KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 29(3), 2026
Araştırma Makalesi

KSU J Eng Sci, 29(3), 2026
Research Article

Kahramanmaras Sutcu Imam University
Journal of Engineering Sciences

Geliş Tarihi : 07.04.2026
Kabul Tarihi : 08.05.2026

Received Date : 07.04.2026
Accepted Date : 08.05.2026

VEGAN KEFİRLERDE MEYVE KAYNAKLI KARBONHİDRATLARIN FERMENTASYON PERFORMANSI VE MİKROBİYAL STABİLİTE ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

THE EFFECT OF FRUIT-DERIVED CARBOHYDRATES ON FERMENTATION PERFORMANCE AND MICROBIAL STABILITY IN VEGAN KEFIRS

Züleyha DAL KONUŞ (ORCID: 0000-0001-7482-094X)

[1]Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi, Gıda İşleme Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Züleyha DAL KONUŞ, zuleyha.dalkonus@istiklal.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmanın temel amacı, meyve kaynaklı karbonhidrat mevcudiyetinin bitkisel süt ikameleriyle üretilen vegan kefirlerin fermentasyon performansı ve mikrobiyal stabilitesi üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Araştırma kapsamında, ceviz ve badem sütü matrisleri farklı oranlarda (%0, 10, 20, 30 ve 40) Trabzon hurması ile zenginleştirilerek vegan kefir kültürüyle fermente edilmiştir. Süreç boyunca pH ve titrasyon asitliği değişimleri izlenmiş; 14 günlük depolama süresince (1., 7. ve 14. günler) laktik asit bakterileri ve maya gelişimi ile probiyotik canlılık oranları analiz edilmiştir.

Bulgular, meyve ilavesinin artmasıyla birlikte pH değerlerinde 4,95'ten 3,84'e anlamlı bir düşüş, titrasyon asitliğinde ise %0,095'ten %0,313'e belirgin bir artış olduğunu göstermiştir. Asidifikasyon hızının özellikle depolamanın ilk haftasında yoğunlaştığı saptanmıştır. Mikroorganizma sayıları meyve oranıyla paralel artış göstererek LAB düzeylerinde 11-12 log kob/mL seviyelerine ulaşmıştır. Tüm örneklerde probiyotik canlılığı, depolama sonunda dahi terapötik eşik değer olan 10^6 kob/mL'nin üzerinde kalmıştır. Sonuçlar, meyve kaynaklı karbonhidratların vegan sistemlerde fermentasyonu teşvik ettiğini ancak mikrobiyal stabiliteyi korumak için optimum karbonhidrat düzeyinin belirlenmesinin kritik olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Vegan kefir, bitkisel süt ikamelerinde fermentasyon, asidifikasyon, probiyotik canlılık, karbonhidrat mikroorganizma etkileşimi

ABSTRACT

The primary aim of this study is to evaluate the effects of fruit-derived carbohydrates on the fermentation performance and microbial stability of vegan kefirs produced from plant-based milk alternatives. Within the scope of the research, walnut and almond milk matrices were enriched with Trabzon persimmon at different concentrations (0%, 10%, 20%, 30% and 40%) and fermented using a vegan kefir culture. Changes in pH and titratable acidity were monitored throughout the process; while lactic acid bacteria, yeast growth, and probiotic viability were analysed during 14 days of storage (on days 1, 7 and 14).

The findings showed a significant decrease in pH values from 4.95 to 3.84 and an increase in titratable acidity from 0.095% to 0.313% with increasing fruit concentration. Acidification was particularly intense during the first week of storage. Microorganism counts increased in parallel with fruit concentration, reaching 11–12 log CFU/mL for LAB. In all samples, probiotic viability remained above the therapeutic threshold of 10^6 CFU/mL even at the end of storage. The results demonstrate that fruit-derived carbohydrates promote fermentation in vegan systems while indicating the importance of determining the optimal carbohydrate level for maintaining microbial stability.

Keywords: Vegan kefir, fermentation in plant-based milk alternatives, acidification, probiotic viability, carbohydrate microorganism interaction

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

GİRİŞ

Vegan ve bitkisel temelli beslenme modellerinin yaygınlaşması, geleneksel süt bazlı fermente ürünlere alternatif olarak süt ürünü olmayan (non-dairy) ürünlerin geliştirilmesini hızlandırmıştır (Leitzmann, 2014). Bu bağlamda bitkisel kefir, laktoz intoleransı bulunan bireyler ile hayvansal ürün tüketmeyen tüketiciler için fonksiyonel bir içecek alternatifi olarak öne çıkmaktadır (Tokatlı vd.,2024). Bununla birlikte, inek sütü yerine bitkisel süt ikamesi matrisi kullanımı önemli kompozisyonel ve teknolojik farklılıklar nedeniyle fermentasyon sürecini doğrudan etkilemektedir. Ceviz ve badem gibi sert kabuklu yemişlerden elde edilen bitkisel süt ikameleri; protein yapısı, tamponlama kapasitesi, mineral dengesi ve karbonhidrat kompozisyonu bakımından inek sütünden belirgin şekilde farklıdır (Sethi vd., 2016). İnek sütünde doğal olarak bulunan laktoz, fermentasyon için kolaylıkla metabolize edilebilen bir karbon kaynağıdır. Buna karşılık, sert kabuklu yemiş bazlı sütlerde fermente edilebilir basit şeker miktarı genellikle sınırlıdır. Bu durum fermentasyon kinetiğini ve mikrobiyal büyüme dinamiklerini doğrudan etkileyebilmektedir. Literatürde, bitkisel fermentasyon sistemlerinde etkin fermentasyonun sürdürülebilmesi için uygun karbon kaynaklarının sağlanmasının gerekli olabileceği belirtilmiştir (Cui vd., 2013).

Fermentasyon sürecinde karbon kaynağı mevcudiyeti, mikrobiyal metabolizmanın temel belirleyicisidir. Laktik asit bakterileri enerji gereksinimlerini büyük ölçüde karbonhidrat fermentasyonu yoluyla karşıladığından, yetersiz fermente edilebilir substrat varlığı bakteriyel çoğalmayı sınırlayabilir ve asidifikasyon sürecini geciktirebilir. Öte yandan, şeker konsantrasyonunun belirli bir optimum düzeyin üzerine çıkması durumunda yüksek ozmotik basınç ve buna bağlı hücresel stres mekanizmaları mikrobiyal aktiviteyi baskılayabilmektedir. Bu nedenle non-dairy fermentasyon sistemlerinde uygun karbonhidrat aralığının belirlenmesi, hem fermentasyon performansının optimize edilmesi hem de mikrobiyal stabilitenin korunması açısından önem taşımaktadır (Irondi vd., 2025; Yerlikaya vd., 2025; Sharma vd.,2024).

