Pamukkale Univ Muh Bilim Derg, 32(6), 1350-1363, 2026

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi

Pamukkale University Journal of Engineering Sciences

Çimlendirilmiş kinoa ve keten tohumu ile zenginleştirilmiş probiyotik fermente süt içeceğinin bazı fiziksel, kimyasal mikrobiyolojik ve biyoaktif özellikleri

Some physical, chemical and bioactive properties of probiotic milk beverage enriched with germinated quinoa and flaxseed

Ayşe Nur Eren[1], *Onur Güneşer*[2,3*]

[1]Bergama Necla Mithat Öztüre Devlet Hastanesi, İzmir, Türkiye.
aysenurkunca@gmail.com
[2]Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, Banaz Meslek Yüksekokulu, Uşak Üniversitesi, Uşak, Türkiye.
onur.guneser@usak.edu.tr
[3] Kimya Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Uşak Üniversitesi, Uşak, Türkiye.
onur.guneser@usak.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 07.05.2025 Düzeltme Tarihi/Revision: 30.01.2026 doi: 10.65206/pajes.83530
Kabul Tarihi/Accepted: 05.02.2026 Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Bu çalışmada sade (CF), çimlendirilmiş keten tohumu (LF) ve kinoa tohumları (KF) ile zenginleştirilmiş probiyotik fermente süt içeceklerinin bazı fiziksel, kimyasal ve biyoaktif özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla çimlendirilmiş keten tohumu ve kinoa tohum unlarıyla %2 oranında zenginleştirilmiş ve Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus, Streptococcus thermophilus ve probiyotik Lactobacillus acidophilus karışık kültürü ile fermente edilmiş süt içecekleri hazırlanmıştır. Probiyotik fermente içecek örneklerinin L, Hue ve Chroma değerleri, viskozite, serum ayrılması, pH, asitlik, toplam serbest amino asit, B2 vitamini içerikleri, EC_{50} ve CUPRAC antioksidan değerleri ve mikrobiyolojik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca, içecek örneklerine tüketici testi uygulanmıştır. Sonuç olarak, fermente süt içecek örneklerinin L*, Hue ve Chroma renk değerlerinin sırasıyla 75.27-88.84, 62.81-82.42 ve 6.86-11.21 arasında değişimler gösterdiği saptanmıştır. CF, LF ve KF içeceklerinin 30 günlük depolama süresince ortalama görünür viskozite değerleri sırasıyla 520.33 cP, 707.70 cP ve 668.53 cP olduğu belirlenmiştir. İçecek örneklerinin pH değerlerinin 4.13-4.48 pH arasında, toplam asitlik miktarlarının ise (% laktik asit) ise %0.71-%0.86 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Fermente içecek örneklerinde kullanılan tohum çeşidinden bağımsız olarak depolama süresince içecek örneklerinin toplam serbest amino asit miktarları önemli düzeyde artış göstermiştir. İçecek örneklerinin EC_{50}, CUPRAC antioksidan değerleri üzerine depolama süresi x tohum çeşidi interaksiyon etkisinin önemli olduğu bulunmuştur. Tüm fermente içeceklerde L. bulgaricus, S. thermophilus ve L. aciodophilus sayıları sırasıyla 7-8 log kob g^{-1}, 8-9 log kob g^{-1} ve 7 log kob g^{-1} düzeylerinde olduğu belirlenmiştir. Tüketici testi sonucunda sade fermente içecek örneğinden sonra en beğenilen içecek çimlendirilmiş kinoa ile zenginleştirilmiş örnek olmuştur. Çalışmada, farklı bitkisel kaynaklar ile zenginleştirilmiş süt ürünlerinin formülize edilmesinde depolama süresi ve kullanılan bitkisel hammaddenin fizikokimyasal ve duyusal özelliklerinin önemli üretim parametreleri olduğu görülmüştür.*

Anahtar kelimeler: Çimlendirme, Probiyotik içecek, Keten tohumu, Kinoa tohumu, Fonksiyonel gıda.

Abstract

In the present study, it was aimed to investigate some physical, chemical, and bioactive properties of plain (CF) probiotic fermented milk beverage, and probiotic fermented milk beverages enriched with germinated flaxseed (LF) and quinoa seed (KF). For this purpose, fermented milk beverages enriched with 2% germinated flaxseed and quinoa seed flours were prepared using yogurt bacteria and probiotic Lactobacillus acidophilus starter culture. L, Hue, and Chroma values, viscosity, serum separation, pH, total acidity, total free amino acid content, vitamin B2 content, EC_{50} and CUPRAC antioxidant values, and microbiological properties of the probiotic fermented milk beverages were determined. In addition, consumer tests were also conducted with the beverage samples. As a result, it was determined that the L*, Hue, and Chroma values of the beverage samples ranged between 75.27-88.84, 62.8182.42, and 6.86–11.21, respectively. The average apparent viscosity values of the CF, LF, and KF beverages were found to be 520.33 cP, 707.70 cP, and 668.53 cP, respectively for 30 days storage. The total free amino acid content in the beverage samples increased significantly during storage period, regardless of the seed type used in fermented beverage samples. An interaction effect of storage time and seed type on EC_{50} and CUPRAC antioxidant values of the beverage samples was found significant. In all fermented beverage samples, the counts of L. bulgaricus, S. thermophilus, and L. acidophilus were determined to be 7–8 log CFU g^{-1}, 8–9 log CFU g^{-1}, and 7 log CFU g^{-1}, respectively. According to the consumer test results, the most preferred sample was the KF sample following the CF sample. In the study, it was observed that storage time and physicochemical and sensory properties of the raw materials used in the formulation of dairy products are important process parameters.*

Keywords: Germination, Probiotic beverage, Flaxseed, Quinoa seed, Functional food.

1 Giriş

Tüketicilerin doğal, sağlıklı ve sürdürülebilir gıda tercihleri özellikle insan metabolizmasında farklı fizyolojik etkileri olan gıda ürünlerinin üretilmesine sebep olmaktadır. Söz konusu bu durum fermentasyon ve çimlendirme gibi uzun yıllardır kullanılan üretim tekniklerinin teknolojik açıdan ilerlemesini sağlamaktadır [1]. Çimlendirme prosesi gıda ürünlerinin besinsel ve biyo-fonksiyonel özelliklerinin arttırılmasında uzun yıllardır kullanılan basit ve etkili gıda

*Yazışılan yazar/Corresponding author

işleme tekniklerinden biridir [1]. Çimlendirme prosesinde birçok biyokimyasal ve kimyasal reaksiyon meydana gelmekte ve böylece gıda bileşenlerinin besinsel özellikleri değişmektedir. Çimlendirme işlemi özellikle tahıl tohumları, bakliyat taneleri ve bazı meyve sebze tohumlarına uygulanabilmektedir [1]. Temel olarak çimlendirme işlemi; tane ve tohumların uygun sıcaklık, su ve oksijen koşullarına bıraklıp tanenin embriyosundan filizinin elde edilmesidir [1]-[3]. Çimlenme süresince tohum ve tanelerde antibesinsel bileşiklerin yıkımı (örn: fitik asidin parçalanması), fitokimyasalların salımı (örn: fenoliklerin serbest hale geçmesi), serbest şekerlerin oluşumu, proteinlerden biyoaktif peptitlerin oluşumu ve mineral maddelerin emiliminin artması gibi değişimler meydana gelmektedir [1]. Buna göre; çimlendirilmiş tahıl tanelerinde amino asit, vitamin, polifenol, antioksidanlar, mineral ve biyoaktif peptitlerin çimlenmemiş tohumundan daha fazla miktarda olduğu, buna karşın lektin, galaktosid, tannin ve tripsin inhibitörleri gibi besleyici değeri düşüren bitkisel antibesinsel bileşiklerin ise daha az olduğu birçok çalışmada gözlenmiştir [2]-[5]. Çimlendirilmiş tohum ve bakliyat tanelerinin tüketilmesi ve sindirimi sonucunda hipergliseminin kontrolü, anjiyotensin dönüştürücü (ACE) enzim inhibisyon aktivitesi, antioksidan aktivite de artışı gibi sağlık üzerine birçok pozitif etkinin olabildiği ifade edilmiştir [6]. Literatürde çimlendirilmiş tahılların özellikleri ve bunların çeşitli fermente ürünlerde kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır [7]-[11]. Halihazırda çimlendirilmiş soya fasulyesi, yer fıstığı, bezelye gibi tohumlardan veya bunların unlarında yapılan gıda ürünleri market raflarında bulunmaktadır. Farklı bitkisel türlere ait tohumların (soya, nohut, fasulye, mercimek, acı bakla, bezelye, chia vb.) çimlendirilerek unlarından veya infüzyonlarından yogurt benzeri ürün, fermente probiyotik içecek üretimi, çeşitli peynirlerin bitkisel protein ile katkılandırılması çok yaygın bir uygulamadır [7]-[12].

Konu ile ilgili literatür incelendiğinde; Eker ve Karakaya (2020) yaptıkları bir çalışmada chia tohumlu yoğurt, çimlendirilmiş tohum (mercimek ve nohut) ve filiz içeren yoğurt, hem chia tohumu hem de çimlendirilmiş tohum ve filiz içeren yoğurtları *in vitro* sindirim sonucu genel kompozisyonları, yağ asidi profilleri ve protein profilleri açısından değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda, chia tohumları ile çimlendirilmiş tohum ve filizlerin eklendiği yoğurdun protein ve yağ asidi profillerinin besleyiciliğini arttırdığını tespit etmişlerdir [11]. Yapılan diğer çalışmada çimlendirilmiş amaranth ve karabuğday infüzyonları ve probiyotik kültür (*Lactobacillus rhamnosus* NCDC296 ve *Lactobacillus plantarum* NCDC13) kullanılarak üretilen yogurt benzeri ürünün protein içeriği, diyet lifi, toplam fenol içeriği ve antioksidan aktivite değerlerinin normal yoğurttan daha yüksek olduğu belirlenmiştir [7]. Buna göre; çimlendirilmiş pseudo tahıllardan yapılan yogurt benzeri ürünün diyet lifi içeriği %2.57, toplam fenol içeriği 2.83 mg GAE g^{-1}, DPPH ve ABTS değerleri ise sırasıyla %45.51 ve % 24.08 olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde, 96 sa. boyunca çimlendirilmiş kahverengi pirinçten yapılmış yogurt benzeri ürünün yüksek fenolik, gama-amino bütirik asit, antioksidan aktivite ve ACE enzim inhibisyon değerlerinin sırasıyla 15.2 mg GAE g^{-1}, 1,9 mg 100 g^{-1}, 46.9 µg TE 100 g^{-1} ve %61.5 düzeyinde olduğu belirlenmiştir [12]. Yapılan başka bir çalışmada, çimlendirilmiş kahverengi pirincin yoğurt üretiminde kullanılmasıyla asidifikasyon sürecinin hızlandığı, çimlendirilmiş kahverengi pirinç içeren yoğurtların karbonhidrat içeriğinin arttığı, buna bağlı olarak su tutma kapasitesinin arttığı ve serum ayrılmasının azaldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, kahverengi pirincin ilave miktarının artmasıyla, yoğurtların genel kabul edilebilirlik açısından duyusal skorlarının düştüğü belirlenmiştir [13].

Gunenç ve diğ. (2017) kalitesiz mercimek diye nitelendirilen buruşuk mercimekleri çimlendirerek değerlendirdikleri bir çalışmada; çimlendirilmiş mercimek ilave edilen kefirin toplam fenolik madde miktarının çimlendirilmemiş mercimek ilave edilen kefirden 2 kat daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir [9]. Yapılan diğer bir çalışmada çimlendirilmiş kinoa tohumu ezmesinin, Mısır'da üretilen taze yumuşak peynir çeşidi olan Kareish üretiminde kullanılma potansiyeli araştırılmıştır. Çalışma sonucunda; kinoa ezmesi eklenmiş Kareish peynirinin yağ, toplam protein, diyet lifi içeriği ve kül miktarının önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir [8]. Peynir teknolojisi açısından, kinoa ezmesi ilavesinin peynir üretiminde protein ve yağ kaybını azalttığı ve randımanı yükselttiği saptanmıştır. Chavan ve diğ. (2018) yaptıkları bir çalışmada çimlendirilmiş ve çimlendirilmemiş tahıl ve baklagillerden elde edilen içecek tozlarının soya, badem ve hindistan cevizinden üretilen probiyotik içeceklere ilave ederek probiyotik bakteri olarak sayısındaki artış durumunu araştırmışlardır. Çimlendirilmiş içecek tozlarına sahip olan probiyotik içeceklerin daha fazla *Lactobacillus acidophilus* sayısına sahip olduğu bulunmuştur [14]. Yapılan diğer bir çalışmada çimlendirilmiş nohut ilave edilmiş kefirde, çimlenmiş nohut miktarının artmasıyla birlikte kefirin protein, toplam fenolik madde ve mineral madde içerikleri ile antioksidan kapasite değerinin arttığı, serum ayrılması değeri ve toplam maya sayısında ise önemli bir azalma meydana geldiği belirlenmiştir [15].

