

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SİNBİYOTİK SÜT İÇECEĞİ ÜRETİMİNDE ÇAPRAZ BAĞLI İNÜLİN
KULLANILMASININ FARKLI PROBİYOTİK BAKTERİLERİN GELİŞİMİ VE
ÜRÜN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Hatice OTO

SÜT TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2025

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SİNBİYOTİK SÜT İÇECEĞİ ÜRETİMİNDE ÇAPRAZ BAĞLI İNÜLİN KULLANILMASININ FARKLI PROBİYOTİK BAKTERİLERİN GELİŞİMİ VE ÜRÜN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Hatice OTO

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Süt Teknolojisi Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Havva Ceren AKAL DEMİRDÖĞEN

Çalışma kapsamında, kimyasal yolla (sodyum heksametafosfat-SHMP) üretilen çapraz bağlanmış inülin ve üç farklı probiyotik (*Lactobacillus (Lb.) acidophilus*, *Lactiparacaseibacillus (Lcb.) rhamnosus* ve *Lcb. paracasei*) ayrı ayrı ilavesiyle elde edilen sinbiyotik süt içecekleri 30 günlük depolama boyunca incelenmiştir. Örnekler, doğal inülin kullanılarak üretilen kontrol örnekleriyle karşılaştırılarak, çapraz bağlı inülin ilavesinin, içeceklerin bileşim, asitlik, mikrobiyolojik, fiziksel (renk, reolojik), elektroforetik profil (SDS-PAGE), toplam fenolik madde, antioksidan kapasitesi ve duyuşal (görünüş, yapı, lezzet) özellikleri üzerine etkisi ortaya konmuştur. Araştırma sonuçları farklı probiyotik bakteri kullanımının veya inülinin çapraz bağlanmasının sinbiyotik süt içeceklerin bileşimsel özelliklerinde, renk ve asitlik değerlerinde bir değişim yaratmadığını göstermiştir. Prebiyotik etkiye sahip olduğu bilinen inülinin çapraz bağlanmasının probiyotik bakteri sayısına etkisi olmamıştır. Depolama süresince her bir ürün için probiyotik bakteri sayısı 10^7 'nin üzerinde bulunmuştur. Çapraz bağlı inülin ilavesi tüm örneklerde viskozitenin ve su tutma kapasitesinin artmasını ve daha stabil ve kıvamlı ürün eldesini sağlamıştır. Fenolik bileşen miktarı farklı probiyotik ve prebiyotik kullanımından etkilenmezken, kullanılan probiyotik ve çapraz bağlı inülin kullanımı antioksidan kapasitede değişime neden olmuştur. Duyusal değerlendirme tüm örneklerin beğenildiğini ve kabul edilebilir nitelikte olduğunu göstermiştir. Araştırma sonucunda sinbiyotik süt içeceği üretiminde çapraz bağlı inülin kullanımının ürünün reolojik özelliklerini geliştirdiği, bununla birlikte analiz edilen diğer özellikler üzerine önemli bir etki yaratmadığı ortaya konmuştur.

Ocak 2025, 56 sayfa

Anahtar Kelimeler: Çapraz bağlama, inülin, probiyotik, sinbiyotik

ABSTRACT

Master Thesis

THE EFFECT OF CROSS-LINKED INULIN ON THE GROWTH OF DIFFERENT PROBIOTIC BACTERIA AND PRODUCT PROPERTIES IN THE PRODUCTION OF SYNBIOTIC MILK DRINK

Hatice OTO

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

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Havva Ceren AKAL DEMİRDÖĞEN

In this study, synbiotic milk beverages obtained incorporating cross-linked inulin produced by chemically (sodium hexametaphosphate-SHMP) and three different probiotic bacteria (*Lactobacillus (Lb.) acidophilus*, *Lactiparacaseibacillus (Lcb.) rhamnosus*, and *Lcb. paracasei*) were analyzed during 30 days of storage. The samples were compared with control samples produced using natural inulin and the effects of effects of addition of cross-linked inulin on the composition, acidity, microbiological, physical (color, rheological), electrophoretic (SDS-PAGE), total phenolic matter, antioxidant capacity, and sensory (appearance, structure, flavor) properties of the beverages were determined. The result of the study showed that using different probiotic bacteria or cross-linking of inulin did not affect the compositional properties, color, and acidity values of synbiotic milk beverages. Cross-linking of inulin, known to have a prebiotic effect, did not affect the number of probiotic bacteria. The number of probiotic bacteria was above 10^7 CFU/ml for each product during storage. The addition of cross-linked inulin increased the viscosity and water-holding capacity in all samples, resulting in more stable and viscous products. While the amount of phenolic compounds was not affected by the use of different probiotics and prebiotics, the use of probiotics and cross-linked inulin caused a change in antioxidant capacity. Sensory evaluation data revealed that all samples were liked and found to be acceptable the panel group, it was concluded that the use of cross-linked inulin in the production of synbiotic milk beverages improved the rheological properties of the product and did not have a significant effect on the other properties analyzed.

January 2025, 56 pages

Key Words: Cross-linking, inulin, probiotic, synbiotic

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleşmesinde bilgi ve tecrübesiyle bana yol gösteren, her konuda destek olan Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü öğretim üyesi danışman hocam Sayın Doç. Dr. Havva Ceren AKAL DEMİRDÖĞEN’e, tezimin laboratuvar aşamalarında destek ve yardımlarını esirgemeyen Öğr. Gör. Dr. Gökçe Bayram EMİNOĞLU’na, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü öğretim üyelerine, araştırma görevlilerine ve Ankara Üniversitesi Döner Sermaye Süt İşletmesi çalışanlarına en içten duygularıyla teşekkür ederim. Ayrıca tezim sırasında sabırla bana destek olan sevgili eşim Prof. Dr. Çağdaş OTO ve kızım Defne’ye de ayrıca teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje Koordinatörlüğü tarafından ‘Sinbiyotik Süt İçeceği Üretiminde Çapraz Bağlı İnülin Kullanılmasının Farklı Probiyotik Bakterilerin Gelişimi ve Ürün Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi” başlıklı proje (Proje kodu: **FYL-2023-3016**) tarafından desteklenmiştir.

Hatice OTO
Ankara, Ocak 2025

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1 Prebiyotikler	4
2.2 İnülin	6
2.3 Süt Ürünlerinde İnülin Kullanımı	7
2.4 İnülin Kullanılan Sinbiyotik Süt İçecekleri	7
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	9
3.1 Çapraz Bağlı İnülin Eldesi	9
3.2 Sinbiyotik Süt İçeceği Üretimi	9
3.3 Sinbiyotik Süt İçeceği Örneklerinde Yapılan Analizler	11
3.3.1 Bileşim özellikleri	11
3.3.2 Renk değerleri	11
3.3.3 Mikrobiyolojik analizler	11
3.3.4 Toplam fenolik madde içeriği	12
3.3.5 Antioksidan kapasite	13
3.3.6 Fiziksel özellikler	13
3.3.6.1 Su tutma kapasitesi	13
3.3.6.2 Dinamik reolojik testler	14
3.3.7 Elektroforetik profil.....	14
3.3.8 Duyusal değerlendirme	15
3.3.9 İstatistiki değerlendirme	15
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	17
4.1 Bileşim Özellikleri	17
4.2 Asitlik Değerleri	17
4.3 Renk Değerleri	20
4.4 Antioksidan Kapasite	23
4.5 Toplam Fenolik Madde İçeriği	27
4.6 Fiziksel Özellikler	28
4.7 Mikrobiyolojik Analizler	37
4.8 Elektroforetik Profil	38
4.9 Duyusal Değerlendirme	41
5. SONUÇ	44
KAYNAKLAR	45
ÖZGEÇMİŞ.....	56

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SHMP	Sodyum heksametafosfat
g	Gram
mL	Mililitre
rpm	Dakikada devir sayısı (Revolutions Per Minute)
M	Mol
Na ₂ CO ₃	Sodyum karbonat
HCl	Hidroklorik asit
CIE	Commission Internationale de l'éclairage
<i>Lb.</i>	<i>Lactobacillus</i>
<i>Lcb</i>	<i>Lactiparacaseibacillus</i>
SDS-PAGE	Sodyum dodesil sülfat–poliakrilamid jel
G'	Depolama (elastik) modülü
G''	Kayıp (viskoz) modülü
µg	Mikrogram
µL	Mikrolitre
mV	Milivolt
DPPH	1,1-Difenil-2-pikrilhidrazil radikali
GAE	Gallik asit eşdeğeri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1	Sinbiyotik süt içeceği retimi.....	10
Şekil 3.2	Gallik asit standardına ait kalibrasyon eğrisi	12
Şekil 3.3	Duyusal değerlendirme tablosu	15
Şekil 4.1	Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin ph değerleri	19
Şekil 4.2	Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin titrasyon asitliği değerileri	19
Şekil 4.3	Sinbiyotik süt içecekleri rneklerinin L* değerleri	22
Şekil 4.4	Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin a* değerleri	22
Şekil 4.5	Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin b* değerleri	23
Şekil 4.6	Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin antioksidan kapasitesi	25
Şekil 4.7	Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin fenolik bileşen değerleri.....	28
Şekil 4.8	Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin su tutma kapasitesi değerleri.....	30
Şekil 4.9	Sinbiyotik süt içecekleri rneklerinin K değerleri	32
Şekil 4.10	Sinbiyotik süt içeceklerinin 1. depolama gününe ait depolama (G') ve kayıp (G'') modülü değerleri.....	34
Şekil 4.11	Sinbiyotik süt içeceklerinin 15. depolama gününe ait depolama (G') ve kayıp (G'') modülü değerleri.....	35
Şekil 4.12	Sinbiyotik süt içeceklerinin 30. depolama gününe ait depolama (G') ve kayıp (G'') modülü değerleri	36
Şekil 4.13	Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin 1. ve 30. Depolama günleri SDS-PAGE	40
Şekil 4.14	Sinbiyotik süt içeceklerin duyusal değerlendirme sonuçları.....	43

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1	Sinbiyotik süt iecekđi örneklerinin bileşim zellikleri	17
Çizelge 4.2	Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin asitlik değerleri	18
Çizelge 4.3	Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin renk değerleri	21
Çizelge 4.4	Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin antioksidan kapasite ve fenolik bileşen değerleri	24
Çizelge 4.5	Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin su tutma kapasitesi, kıvam endeksi ve akış davranış değerleri	29
Çizelge 4.6	Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin laktik asit bakteri sayıları	37
Çizelge 4.7	Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin duyusal değerlendirme sonuçları ..	42

1. GİRİŞ

Milenyuma kadar bakıldığında, beslenme biliminin temeli beslenme eksikliklerini önleme ve vücut gelişimini desteklemeye dayanmaktadır. Ancak son yıllarda, diyetin sağlık ve refah üzerindeki etkisi üzerine edinilen bilgi, günümüzde artık daha sağlıklı gıdaların tasarlanmasına yol açmıştır. Bu yaklaşım biyolojik olarak aktif bileşikler içeren, kronik hastalıkların veya semptomlarının önlenmesi, yönetimi veya tedavisi için belirli biyobelirteçleri kullanarak klinik olarak etkisi kanıtlanmış bir sağlık yararı sağlayan gıdalar olarak tanımlanan fonksiyonel gıdalara odaklanılmasına neden olmuştur (Baker vd, 2022). Prebiyotikler ve probiyotikleri birlikte içeren sinbiyotik gıdalar fonksiyonel gıdaların en yaygın tüketilen ve en iyi bilinen grubudur ve sağlıklı beslenmek isteyen tüketiciler tarafından yaygın olarak tercih etmektedir. Yeni ürün geliştirmede veya mevcut ürünlere fonksiyonellik kazandırmada sıklıkla probiyotik ve prebiyotiklerden yararlanılmaktadır. Dünyada probiyotik pazarı 2021 yılında 33.2 milyar dolarlık bir değere sahipken, 2021-2026 yılları arasında bu rakamlarda %2.7'lik bir artış beklenmekte (IPA, 2023), benzer şekilde söz konusu pazarın 2026 yılında sadece ABD'de 91.1 milyar dolara çıkacağı öngörülmektedir (Liang vd. 2023). Bu hızlı artışın tüketicilerin bilinç düzeyine ve ürüne ulaşılabilirliğe göre daha da artış göstermesi muhtemeldir. Bu noktada her ne kadar bitkisel kaynaklı gıdalar (Bernat vd. 2015, Bianchi vd. 2015, Mondragón-Bernal vd. 2017), çikolata (Konar vd. 2018, Cielecka-Piontek vd. 2020) ve şerbet (Marinho vd. 2020) gibi ürünlerde sinbiyotik özellik çalışılmış olsa da, süt ürünleri sinbiyotik üretim için ideal ortam oluşturduğundan araştırmalar daha çok sinbiyotik süt ürünleri üzerine yoğunlaşmıştır. Sinbiyotik peynir (Torabi vd. 2021, Islam vd. 2022, Jaman vd. 2022, Khalid vd. 2022, Mahmoudi vd. 2022, Arasteh vd. 2023, Jooyandeh vd. 2023) ve dondurma (Elkot vd. 2022, Maleki vd. 2023) ile birlikte sinbiyotik süt içeceği (Buran vd. 2021, Buran vd. 2022, Chand vd. 2022, Nurliyani vd. 2022; Ziar vd. 2022) üzerine de çalışmalar mevcuttur.

İnülin, *Compositae*, *Platycodonaceae*, *Gentianaceae*, *Liliaceae* ve *Poaceae* de dahil olmak üzere 36 binden fazla farklı bitkinin yumrularında ve köklerinde bulunan,

doğrusal veya dallı fruktoz polimerleridir (Qin vd. 2023). Enginar, hindiba, soğan, kuşkonmaz, sarımsak, muz, arpa ve buğday temel inülin kaynaklarıdır. İnülin prebiyotik özellik gösterme, kısa zincirli yağ asidi üretimini artırma (Weitkunat vd. 2015), kardiyometabolik riskleri azaltma (Mitchell vd. 2015), kemik metabolizmasını iyileştirme (Drabinska vd. 2019), kolon kanseri gelişimine karşı koruma (Ali vd. 2019) gibi sağlık yararlarına sahiptir. Buna ilaveten ilave edildikleri gıdalarda fiziksel özellikleri iyileştirme başta olmak üzere teknolojik etkiler göstermektedir. Hem sağlık hem de teknolojik etkilerinden dolayı da gıda endüstrisinde oldukça yaygın şekilde kullanılmaktadır. Polimerizasyon derecesi birçok özelliğini etkilediği gibi kullanım alanlarını da etkilemektedir. Yüksek polimerizasyon derecesine sahip, uzun zincirli inülinin su ile karışması sonucu krema benzeri yapı göstermesi inüline tatminkâr bir yağ ikame özelliği kazandırmaktadır. Birçok farklı çalışma ile inülinin yağ oranı azaltılmış peynir (Aydınol ve Özcan 2018, Borges vd. 2019, Krishna ve Ghosh 2019, Li vd. 2019a), yoğurt (Guggisberg vd. 2009, Guven vd. 2005) ve dondurma (Tiwari vd. 2015, Akbari vd. 2016, Junyusen vd. 2017, Rodriguez Furlán ve Campderrós 2017) üretiminde başarı ile yağ ikame özelliği gösterdiği kanıtlanmıştır. Süt içecekleri üretiminde de sinbiyotik özellik kazandırması nedeniyle inülinin etkisi farklı çalışmalarda araştırılmıştır. Bu çalışmalarda inülinin kullanılan probiyotik bakterilerin gelişimini olumlu etkilediği bildirilmiştir (Montanuci vd. 2012, Da Silveira vd. 2015, Öztürkoğlu-Budak vd. 2019). Ancak peynir, yoğurt ve dondurmada başarıyla tekstürel özellikleri iyileştirici etkisi olmasına karşın süt bazlı içeceklerde olumlu etkisinin yanında bazı çalışmalarda fiziksel özellikler üzerine etkisinin olmadığı da saptanmıştır (Montanuci vd. 2012, Fornelli vd. 2015). Bu da kanıtlanmış faydaları olmasına rağmen inülinin likit formdaki ürünlerde duyu özellikler üzerine etkisinin stabilite ve diğer bileşenlerle etkileşim gibi nedenlerle değişkenlik gösterebildiğini düşündürmektedir. Çapraz bağlama, yukarıda belirtilen faydaları bulunan inülinin söz konusu sorun veya etkisizliğini gidermek için alternatif bir yöntemdir. Çapraz bağlama inüline enzimatik tepkimelere karşı direnç ve daha stabil bir yapı kazandırmakla birlikte teknolojik etkilerini de desteklemektedir. Bununla birlikte düşük moleküler ağırlığı nedeniyle doğal inülinin renal atılımı hızlı olurken çapraz bağlama ile moleküler ağırlığının artırılması renal atılım süresinin uzamasını da sağlamaktadır (Li vd. 2010). Literatürde çapraz bağlı inülin ile ilgili sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların birinde Li

vd. (2019b) apraz bağlama işleminin farklı polimerizasyon derecesine sahip inülin üzerine etkisini araştırmıştır. Akal (2023) tarafından yapılan bir çalışmada ise çapraz bağlayıcı ajan (SHMP) miktarı ile farklı koşulların (konsantrasyon, sıcaklık) inülin özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Her iki çalışmada da inülinin çapraz bağlanması reolojik özellikleri olumlu etkilediği ve inülin dispersiyonlarında viskozite artışı sağladığı bildirilmiştir. Çapraz bağlı inülinin yoğurt üretiminde kullanılmasıyla, yoğurdun sertliğinde de artış sağladığını ortaya konmuştur (Li vd. 2019c). Ayrıca apraz bağlı inülin ilavesinin yoğurt bakterilerinin canlılığını olumlu etkilediği bildirilmiştir. Yapılan literatür taramasında içecek formundaki bir gıdada çapraz bağlı inülin kullanımına dair bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bununla birlikte, özellikle sinbiyotik süt içeceklerinde depolama süresince stabilite sorunları görölmesi ve istenilen kıvam özelliği için stabilizer kullanma zorunluluğu olması nedeniyle çapraz bağlı inülinin bu ürünlerde kullanımının önemli etkileri olabileceği düşünölmektedir. Bu tez çalışmasında da çapraz bağlı inülinin sinbiyotik süt içeceği üretiminde kullanılmasının ürünün reolojik özellikleri başta olmak üzere genel özellikleri üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Prebiyotikler

Pre- ön eki ile birlikte eski yunanca “biotikos” (yaşam) kelimesinden türeyen prebiyotik terimi en genel tanımıyla “yaşam öncesi” anlamı taşımaktadır (Occhipinti 2010). Gıda endüstrisinde ise prebiyotik terimi insan vücudunun sindiremediği, buna karşın kalın bağırsak florasında bulunan yararlı bakteriler tarafından sindirilebilen, dolayısıyla bu yararlı bakterilerin üremesini ve/veya aktivitesini seçici olarak artırarak sindirim sisteminin düzenli çalışmasına katkı sağlayan besin içerikleri olarak tanımlanmıştır (Huebner vd. 2007, Huebner vd. 2008). Yaklaşık 15 yıl boyunca neredeyse hiç değişmeyen bu tanımlamaya uyan besin içerikleri genel olarak lif yapısındaki karbonhidratlardır (Harman ve Knol 2006, Hattner ve Anderes 2009, Davani-Davari vd. 2019). 2008 yılında Uluslararası Probiyotikler ve Prebiyotikler Birliği’nin 6. Bilimsel Toplantısı’nda yapılan tanımlamayla gıda prebiyotikleri; bağırsak mikrobiyotasının kompozisyonu ve/veya aktivitesinde spesifik değişikliklere neden olarak insan sağlığına katkıda bulunan seçilmiş fermente içerikler şeklinde sunulmuştur (Davani-Davari vd. 2019). Dolayısıyla karbonhidrat olmayan içeriklerin de prebiyotik olarak kullanımını dışlayan bir tanımlama bulunmamaktadır. İki tanım arasındaki en önemli fark ilk tanımda prebiyotiğin seçicilik özelliğine yapılan vurgunun kaldırılmış olmasıdır (Bindels vd. 2015). Bunu destekler şekilde son dönemde yapılan çalışmalarda bir tür için spesifik olan prebiyotiğin başka bir tür tarafından da kullanılması şeklindeki çapraz beslemenin, prebiyotik etkinliğini arttırdığı gösterilmiştir (Scott vd. 2013). Konsensüs sağlanmış nihai bir tanımlama olmamakla birlikte her iki ifadenin de ortak noktası prebiyotiklerin tüketiminin insan sağlığı hedefli olduğudur (Roberfroid vd. 2008, Bindels vd. 2015, Davani-Davari vd. 2019).

