

Baklagil bazlı yoğurt analoglarının besinsel profili, duyuşal özellikleri ve antioksidan potansiyelinin araştırılması

Taha Gökmen ÜLGER¹, Esra TUNÇER¹, Ercan SARICA², Eda Nur KUTLUBOĞA¹, Gülsüm ALTUĞ¹, Miray BAHADIR¹

Cite this article as:

Ülger, T.G., Tunçer, E., Sarica, E., Kutluboğa, E.N., Altuğ, G., Bahadır, M. (2025). Baklagil bazlı yoğurt analoglarının besinsel profili, duyuşal özellikleri ve antioksidan potansiyelinin araştırılması. Food and Health, 11(3), 258-267. <https://doi.org/10.3153/FH25022>

¹ Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve
Diyetetik Bölümü, Bolu, Türkiye

² Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi Gıda
Mühendisliği Bölümü, Bolu, Türkiye

ORCID IDs of the authors:

T.G.Ü. 0000-0002-7751-9789

E.T. 0000-0001-7151-842X

E.S. 0000-0002-8269-9403

E.N.K. 0009-0005-3368-5784

G.A. 0009-0004-6232-1413

M.B. 0009-0008-3782-1845

Submitted: 06.02.2025

Revision requested: 07.04.2025

Last revision received: 13.04.2025

Accepted: 14.04.2025

Published online: 19.06.2025

Correspondence:

Taha Gökmen ÜLGER

E-mail: tahagokmenulger@ibu.edu.tr



© 2025 The Author(s)

Available online at
<http://jfh.scientificwebjournals.com>

ÖZ

Bu çalışma, nohut, acı bakla ve kuru fasulyeden elde edilen baklagil bazlı yoğurt analoglarının duyuşal, makro besin ögesi, antioksidan ve fizikokimyasal özelliklerini analiz ederek fonksiyonel gıda potansiyelini araştırmakta ve hayvansal yoğurt ile karşılaştırmaktadır. Yapılan duyuşal değerlendirmelerde en yüksek puan hayvansal yoğurtta, en düşük puan ise acı bakla bazlı yoğurt analogunda gözlenmiştir. Nohut ve fasulye bazlı yoğurt analogları, duyuşal açıdan acı bakla bazlı ürünlere kıyasla daha iyi kabul görmüştür ($p<0.05$). Fasulye bazlı yoğurt analogları hayvansal yoğurda göre yüksek protein içeriğine (sırasıyla 6.35 ± 0.59 ve 3.87 ± 0.21 g) sahipken ($p=0.01$), karbonhidrat içeriği tüm baklagil bazlı analoglarda daha yüksek bulunmuştur ($p<0.001$). Antioksidan analizlerde, fasulye bazlı yoğurt analoglarının en yüksek antioksidan kapasite değeri (0.91 ± 0.06 mmol Trolox Eq/L) sahip olduğu; genel olarak baklagil bazlı analoglarının, antioksidan kapasite ve oksidan kapasite açısından hayvansal yoğurda kıyasla daha yüksek değerlere ulaştığı belirlenmiştir. En yüksek oksidatif stres indeksi değeri acı bakla bazlı analoglarda (0.56 ± 0.02 AU, $p<0.05$) gözlenmiştir. Renk ölçümleri, parlaklık ve sarılıkta anlamlı farklılıklar gözlenmiş; hayvansal yoğurt daha yüksek parlaklığa, acı bakla bazlı analoglar ise daha yüksek sarılığa sahip olmuştur ($p<0.001$). Baklagil bazlı yoğurt analogları, özellikle fasulye ve nohuttan elde edilenler, yüksek protein içeriği ve antioksidan özellikleri sayesinde umut verici fonksiyonel gıda alternatifleri sunmaktadır. Ancak, tüketici kabulünü artırmak için duyuşal ve fiziksel iyileştirmelere ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Yoğurt analogu, Baklagil bazlı yoğurt, Fonksiyonel gıda

ABSTRACT

Investigation of nutritional profile, sensory properties and antioxidant potential of legume-based yoghurt analogues

This study investigates the functional food potential of legume-based yoghurt analogues derived from chickpeas, lupins, and beans by analysing their sensory, macronutrient, antioxidant, and physicochemical properties, comparing them with conventional dairy yoghurt. Sensory evaluation showed that dairy yoghurt received the highest scores, while lupin-based yoghurt analogue had the lowest. Chickpea- and bean-based yoghurt analogues were better accepted than lupin-based products in terms of sensory attributes ($p<0.05$). Bean-based yoghurt analogue had a significantly higher protein content ($6.35 \pm 0.59\%$ vs. $3.87 \pm 0.21\%$, $p=0.01$) compared to dairy yoghurt, while all legume-based analogues exhibited higher carbohydrate content ($p<0.001$). Antioxidant analyses revealed that bean-based yoghurt analogues had the highest antioxidant capacity value (0.91 ± 0.06 mmol Trolox Eq/L); overall, legume-based analogues exhibited higher antioxidant and oxidant capacity values compared to dairy yoghurt. However, the highest Oxidative Stress Index value was observed in lupin-based analogues (0.56 ± 0.02 AU, $p<0.05$). Colour measurements showed significant differences in brightness and yellowness; dairy yoghurt had higher brightness, while lupin-based analogues exhibited greater yellowness ($p<0.001$). Legume-based yoghurt analogues, particularly those derived from beans and chickpeas, present promising functional food alternatives due to their high protein content and antioxidant properties. However, sensory and textural improvements are necessary to enhance consumer acceptance.

Keywords: Yoghurt analogue, Legume-based yoghurt, Functional food

Giriş

Küresel gıda endüstrisi, çevresel sürdürülebilirlik, sağlık bilinci ve etik hususlar gibi çeşitli faktörlerin etkisiyle tüketici tercihlerinde bitki bazlı alternatiflere doğru önemli bir yönelime tanık olmuştur. Bu alternatifler arasında bitkisel bazlı süt ve yoğurt analogları dikkat çekmektedir (Runte ve ark., 2024). Bitkisel süt ve yoğurt analogları küresel olarak en hızlı büyüyen bitki bazlı ürün sınıflarından birisidir. Dünyada bitki bazlı süt ve yoğurt analoğu pazarının önümüzdeki on yıl içerisinde %9.9 büyüyeceği ve 47.2 milyar dolar piyasa hacmine ulaşacağı tahmin edilmektedir (FMI, 2023). Bitkisel süt ve yoğurt analoğu satışlarında 2012’den 2019’a kadar gözlenen istikrarlı artış (Paul ve ark., 2020) bu öngörüye doğrulamaktadır. Ayrıca diyabet, metabolik sendrom veya kardiyovasküler hastalığı olan bireylerde de bitkisel süt ve yoğurt analoglarına olan yönelim, bu ürünlere ilişkin literatürde sunulan bazı fonksiyonel etkiler dolayısıyla artmıştır (Aydar ve ark., 2020; Thorning ve ark., 2016). Bir diğer yandan bu ürünler, laktoz intoleransı, süt alerjisi olan veya vegan diyetine bağlı olan bireyler de dahil olmak üzere çok çeşitli bir popülasyona hitap etmektedir. Belirtilen bu hususlara bağlı olarak bitki bazlı süt ve yoğurt analoglarına yönelik küresel pazarın önemli ölçüde büyüyeceği öngörülmektedir.