Keten (*Linum usitatissimum*) ve kinoa (*Chenopodium quinoa*) tohumları, zengin biyoaktif bileşen içerikleri ve yüksek besin değerleri ile öne çıkmaktadır. Bu nedenle, keten ve kinoanın fermente süt ürünlerinin besinsel açıdan zenginleştirilmesi amacıyla kullanıldığı çalışmaların sayısı giderek artmaktadır. Her iki tohumda bitkisel protein, diyet lifi, omega-3 yağ asitleri, fenolik bileşikler ve mineraller bakımından zengin olmaları nedeniyle, probiyotik süt ürünlerinin besinsel ve fonksiyonel özelliklerine artırma potansiyeline sahip olduğu kabul edilmektedir. Ülkemiz açısından açısından, keten ve kinoa gibi adaptasyon potansiyeli yüksek tohumların kullanımı ve yerel olarak yetiştirilebilmeleri hem yüksek katma değerli süt ürünlerinin geliştirilmesine hem de sürdürülebilir tarım ve gıda çeşitliliğine katkı sağlayabilir [16],[17]. Nitekim; kinoaya dikkat çekmek amacıyla Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü tarafından 2013 yılı "Uluslararası Kinoa Yılı" olarak belirlenmiştir [18]. Bu çalışmada son yıllarda besinsel değerleri ön plana çıkan çimlendirilmiş tahılların probiyotik fermente süt içeceği üretiminde kullanım olanaklarının araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla; çimlendirilmiş kinoa ve keten tohumları ile zenginleştirilmiş probiyotik fermente süt içeceği formülasyonları geliştirilmiştir. Geliştirilen probiyotik süt içeceklerinin bazı fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve biyoaktif özelliklerindeki değişimler 30 gün depolama süresince izlenmiştir. Çalışmada, hem probiyotik kültürlerin hem de çimlendirilmiş tahılların kullanılması literatürdeki benzer çalışmalardan farklılık gösterdiği düşünülmektedir.

2 Materyal ve yöntem

2.1 Materyal

Çalışmada kullanılan kinoa (Peru, Yayla Gurme) ve keten tohumları (Çin, Yayla Gurme) (Yayla Agro Gıda San. ve Tic. A.Ş.)

İzmir'de faaliyet gösteren aktar ve marketten temin edilmiştir. Çiğ inek sütü Uşak ili Koyunbeyli Köyü'nde bulunan bir süt üreticisinden, yağsız süt tozu Uşak Süt A.Ş. firmasından temin edilmiştir. Fermentasyonda karışım haldeki *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus acidophilus* starter kültürleri (Büyüyo Probiyotik Yoğurt Mayası. Danem Süt ve Süt Ürünleri Amb. Gıda Eğt. Dan. San. ve Tic. Ltd. Şti., Isparta) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan kimyasallar ve standart maddeler analitik/kromatografik saflıkta olup Merck (Darmstadt. Almanya) ve Sigma (St. Louis. MO. ABD)'dan temin edilmiştir.

2.2 Yöntem

2.2.1 Kinoa ve keten tohumlarının çimlendirilmesi

Çalışmada kullanılan keten ve kinoa tohumu farklı yöntemlerle çimlendirilmiştir. Çimlendirmek için öncelikle kinoa tohumları (~300g) çeşme suyunda yıkanmıştır. Yıkanan kinoalar 1 L'lik kavanozda doldurularak oda sıcaklığında (25 °C) 6 sa. suda bekletilmiştir. Daha sonra kinoalar süzgece alınıp tekrar iyice yıkanmıştır. Yıkanan kinoalar tekrar kavanoza alınıp ağzı tülbent ile kapatılmıştır. Fazla olan suyun süzülmesi için kavanoz tülbent ile ağzı kapalı olarak baş aşağı şekilde oda sıcaklığında (25 °C) plastik süzgece koyulmuştur. Bu şekilde 8-10 sa.te bir kinoalar ıslatılmış ve 48 sa. sonunda kinoanın çimlenme işlemi tamamlanmıştır, Şekil 1(a). Keten tohumlarının çimlendirilmesi için kinoa tohumlarına benzer şekilde keten tohumları (~300 g) çeşme suyunda yıkanıp bol su içerisinde 24 sa. bekletilmiştir. Yıkanan keten tohumları nemlendirilmiş peçeteler arasına koyulup oda sıcaklığında (25 °C) çimlenmeye bırakılmıştır, Şekil 1(b). Nemlendirme işlemi içme suyuyla her gün spreyleme şeklinde devam etmiştir. Bu uygulama ile keten tohumları 72 sa. sonunda çimlendirilmesi sağlanmıştır. Çimlenen keten ve kinoa tohumları oda şartlarında (ortalama 25 °C, %40-50 nem, 7 gün) kurutulmuş ve laboratuvarda karıştırıcı mikser (Warnig Blender, 8011 ES, Connecticut, ABD) ile öğütülmüştür. Öğütülen tohumlar plastik poşetlere konularak kullanılıncaya kadar kuru ve serin bir ortamda saklanmıştır.

2.2.2 Fermente süt içeceği üretimi

Fermente içecek üretimleri Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (Tebliğ No: 2022/44) göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. Söz konusu tebliğde; fermente bir süt ürününün süt protein miktarı kütlece en az %2.7, süt yağı miktarı kütlece en fazla %10, titrasyon asitliği (% laktik asit kütlece) en az %0.3, toplam spesifik mikroorganizma en az 10^7 kob g^{-1}, etikette belirtilen toplam ilave mikroorganizma en az 10^7 kob g^{-1} olması gerekmektedir [19]. Fermente içecek üretimleri için öncelikle tülbentten süzülen çiğ süt, protein ve yağ standardizasyonu için %30 oranında içilebilir nitelikte su ile karıştırılmıştır. Daha sonra, süte 20.5 g L^{-1} düzeyinde yağsız süt tozu ilave edilmiş ve karışım ultraturrax (Daihan. HG 15D, Gongwen-Do, Güney Kore) ile homojenize edilmiştir. Homojenize edilen süt 1 L'lik cam kavanozlara bölünmüştür. Kontrol kavanozları dışındaki sütlere ön denemelerle belirlenen miktar olan %2 oranında çimlendirilmiş kinoa ve keten tohumu unları ilave edilmiştir. Kavanozlarda hazırlanan karışımlar 85 °C'deki su banyosunda (GLF, Almanya) 30 dk. süresince pastörize edilerek 42-45 °C aralığına soğutulmuştur. Soğutulan karışımlara bir gece öncesinde aktifleştirilen starter kültürden 20 mL L^{-1}' düzeyinde inoküle edilerek kavanozlar kapalı şekilde iyice karıştırılmıştır. Söz konusu inokülasyon oranı starter kültür temin edilen firmanın önerileri doğrultusunda belirlenmiştir.



(a)



(b)

Şekil 1. Tohum çimlenme aşaması. (a): Kinoa. (b): Keten.

Figure 1. Seed germination stage. (a): Quinoa. (b): Flaxseed.

Daha sonra, süt örnekleri 42 °C'ye ayarlanmış etüvde (Nüve, Ankara) fermantasyona bırakılmıştır. Fermantasyonun sonlandırılması pH kontrolü yapılarak gerçekleştirilmiştir. Fermente içeceklerin pH'sı 4.8'e geldiğinde etüvden çıkarılıp oda sıcaklığında 25-30 dk. bekletilmiştir.

Üretilen fermente içecek örnekleri 4 °C'de 30 gün boyunca depolamaya alınmıştır. Depolamanın 1., 15. ve 30. günlerinde örneklerin fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve bazı biyoaktif özelliklerine ait analizler gerçekleştirilmiştir. Fermente içecek üretimi iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

2.2.3 Fiziksel analizler

2.2.3.1 Görünür viskozite ölçümü

Depolama süresince fermente içeceklerin görünür viskozite değerleri 50 rpm'de RV02 nolu aparat ile Brookfield LVDV-II+PRO marka viskozimetre ile oda sıcaklığında Guneser ve diğ. (2023)'ne göre gerçekleştirilmiştir [20].

2.2.3.2 Serum ayrılması

Depolama süresince fermente içecek örneklerindeki serum ayrılması Koffi ve diğ. (2005) tarafından önerilen metoda göre belirlenmiştir [21].

2.2.3.3 Renk ölçümü

Depolama süresince üretilen fermente içeceklerin L^*, a^* ve b^* renk değerleri Konica Minolta CR-400 (Japonya, Tokyo) renk tayin cihazı ISO-CIE standart (2019)'a göre ölçülmüştür [22]. Örneklerin a^* ve b^* renk değerlerinden *Hue* ve *Chroma* renk değerleri sırasıyla (1) ve (2) eşitliklerine göre hesaplanmıştır.

$$Hue\ (h°) = \arctan(b^*/a^*) \quad (1)$$

$$Chroma\ (C^*) = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (2)$$

2.2.4 Kimyasal analizler

2.2.4.1 Asitlik ve genel bileşen analizleri

Fermente içeceklerin pH, titrasyon asitliği (% laktik asit) ve genel bileşen olarak toplam kuru madde (%) (AOAC, 925.23),

kül (%)(AOAC, 945.46), yağ (%) ve protein (%) (AOAC 991.20) miktarları AOAC [23] ve Bradley ve diğ. (1992)'ne göre belirlenmiştir [24].

2.2.4.2 Toplam serbest amino asit analizi

Fermente içecek örneklerinin toplam serbest amino asit miktarı Shori ve diğ. (2013) tarafından önerilen metoda göre spektrofotometrik olarak yapılmıştır [25]. Söz konusu yöntemde serbest amino asit miktarının belirlenmesi; kuvvetli oksidasyon ajanı olan ninhidrin ile serbest amino asitlerin reaksiyonu sonucu oluşan mavi-mor renkli bileşiğin 507 nm'deki absorbasının ölçülmesiyle gerçekleştirilmektedir. İçecek örneklerindeki toplam serbest amino asit miktarı lösin standart eğrisi (0-0.3 mg mL^{-1}) kullanılarak hesaplanmıştır.

2.2.4.3 B2 (riboflavin) vitamin analizi

Vitamin B2, süt ve süt ürünlerinde serbest halde bulunan en önemli suda çözünen vitaminlerden biridir. Kinoada vitamin B2 açısından zengin bir pseudo-tahıl olarak kabul edilmektedir. Bu çerçevede, fermente süt içeceğinin çimlendirilmiş kinoa ve keten tohumu ile zenginleştirilmesiyle riboflavin miktarında önemli bir artışın olup olmadığını belirlemek amacıyla vitamin B2 analizleri yüksek basınç sıvı kromatografisiyle (HPLC) gerçekleştirilmiştir. Vitamin B2 (riboflavin)'nin ekstraksiyonu Muñoz ve diğ. (1994) tarafından önerilen metot modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir [26]. Vitamin için HPLC koşulları; Mobil faz: asetik asit-su (1.5 mL asetik 1 L^{-1} su): metanol; 60:40(v/v), Akış hızı: isokratik olacak şekilde 0.6 mL dak^{-1}., Kolon: Agilent Poroshell 120 EC-C18, Kolon sıcaklığı: 30°C, Detektör okuma: Floresans detektör (FLD), excitation: 422nm; emission 522nm. Enjeksiyon hacmi: 20 µL şeklindedir [27].

2.2.4.4 Antioksidan aktivite tayini

Fermente içecek örneklerinin antioksidan aktivitelerini belirlemek için iki farklı metot kullanılmıştır. CUPRAC (Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasite) metodu Apak ve diğ. (2004)'nin önerdiği metoda göre gerçekleştirilmiştir [28]. DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) yöntemi ile Benvenuti ve diğ. (2004)'nin önerdiği yönteme göre gerçekleştirilmiştir [29]. DPPH yönteminde elde edilen veriler EC_{50} (EC_{50} değeri DPPH radikalinde %50 inhibisyon sağlayan konsantrasyon) değeri olarak verilirken CUPRAC metodunda mg Trolox mL^{-1} şeklindedir.

2.2.5 Mikrobiyolojik analizler

Fermente içecekler ve çimlendirilerek toz haline getirilen kinoa ve keten tohumu örneklerinde mikrobiyolojik analizleri %0.85 NaCl içeren steril fizyolojik çözelti ile farklı dilüsyonlar hazırlanarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 10 g örnek 90 mL fizyolojik tuzlu suya aseptik koşullar altında karıştırılmış ve bu örnek solüsyonundan desimal seyreltme sıvıları hazırlanmıştır. Hazırlanan dilusyonlar ilgili petriye aktarılarak mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir [30].

2.2.5.1 Laktik asit bakterilerinin sayımı

Fermente içecek örneklerinde *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* bakterilerinin sayısının belirlenmesi dökme plak yöntemine göre yapılmıştır. *Lactobacillus* spp. sayısı çift tabaka DeMan Rogosa Sharpe (MRS) agar (Merck, Darmstadt, Almanya), *Streptococcus* spp. sayısı ise M17 (Merck, Darmstadt, Almanya) agarda belirlenmiştir. MRS agarlı petriler anaerobik şartlarda 37 °C'de 48 sa., M17 agarlı petriler ise 37 °C'de 48 süre ile inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda gelişen koloniler sayılarak log kob mL^{-1} fermente içecek olarak ifade edilmiştir [31].

