda elde edilen dört sirke örneğinde de değişen oranlarda antimikrobiyal aktivite tespit edilmiştir. Bu sirkeler içerisinde test bakterilerine karşı en düşük aktiviteyi saf peynir altı suyundan elde edilen PASS sergilemiştir. Dolayısıyla PASS'ın test bakterilerine karşı oluşturduğu zon çapı değerlerinin diğer sirkelerden daha düşük (17.0867-20.1667 mm arasında); MIC (25-50 $\mu\text{L/mL}$ arasında), MBC (25-50 $\mu\text{L/mL}$ arasında) ve MTC (12.50-25 $\mu\text{L/mL}$ arasında) değerlerinin ise daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Ayrıca, PASS'ın *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048 ve *Staphylococcus aureus* ATCC 6538'a karşı inhibisyon zonu oluşturmadığı gözlenmektedir. Buna karşın, bu sirkeye en duyarlı olan test bakterisi ise *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* ATCC 6633 olarak belirlenmiştir (Zon çapı: 20.1667 mm, MIC: 25 $\mu\text{L/mL}$, MTC: 12.50 $\mu\text{L/mL}$ ve MBC: 25 $\mu\text{L/mL}$).

Literatürde peynir altı suyu sirkesinin antimikrobiyal aktivitesi ile ilgili bir çalışmaya rastlanamamış olup, farklı sirke örneklerinin antimikrobiyal aktivitesi ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir. Choi ve diğerleri (2015) tarafından yapılan çalışmada, esmer pirincin fermentasyonu ile üretilen sirkenin antimikrobiyal etkisi disk difüzyon yöntemi ile belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan esmer pirinç sirkelerinin *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, *Yersinia enterocolitica* ve *Lodderomyces elongisporus*'a karşı yüksek oranda antimikrobiyal etkisi olduğu bildirilmiştir. Bakir ve diğerleri (2017) tarafından yapılan bir başka çalışmada 18 adet sirke örneğinin *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium* ve *Escherichia coli*'ye karşı antimikrobiyal aktiviteleri disk difüzyon yöntemi ile değerlendirilmiş ve sirke örneklerinin zon çapı değerleri *S. aureus* için 9-13 mm, *S. typhimurium* için 9-16 mm ve *E. coli* için ise 9-14 mm olarak belirlenmiştir.

Farklı laktoz konsantrasyonları ile zenginleştirilen PAS'tan fermente edilen sirkeler olan PASS %5, PASS %10 ve PASS %15 için belirlenen antimikrobiyal aktivite değerlerinin birbirlerine yakın olduğu Tablo 9, 10, 11 ve 12'de görülebilmektedir. Çalışmamızda MIC değerleri PASS %5 için 6.25-50 $\mu\text{L/mL}$, PASS %10 için 6.25-50 $\mu\text{L/mL}$ ve PASS %15 için ise 6.25-25 $\mu\text{L/mL}$ olarak tespit edilmiştir.

Baldas ve Altuner (2018) tarafından yapılan çalışmada, üzüm ve elma sirkelerinin antimikrobiyal etkileri araştırılmış olup, üzüm sirkesinin test edilen tüm

mikroorganizmalara karşı 12.5-50 µg/mL MIC değeri ile en yüksek antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Elma sirkesinin ise *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus durans*, *Pseudomonas fluorescens*, *Salmonella kentucky* ve *Candida albicans*'a karşı herhangi bir aktivite göstermediği gözlenmiştir olup, test edilen diğer mikroorganizmalara karşı 25-50 µg/mL MIC değeri ile antimikrobiyal aktivite sergilediği belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan elma ve üzüm sirkeleri *Enterobacter aerogenes*, *Klebsiella pneumoniae* ve *Pseudomonas aeruginosa*'nın MIC değerleri 50 µg/mL, *Staphylococcus aureus*'a ait MIC değerleri ise 25 µg/mL'dir. Bu çalışmadan elde edilen MIC değerleri ile, bizim çalışmamızda PASS'ın MIC değerlerinin uyumlu olduğu gözlenmektedir. Çalışmamızda kullanılan PASS %5, PASS %10 ve PASS %15 sirkelerine ait MIC değerlerinin ise, bu çalışmada kullanılan elma sirkesi MIC değerlerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Tablo 10. Peynir altı suyu ve peynir altı suyu sirkelerine ait MIC sonuçları

	PAS	PASS	PASS %5	PASS %10	PASS % 5
	(µL/mL)				
<i>Bacillus licheniformis</i> ATCC 14580	-*	50	6.25	6.25	6.25
<i>Enterobacter aerogenes</i> ATCC 13048	-	-	50	50	25
<i>Escherichia coli</i> ATCC 8739	-	-	25	25	25
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 9027	-	50	12.50	25	12.50
<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 33495	-	50	12.50	25	12.50
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	-	50	25	25	25
<i>Bacillus subtilis</i> subsp. <i>spizizenii</i> ATCC 6633	-	25	6.25	12.50	6.25

*: Tespit edilemedi

Tablo 11'de test mikroorganizmalarının peynir altı suyu ve bundan elde edilen peynir altı suyu sirkelerini tolere edebilecekleri maksimum konsantrasyon değerleri (MTC) verilmiştir. MTC değerleri PAS'ta tespit edilememiş olup, PASS için ise *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048 ve *Escherichia coli* ATCC 8739'de belirlenememiştir. Diğer üç sirke çeşidinin MTC değerlerinin yakın olduğu gözlenmektedir.

Tablo 11. Peynir altı suyu ve peynir altı suyu sirkelerine ait MTC sonuçları

				PAS	PASS	PASS %5	PASS %10	PASS %15
				(µL/mL)				
<i>Bacillus licheniformis</i>	ATCC	-*		25	3.125	3.125	3.125	3.125
14580								
<i>Enterobacter aerogenes</i>		-		-	25	25	12.50	
ATCC 13048								
<i>Escherichia coli</i>	ATCC 8739	-		-	12.50	12.50	12.50	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		-		25	6.25	12.50	6.25	
ATCC 9027								
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	ATCC	-		25	6.25	12.50	6.25	
33495								
<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC	-		25	12.50	12.50	12.50	
6538								
<i>Bacillus subtilis</i> subsp. <i>spizizenii</i>		-		12.50	3.125	6.25	3.125	
ATCC 6633								

*: Tespit edilemedi

MBC değerleri, dört sirke çeşidinin hiçbirini için *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048, *Escherichia coli* ATCC 8739 ve *Staphylococcus aureus* ATCC 6538'ta tespit edilememiştir (Tablo 12).

Tablo 12. Peynir altı suyu ve peynir altı suyu sirkelerine ait MBC sonuçları

				PAS	PASS	PASS %5	PASS %10	PASS %15
				(µL/mL)				
<i>Bacillus licheniformis</i>	ATCC	-*		50	12.50	12.50	12.50	
14580								
<i>Enterobacter aerogenes</i>	ATCC	-		-	-	-	-	
13048								
<i>Escherichia coli</i>	ATCC 8739	-		-	-	-	-	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ATCC	-		-	50	50	50	
9027								
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	ATCC	-		-	50	-	-	
33495								
<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC	-		-	-	-	-	
6538								
<i>Bacillus subtilis</i> subsp. <i>spizizenii</i>		-		25	6.25	12.50	6.25	
ATCC 6633								

*: Tespit edilemedi

4.5. ANTİOKSİDAN AKTİVİTE PARAMETRELERİ

Peynir altı suyu, peynir üretimi sırasında süt kazein telemesinin çöktürülmesi ve uzaklaştırılmasından sonra kalan sıvıdır. Peynir altı suyu proteinleri, β -laktoglobulin (%50, β -Lg), glikomakropeptit (%20-25, GMP), α -laktoalbumin (%20, α -La), sığır serum albümini (%5, BSA), immünoglobulinler (%1-2, Ig), laktoferrin (LF), laktoperoksidaz (LP) gibi peynir altı suyunun protein fraksiyonunu ve heterojen bir molekül grubunu temsil eder. Peynir altı suyu proteini, endojen bir antioksidan olarak çalışan glutatyonun sentezi için prekürsör olan sisteinin mükemmel bir kaynağıdır (Flaim ve diğerleri, 2017). Peynir altı suyu ve peynir altı suyu sirkelerinde antioksidan sistem parametreleri (GSH ve CAT) ve oksidatif stres indeksi parametreleri (TOS ve TAS) Tablo 13 ve 14'te verilmiştir. Elde edilen peynir altı suyu glutatyon seviyesinde, peynir altı suyu sirkeleri ile karşılaştırıldığında anlamlı bir artış yoktur. Sirke örneklerindeki aminoasit kompozisyonunun glutatyon değerlerine etkisi olacağı kanısına varılmıştır.