Gıda endüstrisinde bitkisel süt ürünlerine olan yönelimin artması ile birlikte sürdürülebilir ve doğal gıda ürünlerinin geliştirilmesine yönelik inovatif denemeler yapılmaktadır. Fakat yeni bir ürün segmenti olması, olumsuz duyuşsal özellikler taşıyabilmesi, üretim süreçlerinde test edilen gıdanın fonksiyonel bileşenlerinde kayıplar meydana gelmesi ve elde edilen ürünün besinsel kompozisyonu ile güvenilirliğinin yeterince değerlendirilmemesi gibi eksiklikler, bu ürünlerin günlük diyetle entegrasyonunu olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Aydar ve ark., 2020; Pandey ve ark., 2021). Bir diğer yandan bitki bazlı yoğurt analoglarının besinsel ve fonksiyonel potansiyeli olsa da, bu ürünlerin duyuşsal olarak kabul edilebilirliği pazardaki başarılarının kritik bir belirleyicisi olmaya devam etmektedir. Tat, doku, aroma ve genel memnuniyete ilişkin tüketici tercihleri, yeni gıda ürünlerinin benimsenmesini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu ürünlerin hem duyuşsal özelliklerinin hem de besin profillerinin kapsamlı analizi, ürünün kabul edilebilirliğini ve rekabet gücünü sağlamak için ve günlük diyetin bir parçası olarak önerilebilmesi için gereklidir (Gupta ve ark., 2022).

Bu kapsamda bitkisel yoğurt analogları gibi alternatif fermente ürünlerin geliştirilmesi, hayvansal ürünleri tüketmeyi tercih etmeyen veya diyet kısıtlamaları nedeniyle tüketemeyen bireylerin ihtiyaçlarını karşılamak için gereklidir. Nohut (*Cicer arietinum* L.), acı bakla (*Lupinus angustifolius* L.) ve

kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) gibi baklagillerin yoğurt analog formülasyonlarına dahil edilmesinin, sadece hayvansal süt içermeyen ürünlere olan talebi karşılamakla kalmayacağı, aynı zamanda yüksek protein içeriği, zengin lif bileşimi ve antioksidan kapasitesi sayesinde bitki bazlı fermente ürünlerin geliştirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu araştırmada nohut, acı bakla ve kuru fasulyeden elde edilen baklagil bazlı yoğurt analoglarının karbonhidrat, protein ve yağ içeriklerinin yanı sıra antioksidan kapasitelerinin analiz edilerek, fonksiyonel gıdalar olarak potansiyellerinin araştırılması ve tüketici kabul edilebilirliğinin değerlendirilmesi için duyuşsal analizler yapılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Materyal

Baklagil bazlı yoğurt üretiminde kullanılan ve *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus acidophilus* suşlarını içeren vegan yoğurt mayası özel bir firmadan, hammaddeler (nohut, fasulye, acı bakla) ise Bolu ilindeki yerel bir marketten temin edilmiştir.

Baklagil Bazlı Yoğurt Analoğu Üretimi

Baklagil bazlı yoğurt analoğu üretiminde kullanılacak hammaddeler (nohut, fasulye, acı bakla) yumuşaması için kaynamış su ilave edilerek 12 saat boyunca suda bekletilmiştir. Acı bakla, nohut ve fasulyeden farklı olarak, her 3 saatte bir suyu değiştirilerek bekletilmiştir. Bekletme süresinin ardından tüm baklagillerin suları değiştirilerek yaklaşık 30 dakika boyunca haşlamaya bırakılmıştır. Haşlama işlemi tamamlandıktan sonra haşlama suları süzülüp ayrı bir kaba alınmış, ardından baklagillerin kabukları ayıklanmıştır. Kabukları soyulan baklagiller tekrar haşlanmak üzere tencereye alınmış ve 30 dakika kaynamaya bırakılmıştır. Ocaktan alınan baklagiller blender aracılığı ile 5 dakika homojenize edilmiştir. Nihai bulamaçlar ince telli süzgeçten geçirilerek baklagil bazlı süt analogları elde edilmiştir.

Baklagil bazlı yoğurt analoğu üretimi ise Bilici (2022) tarafından belirtilen metot modifiye edilerek yapılmıştır. Baklagil bazlı süt analogları 40 °C’ye soğutulduktan sonra 100 mL hacme karşılık 1 gram olacak şekilde maya ilave edilerek 5 dakika ön aktifleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen karışımlar baklagil bazlı süt analoglarına ilave edilerek inkübasyona bırakılmıştır. Beşinci saatin sonunda oda sıcaklığındaki yoğurt analogları alınarak kalan süre boyunca +4 °C sıcaklıkta buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Duyusal Analiz

Duyusal analizler, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi'nde görevli 7 panelist tarafından aynı üniversite bünyesindeki Bilimsel Endüstriyel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezinde bulunan Duyusal Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Panelist sayısı, duyusal tanımlayıcı analizlerde genellikle yeterli görülen 6–15 kişi aralığı göz önünde bulundurularak belirlenmiştir (Heymann ve ark., 2012). Duyusal değerlendirilmesi yapılacak olan nohut, fasulye ve acı bakladan yapılan yoğurt analogları ve referans numunesi olarak zincir bir marketten alınan hazır hayvansal yoğurttan 35'er gram alınarak duyusal analiz için hazırlanmıştır. Örneklerin duyusal yönden değerlendirilmesi, Clark ve ark. (2009)'un süt ürünleri için modern duyusal uygulama yöntemlerinden biri olan hedonik skala sistemi modifiye edilerek kullanılmıştır. Duyusal analize katılan panelistlerden numunelerin kıvam, tat, ekşilik, acılık, renk, pütürlülük ve genel kabul edilebilirlik özelliklerini beğeni düzeylerine göre değerlendirmeleri istenmiştir. Duyusal özellikler, panelistler tarafından 1 ila 10 arasında değişen bir skala kullanılarak değerlendirilmiştir (1: kötü, 5: kabul edilebilir, 10: oldukça iyi). Elde edilen tüm veriler ortak bir değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

