



## YOĞURDUN UÇUCU BİLEŞEN PROFİLİ VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE KÜLTÜR ÇEŞİDİNİN ETKİLERİ

**Emine Tuğçe ELMAS, Yonca KARAGÜL YÜCEER\***

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Çanakkale

Geliş/Received: 18.04.2024; Kabul /Accepted: 04.06.2024; Online baskı /Published online: 24.06.2024

Elmas, E. T., Karagül Yüceer, Y. (2024). Yoğurdun uçucu bileşen profili ve duyuşal özellikleri üzerine kültür çeşidinin etkileri. GIDA (2024) 49 (4) 595-606 doi: 10.15237/ gida.GD24045

*Elmas, E. T., Karagül Yüceer, Y. (2024). Effects of culture type on volatile component profile and sensory properties of yogurt. GIDA (2024) 49 (4) 595-606 doi: 10.15237/ gida.GD24045*

### ÖZ

Çalışmada, yoğurt üretiminde farklı kültür çeşitleri kullanımının yoğurdun bazı kimyasal ve duyuşal özellikleri ile uçucu bileşenleri üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla altı farklı ticari kültür kullanılmıştır. Yoğurt örneklerinin protein, kül, titrasyon asitliği, laktoz ve tirozin değerlerinin sırasıyla %4.13-4.38, %1.10-1.21, %0.92-1.23, %5.62-6.19 ve 9.57-14.76 mg tirozin/100 g yoğurt arasında değiştiği ortaya konmuştur. Uçucu bileşenlerin belirlenmesi amacıyla katı faz mikroekstraksiyon tekniği ve Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi kullanılmıştır. Analiz sonucunda asetaldehit, diasetil, asetoin, asetik asit, bütanoik asit ve hekzanoik asit yoğurtların karakteristik uçucu bileşenleri olarak saptanmıştır. Tanımlayıcı duyuşal analizler sonucunda topaklı yapı, kıvam, sünen yapı, fermente ve ekşi terimleri panelistlerce en yoğun algılanan duyuşal özellikler olarak belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Yoğurt, kültür, uçucu bileşen, duyuşal

## EFFECTS OF CULTURE TYPE ON VOLATILE COMPONENT PROFILE AND SENSORY PROPERTIES OF YOGURT

### ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine the effect of using different varieties of cultures in yogurt production on some chemical, sensory properties and volatile compounds. Six different starter cultures were used for this purpose. It was revealed that the protein, ash, titratable acidity, lactose and tyrosine values of yoghurts varied between 4.13-4.38%, 1.10-1.21%, 0.92-1.23%, 5.62-6.19% and 9.57-14.76 mg tyrosine/100g yogurt, respectively. Solid phase microextraction technique and Gas Chromatography-Mass Spectrometry were used to determine volatile components. Acetaldehyde, diacetyl, acetoin, acetic acid, butanoic acid and hexanoic acid were determined as the characteristic volatile compounds of yoghurts. As a result of descriptive sensory analysis, the terms lumpy structure, consistency, ropy structure, fermented and sour were determined as the most intensely perceived sensory characteristics by the panelists.

**Keywords:** Yogurt, culture, volatile component, sensory

\* Yazışmalardan sorumlu yazar/Corresponding author

✉: yoncayuceer@comu.edu.tr

☎: (+90) 286 218 0018/20051

☎: (+90) 286 218 0541

Emine Tuğçe Elmas: 0000-0002-6694-0957

Yonca Karagül Yüceer: 0000-0002-9028-2923

## GİRİŞ

Yoğurt, *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* kültürleri kullanılarak üretilen ve yaygın tüketilen fermente bir süt ürünüdür. Günümüzde yoğurdun yaygın olarak tüketilen bir gıda olmasının sebebi, çeşitli sağlık faydalarının yanı sıra tat ve duysal özellikleri ile de ilişkilidir. Yoğurt, 'yeşil elma' aromasına ve pürüzsüz, viskoz jel benzeri bir yapıya sahip bir gıdadır. Bu özellikler yoğurdun tüketiciler tarafından kabul edilebilir özelliklere sahip olmasında önemli rol oynamaktadır. Tüketiciler tarafından tercih edilen tipik yoğurt aroması, yoğurt yapımında sütün fermantasyonu amacıyla kullanılan starter kültürler tarafından laktik asit fermantasyonu sırasında oluşmaktadır. Yoğurt starter kültürleri, fermantasyon sırasında başta laktoz olmak üzere diğer besin maddelerini çeşitli lezzet ve aroma bileşenlerine dönüştürmektedir. Bugüne kadar çeşitli yoğurt kültürleri tarafından üretilen 100'den fazla farklı uçucu bileşen rapor edilmiştir (Krastanov vd., 2023).

Temel gıda muhafaza yöntemlerinden biri olan fermantasyon, gıdaların besin değerini, raf ömrünü ve duysal niteliklerini önemli ölçüde arttırmaktadır. Bu süreç, gıdanın temel bileşenlerinin (karbohidratlar, proteinler ve lipitler) biyokimyasal materyallerini parçalayan, sindirimi ile tadını iyileştiren ve gıdanın farmakolojik ve besinsel faydalarını artıran çeşitli mikroorganizmaları içerir. Yoğurtta bulunan lezzet bileşiklerinin çoğu starter kültürlerdeki mikroorganizmaların yani laktik asit bakteri aktivitesinin bir sonucu oluşmaktadır. Bu starter kültürlerde bulunan mikroorganizmalar, fermantasyon sırasında süt yağının serbest yağ asitlerine (lipoliz), kazeinin peptitlere ve serbest amino asitlere (proteoliz) ve karbohidratların laktik aside veya diğer metabolitlere parçalanmasını içeren üç temel biyokimyasal görevi yerine getirmektedir.

Lezzet gıdalarda oldukça önemlidir; tüketiciler için lezzet, gıdanın tüketim miktarını ve genel kabul edilebilirlik değerini gösteren önemli bir parametredir (Panesar, 2011). Starter kültürler, işleme koşulları, sütün türü ve diğer bazı bileşenleri içermesi bakımından yoğurdun

lezzetinde oldukça etkili rol oynamaktadır. Ancak bu parametreler dahilinde olsa bile yoğurttaki lezzet bileşenlerinin gelişimi çoğunlukla kullanılan starter kültürlerden kaynaklanmaktadır (Akan vd., 2021). Yoğurt üretiminde kullanılan iki bakteri arasındaki simbiyotik ilişki, proto-kooperasyon olarak adlandırılmaktadır ve her biri sütte tek başına gelişse de fermantasyon sırasında karşılıklı olarak birbirlerinin gelişimini teşvik etmektedirler. İlişkisel gelişimleri ve karşılıklı uyanımları nedeniyle, birlikte kullanıldıkları kültürlerdeki lezzet bileşenlerinin sayısı, ayrı ayrı kullanıldıkları kültürlerin her birinden önemli ölçüde daha yüksektir. Laktik asit fermantasyonu sırasında bu kültürlerin faaliyeti sonucu yüksek oranda aroma bileşiği üretildiği belirlenmiştir (Cheng, 2010).

Laktik asit bakterileri sütte bulunan laktozu birincil enerji ve karbon kaynağı olarak kullanmaktadır. Aslında, yoğurdun kendine özgü asidik tadı, laktozun laktik asit bakterileri tarafından laktik aside dönüştürülmesinden kaynaklanmaktadır. Laktik asit bakterilerindeki iki farklı karbohidrat fermantasyon yolu olan homofermantasyon ve heterofermantasyon laktik asit bakteri türlerine, substrata ve çevresel faktörlere bağlı olarak çeşitli metabolik son ürünlerle sonuçlanır. Yoğurdun karakteristik aroması asetaldehit, diasetil, aseton, aseton ve 2, 3-bütandiol gibi çeşitli bileşikler tarafından üretilmektedir. Bu moleküller, belirli laktik asit bakterileri tarafından sitrat veya glikoliz metabolizması sonucunda üretilmektedir. Diasetil, önemli bir lezzet bileşiğidir ve hem *S. thermophilus* hem de *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* tarafından üretilmektedir (Tamime ve Robinson, 1999).