Prebiyotikler aslında probiyotik olarak isimlendirdiğimiz sağlığa faydalı canlı mikroorganizmaların ve bu mikroorganizmaları içeren yiyeceklerin de tamamlayıcısı durumundadır. Probiyotik besinler genel olarak ince bağırsaklarda aktifken, prebiyotikler ise kalın bağırsakta özellikle de kolon bölgesindeki flora üzerine etkilidirler. Sindirim kanalına alındıktan sonra mide ve ince bağırsak mukozasında

sindirilmeden geçen prebiyotikler kolondaki yararlı bakteriler tarafından kullanılırlar. Bu sırada fermentasyon ürünü olarak laktik asit, bütirik asit ve propiyonik asit gibi Kısa Zincirli Yağ Asitleri açığa çıkar. Bu yağ asitleri kolonun pH'sını düşürmenin yanında solunum yolundan kemik iliğine kadar vücudun birçok bölgesinde bağışıklık sistemine hücresel düzeyde katkı sağlarlar. Prebiyotiklerin bağışıklık sistemine ve insan sağlığına etkileri esasen bağırsak mikrobiyotası tarafından yıkımları sırasında fermentasyon ürünü olarak açığa çıkan yağ asitleri aracılığıyla olmaktadır. Bu yağ asitleri enterositler aracılığıyla kan dolaşımına karışabildiğinden sadece sindirim sisteminde değil tüm vücutta etki gösterebilmektedir. Burada oluşan yağ asitlerinin çeşitliliğini belirleyen ana faktör ise bağırsak florasındaki bakteri kompozisyonu ve alınan prebiyotiklerin yapısıdır (Davani-Davari vd. 2019). Bir bileşiğin prebiyotik olarak sınıflandırılabilmesi için belli kriterler vardır. Bunlar;

(i) Midedeki asidik ortama ve düşük pH değerlerine karşı dirençli olmak, memelilerin salgıladığı sindirim enzimleri tarafından hidrolize edilmemek ve sindirim sisteminde emilmemek;

(ii) Bağırsak mikrobiyotası tarafından fermente edilebilir olmak;

(iii) Bağırsaktaki yararlı bakterilerin büyümesini ve aktivitesini uyarmak ve bu sayede sağlığa katkıda bulunmak şeklinde özetlenebilir (Glen 2004, Wang 2009, Davani-Davari vd. 2019). Bu kriterler göz önüne alındığında prebiyotiklerin büyük çoğunluğunun lifli karbonhidratlardan oluştuğu söylenebilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta prebiyotiklerden farklı olarak liflerin çözünebilirliği ya da fermente edilebilirliğinin tanımlamada vurgulanmadığıdır. (Slavin vd. 2013). Nitekim yeni çalışmalarda polidekstroz, dirençli maltodekstrin ve diğer benzer çözünür lif kaynaklarının da prebiyotik özelliklerine dair kanıtlar her geçen gün daha anlamlı olarak ortaya atılmaktadır (Teresa vd. 2011). Prebiyotiklerin büyük çoğunluğu karbonhidrat kökenlidir ve bunların da önemli bir bölümünü oligosakkaritler oluşturmaktadır. En yaygın prebiyotikler; fruktanlar, galakto-oligosakkaritler ve laktulozdur. (Glen 2004, Davani-Davari vd. 2019, Rosa vd. 2021). Bu bileşikler kuşkonmaz, şeker pancarı, sarımsak, hindiba, soğan, yer elması, buğday, bal, muz, arpa, domates, çavdar, soya fasulyesi, insan ve inek sütü, bezelye, fasulye, deniz yosunları ve mikro algler gibi farklı

gıda ürünlerinde doğal olarak bulunmaktadır (Varzakas vd. 2018, Galyon ve Varlık 2021).

Probiyotik ve prebiyotikler arasındaki bu tamamlayıcı ve sinerjik (birbirinin etkisini arttırıcı) ilişki göz önüne alınarak gıda endüstrisinde ve fonksiyonel gıda bileşenlerinin geliştirilmesinde her iki içeriğin birlikte kullanıldığı, böylece hem prebiyotiklerin hem de probiyotiklerin etkisinin arttırıldığı sinbiyotik besinler ortaya çıkmıştır. Sinbiyotiğin göstereceği etki, tek başına probiyotik ve prebiyotiğin göstereceği etkiden büyüktür (Pandey vd. 2015). Tüm bu gelişmelere rağmen mevcut teknolojinin neden olduğu örneğin mikroorganizmalardaki canlılığın kontrolü gibi sınırlamalar özellikle probiyotiklerin gıda ve ilaç endüstrisindeki etkin kullanımını kısıtlandırmaktadır. Buna bağlı olarak endüstrinin ilgisi kademeli biçimde, canlı hücre barındıran probiyotiklerden canlı olmayan parabiyoetiklere (inaktif probiyotikler) ve hatta postbiyotik olarak adlandırılan cansız probiyotiklere ve bunların biyomoleküllerine doğru geçiş göstermektedir (Nataraj vd. 2020).

2.2 İnülin

Bitkilerin daha çok kök ve kök saplarında bulunan ve enerji depolamak için kullanılan doğal bir fruktoz polimeridir. Kimyasal ismi; α -D-glukopiranosil- $[\beta$ -D-fruktofuranosil] $_{(n-1)}$ -D-fruktofuranoside, moleküler formülü; $C_{12}H_{20}O_{10}$ şeklindedir. Polimerizasyon derecesi 10-60 arasında değişmektedir. En yoğun olarak hindiba, yer elması, soğan, sarımsak ve muzda bulunmaktadır (Özyurt ve Ötleş 2014). 2018 yılında Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi tarafından gıdaların besin değerini arttırmak için kullanılan bir diyet lifi bileşeni olarak onaylanmıştır (FDA 2018).

2.3 Süt Ürünlerinde İnülin Kullanımı

Süt endüstrisinde ve fonksiyonel süt ürünlerinin üretiminde tüm dünyada en çok kullanılan prebiyotik, %42 pay ile inülin'dir (Rosa vd. 2021). Kullanılan inülin ticari olarak alınabileceği gibi doğal kaynaklardan ve biyoteknolojik yollar üzerinden de elde edilebilir. İnülinin de içinde bulunduğu prebiyotiklerin özellikle endüstriyel kullanımda

tercih edilmesinin ana nedenleri besin içeriği olarak sundukları sağlık avantajları ve teknolojik özellikleridir. Bunu sonuncunda ürünün kalite parametreleri üzerine etki yaparak gelişmiş bir organoleptik kalite ortaya çıkarır ve daha iyi-dengeli bir besin içeriği oluşturarak hem bağırsak hem de tüm vücut sağlığının sürdürülebilirliğine katkıda bulunurlar (Wang 2009). Prebiyotikli süt ürünlerinin tüketilmesinin sağlık üzerindeki en önemli etkileri; Anti-diyabetik ve anti-hipertansif özellikleri üzerine gelişen bağışıklık artışı ve bağırsak sağlığı üzerindeki olumlu etkileridir (Causey vd. 2000, Wang 2009, Balthazar vd. 2018, Shafi vd. 2019, Souza vd. 2019). Örneğin, koyun sütünden yapılan dondurmalarla %10 inülin katılmasıyla ACE inhibitör aktivitesi ve antioksidan aktivitesinde artış (Balthazar vd. 2018, Wang 2021), probiyotik yoğurtlara %0.3 inülin takviyesi ile proteolizis ve ACE inhibitör aktivitesinde artış şekillenmekte (Habibi Najafi vd. 2019), böylece prebiyotik katkısının ürünlerin anti-diyabetik ve anti-hipertansif etkisini arttırdığı söylenebilmektedir. Burada oluşan etkinin prebiyotik bileşenlerin muhtemel koruyucu etkileriyle, ürünlerin proteolizisini uyarmalarıyla ya da süt proteinlerinin işlevselliğini arttırmalarıyla ilişkili olabileceği düşünülmektedir. (Da Silva vd. 2020). Ayrıca, yüksek kolesterol düzeyi olan insanlara inülin eklenmiş prebiyotik dondurma verilerek serum total kolesterol, LDL kolesterol ve trigliserid düzeylerinde belirgin düşüş, buna karşın HDL kolesterol düzeyinde artış sağlandığı bunun da prebiyotiklerin safra asitlerini bağlaması, dolayısıyla jejunum'daki kolesterol emilimini azaltması sayesinde olabileceği bildirilmiştir (Causey vd. 2000). Burada bakterilerin, inülini fermente etmesiyle oluşan kısa zincirli yağ asitlerinin bu hipokolesterolemik etkiyi oluşturduğu varsayılmaktadır (Yasmin vd. 2015).

2.4 İnülin Kullanılan Sinbiyotik Süt İçecekleri

Bir ürün hem probiyotik hem de prebiyotik içerdiğinde sinbiyotik terimi kullanılmaktadır. Burada kelime sinerjizme atıfta bulunduğundan, prebiyotik bileşenin seçici olarak probiyotik bileşiği desteklediği ürünleri temsil etmektedir (Mishra vd. 2018). Peynir, yoğurt, krema, dondurma gibi süt ürünlerinde sinbiyotik bileşiklerin kullanımı bileşiğin türü ve konsantrasyonuna da bağlı olarak ürünün fizikokimyasal, reolojik ve duyuşal özellikleri üzerinde olumlu etkiler oluşturabilmektedir (Da Silva vd. 2020). Bu liflerin süt içeceklerinde kullanılmasının ana nedeni yağın azaltılmasından

kaynaklanan olumsuzlukları gidermek ve düşük kalorili ürünler elde edebilmektir (Göncü 2016). Dolayısıyla sıklıkla fermente yağsız sütler ve fermente olmayan çikolatalı süt gibi süt bazlı içeceklerde kullanımı tercih edilmektedir (Oliviera vd. 2011, Silvia Merina vd. 2020). Sebayang vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada kefir tohumlarıyla fermente edilen inek sütüne inülin ilave edilerek elde edilen içeceğin yapılan duyuşsal analizlerinde tat farklılığı oluşmadığı ancak aroma da küçük farklılıkların görüldüğü (%3), kefirle zenginleştirilmiş bu inülin içeceğinin fonksiyonel bir içecek potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Çapraz Bağlı İnülin Eldesi

İnülin 20 g tartıldıktan sonra 300 mL su içinde çözündürülmüştür. Daha sonra çözelti manyetik karıştırıcıda (Heidolph MR HEI TEC, Schwabach, Almanya) 500 rpm hızda 25°C'de 1 saat karıştırılmıştır. İnülin solüsyonlarına çapraz bağlama amacıyla % 0.75 oranında sodyum heksametafosfat (SHMP) ilave edilmiş ve 2 M Na₂ CO₃ ile pH değeri 10'a ayarlanmıştır. Çözelti 3.5 saat 45°C'de çalkalayıcılı etüvde (Mikrotest, MCI-55, Türkiye) karıştırılmış ve sonrasında tepkimeyi durdurmak amacıyla pH değeri 2 M HCl ile 7'ye ayarlanmıştır. Ardından karışım 10000 rpm hızda 20 dakika santrifüjlenmiş ve çökelti sırasıyla etanol ve saf su ile yıkanmıştır. Çapraz bağlı inülin, liyofilizatör (Christ Alpha 1-2 LD plus, Almanya) kullanılarak liyofilize edilmiştir (Li vd. 2019b, 2019c).

3.2 Sinbiyotik Süt İçeceği Üretimi

Çiğ inek sütü (%12.11±0.22 kurumadde, %3.60±0.07 yağ, %3.51±0.25 protein ve %0.61±0.03 kül ve %0.16±0.01 laktik asit ve pH=6.74±0.04) Ankara Üniversitesi Döner SermayeSüt İşletmesi'nden (Ankara, Türkiye) ve probiyotik laktik asit bakterileri ise Maysa Gıda A.Ş (İstanbul, Türkiye) firmasından tedarik edilmiştir. Deneme örnekleri Şekil 3.1'de verildiği şekilde üretilmiştir. Elde edilen örneklerin kodları aşağıda verilmiştir.

Örnek Kodları

LA *Lb. acidophilus* ve doğal inulin ile üretilen kontrol örneği

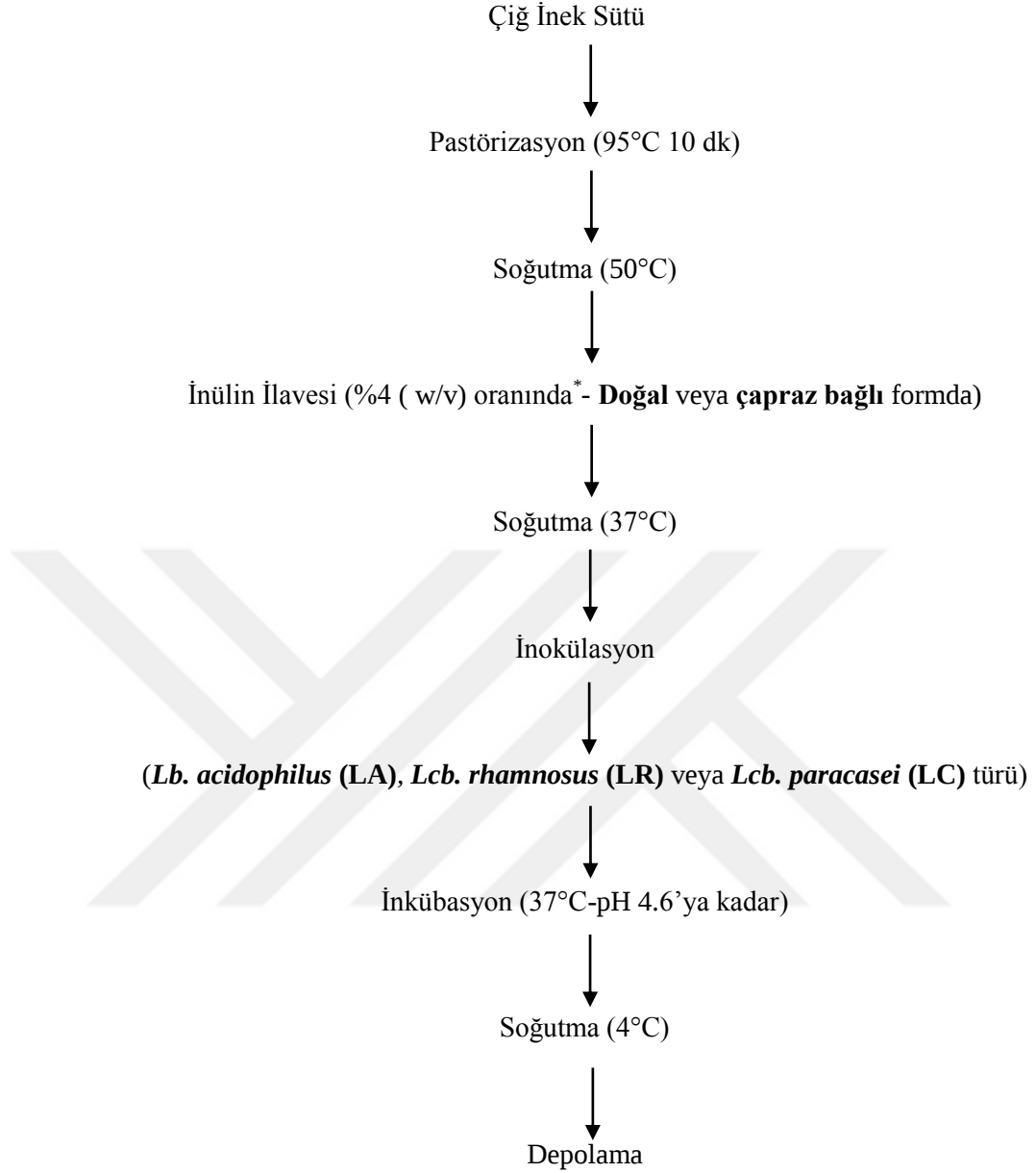
LR *Lcb. rhamnosus* ve doğal inulin ile üretilen kontrol örneği

LC *Lcb. paracasei* ve doğal inulin ile üretilen kontrol örneği

LA-C *Lb. acidophilus* ve çapraz bağlı inulin ile üretilen örnek

LR-C *Lcb. rhamnosus* ve çapraz bağlı inulin ile üretilen

LC-C *Lcb. paracasei* ve çapraz bağlı inulin ile üretilen



Şekil 3.1 Sinbiyotik süt içeceği üretimi

İlave edilen inülin miktarı (% 4) daha önce sinbiyotik süt içeceği üretimi üzerine yapılan bir çalışmada (da Silveira vd. 2015) en iyi reolojik özellikleri sağladığı belirtilen oran olduğu için seçilmiştir.

Araştırma 2 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş ve 4°C’de depolanan örneklerde 1., 15. ve 30. gün analizleri yapılmıştır.

3.3 Sinbiyotik Süt İçeceği Örneklerinde Yapılan Analizler

3.3.1 Bileşim özellikleri

Sinbiyotik süt içeceği örneklerinin kurumadde ve kül değerleri gravimetrik yöntemle

(IDF, 2010), yağ içeriği Gerber yöntemi (IDF, 2018) ile, Toplam protein Kjeldahl yöntemiyle (IDF, 2001), titrasyon asitliği titrimetrik olarak (IDF, 2012) ve pH-değeri birleşik elektrotlu dijital pH-metre (Ohaus, ST300, ABD) ile belirlenmiştir.

3.3.2 Renk değerleri

CIE (Commission Internationale de l'Eclairage-Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) renk alanında L*, a*(kırmızı-yeşil) ve b* (sarı-mavi) değerleri olarak kolorimetre ile (Ser-Lab SL400, Türkiye) ölçülmüştür. Toplam renk farkını (ΔE) tespit etmek için çapraz bağlı örneklerin (LA-C, LR-C ve LC-C) kontrol örnekleriyle (LA, LR ve LC) farkı alınmış ve aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{(L1 - L2)^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

3.3.3 Mikrobiyolojik analizler

10 mL örnek ve 90 mL ringer solüsyonu ile seyreltilmiştir. Ardından seri seyreltmeler hazırlanarak laboratuvar tipi karıştırıcıda (Bag Mixer 400 VW, Interscience, Fransa) iki dakika boyunca homojen hale getirilen örnekler ile ekim yapılmıştır (Tharmaraj ve Shah 2003).

*Lactobacillus spp. sayımı: MRS Agar besiyeri kullanılarak anaerobik ortamda 37°C sıcaklıkta 72 saat inkübasyon ile belirlenmiştir.

Lactococcus ssp. sayımı: M17 agar besiyeri kullanılarak aerobik ortamda 37°C sıcaklıkta 48 saat inkübasyon ile belirlenmiştir.

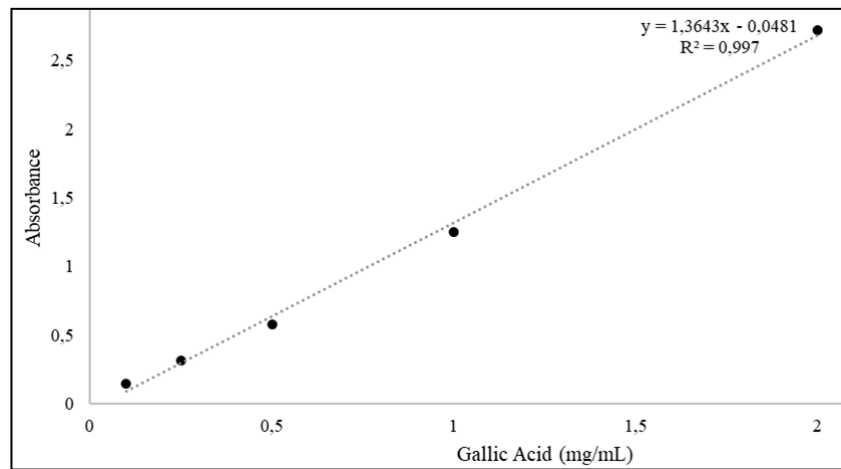
*Lb. acidophilus sayımı: MRS-Sorbitol agar besiyeri kullanılarak anaerobik ortamda 37°C sıcaklıkta 72 saat inkübasyon ile belirlenmiştir.