2.2.5.2 Probiyotik bakterilerin sayımı

Fermente içecek örneklerinde *Lactobacillus acidophilus*'un sayımı DeMan Rogosa Sharpe (MRS)-Sorbitol Agar'da gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla MRS Agar'a (Merck, Darmstadt, Almanya filtre edilerek steril edilmiş %10'luk sorbitol solüsyonu son sorbitol konsantrasyonu %1 olacak şekilde ilave edilmiştir (90 mL MRS+10 mL %10'luk sorbitol çözeltisi). Bu şekilde hazırlanan MRS Agar'a örnek ekimleri yapılmış ve petriler 37 °C'de 72 sa. anaerobik koşullarda inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda gelişen koloniler sayılarak log kob mL^{-1} fermente içecek olarak ifade edilmiştir [32].

2.2.5.3 Toplam maya-küf sayımı

Fermente içecek örnekleri ve çimlendirilerek toz haline getirilen kinoa ve keten tohumu örneklerinde toplam maya-küf sayımı için Dichloran Rose Bengal Chloramphenical (DRBC) Agar (Merck, Darmstadt, Almanya) kullanılmıştır. Toplam maya-küf sayımı dökme plak yöntemiyle gerçekleştirilmiş olup örneklerden ekim yapılan DRBC petriler 25 °C'de 3-5 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonu gelişen koloniler log kob g^{-1} fermente içecek olarak ifade edilmiştir [33].

2.2.6 Duyusal analizler

Fermente içecek örneklerinin beğeni derecelerini belirlemek amacıyla depolamanın 1. gününde örneklere tüketici testi uygulanmıştır. Tüketici testlerinde fermente içecek örneklerinin görünüş, kıvam, tat-koku ve genel beğeni değerlendirmesi panelistler tarafından gerçekleştirilmiştir [34]. Tüketici testlerinde fermente içecek örnekleri 25-30 mL panelistlere sunlmuştur. Örnekler rastgele olarak 3 basamaklı kodlanmış şeffaf plastik bardaklarda sunulmuştur. Panelistler, fermente içecek örneklerini 9 puanlık hedonik skalaya göre değerlendirmişlerdir. Tüketici testine Uşak Üniversitesinde okuyan öğrenciler ve çalışan personellerden 27 kişi katılmıştır. Örneklerin genel beğeni değerlendirmesi sıralama testi ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla panelistlerden içecek örneklerini en çok beğendiğinden (1. sıra) en az bendiğine (3. sıra) doğru sıralaması istenmiştir.

2.2.7 İstatistiksel analizler

Fermente içeceklerin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine depolama süresi, tohum çeşidi ve depolama süresi x tohum çeşidi interaksiyon-birlikte etkisinin belirlenmesi için çalışmada elde edilen verilere iki yönlü *Varyans Analizi* uygulanmıştır. Fermente içecek örnekleri arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi'nden yararlanılmıştır [35]. Varyans analizinin ön şartlarını taşımayan verilere varyans analizinin parametrik olmayan karşılığı olan Kruskal Wallis ve Dunn testleri uygulanmıştır. Söz konusu istatistiksel analizlerin uygulanmasında Minitab 16.1 (Minitab Inc., State College PA., ABD) ve NCSS 2007 (07.1.21. Utah, ABD) paket programları kullanılmıştır. Verilerin grafiksel gösteriminin oluşturulması için GraphPad Prism 9 Software (free trial version. GraphPad Sofware, LLC, San Diego, California ABD) yararlanılmıştır.

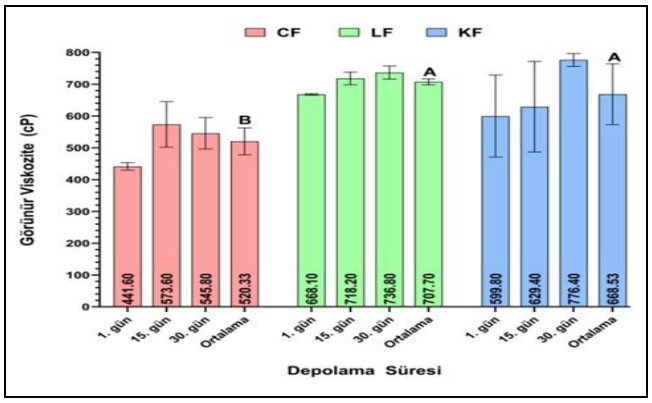
3 Bulgular ve tartışma

3.1 Fiziksel özellikler

Probiyotik fermente süt içeceği örneklerinin depolama süresince görünür viskozite değerleri Şekil 2'de gösterilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, görünür viskozite değerleri üzerine ilave edilen çimlenmiş tohum çeşidi etkisinin önemli olduğu ($P<0.05$), ancak depolama süresi ve depolama süresi x

tohum çeşidi birlikte (interaksiyon) etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir (P>0.05). Buna göre, LF ve ve KF örnekleri CF örneğine göre daha yüksek görünür viskozite değerlerine sahip oldukları belirlenmiştir. Diğer taraftan, LF ve KF örneklerinin viskozite değerlerinin birbirine benzer olduğu tespit edilmiştir.

CF, LF ve KF örneklerinin 30 günlük depolama süresince ortalama görünür viskozite değerleri sırasıyla 520.33 cP; 707.70 cP ve 668.53 cP olduğu belirlenmiştir. CF ile diğer içecek örneklerinin görünür viskozite değerleri arasında oluşan önemli farklılıkların çimlenmiş pesudo-tahılların gıda matrikslerindeki dokusal özelliklerden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 2. Probiyotik fermente süt içeceklerinin görünür viskozite değerlerindeki değişim. ($^{A-B}$Farklı büyük harflerle gösterilen fermente içeceklere ait ortalama değerler arasındaki fark önemlidir. P<0.05) CF: sade probiyotik fermente süt içeceği, LF: çimlenmiş keten tohum ilaveli probiyotik fermente süt içeceği, KF: çimlenmiş kinoa ilaveli probiyotik fermente süt içeceği.

Figure 2. Changes in apparent viscosity values of the probiotic fermented milk beverages. ($^{A–B}$ Means followed by different uppercase letters represent significant differences for the average values in each beverage sample, P<0.05) CF: plain probiotic fermented milk drink, LF: probiotic fermented milk drink with added sprouted flaxseed, KF: probiotic fermented milk drink with added sprouted quinoa.

Polisakkaritler; jelleşme ve suyu tutma özellikleri nedeniyle endüstriyel üretimde pek çok alanda yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Düşük konsantrasyonlarda dahi viskozitesi yüksek çözeltiler oluşturma en önemli özelliklerindendir. Nitekim, özellikle pseudo-tahılların yüksek miktarda çeşitli polisakkaritleri içerdikleri ve söz konusu bu polisakkaritlerin viskoziteyi doğrudan etkilediği bildirilmektedir [36], [37].

İçecek örneklerinde depolama boyunca meydana gelen serum ayrılmasına ait değişimler Tablo 1'de verilmiştir. Tüm içecek örneklerinde depolamanın 15. gününden itibaren serum ayrılması değerlerinde önemli bir değişim saptanmamıştır. Depolama süresince serum ayrılmalarında en az değişimin LF örneğinde olduğu belirlenmiştir (Tablo 1). Suda çözünür bir polisakkarit olan musilaj, akışkanlığı arttırarak jel kıvamı oluşturabilmektedir. Elboutachfaiti ve diğ. (2017), keten tohumu musilajının yoğurt üretiminde sinerezi azaltarak yoğurtta dokusal iyileşmede olumlu etkisinin olduğunu belirtmişlerdir [38]. Serum ayrılmasının en az çimlenmiş keten tohumu ilaveli fermente içecekte tespitinin nedeni keten tohumunun kuru ağırlığının %8'ini musilajdan oluşmasıyla açıklanabilir [39].

Tablo 1. Probiyotik fermente süt içeceklerinin serum ayrılması değerlerindeki değişimler.

Table 1. Changes in serum seperation values of the probiotic fermented milk beverages.

Fermente İçecek Örnekleri	Serum ayrılması (% v/v) (Ortalama±SH)		
	Depolama Süresi (Gün)		
	1	15	30
CF	3.52±0.6	4.44±1.41	4.44±1.41
LF	-	2.22±0.01	2.22±0.01
KF	-	5.19±0.47	5.19±0.47

SH: Standard hata. -: belirlenmedi. CF: sade probiyotik fermente süt içeceği, LF: Çimlenmiş keten tohum ilaveli probiyotik fermente süt içeceği, KF: çimlenmiş kinoa ilaveli probiyotik fermente süt içeceği.

Probiyotik fermente süt içeceklerinin depolama süresince bazı renk değerlerinde oluşan değişimler Tablo 2'te verilmiştir. İçecek örneklerinin renk değişimleri incelendiğinde depolama süresince L^* değerlerinin 75.27-88.84; *Hue* değerlerinin 62.81-82.42; *Chroma* değerlerinin 6.86-11.21 arasında değişimler gösterdiği görülmektedir.

Yapılan varyans analizi sonucunda içecek örneklerinin L^* ve *Hue* renk değerleri üzerine ilave edilen çimlendirilmiş tohum çeşidi ve depolama süresi etkisinin ayrı ayrı önemli olduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$). *Chroma* renk değeri üzerine ise sadece tohum çeşidi etkisi önemli olduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$). En yüksek L^* değerine CF örneğinin, en düşük L^* değerine LF örneğinin sahip olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan, içecek çeşidinden bağımsız olarak örneklerin 1. ve 30. gün L^* değerlerinin birbirine benzer olduğu. 15. gün L^* değerlerinde ise en düşük değerler belirlenmiştir. LF ve KF örneklerinin *Hue* ve *Chroma* değerlerinin CF içecekten daha yüksek olduğu olduğu belirlenmiştir. İçecek örneklerinin *Hue* değerlerinde, en yüksek 82.42 değeri ile LF örneğinde, en düşük 62.81 değeri ile CF örneğinde olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, en yüksek *Chroma* değerine LF örneğinin (11.21), en düşük *Chroma* değerine (6.86) ise CF örneğinin sahip olduğu saptanmıştır. İçecek çeşidinden bağımsız olarak en düşük *Hue* değerlerinin 15. depolama gününde belirlenmiş olup 1. ve 30. depolama günlerinde *Hue* değerlerinde önemli farklılığın olmadığı belirlenmiştir. Söz konusu durumun depolamanın farklı günlerinde alınan tahıl ilaveli fermente içecek örneklerindeki öğütülmüş tahıl parçacıklarının askıda kalma farklılığı ve homojenitesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Tablo 3). Çimlendirilmiş tahılların unlarının farklı renk özelliklerine sahip olmasında bu bu duruma neden olabilir. Ayrıca süte yapılan işlemlerde içeceklerin renk özelliklerini etkileyebilmektedir [40]. Süte uygulanan işlemler genel olarak L^* değerlerinde düşük miktarlarda bir artışa neden olmaktadır.

UHT ve pastörizasyon gibi ısısal işlemler, protein denatürasyonuna; protein denatürasyonu da proteinlerdeki bileşenlerin etkileşimlerine neden olmaktadır [40]. Milanovic ve diğ. (2020) fermente süt ürünlerini değerlendirmesi yaptıkları bir çalışmada; keçi sütünden yapılan kefir ile manda sütünden yapılan kefirinin L^* renk değerlerinin sırasıyla 66.9-93 aralığında; inek sütünden elde edilen sade yoğurdun kırmızılık açısından değerlerinin ortalama -3.8, meyveli yoğurdun değerlerinin ise ortalama 6.0 aralığında olduğunu belirtmişlerdir. Sarılık açısından değerlendirildiğinde ise inek sütünden yapılan meyveli yoğurdun ortalama b^* renk değeri 0.3, set tipi yoğurdun ise ortalama 11.2 tespit edilmiştir [41]. Araştırmacılar, bu renk değerleri farklılıklarını jel opaklık farklılıklarıyla uyumlu bulmuşlardır.

Tablo 2. Probiyotik fermente süt içeceklerinin renk değerlerindeki değişimler.

Table 2. Changes in color values of the probiotic fermented milk beverages.