Yoğurdun hoş bir tat ve aromaya sahip olması için proteoliz önemli biyokimyasal bir adımdır. Bazı laktik asit bakterilerinin proteolitik aktivitesi sonucunda proteinler hidrolize olarak amino asitlerin ve peptitlerin oluşmasına neden olmaktadır. Proteoliz ve bir aminoasidin parçalanması süreci iki aşamadan oluşur. Proteinazlar, proteinlerin oligopeptitlere parçalanmasına neden olur ve yoğurtta da kazeinin proteolize uğramasını sağlamaktadır. İkinci aşama ise di-, tri- ve oligopeptitlerin

hücreye taşınması olayıdır. Peptidazlar, kazeinden türetilmiş peptitleri hidrolize eder. Kazeinden türetilmiş peptitler ise laktik asit bakterileri tarafından amino asitlere kadar parçalanır (Krastanov vd., 2023). Proteoliz sonucu üretilen serbest amino asitlerden amonyak, aminler, aldehitler, fenoller, indol ve alkoller dahil olmak üzere çeşitli lezzet bileşikleri oluşur ve bu bileşiklerin tümü yoğurdun lezzetine katkıda bulunmaktadır (Cheng, 2010).

Fermente gıdalarda lezzet bileşenleri üreten iki ana süreç lipoliz ve yağ asidi oksidasyonudur. Fermente gıdaların çoğu lipitlerin (trigliseritler, digliseritler ve monogliseritler) parçalanmasıyla üretilen önemli lezzet bileşenlerinden olan serbest yağ asitlerini içermektedir. *Lactobacillus* suşları lipaz aktivitesi sayesinde serbest yağ asitlerini üreterek özellikle doymuş ve doymamış yağ asitleri, alkanlar, metil ketonlar, esterler, ikincil alkoller ve laktonlar dahil olmak üzere çeşitli uçucu bileşiklerin üretilmesini sağlamaktadır (Tamime ve Robinson, 1999). Güçlü meyvemsi aromalar sağlayan  $\alpha$ - $\delta$ -laktonlara dönüşen 4-5-hidroksi asitlerin sentezi, doymamış yağ asidi metabolizmasından da kaynaklanabilir (Krastanov vd., 2023).

Çeşitli çalışmalarda, yoğurtta bulunan bazı uçucu bileşikler laktik asit bakteri türleriyle ilişkilendirilmiştir ve bu da laktik asit bakterilerinin yoğurt da dahil olmak üzere birçok fermente gıdanın lezzetini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir (Tamime ve Robinson, 1999; Cheng, 2010; Köse ve Ocak, 2014). Yoğurtta *Lactobacillus* türü baskındır ve bu tür esterler, aldehitler, asitler, ketonlar ve alkollerin oluşmasına katkı sağlamaktadır (Krastanov vd., 2023). Dolayısıyla yoğurt kültürlerinin seçimi, kültürlerin oran ve kombinasyonlarının kullanım şekli yoğurtta arzu edilen lezzet özelliklerinin elde edilmesinde oldukça önemlidir. Yoğurtta bulunan uçucu asitlerin, aroma ve tat oluşumu yanında beslenme ve sağlık üzerine de olumlu etkileri bulunmaktadır (Oyeniran vd., 2020). Yoğurdun tercihinde yoğurt üretiminde kullanılan starter kültürler önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle çalışmada, yoğurt üretiminde kullanılan farklı ticari kültür çeşitlerinin ürünün uçucu bileşen

profilini ve duyuşsal özellikleri üzerine etkilerinin kantitatif olarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

### MATERYAL VE YÖNTEM

#### Yoğurt Üretimi

Standart bir hammadde olması amacıyla, Enka Süt ve Mamulleri Sanayi ve Ticaret A.Ş. (Konya) tarafından sağlanan yağsız süttozu kullanılarak rekonstitüe süt elde edilmiştir. Üretimde kullanılan Yo-tech K-44 (A), Yo-tech M-51 (B) ve Yo-tech M-71 (C) kültürler Maysa Gıda (İstanbul) firmasından ve CH-1 (D), YF-L903 (E) ve Yoflex Advance 2.0 (F) kültürler ise Chr. Hansen (İstanbul, Türkiye) firmasından temin edilmiştir. Kuru maddesi yaklaşık %12'ye ayarlanan 30 L yağsız rekonstitüe süt 6 eşit kısma ayrılarak su banyosunda 85°C'de 30 dakika pastörize edildikten sonra hızla 45°C'ye soğutulmuştur. Her süt partisine üretici firma tarafından önerilen miktarda yoğurt kültürleri ayrı ayrı ilave edilerek 210 mL hacmindeki cam kavanozlara dolun yapılan sütler 45°C'de inkübasyona bırakılmıştır. pH değeri 4.8 olan yoğurt örneklerinin inkübasyonu sonlandırılmış ve hızla soğutulmuş buzdolabı koşullarında ( $4\pm 1^\circ\text{C}$ ) 21 gün depolanmıştır. Yoğurt üretimi iki tekrarlı gerçekleştirilmiştir.

#### Kimyasal Analizler

Yoğurt örneklerinde; % laktik asit cinsinden titrasyon asitliği (LA), protein ve kül değerleri (AOAC, 2000) belirlenmiştir. Örneklerdeki laktoz miktarı (Lane-Eynon) (Kırdar, 2019) ve proteoliz düzeyinin saptanması amacıyla ise tirozin miktarı (Hull, 1947) tespit edilmiştir.

#### Uçucu Bileşen Analizi

Uçucu bileşenlerin tanımlanması ve miktar belirlenmesi amacıyla Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi (GC-MS) (GC 6890, MS 6890N, Agilent Technologies, Wilmington, DE, ABD) ve HP-INNOWax (60 m  $\times$  0.25 mm ID, 0.25  $\mu\text{m}$ , Agilent Technologies) kullanılmıştır. Uçucu bileşenler katı faz mikroekstraksiyon tekniği (SPME) kullanılarak izole edilmiştir. 40 mL hacmindeki SPME vialine (Supelco, Bellafonte, ABD) 5 g yoğurt, 1 g sodyum klorür ve 10  $\mu\text{L}$  iç standart (1 mL'sinde 5  $\mu\text{L}$  2-metil valerik asit ve 0.5  $\mu\text{L}$  2-metil-3-heptanon içermektedir) ilave

edilerek 40 °C'de 20 dk süreyle su banyosunda bekletilmiştir. Ardından su banyosundaki vialer SPME fiber (2 cm-50/30 µm DVB/Carboxen/PDMS stable flex, Supelco, Bellafonte, ABD) daldırılarak 40 °C'de 20 dk daha bekletilmiş ve GC-MS'e enjekte edilmiştir. GC-MS koşulları: taşıyıcı gaz akışı 1.0 mL/dk, fırın programı başlangıç sıcaklığı ve süresi: 40 °C'de 10 dakika, rampa: 5 °C/dk, son sıcaklık ve süre: 250°C'da 10 dakika olmak üzere toplam 62 dakikadır. MS şartları; kapiler arayüz sıcaklığı 280 °C, iyonizasyon enerjisi 70 eV, kütle aralığı 35 ile 350 amu, tarama hızı 4.45 scans/s. Uçucu bileşenlerin tanımlanmasında National Institute of Standards and Technology (NIST, 2008) ve Wiley Registry of Mass Spectral Data (Wiley, 2005) kütüphanelerinden yararlanılmıştır. Tanımlanan uçucu bileşenlerin alıkonma indeksleri (RI) Van den Dool ve Kratz (1963) tarafından belirtildiği şekilde, miktarları ise iç standartlarla kıyaslanarak oransal bolluklarına göre belirlenmiş (Avsar vd., 2004) ve sonuçlar µg/kg yoğurt olarak verilmiştir.

### Duyusal Analiz

Yoğurt örneklerinin duyu özelliklerini belirlemek amacıyla tanımlayıcı duyu analiz ve tüketici testi olmak üzere iki farklı yöntem uygulanmıştır. Yoğurtların tanımlayıcı duyu analiz değerlendirmeleri yaşları 20-54 arasında değişen 4'ü kadın 2'si erkek 6 kişilik bir panelist grubu tarafından gerçekleştirilmiştir. Terimlerin geliştirilmesi ve skala kullanımı konusunda panelistlere Spectrum™ metodu kullanılarak yaklaşık 20 saatlik bir eğitim verilmiştir (Meilgaard vd., 1999). Panelistler eğitim sırasında yoğurtlara ait yapı (topaklı yapı, kıvam, tebeşirimsi ve sünen yapı) ve lezzet (pişmiş, fermente, kremamsı, yavan, ekşi, tatlı, tuzlu) terimlerini belirlemişlerdir. Değerlendirmelerde 15 puanlık skala (0: tanımlanan özelliğin hiç tespit edilememesi; 15: tanımlanan özelliğin en yoğun tespit edilmesi) kullanılmış olup geliştirilen terimler ve tanımları Çizelge 1'de verilmiştir. Rastgele 3 haneli rakamlarla kodlanmış ve oda sıcaklığında (25±1°C) 15 dakika bekletilen yoğurt örnekleri panelistlere sunulmuş ve panelistlerden terimlerin yoğunluklarını belirtmeleri istenmiştir. Her bir oturumda 6 örnek iki tekerrürlü olarak panelistler tarafından değerlendirilmiştir. Panelistlere tadım sırasında ağızlarını nötrlemeleri amacıyla su ve kraker sunulmuştur.