Baklagil bazlı yoğurt analoglarının ve referans numunenin hazırlanması duyusal analiz oturumundan 12 saat önce tamamlanmıştır. Numuneler, duyusal analiz için panelistlere sunulana kadar 4 °C'de muhafaza edilmiştir. Numuneler, her biri ayrı ayrı tadılacak şekilde, standart tabaklarda 4 seferde panelistlere sunulmuştur. Panelistlerde numunelere karşı algı oluşmaması için tabakların üzerine her örnek için aralarında belli bir sistematik olmaksızın 3 haneli rastgele sayılar verilmiştir. Panelistlerden, duyusal analiz sonuçlarının etkilenmemesi amacıyla, analizden 2 ila 4 saat öncesinde sigara ve kahve tüketiminden kaçınmaları istenmiştir. Analiz öncesinde panelistlere tadımı yapılacak ürünlere karşı alerjileri olup olmadığı, tat ve koku duyusunu etkileyecek herhangi bir rahatsızlığı olup olmadığı ve kuru fasulye, nohut ve acı bakla tüketimine karşı herhangi bir önyargıları olup olmadığı sorulmuş ve bu faktörlerden herhangi birinin varlığı durumunda araştırmaya dahil edilmemiştir. Laboratuvar ortamında değerlendirme işlemi yapılırken her analiz öncesinde bir önceki testten kalan tadı gidermek adına panelistlere su verilmiştir. Analiz öncesinde panelistlere tadım hakkında bilgi verilmiş, her tadım arasında su içmeleri istendiği ve her örnek için 5 dakika değerlendirme süresi bulunduğu söylenmiştir.

Karbonhidrat, Protein, Yağ, Kuru Madde ve Kül Tayini

Örneklerin kuru madde ve kül değerleri gravimetrik yöntem ile, yağ değeri Gerber yöntemi ile azot miktarı ise Kjeldahl

yöntemine göre belirlenmiştir. Kontrol örneği olan hayvansal yoğurdun protein miktarı belirlenen azot değerinin 6,38 ile çarpılmasıyla tespit edilmiştir. Bitkisel yoğurt analoglarının protein değeri ise belirlenen azot değerinin 6,25 dönüştürme faktörüyle çarpılmasıyla bulunmuştur. Örneklerin toplam karbonhidrat miktarı; toplam kuru madde değerinden belirlenen yağ, protein ve kül değerinin çıkartılmasıyla [% Karbonhidrat = % Kuru madde değeri – (% Yağ değeri + % Protein değeri + % Kül değeri)] belirlenmiştir.

Viskozite, pH, Asitlik, Serum ve Renk Analizi

Örneklerin pH değeri 20°C sıcaklıkta kalibrasyonu yapılmış WTW 720 marka pH metre kullanılarak tespit edilmiştir. Asitlik değeri ise 0,1 N NaOH çözeltisi ile titre edilerek % laktik asit cinsinden belirlenmiştir (AOAC, 2020). Örneklerden ayrılan serum miktarını belirlemek amacıyla; filtre kağıdının üzerine 25 g örnek koyularak 4°C sıcaklıkta 120 dakika boyunca bekletilmiştir. Filtre kağıdının altında toplanan serum miktarı gram olarak belirlenmiştir. Daha sonra bu sonuç oran orantıyla yüzde (%) olarak ifade edilmiştir (Farooq ve Haque, 1992).

Viskozite değeri viskozimetre cihazı (AND vibro viscometer SV-10, Japonya) kullanılarak 10°C sıcaklıkta direkt ölçülmüştür. Ölçüm 2 dakika boyunca 15 saniyede bir olmak üzere 9 ölçümün ortalamasıdır. Sonuçlar mPa.s cinsinden ifade edilmiştir.

Örneklerin CIE (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) L*, a*, b* ve C renk parametreleri Minolta Colorimeter CR-400 (Konica Minolta, Japonya) marka renk ölçüm cihazı ile belirlenmiştir. L*, a* ve b* değerleri kullanılarak örneklerin beyazlık indeksi (BI) ve sarılık indeksi (SI) değerleri hesaplanmıştır (Uçurum, 2017).

$$BI = 100 - [(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5}$$

$$SI = 142,86 \times b^* / L^*$$

Toplam Antioksidan, Oksidan Kapasitenin ve Oksidatif Stres İndeksinin Belirlenmesi

Toplam Antioksidan Kapasite (TAS), Toplam Oksidan Kapasite (TOS) ve Oksidatif Stres İndeksinin (OSI) belirlenmesi için numuneler 1:1 oranında distile su ile karıştırılıp, homojen olana kadar vortexlenmiştir. Daha sonra +4 °C sıcaklıkta 3000 rpm'de 5 dk santrifüjlenmiş ve süpernatant kısmıyla analizler gerçekleştirilmiştir.

Toplam TAS ve TOS ölçümü ticari kitler (Rel Assay, Türkiye) yardımıyla Mindray BS300 cihazı kullanılarak yapılmıştır. TAS sonuçları E vitamini benzeri mmol Trolox eş değeri/L cinsinden, TOS sonuçları litre başına düşen mikromol

hidrojen peroksit olarak ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ eş değeri/L) verilmiştir. Total Oksidan Kapasite (TOS) değerinin TAS değerine oranı olarak adlandırılmış olan OSI değerinin hesaplanmasında TAS değeri $\mu\text{mol/L}$ 'ye çevrilmiş ve OSI (arbitrary unit)= TOS ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ eş değeri/L)/TAS ($\mu\text{mol Trolox}$ eş değeri/L) eşitliği ile hesaplanmıştır.

İstatistiksel Analiz

Denemeler 3 tekerrürlü olarak yürütülmüş olup araştırma sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel analizinde SPSS 22.0 istatistik programı kullanılmıştır. Elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş, ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. Tüm analizlerde yanılma düzeyi olarak $\alpha=0.05$ değeri belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Değerlendirilen numunelere ilişkin duysal değerlendirme sonuçları Tablo 1'de gösterildiği gibidir. Elde edilen sonuçlara göre genel kabul edilebilirlik, kıvam, tat, ekşilik, acılık, renk ve pütürlülük açısından kontrol örneği olan hayvansal yoğurdun ortalama değerlerinin daha yüksek olduğu anlaşılmıştır. Değerlendirilen bütün duysal parametrelerde en düşük değerlerin ise acı bakla bazlı yoğurt analoguna ait olduğu gözlenmiştir.