Meyve kaynaklı karbonhidratlar, karbon sınırlılığının giderilmesinde doğal bir karbon kaynağı sunmaktadır (Chen ve Liu, 2000). Trabzon hurması (*Diospyros kaki*), fermente edilebilir şekerler ve biyoaktif bileşikler açısından zengin yapısı sayesinde mikrobiyal büyümeyi destekleme potansiyeline sahiptir (Savan, 2023). Bununla birlikte, ceviz ve badem bazlı kefir üretimi denemelerinde meyve kaynaklı karbonhidrat mevcudiyetinin fermentasyon ve mikrobiyal gelişim üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar sınırlıdır.

Fonksiyonel etkinin sürdürülebilmesi için probiyotik mikroorganizmaların terapötik eşik değerlerin (LAB için $\geq 10^6$ kob/mL; maya için $\geq 10^4$ kob/mL) üzerinde bulunması gerekmektedir (TGK, 2022). Bitkisel fermentasyon sistemlerinde mikrobiyal canlılık, substrat kompozisyonu ve karbon kaynağı düzeyine doğrudan bağlıdır. Bu bağlamda karbon kaynağı mevcudiyeti ile metabolik aktivite ve mikrobiyal stabilite arasındaki ilişkinin ortaya konulması önemli bir araştırma gereksinimi oluşturmaktadır (Yerlikaya vd., 2025).
Bu çalışmanın amacı, ceviz ve badem süt ikamelerinden vegan kefir fermentasyonunda meyve kaynaklı karbonhidrat mevcudiyetinin metabolik aktivite ve mikrobiyal stabilite üzerindeki etkisini değerlendirmektir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Hammadde ve Deneysel Tasarım

Vegan kefir üretiminde ceviz ve badem bazlı süt matrisleri kullanılmıştır. Badem ve cevizler oda sıcaklığındaki (25°C) su içinde 6 saat bekletildikten sonra ince kabukları soyulmuştur. Ardından 40-45°C'de 6 saat nemi kısmen uçurulmuş, 1:4 oranında oda sıcaklığındaki (25°C) su ile karıştırılıp blenderdan geçirilmiştir. Beyaz pamuklu bir bez yardımıyla süzülmüştür. Süzüntü olan kısım ağzı kapalı şişelere konularak 72-75°C'de 15 dk pastörizasyon işlemine maruz bırakılmış ve ceviz ve badem kefiri üretiminde kullanılmıştır (Ceylan ve Özer, 2020). Böylelikle elde edilen bitkisel süt ikamelerinin besin içeriği (kurumadde %5,12-7,9; yağ %3,63-5,5; protein %0,89-1,12) hayvan sütün (inek sütü) besinsel içeriğine yakın değerlerde üretilmek amaçlanmıştır. Doğal karbon kaynağı olarak Trabzon hurması (*Diospyros kaki)* püresi kullanılmıştır ve örneklere ağırlıkça %0, 10, 20, 30 ve 40 oranlarında ilave edilmiştir.

Fermentasyon Prosedürü

Örnekler, ticari vegan kefir kültürü (Sevdanem Bitkisel Temelli Probiyotik Kefir Mayası) kullanılarak hazırlanmıştır. İnokülasyon oranı üretici firma önerileri doğrultusunda belirlenmiş olup, 500 mL bitkisel süt ikamesine 0,75 g kültür inoküle edilmiştir. Örnekler 25°C'de 30-32 saat fermentasyona bırakılmıştır. Fermentasyon genel olarak pH 4,2–4,5 seviyesine ulaştığında sonlandırılmıştır. Bu pH aralığı kefir üretiminde yaygın olarak bildirilen son fermentasyon aralığıdır (Şahin, 2024). Ancak meyve ilavesiz badem kefiri örneklerinde fermentasyon sürecinin daha yavaş ilerlediği ve hedef pH değerine ulaşılamadığı belirlenmiş, bu nedenle fermentasyon işlemi maksimum inkübasyon

süresi sonunda sonlandırılmıştır. Starter kültür içeriğinde, 200 mL bitkisel temelli kefirde *Lactobacillus spp.* 8,96 log kob/mL, *Lactococcus spp.* 9,40 log kob/mL, *Lactobacillus acidophilus* 4,84 log kob/mL, *Bifidobacterium spp.* 4,46 log kob/mL ve toplam maya 3,0 log kob/mL düzeyinde mikroorganizma bulunduğu belirtilmiştir. Fermente ürünler 4°C'de 14 gün depolanmış ve analizler depolamanın 1., 7. ve 14. günlerinde gerçekleştirilmiştir.

pH ve Titrasyon Asitliği

pH ölçümleri kalibre edilmiş dijital pH metre (Thermo Scientific Orion 3 Star) ile yapılmıştır. Titrasyon asitliği ise, 0,1 N NaOH ile fenolftalein indikatörü kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar laktik asit cinsinden (%) ifade edilmiştir. Asitlik tayini süt ve fermente süt ürünleri için standart titrasyon yöntemine dayanmaktadır (Abou-Dobara vd., 2016).

Mikrobiyolojik Analizler

Mikrobiyal sayımlar, uygun seçici besiyerleri kullanılarak yayma plak yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Örneklerin seri dilüsyonları steril peptonlu su ile hazırlanmış ve her dilüsyondan 0,1 mL alınarak ilgili besiyerlerine ekim yapılmıştır (Anonim, 2017). *Streptococcus thermophilus* sayımı için M17 Agar kullanılmış ve petriler 37°C'de 72 saat inkübasyona bırakılmıştır (Ranasinghe ve Perera, 2016). *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* sayımı için pH'sı 5,2'ye ayarlanmış MRS Agar tercih edilmiş ve çift katmanlı ekim yöntemi uygulanarak 37°C'de 72 saat inkübasyon gerçekleştirilmiştir (Ashraf ve Smith, 2015). *Lactobacillus acidophilus* sayımında safra ilaveli (1,5 g/L) MRS Agar kullanılmış ve benzer şekilde inkübasyon yapılmıştır (Mortazavian vd., 2007). *Bifidobacterium spp.* için lityum klorür ve sodyum propiyonat ilaveli LP-MRS Agar kullanılmış, ekim sonrası çift katman oluşturularak 35-37°C'de 72 saat inkübe edilmiştir (Celestin vd., 2015). Maya ve küf sayımları ise pH'sı 5'e ayarlanmış Potato Dextrose Agar (PDA) kullanılarak yapılmış ve örnekler 25±2°C'de 5 gün inkübasyona bırakılmıştır (Ertekin, 2008). Tüm sayımlar uygun inkübasyon koşulları sonrası koloni sayımı yöntemi ile değerlendirilmiştir ve sonuçlar log kob/mL olarak ifade edilmiştir.