Çizelge 1. Tanımlayıcı duyu terimleri

Table 1. Descriptive sensory terms

Terim/Term	Tanım/Description
Topaklı yapı/ <i>Lumpy</i>	Karıştırıldıktan sonra görülen topaklar/ <i>Lumps visible after mixing</i>
Kıvam/ <i>Consistency</i>	Dil ile damak arasında kolay dağılmayan yapı/ <i>Structure, not spread easily between the tongue and palate</i>
Tebeşirimsi/ <i>Chalky</i>	Ağızda hissedilen tebeşirimsi yapı/ <i>Chalky structure felt in the mouth</i>
Sünen yapı/ <i>Ropy</i>	Kaşıkla alındığında uzayan yapı/ <i>Ropy structure when taken with spoon</i>
Pişmiş/ <i>Cooked</i>	Pişmiş süt aroması/ <i>Aromatics associated with cooked milk</i>
Kremamsı/ <i>Creamy</i>	Süt yağı aroması/ <i>Aromatics associated with milk fat</i>
Fermente/ <i>Fermented</i>	Yoğurt aroması/ <i>Aromatics associated with yogurt</i>
Yavan/ <i>Flat</i>	Tat-aroma eksikliği/ <i>Lack of taste and aroma</i>
Ekşi/ <i>Sour</i>	Asidik tat/ <i>Taste sensation elicited by citric acid</i>
Tatlı/ <i>Sweet</i>	Şekerli tat/ <i>Taste sensation elicited by saccharose</i>
Tuzlu/ <i>Salty</i>	Tuzlu tat/ <i>Taste sensation elicited by sodium chloride</i>

Tüketici testi amacıyla yoğurt örnekleri 40 mL'lik kapaklı sos kaplarında ve kaplar rastgele 3 basamaklı sayılar ile kodlanarak panelistlere sunulmuştur. Teste yaşları 19-54 arasında değişen 85'i kadın 37'si erkek olmak üzere 122 kişi

katılmıştır. Yoğurtlar üretildikten 5 gün sonra tüketiciler tarafından 9 puanlı hedonik skala kullanılarak görünüş, kıvam ve tat-koku özellikleri bakımından değerlendirilmiştir.

**İstatistiksel Analiz**

Farklı kültür ve depolama sürelerinin üretilen yoğurtların uçucu bileşen ve duyuşsal özelliklerine etkisinin araştırılmasında faktöriyel düzende varyans analizi (ANOVA) tekniğinden yararlanılmıştır (Yiğit ve Mendeş, 2018). Söz konusu istatistiksel analizlerin yapılmasında Minitab 17 ve IBM SPSS Statistics 23 istatistik paket programları kullanılmıştır.

**BULGULAR VE TARTIŞMA**

Depolamanın birinci gününde yoğurt örneklerinde belirlenen asitlik, genel bileşim, laktoz ve tirozin değerleri Çizelge 2'de sunulmuştur. Yoğurtların asitliği ve genel bileşimleri incelendiğinde titrasyon asitliğinin %0.92-1.23, protein değerlerinin %4.24-4.29 ve kül miktarlarının %1.15-1.19 arasında değıştiğı görölmektedir (Çizelge 2). Laktoz miktarının

%5.62-6.19 ve tirozin değerlerinin 9.57-14.76 mg tirozin/100 g yoğurt arasında olduğı belirlenmiştir. Titrasyon asitliği değerleri incelendiğinde, A örneğı %1.23 değıeri ile en yüksek, F örneğı ise %0.92 değıeri ile en düşük titrasyon asitliğine sahiptir. Yoğurtta laktik asit üretimi önemli bir biyokimyasal olay olup yoğurt bakterileri tarafından üretilmektedir. Üretilen laktik asit, kazein misellerinin stabilitesini bozarak süütün koagüle olmasına ve yoğurt pıhtısının oluşmasına sebep olmaktadır. Ayrıca laktik asit yoğurda tipik aromatik özellik de kazandırmaktadır (Özdemir ve Bodur, 1994). Kullanılan kültüre göre de yoğurtlardaki titrasyon asitliği değıerlerinin farklılık gösterdiğı belirlenmiştir. Güzel-Seydim (2005) ve Gürsoy vd. (2010) tarafından yoğurtlarda yapılan çalışmalarda benzer bulgular elde edilmiştir.

Çizelge 2. Yoğurt örneklerinin bileşimine ait tanıtıcı istatistikler

Table 2. Descriptive statistics of composition of yogurt samples

	Yoğurt/Yogurt					
	A	B	C	D	E	F
% Laktik asit/ <i>Lactic acid</i> %	1.23±0.02 <sup>a</sup>	0.96±0.02 <sup>bc</sup>	0.92±0.01 <sup>c</sup>	0.96±0.01 <sup>b</sup>	0.95±0.02 <sup>bc</sup>	0.92±0.02 <sup>bc</sup>
% Protein/ <i>Protein</i> %	4.28±0.03 <sup>a</sup>	4.26±0.02 <sup>a</sup>	4.28±0.00 <sup>a</sup>	4.25±0.01 <sup>a</sup>	4.29±0.02 <sup>a</sup>	4.24±0.02 <sup>a</sup>
% Kül/ <i>Ash</i> %	1.15±0.02 <sup>a</sup>	1.17±0.01 <sup>a</sup>	1.19±0.01 <sup>a</sup>	1.17±0.01 <sup>a</sup>	1.16±0.01 <sup>a</sup>	1.15±0.01 <sup>a</sup>
% Laktoz/ <i>Lactose</i> %	5.62±0.11 <sup>d</sup>	5.72±0.23 <sup>cd</sup>	6.19±0.08 <sup>a</sup>	5.92±0.09 <sup>bc</sup>	6.14±0.04 <sup>ab</sup>	5.98±0.05 <sup>abc</sup>
Tirozin (mg/100 g yoğurt)	14.76±1.86 <sup>a</sup>	10.51±1.12 <sup>b</sup>	8.49±1.02 <sup>b</sup>	11.93±1.10 <sup>ab</sup>	10.76±1.03 <sup>b</sup>	9.57±2.82 <sup>b</sup>
<i>Tyrosine</i> (mg/100 g yoğurt)						

Sonuçlar ortalama± standart hata olarak sunulmuştur. <sup>a-d</sup> Aynı satırda farklı küçük harflerle ifade edilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ( $P \leq 0.05$ ).

*Values presented as mean ± standard error. <sup>a-d</sup>Differences among the means in the same row followed by different letters are significant ( $P < 0.05$ )*

Laktoz içeriğı bakımından C örneğı %6.19 değıeri ile en yüksek, A örneğı ise %5.62 değıeri ile en düşük laktoz içeriğine sahip bulunmuştur (Çizelge 2). Laktoz yoğurt üretimi sırasında laktik asit fermantasyonunun başlangıç materyali olmasına karşın fermantasyon sonrasında bile yoğurtta yüksek düzeyde laktoz bulunmaktadır. Bunun asıl nedeni yoğurt bakterilerinin laktozu sınırlı düzeyde fermente etmesinden kaynaklanmaktadır.