*Lcb. rhamnosus sayımı: MRS-Vankomisin agar besiyeri kullanılarak anaerobik ortamda 43°C sıcaklıkta 72 saat inkübasyon ile belirlenmiştir.

*Lcb. paracasei sayımı: MRS-Vankomisin agar besiyeri kullanılarak anaerobik ortamda 37°C sıcaklıkta 72 saat inkübasyon ile belirlenmiştir.

3.3.4 Toplam fenolik madde içeriği

Folin Ciocalteu yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (McCue ve Shetty 2005). 12000 rpm'de 10 dk santrifüjlenen 10 g örnekten 1 mL alınarak üzerine 1 mL etanol (% 95), 5 mL saf su ve 0.5 mL Folin–Ciocalteu çözeltisi (%50) eklenmiştir. 5 dk karanlıkta bekletilen karışımın üzerine 1 mL Na₂CO₃ (%5) ilave edilmiş ve 1 saat daha bekletilmiştir. Süre sonunda 725nm dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüştür. Örneklerin fenolik madde içerikleri kalibrasyon eğrisi çizilerek gallik asit eşdeğerliği olarak hesaplanmıştır.(Şekil 3.2)



Şekil 3.2 Gallik asit standardına ait kalibrasyon eğrisi

3.3.5 Antioksidan kapasite

1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl (DPPH) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Apostolidis, Kwon, & Shetty, 2006). Bu amaçla 10 g örnek 12000 rpm'de 10 dk santrifüjlenmiş ve filtre kağıdından (Whatman No:40) süzölmüştür. Süzöntüden 100 µL alınarak üzerine 2 µL DPPH (0.1 mM) çözeltisinden eklenerek 30 dk bekletilmiş ve 517 nm dalga boyunda spektrofotometrede absorbans değeri ölçölmüştür. Absorbans değeri aşağıda verilen formöl ile hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Antioksidan Kapasite} = \frac{A_s - A_o}{A_s} \times 100$$

Burada;

A_s : Şahit numunenin absorbans değeri

A_o : Örneğın absorbans değeriini ifade etmektedir.

3.3.6 Fiziksel Özellikler

3.3.6.1 Su Tutma kapasitesi

Isanga ve Zhang (2009)'a göre belirlenmiştir. Bu amaçla 10 g örnek tartılarak 12000 rpm hızda 10 dk santrifüj uygulanmıştır. Daha sonra su tutma kapasitesi değeri aşağıda verilen formöl ile hesaplanmıştır.

$$\text{Su tutma kapasitesi (\%)} = (1 - A_c/A_s) \times 100$$

Burada,

A_c , santrifüj sonrası serum ağırlığını ve

A_s , örneğın başlangıç ağırlığını göstermektedir.

3.3.6.2 Dinamik reolojik testler

Malvern Kinexus marka dinamik reometre ile 40 mm 4° açılı konik geometri kullanılarak analiz edilmiştir. Kayma gerilimi değerleri 5°C sıcaklıkta 0.5-100 s⁻¹ aralığında 28 kayma hızında ölçülmüştür. Reolojik veriler, en yüksek korelasyon değerlerini (0,9877-0.9992) veren Power-Law akış modeli kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\sigma = K.\dot{\gamma}^n$$

Burada σ kayma gerilimini, K kıvam indeksini, $\dot{\gamma}$ kayma hızını ve n akış davranış indeksini ifade etmektedir.

Örneklerin osilasyon analizleri ise 0.01 ile 10 Hz frekans aralığında, 5°C sıcaklıkta, %1 kayma gerilimi değerinde gerçekleştirilmiş ve analiz sonucunda depolama (elastik) modülü (G') ve kayıp (viskoz) (G'') modülü değerleri elde edilmiştir.

3.3.7 Elektroforetik profil

SDS-PAGE yöntemiyle belirlenmiştir (Laemmli, 1970). Örneklerin son protein konsantrasyonu 50 µg/µL olacak şekilde seyreltilmiş ve 2X örnek tamponu (1:1) ile karıştırılmıştır. Daha sonra 40 dakika ön çalıştırmayı takiben 15 µL numune, 200 mV'de ayırma (seperating gel-%12.5) ve sıkıştırma (stacking gel-%4.5) jellerinden yürütülmüştür.

Ayırma Jeli :

Akrilamid Stok Çözeltisi:	4.17 mL
Ayırma Jeli Buffer Çözeltisi:	2.50 mL
Destile Su:	3.18 mL
SDS (% 10 w/v):	0.10 mL
Amonyum persülfat:	50 µL
TEMED:	5 µL

Sıkıştırma Jeli:

Akrilamid Stok Çözeltisi:	0.65 mL
Sıkıştırma Jeli Buffer Çözeltisi:	1.25 mL
Destile Su:	3.05 mL
SDS (% 10 w/w):	0.05 mL
Amonyum persülfat (% 10 w/w):	25 µL
TEMED:	5 µL

3.3.8 Duyusal değerlendirmeler

Duyusal değerlendirmeler Clark ve Costello (2016) tarafından belirtildiği şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 9 puanlı (1: *Kesinlikle Beğenmedim*, 2: *Hiç Beğenmedim*, 3: *Orta Beğenmedim*, 4: *Az Beğenmedim*, 5: *Ne Beğendim Ne Beğenmedim*, 6: *Az Beğendim*, 7: *Orta Beğendim*, 8: *Çok Beğendim*, 9: *Kesinlikle Beğendim*) skala kullanılarak Şekil 3.3'te verilen puanlama testi ile belirlenmiştir.

Panelistin Adı:

Tarih:

Size sunulan örnekleri aşağıdaki özelliklerine göre belirtilen sıra ile 9 puan üzerinden puanlandırınız.

		105		643		871	189	546	641
Görünüş									
Yapı									
Lezzet									
1 Kesinlikle Beğenmedim	2 Hiç Beğenmedim	3 Orta Beğenmedim	4 Az Beğenmedim	5 Ne Beğendim Ne Beğenmedim	6 Az Beğendim	7 Orta Beğendim	8 Çok Beğendim	9 Kesinlikle Beğendim	

Şekil 3.3 Duyusal değerlendirme tablosu

3.3.9 İstatistiki değerlendirme

Örneklerin istatistiki değerlendirmesi için tesadüf blokları varyans analiz tekniğinden yararlanılmıştır. ANOVA testinin uygulanabilmesi için gerekli koşulların sağlandığı belirlendikten sonra Minitab® paket programı 16.1.1 ile çalışmanın istatistiksel

değerlendirmesi (ANOVA) yapılmıştır. Anlamlı olarak farklı grupları belirlemek için $p<0.05$ düzeylerinde Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Bileşim Özellikleri

Araştırma bulguları farklı probiyotik bakteri kullanımının ve inülinin çapraz bağlanmasının örneklerin bileşim özellikleri üzerine bir etkisinin olmadığını göstermiştir. İnülin ilave edilmesi ile kurumadde ve kül değerlerinde artış görülmüş oransal olarak protein ve yağ miktarları ise çiğ süte göre bir miktar düşük bulunmuştur.

Çizelge 4.1 Sinbiyotik süt içeceği örneklerinin bileşim özellikleri

Örnekler	Kurumadde (%)	Kül (%)	Protein (%)	Yağ (%)
LA	15.23±0.15	0.66±0.02	3.19±0.02	3.10±0.00
LA-C	15.23±0.03	0.72±0.01	3.17±0.02	3.15±0.15
LR	15.28±0.06	0.63±0.02	3.19±0.03	3.20±0.00
LR-C	15.34±0.02	0.72±0.00	3.15±0.08	3.16±0.04
LC	15.19±0.06	0.70±0.06	3.19±0.02	3.15±0.15
LC-C	15.21±0.07	0.72±0.00	3.22±0.01	3.15±0.15

4.2 Asitlik Değerleri

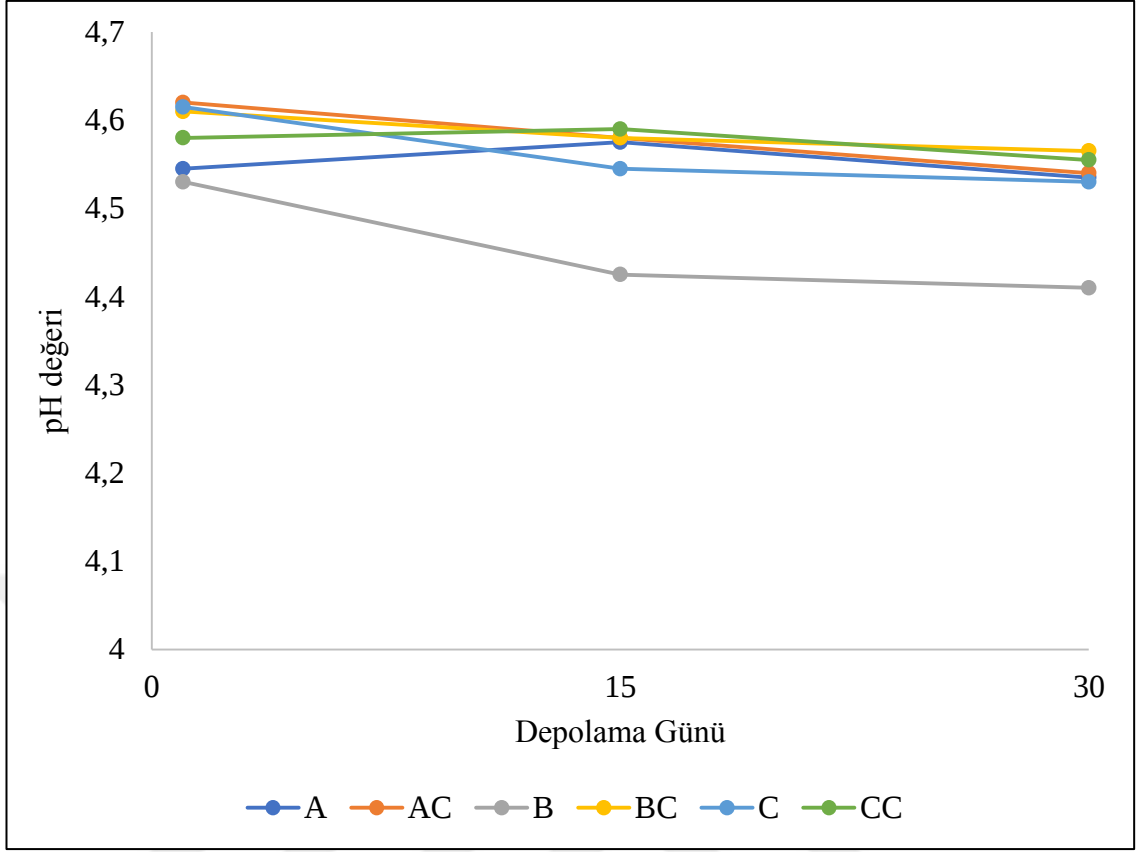
Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin asitlik değerleri ile renk değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin asitlik değerleri

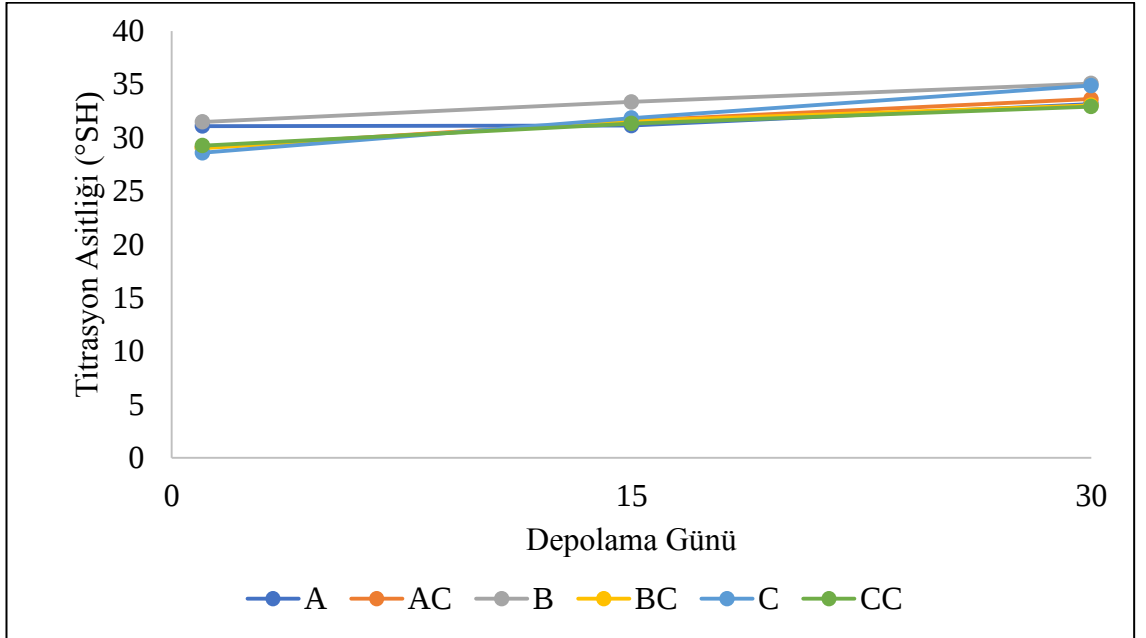
	Örnekler	Depolama Günleri		
		1. Gün	15. Gün	30. Gün
pH değeri	LA	4.55±0.02	4.58±0.02	4.54±0.02
	LA-C	4.62±0.01	4.58±0.06	4.54±0.05
	LR	4.53±0.13	4.43±0.09	4.41±0.06
	LR-C	4.61±0.02	4.58±0.04	4.57±0.02
	LC	4.62±0.02	4.55±0.03	4.53±0.08
	LC-C	4.58±0.01	4.59±0.02	4.56±0.02
Titrasyon Asitliği (°SH)	LA	31.09±0.08	31.14±0.26	33.16±0.60
	LA-C	29.08±1.29	31.58±0.10	33.61±1.11
	LR	31.47±0.56	33.35±0.98	35.07±0.55
	LR-C	29.02±0.09	31.56±0.56	33.04±0.05
	LC	28.58±0.83	31.84±0.82	34.88±1.13
	LC-C	29.26±0.51	31.32±0.60	32.92±0.60

Harflendirme yapılmayan satır veya sütunda farklılık önemli bulunmamıştır.

Sinbiyotik süt içeceklerinin asitlik değerleri arasında bir fark bulunmamıştır $p>0,05$. Hem farklı bakteri kullanılması hem de inülinin çapraz bağlanması depolama süresince asitlik ilerlemesinde bir farklılık yaratmamıştır. Üretimde inkübasyon 4.6 pH değerinde sonlandırıldığından tüm örneklerde 1. depolama günü sonuçları bu değere yakın bulunmuştur (Şekil 4.1). Depolamanın ilerlemesiyle de asitlik önemli bir artış göstermemiştir. Bununla birlikte 30 gün sonunda örneklerin pH değerleri depolama başlangıcına göre daha düşük SH değerleri ise kısmen daha yüksektir (Şekil 4.2).



Şekil 4.1 Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin pH değerleri



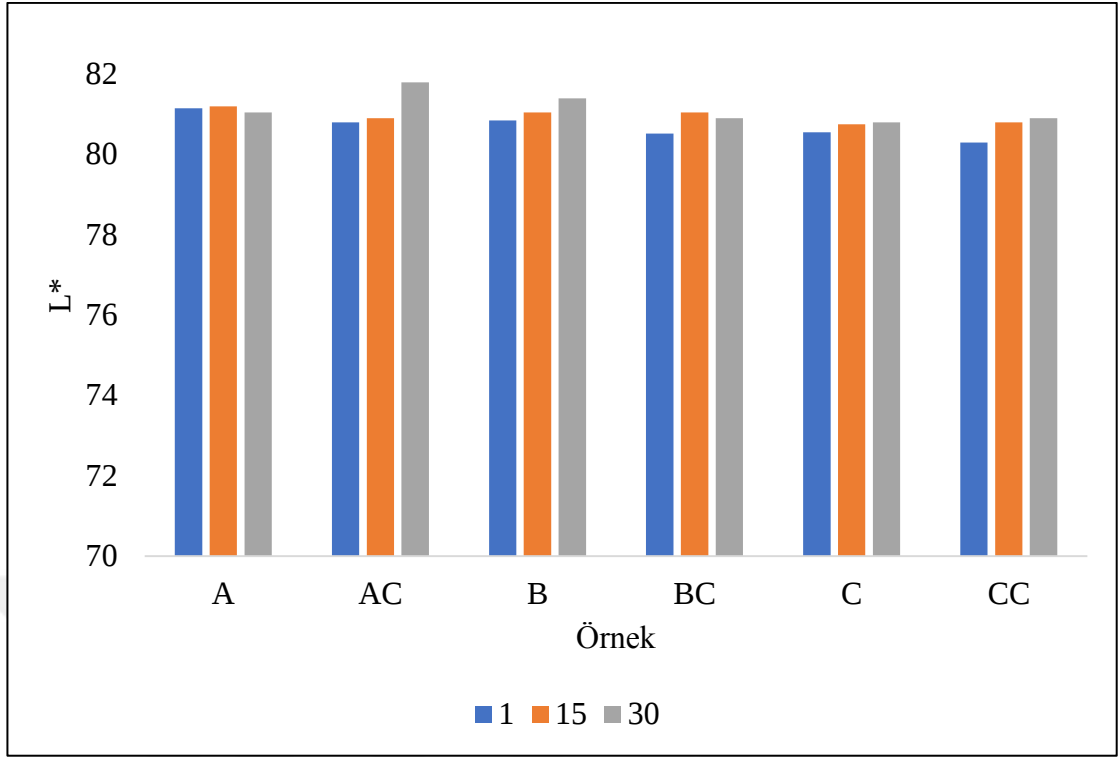
Şekil 4.2 Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin titrasyon asitliği değerleri