Probiyotik % Canlılık ve Eşik Değerler

Depolama süresince probiyotik canlılık yüzdesi Denklem 1'e göre hesaplanmıştır:

$$Canlılık\ (\%) = (Nt/N0) \times 100 \quad (1)$$

Nt: 14. gün mikroorganizma sayısı
N0: 1. gün mikroorganizma sayısı
Fonksiyonel etkinin sürdürülebilmesi için laktik asit bakterilerinin $\geq 10^6$ kob/mL, mayaların ise $\geq 10^4$ kob/mL düzeyinde bulunması gerektiği bildirilmektedir (TGK, 2022; Bruno vd., 2002).

İstatistiksel Analiz

Tüm analizler üçer paralel gerçekleştirilmiş ve sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. İstatistiksel değerlendirmede tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve TUKEY çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

pH ve Titrasyon Asitliği

Trabzon hurması ilavesi ve depolama süresinin artmasıyla birlikte hem ceviz hem de badem kefiri örneklerinde pH değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı düşüş ($p<0,05$) ve titrasyon asitliğinde artış belirlenmiştir. Ceviz kefirinde başlangıç pH değeri kontrol örneklerinde 4,51 iken %40 meyve içeren örneklerde 4,12 olarak ölçülmüş ve depolama sonunda pH değerleri 3,54-4,24 aralığına düşmüştür. Aynı örneklerde titrasyon asitliği %0,085'ten 0,270'e kadar yükselmiştir. Badem kefirinde ise başlangıç pH değerleri 4,95-4,40 aralığında belirlenmiş ve depolama sonunda 3,84-3,97 seviyelerine gerilemiştir; titrasyon asitliği değerleri ise %0,095-0,313 aralığına ulaşmıştır (Tablo 1).

Bu çalışma literatürde yer alan çalışmalarla karşılaştırıldığında, karbonhidrat kaynağındaki artışa bağlı olarak pH'ın düşmesi ve asiditenin artmasının benzer eğilim gösterdiğini ortaya koymaktadır (Şahin, 2024; Florence vd., 2023; Yılmaz-Ersan vd., 2017).

Tablo 1. Ceviz ve Badem Kefiri Örneklerinde Depolama Süresi Boyunca pH ve Titrasyon Asitliği Değişimleri

		pH			Titrasyon Asitliği (%)		
	Meyve Oranları (%)	1. Gün	7. Gün	14. Gün	1. Gün	7. Gün	14. Gün
Ceviz Kefiri	0	4,51±0,02^{aA}	4,36±0,02^{aB}	4,24±0,01^{aC}	0,085±0,008^{dB}	0,094±0,003^{eB}	0,114±0,003^{eA}
	10	4,26±0,01^{bA}	4,15±0,05^{bA}	3,73±0,06^{bB}	0,127±0,005^{cC}	0,158±0,003^{dB}	0,190±0,002^{dA}
	20	4,23±0,01^{cA}	3,83±0,02^{cB}	3,67±0,05^{cdC}	0,140±0,004^{cC}	0,188±0,004^{cB}	0,223±0,002^{cA}
	30	4,16±0,00^{dA}	3,74±0,05^{cdB}	3,54±0,04^{cdC}	0,167±0,006^{bC}	0,205±0,004^{bB}	0,239±0,002^{bA}
	40	4,12±0,02^{eA}	3,69±0,03^{dB}	3,65±0,07^{dB}	0,185±0,002^{aC}	0,229±0,002^{aB}	0,270±0,006^{aA}
Badem Kefiri	0	4,95±0,00^{aA}	4,29±0,02^{aB}	4,30±0,00^{aB}	0,095±0,000^{dB}	0,120±0,005^{eA}	0,127±0,003^{dA}
	10	4,66±0,05^{bA}	3,96±0,02^{cB}	3,97±0,02^{bC}	0,117±0,003^{cC}	0,197±0,003^{dB}	0,210±0,005^{cA}
	20	4,58±0,02^{cA}	3,97±0,01^{cB}	3,89±0,01^{dC}	0,148±0,003^{bC}	0,213±0,003^{cB}	0,257±0,003^{bA}
	30	4,47±0,02^{dA}	3,98±0,00^{cB}	3,84±0,01^{cC}	0,160±0,005^{abC}	0,253±0,003^{aB}	0,305±0,000^{aA}
	40	4,40±0,01^{eA}	4,16±0,03^{bB}	3,93±0,00^{eC}	0,167±0,010^{aC}	0,223±0,003^{bB}	0,313±0,003^{aA}

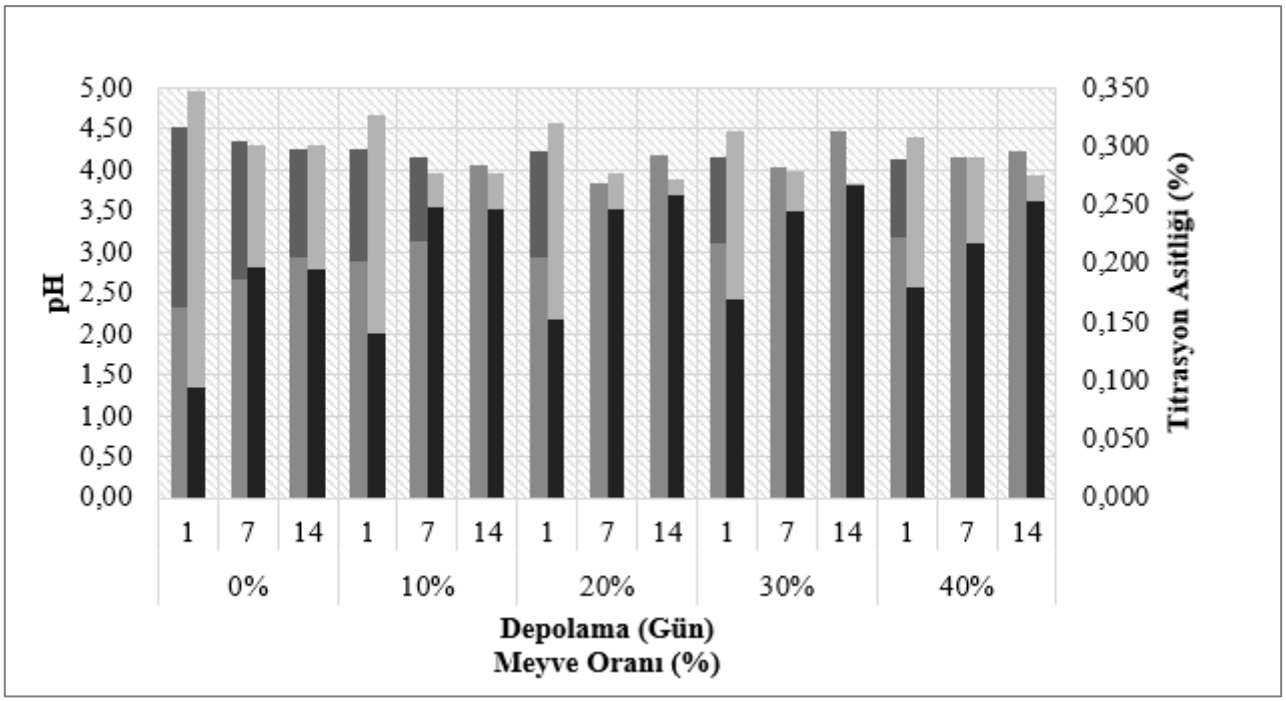
*Her kefir türü kendi içinde istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.
**Büyük harfler (satır) depolama günlerindeki istatistiksel farklılıkları ifade ederken; küçük harfler (sütun) meyve oranlarındaki istatistiksel farklılığı ifade etmektedir.
*** Farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu ($p<0,05$), aynı harfler istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını ($p>0,05$) gösterir.