Peynir altı suyunda tespit edilen katalaz enzim aktivitesi ise sirke örneklerinde tespit edilememiştir. Peynir altı suyundaki aktivitenin eser miktarda bulunan substratla reaksiyon sonucu oluşmuş olabileceği düşünülmektedir.

Tablo 13. Peynir altı suyu ve peynir altı suyu sirkelerinde antioksidan sistem parametreleri düzeyleri

	PAS	PASS	PASS %5	PASS %10	PASS %15
GSH $\mu\text{g/mL}$	2.88 ± 0.89	0	3.59 ± 1.07	5.89 ± 0.38	4.78 ± 2.24
CAT U/mL	5.87 ± 0.59	0	0	0	0

Gruplar arasında istatistiksel olarak bir anlam tespit edilememiştir ($p>0.05$).

Çalışma sonucu örneklerin total oksidan (TOS) ve antioksidan kapasitesi (TAS) istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Ayrıca PASS grubu dışında TOS etkinliği bulunmamıştır. PASS'ta ise sirke oluşum sürecinin oksidatif stres düzeyini tetiklediği düşünülebilir. TAS düzeyi tüm gruplarda ortalama düzeyde bulunmuştur. Buna bağlı olarak oksidatif stres indeksi (OSI) değerleri, örneklerde oksidan-antioksidan sistemin dengeli olduğunu göstermektedir (Tablo 14). Özdemir ve diğerleri (2022) tarafından yapılan çalışmada kuşburnu meyvesinden elde edilen sirkenin antioksidan aktivitesi DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) serbest radikal süpürme aktivitesi, ferrik indirgeme aktivitesi (FRAP) ve ABTS⁺ (2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline)-6 sulfonic acid) radikal süpürme aktivitesi olmak üzere üç yöntemle belirlenmiştir. DPPH, FRAP ve

ABTS aktivite değerlerinin sırasıyla 51.39 mmol TE/mL, 36.79 mmol ISE/mL ve 86.20 mmol TE/mL olarak tespit edildiği bildirilmiştir. Toplam yedi farklı Portekiz ticari şarap sirkesinin antioksidan aktivitesini, DPPH ve ABTS yöntemleri ile inceleyen başka bir çalışmada ise sirke örneklerinin antioksidan aktiviteleri sırasıyla 1.44-1.90 mM TEAC ve 2.59-3.93 mM TEAC olarak belirlenmiştir (Cruz ve diğerleri, 2018). Kelebek ve diğerleri (2017) tarafından yapılan çalışmada Adana'dan satın alınan sekiz elma sirkesi ve sekiz üzüm sirkesinin antioksidan aktiviteleri DPPH ve ABTS yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. Yapılan çalışmada elma ve üzüm sirkelerinin antioksidan aktiviteleri DPPH yöntimine göre sırasıyla 2.65-14.69 mM Trolox/L, 5.39-14.43 mM Trolox/L arasında; ABTS yöntemine göre ise 4.05-20.19 mM Trolox/L, 7.72-17.96 mM Trolox/L arasında değiştiği belirtilmiştir.

Tablo 14. Oksidatif stres indeksi parametreleri

	PAS	PASS	PASS %5	PASS %10	PASS %15
TOS ($\mu\text{mol troloxEquiv./L}$)	0	366.66 $\pm$ 46.30	0	0	0
TAS ($\mu\text{mol troloxEquiv./L}$)	10.16 $\pm$ 0.08	11.50 $\pm$ 1.25	10.00 $\pm$ 0.25	10.25 $\pm$ 0.00	10.58 $\pm$ 0.33
OSI ($\mu\text{mol troloxEquiv./L}$)	0	31.01 $\pm$ 13.01	0	0	0

Gruplar arasında istatistiksel olarak bir anlam tespit edilememiştir ($p>0.05$).

4.6. AROMA BİLEŞENLERİ ANALİZ SONUÇLARI

Peynir altı suyu ve sirkelerinin aroma bileşenleri analizleri Headspace Loop metodu ile GC/MS'te yapılmıştır. PAS ve PAS sirkelerine ait analiz sonuçları Tablo 15, 16, 17, 18 ve 19'da gösterilmektedir. Benzerlik indeksi (SI) %85 ve üzeri olan bileşenlere tablolarda yer verilmiştir.

Çalışmamızda ham madde olarak kullanılan peynir altı suyuna ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS analiz sonuçları Tablo 15'te ve GC/MS kromatogramı Şekil 12'de verilmiştir. Bu verilere göre peynir altı suyunda % alan olarak en fazla bulunan aroma bileşeninin 2-Decenal, (E)- (% alan= 6.18) olduğu gözlemlenmektedir. Bu bileşenden sonra peynir altı suyunda % alan en fazla bulunan bileşenlerin ise sırasıyla 2-Undecenal (5.99), 2-Octenal, (E)- (5.02) ve 2,4-Decadienal, (E,E)- (4.96) olduğu görülmektedir. Karagül Yüceer ve diğerleri (2003) tarafından yapılan çalışmada 2 işletme

tesisinden ve 4 başlatıcı kültür rotasyonundan alınan taze çedar peyniri peynir altı suyu partilerinin aroma aktif bileşenleri incelenmiştir. 2,3-bütandion, heksanal, 2-asetil-1-, methional, (E, E)-2,4-decadienal ve (E, E)-2,4-nonadienal'in tüm peynir altı sularında tanımlanan nötr/bazik aroma aktif bileşenler olduğu bildirilmiştir. Peynir altı suyu tozundaki aroma bileşenlerinin incelendiği bir başka çalışmada ise, aroma açısından en yoğun asidik olmayan bileşikler olarak heksanal, heptanal, nonanal, fenil asetaldehit, 1-okten-3-on, metional, 2,6-dimetilpirazin, 2,5-dimetilpirazin, 2,3-dimetilpirazin, 2,3,5-trimetilpirazin, furfuril alkol, p-kresol, 2-asetilpirol, maltol, furaneol ve birkaç laktonun tespit edildiği belirtilmiştir (Mahajan ve diğerleri, 2004). Taze ve depolanmış Çedar ve Mozzarella peynir altı sularının tat ve tat stabilitesinin karşılaştırıldığı bir başka çalışmada ise; taze Çedar peynirinde yüksek aroma etkisine sahip olan bileşiklerin 1-okten-3-on, diasetil, bütirik asit, 2-fenetanol ve (E)-2-nonenal olduğu; Mozeralla peynir altı suyunda ise oktanal, diasetil, 2-fenetanol ve (E)-2-nonenal olduğu bildirilmiştir. Ayrıca taze Mozzarella peynir altı suyu ile kıyaslandığında taze Çedar peynir altı suyunun daha yüksek konsantrasyonda 2/3-metil bütanal, (E)-2-nonenal, diasetil, 1-okten-3-on ve 2-fenetanol içerdiği belirtilmiştir (Liaw ve diğerleri, 2011).

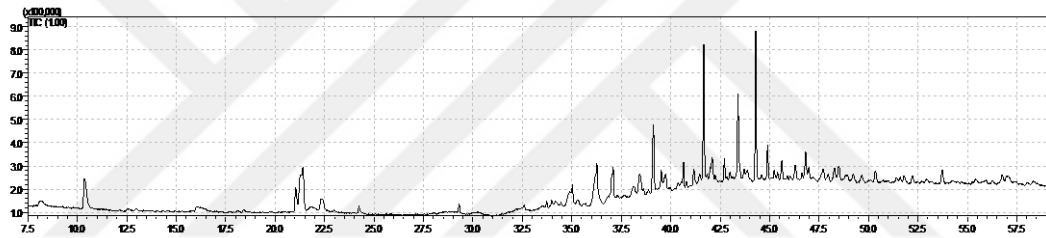
Tablo 15. Peynir altı suyuna ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS analiz sonuçları

Bileşen	RT	% Alan
Acetoin	21.402	2.74*
Silanediol, dimethyl-	22.310	0.64
n-Hexanal	24.241	0.4
N Heptenal	29.296	0.3
trans-2-Heptenal	32.600	0.2
Octanal	33.727	0.37
n-Hexanoic acid	33.983	0.53
2,4 Heptadienal	34.453	0.25
2,4-Heptadienal, (E,E)-	35.032	1.53
Tetradecanal	35.295	0.67
2-Octenal, (E)-	36.271	5.02
Nonanal	37.090	3.07
Heptadecane	37.296	0.46
Ethyl phthalate	38.418	2.35

Tablo 15(Devam). Peynir altı suyuna ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS analiz sonuçları