Fermente İçecek Örnekleri	*L** değeri (Ortalama±SH)				
	Depolama Süresi (Gün)				
	1	15	30	Ortalama	*P* değeri
CF	88.84±0.17	84.20±0.18	87.25±0.48	86.76±0.60^{A}	
LF	77.48±1.07	75.27±0.39	77.94±0.47	76.89±0.51^{C}	
KF	86.40±0.42	81.83±0.43	85.67±0.11	84.63±0.63^{B}	0.01
Ortalama	84.24±1.51^{a}	80.43±1.15^{b}	83.62±1.24^{a}		
P değeri		0.01			
Fermente İçecek Örnekleri	*Hue* değeri (Ortalama±SH)				
	Depolama Süresi (Gün)				
	1	15	30	Ortalama	*P* değeri
CF	65.32±0.27	62.81±0.20	64.65±0.21	64.26±0.34^{C}	
LF	82.04±1.34	80.90±0.39	82.42±0.43	81.79±0.33^{A}	0.01
KF	73.97±1.24	72.88±1.07	74.89±0.25	73.91±0.56^{B}	
Ortalama	73.78±2.10^{a}	72.20±2.26^{b}	73.99±2.20^{a}		
P değeri		0.01			
Fermente İçecek Örnekleri	*Chroma* değeri (Ortalama±SH)				
	Depolama Süresi (Gün)				
	1	15	30	Ortalama	*P* değeri
CF	7.73±0.10	6.86±0.07	7.39±0.13	7.32±0.12^{C}	
LF	10.13±0.90	9.93±0.20	11.21±0.21	10.42±0.33^{A}	
KF	8.65±0.53	8.30±0.42	8.82±0.09	8.59±0.21^{B}	0.01
Ortalama	8.83±0.43	8.36±0.40	9.13±0.48		
P değeri		0.07			

SH: Standart hata. CF: Sade probiyotik fermente süt içeceği, LF: çimlenmiş keten tohum ilaveli probiyotik fermente süt içeceği, KF: çimlenmiş kinoa ilaveli probiyotik fermente süt içeceği. A-C Her bir özellikte farklı büyük harflerle belirtilen fermente içecek örneklerine ait ortalama değerler arasındaki fark önemlidir (P<0.05). a-c Her bir özellikte farklı küçük harflerle belirtilen depolama sürelerine ait ortalama değerler arasındaki fark önemlidir(P<0.05).

Tablo 3. Probiyotik fermente süt içeceklerine ait genel kompozisyon.

Table 3. Proximal composition of the probiotic fermented milk beverages.

Fermente İçecek Örnekleri	Kimyasal Özellik (Ortalama±SH)			
	Kurumadde (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Kül (%)
CF	11.27±0.08	2.38±0.33	5.23±0.02	0.71±0.01
LF	12.68±0.04	3.0±0.10	5.91±0.01	0.76±0.01
KF	11.68±0.64	3.12±0.24	5.22±0.45	0.73±0.01
P değeri	0.199	0.221	0.252	0.260

SH: Standart hata. CF: Sade probiyotik fermente süt içeceği, LF: Çimlenmiş keten tohum ilaveli probiyotik fermente süt içeceği, KF: Çimlenmiş kinoa ilaveli probiyotik fermente süt içeceği.

Vogado ve diğ. (2018) yaptıkları çalışmada, farklı miktarlarda yeşil muz posası (%3, %6 ve %9) ile zenginleştirilmiş ve sade probiyotik fermente süt içeceklerinde depolama süresince *Hue ve Chroma* değerlerindeki değişimleri belirlemişlerdir. Depolamanın başlangıcında yeşil muz posas içermeyen fermente sütün Hue değerinin diğer örneklerden daha yüksek olduğunu belirlenmiştir. Depolama sonunda sade probiyotik fer fermente süt içeceğinin Hue değerinde anlamlı bir artış saptamışlardır. Chroma değerleri açısından değerlendirdiklerinde, en yüksek değer artışının %9 yeşil muz posası içeren içecekte olduğu bulunmuştur [42].

3.2 Genel kompozisyon

Çalışmada üretilen CF, LF ve KF içecek örneklerine ait genel bileşim analiz sonuçları Tablo 3'te belirtilmiştir. Fermente İçecek örnekleri arasında kurumadde içeriği %11.27–12.68 aralığında değişmiş olup, kuru madde açısından fermente içecek örnekleri arasında istatiksel olarak önemli bir fark saptanmamıştır (P>0.05). Bu durum, ilave edilen çimlendirilmiş tahılların toplam kuru madde miktarı üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığını göstermektedir. İçecek örnekleri yağ içeriği açısından değerlendirildiğinde, KF örneğinin (%3.12) diğer örneklere kıyasla nispeten daha yüksek bir yağ oranına sahip olduğu görülmektedir. Ancak, örneklerin protein, yağ ve kül içerikleri arasında da istatiksel olarak önemli farklılıklar bulunmamıştır. İçecek örneklerinin protein ve kül içerikleri ise sırasıyla %5.22–5.91 ve %0.71–0.76 aralığında arasında değiştiği saptanmıştır. Konu ile ilgili literatür ncelendiğinde farklı tahıllarla zenginleştirilmiş fermente süt ürünleri için bildirilen genel komposizyon değerleri birçok faktöre göre değişiklik göstermektedir. Al-Anazi ve diğ. (2022), kırmızı kinoa ile farklı oranlarda (%1–4) zenginleştirilmiş fermente deve sütü örneklerinin kuru madde, yağ ve kül içeriklerinin bu çalışmada elde edilen değerlerden daha yüksek olduğunu, protein içeriğinin ise benzer düzeyde olduğunu belirlemişlerdir [43]. Buna göre, ilave edilen kinoa oranına bağlı olarak fermente deve sütü örneklerinin kuru madde içerikleri %14.60-%7.98, protein içerikleri %5.02-5.44, yağ içerikleri %4.04-%4.38 ve kül içerikleri %0.96-1.14 arasında değiştiği belirlenmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada farklı oranlarda kinoa unu (%0.1-0.4) ilave edilmiş ayran örneklerinin kuru madde, protein ve yağ içeriklerinin bu çalışmada elde edilen değerlerden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Kinoa unu ilave edilen ayran örneklerinin kuru madde, protein veya yağ içeriklerinin sırasıyla %6.66-%7.04;

%2.06-2.39 ve %1.17-1.25 aralığında değiştiği belirlenmiştir [44].

3.3 Kimyasal özellikler

Probiyotik fermente süt içeceklerinin depolama süresince pH ve toplam asitlik değerleri Tablo 4'te verilmiştir. Tablo 4 incelendiğinde, içecek örneklerinin pH değerlerinin 4.13-4.48 pH arasında, toplam asitlik miktarlarının ise (% laktik asit) ise %0.71-%0.86 aralığında değiştiği görülmektedir. Yapılan varyans analizi sonucunda, ilave edilen çimlendirilmiş tohum çeşidinin ve depolama süresinin pH değerine etkilerinin ayrı ayrı önemli olduğu (P<0.05), toplam asitlik değerine ise sadece depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur (P<0.05). En düşük pH değeri KF örneklerinde gözlemlenirken, CF ve LF örneklerinin pH değerlerinde önemli bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir. İçecek örneklerinin toplam asitlik değerleri incelendiğinde ise her üç içeceğin asitlik değerleri arasında farklılığın önemli bir olmadığı belirlenmiştir.

30 günlük depolama süresince örneklerin ortalama pH değerinin 4.38 pH'dan 4.19 pH'ya önemli düzeyde düşüş gösterdiği, pH ile ilişkili olarak toplam asitlik değerinin ise %0.77'den %0.83'e yükseldiği belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen bulgular literatür ile kıyaslandığında içecek örneklerinin pH ve toplam asitlik değerleri diğer geleneksel fermente süt içecekleri ile benzerlik göstermektedir [45]-[48]. Farklı oranlarda kinoa unu eklenmiş probiyotik fermente süt örneklerinin +4 °C'de 28 gün depolama süresince pH değerlerinin 4.25-4.59 arasında toplam asitlik değerlerinin ise 0.82-1.14 g 100 g^{-1} arasında değiştiği bildirilmiştir [47]. Yapılan diğer çalışmada keten tohumu küspesi ve keten tohum yağı eklemenin probiyotik fermente süt üretimde kulalnılma potansiyeli araştırılmıştır. Çalışmada, süte % 0.6 oranında keten tohum küspesi eklenmesinin probiyotik *L. acidophilus* mikrobiyel gelişimne etki etmdiği belirlenmiştir. Keten tohum küspesiyle üretilmiş fermente sütlerin 5 °C'de 30 gün depolama süresince pH değerlerinde önemli bir değişimn olmadığı belirlenmiştir [48]. Buna karşın; %1 oranında öğütülmüş veya öğütülmeden keten tohumu ile katkılandırılmış yogurt örneklerinin 5 °C'de 21 gün depolaması süresince pH değerlerinde önemli değişimin olduğu belirlenmiştir. Buna göre; fermentasyon önceki öğütülmüş keten tohum katkılandırılmış yogurt örneği pH değerinin 4.49'dan 4.22'ye önemli bir düşüş meydana geldiği gözlenmiştir [45]. Azizkhani ve diğ. (2021) inek, koyun, keçi ve deve sütlerinden probiyotik yoğurt ve kefir üreterek +4°C'de 20 günlük depolama sonucunda örneklerdeki pH değişimleri ve titrasyon asitlik değerlerini incelemişlerdir [49]. Probiyotik yoğurt ve kefir örneklerinin fermantasyonun başlangıç aşamasında pH değerleri 6.08-6.55 aralığında saptanmıştır. Depolamanın son gününde deve ve keçi sütlerinden üretilen kefirlerin pH değerleri sırasıyla 3.25 ve 3.65 değerlerine düşerken; inek ve koyun sütlerinden üretilen kefirlerin pH değerleri 4.19 ve 4.02 değerlerinde belirlenmiştir. Depolama sonunda ürün çeşidinden bağımsız olarak probiyotik yoğurtların pH değerleri 4.60 ile 4.69 aralığında tespit edilmiştir. Keçi sütünden üretilen kefirin titrasyon asitliğinin diğer örneklerden daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir [49]. Doğrudan tahıl unlarından hazırlanmış içeceklerde, probiyotik bakteri metabolizması sonucunda ürünlerde meydana gelen asitlik değişimlerini inceleyen çalışmalar değerlendirildiğinde, Alemneh ve diğ. (2022) tef unu ile *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Lacticaseibacillus rhamnosus* kullanarak hazırladıkları fermente içeceğin, 25 günlük 4–6 °C'de depolama süresi boyunca pH ve toplam asitlik değerlerinin sırasıyla pH 3.51-3,79 ve 2,25-1,50 g L^{-1} düzeyinde değişim gösterdiğini belirlemişlerdir [50]. Russo ve diğ. (2017) ise, yulaf bazlı substrata *L. plantarum ile* gerçekleştirilen 24 sa.'lik fermentasyon sonucunda 25 g L^{-1} düzeyinde laktik asit oluşumu gerçekleştiğini belirlemişlerdir [51]. Her iki çalışmada elde edilen asitlik değerlerinin bu çalışmada elde deilen değerlere kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. Söz konusu durumun kullanılan tahıl bazlı substratların karbonhidrat kompozisyonu, fermantasyon süresi, başlangıç pH değeri ve mikroorganizma türlerinin metabolik aktivite düzeylerindeki farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Probiyotik fermente süt içeceklerinin depolama süresince toplam serbest amino asit miktarları Tablo 5'te verilmiştir. Yapılan varyans analiz sonucunda fermente içecek örneklerinin toplam serbest amino asit miktarına ilave edilen çimlendirilmiş tohum çeşidi ve depolama süresi etkisinin ayrı ayrı önemli olduğu belirlenmiştir (P<0.05).

Tablo 4. Probiyotik fermente süt içeceklerinde pH ve asitlik (% laktik asit) değişimi.

Table 4. Changes in pH and total aciditiy (lactic acid %) of the probiotic fermented beverages.

Fermente İçecek	pH (Ortalama±SH)				
	Depolama Süresi (Gün)				
	1	15	30	Ortalama	*P değeri*
CF	4.48±0.07	4.18±0.01	4.22±0.02	4.30±0.06^{A}	
LF	4.41±0.01	4.17±0.01	4.18±0.02	4.25±0.05^{A}	
KF	4.25±0.04	4.13±0.03	4.17±0.01	4.17±0.02^{B}	0.04
Ortalama	4.38±0.05^{a}	4.16±0.01^{b}	4.19±0.01^{b}		
P değeri		0.0.1			
Fermente İçecek	Asitlik (% laktik asit) (Ortalama±SH)				
	Depolama Süresi (Gün)				
	1	15	30	Ortalama	*P değeri*
CF	0.71±0.03	0.85±0.01	0.84±0.01	0.80±0.02	
LF	0.82±0.01	0.86±0.04	0.82±0.01	0.83±0.01	
KF	0.79±0.04	0.81±0.02	0.83±0.02	0.81±0.01	0.46
Ortalama	0.77±0.02^{b}	0.84±0.01^{a}	0.83±0.01^{ab}		
P değeri		0.03			

SH: Standart hata. CF: Sade probiyotik fermente süt içeceği, LF: çimlenmiş keten tohum ilaveli probiyotik fermente süt içeceği, KF: Çimlenmiş kinoa ilaveli probiyotik fermente süt içeceği. ^{A,B} Her bir özellikte farklı büyük harflerle belirtilen fermente içecek örneklerine ait ortalama değerler arasındaki fark önemlidir (P<0.05). $^{a-b}$Her bir özellikte farklı küçük harflerle belirtilen depolama sürelerine ait ortalama değerler arasındaki fark önemlidir (P<0.05).