4.3 Renk Değerleri

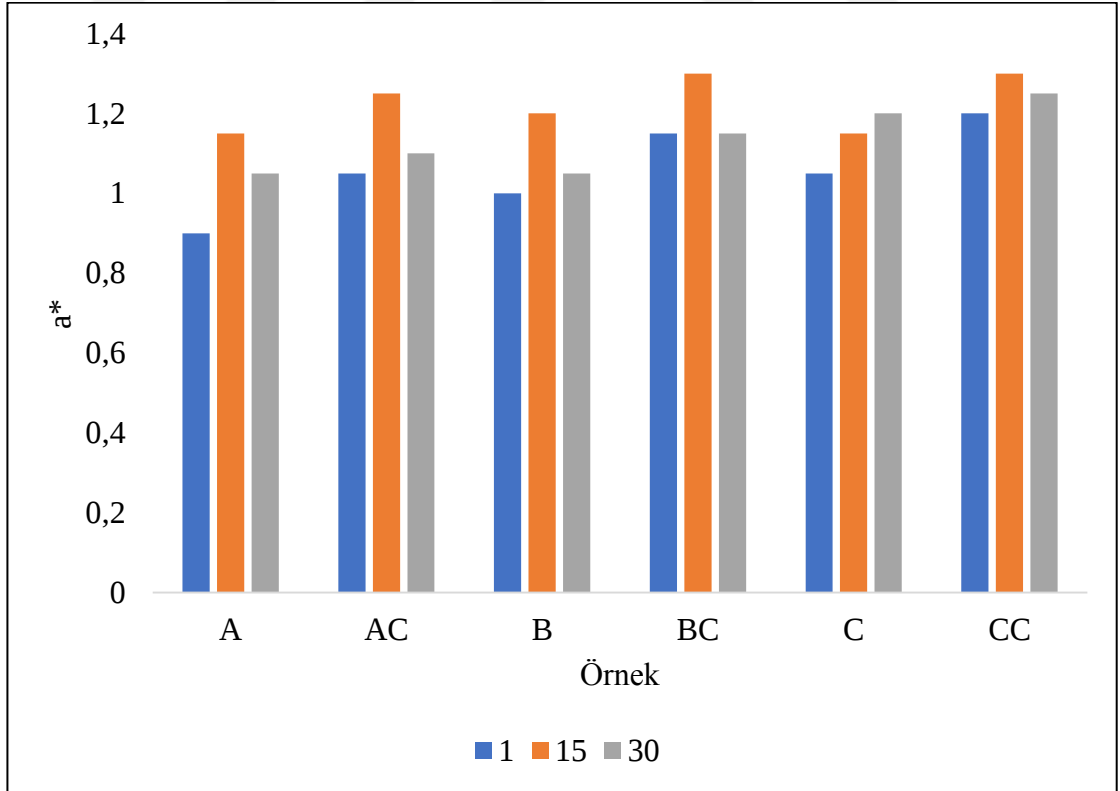
Örneklerin renk değerlerine bakıldığında farklı probiyotik bakteri kullanılarak üretilen örnekler arasında bir farklılık olmadığı görülmüştür (Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5). Ayrıca çapraz bağlı inülin ilavesinin de örneklerin L, a ve b değerleri üzerine önemli bir değişiklik yaratmadığı görülmektedir. Nitekim yapılan toplam renk farklılığı hesaplamaları da bunu göstermiştir. Çapraz bağlama işlemi uygulanmış inülin ile herhangi bir işlem uygulanmamış inülin ilavesiyle elde edilen sinbiyotik süt içecekleri arasında toplam renk değerleri farkı 0.550-0.939 değerleri arasında değişmiştir. ΔE değerinin 1.5 değerinden küçük olması renk farklılığın oldukça az olduğunu göstermektedir (Adekunte vd. 2010). Yalnızca *Lcb. rhamnosus* ilavesiyle elde edilen örneğin ΔE değerleri diğer örneklerden daha yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Ancak bu değer de yine 1.5'in altında olduğu için çıplak gözle fark edilecek bir değişim olmadığı söylenebilir. Ayrıca örneklerin renk değerleri depolama süresince de önemli farklılık göstermemiştir. $P > 0,05$

Çizelge 4.3 Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin renk değerleri

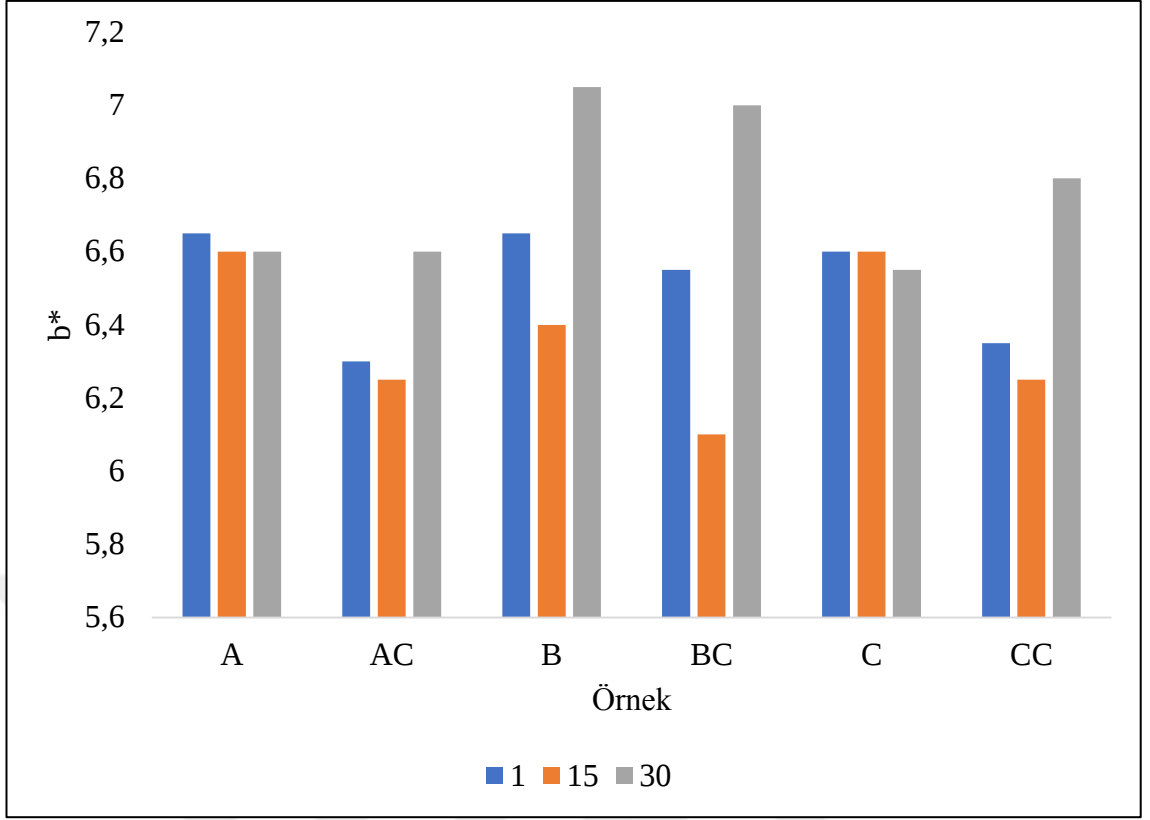
L*	Örnekler	Depolama Günleri		
		1. Gün	15. Gün	30. Gün
L*	LA	81.15±0.35	81.20±0.00	81.05±0.15
	LA-C	80.80±0.20	80.90±0.10	81.80±0.10
	LR	80.85±0.05	81.05±0.05	81.40±0.20
	LR-C	80.52±0.62	81.05±0.15	80.90±0.50
	LC	80.55±0.65	80.75±0.15	80.80±0.30
	LC-C	80.30±1.00	80.80±0.40	80.90±0.20
a*	LA	0.9±0.00	1.2±0.05	1.05±0.05
	LA-C	1.1±0.05	1.3±0.05	1.10±0.00
	LR	1.0±0.00	1.2±0.00	1.05±0.15
	LR-C	1.1±0.05	1.3±0.00	1.15±0.05
	LC	1.1±0.05	1.2±0.05	1.20±0.00
	LC-C	1.2±0.10	1.3±0.10	1.25±0.05
b*	LA	6.65±0.05	6.60±0.00	6.60±0.00
	LA-C	6.30±0.00	6.25±0.35	6.60±0.00
	LR	6.65±0.05	6.40±0.20	7.05±0.35
	LR-C	6.55±0.15	6.10±0.20	7.00±0.00
	LC	6.60±0.30	6.60±0.10	6.55±0.35
	LC-C	6.35±0.25	6.25±0.05	6.80±0.00
ΔE	LA-C	0.595±0.053 ^B	0.597±0.042 ^B	0.550±0.050 ^B
	LR-C	0.912±0.015 ^A	0.914±0.040 ^A	0.939±0.064 ^A
	LC-C	0.597±0.065 ^B	0.521±0.039 ^B	0.589±0.025 ^B



Şekil 4.3 Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin L* değerleri



Şekil 4.4 Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin a* değerleri



Şekil 4.5 Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin b* değerleri

4.4 Antioksidan Kapasite

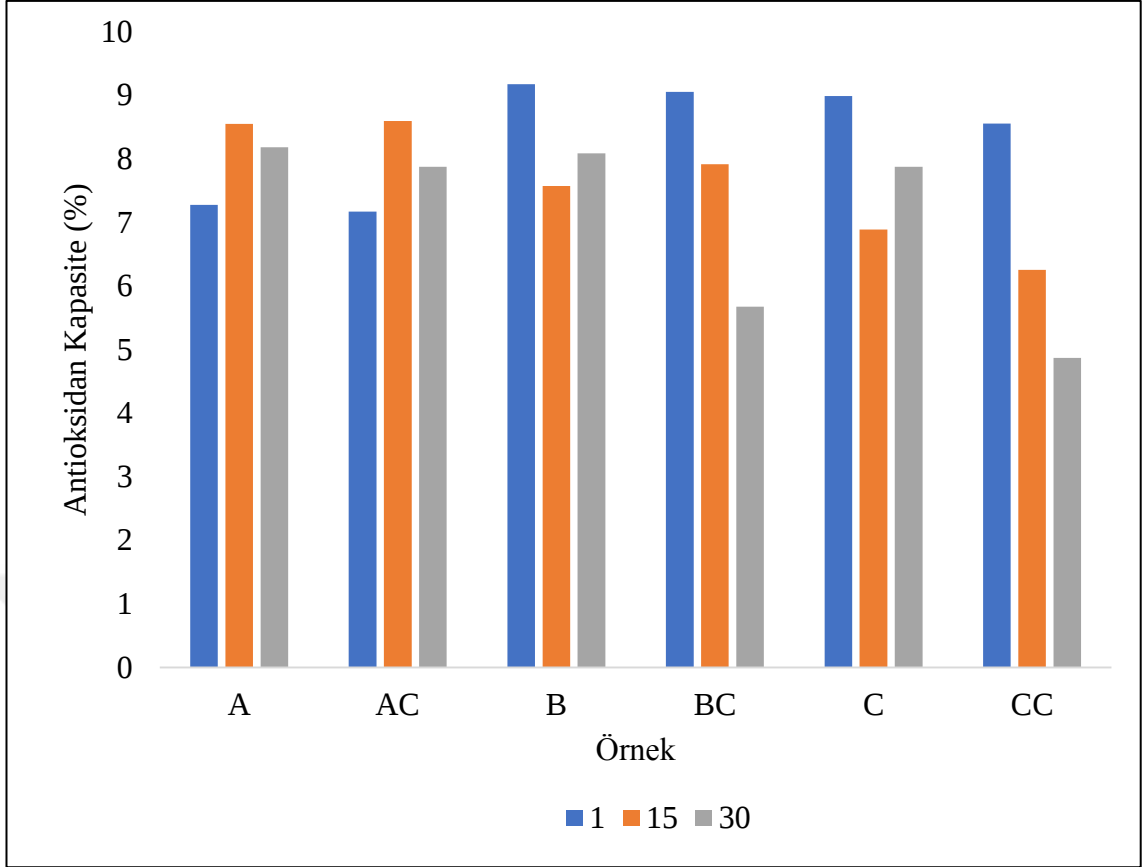
İnsan vücudunda serbest radikallerin üretimi, enzimlerin, hücre proteinlerinin, hücre zarı lipidlerinin ve DNA'nın oksidasyonuna yol açmaktadır. Meydana gelen oksidasyon, gen mutasyonuna ve Parkinson, skleroz, Alzheimer ve kardiyovasküler hastalıkların gelişimi gibi sonuçlara neden olur (Halliwell 2001). Bu nedenle antioksidan aktiviteye sahip gıdalar serbest radikalleri temizleyerek oksidasyon zincir reaksiyonlarının ilerlemesini önleyebilmesi açısından oldukça önemlidir. Fermente süt ürünleri antioksidan kapasiteye sahip önemli fonksiyonel gıdaların başında gelmektedir (Kaveh vd. 2023).

Örneklerin antioksidan kapasitesi ve fenolik bileşen içerikleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4 Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin antioksidan kapasite ve fenolik bileşen değerleri

	Depolama Günleri			
	Örnekler	1. Gün	15. Gün	30. Gün
Antioksidan Kapasite (%)				
	LA	7.28±0.44 ^{BCb}	8.55±0.34 ^{Aa}	8.19±0.05 ^{Aab}
	LA-C	7.17±0.34 ^{Bb}	8.60±0.10 ^{Aa}	7.88±0.15 ^{ABab}
	LR	9.18±0.30 ^{Aa}	7.58±0.15 ^{ABb}	8.09±0.82 ^{Aab}
	LR-C	9.06±0.44 ^{Aa}	7.92±0.20 ^{ABab}	5.68±0.51 ^{BCb}
	LC	8.99±0.20 ^{ABa}	6.89±0.15 ^{BCb}	7.88±0.34 ^{ABab}
	LC-C	8.55±0.32 ^{ABa}	6.26±0.39 ^{Cb}	4.87±0.04 ^{Cb}
Fenolik Bileşen (mg GAE/100 g)				
	LA	36.91±3.19	36.25±3.75	45.31±0.59
	LA-C	40.17±1.76	38.09±3.26	47.98±2.31
	LR	44.17±3.85	43.18±2.91	45.01±2.27
	LR-C	37.90±3.40	33.98±0.26	46.95±1.36
	LC	45.60±2.49	40.61±1.47	46.26±2.05
	LC-C	36.44±1.91 ^b	39.73±0.07 ^{ab}	46.73±1.43 ^a

Aynı satırdaki farklı küçük harfler depolama günleri arasındaki farklılığı ($P<0.05$), aynı sütündeki farklı büyük harfler örnekler arasındaki farklılığı ($P<0.05$) ifade etmektedir. Harflendirme yapılmayan satır veya sütunda farklılık önemli bulunmamıştır.



Şekil 4.6 Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin antioksidan kapasite değerleri

Farklı probiyotikler kullanılarak üretilen sinbiyotik süt içeceklerinin antioksidan kapasite değerleri arasında depolamanın 1. günü önemli farklılık tespit edilmiştir (Şekil 4.6). *Lb. acidophilus* ilave edilen içeceklerde depolamanın birinci gününde önemli bir azalma tespit edilmiştir ($p < 0.05$). En yüksek antioksidan kapasite ise *Lcb. rhamnosus* ile üretilen örnek olmuştur. El-Sayed vd. (2021) tarafından yürütülen ve farklı bakterilerin antioksidan kapasitesinin belirlendiği bir çalışmada da benzer şekilde *Lcb. rhamnosus*'un depolamanın başlangıcında en yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir. Ancak ilginçtir ki depolamanın ilerlemesiyle *Lb. acidophilus* ile üretilen içecekler en yüksek antioksidan kapasite göstermiştir. Hem 15. hem de 30. depolama gününde doğal ve çapraz bağlı inülin içeren örnekler arasında en yüksek değerlerin LA ve LA-C örneklerinde olduğu görülmüştür. Probiyotik laktik asit bakterisi içeren örneklerin antioksidan aktivitesinin incelendiği farklı çalışmalarda da probiyotik bakterilerin ilave edildiği örneklerde 28 günlük depolamada antioksidan kapasitenin önemli artış gösterdiği bildirilmiştir (Sah vd. 2015, Garcia vd. 2020). Bunun sebebinin

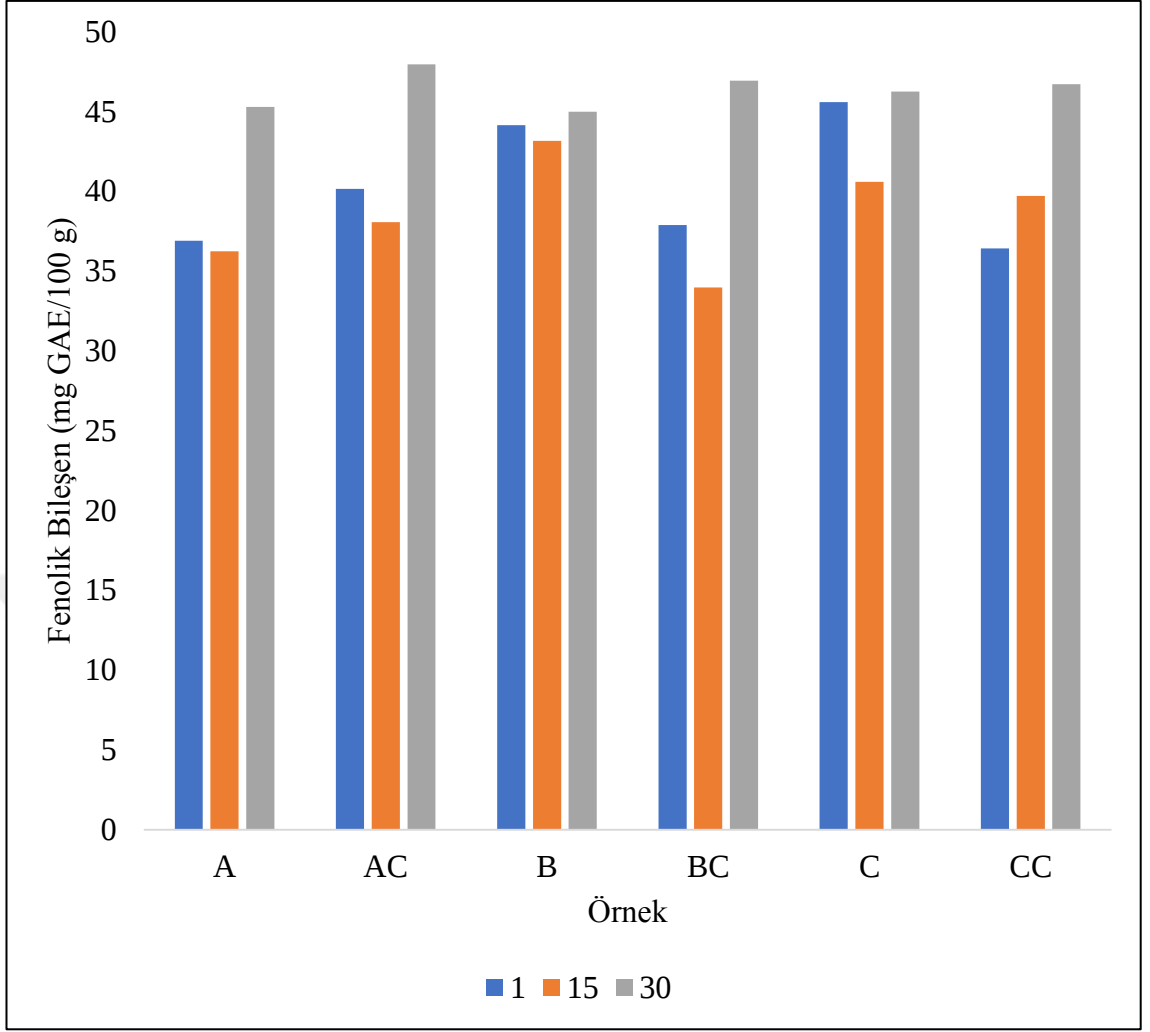
bakterilerin depolama süresince gelişimlerine bağlı olarak meydana gelen proteolizle antioksidan kapasiteye sahip biyoaktif fraksiyonların açığa çıkması olduğu düşünülmektedir. Fenolik madde içeriğinde önemli bir artış olmaması da bu tezi desteklemektedir. *Lb. acidophilus* ilaveli örneklerin aksine çapraz bağlı inülin ilave edilen *Lcb. paracasei* (LC-CC) örneği depolamanın sonunda (30. günde) en düşük değeri almıştır. *Lcb. paracasei* ilaveli örnekler (LC ve LC-C) gibi *Lcb. rhamnosus* ilaveli örneklerde (LR ve LR-C) de depolama süresince antioksidan kapasitede önemli bir düşüş gözlenmiştir ($P<0.05$). Süt ürünlerinin antioksidan kapasitesi üzerine yapılan çalışmalarda benzer şekilde depolama süresince düşüş gözlenebileceği bildirilmiştir (Hala vd. 2010). Bu örneklerde depolama süresince meydana gelen reaksiyonlara bağlı olarak biyoaktif özellikteki bileşenlerin degradasyonunun antioksidan kapasite değerinin düşmesine neden olmuş olabileceği düşünülmektedir. Her bir *Lactobacillus* cinsi bakterinin antioksidan aktivite gösterme mekanizması birbirinden farklıdır. *Lb. acidophilus* plazma folat miktarının artmasına yol açarak (Ruiz Rodríguez et al., 2019), *Lcb. rhamnosus* NADPH oksidaz enzimini inhibe edip mRNA regülasyon yavaşlamasına (downregulating) neden olarak (Adikari vd. 2021) ve *Lcb. paracasei* metal iyonlarını şelatlayarak (Lee vd. 2005) antioksidan aktivite gösterirler. Bu nedenle ürün özelliklerine bağlı olarak laktik asit bakteri farklılığı antioksidan kapasitede de farklılık yaratmaktadır. Bununla birlikte antioksidan özellikleri, amino asitlerin dizilerindeki konumu ve fiziksel yapıları, hidrofobisiteleri ve moleküler ağırlıkları dahil olmak üzere birçok faktöre bağlı olarak da farklılık gösterebilmektedir (Barac vd. 2019). Yedi farklı *Lactobacillus* türünün antioksidan aktivitesinin incelendiği bir çalışmada da farklı türlerin antioksidan kapasitesinin farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Ramesh vd. 2012). Aynı çalışmada bizim araştırmamızdakine benzer şekilde en düşük antioksidan aktivitenin *Lcb. paracasei* tarafından gösterildiği bildirilmiştir.