Baklagil bazlı yoğurt analoglarından nohut ve fasulye bazlı analogların genel kabul edilebilirlik (sırasıyla; 5 ± 2.38 ve 4.43 ± 2.51), kıvam (sırasıyla; 5.43 ± 1.99 ve 1.57 ± 1.13), tat (sırasıyla; 5.86 ± 2.79 ve 4.43 ± 2.99) ve ekşilik (sırasıyla; 6.28 ± 3.99 ve 5.29 ± 3.77) beğeni değerlerinin acı bakla analoguna göre anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Renk ve pütürlülük açısından da nohut ve fasulye bazlı yoğurt analogunun ortalama beğeni değerlerinin acı

bakla bazlı yoğurt analoguna göre daha yüksek olduğu anlaşılmakla birlikte farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0.05$). Bir diğer yandan ekşilik ve acılık kriterleri açısından yoğurt analoglarından nohut ve fasulye bazlı analoglar ile hayvansal yoğurt arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$).

Duyusal değerlendirme sonuçları, baklagil bazlı yoğurt analoglarının geleneksel hayvansal yoğurda kıyasla daha düşük kabul edilebilirlik puanları aldığını göstermiştir. Bu sonuçlar, bitki bazlı alternatiflerde hayvansal yoğurtla karşılaştırılabilir duysal nitelikler elde etmenin zorluklarına dikkat çeken önceki çalışma sonuçlarıyla uyumludur (Greis ve ark., 2022; Diez-Ozaeta ve ark., 2024). Craig ve Brothers'ın yaptığı çalışmada, baklagillerden elde edilen yoğurt analoglarının, hayvansal süt ürünlerine kıyasla genellikle daha düşük biyolojik protein değeri gösterdiğini ve bunun da genel duysal çekiciliğini ve tüketici kabulünü etkileyebileceğini vurgulamıştır (Craig ve Brothers, 2021). Ayrıca farklı çalışmalarda da yoğurt analoglarına çeşitli doğal katkı maddelerinin ilavesinin duysal özelliklerini etkileyebileceği belirtilerek, baklagil bazlı ürünlerin duysal profilini geliştirmek için daha fazla zenginleştirmenin gerekli olabileceği öne sürülmüştür (Fazla ve ark., 2023; Dhakal ve ark., 2023; Pua ve ark., 2022).

Bir diğer yandan soya ve Hindistan cevizi bazlı yoğurt analoglarının, tat ve doku açısından hayvansal yoğurtla rekabet edebileceği de belirtilmiştir (Gupta et al., 2022; Grasso et al., 2020). Bitki bazlı yoğurt analoglarına uygun stabilizatörlerin eklenmesiyle dokusal özellikler geliştirilerek duysal kabul edilebilirliği artırılabilir. Artmış duysal kabul edilebilirlik, sağlık yararları ile birleştiğinde ve diyet alışkanlıklarının bitki bazlı beslenme yönünde değiştiği göz önünde bulundurulduğunda, bitki bazlı yoğurtların ilerleyen yıllarda daha rekabetçi olabileceği düşünülmektedir.

Tablo 1. Yoğurt ve baklagil bazlı yoğurt analoglarına ilişkin duysal değerlendirme sonuçları

Table 1. Sensory evaluation results of yogurt and legume-based yogurt analogues

	Nohut bazlı yoğurt analogu	Acı bakla bazlı yoğurt analogu	Fasulye bazlı yoğurt analogu	Hayvansal Yoğurt
Genel kabul edilebilirlik	5 ± 2.38^b	1.29 ± 0.49^a	4.43 ± 2.51^b	9.29 ± 1.50^c
Kıvam	5.43 ± 1.99^b	1.57 ± 1.13^a	6 ± 2.31^b	9.57 ± 1.13^c
Tat	5.86 ± 2.79^b	1.14 ± 0.38^a	4.43 ± 2.99^b	8.86 ± 1.77^c
Ekşilik	6.28 ± 3.99^b	1.29 ± 0.49^a	5.29 ± 3.77^b	7.43 ± 3.26^b
Acılık	6 ± 4.16^b	1.57 ± 1.13^a	5.29 ± 3.20^b	7.86 ± 3.39^b
Renk	4.86 ± 1.86^a	2.43 ± 1.62^a	4.29 ± 2.5^a	9.57 ± 0.78^b
Pütürlülük	5.86 ± 2.19^a	2.43 ± 2.99^a	4.57 ± 2.99^a	8.29 ± 1.30^b

One Way Anova (tek yönlü varyans analizi) testi. Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel anlamlılığı göstermektedir ($p<0.05$).

Duyusal özellikler 1-10 arasındaki skala (1-kötü, 5-kabul edilebilir ve 10-oldukça iyi) kullanılarak değerlendirilmiştir.

Acı bakla bazlı yoğurt analoguna ilişkin elde edilen düşük duyusal sonuçlar bu türe ilişkin karakteristik doğal acı ve aromatik bileşiklere bağlanabilir (Bader ve ark., 2011). Enzimatik işlemler veya farklı mikrobiyal suşlarla fermentasyon gibi gelişmiş işleme teknikleri yoluyla bu duyusal sınırlamaların ele alınması, kabul edilebilirliği önemli ölçüde artırabilir (Hickisch ve ark., 2016; Laaksonen ve ark., 2021). Ayrıca acı bakla bazlı yoğurt analoglarında fermentasyon öncesinde uygulanan işlemlerin duyusal özelliklerde önemli bir belirleyici olabileceği belirtilmekle birlikte, fermentasyon işlemi için 14-35 saate gereksinim olabileceği belirtilmiştir (Hickisch ve ark., 2016; Laaksonen ve ark., 2021). Bu çalışmada fermentasyon için sürenin literatürdeki diğer çalışmalara göre daha kısıtlı tutulması (Hickisch ve ark., 2016; Laaksonen ve ark., 2021) kıvamsal ve diğer duyusal sonuçlarda farklılığa neden olmuş olabilir.

Değerlendirilen numunelere ilişkin besinsel ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 2’de gösterildiği gibidir. Kuru madde içeriğine ilişkin verilere göre acı bakla bazlı yoğurt analogu hariç olmak üzere baklagil bazlı yoğurt analoglarının değerinin

(fasulye: %23.91 $\pm$ 0.01; nohut: %15.28 $\pm$ 0.01) hayvansal yoğurda (%13.66 $\pm$ 0.04) göre (%13.66 $\pm$ 0.04) anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu anlaşılmıştır ($p < 0.05$). Titrasyon asitliği ve viskozitesi en yüksek grup ise hayvansal yoğurt grubu olmakla birlikte, istatistiksel farklılığın diğer gruplara göre anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p < 0.001$). Acı bakla bazlı yoğurt analogunun serum ayrılma düzeyi en yüksek olarak saptanırken, fasulye bazlı yoğurt analogunda serum ayrılması gözlenmemiştir.