Tablo 2. Ceviz ve Badem Kefiri Örneklerinde Asitlik Değişim Hızları

		Ceviz		Badem	
Meyve Oranları (%)		Δ pH	Δ TA	Δ pH	Δ TA
0	(1-7)	-0,025	0,004	-0,110	0,017
	(7-14)	-0,017	0,003	0,001	0,000
10	(1-7)	-0,018	0,003	-0,117	0,018
	(7-14)	-0,060	0,009	0,001	0,000
20	(1-7)	-0,067	0,010	-0,102	0,016
	(7-14)	-0,023	0,004	-0,011	0,002
30	(1-7)	-0,070	0,011	-0,082	0,013
	(7-14)	-0,029	0,004	-0,020	0,003
40	(1-7)	-0,072	0,011	-0,040	0,006
	(7-14)	-0,006	0,001	-0,033	0,005

Meyve oranlarının artması ile birlikte asidifikasyonun hızlanması, fermentasyon ortamındaki fermente edilebilir karbonhidrat miktarının artmasına bağlı olarak laktik asit üretiminin artması ile ilişkilendirilebilir. Laktik asit bakterilerinin enerji gereksinimlerini büyük ölçüde karbonhidrat fermentasyonu yoluyla karşılaması nedeniyle karbon kaynağı mevcudiyeti fermentasyon hızını doğrudan etkilemektedir (Cui vd., 2013). Bitkisel süt ikamelerinde doğal şeker içeriğinin sınırlı olması, dışarıdan karbonhidrat ilavesinin fermentasyon hızını artırmasına katkı sağlayabilmektedir (Deziderio vd., 2023).

Depolama süresince asitlik gelişiminin devam etmesi fermentasyon sonrası dönemde mikrobiyal metabolik aktivitenin tamamen durmadığını göstermektedir. Fermente süt ürünlerinde depolama sırasında asitlik artışının devam etmesi kefir üretiminde yaygın olarak bildirilen bir durumdur. Bununla birlikte, depolamanın ilerleyen aşamalarında asidifikasyon hızındaki nispi azalma, substrat tüketimi ve metabolik aktivitenin kısmen yavaşlaması ile açıklanabilir (Tokatlı vd., 2024).



Şekil 1. Ceviz ve Badem Kefirlerinin pH ve Titrasyon Asitliği Değişimi

Çalışmamızda Trabzon hurması ilavesinin artmasıyla pH değerlerinin daha hızlı düşmesi ve titrasyon asitliğinin yükselmesi, meyve kaynaklı karbonhidratların mikrobiyal metabolizmayı desteklediğini göstermektedir. Ancak bu çalışma kapsamında fermentasyon hızına ilişkin herhangi bir kinetik modelleme yapılmamış olup, elde edilen bulgular gözlemsel eğilimler üzerinden değerlendirilmiştir. Benzer şekilde, bitkisel süt ikameleri ile tasarlanan fermente içeceklerde karbon kaynağı zenginleştirmesinin fermentasyon sürecini hızlandırdığı ve asidifikasyon eğilimini artırdığı literatürde de rapor edilmiştir (Sabokbar ve Khodaiyan, 2015; Bernat vd., 2014).

Mikroorganizma Gelişimi

Fermentasyon ve depolama süresi boyunca kefir örneklerinde *S. thermophilus, L. delbrueckii subsp. bulgaricus, L. acidophilus, Bifidobacterium* türlerinin ve mayanın gelişimi gözlenmiştir. Ceviz kefirinde *S. thermophilus* sayıları 9,48-11,14 log kob/mL aralığında değişirken badem kefirinde 10,05-11,92 log kob/mL seviyelerine ulaşmıştır. *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* sayıları ceviz kefirinde 4,22-6,08 log kob/mL, badem kefirinde ise 3,41-5,71 log kob/mL aralığında belirlenmiştir. *L. acidophilus* sayıları ceviz kefirinde 8,62-10,10 log kob/mL, badem kefirinde ise 7,69-11,07 log kob/mL seviyelerinde gerçekleşmiştir. *Bifidobacterium* sayıları ceviz kefirinde 7,99-10,24 log kob/mL, badem kefirinde ise 9,42-12,27 log kob/mL aralığında bulunmuştur. Maya sayıları ceviz kefirinde 6,06-7,41 log kob/mL, badem kefirinde ise 6,58-8,17 log kob/mL aralığında belirlenmiştir (Tablo 3).