İnüline uygulanan çapraz bağlama işlemi her bir örnek için depolamanın 1. ve 15. günlerinde antioksidan kapasite açısından bir farklılık yaratmamıştır (Çizelge 4.4). Ancak depolamanın son gününde çapraz bağlı inülin ile üretilen örneklerin antioksidan kapasitesi doğal inülinli örneklere göre daha düşük bulunmuştur. Bu fark özellikle *Lcb. rhamnosus* ve *Lcb. paracasei* kullanılan örneklerde önemli düzeydedir ($P<0.05$). Antioksidan özelliğe sahip bileşikler farklı gıdalarda depolamanın ilerlemesiyle

karbonhidrat ve protein fraksiyonları veya metal iyonlarıyla kompleks oluşturması, aktif oksidatif enzimler tarafından modifiye edilmesi veya mevcut O₂ tarafından oksitlenmesi gibi nedenlerle azalabilmektedir (Quinde-Axtell ve Baik 2006, Holtekj len vd. 2008, Starowicz ve Zieliński 2019).

4.5 Toplam Fenolik Madde İçeriği

Fenolik madde içerikleri bakımından örnekler arasında bir farklılık gözlenmemiştir ($P>0,05$). ( izelge 4.4, şekil 4.7). Depolamanın birinci gününde *Lb. acidophilus* ile üretilen  rnekler (LA ve LA-C) dışındakilerde çapraz bağlı inülin kullanılan örneklerin fenolik madde içerikleri doğal inülin ile üretilenlere göre biraz daha düşük bulunmuştur. Bununla birlikte tüm örneklerin fenolik madde miktarları 30 günlük depolama sonunda 1. depolama gününe göre artış göstermiştir, ancak bu artış sadece LC-C  rneğinde önemli düzeyde bulunmuştur ($p<0.05$). Kullanılan kültüre göre değişmekle birlikte inülinin çapraz bağlanması fenolik madde içeriğinin depolama sürecindeki değişimi üzerine etkisi olduğu söylenebilir. Ancak söz konusu örneklerde depolamanın birinci gününde fenolik madde içeriği doğal inülin ilavesine göre daha düşük olduğu için depolama sonunda tüm örneklerin fenolik madde içeriklerinin birbirine yakın olduğu g r lm ştir.



Şekil 4.7 Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin fenolik bileşen değerleri

4.6 Fiziksel Özellikler

Örneklerin fiziksel özellikleri Çizelge 4.5'te verilmiştir.

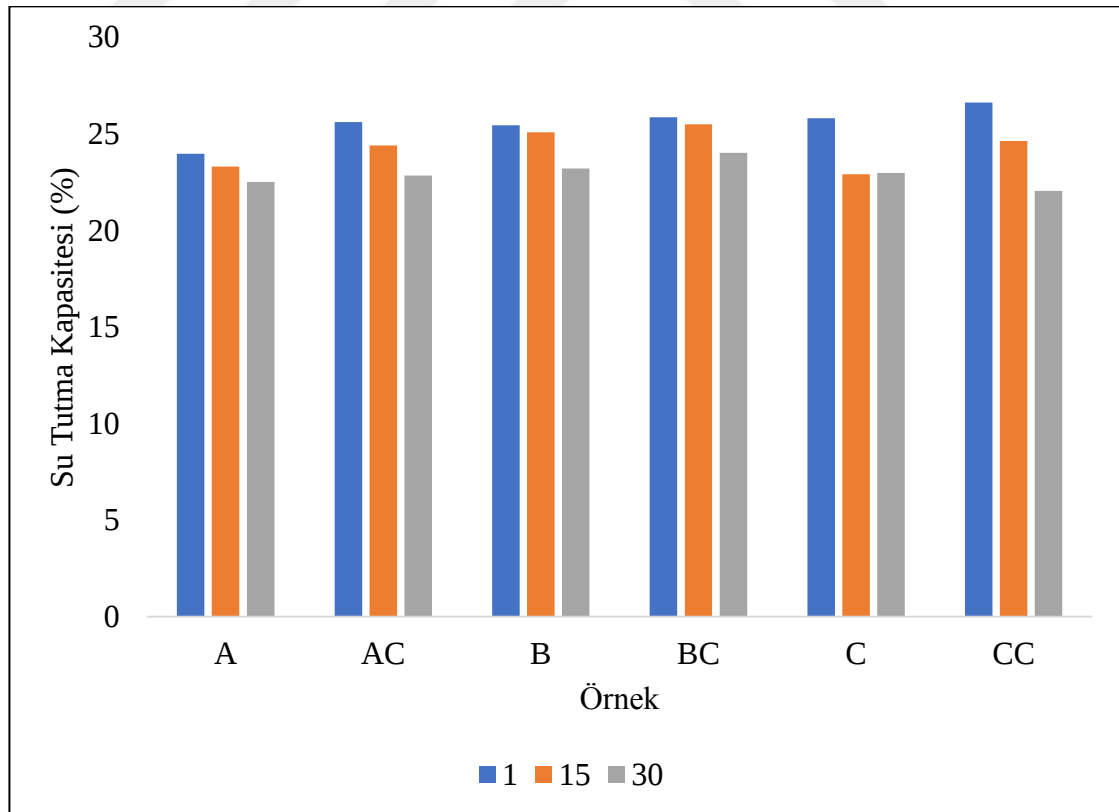
Çizelge 4.5 Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin su tutma kapasitesi, kıvam endeksi ve akış davranış değerleri

	Depolama Günleri			
	Örnekler	1. Gün	15. Gün	30. Gün
Su Tutma Kapasitesi (%)				
K (Pa.s)	LA	23.98±0.99	23.32±1.31	22.52±0.36
	LA-C	25.63±0.26	24.41±0.10	22.84±0.83
	LR	25.45±0.94	25.09±0.56	23.21±0.95
	LR-C	25.87±0.25	25.51±0.26	24.03±0.64
	LC	25.82±0.23	22.92±0.19	22.98±0.08
	LC-C	26.64±1.10	24.64±1.16	22.06±0.48
	LA	3.37±0.20 ^{AB}	3.46±0.23 ^{AB}	3.99±0.42 ^B
	LA-C	4.13±0.51 ^A	4.68±0.41 ^A	5.64±0.06 ^A
	LR	2.08±0.09 ^B	2.77±0.28 ^B	3.16±0.51 ^{BC}
	LR-C	2.70±0.09 ^{AB}	3.55±0.16 ^{AB}	3.79±0.19 ^{BC}
	LC	2.19±0.10 ^{AB}	2.32±0.14 ^B	2.51±0.03 ^C
	LC-C	2.84±0.03 ^{AB}	2.92±0.29 ^B	2.94±0.10 ^{BC}
n				
LA	0.34±0.03 ^a	0.29±0.01 ^b	0.26±0.01 ^b	
LA-C	0.32±0.00 ^a	0.25±0.02 ^b	0.25±0.00 ^b	
LR	0.55±0.02 ^a	0.32±0.00 ^c	0.30±0.09 ^b	
LR-C	0.39±0.07 ^a	0.34±0.03 ^a	0.34±0.05 ^a	
LC	0.41±0.07 ^a	0.37±0.03 ^a	0.30±0.07 ^b	
LC-C	0.38±0.03 ^b	0.30±0.02 ^a	0.29±0.04 ^a	

Aynı satırdaki farklı küçük harfler depolama günleri arasındaki farklılığı ($P<0.05$), aynı sütündeki farklı büyük harfler örnekler arasındaki farklılığı ($P<0.05$) ifade etmektedir. Harflendirme yapılmayan satır veya sütunda farklılık önemli bulunmamıştır.

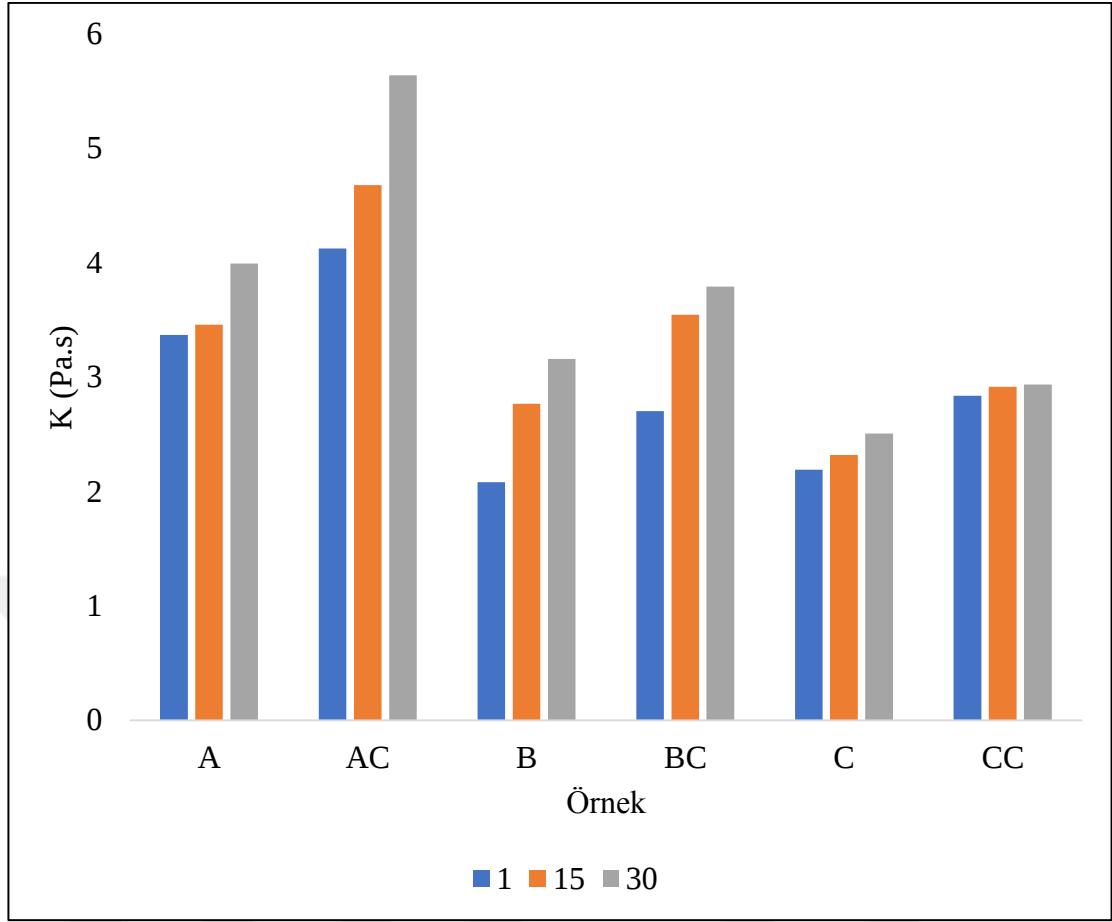
Su tutma kapasitesi, süt bazlı içeceklerde ürünün serum ayrılmasının engellenmesi ve stabil kalması açısından kritik öneme sahiptir. Bu nedenle fermente içeceklerde depolama süresince su tutma kapasitesindeki değişim, hem ürün kalitesi açısından önemli bir faktördür. Su tutma kapasitesi, jel yapısındaki ürünlerde jelin büzüldüğü ve

sıvıyı tutamamasına bağlı olarak sıvıyı serbest bırakması olan sinerezin tersidir. Fermente süt ürünlerinde, soğukta depolama sırasında protein ağ yapısının bozulması nedeniyle su tutma kapasitesi azalırken, sinerez artmaktadır (Aryana ve Olson 2017). Farklı probiyotikler kullanılarak üretilen fermente süt içecekleri üzerine çapraz bağlı inülin kullanımının etkisinin araştırıldığı bu çalışmada da depolama süresince su tutma kapasitesi beklendiği gibi azalma göstermiştir (Şekil 4.8). Fermente içeceklerde su tutma kapasitesi üzerine en etkili faktör ürünün asitlik düzeyidir. Asitliğin ilerlemesine bağlı olarak su tutma kapasitesi düşmektedir. Bu çalışmada da Çizelge 4.2’de belirtildiği gibi elde edilen örneklerin asitlik düzeyi depolama süresince artış göstermiştir, su tutma kapasitesindeki azalmanın asitliğin artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Doğal inülin ile çapraz bağlı inülin ilavesinin su tutma kapasitesi değerlerindeki farkına bakıldığında inülinin çapraz bağlanmasının tüm örneklerde ve tüm depolama günlerinde su tutma kapasitesini arttırdığı görülmektedir. Ancak hem depolama sırasında su tutma kapasitesindeki düşüş hem de çapraz bağlı inülin etkisine bağlı olarak görülen farklılık önemli düzeyde değildir $P>0,05$



Şekil 4.8 Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin su tutma kapasitesi değerleri

Bu araştırma kapsamında çapraz bağlı inülin ve doğal inülin kullanılmasının temel amacı farklı probiyotik bakteriler ilave edilerek üretilen içeceklerin fiziksel özellikle de reolojik özelliklerinin iyileştirilmesidir. Çizelge 4.5'te verilen kıvam katsayısı (K) sonuçları çapraz bağlı inülin kullanılmasının örneklerin kıvam özelliklerini olumlu yönde etkilediğini ve viskozitelerini arttırdığını göstermektedir. Ancak çapraz bağlama işleminin etkisi her örnek grubunda aynı olmamıştır. Depolamanın tamamında LA kodlu örneklerdeki etki daha fazla olmuştur. Bununla birlikte çapraz bağlı inülin kullanılan LA örneklerinde görülen K değeri artışı depolamanın sonunda (30. günde) önemli derecede artarken diğer örneklerde doğal ve çapraz bağlı inülin kullanımının K değerinde yarattığı etki depolamanın birinci günüyle aynı kalmıştır. Üç farklı laktik asit bakterisi kullanılarak elde edilen örnek gruplarında kıvam katsayısı değerleri birbirinden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($P<0.05$). En yüksek K değerlerine *Lb. acidophilus* ilave edilen örneklerde rastlanmıştır. Depolama süresince en yüksek viskozite değerlerinin görüldüğü bu örneklerdeki farklılığın EPS-üretim potansiyelinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kullanılan üç farklı laktik asit bakterisi de üründe kıvam artırma özelliği olan EPS-üreticisidir (Canquil vd. 2007) (Badel vd. 2011). Ancak hem her bir türün EPS-üretim potansiyeli birbirinden farklıdır, hem de bakterilerin içinde bulunduğu koşullar EPS üretim miktarları üzerinde oldukça etkilidir (Nguyen vd. 2020). Örneğin *Lcb. paracasei* yüksek EPS üretim potansiyeli olan bir bakteriyken bizim örneklerimizde en düşük kıvam özelliği gösteren örnek grubu olmuştur. Bunun nedeni *Lcb. paracasei*'nin EPS üretiminin glukozun yüksek olduğu ortamlarda daha yüksek olması olabilir. Hussein, Ghaly, Osman, Shalaby, and Helal (2015) tarafından yapılan bir çalışmada *Lcb. paracasei*'nin laktoz yerine glukoz oranı daha yüksek ortamda daha fazla EPS ürettiği bildirilmiştir.