Makro besin ögesi analizlerine ilişkin sonuçlar değerlendirildiğinde hayvansal yoğurdun yağ içeriğinin baklagil bazlı yoğurt analoglarına göre anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu görülürken ($p < 0.001$), karbonhidrat içeriği açısından ise baklagil bazlı yoğurt analoglarına ilişkin değerlerin daha yüksek olduğu görülmüştür. Nohut ve fasulye bazlı yoğurt analoglarının protein içeriğinin de hayvansal yoğurda göre daha yüksek olduğu anlaşılmakla birlikte fasulye bazlı yoğurt analogu (%6.35 $\pm$ 0.59) ve hayvansal yoğurt (%3.87 $\pm$ 0.21) arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır ($p = 0.01$).

Tablo 2. Yoğurt ve baklagil bazlı yoğurt analoglarına ilişkin besinsel ve kimyasal analiz sonuçları

Table 2. Nutritional and chemical analysis results of yogurt and legume-based yogurt analogues

	Nohut bazlı yoğurt analogu	Acı bakla bazlı yoğurt analogu	Fasulye bazlı yoğurt analogu	Hayvansal Yoğurt
Protein (%)	4.66 $\pm$ 0.21 ^b	1.41 $\pm$ 0.39 ^a	6.35 $\pm$ 0.59 ^c	3.87 $\pm$ 0.21 ^b
Yağ (%)	0.35 $\pm$ 0.07 ^{bc}	0.27 $\pm$ 0.03 ^b	0.1 $\pm$ 0.001 ^a	4 $\pm$ 0.001 ^d
Karbonhidrat (%)	9.94 $\pm$ 0.11 ^c	6.49 $\pm$ 0.37 ^b	16.91 $\pm$ 0.59 ^d	5.02 $\pm$ 0.13 ^a
Kül (%)	0.33 $\pm$ 0.02 ^a	0.39 $\pm$ 0.01 ^a	0.55 $\pm$ 0.01 ^b	0.76 $\pm$ 0.05 ^c
Kuru madde (%)	15.28 $\pm$ 0.01 ^c	8.57 $\pm$ 0.01 ^a	23.91 $\pm$ 0.01 ^d	13.66 $\pm$ 0.04 ^b
Titrasyon Asitliği (% laktik asit)	0.10 $\pm$ 0.01 ^a	0.11 $\pm$ 0.01 ^a	0.16 $\pm$ 0.01 ^b	0.93 $\pm$ 0.01 ^c
Serum Ayrılması (%)	6.20 $\pm$ 2.12 ^b	56.18 $\pm$ 1.24 ^d	0 $\pm$ 0 ^a	19.55 $\pm$ 1.34 ^c
Viskozite (mPa.s)	17.7 $\pm$ 0.05 ^b	1.73 $\pm$ 0.01 ^a	643.33 $\pm$ 0.86 ^c	1686.25 $\pm$ 4.48 ^d
pH	6.71 $\pm$ 0.01 ^d	5.48 $\pm$ 0.01 ^b	6.67 $\pm$ 0.01 ^c	4.1 $\pm$ 0.01 ^a
TAS (mmol Trolox Eq/L)	0.66 $\pm$ 0.08 ^c	0.43 $\pm$ 0.01 ^b	0.91 $\pm$ 0.06 ^d	0.27 $\pm$ 0.03 ^a
TOS (μ mol H ₂ O ₂ Eq/L)	0.81 $\pm$ 0.01 ^{ab}	2.4 $\pm$ 0.06 ^c	1.06 $\pm$ 0.22 ^{ab}	0.6 $\pm$ 0.03 ^a
OSI (AU)	0.12 $\pm$ 0.02 ^a	0.56 $\pm$ 0.02 ^c	0.12 $\pm$ 0.03 ^a	0.22 $\pm$ 0.01 ^b

One Way Anova (tek yönlü varyans analizi) testi. Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel anlamlılığı göstermektedir ($p < 0.05$).

Besin ögesi içeriğine ilişkin analiz sonuçları baklagil bazlı yoğurt analoglarının hayvansal yoğurda kıyasla daha yüksek karbonhidrat içeriğine ve protein seviyelerine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen bu sonuçlar literatür verileri ile uyumludur (Craig ve Brothers, 2021; Marlapati ve ark., 2024). Nohut ve fasulye bazlı yoğurt analoglarının yüksek protein içerikleri, fonksiyonel gıdalar olarak potansiyellerini ortaya koymaktadır. Bu bulgular bitki bazlı ürünlerin hayvansal süt ürünleriyle karşılaştırılabilir ve hatta daha üstün protein seviyeleri sunabileceğini bildiren Angelino ve arkadaşlarının bulgularını desteklemektedir (Angelino ve ark., 2020). Öte yandan, elde edilen bulgular bitki bazlı yoğurt analoglarının yalnızca vegan bireyler ve protein gereksinimlerini bitkisel kaynaklardan karşılamayı tercih eden tüketiciler için etkili bir protein kaynağı olmakla kalmayıp, aynı zamanda sağlıklı ve yüksek kompleks karbonhidrat içeriğiyle de besleyici bir alternatif sunabileceğini ortaya koymaktadır. Hayvansal yoğurdun daha yüksek yağ içeriğinin duyuşsal kabul edilebilirlik üzerinde olumlu bir etkisi olduğu görülmekle birlikte, düşük yağ içeriğine sahip baklagil bazlı yoğurt analoglarının da, diyetlerinde doymuş yağ miktarını azaltmayı hedefleyen bireyler için önemli bir alternatif olabileceği anlaşılmaktadır.

Örneklere ilişkin kül değeri verilerine göre en yüksek değerin hayvansal yoğurtta olduğu (0.76 ± 0.05) ve bitkisel yoğurt analoglarına göre farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu anlaşılmıştır. Baklagil bazlı yoğurt analogları arasında kül değeri en yüksek olan grubun fasulye bazlı yoğurt analogu (0.55 ± 0.01) olduğu ve diğer baklagil bazlı yoğurt analoglarına göre farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p < 0.05$).