Tablo 5. Probiyotik fermente süt içeceklerinin toplam serbest amino asit içeriğindeki değişimler.

Table 5. Changes in the total free amino acid content of the fermented milk beverages.

Fermente İçecek	Toplam Serbest Amino Asit (mg Lösin 100 g^{-1} örnek) (Ortalama±SH)				
	Depolama Süresi (Gün)				
	1	15	30	Ortalama	*P değeri*
CF	23.39±3.06	21.89±0.61	28.78±0.104	24.69±1.30^{B}	
LF	35.99±0.05	37.97±1.88	38.14±1.97	37.36±0.87^{A}	
KF	19.91±0.71	23.04±0.22	28.75±2.27	23.90±1.32^{B}	0.01
Ortalama	26.43±2.29^{b}	27.63±2.29^{b}	31.89±1.61^{a}		
P değeri		0.01			

SH: Standart hata. CF: Sade probiyotik fermente süt içeceği, LF: çimlenmiş keten tohum ilaveli probiyotik fermente süt içeceği, KF: Çimlenmiş kinoa ilaveli probiyotik fermente süt içeceği. $^{A-B}$Farklı büyük harflerle belirtilen fermente içecek örneklerine ait ortalama değerler arasındaki fark önemlidir (P<0.05). $^{a-b}$Her bir özellikte farklı küçük harflerle belirtilen depolama sürelerine ait ortalam değerler arasındaki arasındaki fark önemlidir(P<0.05).

CF ve KF örneklerinin serbest amino asit miktarlarının birbirine benzer olduğu ve her iki içecek örneğinin toplam serbest amino asit miktarının LF örneğinden önemli düzeyde düşük olduğu belirlenmiştir. LF örneğinin serbest amino asit içeriğinin yüksek olması keten ve cia proteinlerinin fermentasyon esnasında hidrolize olma derecelerinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir [52]. Depolama süresince CF, LF ve KF örneklerinin toplam serbest amino asit miktarı sırasıyla 24.69, 37.36 ve 23.90 mg lösin 100g^{-1} örnek olarak belirlenmiştir. Fermente içecek örneklerinde kullanılan tohum çeşidinden bağımsız olarak depolama süresince toplam serbest amino asit miktarının önemli düzeyde artış gösterdiği tespit edilmiştir. Fermente içecek örneklerinin toplam serbest amino asit içeriği ortalama 26.43 mg lösin 100g^{-1} değerinden 31.89 mg lösin 100g^{-1} değerine yükselmiştir. Söz konusu durumun içeceklerde depolama süresince mikrobiyel faaliyet ile ilişkili olarak proteoliz reaksiyonunun devam ettiğinin önemli bir göstergesi olduğu söylenebilir [53].

Nitekim, fermente süt ürünlerinde fermentasyon aşamasında proteoliz reaksiyonunun yüksek düzeyde olduğu ve proteoliz sonucu oluşan serbest amino asitlerin ise mikroorganizmalar tarafından depolama süresince mikrobiyel faaliyetlerin sürdürmek amacıyla kullandıkları bilinmektedir.

Buna göre; Liang ve diğ. (2024) yaptıkları bir çalışmada, *L. plantarum*, *L. rhamnosus* ve *L. acidophilus* suşları içeren fermente sütlerin +4 °C'de 28 gün depolama süresince proteoliz düzeylerini incelemişlerdir. Çalışmada, her üç probiyotik suş ile üretilen fermente süt örneklerinin toplam amino asit içeriğinin fermentasyon süresinde artış gösterdiği, sütlerin depolama süresince ise toplam amino asit içeriğinin önemli düzeyde azalış gösterdiği belirlenmiştir [53]. Buna karşın inek sütü ve *L. acidophilus* LA-5®, *Bifidobacterium lactis* BB-12® ve *S. thermophilus* karışık kültürü kullanılarak üretilen fermente süt örneğinin toplam serbest amino asit içeriğinde +4°C'de 28 gün depolama süresince önemli bir artış olduğu belirlenirken, aynı karşık kültür ve keçi sütü kullanılarak üretilmiş fermente süt örneğinin amino asit içeriğinde 14 gün depolama süresince önemli bir artış ve daha sonra önemli bir azalışın meydana geldiği belirlenmiştir [54].

Antioksidanların serbest radikaller ile etkileşimi farklı reaksiyonlarla gerçekleşebildiği için anlamlı bir antioksidan aktivite belirlemek için birden fazla yöntemle analiz etmek gerekmektedir [55]. Bu nedenle çalışmada içecek örneklerinin antioksidan aktiviteleri CUPRAC ve DPPH olmak üzere iki yöntemle tespit edilmiştir. Depolama süresince CF, LF ve KF örneklerine ait CUPRAC ve DPPH antioksidan aktivite değerlerine ait değişimler Tablo 6'da verilmiştir. Yapılan varyans analiz sonucunda göre, her iki antioksidan değeri üzerine depolama süresi x tohum çeşidi interaksiyon etkisi önemli bulunmuştur (P<0.05). Diğer bir deyişle, içecek örneklerinin hem CUPRAC hem de DPPH değerleri depolama süresince fermente içeceklere ilave edilen çimlenmiş tohum çeşidine bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Tablo 6 incelendiğinde, depolamanın 1. gününde CF ile KF örneklerinin CUPRAC değerleri önemli bir farklılığın olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, LF örneğinin CUPRAC değerinin tüm depolama günlerinde, CF örneğinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Depolama 15. ve 30. günlerinde ise örneklerin CUPRAC değerlerinde önemli farklılıklar belirlenmemiştir. Depolama süresince örneklerin CUPRAC değerleri 71.88-175.36 mg Troloks L^{-1} fermente içecek arasında değiştiği belirlenmiştir.

Depolama süresince içecek örneklerinin EC_{50} değerlerinde bir dalgalanmanın olduğu tespit edilmiştir. Özellikle. KF örneğinde 15. gün sonundaki EC_{50} değerinde diğer örneklere göre önemli düzeyde düşük olduğu gözlenmiştir. Söz konusu durumun, içecekte bulunan ve DPPH radikalini inaktive eden bileşenlerin depolama süresince stabilitesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer taraftan içecek örneklerinin 30 günlük depolama sonunda EC_{50} değerinin 1 gün EC_{50} değerleriyle benzer olduğu tespit edilmiş olup örneklerdeki DPPH radikalini inaktive eden bileşenlerin stabilitelerindeki değişimlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Abd-Alla ve diğ. (2023), çiğ ve çimlendirilmiş arpa unu ile zenginleştirilmiş yoğurt örneklerinin toplam antioksidan aktivite değerleri incelemiştir. Çalışmamızda elde edilen bulgulara benzer şekilde, çimlendirilmiş arpa unu katkılı yoğurt örneklerin antioksidan aktivite değerlerinin sade yoğurtlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir [56]. Çimlendirilmiş arpa unu katkılı yoğurt örneklerinin toplam antioksidan aktivite değerlerinde depolamanın 7. gününe kadar artış, devamında ise bir azalış meydana geldiği gözlenmiştir. Gunenc ve diğ. (2017) tarafından yapılan diğer bir çalışmada çimlendirilmiş buruşuk mercimek zenginleştirilmiş kefirin biyoaktif özellikleri araştırılmıştır. Çimlendirilmiş mercimek ile zenginleştirilmiş kefir örneklerinin toplam asitlik, toplam fenolik, ORAC antioksidan değerlerinin sade kefir örneklerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çimlendirilmiş mercimek ile zenginleştirilmiş kefir örneklerinin 14 günlük fermentasyonu süresince ORAC değerinin önemli düzeyde artış gösterdiği tespit edilmiştir. Söz konusu durumun antioksidan bileşenlerin fermentasyon nedeniyle mercimekte bulunan diyet lifinden serbest kalmasından kaynaklanabileceği ifade edilmiştir [9].

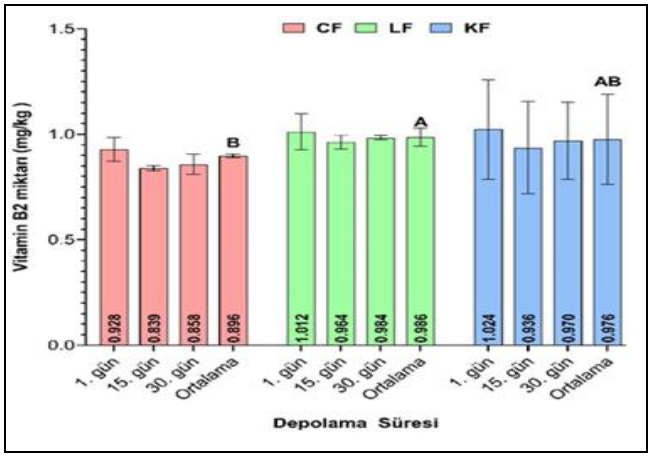
Probiyotik fermente süt içeceklerinin depolama süresince B_2 (riboflavin) miktarları Şekil 3'te verilmiştir.

Tablo 6. Probiyotik fermente içeceklerin antioksidan özelliğindeki değişim.

Table 6. Changes in antioxidant values of the probiotic fermented beverage samples.

Fermente İçecek	CUPRAC (mg Troloks L^{-1} fermente İçecek) (Ortalama±SH)		
	Depolama Süresi (Gün)		
	1	15	30
CF	71.88±1.11^{B,a}	96.88±5.0^{A,a}	96.88±5.0 ^{A,a}
LF	150.77±10^{AB,a}	110.96±0.13 ^{A,a}	118.18±35.13 ^{A,a}
KF	175.36±27.36^{A,a}	118.74±28.19 ^{A,a}	79.52±11.52 ^{A,a}
P değeri	0.03		
Fermente İçecek	DPPH-EC50 (µL fermente İçecek) (Ortalama±SH)		
	Depolama Süresi (Gün)		
	1	15	30
CF	2033.27±101.30^{A,a}	1998.74±515.86^{A,a}	2333.37±65.08^{A,a}
LF	1311.47±89.76^{A,a}	2328.51±156.67^{A,a}	1462.23±80.69^{A,a}
KF	1717.42±67.82^{A,ab}	1016.4±79.80^{B,b}	2411.76±323.51^{A,a}
P değeri	0.01		

SH: Standart hata. CF: Sade probiyotik fermente süt içeceği, LF: çimlenmiş keten tohum ilaveli probiyotik fermente süt içeceği, KF: Çimlenmiş kinoa ilaveli probiyotik fermente süt içeceği. ^{AB}Aynı depolama gününde farklı büyük harflerle belirtilen fermente içeceklere ait ortalama değerler arasında fark önemlidir(P<0.05). ^{ab}Aynı fermente içecek örneğinde farklı küçük harflerle belirtilen depolamalara ait ortalama değerler arasında fark önemlidir(P<0.05).



Şekil 3. Probiyotik fermente süt içeceklerinin B2 vitamini değerlerindeki değişim. CF: sade probiyotik fermente süt içeceği, LF: Çimlenmiş keten tohum ilaveli probiyotik fermente süt içeceği, KF: Çimlenmiş kinoa ilaveli probiyotik fermente süt içeceği. $^{A-B}$ Farklı büyük harflerle belirtilen fermente içeceklere ait ortalama değerler arasındaki fark önemlidir, $P<0.05$.

Figure 3. Changes in vitamin B2 content of the probiotic fermented milk beverages. CF: Plain probiotic fermented milk drink, LF: Probiotic fermented milk drink with added sprouted flaxseed, KF: Probiotic fermented milk drink with added sprouted quinoa. $^{A-B}$ Means followed by different uppercase letters represent significant differences for the average values in each beverage sample, P<0.05.