Yoğurtlarda tirozin miktarı 8.49-14.76 mg tirozin/100 g yoğurt arasında değışmektedir. En yüksek tirozin değıerine sahip olan yoğurdun A örneğı, en düşük tirozin değıerine sahip olan yoğurdun ise C örneğı olduğı görölmüştür. Süt

proteinleri, özellikle kazeinler, yoğurt bakterileri için temel azot kaynağıdır. Yoğurt bakterileri tarafından kazein hidrolizasyonunun birinci basamağı proteinaşlar tarafından gerçekleştirilmektedir. *S. thermophilus* ve *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un birçok suşu proteinaş aktivitesine sahiptir. Özellikle *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* kaynaklı proteinaşlar 45-55°C ve pH 5.2-5.8 aralığında optimum aktivite göstermektedir. *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* tarafından sentezlenen proteaşlar tarafından açığa çıkarılan oligopeptitler, endo- ve ekzopeptidazlar aracılığı ile düşük moleköl ağırlığına sahip peptitlere ve amino asitlere parçalanmaktadır ve bu azotlu bileşikler *S. thermophilus* tarafından kullanılmaktadır. Bu olay,

iki yoğurt bakterisi arasındaki simbiyotik ilişkinin temelini oluşturmaktadır (Özer, 2006). Ayrıca yoğurttaki asitlik arttıkça amino asit içeriği de artış göstermektedir (Yaygın, 1999). Yoğurdun tirozin içeriği ile titrasyon asitliği arasında ilişki olduğu, titrasyon asitliği düşük olan yoğurdun tirozin değerlerinin de düşük olduğu bildirilmektedir. Çalışmada elde edilen bulgular bu açıdan incelendiğinde düşük titrasyon asitliğine sahip C ve F yoğurtlarının yine düşük tirozin içeriğine sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 2). Benzer şekilde Güven ve Karaca (2003) tarafından yapılan çalışmada yoğurt örneklerinin birinci gün tirozin içerikleri incelendiğinde, en yüksek pH değerine sahip olan yoğurdun en düşük tirozin içeriğine sahip olduğu, en düşük pH değerine sahip olan yoğurdun ise en yüksek tirozin içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir.

Yoğurtlarda bulunan uçucu bileşenler katı faz mikroekstraksiyon (SPME) GC-MS tekniği kullanılarak belirlenmiştir. Tepe boşluğu yöntemi ile depolamanın birinci gününde belirlenen uçucu bileşenler Çizelge 3'te sunulmuştur. Karbohidratlar, alkoller, aldehytlar, ketonlar, asitler, esterler, laktonlar, aromatik bileşikler, kükürt içeren bileşikler ve heterosiklik bileşikler dahil olmak üzere 100'den fazla uçucu bileşenin yoğurdun tat ve aroma dengesinin belirlenmesinde önemli rol oynadığı bilinmektedir (Beskhova vd., 1998; Cheng, 2010). Yoğurttaki karbonil bileşikler birincil aromatik maddelerdir ve bu bileşikler aldehit ve ketonlardan oluşmaktadır. Fermantasyon sırasında elde edilen bileşiklerin türü ve konsantrasyonu kullanılan kültür çeşidine bağlıdır. Sitrik asit ve amino asit metabolizması ile laktik asit bakterisi tarafından üretilen ve yoğurttaki istenen aromadan sorumlu karbonil bileşiklerinin asetaldehit, diasetil, aseton, aseton ve 2-bütanon olduğu bildirilmiştir (Kneifel vd., 1992; Marshall, 1993; Ulbert, 1991; Ulbert ve Kneifel, 1992). Yoğurttaki az miktarda bulunmasına rağmen bu bileşiklerin organoleptik açıdan oldukça önemli olduğu bilinmektedir. Çalışmada asetaldehit miktarları 21.2-47.7 µg/kg arasında bulunmuştur (Çizelge 3). En yüksek asetaldehit miktarının D örneğinde, en düşük asetaldehit miktarının ise E örneğinde olduğu belirlenmiştir. Diasetil bir diğer karbonil

bileşenidir ve asetaldehiti destekleyici veya asetaldehitin yetersiz olması durumunda dengeli bir tat ve aromanın oluşumu için önem arz etmektedir. Yoğurdun duyu kalitesi bakımından asetaldehit kadar önemlidir. Yoğurttaki karakteristik tereyağı aromasını üreten diasetil hem *S. thermophilus* hem de *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* tarafından üretilmektedir (Drake vd., 1999). Bu çalışmada diasetil miktarının 23.4-42.0 µg/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek diasetil miktarının C örneğinde, en düşük diasetil miktarının ise E örneğinde olduğu tespit edilmiştir. Yoğurttaki yaygın olarak bulunan diğer bileşen olan hafif kremi, hafif tatlı, tereyağı benzeri bir lezzet veren aseton, diasetil redüktaz tarafından katalizlenen geri dönüşümsüz bir reaksiyon ile diasetilden oluşmaktadır (Özer, 2006). Çalışmada aseton miktarları 0.3-1.1 µg/kg arasında tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Asidik özellikteki bileşikler tüm yoğurt aromasının yaklaşık %14'ünü oluşturmaktadır. Asitlerin birçoğu yağın ayrışması ve kısmen laktik asit bakterisi fermantasyonu yoluyla fermantasyon sürecinde üretilmektedir (Tian vd., 2019). Çalışmada yoğurt örneklerinde değişen konsantrasyonlarda asetik asit, propoik asit, izobütirik asit, bütanoik asit, izovalerik asit, pentanoik asit, hekzanoik asit, heptanoik asit, oktanoik asit, nonanoik asit ve dekanik asit tespit edilmiştir (Çizelge 3). Asetik asit heterofermentatif laktik asit bakterileri tarafından üretilen önemli bir asittir. Konsantrasyona bağlı olarak sirke benzeri bir aroma verdiği için yüksek konsantrasyonları yoğurt lezzetini olumsuz etkilemektedir (Tian vd., 2019). Çalışmada yoğurtlarda belirlenen asetik asit miktarlarının 221.8-1112.0 µg/kg arasında değiştiği saptanmıştır (Çizelge 3). Moineau-Jean vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, yağsız süt kullanılmasına rağmen oktanoik, dekanik ve nonanoik asitlerin bir miktar lipoliz veya yağ asidi sentezi sırasında meydana geldiği belirtilmiş ve oktanoik ve dekanik asitlerin yoğurt lezzetine katkısının olumlu yönde olduğu fakat nonanoik asidin lezzete katkısının olumsuz yönde olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada genel olarak asit miktarlarının diğer örneklere kıyasla D örneğinde daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3).

Yoğurt kültürünün uçucu bileşenlere ve duyuşal özelliklere etkisi

Çizelge 3. Yoğurt örneklerinde belirlenen uçucu bileşenler  
Table 3. Volatile compounds determined in yogurt samples