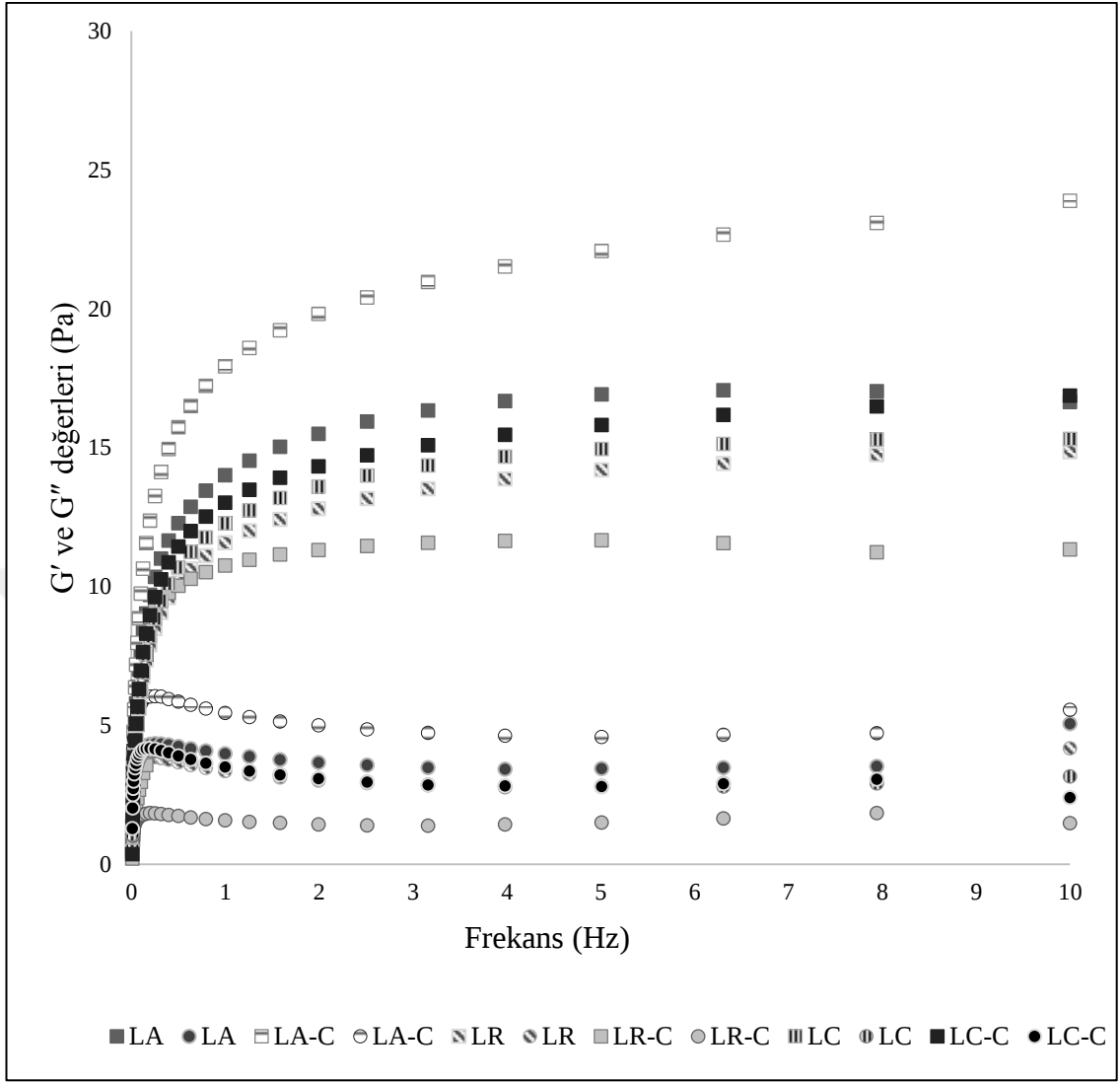


Şekil 4.9 Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin K değerleri

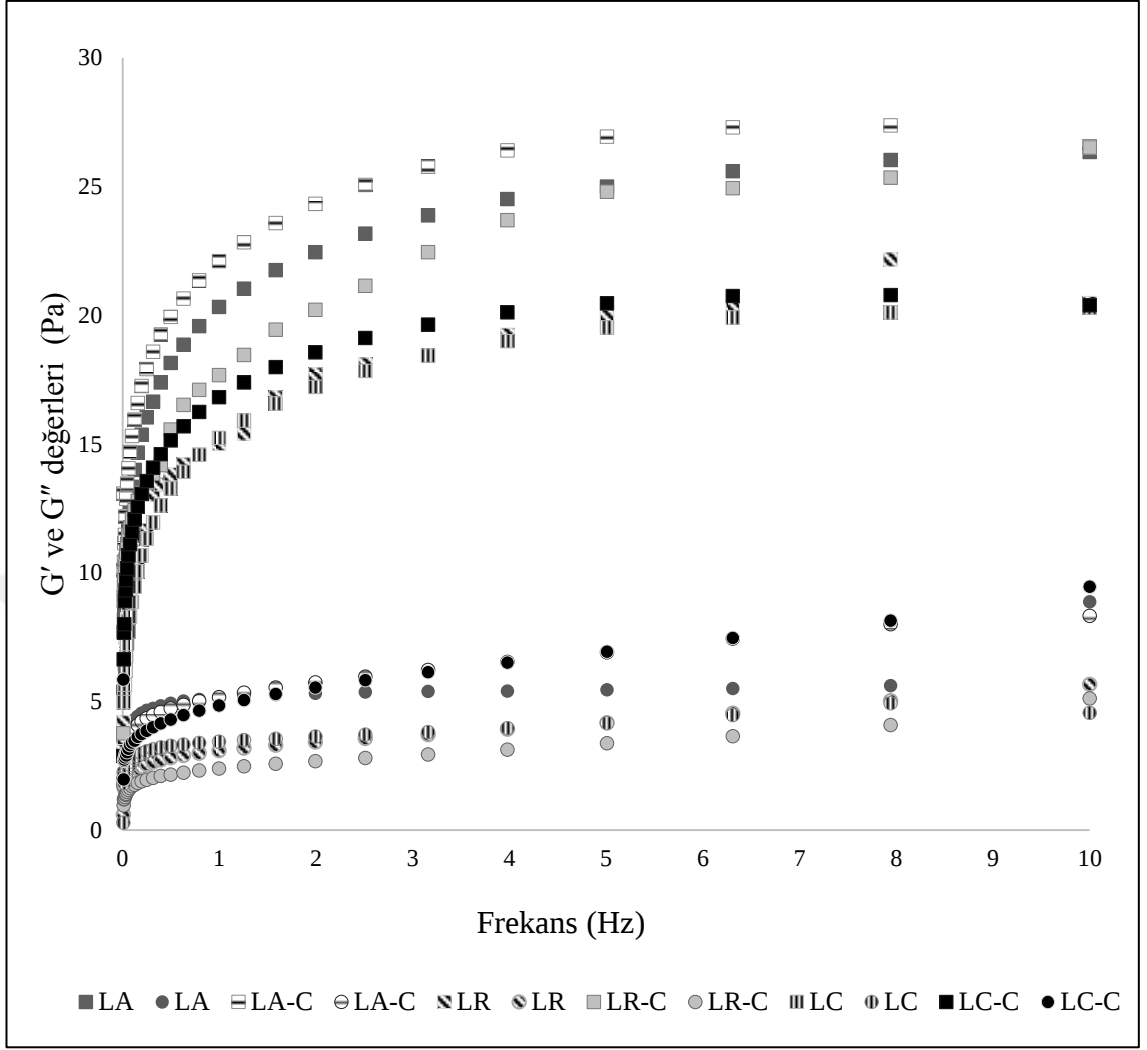
Depolama süresince önemli düzeyde olmasa da kıvam katsayısı değerlerinin de arttığı görülmektedir. Depolamadaki artış genellikle pH düşüşüyle ilişkilidir. Çizelge 4.2’de verilen pH değerlerine bakıldığında da depolama süresince pH değerlerinin önemli düzeyde olmasa da azaldığı görülmektedir. pH değerinin düşmesi denatüre serum proteinlerinin kazein interaksiyonunu teşvik etmektedir (Anema vd. 2014). Buna bağlı olarak kazein misel hacmi artmakta ve ürünlerin viskozitesi de artış göstermektedir (Pushpadass vd. 2019).

Örneklerin akış davranış indeksi değerleri 1’den küçük olduğu için hem farklı probiyotik kullanımı hem de çapraz bağlı inülin kullanımı akış davranışını değiştirmemiş tüm örneklerde akış pseudoplastik olarak bulunmuştur. Ayrıca depolama süresince K değerindeki artışa paralel olarak n değerinde de önemli bir düşüş görülmüştür ($p < 0.05$).

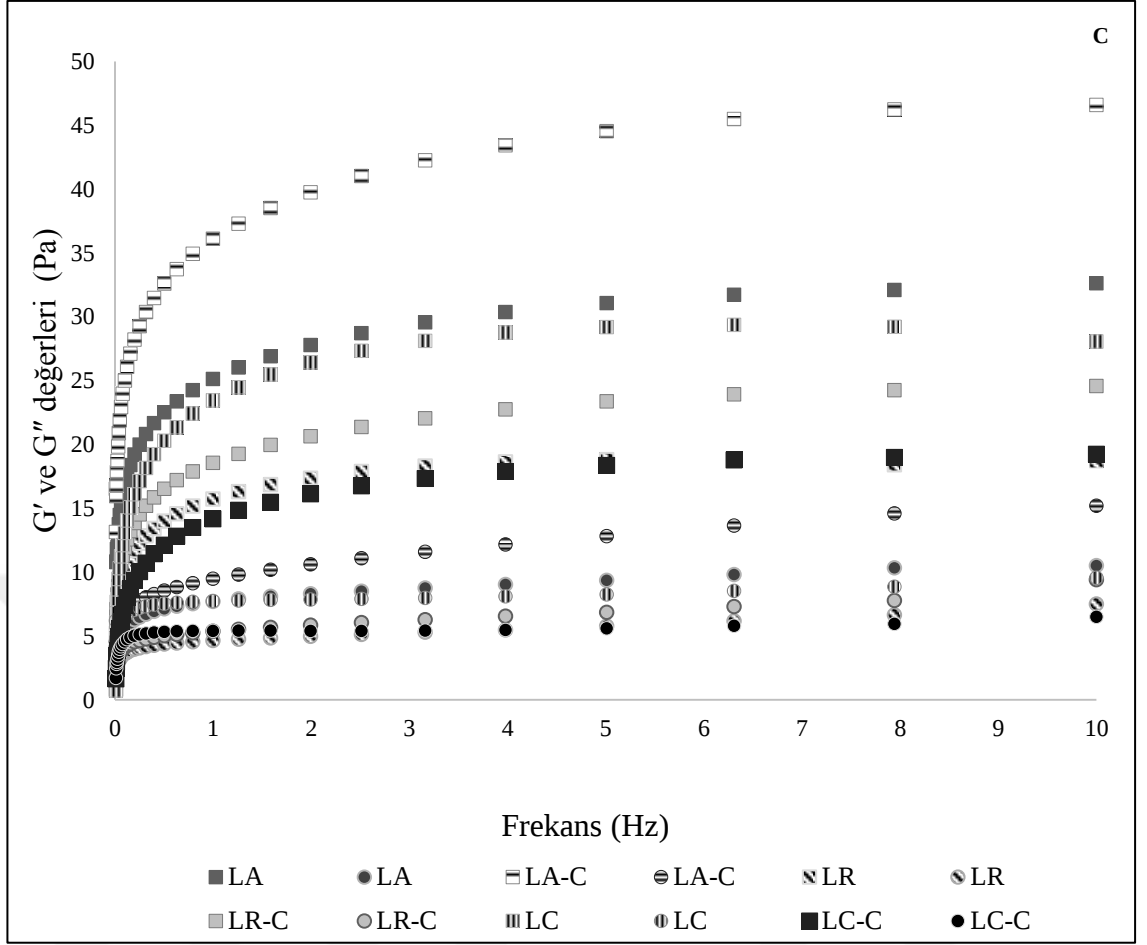
Sinbiyotik süt içeceklerinin lineer viskoelastik özelliklerinin belirlenmesi için 30 günlük depolama boyunca elde edilen depolama modülü (G') ve kayıp modülü (G'') değerleri Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'te verilmiştir. G' , malzemelerde depolanan ve döngü başına geri kazanılan enerjidir ve örneğin elastik davranışını, yapısal bütünlüğünü karakterize etmektedir. G'' , deformasyon döngüsü başına dağılan veya kaybedilen enerjidir ve viskoz bileşenlerin, viskoz tepkinin ölçüsüdür (Barnes 2000). Tüm sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin bütün depolama günlerinde G' değeri, G'' değerinden büyük bulunmuştur. Bu da örneklerin jel yapıda olduğunu ve elastik akış davranışı gösterdiğini belirtmektedir. Depolamanın ilerlemesiyle de her iki modül değerinin de arttığı görülmektedir. Özellikle 30. depolama gününde örnekler en yüksek G' ve G'' değerlerine ulaşmıştır. Bu değerlerin 1. depolama gününe göre daha yüksek olması örneklerin viskozitesinin daha yüksek olduğunu ve daha kıvamlı olduğunu göstermektedir (Zhang vd. 2019). Nitekim kıvam katsayısı değerleri bu sonucu doğrular şekilde de 30 günlük depolama süresince artış göstermiştir (izelge 4.5).



Şekil 4.10 Sinbiyotik süt içeceklerinin 1. depolama gününe ait depolama (G') ve kayıp (G'') modülü değerleri



Şekil 4.11 Sinbiyotik süt içeceklerinin 15. depolama gününe ait depolama (G') ve kayıp (G'') modülü değerleri



Şekil 4.12 Sinbiyotik süt içeceklerinin 30. depolama gününe ait depolama (G') ve kayıp (G'') modülü değerleri

4.7 Mikrobiyolojik Analizler

Örneklerin mikrobiyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir. İncelenen bakterilerin tamamı 30 günlük depolama süresince düşüş göstermiştir. Fermente ürünlerde ilerleyen asitlik ve mikroorganizmaların ihtiyaç duydukları besin maddelerinin azalmasına veya çözünmüş oksijen oranına bağlı olarak mikroorganizma sayısında düşüş görülebilmektedir (Vasiljevic ve Shah 2008, Ismail ve Rayan 2022). Ancak spesifik olarak *Lb. acidophilus*, *Lcb. rhamnosus* ve *Lcb. paracasei* sayılarının depolama boyunca bir ürünün probiyotik olarak değerlendirilebileceği ($>10^6$) limitin üstünde olduğu ortaya konmuştur.

Sinbiyotik süt içeceği örneklerinde nispeten düşük sayıda *Lactococcus* spp. tespit edilmiştir. En yüksek *Lactococcus* sayısı LA kodlu örneklerde bulunurken en düşük LC kodlu örneklerde bulunmuştur. Bilindiği üzere *Lb. acidophilus* obligat homofermantatif, *Lcb. rhamnosus* ve *Lcb. paracasei* fakültatif heterofermantatiftir (İbrahim 2016, Dempsey ve Corr 2022). Burada *Lactococcus* sayısındaki farklılığın *Lcb. rhamnosus* ve *Lcb. paracasei* türlerinin oluşturduğu laktik asit dışındaki metabolitlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.6 Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin laktik asit bakteri sayıları

	Depolama Günleri			
	Örnekler	1. Gün	15. Gün	30. Gün
<i>Lactococcus</i>				
	LA	5.78±0.07 ^A	5.89±0.01 ^A	5.07±0.00 ^A
	LA-C	4.97±0.19 ^{AB}	5.02±0.03 ^B	4.96±0.02 ^{AB}
	LR	5.04±0.26 ^{AB}	5.00±0.02 ^B	4.75±0.03 ^{AB}
	LR-C	4.90±0.27 ^{AB}	4.30±0.12 ^B	4.58±0.16 ^{BC}
	LC	4.40±0.22 ^B	4.61±0.10 ^B	4.30±0.07 ^{CD}
	LC-C	4.77±0.31 ^{AB}	4.43±0.31 ^B	4.07±0.05 ^D

Çizelge 4.6 Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin laktik asit bakteri sayıları (devam)

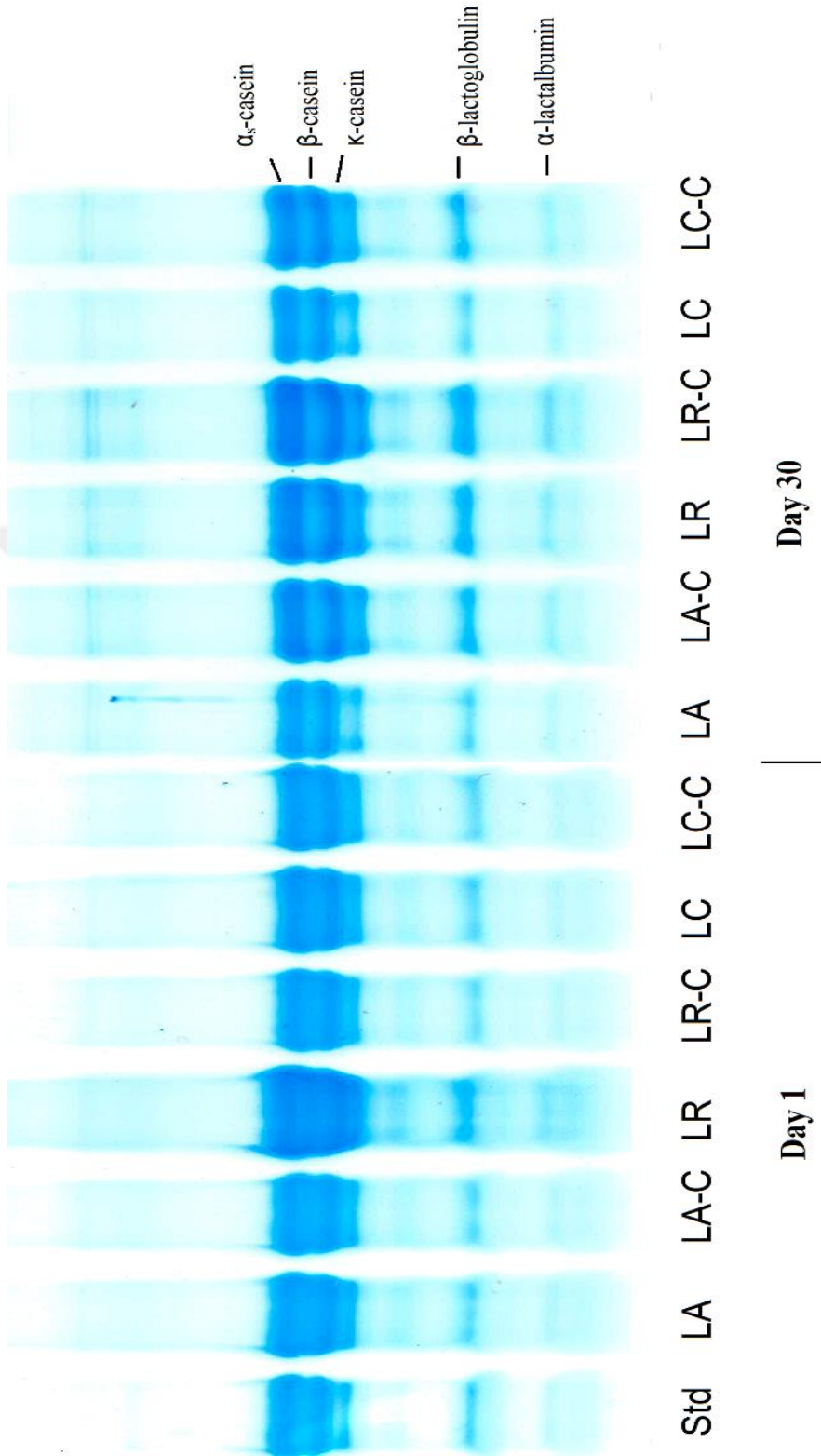
	Depolama Günleri			
	Örnekler	1. Gün	15. Gün	30. Gün
<i>Lactobacillus</i>				
	LA	8.08±0.04	7.96±0.02	7.99±0.08
	LA-C	7.96±0.05	7.91±0.05	7.91±0.06
	LR	8.05±0.09	7.95±0.04	7.95±0.08
	LR-C	7.76±0.19	7.75±0.07	7.78±0.08
	LC	7.81±0.33	7.78±0.40	7.81±0.38
	LC-C	7.61±0.33	7.52±0.10	7.55±0.43
<i>Lb. acidophilus</i>				
	LA	7.98±0.01 ^a	7.82±0.12 ^a	7.51±0.09 ^a
	LA-C	8.00±0.03 ^a	7.73±0.05 ^b	7.73±0.01 ^b
<i>Lcb. rhamnosus</i>				
	LR	8.08±0.05 ^a	7.98±0.00 ^{ab}	7.88±0.01 ^b
	LR-C	7.79±0.07 ^a	7.74±0.11 ^a	7.68±0.05 ^a
<i>Lcb. paracasei</i>				
	LC	7.77±0.07 ^a	7.68±0.10 ^a	7.71±0.15 ^a
	LC-C	7.55±0.05 ^a	7.41±0.01 ^b	7.31±0.08 ^b

Aynı satırdaki farklı küçük harfler depolama günleri arasındaki farklılığı ($P<0.05$), aynı sütündeki farklı büyük harfler örnekler arasındaki farklılığı ($P<0.05$) ifade etmektedir. Harflendirme yapılmayan satır veya sütunda farklılık önemli bulunmamıştır.

4.8 Elektroforetik profil

Örneklerin 1. ve 30. depolama gününe ait SDS-PAGE elektroforetogramları Şekil 4.13'te verilmiştir. Örneklerin 1. depolama günü SDS-PAGE sonuçlarına bakıldığında çapraz bağlı inülin ve doğal inülin kullanımının örneklerin protein fraksiyonları arasında bir farklılığa yol açmadığı görülmektedir. Yalnızca LR kodlu örneğin kazeinleri ifade eden bandında diğer örneklerden daha yoğun bir kalınlık gözlenmiştir. Bilindiği

üzere SDS-PAGE elektroforetogramında hidrofobik yan zincir dizileri taşıyan polipeptitler genellikle kenarları belirgin olmayan daha geniş bantlar oluştururlar. Bu çalışmada elde edilen sonuca göre *Lcb. rhamnosus* kullanılan örneklerde hidrofobik yan zincir içeren polipeptitler diğer örneklerle göre daha fazladır. Hidrofobisite, gıda kaynaklı peptitlerin biyolojik özelliklerinde önemli bir rol oynamaktadır (Howard ve Udenigwe 2013). Hidrofobik peptitlerin, yüksek antioksidan kapasite ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Yao vd. 2018). Bu çalışmada da *Lcb. rhamnosus* ilaveli örneklerin antioksidan kapasitesi diğer örneklerden yüksek bulunması (Çizelge 4.4) bunu doğrulamaktadır. Ancak söz konusu farklılık depolamanın ilerlemesiyle ortadan kalkmıştır. Depolamanın 30. gününde dikkat çekici olan çapraz bağlı inülin ilaveli örneklerin bantlarının 1. depolama gününe benzer olması, hatta LR-C örneğinde bandın daha yoğun olması, doğal inülin ilaveli örneklerin ise depolama sonunda kazein bantlarında incelme olmasıdır. Doğal inülin ilaveli örneklerde proteinlerin çapraz bağlı inülin ilaveli örneklerle göre daha fazla hidrolize olduğu ortaya konmuştur. İnülinin çapraz bağlanması asitlik, mikroorganizma sayısı gibi değerlere etki etmemesine rağmen, protein hidrolizasyon düzeyine etki etmiştir. Doğal inülin ilaveli örnekler kendi içinde değerlendirildiğinde kazein bandında en fazla incelme *Lb. acidophilus*'un kültür olarak kullanıldığı örnek olduğu görülmektedir. Farklı *Lactobacillus* türlerinin proteolitik aktivitelerinin araştırıldığı çalışmalarda da bu çalışmada kullanılan türler içinde *Lb. acidophilus*'un proteolitik aktivitesinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Bergamini vd. 2009).