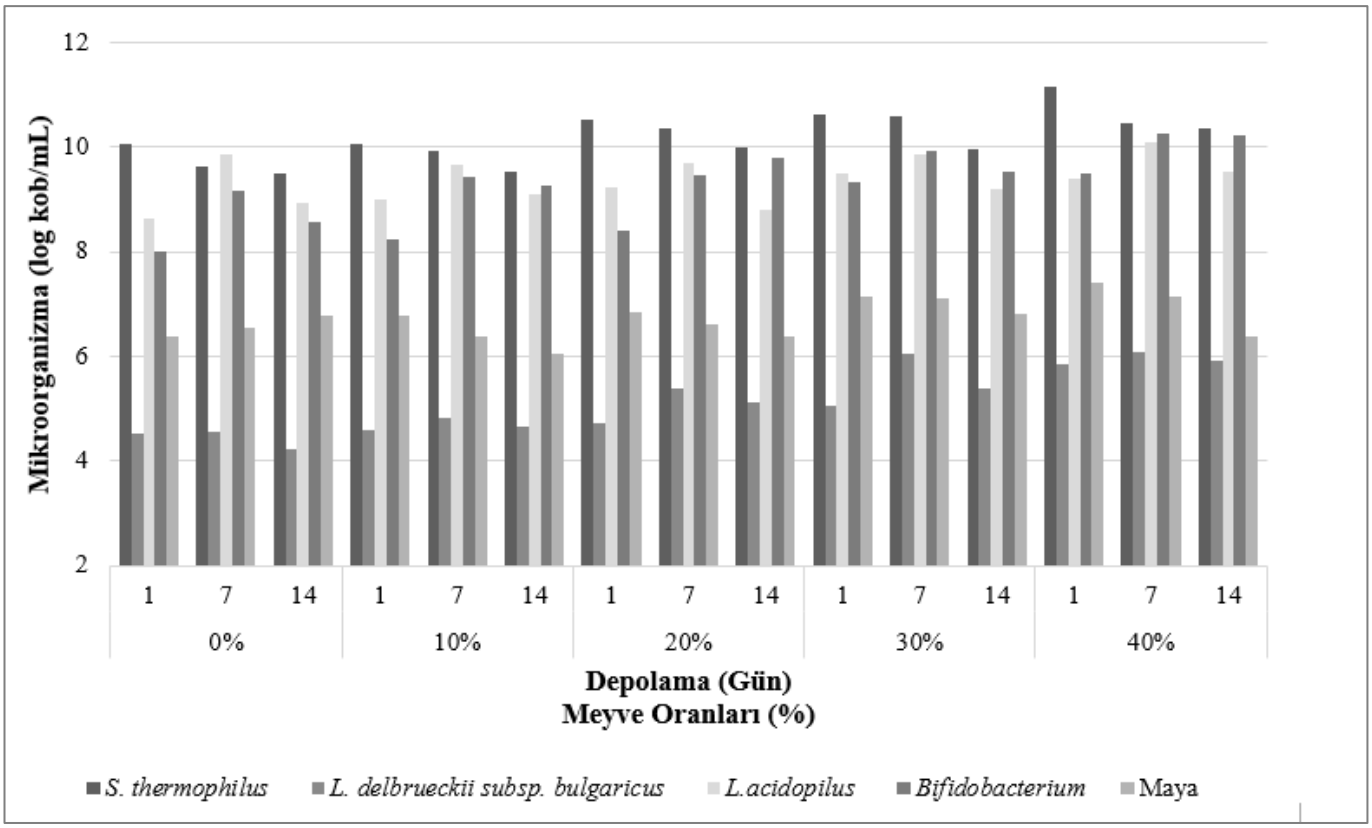
Mikrobiyal gelişimde ilk karşılaştırma, kullanılan starter kültürde bulunan mikroorganizma düzeylerinin fermentasyon süresi boyunca artış eğilimi göstermesi olmuştur. Meyve oranının artması ile birlikte mikroorganizma sayılarındaki artış, fermentasyon ortamındaki fermente edilebilir karbonhidratların mikrobiyal büyümeyi destekleyebileceğini göstermektedir (Şekil 2; Şekil 3). Bazı örneklerde mikroorganizma sayılarının 11–12 log kob/mL seviyelerine ulaşmasının; fermentasyon ortamında bulunan fermente edilebilir karbonhidrat miktarındaki artış ve başlangıç inokulum düzeyi ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Depolama süresince mikrobiyal metabolik aktivitenin devam etmesi ve seçici besiyerlerinin hedef mikroorganizmaların gelişimini destekleyici etkisinin de sayım sonuçlarına katkı sağlamış olabileceği değerlendirilmektedir. Kefir fermentasyonunda laktik asit bakterileri ile mayalar arasındaki simbiyotik etkileşimlerin fermentasyon performansını etkileyen önemli faktörlerden biri olduğu bildirilmektedir (Tokatlı vd., 2024). Mikrobiyal gelişimin pH, asitlik ve karbonhidrat mevcudiyeti ile ilişkili olduğu, özellikle bitkisel süt ikamelerinin fermente ürünlerinde karbon kaynağındaki artışın mikroorganizma gelişimini destekleyebildiği ve depolamanın ilerleyen aşamalarında asidik koşullara bağlı olarak canlılıkta azalma görülebildiği literatürde de benzer şekilde rapor edilmiştir (Şahin, 2024; Ustaoğlu Gençgönül, 2022; Yılmaz Ersan ve Topçuoğlu, 2019). Bununla birlikte depolama süresinin ilerleyen aşamalarında bazı örneklerde mikroorganizma sayılarında sınırlı azalmalar gözlenmiştir. Bu durumun, fermentasyon ilerledikçe pH'ın düşmesi ve organik asitlerin birikmesine bağlı olarak oluşan stres koşulları ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir (Irondi vd., 2025; Sharma vd., 2024). Ayrıca, karbonhidrat konsantrasyonunun yüksek seviyelere ulaşması durumunda ozmotik basınç artışının da

mikrobiyal aktivite üzerinde sınırlayıcı bir etki oluşturabileceği değerlendirilmektedir (Yerlikaya vd., 2025; Tangyu vd., 2019; Chalupa-Krebzdak vd., 2018). Bu bulgular, fermentasyon sürecinde mikrobiyal gelişimin yalnızca karbon kaynağı mevcudiyetine değil, aynı zamanda ortamda biriken metabolitler ve çevresel stres faktörlerine de bağlı olarak değişebileceğini düşündürmektedir.

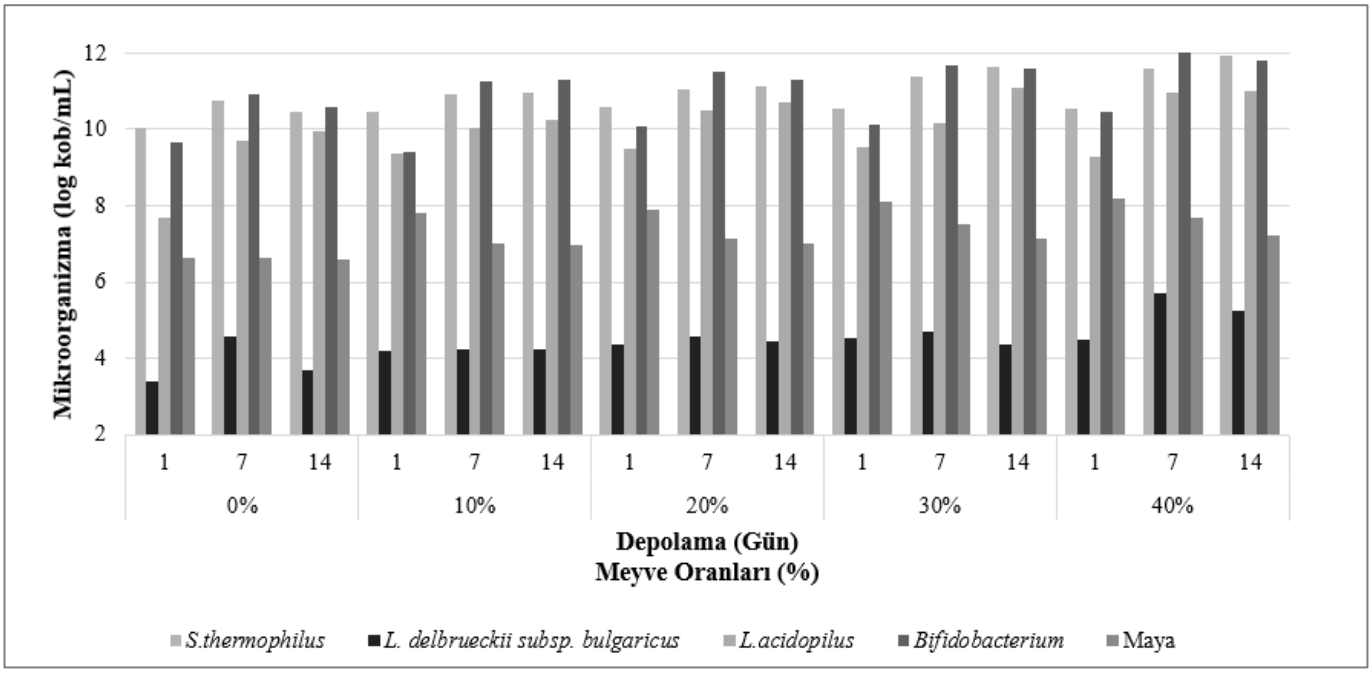
Tablo 3. Ceviz ve Badem Kefiri Örneklerinde Depolama Süresi Boyunca Mikroorganizmalardaki Değişim