Uçucu Bileşenler/ <i>Volatiles</i>	RI	Yoğurt/ <i>Yogurt</i> (µg/kg)					
		A	B	C	D	E	F
Asetaldehit/ <i>Acetaldehyde</i>	774	31.8±0.4	30.9±0.2	39.3±14.3	47.7±13.4	21.2±1.4	33.5±0.9
Diasetil/ <i>Diacetyl</i>	974	29.4±3.6	35.7±0.9	42.0±2.0	40.1±15.5	23.4±2.1	40.2±9.7
2-Bütenal, 3-metil/2- <i>Butenal, 3-methyl</i>	1203	1.4±1.2	-	-	-	-	-
3-Büten-1-ol, 3-metil/3- <i>Buten-1-ol, 3-methyl</i>	1241	0.7±0.1	-	-	0.5±0.1	-	0.5±0.1
5-Nonanon/ <i>5-Nonanone</i>	1282	0.6±0.3	-	-	-	-	-
2-Propanon, 1-hidroksi/2- <i>Propanone, 1-hydroxy</i>	1289	-	-	1.9±1.9	1.8±1.2	-	-
2-Büten-1-ol, 3-metil/2- <i>Buten-1-ol, 3-methyl</i>	1309	0.7±0.1	0.6±0.2	0.8±0.1	0.8±0.1	0.3±0.1	0.6±0.1
1-Hekzanol/ <i>1-Hexanol</i>	1339	0.2±0.1	0.3±0.1	0.2±0.1	0.2±0.1	0.1±0.1	0.3±0.1
3-Pentanol, 2-metil/3- <i>Pentanol, 2-methyl</i>	1341	3.6±0.4	3.3±0.1	5.0±0.7	-	1.8±0.2	-
İzopropil alkol/ <i>Isopropyl alcohol</i>	1346	2.9±0.4	2.9±0.1	4.1±0.5	3.4±0.5	1.2±0.1	1.8±0.2
2-Nonanon/ <i>2-Nonanone</i>	1376	2.0±0.8	0.4±0.1	0.3±0.1	1.3±0.1	1.0±0.8	0.4±0.2
2(3H)-Furanon, 5-metil/2(3H)- <i>Furanone, 5-methyl</i>	1395	-	-	-	0.7±0.7	-	-
Asetik asit/ <i>Acetic acid</i>	1440	1003.1±84.1	387.8±26.7	604.4±273.1	1112.0±267.4	221.8±9.6	317.3±40.9
2-Furankarboksaldehit/2- <i>Furancarboxaldehyde</i>	1457	0.2±0.1	0.3±0.1	2.3±2.0	2.5±1.6	0.2±0.1	0.1±0.1
2-Etilhekzanol/2- <i>Ethylhexanol</i>	1473	0.4±0.1	1.2±0.3	1.2±0.1	2.2±0.5	0.6±0.1	1.4±0.1
2-Nonanol/ <i>2-Nonanol</i>	1516	0.3±0.00	-	-	-	-	-
Propanoik asit/ <i>Propanoic acid</i>	1527	10.5±0.5	1.6±0.1	2.3±0.8	27.2±4.5	3.1±0.6	4.9±1.0
1-Oktanol/ <i>1-Octanol</i>	1542	0.2±0.2	0.1±0.1	0.1±0.0	0.2±0.1	0.1±0.0	0.1±0.1
İzobütirik asit/ <i>Isobutyric acid</i>	1566	22.3±0.8	21.6±0.1	23.3±3.5	30.8±3.8	-	195.5±7.1
Asetoin/ <i>Acetoin</i>	1570	0.9±0.1	1.0±0.2	1.0±0.2	1.1±0.1	0.3±0.1	0.6±0.1
Bütanoik asit/ <i>Butanoic acid</i>	1615	407.4±22.4	275.3±14.0	297.9±62.1	502.5±73.5	252.3±21.1	323.3±5.2
γ-Bütirolakton/ <i>γ-Butyrolactone</i>	1633	-	0.1±0.1	0.6±0.6	0.8±0.5	-	-
1-Nonanol/ <i>1-Nonanol</i>	1647	0.4±0.1	0.2±0.0	0.2±0.1	0.2±0.1	0.12±0.1	0.3±0.1
2-Furanmetanol/2- <i>Furanmethanol</i>	1652	0.6±0.1	0.5±0.1	10.7±10.2	11.9±9.0	0.3±0.1	0.4±0.1
İzovalerik asit/ <i>Isovaleric acid</i>	1659	99.6±3.4	70.1±0.9	70.8±6.5	111.3±7.6	72.5±10.3	89.8±4.3
Pentanoik asit/ <i>Pentanoic acid</i>	1726	8.9±2.1	2.1±0.1	8.0±6.1	3.23±0.4	1.7±0.2	2.0±0.1
Oksime-metoksi-fenil/ <i>Oxime-methoxy-phenyl</i>	1749	16.8±3.0	19.3±8.4	9.3±3.8	22.9±6.7	3.0±0.7	3.5±0.6
α-Krotonolakton/ <i>α-Crotonolactone</i>	1765	-	-	-	2.0±0.8	-	-
Hekzanoik asit/ <i>Hexanoic acid</i>	1839	543.1±27.4	545.5±29.2	678.4±134.8	1068.8±156.8	548.1±59.0	704.8±31.6
1H-Purin-6-amin, [(2-fluorofenil) metil]-/ <i>1H-Purin-6-amine, [(2-fluorophenyl) methyl]-</i>	1904	-	0.8±0.1	0.7±0.1	1.0±0.1	0.6±0.1	-
Dimetil sülfür/ <i>Dimethyl sulfure</i>	1925	0.2±0.2	0.5±0.1	0.5±0.1	0.6±0.1	0.3±0.1	0.4±0.1
Hekzanoik asit, 2-etil/2- <i>Ethylhexanoic acid</i>	1943	3.8±3.8	3.2±0.6	4.3±0.8	5.0±0.9	-	-
Heptanoik asit/ <i>Heptanoic acid</i>	1953	11.6±2.5	34.9±9.1	24.2±0.9	29.5±0.3	21.1±6.1	21.7±7.2
Maltol/ <i>Maltol</i>	1984	-	-	-	0.6±0.5	-	-
Hidroksi dimetil furanon/ <i>Hydroxy dimethyl furanone</i>	2043	-	-	-	0.3±0.2	-	-
Oktanoik asit/ <i>Octanoic acid</i>	2060	184.9±1.1	238.1±0.2	341.0±72.7	531.6±84.0	201.4±24.3	278.0±7.9
Nonanoik asit/ <i>Nonanoic acid</i>	2170	16.8±5.1	157.8±21.5	200.1±49.8	257.7±67.3	11.1±3.1	6.3±1.7
Dekanoik asit/ <i>Decanoic acid</i>	2276	31.5±4.4	46.5±2.1	80.2±22.3	122.3±23.1	46.4±4.3	56.2±3.7

Sonuçlar ortalama± standart hata olarak sunulmuştur. RI: Alıkönma indeksi, "-" Tespit edilemedi.  
Values presented as mean ± standard error. RI: Retention index; "-" Not detected.

Laktonlar, hidroksiasitlerin hidroliz yoluyla molekül içi esterifikasyonu sonucu oluşan ve tereyağımsı/kremesi veya meyvemsi hoş bir kokuya sahip olarak tanımlanan bileşiklerdir. Çalışmada B, C ve D örneklerinde sırasıyla 0.1, 0.6 ve 0.8 µg/kg  $\gamma$ -bütirolakton ve yalnızca D örneğinde 2.0 µg/kg  $\alpha$ -krotonolakton tespit edilmiştir. Clarke vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada,  $\gamma$ -bütirolaktonun çiğ inek sütünde önemli bir uçucu bileşen olduğu ve elde edilen ürünün aroma ve lezzet özelliğini etkilediği vurgulanmıştır.

Genel olarak kükürt bileşiklerinin düşük duysal tespit eşik değerine sahip olduğu ve yoğurdun aromasını olumsuz etkilediği belirtilmektedir. Fermente süt ürünlerinde özellikle sülfür içeren metanetiol, dimetil disülfür ve hidrojen sülfür gibi bileşiklerin varlığı üründe istenmeyen aromanın oluşmasına neden olabilmektedir (Krastanov vd., 2023). Bu çalışmada, yoğurt örneklerinde 0.2-0.6 µg/kg düzeylerinde dimetil sülfür bileşeni olduğu saptanmıştır (Çizelge 3). Moineau-Jean vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, tespit edilen ve fermantasyon sonucu üretilen 2-furanmetanol ve hidroksi dimetil furanon bileşiklerinin karakteristik yoğurt aroması ile negatif bir ilişkisinin olduğu belirtilmiştir. Yoğurtlarda 2-furanmetanol miktarları 0.3-11.9 µg/kg arasında değişmekteyken, hidroksi dimetil furanon bileşiği sadece D örneğinde 0.3 µg/kg olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3). Sonuç olarak yoğurt kültürlerinin sadece arzu edilen aromaları üreterek yoğurt lezzetine katkıda bulunmasının yanı sıra yoğurt ve benzeri ürünlerin lezzeti üzerinde olumsuz etkisi olan bileşenleri de üretebildiği bilinmektedir.