Yapılan varyans analiz sonucunda, içecek örneklerinin vitamin B2 içeriği üzerine sadece ilave edilen çimlendirilmiş tohum çeşidinin önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir. Buna göre; LF örneğinin vitamin B2 içeriğinin CF örneğinden daha yüksek olduğu ancak KF örneğiyle benzer olduğu tespit edilmiştir. Fermente içecek örneklerinin vitamin B2 içeriklerinin 0.83-1.01 mg kg^{-1} arasında değiştiği belirlenmiştir. Yapılan varyans analiz sonucunda, içecek örneklerinin vitamin B2 içeriği üzerine sadece ilave edilen çimlendirilmiş tohum çeşidinin önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Buna göre; LF örneğinin vitamin B2 içeriğinin CF örneğinden daha yüksek olduğu ancak KF örneğiyle benzer olduğu tespit edilmiştir. Fermente içecek örneklerinin vitamin B2 içeriklerinin 0.83-1.01 mg kg-1 arasında değiştiği belirlenmiştir. Süt ürünlerinde bulunan vitamin B2 konsantrasyonu gıda işleme esnasında kullanılan mikroorganizmaların etkisiyle değişiklik gösterebilmektedir. LeBlanc ve diğ. (2011), fermente ürün çeşitlerinden olan tereyağı (1.7 mg L-1) ve yoğurtta (2.0 mg L-1) bulunan vitamin B2 miktarının fermente edilmemiş süte (1.2 mg L-1) kıyasla daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir [57]. Kumar ve diğ. (2024), laktik asit bakterilerinin besinlerde vitamin miktarını ve biyoyararlılığını arttırdığını, doğru suş ile B2 vitamini yönünden zenginleştirilmiş makarna, ekmek, soya ürünlerin üretilebildiğini belirtmişlerdir. Buna bağlı olarak da yoğurttaki B2 vitamini miktarını arttırabilmek amacıyla B2 vitamini üreten *L. plantarum* MTCC 25432. MTCC 25433 ve MTCC 25434 suşlarını kullanarak yoğurt bazlı fermente süt üretimini gerçekleştirmişlerdir. Yoğurt bazlı fermente süt ürünlerinin analizleri sonucunda sadece yoğurt kültürü (*L. bulgaricus* NCDC 293 ve *S. thermophilus* NCDC 295) ile üretilen kontrol örneğinde vitamin B2 içeriği 1.70 mg L^{-1} saptanmıştır. *L. plantarum* MTCC 25432, MTCC 25433 ve MTCC 25434 suşları ile zenginleştirilen yoğurt bazlı fermente süt örneklerinde vitamin B2 içerikleri sırasıyla 2.49 mg L^{-1}, 2.33 mg L^{-1} ve 2.14 mg L^{-1} olarak tespit edilmiştir [58].

3.4 Mikrobiyolojik özellikler

Şekil 4'te probiyotik fermente süt içeceklerinde depolama süresince *L. bulgaricus* (A) ve *S. thermophilus* (B) ve *L. acidophilus* (C) sayılarındaki değişimler gösterilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, içecek örneklerindeki *L. bulgaricus* (A) ve *S. thermophilus* (B) sayılarına depolama süresi x tohum çeşidi interaksiyon etkisinin önemli olduğu diğer bir deyişle söz konusu bakterilerin sayısının kullanımı tohum çeşidine bağlı olarak depolama süresince önemli bir değişim gösterdiği belirlenmiştir ($P<0.05$). Buna göre LF örneğinde depolamanın 15. gününde, KF örneğinde ise depolamanın 30. gününde *L. bulgaricus* sayısında önemli bir azalma meydana geldiği belirlemiştir. Buna karşın, CF örneğinde *L. bulgaricus* sayısında önemli bir düşüş meydana gelmediği tespit edilmiştir ($P>0.05$).

Depolamanın birinci gününde tüm örneklerin *L. bulgaricus* sayısının benzer olduğu ancak 30 günlük depolama sonunda en yüksek *L. bulgaricus* sayısının CF örneğinde tespit edildiği gözlenmiştir, Şekil 4(c). Fermente içecek örnekleri *S. thermophilus* açısından değerlendirildiğinde, depolama süresince CF örneğinde *S. thermophilus* sayısında önemli bir değişim meydana gelmediği ancak LF örneğinde önemli bir düşüşün meydana geldiği tespit edilmiştir ($P<0.05$). KF örneğinde ise *S. thermophilus* sayısında 15. depolama gününe kadar önemli yükselişin daha sonra ise düşüşün yani bir dalgalanmanın meydana geldiği tespit edilmiştir, Şekil 4(b).

İçecek örneklerinde depolama boyunca incelenen laktik asit bakterilerinin sayısındaki değişimleri diğer bir bakış açısıyla değerlendirilebilir. Buna göre; fermente içeceklerdeki mikroorganizma sayılarında gözlemlenen 1 log düzeyindeki farklılıkların, çoğunlukla ekim, seyreltme ve sayım aşamalarından kaynaklanan analitik hatalardan ileri gelebilmektedir. Bu nednele içecek örnekleri arasındaki belirlenen farklılıkların biyolojik veya teknolojik açıdan gerçek

bir değişimi yansıtmadığı ve analitik ve istatistiksel belirsizlikler ile ilişkilendirilebileceği düşünülmelidir [59].

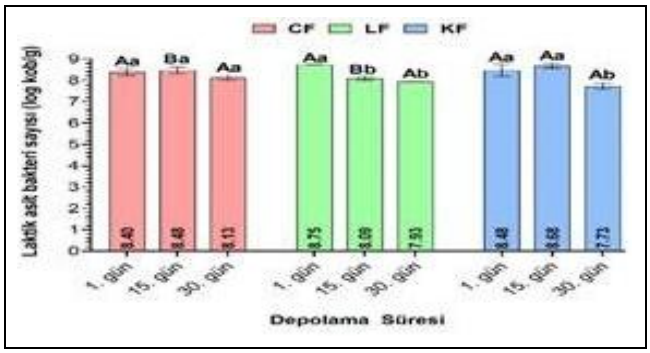
Tüm fermente içecek örneklerinde *L. acidophilus* sayısı depolama süresince 7 log kob g^{-1} düzeyinin üzerinde tespit edilmiştir. Bu durum; fermente içecek örneklerinin probiyotik olma özelliğini koruduğunu göstermektedir. Yapılan varyans analiz sonucunda sadece tohum çeşidinin *L. acidophilus* sayısı üzerine önemli bir etkisi olduğu belirlenmiştir (P<0.05), Şekil 4(c). Depolama süresince CF ile LF örneklerinin KF örneğine göre daha yüksek *L. acidophilus* içeriğine sahip olduğu gözlenmiştir. Fermente içecek örneklerinin depolama süresince sırasıyla ortalama 8.36. 8.16 ve 8.03 log kob g^{-1} *L. acidophilus* içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Probiyotik bakteriler; *L. acidophilus, L. casei* grupları ile bifidobakteriler başta olmak üzere fermente süt ürünlerinde *L. bulgaricus, S. thermophilus* bakterileri birbirlerine çok benzer gereksinimlere sahip yakın özellikli mikroorganizmalardır. Beslenme gereksinimleri de benzer olduğundan mikrobiyolojik üreme kontrolünü sağlayabilmek için çok çeşitli kültürler denenmektedir. Probiyotik besinlerin probiyotik işlevselliği ve bakterinin maruz kaldığı protein, yağ içeriği, karbonhidrat cinsi, asitlik derecesi, katkı maddesi ilave aktif bileşenler gibi çeşitli faktörlerle değişebilmektedir [60].

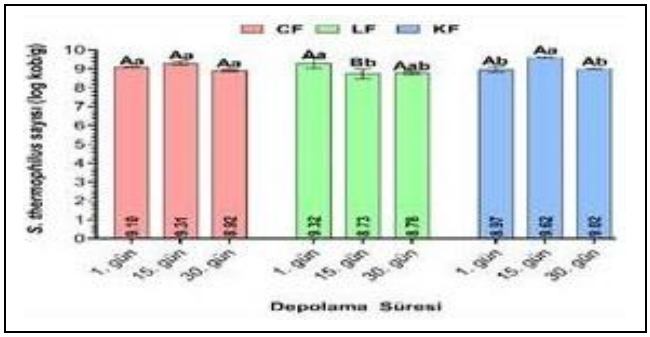
Süt sektöründe kullanılan gıda katkı maddeleri probiyotiklerin ve kültürlerin canlılığını ve gelişimini belirgin olarak etkileyebilmektedir. Örneğin; 24 farklı suş probiyotik bakterilerin farklı gıdalar içeren besiyerlerinde üreyebildikleri ve doğal renklendiricilerin (zerdeçal, karmin, biksin) fermente sütte probiyotik bakterilerin büyümesini etkilemediği bildirilmiştir [61]. Debruyne ve Hekmat (2024) tarafından yapılan bir çalışmada *L. rhamnosus* GR-1'in %3 kinoa, soya fasulyesi, pirinç ve nohut unları ilaveli ve sade olmak üzere beş çeşit yoğurt örneğinde fermantasyon ve depolama süresince aktivitesi belirlenmiştir [62]. Sonuç olarak *L. rhamnosus* GR-1 tüm fermantasyon ve 30 günlük depolama süreci boyunca 10^8 log kob mL^{-1} canlı sayısının korunmuş olduğunu tespit edilmiştir. Topçuoğlu ve Yılmaz-Ersan (2020) tarafından yapılan çalışmada sırasıyla %0, %25, %50, %75, %100 oranlarında badem infüzyonu içeren probiyotik yoğurdun özellikleri değerlendirilmiştir. Çalışmada, süte bitkisel hammade olarak değerlendirilen badem infüzyonu ilavesinin probiyotik mikroorganizma sayısı üzerinde önemli bir negative etkisinin olmadığı belirlenmiştir [63].

Probiyotik canlı mikroorganizma sayısının sağlığa yararı için evrensel kabul edilmiş belirli bir sayı olmasa da fermente üründe 6 ile 8 log kob g^{-1} canlı probiyotik olması gerektiği belirtilmektedir [64]. Bu çalışmada elde edilen verilerin de belirtilen değerler aralığında olduğu gözlenmiştir. Farklı konsantrasyonlarda keten tohumu ile zenginleştirilmiş probiyotik yoğurdun *L. acidophilus* canlılığının araştırıldığı bir çalışmada [62], depolama süresi arttıkça *L. acidophilus* sayısının azaldığı, keten tohumu konsantrasyonu arttıkça ise *L. acidophilus* sayısının arttığı belirtilmiştir. *L. acidophilus* sayısı en yüksek 1. gün ve en yüksek miktarda (%4) keten tohumu içeren yoğurtta 8.87 log kob mL^{-1} olarak tespit edilmiştir.

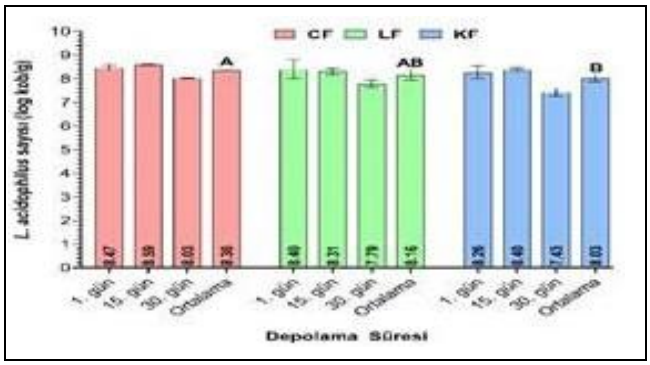
Süt ve süt ürünlerinde küf ve mayalar birkaç ürün dışında genellikle arzu edilmeyen ve bozulma etmeni mikroorganizmalar olarak bilinmektedir. Özellikle gıda işleme sırasında havada bulunan sporlar küf bulaşına neden olabilmektedirler. Mayalar; krema ve sütte önemli bir sorun oluşturmasa da özellikle meyveli yoğurtlar gibi fermente süt ürünlerinde yaygın bir bozulma nedenidir [65].



(a)



(b)



(c)

Şekil 4. Probiyotik fermente süt içeceklerinde laktik asit bakteirleri. (a): *S. thermophilus*. (b): ve *L. acidophilus*. (c): Sayısındaki değişimler. (CF: sade probiyotik fermente süt içeceği, LF: çimlenmiş keten tohum ilaveli probiyotik fermente süt içeceği içeceğine, KF: çimlenmiş kinoa ilaveli probiyotik fermente süt içeçeği. $^{A-B}$ Aynı depolama gününde farklı büyük harflerle gösterilen fermente içeceklere ait ortalamalar arasındaki fark önemlidir. P<0.05. $^{A-B}$Aynı fermente içecekörneğinde farklı küçük harflerle gösterilen depolamalara ait ortalamalar arasındaki fark önemlidir. P<0.05).

Figure 4. Changes in the count of L. bulgaricus. (a): S. thermophilus. (b): and L. acidophilus. (c): of the probiotic fermented milk beverages. (CF: plain probiotic fermented milk drink, LF: probiotic fermented milk drink with added sprouted flaxseed, KF: probiotic fermented milk drink with added sprouted quinoa $^{A-B}$ Means followed by different uppercase letters represent significant differences for the average values of each beverage sample in each storage day P<0.05, $^{a-b}$Means followed by different lowercase letters represent significant differences for the average values of each storage day in each beverage samples, P<0.05).

Çalışmada tüm depolama süresince içecek örneklerinde küf ve maya gelişimi gözlenmemiş olup toplam küf-maya sayısı <1 log kob mL^{-1} olarak belirlenmiştir. Bununla beraber, yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda, çalışmada gerçekleştirilen ısıl işlem formunun maya-küf inaktivasyonu için yeterli olduğu gözlenmiştir. Nitekim, çimlendirilerek toz haline getirilen kinoa ve keten tohumu tozlarının başlangıç toplam maya-küf yükleri sırasıyla 5 log kob g^{-1} ve 4.30 log kob g^{-1} olduğu belirlenmiştir. Saptanan maya ve küf değerlerinin, benzer ürünler üzerinde yapılan önceki çalışmalarla uyumlu olduğu görülmektedir. [66]-[68].