Bileşen	RT	% Alan
2-Nonenal, (E)-	39.126	3.99
Octanoic acid	39.526	1.95
9-Octadecenal, (Z)-	41.472	0.92
2-Decenal, (E)-	41.674	6.18
Hexadecanal	42.096	2.58
Undecanal	42.249	0.6
2,4-Decadienal, (E,E)-	43.404	4.96
2-Undecenal	44.301	5.99
Biphenyl	46.824	1.51

*: Benzerlik indeksi (SI) %85 ve üzeri olan bileşenlere tablolarda yer verilmiştir



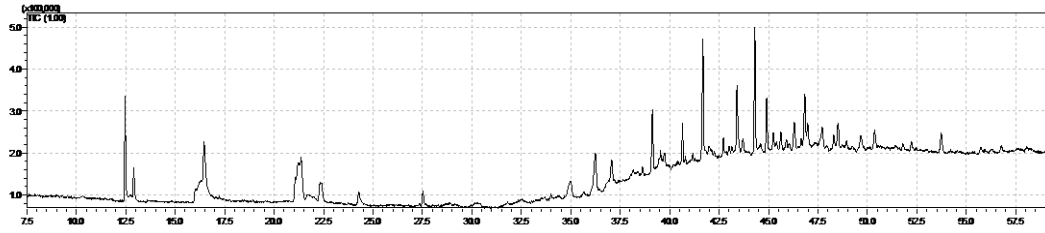
Şekil 12. Peynir altı suyuna ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS kromatogramı

Çalışmamızda PASS, PASS %5, PASS %10 ve PASS %15' in % alan olarak asetik asit içerikleri sırasıyla %5.6, %15.08, %5.43 ve %7.72 olarak belirlenmiştir. Ham madde olarak kullanılan saf peynir altı suyunun kullanılmasıyla elde edilen sirkeye (PASS) ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS analiz sonuçları Tablo 16'da ve GC/MS kromatogramı Şekil 13'te verilmiştir. Tablo 16'da yer alan veriler PASS'ın aramo bileşenleri arasında % alan olarak en fazla bulunan bileşenin 2-Decenal, (E) (6.28) olduğunu göstermektedir. Bu bileşen peynir altı suyunda da en fazla bulunan bileşendir (6.18). Bu bileşenden sonra asetik asit dışında PASS'ta en fazla bulunan aroma bileşenleri 2-Undecenal (5.45) ve diasetil (4.72)'dir. Peynir altı suyunda en fazla bulunan aroma bileşenlerinden olan 2-Undecenal ve 2,4-Decadienal, (E,E)-, peynir altı suyu sirklerinde % alan olarak azalmaktadır.

Tablo 16. Saf peynir altı suyu kullanılarak elde edilen sirkeye (PASS) ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS analiz sonuçları

Bileşen	RT	% Alan
Diacetyl	12.465	4.72
Ethyl Acetate	12.899	1.67
Acetic acid	16.457	5.6
Acetoin	21.355	4.1
Silanediol, dimethyl-	22.342	2.35
Isobutyric acid	24.278	0.9
2-Ethylbutanoic acid	27.521	0.85
Nonanal	37.064	1.47
2-Nonenal, (E)-	39.129	3.43
Octanoic acid	39.528	0.97
2-Decenal, (E)-	41.674	6.28
trans,trans-2,4-Decadienal	42.718	0.79
2,4-Decadienal, (E,E)-	43.408	3.63
2-Undecenal	44.301	5.45
Biphenyl	45.239	0.78
Decane, 2,3,5,8-tetramethyl-	45.623	0.98
Naphthalene, 1-ethyl-	45.910	0.64
2,6-Dimethylnaphthalene	46.297	1.8
1,3-Dimethylnaphthalene	46.828	3.45
Naphthalene, 2,6-dimethyl-	46.968	1.6
1,4-Dimethylnaphthalene	47.709	1.67
1,2-Dimethylnaphthalene	48.297	1.18
Acenaphthene	49.664	1.33
Ethyl phthalate	53.733	1.58

*: Benzerlik indeksi (SI) %85 ve üzeri olan bileşenlere tablolarda yer verilmiştir



Şekil 13. Saf peynir altı suyundan elde edilen sirkeye (PASS) ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS kromatogramı

PASS %5, PASS %10 ve PASS %15' in % alan olarak etanol içerikleri sırasıyla %31.4, %86.8 ve %73.36 olarak tespit edilmiştir. %5 oranında laktoz ilave edilen peynir altı suyunun fermantasyonu sonucu elde ettiğimiz PASS %5'e ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS analiz sonuçları Tablo 17'de ve GC/MS kromatogramı Şekil 14'te verilmiştir. Bu veriler incelendiğinde etil alkol ve asetik asit dışında PASS %5'te en fazla % alana sahip olan bileşenler ise etil asetat (19.47) ve 1-butanol-3-methyl' dir (3.33). PASS %5'te bulunan asetik asit (15.08)'in % alan olarak PASS'ta bulunan asetik asite (%5.6) oranla daha fazla olduğu gözlemlenmektedir. Peynir altı suyunda bulunan 2-Undecenal ve 2,4-Decadienal, (E,E)-, PASS %5'te oldukça az miktarda bulunmaktayken; 2-Decenal ve 2-Octenal, (E) – isimli bileşenlere bu sirke de rastlanmamıştır.

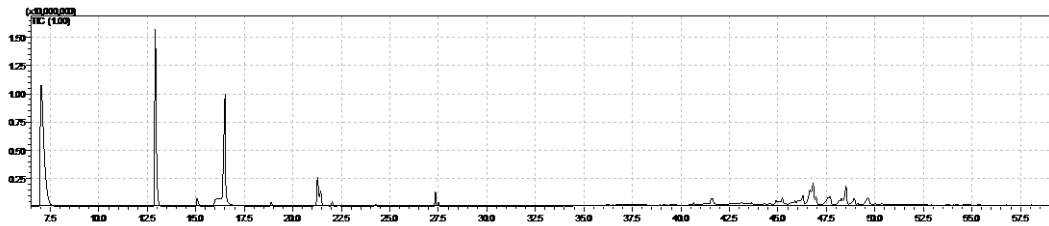
Tablo 17. %5 oranında laktoz ilave edilen peynir altı kullanılarak elde edilen sirkeye (PASS %5) ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS analiz sonuçları

İsim	RT	% Alan
Ethanol	7.032	31.4
Ethyl acetate	12.912	19.47
Isobutyl alcohol	15.069	1.01
Acetic acid	16.511	15.08
Acetoin	21.085	0.17
1-Butanol-3-methyl-	21.274	3.33
2-Methyl-1-butanol	21.431	1.86
2-methylpropyl ester	22.028	0.38
Isobutyric acid	24.269	0.24
Isoamyl acetate	27.345	1.15
2-Methylbutyl acetate	27.491	0.33
2-Nonenal, (E)-	39.124	0.05
Octanoic acid	39.533	0.04
Benzothiazole	41.562	0.42

Tablo 17 (Devam). %5 oranında laktoz ilave edilen peynir altı kullanılarak elde edilen sirkeye (PASS %5) ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS analiz sonuçları

İsim	RT	% Alan
2-Methylnaphthalene	43.110	0.11
2,4-Decadienal, (E,E)-	43.407	0.04
2-Undecenal	44.309	0.08
Heneicosane	44.608	0.1
Biphenyl	45.226	0.43
2-Ethylnaphthalene	45.888	0.51
1,3-Dimethylnaphthalene	46.040	0.78
1,7-Dimethylnaphthalene	46.287	1.45
1,1'-Biphenyl, 2-methyl-	46.648	2.61
Naphthalene, 1,3-dimethyl-	46.816	3.24
Naphthalene, 2,3-dimethyl-	47.698	2.35
Naphthalene, 2-ethyl-	48.290	1.47
1,1'-Biphenyl, 3-methyl-	48.512	2.61
2-Methylbiphenyl	48.941	1.26
Acenaphthene	49.655	1.65
2-Isopropylnaphthalene	50.017	0.12
Ethyl phthalate	53.745	0.09
2-Methylbiphenyl	54.688	0.18

*: Benzerlik indeksi (SI) %85 ve üzeri olan bileşenlere tablolarda yer verilmiştir



Şekil 14. %5 oranında laktoz ilave edilen peynir altı kullanılarak elde edilen sirkeye (PASS %5) ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS kromatogramı

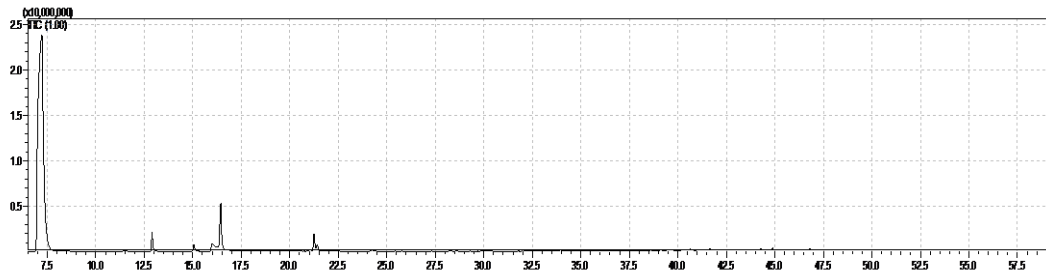
%10 oranında laktoz ilave edilen peynir altı suyunun fermentasyonu sonucu elde ettiğimiz PASS %10'a ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS analiz sonuçları Tablo 18'de ve GC/MS kromatogramı Şekil 15'te verilmiştir. Tablo 18'de görüldüğü üzere PASS %10'da etanol ve asetik ait dışında, en fazla bulunan bileşenlerin ise etil asetat (1.83) ve 1-butanol,3-methyl- (1.78) olduğu gözlemlenmektedir. Diğer sirkelerle

kıyaslandığında % alan olarak en fazla etanol içeren sirkenin PASS %10 olduğu görülmektedir.