Eğitilmiş altı panelist tarafından yoğurtlarda belirlenen tanımlayıcı duysal terimler Çizelge 1’de sunulmuştur. Depolamanın 1. ve 21. günlerinde yoğurtlarda topaklı yapı, kıvam, tebeşirimsi, sünen yapı, pişmiş, kremamsı, fermente, yavan, ekşi, tatlı ve tuzlu terimleri belirlenmiş olup sonuçlar Çizelge 4’te sunulmuştur. Yoğurtlarda depolamanın 1. gününde belirlenen yapısal özelliklerden topaklı yapının 0.71-2.88, kıvamın 3.50-6.67 ve tebeşirimsi yapının 0.13-1.67 arasında değiştiği

belirlenmiştir. Kıvam yapısal özellikler içinde yüksek oranda algılanmış olup özellikle C ve F örneklerinde depolama boyunca arttığı saptanmıştır. Çalışmada kıvam özelliği bakımında A örneğinin depolamanın 1. ve 21. günlerinde en yüksek kıvam puanına sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 4). Belirlenen lezzet terimlerinden pişmiş 2.17-4.13, kremamsı 1.38-2.92, fermente 4.00-10.13, yavan 0.88-3.46, ekşi 1.29-3.79, tatlı 1.54-3.58 ve tuzlu 0.83-1.38 değerlerini almıştır. Lezzet terimleri içinde en yoğun algılanan özellik fermente olup değerlerin depolamanın 1. gününde 4.00-10.13 arasında değiştiği saptanmıştır. İkinci olarak ise ekşi yoğun olarak algılanan özelliklerdendir ve 1.29-2.86 arasında değiştiği belirlenmiştir. Fermente bir süt ürünü olan yoğurdun en önemli ve kendine has karakteristik özelliği ‘fermente’ aromadır ve yoğurtlardaki fermente aromadan büyük ölçüde yoğurt kültürleri sorumludur. Aynı zamanda fermente aroma asetaldehit içeriğiyle ilişkilidir. Yoğurt örneklerinin depolama boyunca yapısal ve lezzet özelliklerine ait tanımlayıcı duysal özellikleri Şekil 1’de ayrı ayrı sunulmuştur. Şekil 1 incelendiğinde en yüksek fermente aroma A kültürü kullanıldığında, en düşük fermente aroma ise F kültürü kullanıldığında elde edilmiştir. Yapılan çalışmada elde edilen bulgular, set tipi yoğurt örnekleri ve probiyotik yoğurt örnekleri ile benzerlik göstermektedir (Heo vd., 2023; Dias vd., 2020). İşleten ve Karagül-Yüceer (2006) yaptıkları bir çalışmada, yoğurt örneklerinde belirlenen fermente aroma puanlarının 4.7-4.8 aralığında olduğunu belirlemiştir.

Görünüş, kıvam ve tat/koku özellikleri 9 puanlık skala kullanılarak değerlendirilen yoğurtlara ilişkin 122 kişi tarafından yapılan tüketici testi sonuçları Çizelge 5’te yer almaktadır. Sonuçlar incelendiğinde, değerlendirilen her bir özellik bakımında örnekler arasında istatistiksel olarak önemli farklar olduğu belirlenmiştir ( $P \leq 0.05$ ). Ortalama görünüş puanları bakımından panelistlerden yüksek puanı alan yoğurtlar A, B, C ve E örnekleri, en düşük puanı alan örnekler ise D ve F örnekleri olmuştur. Yoğurtlar kıvam yönünden incelendiğinde ise en düşük puanı alan örneğin F örneği olduğu belirlenmiştir. Tat-koku bakımından da A, B ve C örnekleri arasında



## Yoğurt kültürünün uçucu bileşenlere ve duyuşal özelliklere etkisi

istatistiksel olarak önemli fark olmadığı ancak diğer örneklerden daha yüksek beğeni skoru aldıkları saptanmıştır ( $P \leq 0.05$ ). Tüketici testinde genel olarak F örneğinin daha düşük puanlar almasının sebebinin en yüksek sünen yapı değerine sahip olmasından kaynaklandığı (Şekil 1) ve F örneğinde kullanılan kültür çeşidinin ekzopolisakkarit üretme yeteneği olan suşlardan oluştuğu düşünülmektedir. Güler-Akın vd. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, yağsız yoğurtlarda ekzopolisakkarit üreten ve üretmeyen suşlar kullanılmış ve çalışmamıza benzer olarak ekzopolisakkarit üreten yoğurtların genel olarak daha iyi bir ağız hissine sahip olmasına rağmen

tüketiciler tarafından tercih edilmediği belirtilmiştir. Benzer şekilde Gürsoy vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada da ekzopolisakkarit üretimi yüksek olan yerli *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* (B3) ve *S. thermophilus* (W22) kültürleri ile ticari kültürler kullanılarak üretilen yoğurtlarda yapılan duyuşal değerlendirme sonucunda da örnekler panelistlerce beğenilmemiştir. En beğenilen örneklerden olan A, B ve C örneklerinin yüksek kıvam değerine sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4). Ayrıca A ve E örneklerinin fermente değerlerinin de yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 1 ve Çizelge 4).

Çizelge 4. Yoğurtların tanımlayıcı duyuşal özellikleri  
Table 4. Descriptive sensory properties of yogurts

Tanımlayıcı terimler/ Descriptive terms	Gün/ Day	Yoğurt/Yogurt					
		A	B	C	D	E	F
Topaklı yapı/ <i>Lumpy</i>	1	1.67±0.65 <sup>BCa</sup>	1.21±0.40 <sup>CDa</sup>	2.88±0.31 <sup>Aa</sup>	2.83±0.72 <sup>Aa</sup>	2.08±0.29 <sup>Ba</sup>	0.71±0.26 <sup>Da</sup>
	21	1.50±0.67 <sup>Ca</sup>	0.83±0.33 <sup>Db</sup>	3.13±0.57 <sup>Ba</sup>	3.67±0.75 <sup>Ab</sup>	1.42±0.47 <sup>Cb</sup>	1.00±0.48 <sup>Da</sup>
Kıvam/ <i>Consistency</i>	1	6.67±0.89 <sup>Aa</sup>	4.83±0.81 <sup>Ba</sup>	4.00±0.56 <sup>BCa</sup>	3.67±0.91 <sup>Ca</sup>	3.50±0.71 <sup>Ca</sup>	3.58±0.56 <sup>Ca</sup>
	21	6.92±0.88 <sup>Aa</sup>	5.08±1.24 <sup>Ba</sup>	4.75±0.94 <sup>Bb</sup>	3.58±1.13 <sup>Da</sup>	3.75±0.94 <sup>CDa</sup>	4.17±0.39 <sup>Cb</sup>
Tebeşirimsi/ <i>Chalky</i>	1	0.88±0.68 <sup>BCa</sup>	1.58±0.88 <sup>ABa</sup>	0.13±0.31 <sup>Ca</sup>	1.17±0.39 <sup>ABa</sup>	1.21±0.40 <sup>ABa</sup>	1.67±0.86 <sup>Aa</sup>
	21	1.58±0.70 <sup>Ab</sup>	1.58±0.56 <sup>Aa</sup>	1.04±0.14 <sup>Bb</sup>	1.21±0.69 <sup>Ba</sup>	1.00±0.00 <sup>Ba</sup>	1.54±0.84 <sup>Aa</sup>
Sünen yapı/ <i>Ropy</i>	1	-	2.88±0.13 <sup>Ba</sup>	-	-	2.13±0.18 <sup>Ca</sup>	7.42±0.23 <sup>Aa</sup>
	21	-	1.23±0.22 <sup>Bb</sup>	-	-	1.54±0.13 <sup>Bb</sup>	5.96±1.33 <sup>Ab</sup>
Pişmiş/ <i>Cooked</i>	1	3.67±0.89 <sup>ABa</sup>	2.21±0.50 <sup>Da</sup>	3.17±0.49 <sup>BCa</sup>	3.96±0.33 <sup>ABa</sup>	2.29±0.81 <sup>CDa</sup>	4.13±1.28 <sup>Aa</sup>
	21	3.63±1.37 <sup>Aa</sup>	2.17±0.33 <sup>Ba</sup>	3.46±0.69 <sup>Aa</sup>	3.83±0.96 <sup>Aa</sup>	2.58±1.06 <sup>Ba</sup>	3.83±1.50 <sup>Aa</sup>
Kremamsı/ <i>Creamy</i>	1	1.79±0.40 <sup>BCa</sup>	1.38±0.71 <sup>Ca</sup>	1.75±0.58 <sup>BCa</sup>	2.46±0.66 <sup>ABa</sup>	2.92±0.67 <sup>Aa</sup>	2.21±0.50 <sup>ABa</sup>
	21	1.92±0.52 <sup>Ca</sup>	1.54±0.40 <sup>Da</sup>	1.88±0.74 <sup>Ca</sup>	1.79±0.50 <sup>CDb</sup>	2.83±0.69 <sup>Aa</sup>	2.46±0.66 <sup>Ba</sup>
Fermente/ <i>Fermented</i>	1	10.13±0.61 <sup>Aa</sup>	5.79±0.99 <sup>BCa</sup>	5.29±0.62 <sup>Ca</sup>	5.62±0.93 <sup>BCa</sup>	6.29±0.62 <sup>Ba</sup>	4.00±0.74 <sup>Da</sup>
	21	9.75±0.62 <sup>Aa</sup>	5.96±0.69 <sup>Ca</sup>	5.50±0.67 <sup>Da</sup>	6.33±0.96 <sup>Ca</sup>	7.79±0.72 <sup>Bb</sup>	6.13±0.91 <sup>Cb</sup>
Yavan/ <i>Flat</i>	1	1.50±0.67 <sup>CDa</sup>	2.67±0.49 <sup>ABa</sup>	2.29±0.84 <sup>BCa</sup>	0.88±0.31 <sup>Da</sup>	1.46±1.01 <sup>CDa</sup>	3.46±1.20 <sup>Aa</sup>
	21	0.96±0.40 <sup>Db</sup>	2.21±0.33 <sup>Ab</sup>	2.13±1.05 <sup>ABa</sup>	0.92±0.95 <sup>Da</sup>	1.67±0.49 <sup>Ca</sup>	1.83±0.39 <sup>BCb</sup>
Ekşi/ <i>Sour</i>	1	2.08±0.67 <sup>BCa</sup>	2.86±0.58 <sup>Aa</sup>	1.29±0.40 <sup>Da</sup>	2.59±0.82 <sup>ABa</sup>	1.50±0.60 <sup>CDa</sup>	1.83±0.54 <sup>CDa</sup>
	21	3.79±0.78 <sup>Ab</sup>	3.29±0.87 <sup>BCa</sup>	2.63±0.86 <sup>Db</sup>	2.92±0.67 <sup>CDa</sup>	3.33±0.58 <sup>Bb</sup>	3.38±0.74 <sup>Bb</sup>
Tatlı/ <i>Sweet</i>	1	2.33±0.49 <sup>BCa</sup>	2.83±0.65 <sup>ABa</sup>	1.83±0.49 <sup>Ca</sup>	2.92±0.47 <sup>ABa</sup>	2.79±0.58 <sup>Ba</sup>	3.58±0.97 <sup>Aa</sup>
	21	2.08±0.67 <sup>Aa</sup>	1.71±0.75 <sup>BCb</sup>	1.83±0.62 <sup>ABa</sup>	1.54±0.45 <sup>Cb</sup>	1.71±0.54 <sup>BCb</sup>	2.04±0.33 <sup>Ab</sup>
Tuzlu/ <i>Salty</i>	1	0.92±0.19 <sup>Aa</sup>	1.21±0.54 <sup>Aa</sup>	1.13±0.90 <sup>Aa</sup>	0.96±0.45 <sup>Aa</sup>	1.17±0.54 <sup>Aa</sup>	1.08±0.47 <sup>Aa</sup>
	21	1.33±0.58 <sup>ABb</sup>	1.17±0.44 <sup>BCa</sup>	0.83±0.25 <sup>Ea</sup>	1.04±0.14 <sup>CDa</sup>	0.92±0.19 <sup>DEa</sup>	1.38±0.53 <sup>Aa</sup>