Örneklerin pH verilerine göre ise, en düşük pH değerinin hayvansal yoğurt grubunda olduğu görülmekle birlikte, gruplar arasındaki farklılığın da istatistiksel olarak anlamlı olduğu anlaşılmıştır ($p < 0.001$). Oksidatif strese ilişkin verilere göre ise en yüksek TAS değerinin fasulye bazlı yoğurt analogunda (0.91 ± 0.06 mmol Trolox Eq/L) olduğu ve diğer gruplara göre farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır. Bir diğer yandan bütün baklagil bazlı yoğurt analoglarının TAS ve TOS değerlerinin hayvansal yoğurda göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Oksidatif stres indeksi açısından ise en yüksek değerin acı bakla bazlı yoğurt analogunda olduğu (0.56 ± 0.02 AU) ve diğer gruplara göre farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Baklagil bazlı yoğurt analoglarının antioksidan potansiyelinin hayvansal yoğurda göre oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu bulgu, bitki bazlı gıdaların, özellikle baklagillerin antioksidanlar açısından zengin olduğunu ve bu özelliklerinin sağlık üzerindeki olumlu etkilerine katkı sağladığını ortaya

koyan önceki çalışmalarla uyumludur (D'Andrea, 2023). Baklagil bazlı yoğurt analoglarının yüksek antioksidan kapasiteleri, temel beslenmenin ötesinde sağlık faydaları sunan fonksiyonel gıdaları tercih eden tüketiciler için önemli bir faktör olarak değerlendirilebilir (Postolache, 2023). Bir diğer yandan acı bakla bazlı yoğurt analogunda OSI değerine ilişkin yüksek değer bu ürünlerin oksidatif profilini optimize etmek için gerekliliğe işaret etmektedir. Bu ürünlerdeki oksidatif dengesizlik doğal antioksidanlar eklenmesi veya biyoaktif bileşik stabilitesini artırmak için fermentasyon koşullarının değiştirilmesi ile mümkün olabilir. Bitki bazlı yoğurt analoglarındaki antioksidan kapasite farklılıkları çoğunlukla kullanılan hammadde ve bunları izleyen fermentasyon süreçlerindeki değişikliklere bağlanabilir. Hayvansal yoğurtlar, fermentasyon sırasında oluşan biyoaktif peptitlerden fayda sağlarken; polifenol içeren bitki bazlı alternatifler de yüksek düzeyde antioksidan aktivite gösterebilmektedir (Rashwan ve ark., 2022; Wijesekara ve ark., 2022).

Fizikokimyasal özellikler açısından, çalışmada baklagil bazlı yoğurt analoglarının pH seviyelerinin hayvansal yoğurttan daha yüksek olduğu anlaşılmıştır. Nitekim bu sonuç Malki ve arkadaşlarının pH'daki değişikliklerin fermentasyon sürecini ve nihai ürünün özelliklerini etkileyebileceğini öne süren bulgularıyla uyumludur (Malki ve ark., 2022). Bu çalışmada gözlemlendiği üzere, hayvansal yoğurdun daha yüksek titre edilebilir asitliği ve viskozitesi, hayvansal yoğurtların yağ içeriği ve fermentasyon özellikleri nedeniyle tipik olarak daha stabil bir doku ve asitlik profiline sahip olduğu yönündeki genel anlayışla uyumludur (Helal, 2023). Baklagil bazlı yoğurt analogları ile hayvansal yoğurt arasında özellikle serum ayrılması ve viskozite açısından gözlenen farklılıklar, bu ürünlerin doku ve kıvam özelliklerini optimize etme ihtiyacını vurgulamaktadır. Pandey ve ark. (2021), tüketici tercihlerini artırmak için bu tür ürünlerin tekstürel ve aromatik özelliklerinin geliştirilmesi gerektiğini belirtmiş ve hidrokolloidler veya proteinler gibi stabilizatörler ile serum ayrılmasının azaltılabileceğini ve dokusal kıvamı iyileştirilebileceğini belirtmiştir.

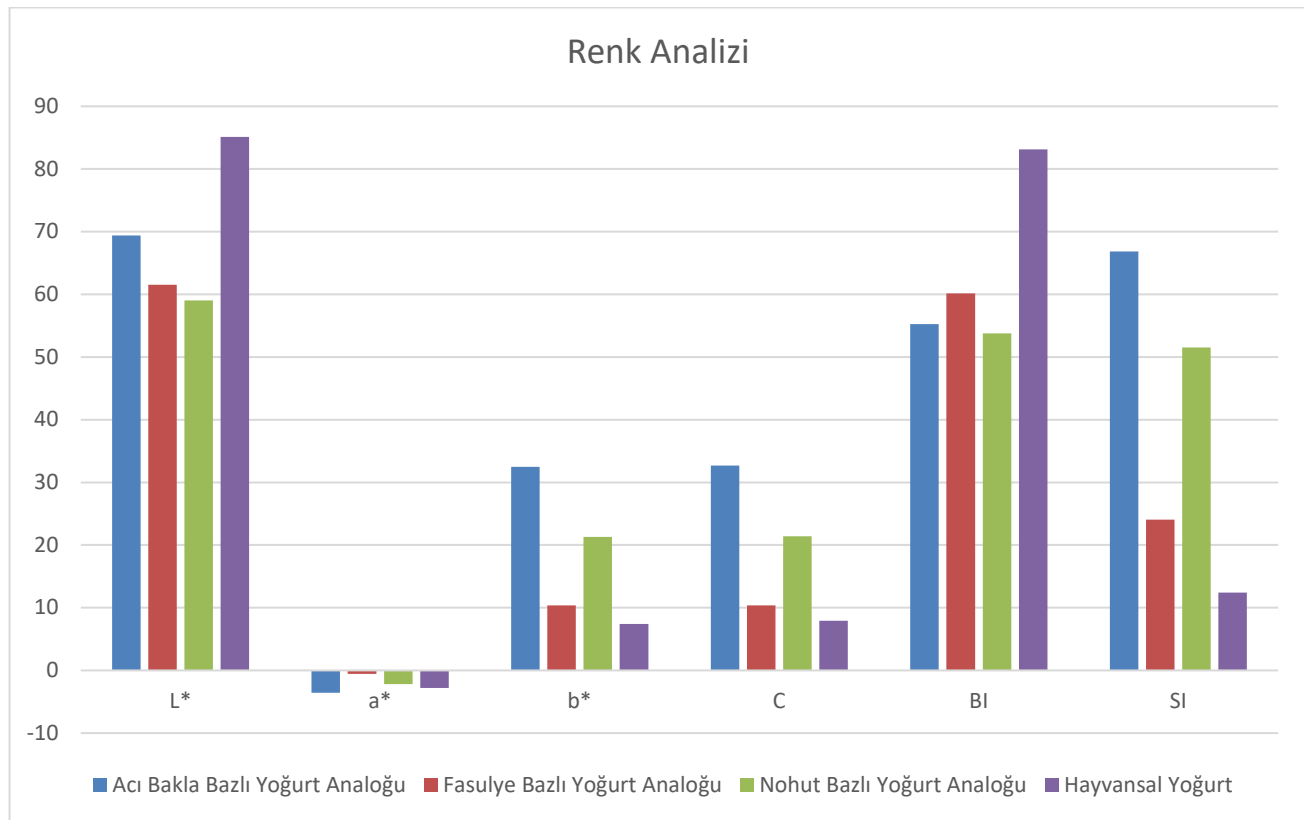
Yoğurt ve yoğurt analoglarına ilişkin renk ölçüm sonuçları Şekil 1'de gösterildiği gibidir. Hayvansal yoğurdun L^* (parlaklık) değeri 85.11 ± 0.04 olarak bulunmuş olup, bu değerin bitkisel yoğurt analoglarına göre anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu ($p < 0.001$) tespit edilmiştir. Bitkisel yoğurt analoglarında ise en yüksek değer acı bakla bazlı yoğurt analogunda (69.38 ± 0.01), en düşük değer ise nohut bazlı yoğurt analogunda (59.05 ± 0.06) gözlenmiş olup gruplar arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$). Örneklere ilişkin a^* (kırmızılık) değerleri ise -3.55 ± 0.06 (acı bakla) ile

-0.53 ± 0.001 (fasulye) arasında değişmekte olup gruplar arasındaki farklılığın da istatistiksel olarak anlamlı olduğu anlaşılmıştır ($p < 0.001$).