Tablo 18. %10 oranında laktoz ilave edilen peynir altı kullanılarak elde edilen sirkeye (PASS %10) ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS analiz sonuçları

İsim	RT	% Alan
Ethanol	7.223	86.8
Ethyl Acetate	12.894	1.83
Isobutyl alcohol	15.053	0.76
Acetic acid	16.439	5.43
Acetoin	21.039	0.23
1-Butanol, 3-methyl-	21.248	1.78
1-Butanol, 2-methyl-	21.408	0.76
Isobutyric acid	24.255	0.09
Phenylethyl Alcohol	38.626	0.05
2-Nonenal, (E)-	39.115	0.06
2,4-Decadienal, (E,E)-	43.386	0.07
2-Undecenal	44.284	0.12
2,6-Dimethylnaphthalene	46.275	0.09
1,4-Dimethylnaphthalene	46.804	0.13
1,1'-Biphenyl, 3-methyl-	48.490	0.07

*: Benzerlik indeksi (SI) %85 ve üzeri olan bileşenlere tablolarda yer verilmiştir



Şekil 15. %10 oranında laktoz ilave edilen peynir altı kullanılarak elde edilen sirkeye (PASS %10) ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS kromatogramı

%15 oranında laktoz ilave edilen peynir altı suyunun fermentasyonu sonucu elde ettiğimiz PASS %15'e ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS analiz sonuçları Tablo 19'da ve GC/MS kromatogramı Şekil 16'da verilmiştir. Laktoz ilave edilen peynir altı suyundan elde edilen diğer sirkelerde olduğu gibi, PASS %15'de de en fazla bulunan bileşenin etanol (73.36) ve asetik asit (7.72) olduğu görülmektedir. Bu sirkede etanol ve

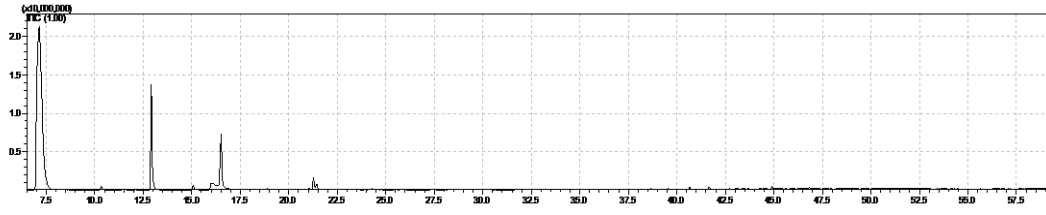
asetik asit dışında en fazla bulunan aroma bileşenlerinin sırasıyla etil asetat (12.62), ve 1-butanol-3-methyl- (1.53) olduğu gözlemlenmektedir. Söz konusu bileşenler PASS %10 ile paralellik göstermektedir.

Peynir altı suyu sirkelerinin (PASS, PASS %5, PASS %10 ve PASS %15) fermantasyonu çalışmamızda eş zamanlı olarak başlatılmış ve eş zamanlı olarak sonlandırılmıştır. Etil alkol, farklı oranlarda laktoz ile zenginleştirilmiş olan PASS %5, PASS %10 ve PASS %15'te en baskın aroma bileşeni olarak tespit edilmiştir. Bu durumdan anlaşılmaktadır ki, bu sirkelerin fermantasyon sürelerinin PASS'a göre daha uzun tutulması durumunda ortamdaki etil alkolün asetik asite fermantasyonunun devam edeceği ve ortamdaki asetik asit miktarı ve buna bağlı olarak toplam asit miktarının daha da artış göstereceği düşünülmektedir.

Tablo 19. %15 oranında laktoz ilave edilen peynir altı kullanılarak elde edilen sirkeye (PASS %15) ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS analiz sonuçları

İsim	RT	% Alan
Ethanol	7.143	73.36
Hexane	10.328	0.34
Ethyl acetate	12.906	12.62
Isobutyl alcohol	15.066	0.6
Acetic acid	16.515	7.72
Acetoin	21.056	0.25
1-Butanol, 3-methyl-	21.265	1.53
1-Butanol, 2-methyl-, (+/-)-	21.429	0.8
Isobutyric acid	24.285	0.1
Isoamyl acetate	27.342	0.06
Phenethyl alcohol	38.646	0.06
Benzothiazole	41.649	0.16
2-Undecenal	44.309	0.08
2,6-Dimethylnaphthalene	46.295	0.08
Naphthalene, 1,3-dimethyl-	46.828	0.13
1,1'-Biphenyl, 3-methyl-	48.515	0.08
Diethyl Phthalate	53.755	0.05

*: Benzerlik indeksi (SI) %85 ve üzeri olan bileşenlere tablolarda yer verilmiştir



Şekil 16. %15 oranında laktoz ilave edilen peynir altı kullanılarak elde edilen sirkeye (PASS %15) ait aroma bileşenlerine ilişkin GC/MS kromatogramı

Sirkeler arasında etanole ait % alanı en fazla olan sirke çeşidi PASS %10' dur. Parrondo ve diğerleri (2003) tarafından yapılan çalışmada peynir altı suyu sirkesinde etil asetat ve fusel alkoller (2-methyl-1-proponal, 2-methyl-1-butanol, 3-methyl-1-butanol) tespit edilmiştir. Çalışmamızda laktoz ilave edilmiş peynir altı suyundan elde edilen üç farklı sirke çeşidinin aroma bileşenlerinin bu çalışma ile benzerlik gösterdiği görülmektedir.

SONUÇ

Peynir altı suyu, peynir üretiminde pıhtı kesiminden sonra teleme dışında kalan sıvı yan üründür. Bu yan ürün içinde yer alan besin bileşenleri nedeniyle beslenme değeri yüksektir. Ayrıca bileşiminde süt proteinlerinin yaklaşık %20'sini içermesi nedeniyle beslenmemizde önem arz etmektedir. Bununla birlikte bu ürün çoğu zaman herhangi bir değerlendirmeye tabi tutulmadan atık olarak atılabilmekte ve böylece beslenme değeri kaybına, çevre kirliliğine ve ekonomik kayba neden olabilmektedir. Günümüzde peynir altı suyu; hayvan beslenmesinde, peynir altı suyu protein tozu, peynir altı suyu izolatu, peynir altı suyu konsantresi, pastacılık ürünleri, peynir altı suyu içecekleri gibi birçok alanda değerlendirilmektedir.

Sirke, şeker ihtiva eden ürünlerde şekerin alkolik fermantasyonu sonucu oluşan etanolün asetik fermantasyonuyla elde edilmektedir. Çalışmamızda peynir altı suyunun değerlendirme yöntemlerine alternatif olması amacıyla ülkemizde bilinmeyen ve hayvansal ürün bazlı bir sirke çeşidi olan peynir altı suyu sirkesi elde edilmiştir. Peynir altı suyu sirkesi; ham peynir altı suyunun ve %5, %10 ve %15 laktoz ilaveli peynir altı sularının fermantasyonu sonucu üretilmiştir. Elde edilen tüm sirke çeşitlerinin % toplam asit miktarları yasal zorunluluklar ve literatürle uyumludur. Dört sirke çeşidi de test bakterilerine karşı antimikrobiyal özellik göstermiştir. Çalışmamızda incelenen antioksidan parametreler neticesinde, peynir altı suyu sirkelerinin antioksidan etkilerinin *in vivo* ve *in vitro* çalışmalarla desteklenmesinin değerini daha iyi ortaya çıkaracağı düşünülmektedir. Peynir altı suyu ve çalışmamızda elde olunan dört farklı sirke çeşidinin aroma bileşenleri de incelenmiştir.