Sonuçlar ortalama± standart hata olarak sunulmuştur, "-" Tespit edilemedi. <sup>A-E</sup> Aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ( $P < 0.05$ ). <sup>a-b</sup> Her bir terim için aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ( $P < 0.05$ ).

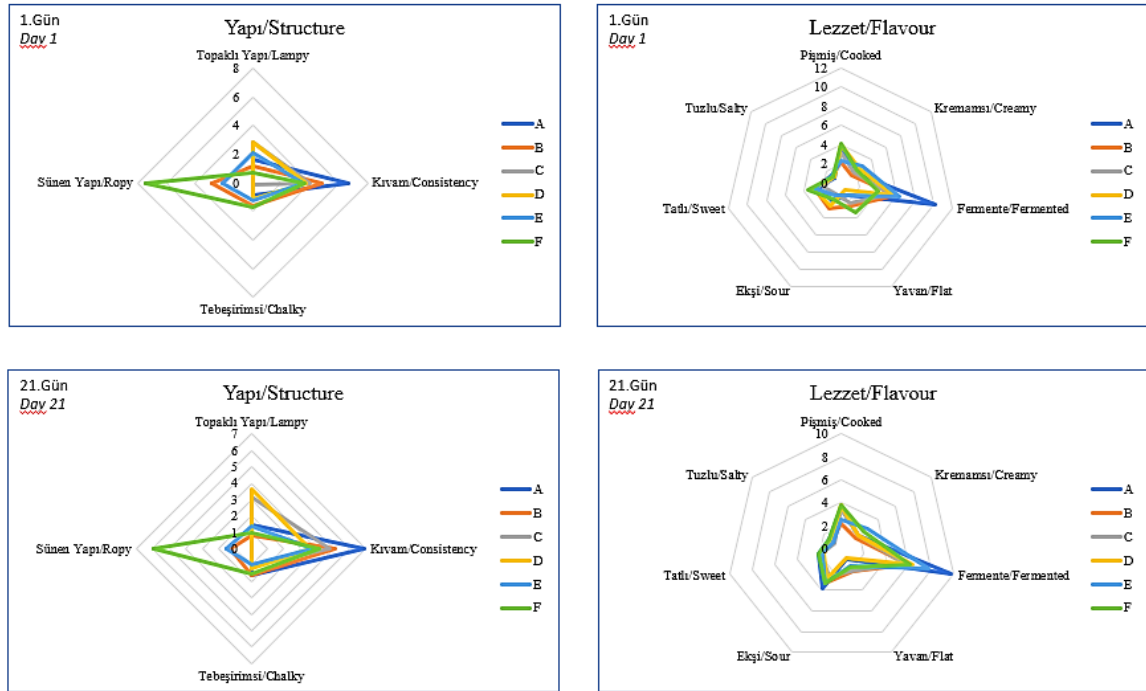
Values presented as mean ± standard error, "-" Not detected. <sup>A-E</sup> Differences among the means in the same row followed by different letters are significant ( $P < 0.05$ ). <sup>a-b</sup> Differences between the means in the same column for each term followed by different letters are significant ( $P < 0.05$ ).

Çizelge 5. Yoğurtların tüketici testi sonuçları  
 Table 5. Consumer test results of yogurts

Özellik/Attribute	Yoğurt/Yogurt					
	A	B	C	D	E	F
Görünüş/ <i>Apperance</i>	6.44±0.17 <sup>ab</sup>	6.79±0.18 <sup>a</sup>	6.39±0.18 <sup>ab</sup>	5.93±0.18 <sup>bc</sup>	6.58±0.17 <sup>ab</sup>	5.46±0.21 <sup>c</sup>
Kıvam/ <i>Consistency</i>	6.53±0.17 <sup>ab</sup>	6.74±0.16 <sup>a</sup>	6.28±0.17 <sup>ab</sup>	5.80±0.19 <sup>bc</sup>	6.66±0.17 <sup>a</sup>	5.06±0.23 <sup>c</sup>
Tat-koku/ <i>Taste-aroma</i>	6.34±0.19 <sup>a</sup>	6.02±0.19 <sup>a</sup>	5.96±0.18 <sup>a</sup>	4.91±0.22 <sup>bc</sup>	5.55±0.19 <sup>ab</sup>	4.53±0.21 <sup>c</sup>

Sonuçlar ortalama± standart hata olarak sunulmuştur. <sup>a-c</sup> Aynı satırda farklı küçük harflerle ifade edilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ( $P \leq 0.05$ ).

Values presented as mean ± standard error. <sup>a-c</sup> Differences among the means in the same row followed by different letters are significant ( $P < 0.05$ ).



Şekil 1. Depolama boyunca yoğurtların tanımlayıcı duyu özellikleri  
 Figure 1. Descriptive sensory characteristics of yogurts during storage

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Farklı kültürler kullanılarak üretilen yoğurtların bileşimi, uçucu bileşenleri ve duyu özellikleri tespit edilmiştir. Yoğurtlarda yoğun olarak belirlenen karakteristik uçucu bileşenler başta olmak üzere yoğurtta istenilen aromadan sorumlu karbonil bileşiklerinin asetaldehit, diasetil, asetoin ve 2-bütanon olduğu saptanmış olup kullanılan kültüre göre miktarlarının değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca asetik asit, propanoik asit, izobütirik asit, bütanoik asit, izovalerik asit ve hekzanoik asit belirlenen önemli asidik bileşiklerdir. Yoğurtlara uygulanan tanımlayıcı duyu analizleri sonucu kıvam, pişmiş, fermente ve ekşi en yoğun

algılanan duyu özellikleri olarak belirlenmiştir. Yoğurt örneklerine uygulanan tüketici testi sonuçlarından da görüleceği gibi genel olarak A, B, C ve E örneklerinin beğenildiği, F örneğinin ise en az beğenilen örnek olduğu tespit edilmiştir. F örneğinin daha düşük puan almasının sebebinin en yüksek sünen yapı değeri ile yavan aromaya ve en düşük fermente aromaya sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sonuç olarak yoğurt üretiminde kullanılan kültür çeşitleri uçucu bileşen profilinde ve duyu özelliklerinde farklılıklara neden olmuştur.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarların makale ile ilgili herhangi bir kişi veya kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## YAZARLARIN KATKILARI

Çalışmanın süreç yönetiminde, analizlerin metodolojisini ve makale taslağının oluşturularak düzenlenmesinde Yonca Karagül Yüceer katkı sağlamıştır. Yoğurt üretimi, tüm analizler ve makale yazımı Emine Tuğçe Elmas tarafından gerçekleştirilmiştir.