Sarılık (b^*) ve Chroma-doygunluk (C) değerleri açısından benzer sonuçlar elde edilmiş olup her iki parametrede de en yüksek değerlerin acı bakla bazlı yoğurt analogunda en düşük değerlerin ise hayvansal yoğurttan gözlemlendiği saptanmıştır ($p < 0.001$). Bir diğer yandan hayvansal yoğurdun beyazlık indeksinin (BI) diğer gruplara göre anlamlı olarak daha yüksek ($p < 0.001$), sarılık indeksinin (SI) ise daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Baklagil bazlı yoğurt

analoglarında ise beyazlık indeksi en yüksek olan yoğurt analogunun fasulye, sarılık indeksi en yüksek olan yoğurt analogunun ise acı bakla olduğu anlaşılmaktadır.

Renk analizine ilişkin sonuçlar da hayvansal yoğurt ve baklagil bazlı yoğurt analogları arasında önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymuş, hayvansal yoğurdun baklagil bazlı analoglara göre daha yüksek parlaklık (L^* değeri) sergilediği saptanmıştır. Bu durum, renk özelliklerinin yoğurt ürünlerinin tüketici algısı ve kabulünde kritik öneme sahip olduğunu belirten Silva ve arkadaşlarının bulgularıyla örtüşmektedir (Silva ve ark., 2019). Yoğurdun duyu ve renk özellikleri pazarlanabilirlik için çok önemlidir ve baklagil bazlı ürünlerde bu özelliklerin geliştirilmesi tüketici kabulünü artırabilir.



Şekil 1. Yoğurt ve baklagil bazlı yoğurt analoglarına ilişkin renk ölçüm sonuçları

Figure 1. Colour measurement results of yoghurt and legume-based yoghurt analogues

Sonuç

Bu çalışmada elde edilen bulgular, baklagil bazlı yoğurt analoglarının sürdürülebilir ve fonksiyonel gıdalar olarak önemli bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Nohut ve fasulyeden elde edilen yoğurt analogları; yüksek protein, antioksidan kapasite ve kompleks karbonhidrat içerikleriyle özellikle vegan bireyler ve bitki bazlı protein kaynaklarını tercih eden tüketiciler için sağlıklı bir alternatif sunmaktadır. Düşük yağ içerikleri de bu ürünlerin besleyici değerini artıran bir diğer avantajdır. Ancak, acı bakla bazlı ürünlerde belirginleşen düşük kıvam, serum ayrılması ve belirgin tat kusurları gibi duysal sorunlar, tüm ürün grubu için iyileştirme gereksinimini ortaya koymaktadır.

Duyusal analiz sonuçları, tüketici kabulünü artırmak amacıyla formülasyon optimizasyonlarına ve ek bileşen kullanımına ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda, yüksek basınçlı işleme ve ultrason destekli fermantasyon gibi yenilikçi teknolojilerin kullanılması, ürünlerin genel kalitesini ve raf ömrünü iyileştirebilir. Ayrıca, farklı tüketici gruplarını kapsayan geniş kapsamlı duysal değerlendirmeler, tercih kılıplarının anlaşılmasına ve hedef odaklı ürün geliştirme süreçlerine katkı sağlayacaktır. Bitki bazlı yoğurt analoglarının geliştirilmesi, yalnızca bireysel sağlığı desteklemekle kalmayıp aynı zamanda hayvansal kaynaklı ürünlerin çevresel yükünü azaltarak daha sürdürülebilir beslenme modellerinin yaygınlaşmasına da katkı sunmaktadır. Bu bağlamda, baklagil bazlı yoğurt analogları, gelecekte daha fazla araştırma ve inovasyonla birlikte, hem sağlıklı hem de çevre dostu fonksiyonel gıdalar olarak pazarda önemli bir yer edinebilir.

Etik Standartlar ile Uyumluluk

Çıkar çatışması: Yazarlar, bu yazı için gerçek, potansiyel veya algılanan çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Etik izin: Bu araştırma için Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Onayı alınmıştır (Karar No: 2024/337).

Veri erişilebilirliği: Veriler talep üzerine sağlanacaktır.

Finansal destek: Bu çalışma, 'TÜBİTAK-2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı (2023 yılı, 2. Dönem, Başvuru No: 1919B012323430)' kapsamında desteklenmiştir.

Teşekkür: Yazarlar Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) ve duysal analize katılan panelistlere teşekkür eder.

Açıklama: -

Kaynaklar

Angelino, D., Rosi, A., Vici, G., Russo, M., Pellegrini, N., Martini, D. (2020). Nutritional quality of plant-based drinks sold in Italy: the food labelling of Italian products (FLIP) study. *Foods*, 9(5), 682.

<https://doi.org/10.3390/foods9050682>

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (2000). Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists International, *Association of Official Analytical Chemists* (publisher), Washington, DC 20044, USA, pp 1018. ISBN: 0935584676

Aydar, E.F., Tutuncu, S., Ozelik, B. (2020). Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. *Journal of Functional Foods*, 70, 103975.

<https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103975>

Bader, S., Oviedo, J.P., Pickardt, C., & Eisner, P. (2011). Influence of different organic solvents on the functional and sensory properties of lupin (*Lupinus angustifolius* L.) proteins. *LWT-Food Science and Technology*, 44(6), 1396-1404.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.01.007>

Bilici, R. (2022). Vegan mutfakı kapsamında geliştirilmiş yenilikçi bir ürün: Bitkisel bazlı pastacı kreması. İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Craig, W., Brothers, C. (2021). Nutritional content and health profile of non-dairy plant-based yogurt alternatives. *Nutrients*, 13(11), 4069.

<https://doi.org/10.3390/nu13114069>

D'Andrea, A. (2023). A comparison of the nutritional profile and nutrient density of commercially available plant-based and dairy yogurts in the United States. *Frontiers in Nutrition*, 10.