Ulusal literatürde peynir altı suyu sirkesi, bileşenleri ve aktiviteleri ile ilgili yayına rastlanmamış olup, uluslararası literatürde ise bu konuyla alakalı sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Dolayısıyla bu çalışma oldukça özgün bir değere sahip olup, yapılacak olan sonraki çalışmalar için önemli bir kaynak oluşturacaktır.

KAYNAKÇA

- Abbasoğlu, U., Tosun, F., Aydınoğlu, A. (1995). Antimicrobial activity of *Gonocytisus angulatus* (L.) spach. *FABAD Journal of Pharmaceutical Sciences*, 20, 125-127.
- Achaerandio, I., Güell, C., Medina, F. Lamuela-Raventós, R. Ve López, F. (2002). Note. Vinegar Decolourization by Re-Activated Carbon. *Food Science and Technology International*, 8(4), 239-242.
- Akın, N. ve Akın, M. (2010). Gıda Mikrobiyolojisine Giriş, Önemli Mikroorganizmalar ve Mikroorganizma Kaynakları. O. Erkmen (Ed.) içinde, *Gıda Mikrobiyolojisi* (s. 3-42). Ankara: Elif Yayınevi.
- Aktan, N. ve Kalkan Yıldırım, H. (2011). *Sirke Teknolojisi*. İzmir: Sidas Medya.
- Arasan, N. (2020). *Peynir Altı Suyu Laktozundan Etanol Üretimi*. Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Atra, R., Vatai, G., Bekassy-Molnar, E. ve Balint, A. (2005). Investigation of ultra- and nanofiltration for utilization of whey protein and lactose. *Journal of Food Engineering*, 67(3), 325-332.
- Ayhan, B. ve Bilici, S. (2015). Toplu Beslenme Sistemlerinde Kullanılan Gıda Dezenfektanları. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 72(4), 323-336.
- Bakir, S., Toydemir, G., Boyacioğlu, D., Beekwilder, J., Capanoglu, E. (2016). Fruit Antioxidants during Vinegar Processing: Changes in Content and in Vitro Bio-Accessibility. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(10), 1658.
- Bakir, S., Devecioglu, D., Kayacan, S., Toydemir, G., Karbancioglu-Guler, F. ve Capanoglu, E. (2017). Investigating the antioxidant and antimicrobial activities of different vinegars. *European Food Research and Technology*, 243, 2083-2094.
- Balan, P., Mal, G., Das, S. ve Singh, H. (2016). Synergistic And Additive Antimicrobial Activities Of Curcumin, Manuka Honey And Whey Proteins. *Journal of Food Biochemistry*, 40(5), 647-654.
- Baldas, B. ve Altuner, E. M. (2018). The antimicrobial activity of apple cider vinegar and grape vinegar, which are used as a traditional surface disinfectant for fruits and vegetables. *Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series C Biology*, 27(1), 1-10.

- Bayram, M., Kaya, C., Yücel, E. E., Er, B., Gülmez, E. ve Terzioğlu, E. (2018). Pirinç Sirkesi ve Çeşitli Ticari Sirkelerin Bazı Kalite Özellikleri. *Akademik Gıda*, 16(3), 293-300.
- Beaulieu, J. Dupont, C. ve Lemieux, P. (2006). Whey proteins and peptides: beneficial effects on immune health. *Therapy*, 3(1), 69-78.
- Bekatorou, A. (2019). Current Industrial Vinegar Production: Acetators, Processes, and Consumables. A. Bekatorou (Ed.) içinde, *Advances in Vinegar Production* (s. 83-116). Baco Raton: CRS Press Taylor & Francis Group.
- Blaschek, K. M., Wendorff, W. L. ve Rankin, S. A. (2007). Survey of Salty and Sweet Whey Composition from Various Cheese Plants in Wisconsin. *Journal of dairy science*, 90(4), 2029-2034.
- Boumba, V. A., Voutsinas, L. P. ve Philippopoulos, C. D. (2001). Composition and nutritional value of commercial dried whey products from feta cheese manufacture. *International Journal of Dairy Technology*, 54(4), 141-145.
- Bray, G. A. (2014). Medical treatment of obesity: The past, the present and the future. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, 28(4), 665-684.
- Budak, N. H. (2015). Dut Sirkesi Oluşum Sürecinde İleri Analitik Tekniklerle Toplam Antioksidan Aktivitesi ve Fenolik Bileşenleri. *Meyve Bilimi*, 2(2), 27-31.
- Budak, N. H., Aykin, E., Seydim, A. C., Greene, A. K. ve Güzel-Seydim, Z. B. (2014). Functional Properties of Vinegar. *Journal of Food Science*, 79(5), R757-R764.
- Budak, N. H. ve Güzel-Seydim, Z. B. (2010). Sirke Üretimi ve Bazı Fonksiyonel Özellikleri. *Gıda Teknolojisi*, 14(11), 85-88.
- Bulduk, S. (2010). *Gıda Teknolojisi*. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Bulut Solak, B. ve Akin, N. (2012). Functionality of Whey Protein. *International Journal Health & Nutrition*, 3(1), 1-7.
- Breuning, K. D., Bolotin-Fukuhara, M., Bianchi, M. M., Bourgarel, D., Falcone, C., Ferrero, I., Frontali, L., Goffrini, P., Krijger, J. J., Mazzoni, C., Milkowski, C., Steensma, H. Y., Wèsolowski-Louvel, M. ve Zeeman, A. M., (2000). Regulation of primary carbon metabolism in *Kluyveromyces lactis*. *Enzyme and Microbial Technology*, 26(9-10), 771-780.

- Cansız, Z., Uslu, C. C., Mutlu, C., Tontul, S. A., Ercan, R. ve Erbaş M. (2020). Farklı Oranlarda Peynir Altı Suyu Kullanımının Beyaz ve Tam Buğday Unlarından Üretilen Ekmeklerin Bazı Özellikleri Üzerine Etkisi. *Gıda*, 45(1), 125-138.
- Casale, M., Sáiz Abajo, M. J., González Sáiz, J. M., Pizarro, C. ve Forina, M. (2006). Study of the aging and oxidation processes of vinegar samples from different origins during storage by near-infrared spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*, 557(1-2), 360-366.
- Chen, H., Chen, T., Giudici, P. ve Chen, F. (2016). Vinegar Functions on Health: Constituents, Sources, and Formation Mechanisms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(6,) 1124-1138.
- Choi, H., Gwak, G., Choi, D., Park, J. ve Cheong, H. (2015). Antimicrobial Efficacy of Fermented Dark Vinegar From Unpolished Rice. *Microbiology and Biotechnology Letters*, 43(2), 97-104.
- Cosmulescu, S., Stoenescu, A. M., Trandafir, I. ve Tutulescu, F. (2022). Comparison of Chemical Properties between Traditional and Commercial Vinegar. *Horticulturae*, 8(3), 225.
- Cruz, M., Correia, A. C., Gonçalves, F. J. ve Jordão, A. M. (2018). Phenolic Composition and Total Antioxidant Capacity Analysis Of Red Wine Vinegars Commercialized In Portuguese Market. *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 33(2), 102-115.
- Dávalos, A., Bartolomé, B. ve Gómez-Cordovés, C. (2005). Antioxidant properties of commercial grape juices and vinegars, *Food Chemistry*, 93(2), 325-330.
- De Pergola, G., Zupo, R., Lampignano, L., Paradiso, S., Murro, I., Cecere, A., Bartolomeo, N., Ciccone, M. M., Giannelli, G. ve Triggiani, V. (2020). Effects of a Low Carb Diet and Whey Proteins on Anthropometric, Hematochemical, and Cardiovascular Parameters in Subjects with Obesity. *Endocrine, Metabolic & Immune Disorders-Drug Targets*, 20(10), 1719-1725.
- De Wit, J. N. (1998). Nutritional and Functional Characteristics of Whey Proteins in Food Products. *Journal of Dairy Science*, 81(3), 597-608.
- Demirci, M. ve Arıcı, M. (1989). Peynir altı suyunun önemi. *Hasad Dergisi*, 5(4), 26-29.
- Dinçoğlu, A. H. ve Ardiç, M. (2012). Peynir Altı Suyunun Beslenmemizdeki Önemi ve Kullanım Olanakları. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 1(1), 54-60.