Şekil 4.13 Sinbiyotik süt içeceği örneklerinin 1. ve 30. depolama günleri SDS-PAGE elektroforetogramı

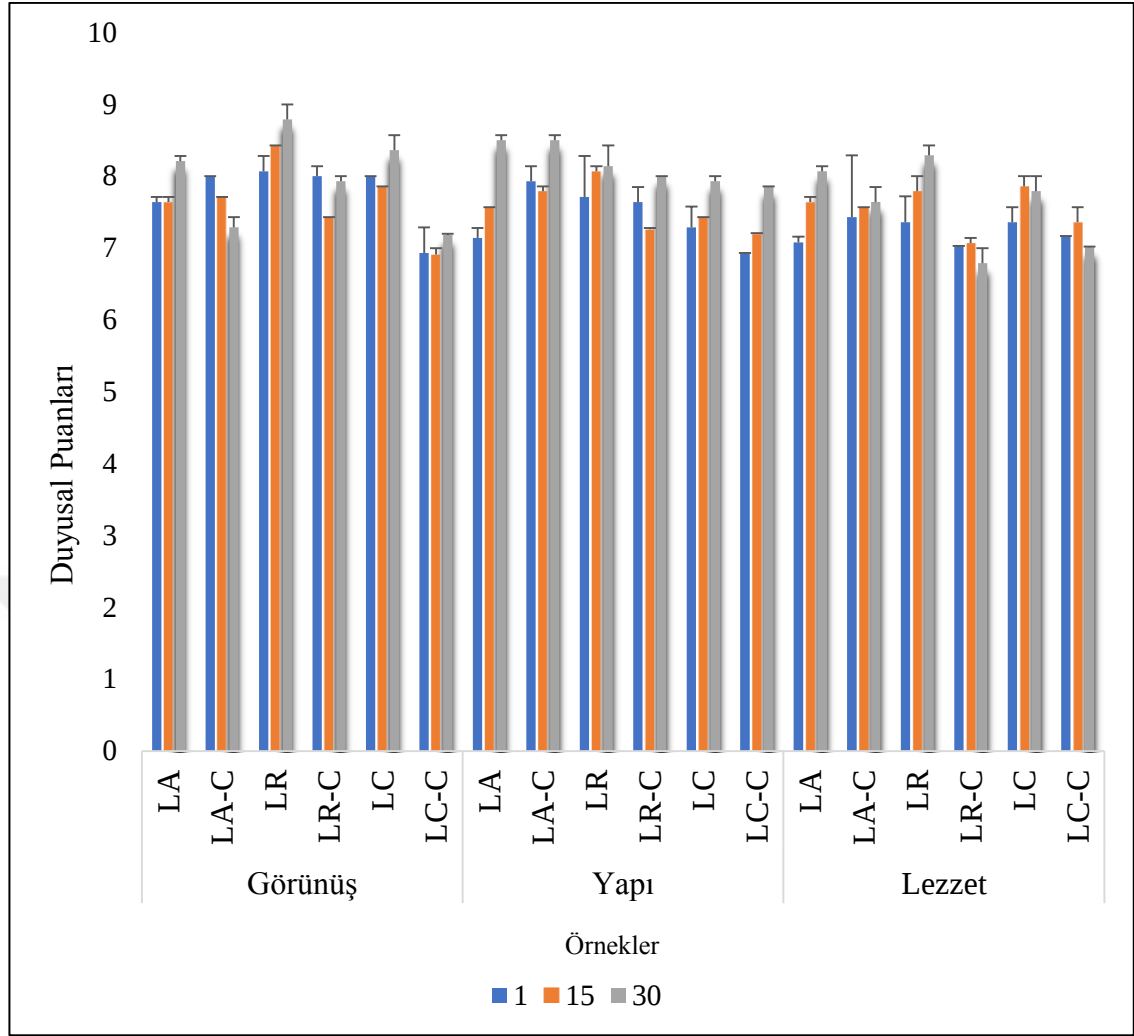
4.9 Duyusal Değerlendirme

Duyusal değerlendirme sonuçları (Çizelge 4.7, Şekil 4.14) yapı ve lezzet değerleri açısından örnekler arasında önemli bir değişim olmadığını göstermektedir. İnülinin çapraz bağlanması reolojik özellikler üzerinde önemli bir değişim yaratsa da bu etki panelistler tarafından önemli düzeyde bulunmamıştır. Doğal inülin kullanılarak üretilen örneklerin (LA, LR ve LC) depolama süresince tüm duyusal parametre değerlerinde artış gözlenirken, çapraz bağlı inülin ilaveli örneklerde depolama boyunca az da olsa düşüş gözlenmiştir. Lezzet açısından en yüksek puanları *Lcb. rhamnosus* ilaveli örnekler almıştır. Çapraz bağlı inülin ilavesi *Lcb. paracasei* ve *Lcb. rhamnosus* kültürü kullanılarak elde edilen örneklerde duyusal olarak daha az beğeni almasına neden olmuş ancak *Lb. acidophilus* ile üretilen örneklerde çapraz bağlı inülin kullanımı duyusal puanlarının daha yüksek olmasını sağlamıştır. Bununla birlikte tüm örneklerin bütün duyusal değerlendirme parametreleri göz önünde bulundurulduğunda, verilen duyusal değerlendirme tablosuna göre tüm örneklerin beğenildiği ve kabul edilebilir nitelikte olduğu ortaya konmuştur.

Çizelge 4.7 Sinbiyotik süt içecekleri örneklerinin duyusal değerlendirme sonuçları

		Depolama Günleri		
		Örnekler	1. Gün	15. Gün
Görünüş	LA	7.64±0.07 ^{ABb}	7.64±0.07 ^{BCb}	8.21±0.07 ^{ABa}
	LA-C	8.00±0.00 ^{Aa}	7.71±0.00 ^{Bab}	7.29±0.14 ^{Cb}
	LR	8.07±0.21 ^A	8.43±0.21 ^A	8.79±0.21 ^A
	LR-C	8.00±0.14 ^{Aa}	7.43±0.00 ^{Cb}	7.93±0.07 ^{BCab}
	LC	8.00±0.00 ^A	7.86±0.07 ^B	8.36±0.21 ^{AB}
	LC-C	6.93±0.36 ^B	6.91±0.21 ^D	7.18±0.14 ^C
Yapı	LA	7.14±0.14 ^b	7.57±0.00 ^{BCb}	8.50±0.07 ^a
	LA-C	7.93±0.21	7.79±0.07 ^A	8.50±0.07
	LR	7.71±0.57	8.07±0.07 ^A	8.14±0.29
	LR-C	7.64±0.21	7.26±0.14 ^D	8.00±0.00
	LC	7.29±0.29	7.43±0.00 ^{CD}	7.93±0.07
	LC-C	6.92±0.14 ^c	7.20±0.07 ^{C^{Db}}	7.85±0.07 ^a
Lezzet	LA	7.08±0.29 ^b	7.64±0.07 ^a	8.07±0.07 ^{Aa}
	LA-C	7.43±0.76 ^a	7.57±0.00 ^a	7.64±0.21 ^{ABa}
	LR	7.36±0.36	7.79±0.21	8.29±0.14 ^A
	LR-C	7.02±0.07	7.07±0.07	6.99±0.21 ^B
	LC	7.36±0.21	7.86±0.17	7.79±0.21 ^A
	LC-C	7.17±0.14	7.36±0.29	7.01±0.14 ^B

Aynı satırdaki farklı küçük harfler depolama günleri arasındaki farklılığı ($P<0.05$), aynı sütundaki farklı büyük harfler örnekler arasındaki farklılığı ($P<0.05$) ifade etmektedir. Harflendirme yapılmayan satır veya sütunda farklılık önemli bulunmamıştır.



Şekil 4.14 Sinbiyotik süt içeceklerin duyusal değerlendirme sonuçları

5. SONUÇ

Bu çalışmada üç farklı probiyotik laktik asit bakterisi (*Lb. acidophilus*, *Lcb. rhamnosus* ve *Lcb. paracasei*) kullanılarak üretilen sinbiyotik süt içeceklerine doğal ve çapraz bağlı inülin ilavesinin etkisi incelenmiştir. Araştırma sonuçları farklı prebiyotik ve probiyotik kombinasyonu uygulamasının içeceklerin bileşim özelliklerine, asitlik ve renk değerlerinde önemli bir değişiklik yaratmadığı görülmüştür. Antioksidan kapasite ise depolamanın birinci gününde farklı probiyotik kullanılarak üretilen örneklerde birbirinden farklıyken depolamanın ilerlemesiyle 30. günde çapraz bağlı inülin ilavelilerde düşüşe neden olmuştur. Çapraz bağlı inülin ilavesinin temel amacı ürünün reolojik özelliklerini geliştirmektir. Beklendiği üzere çapraz bağlı inülin ilaveli örneklerin kıvam katsayısı değerleri çapraz bağlı inülin ilaveli örneklerde tüm depolama günlerinde daha yüksek bulunmuştur. Çapraz bağlanarak molekül ağırlığı arttırılmış inülinin prebiyotik etkisinin azalabileceği düşünülse de probiyotik bakteri sayıları çapraz bağlı inülin ilaveli örneklerde değişim göstermemiştir. Tüm örneklerde probiyotik bakteri sayıları 30 günlük depolama süresince düşüş göstermiş ancak depolama boyunca probiyotik üründe bulunması gereken minimum değer altına düşmemiştir. SDS-PAGE sonuçları ise örnekler arasında protein fraksiyonları açısından önemli bir farklılık olmadığını göstermiştir. Bununla birlikte çapraz bağlı inülin ilaveli örneklerin 30 günlük depolamada doğal inülin ilaveli örneklerden daha az proteolize uğradığı gözlenmiştir. Duyusal değerlendirme sonuçları da çapraz bağlı inülin ilaveli sinbiyotik içeceklerin görünüş yapı ve lezzetlerinde olumsuzluğa neden olmadığını göstermiştir. Prebiyotik olarak inülin ilave edilen sinbiyotik süt içeceği üretiminin gerçekleştirildiği bu çalışmada, çapraz bağlama işleminin inülinin temel işlevi olan probiyotik bakteri gelişimini teşvik etme özelliğini etkilemediği görülmüştür. Ayrıca inülinin temel kullanılma amacı yanında çapraz bağlama uygulaması ile kıvam arttırma özelliği kazandırılmak hedeflenmiştir. Elde edilen sonuçlar çapraz bağlı inülinin hem prebiyotik özelliğini koruduğunu hem de örneklerin kıvamlarını arttırdığını göstermiştir. Sonuç olarak, sinbiyotik süt içeceği üretiminde çapraz bağlı inülin kullanımı ürünün genel özellikleri üzerine önemli bir etki yaratmazken, reolojik özelliklerini geliştirmiş ve daha yüksek viskoziteye sahip olmuştur. Çapraz bağlı inülin ilavesi araştırılan probiyotik bakteriler arasında en güçlü etkiyi *Lb. acidophilus* kültürü kullanılan örneklerde göstermiştir.

KAYNAKLAR

- Adekunte, A. O., Tiwari, B. K., Cullen, P. J., Scannell, A. G. M., and O'Donnell, C. P. 2010. Effect of sonication on colour, ascorbic acid and yeast inactivation in tomato juice. *Food Chemistry*, 122(3), 500-507.
- Adikari, A. M. M. U., Priyashantha, H., Disanayaka, J. N. K., Jayatileka, D. V., Kodithuwakku, S. P., Jayatilake, J. A. M. S., Vidanarachchi, J.K. 2021. Isolation, identification and characterization of *Lactobacillus* species diversity from Meekiri: traditional fermented buffalo milk gels in Sri Lanka. *Heliyon*, 7(10), e08136.
- Akal, C. 2023. Rheological properties of cross-linked inulin solutions as a function of cross-linker concentration and temperature. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 44(12), 2219-2230.
- Akbari, M., Eskandari, M. H., Niakosari, M., and Bedeltavana, A. 2016. The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream. *International Dairy Journal*, 57, 52-55.
- Ali, M. S., Hussein, R. M., Gaber, Y., Hammam, O. A., and Kandeil, M. A. 2019. Modulation of JNK-1/ β -catenin signaling by *Lactobacillus casei*, inulin and their combination in 1,2-dimethylhydrazine-induced colon cancer in mice. *RSC Advances*, 9(50), 29368-29383.
- Anema, S. G., Lowe, E. K., Lee, S. K., and Klostermeyer, H. 2014. Effect of the pH of skim milk at heating on milk concentrate viscosity. *International Dairy Journal*, 39(2), 336-343.
- Apostolidis, E., Kwon, Y.-I., and Shetty, K. 2006. Potential of select yogurts for diabetes and hypertension management. *Journal of Food Biochemistry*, 30(6), 699-717.
- Arasteh, H. R., Ataee, M., and Sharifan, A. 2023. Evaluation of vitamin B9 and B12 production, and physicochemical and organoleptical properties in synbiotic cheese. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(12), 10877-10883.
- Aryana, K. J., and Olson, D. W. 2017. A 100-year review: Yogurt and other cultured dairy products. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 9987-10013.
- Aydinol, P., and Ozcan, T. 2018. Production of reduced-fat labneh cheese with inulin and -glucan fibre-based fat replacer. *International Journal of Dairy Technology*, 71(2), 362-371.
- Badel, S., Bernardi, T., and Michaud, P. 2011. New perspectives for lactobacilli exopolysaccharides. *Biotechnology Advances*, 29(1), 54-66.

- Baker, M. T., Lu, P., Parrella, J. A., and Leggette, H. R. 2022. Consumer acceptance toward functional foods: a scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1217-1236.
- Balthazar CF, Silva HLA, Esmerino EA, Rocha RS, Moraes J, Carmo MAV, (2018) The addition of inulin and *Lactobacillus casei* 01 in sheep milk ice cream. *Food Chemistry*, 246, 464-472.
- Barac, M., Vucic, T., Zilic, S., Pesic, M., Sokovic, M., Petrovic, J., Kostic, A., Ignjatovic I.S., Milincic, D. 2019. The Effect of In Vitro Digestion on Antioxidant, ACE-Inhibitory and Antimicrobial Potentials of Traditional Serbian White-Brined Cheeses. *Foods*, 8(3), 94-111.
- Barnes, H. A. 2000. *A Handbook of Elementary Rheology*: University of Wales, Institute of Non-Newtonian Fluid Mechanics. Dyfed, Wales
- Bergamini, c.v., Hynes, E.R., Palma, S.B., Sabbag, N.G., Zalazar C.A., 2009. Proteolytic Activity of Three Probiotic Strains in Semi-Hard Cheese as Single and Mixed Cultures: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus paracasei* And *Bifidobacterium Lactis*. *International Dairy Journal*
- Bernat, N., Cháfer, M., González-Martínez, C., Rodríguez-García, J., and Chiralt, A. 2015. Optimisation of oat milk formulation to obtain fermented derivatives by using probiotic *Lactobacillus reuteri* microorganisms. *Food Science and Technology International*, 21(2), 145-157.
- Bianchi, F., Rossi, E., Gomes, R., and Sivieri, K. 2015. Potentially synbiotic fermented beverage with aqueous extracts of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) and soy. *Food Science and Technology International*, 21(6), 403-415.
- Bindels, L.B., Delzenne, N.M., Cani, P.D., Walter J. 2015. Towards a more comprehensive concept for prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 12, 303-310.
- Borges, J. V., de Souza, J. A., Fagnani, R., Costa, G. N., and Santos, J. S. 2019. Reduced-fat Frescal sheep milk cheese with inulin: a first report about technological aspects and sensory evaluation. *Journal of Dairy Research*, 86(3), 368-373.
- Buran, İ., Akal, C., Ozturkoglu-Budak, S., ve Yetisemiyen, A. 2021. Rheological, sensorial and volatile profiles of synbiotic kefir produced from cow and goat milk containing varied probiotics in combination with fructooligosaccharide. *LWT-Food Science and Technology*, 148, 111591.-111598.
- Buran, I., Akal, H. C., Ozturkoglu-Budak, S., ve Yetisemiyen, A. 2022. Effect of milk kind on the physicochemical and sensorial properties of synbiotic kefir containing *Lactobacillus acidophilus* LA-5 and *Bifidobacterium bifidum* BB-11 accompanied with inulin. *Food Science and Technology*, 42.

- Canquil, N., Villarroel, M., Bravo, S., Rubilar, M., and Shene, C. 2007. Behavior of the rheological parameters of exopolysaccharides synthesized by three lactic acid bacteria. *Carbohydrate Polymers*, 68(2), 270-279.
- Causey, J.L., Feirtag, J.M., Gallaher, D.D., Tungland, B.C., Slavin, J.L. 2000. Effects of dietary inulin on serum lipids, blood cholesterol and the gastrointestinal environment in hypercholesterolemic men. *Nutrition Research*, 20, 191-201.
- Chand, P., Kumar, M. D., Kumar Singh, A., Deshwal, G. K., Singh Rao, P., and Sharma, H. (2022). Influence of processing and packaging conditions on probiotic survivability rate, physico-chemical and sensory characteristics of low calorie synbiotic milk beverage. *Journal of Dairy Research*, 3, 1-6.
- Cielecka-Piontek, J., Dziedziński, M., Szczepaniak, O., Kobus-Cisowska, J., Telichowska, A., and Szymanowska, D. 2020. Survival of commercial probiotic strains and their effect on dark chocolate synbiotic snack with raspberry content during the storage and after simulated digestion. *Electronic Journal of Biotechnology*, 48, 62-71.
- Clark, S., and Costello, M. 2016. Dairy products evaluation competitions. In S. Clark, M. Costello, M. A. Drake & F. Bodyfelt (Eds.), *The Sensory Evaluation of Dairy Products* (pp. 43-729). Springer Science Business Media, USA
- da Silveira, E. O., Neto, J. H. L., da Silva, L. A., Raposo, A. E. S., Magnani, M., and Cardarelli, H. R. 2015. The effects of inulin combined with oligofructose and goat cheese whey on the physicochemical properties and sensory acceptance of a probiotic chocolate goat dairy beverage. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 445-451.
- Da Silva JM, Klososki SJ, Silva R, Raices RSL, Silva MC, Freitas MQ, (2020) Passion fruit-flavored ice cream processed with water-soluble extract of rice by-product: What is the impact of the addition of different prebiotic components. *LWT-Food Science and Technology*, 128, 109472-109479.
- Davani-Davari, D., Negahdaripour, M., Karimzadeh, I., Seifan, M., Mohkam, M., Masoumi, S. J., Berenjian, A., & Ghasemi, Y. 2019. Prebiotics: Definition, types, sources, mechanisms, and clinical applications. *Foods*, 8(3), 92-118
- Dempsey, E., and Corr, S. C. 2022. *Lactobacillus* spp. for Gastrointestinal Health: current and future perspectives. *Frontiers in Immunology*, 13, 840245-840259.
- Drabinska, N., Jarocka-Cyrta, E., Zlotkowska, D., Abramowicz, P., and Krupa-Kozak, U. 2019. Daily oligofructose-enriched inulin intake impacts bone turnover markers but not the cytokine profile in s patients with celiac disease on a gluten-free diet: Results of a randomised, placebo-controlled pilot study. *Bone*, 122, 184-192.