3.5 Duyusal özellikler

Probiyotik fermente süt içeceklerinde yapılan tüketici testine ait sonuçlar Tablo 7'de gösterilmiştir. İçecek örneklerinin görünüş, kıvam ve lezzet özellikleri arasında önemli farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (P<0.05). Buna göre; CF örneğinin görünüş ve lezzet açısından LF ve CF örneklerinden daha yüksek duyusal skorlar aldığı görülmüştür. Kıvam, duyusal özelliği açısından CF ve KF örneklerinin birbirine benzer olduğu tespit edilmiştir. CF örneğinden sonra duyusal skorları yüksek olan örnek KF olduğu belirlenmiştir. Tüketicilerin içecek örneklerini beğeni sıralaması CF>KF>LF içecek olarak belirlenmiştir. Genel beğeni sıralamasında LF örneğinin diğer örneklere göre daha düşük duyusal skorlar alması keten tohumun ham/çiğ bitkisel tad özelliğinin tüketiciler tarafından algılanmasından kaynaklanmaktadır. Duyusal panele katılan tüketiciler ham /bitkisel tadın LF örneğinde yüksek düzeyde algılandığını ifade etmişlerdir. Nitekim, yapılan çalışmalarda özellikle bitkisel protein kaynaklarında mevcutt olan "çiğ/ham bitkisel", "çimen" ve "fasülyemsi" aromanın içeriklerindeki aldehit, pirazin ve asit türevli aroma bileşenlerinden kaynaklandığı bildirilmektedir [69].

Tablo 7. Probiyotik fermente süt içeceklerine ait duyusal özellikler.

Table 7. Sensory properties of the probiotic fermented milk beverages.

Fermente İçecek	Duyusal özellikler (ortalama duyusal puan±S.S)			
	Görünüş	Kıvam	Tat/Koku	Genel beğeni
CF	7.66±0.27^{A}	7.25±0.32^{A}	7.22±0.39^{A}	1.07±0.05^{A}
LF	3.59±0.45^{C}	4.11±0.40^{B}	2.51±0.34^{C}	2.92±0.05^{C}
KF	6.18±0.38^{B}	6.03±0.39^{A}	4.74±0.45^{B}	1.96±0.06^{B}
P değeri	0.01	0.01	0.01	0.01

SS: Standart Sapma, CF: Sade probiyotik fermente süt içeceği, LF: Çimlenmiş keten tohum ilaveli probiyotik fermente süt içeceği içeceğine, KF: çimlenmiş kinoa ilaveli probiyotik fermente süt içeçeği. $^{A-B}$ Her bir duyusal özellikte farklı büyük harflerle belirtilen fermente içeceklere ait ortalama skorlar arasındaki fark önemlidir, P<0.05.

Yapılan bir çalışmada %1 oranında öğütülmüş keten tohumu ilave edilmiş yoğurtların lezzet özelliğinin keten tohumu içermeyen yoğurt örneklerinden daha düşük lezzet duyusal skoru aldığı belirlenmiştir [70]. Benzer şekilde, Toksöz (2010) yaptığı bir çalışmada, %0.25 ve %0.5 oranında keten tohum protein konsantrasi ilave edilen yoğurt örneklerin genel kabul edilebilirlik duyusal skorlarının sade yoğurtlardan daha düşük olduğu belirlenmiştir. Araştırmacı, söz konusu durumun keten tohumu protein konsantresi ilave edilen yoğurtlarda keten tohum protein konsantresinde hissedilen protein acılığından kaynaklandığı ifade etmiştir [71]. Yapılan diğer çalışmada, %0.2 oranında kinoa unu ilave edilerek yapılan ayranların, sade ayranlarla kabul edilebilirlik açısından benzer duyusal skorlara sahip olduğu belirlenmiştir [41]. Ramírez-Rojas ve diğ. (2018) ise %0.5 oranında kinoa unu ile zenginleştirilmiş kefir örneklerinin sade kefir örnekleri ile benzer duyusal skorlara sahip olduğunu tespit etmişlerdir [72].

4 Sonuç ve öneriler

Bu çalışmada, çimlendirilmiş keten ve kinoa tohumlarıyla zenginleştirilmiş probiyotik fermente süt içeceklerinin bazı fiziksel kimyasal ve biyoaktif özelliklerindeki değişimler 30 gün depolama süresince incelenmiştir. Çalışma sonucunda, sade ve çimlendirilmiş tohumlar ile zenginleştirilmiş probiyotik fermente süt içeceklerinin genel kompoziyon özelikleri açısından önemli farklılıkların olmadığı belirlenmiştir. Depolama süresince çimlendirilmiş keten ve kinoa tohumlarıyla zenginleştirilmiş probiyotik fermente süt içeceklerinin renk değerleri, viskozite, pH, toplam asitlik ve toplam serbest amino asit içeriklerinde önemli değişimler meydana geldiği belirlenmiştir. Çimlendirilmiş keten tohumu ilavesinin fermente süt içeceklerinde serum ayrılmasını azalttığı belirlenmiştir. Hem sade hem de çimlendirilmiş tohumu ilaveli fermente süt içeceklerinini probiyotik mikroorganizma (*L. acidophilus*) sayısının depolama süresince 7 log kob g^{-1} düzeyinin üzerinde olduğu ve böylece probiyotik ürün olma özelliklerini koruduğu görülmüştür. Yapılan tüketici testi sonucunda sade içecek örneğinden sonra en beğenilen örnek çimlendirilmiş kinoa ile zenginleştirilmiş içecek örneği olmuştur. Çalışmada, farklı bitkisel kaynaklar ile zenginleştirilmiş süt ürünlerinin formülize edilmesinde depolama süresi ve kullanılan bitkisel hammaddenin fizikokimyasal ve duyusal özelliklerinin önemli üretim parametreleri olduğu görülmüştür. Konu ile ilgili olarak özellikle bitkisel hammaddeler ile zenginleştirilmiş süt ürünlerinin insan metabolizmasındaki biyoaktif özelliklerinin sindirim çalışmalarıyla *in vitro* ve *in vivo* düzeyde olmak detaylı bir şekilde araştırılması önerilmektedir. Çalışmanın konu ile ilgili çalışmalar yapan araştırmacılar ve fermente süt ürünleri alanında faaliyet gösteren firmalar için önemli bulguları içerdiği düşünülmektedir. Çalışma bulgularının tüketiciler için alternatif kaynaklar ile zenginleştirilmiş fermente süt ürünlerine ait üretim potansiyelini arttırması beklenmektedir.

5 Conclusions

In this study, changes in some physical, chemical and bioactive properties of probiotic fermented milk beverages enriched with germinated flax and quinoa seeds were investigated during 30 days of storage. As a result of the study, no significant differences were onbserved in the proximate compositions of plain and probiotic fermented milk beverages enriched with germinated seeds. It was determined that significant changes occurred in the color values, viscosity, pH, total acidity and total free amino acid contents of probiotic fermented milk beverages enriched with germinated flax and quinoa seeds during storage. The addition of germinated flaxseed reduces serum separation in fermented milk beverages. The count of probiotic microorganism in both plain and fermented milk beverages with added germinated seeds was deterimned to be above 7 log kob g^{-1} during storage. As a result of the consumer test, the most preferred sample was the KF sample following the CF sample. In the study, it was observed that storage time and physicochemical and sensory properties of the raw materials used in the formulation of dairy products are important process parameters. The bioactive properties of dairy products enriched with plant raw materials in human metabolism should be investigated in detail through *in vitro* and *in vivo* digestion

studies. The study provides valuable findings for researchers working in related fields as well as for industries involved in fermented milk product development. The findings are expected to contribute to the enhancement of production potential for fermented milk products enriched with alternative sources.

6 Teşekkür

Bu çalışma Ayşe Nur Eren tarafından hazırlanan "Çimlendirilmiş Pseudo-tahıl ile Zenginleştirilmiş Fermente Süt İçeceği Üretimi ve Bazı Biyoaktif Özelliklerinin Belirlenmesi (YÖK-Tez No: 912123)" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Çalışmada gerçekleştirilen tüketici testine katılan panelistlere teşekkür ederiz.

7 Yazar katkı beyanı

Ayşe Nur Eren: gerçekleştirilen çalışmada literatür taraması, analizlerin gerçekleştirilmesi, verilerinin toplanması ve görselleştirilmesi, çalışmanın sonuçların değerlendirilmesi ve makalenin yazım aşamalarında görev almıştır. Onur Güneşer: çalışma fikrinin oluşması, tasarımının yapılması çalışmada kullanılan malzemelerin temin edilmesi, literatür taraması, çalışmada elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ve görselleştirilmesi, makale yazımı ve içerik açısından makalenin kontrol edilmesi başlıklarında katkı sunmuştur.

8 Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

"Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur". "Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır".

9 Kaynaklar

[1] Gabriele M, Pucci L. "*Fermentation and Germination as a way to Improve Cereals Antioxidant and Antiinflammatory Properties*". Editors: Hernández-Ledesma B, Martínez-Villaluenga C. Current Advances for Development of Functional Foods Modulating Inflammation and Oxidative Stress, 477-497, United States, Academic Press, 2022.

[2] Zhang G, Xu Z, Gao Y, Huang X, Zou Y, Yang T. "Effects of germination on the nutritional properties, phenolic profiles, and antioxidant activities of buckwheat". *Journal of Food Science,* 80(5), 1111-1119, 2015.

[3] Carciochi RA, Galván-D'Alessandro L, Vandendriessche P, Chollet S. "Effect of germination and fermentation process on the antioxidant compounds of quinoa seeds". *Plant Foods for Human Nutrition,* 71, 361-367, 2016.

[4] Suárez-Estrella D, Bresciani A, Lametti S, Marengo M, Pagani AM, Marti A. "Effect of sprouting on proteins and starch in quinoa (Chenopodium quinoa Willd)". *Plant Foods for Human Nutrition,* 75, 635-641, 2020.

[5] Le L, Gong X, An Q, Xiang D, Zou L, Peng L, Wu X, Tan M, Nie Z, Wu Q, Zhao G, Wan Y. "Quinoa sprouts as potential vegetable source: Nutrient composition and functional contents of different quinoa sprout varieties". *Food Chemistry,* 357, 129752, 2021.

[6] Eker EM. Çiya Tohumu ve Çimlendirilmiş Tane ve Filizler İle Zenginleştirilmiş Yoğurdun *İn Vitro* Sindirim Sonrasında Protein Profilinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye, 2019.

[7] Habib H, Kumar A, Amin T, Bhat TA, Aziz N, Rasane P, Ercisli S, Sing J. "Process optimization, growth kinetics, and antioxidant activity of germinated buckwheat and amaranth-based yogurt mimic". *Food Chemistry*, 457, 140138, 2024.

[8] Ghada AAA, El-Dardiry AI, El-Rhmany AS. "Study of the physiochemical, rheological, functional, microstructure, microbial, and sensory properties of Kareish cheese fortified with germinated quinoa seeds and processed using ultrasound technology". *Egyptian Journal of Chemistry*, 65(11), 515-529, 2022.

[9] Gunenc A, Yeung MH, Lavergne C, Bertinato J, Hosseinian F. "Enhancements of antioxidant activity and mineral solubility of germinated wrinkled lentils during fermentation in kefir." *Journal of Functional Foods,* 32, 72-79, 2017.

[10] Yang G, Zhou D, Hu D, Fan L, Li R, Wang S. "Development of potential processing technologies for germinated edible seeds and their applications in food: a comprehensive review". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 65(33), 8592-8623. 2025

[11] Eker EM, Karakaya S. "Influence of the addition of chia seeds and germinated seeds and sprouts on the nutritional and beneficial properties of yogurt". *International Journal of Gastronomy and Food Science,* 22, 100276, 2020.

[12] Cáceres PJ, Peñas E, Martínez-Villaluenga C, García-Mora P, Frías J. "Development of a multifunctional yogurt-like product from germinated brown rice*". LWT- Food Science and Technology*, 99, 306-312, 2019

[13] Sanusi MS, Olaniran TB, Ayilaran E, Sholabomi RM, Sunmoun MO. "Effect of germinated brown rice and milk substitution on yoghurt acidification, physicochemical, and sensory properties". *Journal of Food Measurement and Characterization*, 19, 4621-4633, 2025.

[14] Chavan M, Gat Y, Harmalkar M, Waghmare R. "Development of non-dairy fermented probiotic drink based on germinated and ungerminated cereals and legume". *LWT- Food Science and Technology*,91, 339-344, 2018.

[15] Kahve AN, Bayrak E. "Determination of the Functional, Nutritional, and Some Quality Properties of Kefir Produced With the Addition of Germinated Chickpeas." *Food Science & Nutrition*, 13(9), e70860, 2025.

[16] Tan M, Temel S. *Her Yönüyle Kinoa: Önemi, Kullanılması ve Yetiştiriciliği.* 1. Baskı. Ankara, Türkiye, İKSAD Yayınevi, 2019.

[17] Yılmaz S, Uzun A. *Keten Tarımı*. 1. Baskı. Samsun, Türkiye, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (Yayın No: 2019-04), 2019.