- Doultani, S., Turhan, K. N. ve Etzel, M. R. (2004). Fractionation of proteins from whey using cation exchange chromatography. *Process Biochemistry*, 39(11), 1737-1743.
- Dragone, G., Mussatto, S. I., Oliveira, J. M. ve Teixeira, J. A. (2009). Characterisation of Volatile Compounds in an Alcoholic Beverage Produced by Whey Fermentation. *Food Chemistry*, 112(4), 929-935.
- El-Zahar, K., Sitohy, M., Choiset, Y., Métro, F., Haertlé, T. ve Chobert, J. M. (2004). Antimicrobial Activity of Ovine Whey Protein and Their Peptic Hydrolysates. *Milchwissenschaft*, 59(11/12), 653-656.
- Elgün, A. (2011). Şarabın Sirkeye Dönüşümü. 1. Ulusal Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi. 19-20 Kasım 2011. Ankara.
- Erkmen, O. (2016). *Laboratory Techniques in Microbiology*. Ankara: Nobel Academic Publishing Education Consultancy.
- Flaim, C., Kob, M., Di Pierro, A.M., Herrmann, M. ve Lucchin, L. (2017). Effects of a whey protein supplementation on oxidative stress, body composition and glucose metabolism among overweight people affected by diabetes mellitus or impaired fasting glucose: A pilot study. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 50, 95-102.
- Flandrin, J. L., Montanari, M., Sonnenfeld, A. (2000). *Food: A Culinary History*. Columbia University Press, New York.
- Frid, A. H., Nilsson, M., Holst, J. J. ve Björck, I. M. E. (2005). Effect of whey on blood glucose and insulin responses to composite breakfast and lunch meals in type 2 diabetic subjects. *The American journal of clinical nutrition*, 82(1), 69-75.
- Gad, A. S., Khadrawy, Y. A., El-Nekeety, A. A., Mohamed, S. R., Hassan, N. S. ve Abdel-Wahhab, A. A. (2011). Antioxidant Activity and Hepatoprotective Effects of Whey Protein and Spirulina in rats. *Nutrition*, 27(5), 582-589.
- Gerbi, V., Zeppa, G., Beltramo, R., Carnacini, A. ve Antonelli, A. (1998). Characterisation of White Vinegars of Different Sources with Artificial Neural Networks. *Journal of the Science of Food Agriculture*, 78(3), 417-422.
- Giudici, P., De Vero, L. ve Gullo M. (2017). Vinegars. İ.Y. Şengün (Ed.) içinde, *Acetic Acid Bacteria: Fundamentals and Food Applications* (s. 261-287). Baco Raton: CRS Press Taylor & Francis Group.
- Gökırmaklı, Ç., Budak, H. N. ve Güzel-Seydim, Z. B. (2019a). Sirkenin Sağlık Üzerine Etkileri. *Gıda*, 44(6), 1042-1058.

- Gökırmaklı, Ç., Budak, H. N. ve Güzel-Seydim, Z. B. (2019b). Antimicrobial Effect of Vinegar. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(10), 1635-1640.
- Guimarães, P. M. R., Teixeira, J. A. ve Domingues, L. (2010). Fermentation of lactose to bio-ethanol by yeasts as part of integrated solutions for the valorisation of cheese whey. *Biotechnology Advances*, 28(3), 375-384.
- Gullo M., Verzelloni E. ve Canonico M. (2014). Aerobic submerged fermentation by acetic acid bacteria for vinegar production: Process and biotechnological aspects. *Process Biochemistry*, 49(10), 1571-1579.
- Gupta, C. ve Prakash, D. (2017). Therapeutic Potential of Milk Whey. *Beverages*, 3(3), 31.
- Güzeler, N., Esmek, E. M. ve Kalender, M. (2017). Peyniraltı Suyu ve Peyniraltı Suyunun İçecek Sektöründe Değerlendirilme Olanakları. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 32(2), 27-36.
- Ha, E. ve Zemel, M. B. (2003). Functional Properties of Whey, Whey Components, and Essential Amino Acids: Mechanisms Underlying Health Benefits for Active People. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 14(5), 251-258.
- Harper, W. (2000). Biological properties of whey components. A Review. Chicago, IL: The American Dairy Products Institute.
- Heine, W. E., Klein, P. D. ve Reeds, P. J. (1991). The Importance of α -Lactalbumin in Infant Nutrition. *The Journal of nutrition*, 121(3), 277-283.
- Huffman, L. M. 1996. Processing whey protein for use as a food ingredient. *Food Technology*, 50(2), 49-52.
- Hufford, C. D., Funderburk, M. J., Morgan, J. M. ve Robertson, L. W. (1975). Two Antimicrobial Alkaloids from Heartwood of *Liriodendron tulipifera* L. *Journal of Pharmaceutical Science*, 64(5), 789-792.
- Jeličić, I., Božanić, R. ve Tratnik, L. (2008). Whey-based beverages- a new generation of dairy products. *Mljekarstvo*, 58(3), 257-274.
- Johansson, L. H., Borg, L. A. H. A. (1988). A spectrophotometric method for determination of catalase activity in small tissue samples. *Analytical biochemistry*, 174(1), 331-336.

- Johnston, C. S. ve Gaas, C. A. (2006). Vinegar: Medicinal Uses and Antiglycemic Effect. *Medscape General Medicine*, 8(2), 61-74.
- Josephson, R. V., Rizvi, S. S. H. ve Harper, W. J. (1975). Compositional Differences in Whey Systems. *Journal of Food Science*, 40(3), 479-483.
- Karabıyıklı, S. ve Şengün, İ.Y. (2017). Beneficial Effects of Acetic Acid Bacteria and Their Food Products. İ.Y. Sengun (Ed.) içinde, *Acetic Acid Bacteria: Fundamentals and Food Applications* (s. 221-242). Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Karagözlü, C. ve Bayarar, M. (2004). Peynir Altı Suyu Proteinlerinin Fonksiyonel Özellikleri ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Ege Üniversitesİ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(2), 197-207.
- Karagöl Yüceer, Y., Drake, M. A. ve Cadwallader, K. R. (2003). Aroma-active Components of Liquid Cheddar Whey. *Journal of Food Science*, 68(4), 1215-1219.
- Kargi, F. ve Ozmihci, S. (2006) Utilization of cheese whey powder (CWP) for ethanol fermentations: Effects of operating parameters. *Enzyme and Microbial Technology*, 38(5), 711-718.
- Kawamata, Y., Toyotake, Y., Ogiyama, D., Takeda, Y. ve Wakayama, M. (2021). Development of the original whey-based vinegar using rapeseed meal or wheat bran as a raw material for koji. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(12), e16097.
- Kawa-Rygielska, J., Adamenko, K., Kucharska, A. Z. ve Piórecki, N. (2018). Bioactive Compounds in Cornelian Cherry Vinegars. *Molecules*, 23(2), 379.
- Kelebek, H., Kadiroğlu, P., Demircan, N. B. ve Selli, S. (2017). Screening of bioactive components in grape and apple vinegars: Antioxidant and antimicrobial potential. *Journal of the Institute of Brewing*, 123(3), 407-416.
- Kılınç, B. ve Yavuz, A. B. (2011). Üzüm ve Elma Sirkelerinin Buzdolabında Depolanmış Alabalık Filetolarının Mikrobiyolojik ve Duyusal Kalitesi Üzerine Etkileri. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(1), 21-29.
- Konuş, M., Yılmaz, C. ve Çetin, D. (2020). Yaygın ve Yaygın Olmayan Sirke Çeşitlerinin Antioksidan Kapasite Düzeylerinin Değerlendirilmesi. *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 9(1), 60-67.

- Kosikowski, F. V. (1979). Whey Utilization and Whey Products. *Journal of Dairy Science*, 62(7), 1149-1160.
- Kosseva, M. R., Panesar, P. S., Kaur, G. ve Kennedy, J. F. (2009). Use of immobilised biocatalysts in the processing of cheese whey. *International Journal of Biological Macromolecules*, 45(5), 437-447.
- Koushki, M., Jafari, M. ve Azizi, M. (2012). Comparison of ethanol production from cheese whey permeate by two yeast strains. *Journal of Food Science and Technology*, 49(5), 614-619.
- Kurt, A., 1981. *Süt Teknolojisi*. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınlan No: 257, Erzurum, 299 s.
- Küçüköner, E. (2011). Peynir Tozu ve Peynir Altı Suyu Tozu Üretimi. 1. Ulusal Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi, 19-20 Kasım, Ankara.
- Launholt, T. L., Kristiansen, C. B. ve Hjorth, P. (2020). Safety and side effects of apple vinegar intake and its effect on metabolic parameters and body weight: a systematic review. *European Journal of Nutrition*, 59, 2273-2289.
- Li, S., Li, P., Feng, F. ve Luo, L. X. (2015). Microbial diversity and their roles in the vinegar fermentation process. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99, 4997-5024.
- Liaw, I. W., Evan Miracle, R., Jervis, S. M., Listiyani, M. A. D., & Drake, M. A. (2011). Comparison of the flavor chemistry and flavor stability of Mozzarella and Cheddar wheys. *Journal of food science*, 76(8), C1188-C1194.
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., & Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of biological chemistry*, 193, 265-275.
- Lustrato, G., Salimei, E., Alfano, G., Belli, C., Fantuz, F., Grazia, L. ve Ranalli, G. (2013). Cheese Whey Recycling in Traditional Dairy Food Chain: Effects of Vinegar From Whey in Dairy Cow Nutrition. *Acetic Acti Bacteria*, 2(1), 47-53.
- Mahajan, S. S., Goddik, L. ve Qian, M. C. (2004). Aroma compounds in sweet whey powder. *Journal of Dairy Science*, 87(12), 4057-4063.
- Marshall, K. (2004). Therapeutic Applications of Whey Protein. *Alternative Medicine Review*, 9(2), 136-156.