- El-Sayed, M. I., Awad, S., and Abou-Soliman, N. H. I. 2021. Improving the Antioxidant properties of fermented camel milk using some strains of lactobacillus. Food and Nutrition Sciences, 12 (04), 352-371.
- Elkot, W. F., Ateteallah, A. H., Al-Moalem, M. H., Shahein, M. R., Alblihed, M. A., Abdo, W. 2022. Functional, physicochemical, rheological, microbiological, and organoleptic properties of synbiotic ice cream produced from camel milk using black rice powder and *Lactobacillus acidophilus* LA-5. Fermentation, 8(4), 187-199.
- FDA, 2018 The declaration of certain isolated or synthetic non-digestible carbohydrates as dietary fiber on nutrition and supplement facts labels: guidance for lindustry, Dockets Management, Rockville, USA
- Fornelli, A. R., Bandiera, N. S., Costa, M. D., de Souza, C. H. B., de Santana, E. H. W., Sivieri, K. 2015. Effect of inulin and oligofructose on the physicochemical, microbiological and sensory characteristics of symbiotic dairy beverages. Semina: Ciências Agrárias, 35(6), 3099-3111.
- Galyon F, Varlık C. 2021. Probiyotikler, Prebiyotikler ve Bunların Bağırsak ve Cilt Sağlığı Üzerinde Etkileri. ABMYO Dergisi, 16(64), 263-289.
- Garcia, S. L. A., da Silva, G. M., Medeiros, J. M. S., de Queiroga, A. P. R., de Queiroz, B. B., de Farias, D. R. B. 2020. Influence of co-cultures of *Streptococcus thermophilus* and probiotic lactobacilli on quality and antioxidant capacity parameters of lactose-free fermented dairy beverages containing *Syzygium cumini* (L.) Skeels pulp. RSC Advances, 10(17), 10297-10308.
- Gibson, G.R., Rastall, R.A. 2006. Prebiotics: development & application. John Wiley& Sons Ltd, West Sussex, England.
- Glen, G.R. 2004. Prebiotics. Best Practice & Research Clinical Gastroenterology.18(2), 287-298.
- Göncü, B. 2016. Süt endüstrisinde liflerin kullanım olanakları. Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi; 6(2), 198-205.
- Guggisberg, D., Cuthbert-Steven, J., Piccinali, P., Bütikofer, U., and Eberhard, P. 2009. Rheological, microstructural and sensory characterization of low-fat and whole milk set yoghurt as influenced by inulin addition. International Dairy Journal, 19(2), 107-115.
- Guven, M., Yasar, K., Karaca, O.B., Hayaloglu, A.A. 2005. The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat yogurt manufacture. International Journal of Dairy Technology, 58(3), 180-184.

- Habibi Najafi, M.B., Fatemizadeh, S.S., Tavakoli, M. 2019. Release of proteolysis products with ACE-inhibitory and antioxidant activities in probiotic yogurt containing different levels of fat and prebiotics. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 25, 367-377.
- Hala, M.F., Ebtisam, E.D., Sanaa, I., Badran, M.A., Marwa, A.S., Said, M.E. 2010. Manufacture of low fat UF-soft cheese supplemented with rosemary extract (as natural antioxidant). *Journal of American Science*, 6(10), 570-579.
- Halliwell, B. 2001. Role of free radicals in the neurodegenerative diseases. *Drugs & Aging*, 18(9), 685-716.
- Harman, M, Knol, J. 2006. Quantitative real-time pcr analysis of fecal lactobacillus species in infants receiving a prebiotic infant formula. *Applied and Environmental Microbiology*, 72(4), 2359-2365.
- Hattner, J.A., Anderes, S. 2009. Gut Insight, Part 3: Prebiotics, sf 31-35, Hattner Nutrition; Illustrated edition, USA.
- Holtekjølen, A.K., Bævre, A.B., Rødbotten, M., Berg, H., Knutsen, S.H. 2008. Antioxidant properties and sensory profiles of breads containing barley flour. *Food Chemistry*, 110(2), 414-421.
- Howard, A., Udenigwe, C.C. 2013. Mechanisms and prospects of food protein hydrolysates and peptide-induced hypolipidaemia. *Food & Function*, 4(1), 40-51.
- Huebner, J., Wehling, R. L., Hutkins, R.W., 2007. Functional activity of commercial prebiotics. *International Dairy Journal*, 17, 770-775.
- Huebner, J., Wehling, R.L., Parkhurst, A., Hutkins, R.W., 2008. Effect of processing conditions on the prebiotic activity of commercial prebiotics. *International Dairy Journal*, 18, 287-293.
- Hussein, M. D. M., Ghaly, M. F., Osman, M. Y., Shalaby, A. S. G., and Helal, M. M. I. 2015. Production and prebiotic activity of exopolysaccharides derived from some probiotics. *Egyptian Pharmaceutical Journal*, 14(1), 1-9.
- Ibrahim, S. A. 2016. Lactic Acid Bacteria: Lactobacillus spp.: Other Species, In: Reference Module in Food Science, Elsevier, New York, USA.
- IDF. 2001. Milk Determination of nitrogen content, Part 5: Determination of protein-nitrogen content (Vol. Standard 20-5). Brussels: International Dairy Federation.
- IDF. 2018. Milk-Determination of fat content-Acido-butyrometric (Gerber method), Standard 238. Brussels: International Dairy Federation.

- IDF/RM. 2012. Fermented Milks-Determination of Titratable Acidity (Vol. Standard 150). Brussels: International Dairy Federation.
- IPA. 2023. Market data, International Probiotics Association., 12.07.2023, from <https://www.ipaeurope.org/legal-framework/market-data/>
- Isanga, J., and Zhang, G. 2009. Production and evaluation of some physicochemical parameters of peanut milk yoghurt. *LWT-Food Science and Technology*, 42(6), 1132-1138.
- Islam, M., Alharbi, M. A., Alharbi, N. K., Rafiq, S., Shahbaz, M., Murtaza, S., Raza, N., Farooq, U., Ali, M., Imran, M. 2022. Effect of inulin on organic acids and microstructure of synbiotic cheddar-type cheese made from buffalo milk. *Molecules*, 27(16), 5137.
- Ismail, H.A., Rayan, A.M. 2022. Preparation and evaluation of Quinoa-Kishk as a novel functional fermented dairy product. *Journal of Food Science and Technology*, 59(3), 1063-1074.
- IDF. 2010. Milk, cream and evaporated milk - Determination of total solids content (Reference method) (Vol. ISO 6731:2010 IDF 21:2010). Switzerland
- Jaman, S., Islam, M. Z., Sojib, M. S. I., Hasan, M. S., Khandakar, M. M. H., Bari, M. S., et al. 2022. Physicochemical characteristics, sensory profile, probiotic, and starter culture viability of synbiotic yogurt. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 9(4), 694-701.
- Jooyandeh, H., Momenzadeh, S., Alizadeh Behbahani, B., and Barzegar, H. 2023. Effect of *Malva neglecta* and lactulose on survival of *Lactobacillus fermentum* and textural properties of synbiotic stirred yogurt. *Journal of Food Science and Technology*, 60(3), 1136-1143.
- Junyusen, T., Petnom, G., and Chienwiboonsook, B. 2017. The effects of inulin on the physicochemical characteristics of reduced-fat ice cream. *Suranaree Journal of Science and Technology*, 24(1), 13-22.
- Kaveh, S., Gholamhosseinpour, A., Hashemi, S.M.B., Jafarpour, D., Castagnini, J.M., Phimolsiripol, Y., Barba, F.J. 2023. Recent advances in ultrasound application in fermented and non-fermented dairy products: antibacterial and bioactive properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 58(7), 3591-3607.
- Khalid, N., Ramzan, R., Zahoor, T., Muhammad, Z., Tehseen, S., Aziz, M., Batool, R. 2022. Exploring the prebiotic potential of xanthan gum and its modified forms for the production of synbiotic yogurt. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(11), e17053.

- Konar, N., Palabiyik, I., Toker, O.S., Polat, D.G., Kelleci, E., Pirouzian, H.R., Akçiçek, A., Sağdıç, O. 2018. Conventional and sugar-free probiotic white chocolate: Effect of inulin DP on various quality properties and viability of probiotics. *Journal of Functional Foods*, 43, 206-213.
- Krishna, K.N., and Ghosh, B.C. 2019. Development of reduced fat cream cheese by using inulin and WPC as a fat replacer. *Indian Journal of Dairy Science*, 72(6), 590-598.
- Laemmli, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227(5259), 680-685.
- Lee, J., Hwang, K.T., Chung, M.Y., Cho, D.H., Park, C.S. 2005. Resistance of *Lactobacillus casei* KCTC 3260 to reactive oxygen species (ROS): Role for a metal ion chelating effect. *Journal of Food Science*, 70(8), 388-391.
- Li, S., Hu, T., Chen, Y., Zheng, C., Liu, T., Ma, G., Su, Z. 2010. Cross-linked inulin as a potential plasma expander: Biochemical properties and physiological characterization in a rabbit model. *Carbohydrate Polymers*, 82(4), 1054-1060.
- Li, H.J., Yu, H.M., Liu, Y., Wang, Y., Li, H.B., Yu, J.H. 2019a. The use of inulin, maltitol and lecithin as fat replacers and plasticizers in a model reduced-fat mozzarella cheese-like product. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(12), 5586-5593.
- Li, Y., Ma, X., and Liu, X. 2019b. Physicochemical and rheological properties of cross-linked inulin with different degree of polymerization. *Food Hydrocolloids*, 95, 318-325.
- Li, Y., Shabani, K.I., Qin, X., Yang, R., Jin, X., Ma, X., Liu, X. 2019c. Effects of cross-linked inulin with different polymerisation degrees on physicochemical and sensory properties of set-style yoghurt. *International Dairy Journal*, 94, 46-52.
- Liang, D., Wu, F., Zhou, D., Tan, B., Chen, T. 2024. Commercial probiotic products in public health: current status and potential limitations. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(19), 6455-6476.
- Mahmoudi, I., Ben Moussa, O., Boulares, M., Chouaibi, M., Hassouna, M. 2022. Novel probiotic camel milk yoghurt supplemented with inulin: antibacterial, antioxidant and antidiabetic effects. *Mljekarstvo*, 72(4), 201-212.
- Maleki, O., Khosrowshahi Asl, A., Alizadeh Khaledabad, M., Amiri, S. 2023. Production and characterization of synbiotic ice cream using microencapsulation and cryopreservation of *Lactobacillus rhamnosus* in whey protein/bio-cellulose/inulin composite microcapsules. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(4), 3909-3917.

- Marinho, J.F.U., Mazzocato, M.C., Tulini, F.L., Silva, M.P., de Martinis, E.C.P., Fávaro-Trindade, C.S. 2020. Evaluation of probiotic and synbiotic jussara sorbets. *Nutrition & Food Science*, 50(2), 373-383.
- McCue, P.P., Shetty, K. 2005. Phenolic antioxidant mobilization during yogurt production from soymilk using Kefir cultures. *Process Biochemistry*, 40(5), 1791-1797.
- Mishra, S.S., Behera P.K., Kar B., Ray R.C. 2018. Advances in Probiotics, Prebiotics and Nutraceuticals pp 121-141, In: Panda, S., Shetty, P. (eds) *Innovations in Technologies for Fermented Food and Beverages Industries*, Springer, Berlin
- Mitchell, C.M., Davy, B.M., Halliday, T.M., Hulver, M.W., Neilson, A.P., Ponder, M.A., Davy, K.P. 2015. The effect of prebiotic supplementation with inulin on cardiometabolic health: Rationale, design, and methods of a controlled feeding efficacy trial in adults at risk of type 2 diabetes. *Contemporary Clinical Trials*, 45, 328-337.
- Mondragón-Bernal, O. L., Alves, J. G. L. F., Teixeira, M. A., Ferreira, M. F. P., Maugeri Filho, F. 2017. Stability and functionality of synbiotic soy food during shelf-life. *Journal of Functional Foods*, 35, 134-145.
- Montanuci, F. D., Pimentel, T. C., Garcia, S., and Prudencio, S. H. 2012. Effect of starter culture and inulin addition on microbial viability, texture, and chemical characteristics of whole or skim milk Kefir. *Food Science and Technology*, 32, 580-865.
- Nataraj, B.H., Syed Azmal, A., Pradip, V.B., Hariom, Y. 2020. Postbiotics-parabiotics: the new horizons in microbial biotherapy and functional foods. *Microbial Cell Factories*. 19, 168-175.
- Nguyen, P.T., Nguyen, T.T., Bui, D.C., Hong, P.T., Hoang, Q.K., Nguyen, H.T. 2020. Exopolysaccharide production by lactic acid bacteria: the manipulation of environmental stresses for industrial applications. *AIMS Microbiology*, 6(4), 451-469.
- Nurliyani, N., Harmayani, E., and Sunarti, S. 2022. Synbiotic goat milk kefir improves health status in rats fed a high-fat and high-fructose diet. *Veterinary World*, 15(1), 173-181.
- Occhipinti, G. 2010. Prebiotic chemistry and the origin of life. pp 30, YouCanPrint, Lecce, Italy.
- Oliveira, R.P.S, Perego, P., Oliveira, M.N., Converti, A. 2011. Effect of inulin as prebiotic and synbiotic interactions between probiotics to improve fermented milk firmness. *Journal of Food Engineering*, 107, 36-40.

- Ozturkoglu-Budak, S., Akal, H.C., Buran, İ., Yetişemiyen, A. 2019. Effect of inulin polymerization degree on various properties of synbiotic fermented milk including *Lactobacillus acidophilus* La-5 and *Bifidobacterium animalis* Bb-12. *Journal of Dairy Science*, 102(8), 6901-6913.
- Özyurt, V.H., Ötleş, S. 2014. Prebiyotikler: Metabolizma için önemli bir gıda bileşeni. *Akademik Gıda*, 12(1), 115-123.
- Pandey, K.R., Naik, S.R., Vakil, B.V. 2015. Probiotics, prebiotics and synbiotics-a review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 7577-7587.
- Pushpadass, H.A., Emerald, F.M.E., Balasubramanyam, B.V., Patel, S.S. 2019. 11- Rheological Properties of Milk-Based Beverages in A.M. Grumezescu & A.M. Holban (Eds.), *Milk-Based Beverages*, 373-396. Woodhead Publishing, USA.
- Qin, Y.Q., Wang, L.Y., Yang, X.Y., Xu, Y.J., Fan, G., Fan, Y.G. Ren, J.N., An, Q. 2023. Inulin: properties and health benefits. *Food & Function*, 14(7), 2948-2968.
- Quinde-Axtell, Z., Baik, B.K. 2006. Phenolic compounds of barley grain and their implication in food product discoloration. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 54(26), 9978-9984.
- Ramesh, V., Kumar, R., Singh, R. R. B., Kaushik, J. K., Mann, B. 2012. Comparative evaluation of selected strains of lactobacilli for the development of antioxidant activity in milk. *Dairy Science & Technology*, 92(2), 179-188.
- Roberfroid, MB. (2008) Prebiotics: Concept, definition, criteria, methodologies, and products. pp. 49-78, In *Handbook of Prebiotics*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA.
- Rodriguez Furlán, L.T., Campderrós, M.E. 2017. The combined effects of Stevia and sucralose as sugar substitute and inulin as fat mimetic on the physicochemical properties of sugar-free reduced-fat dairy dessert. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 10, 16-23.
- Rosa, M.C., Carmo, M.R.S., Balthazar, C.F., Guimares, J.T., Esmerino, E.A. 2021. Dairy products with prebiotics: An overview of the health benefits, technological and sensory properties. *International Dairy Journal*, 117: article 105009
- Ruiz Rodríguez, L.G., Mohamed, F., Bleckwedel, J., Medina, R., De Vuyst, L., Hebert, E.M., Mozzi, F. 2019. Diversity and Functional Properties of Lactic Acid Bacteria Isolated From Wild Fruits and Flowers Present in Northern Argentina. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1091-1099.

- Sah, B.N.P., Vasiljevic, T., McKechnie, S., and Donkor, O.N. 2015. Effect of refrigerated storage on probiotic viability and the production and stability of antimutagenic and antioxidant peptides in yogurt supplemented with pineapple peel. *Journal of Dairy Science*, 98(9), 5905-5916.
- Scott, K.P., Gratz, S.W., Sheridan, P.O., Flint, H.J., Duncan, S.H. 2013. The influence of diet on the gut microbiota. *Pharmacological Researches*, 69, 52-60.
- Sebayang, F., Sinega, M.Z.E., Kahiri, A., Tarigan, J.B., Sitepu, E.K., 2022. Synbiotic functional drink from cow milk fermented with kefir and supplemented with inulin. *Rasayan Journal of Chemistry*, 15, 395-401.
- Shafi, A., Naeem, R.H., Farooq, U., Akram, K., Hayat, Z., Naz, A. 2019 Antimicrobial and antidiabetic potential of synbiotic fermented milk: A functional dairy product. *International Journal of Dairy Technology*, 72, 15-22.
- Silvia Marina, G.H., Gabriela, B.Q., Luz, A.O.M., Olga Miriam, R.Q., Jose Alberto, G.I. 2020. Synbiotics: a technological approach in food applications. *Journal of Food Science and Technology*. 58(3), 811-824.
- Slavin J, (2013) Fiber and prebiotics: Mechanisms and health benefits. *Nutrients*, 5,1417-1435.
- Souza, F.P., Balthazar, C.F., Guimaraes, J.T., Pimentel, T.C., Esmerino, E.A., Freitas, M.Q. 2019. The addition of xyloligoosaccharide in strawberryflavored whey beverage. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 109, 118-122.
- Starowicz, M., Zieliński, H. 2019. Changes in the antioxidant capacity and polyphenols content of rye-buckwheat cakes fortified With spices during their long-term storage. *Italian Journal of Food Science*, 31, 253-260.
- Teresa, M.P., William, R.A. 2011. *Nondigestible Carbohydrates and Digestive Health*, 1st ed. Wiley-Blackwell, IFT Press, USA
- Tharmaraj, N., Shah, N.P. 2003. Selective Enumeration of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacteria*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus rhamnosus*, and *Propionibacteria*. *Journal of Dairy Science*, 86(7), 2288-2296.
- Tiwari, A., Sharma, H.K., Kumar, N., Kaur, M. 2015. The effect of inulin as a fat replacer on the quality of low-fat ice cream. [Article]. *International Journal of Dairy Technology*, 68(3), 374-380.
- Torabi, F., Jooyandeh, H., and Noshad, M. 2021. Evaluation of physicochemical, rheological, microstructural, and microbial characteristics of synbiotic ultrafiltrated white cheese treated with transglutaminase. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(6).

- Varzakas, T., Kandylis, P., Dimitrellou, D., Salamoura, C., Zakynthinos, G., Proestos, C. 2018. Innovative and fortified food: Probiotics, prebiotics, gmos, and superfood. In *Preparation and Processing of Religious and Cultural Foods*, sf. 67-129. Elsevier.
- Vasiljevic, T., Shah, N.P. 2008. Probiotics From Metchnikoff to bioactives. *International Dairy Journal*, 18(7), 714-728.
- Wang, Y. 2009. Prebiotics: Present and future in food science and technology. *Food Research International* 42, 8-12.
- Weitkunat, K., Schumann, S., Petzke, K.J., Blaut, M., Loh, G., Klaus, S. 2015. Effects of dietary inulin on bacterial growth, short-chain fatty acid production and hepatic lipid metabolism in gnotobiotic mice. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 26(9), 929-937.
- Yao, S., Agyei, D., Udenigwe, C.C. 2018. Chapter Four - Structural Basis of Bioactivity of Food Peptides in Promoting Metabolic Health. In F. Toldrá (Ed.), *Advances in Food and Nutrition Research*, 84, 145-181.
- Yasmin, A., Butt, M.S., Van Baak, M., Shahid, M.Z. 2015. Supplementation of prebiotics to a whey-based beverage reduces the risk of hypercholesterolaemia in rats. *International Dairy Journal*, 48, 80-84.
- Zhang, G., Wang, H., Wang, J., Zheng, J., and Ouyang, Q. 2019. Dynamic rheological properties of polyurethane-based magnetorheological gels studied using oscillation shear tests. *RSC Advances*, 9(18), 10124-10134.
- Ziar, H., Yahla, I., Kawtar, K., Meryem, S., Abdelkader, D. B., and Riazi, A. 2022. Association of carob galactomannans with probiotic bacteria in synbiotic fermented milk and colon targeted-release carrier. *International Food Research Journal*, 29.