## TEŞEKKÜR

Çalışmanın gerçekleştirilmesinde Enka Süt ve Mamulleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye, Maysa Gıda'ya, Chr. Hansen Türkiye'ye ve duyuşal değerlendirmede görev alan Çanakale Onsekiz Mart Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü personeline ve lisansüstü öğrencilerine teşekkür ederiz. Çalışmanın istatistiksel analizlerine katkısından dolayı Prof. Dr. Mehmet Mendek'e ayrıca teşekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKLAR

Akan, E., Yerlikaya, O., Saygılı, D., Kınık, Ö. (2021). Farklı starter kültür kullanımının yoğurtların tekstürel ve viskozite özelliklerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58(3), 377-383.

AOAC (2000). Official methods of analysis of AOAC International. Gaithersburg, USA, <https://doi.org/10.3109/15563657608988149>.

Avsar Y. K., Karagül Yüceer Y., Drake M. A., Singh T. K., Yoon Y., Cadwallader K.R. (2004). Characterization of nutty flavor in cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 87: 1999-2010.

Beshkova, D., Simova, E., Frengova, G., Simov, Z. (1998). Production of flavour compounds by yogurt starter cultures. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 20(3): 180-186.

Cheng, H. (2010). Volatile flavor compounds in yogurt: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(10): 938-950.

Clarke, H., Fitzpatrick, E., Hennessy, D., O'Sullivan, M. G., Kerry, J. P., Kilcawley, K. N. (2022). The influence of pasture and non-pasture-

based feeding systems on the aroma of raw bovine milk. *Frontiers in Nutrition*, 9: 841454.

Dias, P.G.I., Sajiwani, J.W.A., Rathnayaka, R.M. (2020). Consumer perception and sensory profile of probiotic yogurt with added sugar and reduced milk fat. *Helikon*, 6(7): e04328.

Drake, M. A., Karagül-Yüceer, Y., Chen, X. Q., Cadwallader, K. R. (1999). Characterization of desirable and undesirable lactobacilli from cheese in fermented milk. *LWT-Food Science and Technology*, 32(7): 433-439.

Gursoy, A., Durlu-Özkaya, F., Yıldız F., Aslım, B. (2010). Set Type Yoghurt Production by Exopolysaccharide Producing Turkish Origin Domestic Strains of *Streptococcus thermophilus* (W22) and *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(1): 81-86.

Güler-Akın, M.B., Akın, M.S., Korkmaz, A. (2009). Influence of different exopolysaccharide-producing strains on the physicochemical, sensory and syneresis characteristics of reduced-fat stirred yoghurt. *International Journal of Dairy Technology*, 62(3): 422-430.

Gürsoy, A., Durlu-Özkaya, F., Yıldız, F., Aslım, B. (2010). Set type yoghurt production by exopolysaccharide producing Turkish origin domestic strains of *Streptococcus thermophilus* (W22) and *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* (B3). *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16: 81-86.

Güven, M. ve Karaca, O. B. (2003). Farklı yöntemlerle kurumaddesi artırılan sütlerden üretilen yoğurtların özellikleri. *Gıda*, 28(4): 429-436.

Güzel-Seydim, Z. B., Sezgin, E., Seydim, A. C. (2005). Influences of exopolysaccharide producing cultures on the quality of plain set type yogurt. *Food Control*, 16(3): 205-209.

Heo, J., Lee, S.J., Oh, J., Kim, M.R., Kwak, H.S. (2023). Comparison of descriptive analysis and flash profile by naïve consumers and experts on commercial milk and yogurt products. *Food Quality and Preference*, 110, 104946.

Hull, M. E. (1947). Studies on milk proteins. 2. colorimetric determination of the partial

- hydrolysis of the proteins in milk. *Journal of Dairy Science*, 30: 881-884
- Isleten, M., Karagul-Yuceer, Y. (2006). Effects of dried dairy ingredients on physical and sensory properties of nonfat yogurt. *Journal of Dairy science*, 89(8): 2865-2872.
- Kırdar, S. S. (2019). *Süt ve Ürünlerinde Laboratuvar Uygulamaları Analiz Yöntemleri*. Sidas Medya: İzmir.
- Kneifel, W., Ulberth, F., Erhard, F., Jaros, D. (1992). Aroma profiles and sensory properties of yogurt and yogurt-related products. I: Screening of commercially available starter cultures. *Milchwissenschaft*, 47(6): 362-365.
- Köse, Ş., Ocak, E. (2014). Yoğurtta lezzet bileşenlerinin oluşumu ve bu oluşum üzerine etki eden faktörler. *Akademik Gıda*, 12(2): 101-107.
- Krastanov, A., Yeboah, P.J., Wijemanna, N.D., Eddin, A.S., Ayivi, R.D., Ibrahim, S.A. (2023). Volatile aromatic flavor compounds in yogurt: a review. *Current Issues and Advances in the Dairy Industry*. IntechOpen.
- Marshall, V.M. (1993). Starter cultures for milk fermentation and their characteristics. *International Journal of Dairy Technology*, 46(2): 49-56.
- Meilgaard M., Civille G.V., Carr B.T., (1999). *Descriptive Analysis Techniques: Sensory Evaluation Techniques*. 3. Edition Crc Press, Inc. Boca Raton, Fl. 161-172.
- Moineau-Jean, A., Raymond, Y., Sabik, H., Graveline, N., Champagne, C. P., Roy, D., LaPointe, G. (2020). Effect of manufacturing processes and storage on aroma compounds and sensory properties of yoghurt. *International Dairy Journal*, 105: 104662.
- NIST, (2008). NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library (NIST 08). National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg, M.D 20899.
- Oyeniran, A., Gyawali, R., Aljaloud, S. O., Krastanov, A., Ibrahim, S. A. (2020). Probiotic characteristics and health benefits of the yogurt bacterium *Lactobacillus delbrueckii* sp. *bulgaricus*. In *Current Issues and Challenges in the Dairy Industry*. IntechOpen.
- Özdemir, S., Bodur A.E. (1994). Yoğurt üretimi sırasında oluşan fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal olaylar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(3): 479- 487.
- Özer, B. (2006). *Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi*, Sidas Medya: İzmir.
- Panesar, P.S. (2011). Fermented dairy products: starter cultures and potential nutritional benefits. *Food and Nutrition Sciences*, 2: 47-51.
- Tian, H., Shi, Y., Zhang, Y., Yu, H., Mu, H., Chen, C. (2019). Screening of aroma-producing lactic acid bacteria and their application in improving the aromatic profile of yogurt. *Journal of Food Biochemistry*, 43(10): e12837.
- Ulberth, F. (1991). Headspace gas chromatographic estimation of some yogurt volatiles. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 74(4): 630- 634.
- Ulberth, F., Kneifel, W. (1992). Aroma profiles and sensory properties of yogurt and yogurt-related products. II. Classification of starter cultures by means of cluster analysis. *Milchwissenschaft* 47: 432-434.
- WILEY, (2005). *Wiley Registry of Mass Spectral Data 7. Edition* (F. W. McLafferty) ISBN: 978-0471473251.
- Yaygın, H. (1999). Yoğurt Yapımında Saf Kültür Kullanımı ve Önemi III. Milli Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu, 2-3 Haziran, Ankara, 83-94.
- Yiğit, S. ve Mendes, M. (2018). Which effect size measure is appropriate for one-way and two-way ANOVA models? A Monte Carlo simulation study. *Revstat-Statistical Journal*, 16(3): 295-313.