- Masatcioğlu, M. T., Köksal Kavrak, M., Türkmen, D., Dursun, A. ve Güler, Z. (2020). Peynir altı suyunun bazı tahıl ürünlerinde kullanımı ve kalite özellikleri üzerine etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(3), 422-433.
- Mazza, S. ve Murooka, Y. (2009). Vinegars Through the Ages. L. Solieri ve P. Giudici (Ed.) içinde, *Vinegars of the World* (s. 17-39). Italia, Springer.
- McIntosh, G. H., Royle, P. J., Le Leu, R. K., Regester, G. O., Johnson, M. A., Grinstead, R. L., Kenward, R. S. ve Smithers, G. W. (1998). Whey Proteins as Functional Food Ingredients? . *International Dairy Journal*, 8(5-6), 425-434.
- Medina, E., Romero, C. Brenes, M. ve De Castro, A. (2007). Antimicrobial Activity of Olive Oil, Vinegar, and Various Beverages against Foodborne Pathogens. *Journal of Food Protection*, 70(5), 1194-1199.
- Mete, H. (2012). Peynir Altı Suyunun Ekmekçilikte Değerlendirilmesi ve Ekonomik Önemi. *Tekirdağ S.M.M.M. Odası Sosyal Bilimler Dergisi*, 1, 1-10.
- Morales, M. L., Benitez, B. ve Troncoso A. M. (2004). Accelerated aging of wine vinegars with oak chips: evaluation of wood flavour compounds. *Food Chemistry*, 88(2), 305-315.
- Morales, M. L., Tesfaye, W., García-Parrilla, M. C., Casas, J. A. ve Troncoso, A. M. (2001). Sherry wine vinegar: physicochemical changes during the acetification process. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(7), 611-619.
- Ousaaïd, D., Laaroussi, H., Bakour, M., Ennaji, H., Lyoussi, B. ve El Arabi, I. (2021). Antifungal ve Antibacterial Activities of Apple Vinegar of Different Cultivars. *International Journal of Microbiology*, 1-6.
- Özcan, T. ve Delikanlı B. (2011). Gıdaların Tekstürel Özelliklerinin Geliştirilmesinde Peynir Altı Suyu Protein Katkılarının Fonksiyonel Etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(2), 77-88.
- Özçelik, F. ve Bağder Elmacı, S. (2020). Fermente Ürünler Teknolojisi ve Mikrobiyolojisi. O. Erkmén, H. Erten ve H. Sağlam (Ed.) içinde, *Sirke Üretimi* (s. 267-291). Nobel.
- Özçelik, F., Molavi, S.S. ve Balk, M. (1994). Peynir Altı Suyundan Etil Alkol Üretiminde Laktoz Konsantrasyonunun Fermantasyon Üzerine Etkisi. *Gıda*, 19(1), 45-48.
- Özdemir, N., Pashazadeh, H., Zannou, O. ve Koca, I. (2022). Phytochemical content, and antioxidant activity, and volatile compounds associated with the aromatic property,

- of the vinegar produced from rosehip fruit (*Rosa canina* L.). *Lwt-Food Science and Technology*, 154, 112716.
- Pal, S. ve Ellis, V. (2010). The Chronic Effects of Whey Proteins on Blood Pressure, Vascular Function, and Inflammatory Markers in Overweight Individuals. *Obesity*, 18(7), 1354-1359.
- Pal, S., Ellis, V. ve Dhaliwal, S. (2010). Effects of whey protein isolate on body composition, lipids, insulin and glucose in overweight and obese individuals. *British Journal of Nutrition*, 104(5), 716-723.
- Parrondo, J., Garcia, L.A. ve Diaz, M. (2000a). Production of an Alcoholic Beverage by Fermentation of Whey Permeate with *Kluyveromyces fragilis* I: Primary Metabolism. *Journal of The Institute of Brewing*, 106(6), 367-375.
- Parrondo, J., Garcia, L.A. ve Diaz, M. (2000b). Production of an Alcoholic Beverage by Fermentation of Whey Permeate with *Kluyveromyces fragilis* II: Aroma Composition. *Journal of The Institute of Brewing*, 106(6), 377-378.
- Parrondo, J., Garcia, L.A. ve Diaz, M. (2009). Whey Vinegar. L. Solieri ve P. Giudici (Ed.) içinde, *Vinegars of the World* (s. 273-287). Italia, Springer.
- Parrondo, J., Herrero, M., García, L. A. ve Díaz, M. (2003). A Note-Production of Vinegar from Whey. *Journal of The Institute of Brewing*, 109(4), 356-358.
- Pèrez, M. D. ve Calvo, M. (1995). Interaction of β -Lactoglobulin with Retinol and Fatty Acids and Its Role as a Possible Biological Function for This Protein: A Review. *Journal of Dairy Science*, 78(5), 978-988.
- Prescott, S.C. ve Dunn, C.G. (1959). *Industrial Microbiology*. United States of America: McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Ramos, O. L., Pereire, R. N., Rodrigues, R. M., Teixeira, J. A., Vicente, A. A. ve Malcata, F. X. (2016). Whey and Whey Powders: Production and Uses. *The Encyclopedia of Food and Health*, 5, 498-505.
- Samad, A., Azlan, A. ve Ismail, A. (2016). Therapeutic effects of vinegar: a review. *Current Opinion in Food Science*, 8, 56-61.
- SERKA Ön Fizibilite Raporu, 2020. Erişim adresi: [ardahan ili peynir alti suyu isleme tesisi ön fizibilite raporu \(yatirimadestek.gov.tr\)](http://ardahan.ili.peynir.alti.suyu.isleme.tesi.on.fizibilite.raporu(yatirimadestek.gov.tr))
- Schmidt, R. H., Packard, V. S. ve Morris, H. A. (1984). Effect of Processing on Whey Protein Functionality. *Journal of Dairy Science*, 67(11), 2723-2733.

- Seçkin, A. K. ve Özgören, E. (2011). Peynir Altı Suyunun Biyoteknolojik Kullanımı. *Akademik Gıda*, 9(3), 70-75.
- Sedlak, J. ve Lindsay, R. H. (1968). Estimation of total, protein-bound, and nonprotein sulfhydryl groups in tissue with Ellman's Reagent. *Analytical Biochemistry*, 25, 192-205.
- Shah, N. P. (2000). Effects of milk-derived bioactives: an overview. *British Journal of Nutrition*, 84(S1),3-10.
- Siso, M. I. G. (1996). The Biotechnological Utilization of Cheese Whey: A Review. *Bioresource Tecnology*, 57(1), 1-11.
- Smith, G. (1976). Whey protein. *World Review Nutrition and Dietetics*, 24, 88-116.
- Smithers, G. W. (2008). Whey and whey proteins-From 'gutter-to-gold'. *International Dairy Journal*, 18(7), 695-704.
- Solieri, L. ve Guidici, P. (2009). Vinegars of the World. L. Solieri ve P. Giudici (Ed.) içinde, *Vinegars of the World* (s. 1-14). Italia, Springer.
- Swami, S., Chauhan, G., Agrawal, R. ve Mendiratta, S. K. (2022). Evaluation of antimicrobial and antioxidant activity of fermented whey and its different molecular weight fractions. *The Pharma Innovation Journal*, 11(7), 628-632.
- Şengün, İ. Y. ve Karapınar, M. (2006). Bazı Sebzelere İnoküle Edilen *Salmonella typimurium*'un Limon Suyu ve Sirke İle İnaktivasyonu. *Gıda*, 31(3), 161-167.
- Şengün, İ. Y. ve Kılıç, G. (2018). Dut Sirkesinin Mikrobiyolojik, Fiziksel, Kimyasal, Antiradikal ve Antimikrobiyal Özellikleri. *Akademik Gıda*, 16(2), 168-175.
- Şengün, İ. Y. Ve Kılıç, G. (2019). Farklı Sirke Çeşitlerinin Mikroflorası, Biyoaktif Bileşenleri ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Akademik Gıda*, 17(1), 89-101.
- Tanamool V., Chantarangsee, M. ve Soemphol, W. (2020). Simultaneous vinegar fermentation from a pineapple by-product using the co-inoculation of yeast and thermotolerant acetic acid bacteria and their physiochemical properties. *3 Biotech*, 10(3), 115.
- Taş, A. ve Güneşer, O. (2021). Fermantasyon ve Enzimatik Hidroliz Uygulanan Peynir Altı Sularının Bazı Biyoaktif Özellikleri. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(2), 277-297.