<https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1195045>

Dhakar, D., Younas, T., Bhusal, R. P., Devkota, L., Henry, C.J., Dhital, S. (2023). Design rules of plant-based yoghurt-mimic: Formulation, functionality, sensory profile and nutritional value. *Food Hydrocolloids*, 142, 108786.

<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108786>

Diez-Ozaeta, I., Vázquez-Araújo, L., Estrada, O., Puente, T., Regefolk, J. (2024). Exploring the Role of Lactic Acid

Bacteria Blends in Shaping the Volatile Composition of Fermented Dairy and Rice-Based Beverages: A Step towards Innovative Plant-Based Alternatives. *Foods*, 13(5), 664.

<https://doi.org/10.3390/foods13050664>

Clark, S., Costello, M., Drake, M., Bodyfelt, F. (Eds.). (2009). *The sensory evaluation of dairy products* (Vol. 571). New York: Springer. ISBN: 978-3-031-30019-6

<https://doi.org/10.1007/978-0-387-77408-4>

Farooq, K., Haque, Z.U. (1992). Effect of sugar esters on the textural properties of nonfat low calorie yogurt. *Journal of Dairy Science*, 75(10), 2676-2680.

[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)78029-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)78029-1)

FMI (Future Market Insights). (2023). Plantbased milk market by category, by form, by product type, by flavor type, by end-use, by sales channel, by region for 2023–2033. <https://www.futuremarketinsights.com/reports/plant-based-milk-market>. (Erişim Tarihi: 04.02.2025)

Grasso, N., Alonso-Miravalles, L., O'Mahony, J. A. (2020). Composition, physicochemical and sensorial properties of commercial plant-based yogurts. *Foods*, 9(3), 252.

<https://doi.org/10.3390/foods9030252>

Greis, M., Sainio, T., Katina, K., Nolden, A.A., Kinchla, A.J., Seppä, L., Partanen, R. (2022). Physicochemical properties and mouthfeel in commercial plant-based yogurts. *Foods*, 11(7), 941.

<https://doi.org/10.3390/foods11070941>

Gupta, M.K., Torrico, D.D., Ong, L., Gras, S.L., Dunshea, F.R., Cottrell, J.J. (2022). Plant and dairy-based yogurts: a comparison of consumer sensory acceptability linked to textural analysis. *Foods*, 11(3), 463.

<https://doi.org/10.3390/foods11030463>

Helal, A. (2023). Influence of using wheatgrass juice on the nutritional value and characteristics of set yogurt. *Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 22(3), 263-285.

<https://doi.org/10.21608/jaesj.2024.235807.1110>

Heymann, H., Machado, B., Torri, L., & Robinson, A. L. (2012). How many judges should one use for sensory descriptive analysis?. *Journal of Sensory Studies*, 27(2), 111-122.

<https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2012.00373.x>

Hickisch, A., Beer, R., Vogel, R. F., Toelstede, S. (2016). Influence of lupin-based milk alternative heat treatment and

exopolysaccharide-producing lactic acid bacteria on the physical characteristics of lupin-based yogurt alternatives. *Food Research International*, 84, 180-188.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.03.037>

Laaksonen, O., Kahala, M., Marsol-Vall, A., Blasco, L., Järvenpää, E., Rosenvall, S., Yang, B. (2021). Impact of lactic acid fermentation on sensory and chemical quality of dairy analogues prepared from lupine (*Lupinus angustifolius* L.) seeds. *Food chemistry*, 346, 128852.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128852>

Malki, M.K.S., Pamunuwa, K.M.G.K., Wijesinghe, J.A.A.C. (2022). Development and quality evaluation of oat (*Avena sativa*) incorporated drinking yogurt. *Journal of Science*, 13(2).

<http://doi.org/10.4038/jsc.v13i2.48>

Marlapati, L., Basha, R.F., Navarre, A., Kinchla, A.J., Nolden, A.A. (2024). Comparison of Physical and Compositional Attributes between Commercial Plant-Based and Dairy Yogurts. *Foods*, 13(7), 984.

<https://doi.org/10.3390/foods13070984>

Pandey, S., Ritz, C., Perez-Cueto, F.J.A. (2021). An application of the theory of planned behaviour to predict intention to consume plant-based yogurt alternatives. *Foods*, 10(1), 148.

<https://doi.org/10.3390/foods10010148>

Paul, A.A., Kumar, S., Kumar, V., Sharma, R. (2020). Milk Analog: Plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(18), 3005-3023.

<https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1674243>

Postolache, A. (2023). A clean-label formulation of fortified yogurt based on rhododendron flower powder as a functional ingredient. *Foods*, 12(23), 4365.

<https://doi.org/10.3390/foods12234365>

Pua, A., Tang, V.C.Y., Goh, R.M.V., Sun, J., Lassabliere, B., Liu, S. Q. (2022). Ingredients, processing, and fermentation: addressing the organoleptic boundaries of plant-based dairy analogues. *Foods*, 11(6), 875.

<https://doi.org/10.3390/foods11060875>

Rashwan, A.K., Osman, A.I., Chen, W. (2023). Natural nutraceuticals for enhancing yogurt properties: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 21(3), 1907-1931.

<https://doi.org/10.1007/s10311-023-01588-0>

Runte, M., Guth, J.N., Ammann, J. (2024). Consumers' perception of plant-based alternatives and changes over time. A linguistic analysis across three countries and ten years. *Food Quality and Preference*, 113, 105057.

<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.105057>

Silva, S., Fernandes, I., Barros, L., Fernandes, Â., Alves, M., Calhelha, R., Barreiro, M. (2019). Spray-dried spirulina platensis as an effective ingredient to improve yogurt formulations: testing different encapsulating solutions. *Journal of Functional Foods*, 60, 103427.

<https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103427>

Thorning, T.K., Raben, A., Tholstrup, T., Soedamah-

Muthu, S.S., Givens, I., Astrup, A. (2016). Milk and dairy products: good or bad for human health? An assessment of the totality of scientific evidence. *Food & nutrition research*, 60(1), 32527.

<https://doi.org/10.3402/fnr.v60.32527>

Uçurum, M. (2017). Fuzzy statistical process control of a calcite grinding plant using total color difference parameter (ΔE). *IOSR Journal of Engineering*, 7, 7-22.

<https://doi.org/10.9790/3021-0705010722>

Wijesekara, A., Weerasingha, V., Jayarathna, S., Priyashantha, H. (2022). Quality parameters of natural phenolics and its impact on physicochemical, microbiological, and sensory quality attributes of probiotic stirred yogurt during the storage. *Food Chemistry: X*, 14, 100332.

<https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100332>