[18] Vilcacundo R, Hernández-Ledesma B. "Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)". *Current Opinion in Food Science*, 14, 1–6, 2017.

[19] T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. "Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği". https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/11/20221130-5.htm (30.11.2022).

[20] Guneser BA, Aklale B, Guneser O. "Characterization of physicochemical, rheological, aroma, and sensory properties of spreadable processed cheese supplemented with chia, quinoa, and teff seeds". *Mljekarstvo,* 73(1), 23-37, 2023.

[21] Koffi E, Shewfelt R, Wicker L. "Storage stability and sensory analysis of UHT processed wheybanana beverages". *Journal of Food Quality,* 28(4), 386-401, 2005.

[22] International Organization for Standardization and International Commission on Illumination. "*Colorimetry-Part 4: CIE 1976 L*a*b* colour space*". Geneva, Switzerland, International Standard ISO/CIE, 11664-4, 2019.

[23] Horwitz W. *Official Methods of Analysis of AOAC*. 17th ed. Gaithersburg, USA, AOAC International, 2000.
[24] Bradley JR, Arnold JE, Barbano DM, Semerad RG, Smith DE, Vines BK. *Chemical and Physical Methods.* Editor: Marshal RT. Standard Methods for the Examination of Dairy Product, 433-531, Washington D.C., USA, American Public Health Association, 1992.
[25] Shori AB, Baba AS, Chuah PF. "The effects of fish collagen on the proteolysis of milk proteins, ACE inhibitory activity and sensory evaluation of plain-and Allium sativum-yogurt". *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers,* 44(5), 701-706, 2013.
[26] Muñoz A, Ortiz R, Murcia MA. "Determination by HPLC of changes in riboflavin levels in milk and nondairy imitation milk during refrigerated storage". *Food Chemistry,* 49(2), 203-206, 1994.
[27] Escrivá A, Esteve MJ, Farre R, Frigola A. "Determination of liposoluble vitamins in cooked meals, milk and milk products by liquid chromatography". *Journal of Chromatography A,* 947(2), 313-318, 2002.
[28] Apak R, Güçlü K, Özyürek M, Karademir SE. "Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols, vitamin C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: the CUPRAC method". *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 52(26), 7970-7981, 2004.
[29] Benvenuti S, Pellati F, Melegari M, Bertelli D. "Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of Rubus, Ribes, and Aronia". *Journal of Food Science,* 69(3), 164-169, 2004.
[30] Tağı Ş. *Mikrobiyolojik Analiz Yöntemleri.* Editör: Cemeroğlu B. Gıda Analizleri, 443-525, Ankara, Türkiye, Bizim Grup Basımevi, 2010.
[31] Buriti FCA, Da Rocha JS, Saad SM. "Incorporation of Lactobacillus acidophilus in Minas Fresh Cheese and its implications for textural and sensorial properties during storage". *International Dairy Journal,* 15(12), 1279-1288, 2005.
[32] Dave RI, Shah NP. "Evaluation of media for selective enumeration of Streptococcus thermophilus, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, and *Bifidobacteria". Journal of Dairy Science,* 79(9), 1529-1536, 1996.
[33] Maturin L, Peeler JT. "Aerobic Plate Count". US Food And Drug Administration, Washington DC, USA, Bacteriological Analytical Manual, Chapter 3, 2001.
[34] Meilgaard MC, Civille GV, Carr BT. *Descriptive Analysis Techniques* Editors: Meilgaard M, Civille GV, Carr BT. Sensory Evaluation Techniques, Boca Raton, Florida, USA, CRC Press, 1999.
[35] Sheskin DJ. *Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures.* 3rd ed. New York, USA, Chapman and Hall, CRC Press, 2004.
[36] Timilsena YP, Adhikari R, Kasapis S, Adhikari B. "Rheological and microstructural properties of the chia seed polysaccharide". *International Journal of Biological Macromolecules,* 81, 991-999, 2015.
[37] Cheng N, Barbano DM, Drake MA. "Effect of pasteurization and fat, protein, casein to serum protein ratio, and milk temperature on milk beverage color and viscosity". *Journal of Dairy Science,* 102(3), 2022-2043, 2019.
[38] Elboutachfaiti R, Delattre C, Quero A, Roulard R, Duchene J, Mesnard F, Petit E. "Fractionation and structural characterization of six purified rhamnogalacturonans type I from flaxseed mucilage". *Food Hydrocolloids,* 62, 273-279, 2017.
[39] Ergene E, Bingöl EB. "Diyet lif içeriği yüksek bazı gıdalar ve beslenme üzerindeki etkileri". *Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi,* 3(1), 70-78, 2019.
[40] Milovanovic B, Tomovic V, Djekic I, Miocinovic J, Solowiej BG, Lorenzo JM, Barba FJ, Tomasevic I. "Colour assessment of milk and milk products using computer vision system and colorimeter". *International Dairy Journal,* 120, 105084, 2021.
[41] Milovanovic B, Djekic I, Miocinovic J, Djordjevic V, Lorenzo JM, Barba FJ, Mörlein D, Tomasevic I. "What is the color of milk and dairy products and how is it measured". *Foods*, 9(11), 1629, 2020.
[42] Vogado CO, Leandro ES, Zandonadi RP, Alencar ER, Ginani VC, Nakano EY, Habu D, Aguiar PA. "Enrichment of probiotic fermented milk with green banana pulp: characterization microbiological, physicochemical and sensory". *Nutrients,* 10(4), 427, 2018
[43] Al-Anazi MS, El-Zahar KM, Rabie N AH. "Nutritional and therapeutic properties of fermented camel milk fortified with red chenopodium quinoa flour on hypercholesterolemia rats". *Molecules*, 27(22), 7695, 2022.
[44] Akkoyun Y, Arslan S. "The impact of quinoa flour on some properties of ayran". *Food science & nutrition*, 8(10), 5410-5418,2020.
[45] Cichońska, P, Pudło, E, Wojtczak, A, Ziarno, M. "Effect of the addition of whole and milled flaxseed on the quality characteristics of yogurt". *Foods*, 10(9), 2140, 2021.
[46] Galli V, Venturi M, Mari E, Guerrini S, Granchi L. "Selection of yeast and lactic acid bacteria strains, isolated from spontaneous raw milk fermentation the production of a potential probiotic fermented milk". *Fermentation,* 8(8), 407, 2022.
[47] Casarotti, SN, Carneiro, BM, Penna, ALB. "Evaluation of the effect of supplementing fermented milk with quinoa flour on probiotic activity" *Journal of Dairy Science*, 97(10), 6027-6035, 2014.
[48] Bialasová, K, Němečková, I, Kyselka, J, Štětina, J, Solichová, K, Horáčková, Š. "Influence of Flaxseed Components on Fermented Dairy Product Properties". *Czech Journal of Food Sciences*, 36(1), 51-56, 2018
[49] Azizkhani M, Saris PEJ, Baniasadi M. "An *in vitro* assessment of antifungal and antibacterial activity of cow, camel, ewe, and goat milk kefr and probiotic yogurt". *Journal of Food Measurement and Characterization,* 15, 406-415, 2021.
[50] Alemneh ST, Emire SA, Jekle M, Hitzmann B. "Effect of refrigerated storage on some physicochemical characteristics of a teff-based fermented beverage and the viability of the fermenting *Lactiplantibacillus plantarum* and *Lacticaseibacillus rhamnosus* used". *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(11), e17034, 2022.
[51] Russo P, Arena MP, Fiocco D, Capozzi V, Drider D, Spano G. *Lactobacillus plantarum* with broad antifungal activity: A promising approach to increase safety and shelf-life of cereal-based products. International journal of food microbiology, 247, 48-54, 2017.

[52] Mudgil P, Ajayi FF, Alkaabi A, Alsubousi M, Singh BP, Maqsood S. "Flaxseed-and chia seed-derived protein hydrolysates exhibiting enhanced in vitro antidiabetic, anti-obesity, and antioxidant properties". *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1223884, 2023.

[53] Liang Z, Chu H, Gao L, Sun X, Guo S, Guo W, He J, Hou Z, Wang C, Li C, Zhang G. "Effects of probiotics on biogenic amines content in fermented milk during fermentation and storage". *Journal of Food Composition and Analysis,* 127, 105985, 2024.

[54] Vieira CP, da Costa MP, de Melo Silva VL, Delgado KF, da Silva Frasão B, Elias TA, Chifarelli de Oliveira Nunes YE, de Gloria MBA, Conte-Junior CA. "Interactive effect of physicochemical and microbial variables on bioactive amines content during storage of probiotic fermented milk". *LWT-Food Science and Technology,* 138, 110700, 2021.

[55] Özcan T, Yılmaz-Ersan L, Akpınar-Bayizit A, Delikanlı B. "Antioxidant properties of probiotic fermented milk supplemented with chestnut flour (*Castanea sativa* Mill)". *Journal of Food Processing and Preservation,* 41(5), 13156, 2016.

[56] Abd-Alla AA, Mahmoud EA, Ahmed WK. "Antioxidant activity and quality characteristics of yogurt supplemented with raw and germinated barley flour storage". *Journal of Food and Dairy Sciences,* 14(7), 155-162, 2023.

[57] LeBlanc JG, Laino JE, Juarez del Valle M, Vannini V, van Sinderen D, Taranto MP, Font de Valdez G, Savoy de Giori G, Sesma F. "B-Group vitamin production by lactic acid bacteria – current knowledge and potential applications". *Journal of Applied Microbiology,* 111(6), 1297-1309, 2011.

[58] Kumar V, Amrutha R, Ahire JJ, Taneja NK. "Techno-functional assessment of riboflavin-enriched yogurt-based fermented milk prepared by supplementing riboflavin-producing probiotic strains of *lactiplantibacillus plantarum*". *Probiotics and Antimicrobial Proteins,* 16, 152-162, 2024.

[59] Corry JEL, Jarvis B, Passmore S, Hedges, A. "A critical review of measurement uncertainty in the enumeration of food micro-organisms". *Food Microbiology*, 24(3), 230-253, 2007.

[60] Vinderola G, Binetti A, Burns P, Reinheimer J. "Cell viability and functionalityof probiotic bacteria in dairy products". *Food Microbiology,* 2(1), 70, 2011.

[61] Vinderola CG, Costa GA, Regenhardt S, Reinheimer JA. "Influence of compounds associated with fermented dairy products on the growth of lactic acid starter and probiotic bacteria". *International Dairy Journal,* 12(7), 579-589, 2002.

[62] Debruyne AN, Hekmat S. "The effects of fortification of yogurt with various functional flours on survival and growth of probiotic bacteria and sensory properties of the yogurt". *Nutrition & Food Science*, 54(3), 597-612, 2024.

[63] Topçuoğlu E, Yılmaz-Ersan L. "Effect of fortification with almond milk on quality characteristics of probiotic yoghurt". *Journal of Food Processing and Preservation,* 44(12), E14943, 2020.

[64] Mousavi M, Heshmati A, Garmakhany AD, Vahidinia A, Taheri M. "Optimization of the viability of *Lactobacillus acidophilus* and physico-chemical, textural and sensorial characteristics of flaxseed-enriched stirred probiotic yogurt by using response surface methodology". *LWT-Food Science and Techolnogy*, 102, 80-88, 2019.

[65] Erfani A, Shakeri G, Moghimani M, Afshari A. "Specific species of probiotic bacteria as biopreservative cultures for control of fungal contamination and spoilage in dairy products". *International Dairy Journal,* 151, 105863, 2024.

[66] Karabıyıklı Ş, Daştan S. "Geleneksel ve fonksiyonel bir gıda olan kefirin mikrobiyolojik profili". *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University,* 33(1), 78-83, 2016.

[67] Silva D, Nunes P, Melo J, Quintas C. "Microbial quality of edible seeds commercially available in southern Portugal". *AIMS microbiology*, 8(1), 42-52, 2022.

[68] Canaviri-Paz P, Oscarsson E, Håkansson Å. "Autochthonous microorganisms of white quinoa grains with special attention to novel functional properties of lactobacilli strains". *Journal of Functional Foods*, 84, 104586, 2021.

[69] Vatansever S, Chen B, Hall C. "Plant protein flavor chemistry fundamentals and techniques to mitigate undesirable flavors". *Sustainable Food Proteins,* 2(1), 33-57, 2024.

[70] Kalyas A, Ürkek B. "Effect of flaxseed powder on physicochemical, rheological, microbiological and sensory properties of yoghurt". *Brazilian Archives of Biology and Technology,* 65, e22210012, 2022.

[71] Toksöz D. Keten Tohumu Protein Konsantresinin Yoğurdun Bazı Nitelikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye, 2010.

[72] Ramírez-Rojas ZN, Ruíz-Hernández K, Cerón-García A, Gómez-Salazar JA, Sosa-Morales M. "Physicochemical properties of kefir elaborated from fortified milk with quinoa or rice flour as a prebiotic". *The Canadian Society for Bioengineering Annual Conference,* University of Guelph, Guelp, Canada, 22 -25 July 2018.