- Tomar, O., Akarca, G. ve İstek, Ö. (2020). Farklı Yaban Mersini Türlerinden Geleneksel Yöntemle Üretilen Sirkenin Bazı Kalite Özellikleri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(4), 2595-2603.
- Tratnik, L. J. (1998). *Mlijeko-tehnologija, biokemija i mikrobiologija*. Zagreb: Hrvatska mljekarska Udruga.
- Tratnik, L. J. (2003). Uloga sirutke u proizvodnji funkcionalne mliječne hrane. *Mljekarstvo*, 53(4), 325-352.
- Tsakali, E., Petrotos, K., D' Allessandro, A. ve Goulas, P. (2010). A review on whey composition and the methods used for its utilization for food and pharmaceutical products. 6th International Conference on Simulation and Modelling in the Food and Bio-Industry, FOODSIM 2010 (s. 195-201).
- TSE (2003). Sirke-Tarım Kökenli Sıvılardan Elde Edilen Ürün-Tarifler, Özellikler ve İşaretleme, TS 1880 EN 13188. Ankara. Erişim Tarihi 29.12.2020. intweb.tse.org.tr.
- Turhan, E. Ü. ve Canbaş, A. (2016). Chemical and Sensory Properties of Vinegar from Dimrit Grape by Submerged and Surface Method. *Gıda*, 41(1), 1-7.
- Türk Gıda Kodeksi., 2015. Peynir Tebliği. Tebliğ No. 2015/6. Resmi Gazete Tarih 08.02.2015, Sayı: 29261. Başbakanlık Basımevi, Ankara.
- Türker, İ. (1963). *Sirke Teknolojisi ve Teknikte Laktik Asit Fermantasyonları*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Türker, İ. 1973. *Fermantasyon Teknolojisi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Türkmen, N., Akal, C. ve Koçak, C. (2017). Farklı Oranlarda Peynir Altı Suyu Kullanımı ile Üretilen Ayranların Bazı Özellikleri. *Akademik Gıda*, 15(3), 256-260.
- Uylaşer, V., Başoğlu, F. (2014). *Temel Gıda Analizleri*. Bursa: Dora Basım Yayın, 125 s.
- Uysal, N. E. (2011). *Determination of Antibacterial Activities of Taraxacum farinosum Hausskn. Et Bornm. and Taraxacum mirabile Wagenitz Extracts (in Turkish)*. Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Ünal, E. ve Canbaş, A. (2008). Dimitri Üzümünden Değişik Yöntemlerle Sirke Üretimi Üzerinde Bir Araştırma. *Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü-Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(7), 126-134.

- Visser, S. 1981. Proteolytic enzymes and their action on milk proteins. A review. *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 35(1), 65-88.
- Walzem, R. L., Dillard, C. J. ve German, J. B. (2002). Whey Components: Millennia of Evolution Create Functionalities for Mammalian Nutrition: What We Know and What We May Be Overlooking. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(4), 353-375.
- Yerlikaya, O., Kınık, Ö. ve Akbulut, N. (2010). Peyniraltı Suyunun Fonsiyonel Özellikleri ve Peyniraltı Suyu Kullanılarak Üretilen Yeni Nesil Süt Ürünleri. *Gıda*, 35(4), 289-296.
- Yıkılmış, S., Bozgeyik, E. ve Şimşek, M. A. (2020). Ultrasound processing of verjuice (unripe grape juice) vinegar: effect on bioactive compounds, sensory properties, microbiological quality and anticarcinogenic activity. *Journal of Food Science and Technology*, 57(9), 3445-3456.
- Yıldırım, Ç. ve Güzeler, N. (2013). Peyniraltı Suyu ve Yayıkaltının Toz Olarak Değerlendirilmesi. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2), 11-20.
- Yurdugül, S., Alpas, H. ve Bozoğlu, F. (2010). Bolu, Düzce ve Zonguldak Ormanlarında Yetiştirilen Böğürtlenlerden Üretilen Böğürtlen Sirkesinin Bazı Rutin Gıda Analiz Yöntemleri ile İncelenmesi. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Cilt III: 1197-1200.
- Yüksel, A. K., Yüksel, M. ve Ürüşan, H. (2019). Peynir Altı Suyunun Çeşitli Özellikleri ve Kullanım Olanakları. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(3), 114-125.
- Zadow, J. G. (1994). Utilization of milk components: Whey. R. K. Robinson (Ed.) içinde, *Modern dairy technology, advances in milk processing* Vol. 1 (2nd ed.) (pp. 313–373). London, UK: Chapman & Hall.
- Zafar, S. ve Owais, M. (2006). Ethanol production from crude whey by *Kluyveromyces marxianus*. *Biochemical Engineering Journal*, 27(3), 295-298.
- Zulueta, A., Maurizi, A., Frígola A., Esteve, M. J., Coli, R. ve Burini, G. (2009). Antioxidant Capacity of Cow Milk, Whey and Deproteinized Milk. *International Dairy Journal*, 19(6-7), 380-385.

EKLER

EK 1. ORJİNALLİK RAPORU FORMU



**ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU**

**ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİYOTEKNOLOJİ ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞINA**

Tarih: 23/06/2023

Tez Başlığı: Peynir Altı Suyundan Üretilen Sirkenin Aroma Bileşenleri ve Biyolojik Aktiviteleri

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 89 sayfalık kısmına ilişkin, 23/06/2023 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda işaretlenmiş filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 10 ‘tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- ☒ Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç
- 2- ☒ Kaynakça hariç
- 3- ☒ Alıntılar hariç/dâhil
- 4- ☒ 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Ardaahan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nde belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

23/06/2023

Adı Soyadı:	Seda YILDIZ
Öğrenci No:	2000100001
Ana Bilim Dalı:	Biyoteknoloji
Programı:	Biyoteknoloji
Statüsü:	☒ Yüksek Lisans ☐ Doktora

DANIŞMAN GÖRÜŞÜ VE ONAYI

Dr. Öğr. Üyesi Nurcan ERBİL

Detaylı Bilgi: <https://www.ardahan.edu.tr/birim.aspx?id=1002003>

Telefon: 0-4782117522

Faks: 0-4782117523

E-posta: sbc@ardahan.edu.tr

EK 2. ETİK MUAFİYET İZNİ

ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TEZ ÇALIŞMASI ETİK KOMİSYON MUAFİYETİ FORMU

ARDAHAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİYOTEKNOLOJİ ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

Tarih: 23/06/2023

Tez Başlığı: Peynir Altı Suyundan Üretilen Sirkenin Aroma Bileşenleri ve Biyolojik Aktiviteleri

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmam:

1. İnsan ve hayvan üzerinde deney niteliği taşımamaktadır,
2. Biyolojik materyal (kan, idrar vb. biyolojik sıvılar ve numuneler) kullanılmasını gerektirmemektedir.
3. Beden bütünlüğüne müdahale içermemektedir.
4. Gözlemsel ve betimsel araştırma (anket, mülakat, ölçek/skala çalışmaları, dosya taramaları, veri kaynakları taraması, sistem-model geliştirme çalışmaları) niteliğinde değildir.

Tez çalışmamın yürütülebilmesi için herhangi bir Etik Kurul/Komisyon'dan izin alınmasına gerek olmadığını; aksi durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

23/06/2023

Adı Soyadı: Seda YILDIZ
 Öğrenci No: 2000100001
 Ana Bilim Dalı: Biyoteknoloji
 Programı: Biyoteknoloji
 Statüsü: ☒ Yüksek Lisans ☐ Doktora

DANIŞMAN GÖRÜŞÜ VE ONAYI

Dr. Öğr. Üyesi Nurcan ERBİL

Detaylı Bilgi: <https://www.ardahan.edu.tr/birim.aspx?id=1002003>

Telefon: 0-4782117522

Faks: 0-4782117523

E-posta: sbe@ardahan.edu.tr

ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Seda YILDIZ

Doğum Yeri ve Tarihi :

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Pamukkale Üniversitesi Gıda Mühendisliği

Yüksek Lisans Öğrenimi : Atatürk Üniversitesi Gıda Mühendisliği

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

Bilimsel Faaliyetleri :

İş Deneyimi

Stajlar :

Projeler :

Ardahan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 2021-2)ÖNP-Sağl-001 nolu proje

Çalıştığı Kurumlar : Ardahan Üniversitesi

İletişim

E-Posta Adresi :

Tarih

Jüri Tarihi : 08.06.2023