		Ceviz Kefiri				Badem Kefiri		
	Meyve Oranı (%)	1. Gün	7. Gün	14. Gün	Ort.	1. Gün	7. Gün	14. Gün
S. thermophilus	0	10,05±0,09^{bA}	9,62±0,07^{cB}	9,48±0,21^{cB}		10,05±0,33^{aA}	10,77±0,22^{aA}	10,45±0,31^{cA}
	10	10,04±0,39^{bA}	9,92±0,08^{bcA}	9,51±0,04^{cA}		10,46±0,20^{aB}	10,90±0,17^{aA}	10,97±0,08^{bcA}
	20	10,52±0,19^{bA}	10,37±0,16^{abA}	9,98±0,07^{bB}		10,60±0,38^{aA}	11,05±0,15^{aA}	11,12±0,15^{bcA}
	30	10,63±0,24^{abA}	10,60±0,35^{aA}	9,97±0,02^{bB}		10,56±0,42^{aA}	11,38±0,56^{aA}	11,64±0,43^{abA}
	40	11,14±0,07^{aA}	10,47±0,09^{aB}	10,34±0,06^{aB}		10,53±0,40^{aB}	11,60±0,34^{aA}	11,92±0,30^{aA}
L. delbrueckii subsp. *bulgaricus*	0	4,53±0,05^{cA}	4,55±0,40^{cA}	4,22±0,22^{dA}		3,41±0,01^{bB}	4,56±0,49^{bA}	3,71±0,15^{cB}
	10	4,59±0,08^{cA}	4,82±0,12^{bcA}	4,66±0,10^{cdA}		4,18±0,15^{aA}	4,23±0,38^{bA}	4,24±0,21^{bcA}
	20	4,72±0,02^{bcB}	5,39±0,24^{abA}	5,11±0,09^{bcA}		4,38±0,24^{aA}	4,57±0,13^{bA}	4,44±0,47^{bA}
	30	5,04±0,03^{bB}	6,05±0,14^{aA}	5,39±0,22^{abB}		4,52±0,10^{aA}	4,68±0,09^{bA}	4,37±0,17^{bcA}
	40	5,84±0,33^{aA}	6,08±0,37^{aA}	5,92±0,32^{aA}		4,48±0,15^{aB}	5,71±0,26^{aA}	5,26±0,22^{aA}
L. acidophilus	0	8,62±0,03^{cB}	9,87±0,31^{aA}	8,94±0,41^{aB}		7,69±0,28^{bB}	9,69±0,49^{bA}	9,97±0,32^{bA}
	10	8,99±0,02^{bB}	9,67±0,25^{aA}	9,08±0,31^{aB}		9,36±0,48^{aA}	10,02±0,05^{bA}	10,25±0,71^{abA}
	20	9,23±0,08^{abB}	9,68±0,15^{aA}	8,79±0,19^{aC}		9,48±0,22^{aB}	10,51±0,41^{abA}	10,73±0,27^{abA}
	30	9,49±0,20^{aAB}	9,87±0,18^{aA}	9,20±0,27^{aB}		9,52±0,46^{aB}	10,15±0,23^{abB}	11,07±0,07^{aA}
	40	9,41±0,03^{aB}	10,1±0,04^{aA}	9,52±0,28^{aB}		9,29±0,26^{aB}	10,96±0,26^{aA}	10,99±0,17^{aA}
Bifidobacterium	0	7,99±0,02^{cC}	9,17±0,12^{cA}	8,57±0,18^{bB}		9,67±0,59^{aB}	10,91±0,17^{bAB}	10,59±0,26^{aA}
	10	8,24±0,09^{bcB}	9,42±0,01^{cA}	9,27±0,55^{abA}		9,42±0,37^{aB}	11,26±0,61^{abA}	11,29±0,45^{aA}
	20	8,39±0,03^{bB}	9,45±0,19^{cA}	9,80±0,51^{aA}		10,10±0,40^{aA}	11,53±0,55^{abA}	11,30±0,89^{aA}
	30	9,32±0,15^{aB}	9,91±0,12^{bA}	9,52±0,04^{abB}		10,13±0,32^{aB}	11,67±0,37^{abA}	11,60±0,43^{aA}
	40	9,49±0,16^{aB}	10,24±0,03^{aA}	10,21±0,44^{aA}		10,46±0,60^{aB}	12,27±0,31^{aA}	11,80±0,20^{aA}
Maya	0	6,37±0,21	6,56±0,23	6,78±0,46	6,57±0,33^{c}	6,63±0,13^{bA}	6,65±0,23^{bA}	6,58±0,20^{bD}
	10	6,78±0,04	6,39±0,34	6,06±0,21	6,41±0,37^{c}	7,81±0,60^{aA}	7,02±0,25^{abA}	6,95±0,14^{abC}
	20	6,85±0,26	6,6±0,14	6,39±0,4	6,61±0,32^{bc}	7,90±0,45^{aA}	7,15±0,17^{abB}	6,66±0,22^{abB}
	30	7,15±0,25	7,1±0,18	6,8±0,03	7,02±0,23^{a}	8,11±0,31^{aA}	7,51±0,33^{aAB}	7,12±0,09^{aB}
	40	7,41±0,47	7,14±0,34	6,39±0,34	6,98±0,57^{ab}	8,17±0,19^{aA}	7,7±0,43^{aAB}	7,24±0,11^{aA}

*Her mikroorganizma türü kendi içinde istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.
**Büyük harfler (satır) depolama günlerindeki istatistiksel farklılıkları ifade ederken; küçük harfler (sütun) meyve oranlarındaki istatistiksel farklılığı ifade etmektedir.
***Ceviz kefiri örneklerinde depolamanın maya gelişimi üzerine istatistiksel açıdan anlamlı bir etkisinin yokken; meyve oranlarının anlamlı bir etkisi vardır. Bu yüzden ort. değerler verilmiştir.
**** Farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu ($p<0,05$), aynı harfler istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını ($p>0,05$) gösterir.



Şekil 2. Ceviz Kefirlerinde Mikroorganizma Gelişimi



Şekil 3. Badem Kefirlerinde Mikroorganizma Gelişimi

Probiyotik Canlılık (%)

Depolama süresi sonunda probiyotik canlılık oranları ceviz kefirinde *S. thermophilus* için %92,89-94,90, *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* için %93,15-108,13 ve *L. acidophilus* için %95,23-103,67 aralığında bulunmuştur. Badem kefirinde ise probiyotik canlılık değerleri genel olarak daha yüksek olup *S. thermophilus* için %104,01-113,41, *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* için %96,68-117,45 ve *L. acidophilus* için %109,89-129,75 aralığında belirlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Probiyotik Canlılık (%)

	Meyve Oranı (%)	*S. thermophilus*	*L. delbrueckii subsp.bulgaricus*	*L. acidophilus*	*Bifidobacterium*	Maya
Ceviz Kefiri	0	94,33±0,25^{b}	93,15±0,72^{c}	103,67±0,45^{a}	107,33±0,09^{c}	92,76±0,44^{c}
	10	94,74±0,15^{b}	101,38±0,54^{b}	100,93±0,18^{ab}	112,45±0,97^{b}	98,09±0,20^{a}
	20	94,90±0,07^{a}	108,13±0,48^{a}	95,23±0,22^{cd}	116,77±0,74^{a}	97,41±0,53^{ab}
	30	93,85±0,88^{c}	107,00±0,84^{ab}	96,91±0,76^{c}	102,13±0,29^{d}	96,84±0,35^{b}
	40	92,89±0,44^{cd}	101,70±0,30^{b}	101,16±0,65^{b}	107,61±0,25^{c}	97,03±0,60^{ab}
Badem Kefiri	0	104,01±0,39^{c}	108,65±0,03^{b}	129,75±0,21^{a}	109,60±0,71^{e}	99,31±0,24^{a}
	10	104,85±0,54^{c}	101,43±0,63^{c}	109,89±0,50^{e}	119,89±0,63^{a}	89,44±0,00^{b}
	20	104,91±0,39^{c}	101,74±0,59^{c}	113,29±0,72^{d}	111,77±0,46^{d}	88,89±0,83^{c}
	30	110,33±0,83^{b}	96,68±0,98^{d}	116,46±0,20^{c}	114,52±0,55^{b}	87,84±0,07^{cd}
	40	113,41±0,21^{a}	117,45±0,84^{a}	118,34±0,58^{b}	113,12±0,31^{c}	88,63±0,85^{c}

* Küçük harfler (sütun) meyve oranlarının mikroorganizmaların canlılıkları üzerinde istatistiksel farklılığı ifade etmektedir.
** Farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu ($p<0,05$), aynı harfler istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını ($p>0,05$) gösterir.

Tüm örneklerde probiyotik mikroorganizma sayılarının terapötik eşik değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Canlılık değerlerinin %100'ün üzerinde olduğu örneklerde, depolama süresi boyunca bazı mikroorganizmaların metabolik aktivitelerini sürdürerek çoğalmaya devam ettiği düşünülmektedir. Fermente ürünlerde fonksiyonel etkinin sürdürülebilmesi için laktik asit bakterilerinin $\geq 10^{6}$ kob/mL düzeyinde bulunması gerektiği bildirilmektedir (TGK, 2022).

Probiyotik canlılık açısından literatür ile karşılaştırıldığında benzer canlılık sonuçlarının yer aldığı görülmüştür (Şahin, 2024; Ustaoğlu Gençgönül, 2022; Erol, 2020; Yılmaz Ersan ve Topçuoğlu, 2019).

SONUÇ

Bu çalışmada, ceviz ve badem bazlı bitkisel süt ikamelerinden üretilen vegan kefirlerde meyve kaynaklı karbonhidrat mevcudiyetinin fermentasyon performansı ve mikrobiyal stabilite üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Trabzon hurması ilavesinin artmasıyla birlikte asidifikasyon hızında artış, pH değerlerinde düşüş ve titrasyon asitliğinde yükselme gözlenmiştir. Ayrıca meyve kaynaklı karbonhidratların fermentasyon ortamında mikrobiyal metabolik aktiviteyi destekleyebildiği ve mikroorganizma gelişimine katkı sağlayabildiği belirlenmiştir.

Depolama süresi boyunca tüm örneklerde probiyotik mikroorganizma düzeylerinin terapötik eşik değerlerin üzerinde kaldığı tespit edilmiştir. Bazı örneklerde probiyotik canlılık değerlerinin %100'ün üzerinde belirlenmesi, depolama süresince mikroorganizmaların metabolik aktivitelerini sürdürerek çoğalmaya devam edebileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte depolamanın ilerleyen aşamalarında bazı örneklerde sınırlı düzeyde canlılık kayıpları da gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, özellikle %20–30 oranındaki meyve ilavesinin fermentasyon performansı ve mikrobiyal stabilite açısından daha dengeli sonuçlar sağlayabildiğini göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, Trabzon hurması kaynaklı karbonhidratların vegan kefir üretiminde doğal bir karbon kaynağı olarak fermentasyon sürecini destekleme potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir. Bu bulguların, bitkisel bazlı fermente fonksiyonel içeceklerin geliştirilmesine yönelik çalışmalara katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, farklı karbon kaynakları, fermentasyon koşulları ve depolama parametrelerinin incelendiği ileri çalışmaların yapılması yararlı olabilir.

Teşekkür

2022/6-14 D numaralı projeye verdikleri destekten dolayı Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

Yapay Zeka Katkı Beyanı

Bu makalenin hazırlanma sürecinde yapay zeka araçları yalnızca metnin İngilizce dil kontrolü ve çeviri doğruluğunun iyileştirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Yapay zeka desteği; dil bilgisi düzeltmeleri, ifade netliğinin artırılması ve çeviri uygunluğunun kontrolü ile sınırlıdır. Çalışmanın bilimsel içeriği, veri analizi, sonuçların yorumlanması ve

şekil ve tabloların oluşturulması aşamalarında yapay zeka kullanılmamıştır. Makalenin tüm bilimsel katkıları ve nihai içeriği yazar tarafından oluşturulmuş ve onaylanmıştır.

KAYNAKLAR

Abou-Dobara, M. I., Ismail, M. M., Refaat, N. M. (2016). Chemical composition, sensory evaluation and starter activity in cow, soy, peanut and rice milk. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 5(3), 634–640. https://doi.org/10.15406/jnhfe.2016.05.00175

Anonim (2017). ISO 6887-1. *Microbiology of the food chain - Preparation of test samples, initial suspension and decimal dilutions - Part 1*. International Organization for Standardization, Switzerland.

Ashraf, R. & Smith, S. C. (2015). Selective enumeration of dairy based strains of probiotic and lactic acid bacteria. *International Food Research Journal*, 22(6), 2576–2586.

Bernat, N., Chafer, M., Rodriguez-Garcia, J., Chiralt, A., Gonzalez-Martinez, C. (2014). Vegetable milks and their fermented derivative products. *International Journal of Food Studies*, 3, 93–124. https://doi.org/10.7455/ijfs/3.1.2014.a9

Bruno, F. A., Lankaputhra, W. E. V., Shah, N. P. (2002). Growth, viability, and activity of *Bifidobacterium* spp. in skim milk containing prebiotics. *Journal of Food Science*, 67(7), 2740–2744. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb08807.x

Celestin, S., Thorat, S. S., Desale, R. J., Chavan, U. D. (2015). Effect of milk supplementation with fructooligosaccharides and inulin on viable counts of probiotic bacteria in goat and cow milk yoghurts. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 9(7), 6–12. https://doi.org /10.9790/2402-09710612

Ceylan, M. M. & Özer, A. E. (2020). Optimisation of almond milk producing using response surface method. *Journal of Agriculture*, 3(1), 6–18. https://doi.org/10.46876/ja.739278

Chalupa-Krebzdak, S., Long, C. J., Bohrer, B. M. (2018). Nutrient density and nutritional value of milk and plant-based milk alternatives. *International Dairy Journal*, 87, 84–92. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.07.018

Chen, C. & Liu, B. Y. (2000). Changes in major components of tea fungus metabolites during prolonged fermentation. *Journal of Applied Microbiology*, 89, 834–839. https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.01188.x

Cui, X. H., Chen, S. J., Wang, Y., Han, J. R. (2013). Fermentation conditions of walnut milk beverage inoculated with kefir grains. *LWT - Food Science and Technology*, 50(1), 349–352. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.043

Deziderio, M. A., de Souza, H. F., Kamimura, E. S., Petrus, R. R. (2023). Plant-based fermented beverages: Development and characterization. *Foods*, 12, 4128. https://doi.org/10.3390/foods12224128

Erol, H. (2020). Badem sütünden ballı ve muzlu kefir üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Ertekin, B. (2008). Yağ ikame maddeleri kullanımının kefir kalite kriterleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Florence, O. S., Abdoulaye, T., Fabrice, Z. A., Brice, K. K. J., Adama, C. (2023). Potential use of cashew almond aqueous extract for yoghurt production. *Journal of Experimental Agriculture International*, 45(3), 15–23. https://doi.org/10.9734/JEAI/2023/v45i32107

Irondi, E. A., Aina, H. T., Imam, Y. T., Bankole, A. O., Anyiam, A. F., Elemosho, A. O. (2025). Plant-based milk substitutes: Sources, production, and nutritional, nutraceutical and sensory qualities. *Frontiers in Food Science and Technology*, 5, 1593870. https://doi.org/10.3389/frfst.2025.1593870

Leitzmann, C. (2014). Vegetarian nutrition: Past, present, future. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 100(Suppl. 1), 496–502. https://doi.org/10.3945/ajcn.113.071365

Mortazavian, A. M., Ehsani, M. R., Sohrabvandi, S., Reinheimer, J. (2007). MRS-Bile Agar: Its suitability for the enumeration of mixed probiotic cultures in cultured dairy products. *Milchwissenschaft*, 62(3), 270–272.

Ranasinghe, J. G. S. & Perera, W. T. R. (2016). Prevalence of *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* stability in commercially available yogurts in Sri Lanka. *Asian Journal of Medical Sciences*, 7(5), 97–101. https://doi.org/ 10.3126/ajms.v7i5.14326

Sabokbar, N. & Khodaiyan, F. (2015). Characterization of pomegranate juice and whey based novel beverage fermented by kefir grains. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 3711–3718. https://doi.org/10.1007/s13197-014-1412-9

Şahin, A. (2024). Badem sütü, badem iç kabuğu ve bitkisel kökenli probiyotik kullanımının kefir kalite kriterleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Savan, H. N. (2023). Trabzon hurması ile yapılan kombucha içeceğinin fonksiyonel özelliklerinin ve biyokimyasal bileşiminin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Sethi, S., Tyagi, S. K., Anurag, R. K. (2016). Plant-based milk alternatives: An emerging segment of functional beverages: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 53, 3408–3423. https://doi.org/10.1007/s13197-016-2328-3

Sharma, N., Maibam, B. D., Sharma, M. (2024). Review on effect of innovative technologies on shelf-life extension of non-dairy sources from plant matrices. *Food Chemistry Advances*, 5, 100781. https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100781

Tangyu, M., Muller, J., Bolten, C. J., Wittmann, C. (2019). Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103, 9263–9275. https://doi.org/10.1007/s00253-019-10175-9

TGK. (2022). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (No: 2022/44). Resmi Gazete (Sayı: 32029). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/11/20221130-5.htm (Erişim tarihi: 01.03.2026).

Tokatlı, K., Aylar, B. N., Kaynar, S., Yıldırım, S. (2024). Farklı süt kaynaklarından kefir üretimi: Bir derleme. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 13(2), 1–11. https://izlik.org/JA33XB69AG

Ustaoğlu Gençgönül, M. (2022). Bitkisel temelli sütler ile üretilen kefirlerin mikrobiyal, kimyasal ve duyusal özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Yerlikaya, O., Ertem Öztekin, H., Balta, Y. (2025). Plant-based milk alternatives in kefir production: A review. *Journal of Food Safety and Food Quality*, 76(6), 45815. https://doi.org/10.31083/JFSFQ45815

Yılmaz Ersan, L. & Topçuoğlu, E. (2019). Badem sütü ile zenginleştirilmiş probiyotik yoğurtların mikrobiyolojik ve bazı fiziko-kimyasal özellikleri. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(2), 321–339. https://doi.org/10.31021/bursauludagziraat.651335

Yılmaz-Ersan, L., Özcan, T., Akpınar-Bayizit, A., Delikanlı-Kıyak, B. (2017). The characterization of the textural and sensory properties of buffalo milk yogurt. *International Journal of Advances in Science Engineering and Technology,* 5(3).