

## Utilisation of shalgam juice residue carrot powder in yoghurt production

<sup>1,\*</sup>Hasan TANGÜLER, <sup>1</sup>Ayşenur İNCE, <sup>1</sup>Ahmet Bircan ACAR,  
<sup>1</sup>Tuğçe KAPKINER, <sup>1</sup>Gözde KIRAN, <sup>1</sup>Burak DEĞER

<sup>1</sup>Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, 1Niğde Ömer Halisdemir University, Niğde, Turkey

\* htanguler@ohu.edu.tr

### Abstract

Yoghurt is a fermented milk product obtained by fermenting milk with lactic acid cultures. It has been the subject of many studies due to its high nutritional value and positive effects on health. Shalgam juice is a traditional drink produced by lactic acid fermentation and is known for its distinctive sour taste and dark red colour. With the increase in shalgam juice production in recent years, a large amount of production surplus is generated in the factories and if it cannot be utilised, it causes economic losses. This study aims to investigate the potential of utilising the black carrot residues released during shalgam juice production in yoghurt production. In this context, shalgam juice residue black carrots were freeze-dried, powdered and added to yoghurt formulations at different ratios (0%, 0.1%, 0.25%, 0.25%, 0.5%, 1.0%, 2.5%) after separating the black carrot from the drinkable shalgam juice. The produced yoghurt samples were analysed for pH, total acidity, dry matter, protein, antioxidant capacity and colour ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) and the changes in these parameters during storage (1<sup>st</sup>, 7<sup>th</sup>, 15<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> days) were investigated. The results showed that the addition of fermented carrot powder to shalgam juice residue caused a decrease in pH,  $L^*$  and  $b^*$  values of yoghurt, while total acidity, dry matter, antioxidant capacity and  $a^*$  values increased. In conclusion, fermented black carrot residues resulting from shalgam juice production were found to have functional properties.

**Keywords:** Residue, fermented black carrot, Shalgam beverage, Yoghurt

## Şalgam suyu artığı havuç tozunun yoğurt üretiminde değerlendirilmesi

### Özet

Yoğurt, sütün laktik asit kültürleriyle mayalanması sonucu elde edilen fermente bir süt ürünüdür. Yüksek besin değeri ve sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle birçok araştırmaya konu olmuştur. Şalgam suyu ise laktik asit fermentasyonu ile üretilen, kendine özgü ekşi tadı ve koyu kırmızı rengiyle bilinen geleneksel bir içecektir. Son yıllarda şalgam suyu üretiminin artmasıyla birlikte fabrikalarda büyük miktarda üretim artığı ortaya çıkmakta ve değerlendirilemediği takdirde ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Bu çalışma, şalgam suyu üretimi sırasında açığa çıkan siyah havuç artıklarının değerlendirilerek yoğurt üretiminde kullanım potansiyelini araştırmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda, şalgam suyu artıkları siyah havuç, içilebilir şalgam suyundan ayrıldıktan sonra dondurularak kurutulmuş, toz haline getirilmiş ve farklı oranlarda (%0, %0.1, %0.25, %0.5, %1.0, %2.5) yoğurt formülasyonlarına eklenmiştir. Üretilen yoğurt örneklerinde pH, toplam asitlik, kuru madde, protein, antioksidan kapasite ve renk ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) analizleri gerçekleştirilmiş, ayrıca depolama sürecinde (1., 7., 15. ve 21. günler) bu parametrelerdeki değişimler incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, şalgam suyu artığı fermente havuç tozu ilavesi yoğurdun pH ve  $L^*$  ile  $b^*$  değerlerinde azalmaya neden olurken, toplam asitlik, kurumadde, antioksidan kapasite ve  $a^*$  değerlerinde artış sağladığını göstermiştir. Sonuç olarak, şalgam suyu üretimi sonucu ortaya çıkan fermente siyah havuç artıklarının fonksiyonel özellikleri artırılmış yoğurt üretiminde değerlendirilebileceği ve böylece gıda endüstrisinde atık yönetimi açısından önemli bir katkı sağlayabileceği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Atık ürün, Fermente siyah havuç, Şalgam suyu, Yoğurt

### Giriş

Yoğurt kökenine dair kesin bilgiler bulunmamakla birlikte, bazı dini kaynaklar üretiminin M.Ö. 18-17. yüzyıllarda Harran'da başladığını öne sürülen fermente bir gıda ürünüdür (Konar, 1998). TSE 1330, yoğurt standardına göre “Yoğurt, çiğ süt veya pastörize süt standartlarına uygun, tercihen homojenize edilmiş sütlerin *Streptococcus* (*St.*) *thermophilus* ve *Lactobacillus* (*Lb.*) *delbrueckii* subsp. *bulgaricus*’un etkisiyle laktik asit fermentasyonu sonucu elde edilen ve yoğurt kültürlerini canlı olarak ihtiva eden fermente bir süt ürünü” olarak belirtilmektedir (TSE, 2006). Bununla birlikte, yoğurda özgü laktik asit bakterilerinin sütün bileşimindeki karbonhidratı (laktoz) fermente ederek laktik asit üretmesi sonucu oluşan, yüksek besin değerine sahip bir süt ürünüdür. İçeriğindeki canlı mikroorganizmalar yanında, protein ve yağ başta olmak üzere önemli bir besin kaynağı olarak bilinmekte olup



(Çoban, 2017), insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Bileşiminde bulunan önemli miktarda su (%83.9-89.5) yanında, laktoz (%3.4-4.5), protein (%3.2-5.6), süt yağı (%1.4-5.6), mineraller (kalsiyum, fosfor, %0.5-1.2) ve vitaminler açısından zengin bir kaynaktır (Gür, 2012; Kürdal ve Demirci, 1980).

Yoğurt üretimi sürecinde, sütün işlenmesinde uygulanan ısıtma işlemi, mikroorganizmaların zararlı etkilerinin ortadan kaldırılması, yoğurt jelinin ideal şekilde oluşabilmesi için gerekli koşulların sağlanması ve starter kültürlerin sağlıklı bir şekilde aktivasyonunun desteklenmesinde önemli bir rol oynar. Bu işlem, genellikle 80-85°C sıcaklık aralığında 20-30 dakika veya 90-95°C sıcaklıkta yalnızca 5 dakika süreyle uygulanmakta olup, bu işlem süttaki vejetatif mikroorganizmaların öldürülmesini sağlar. Ayrıca, bu işlem, sütün protein yapısında önemli değişikliklere yol açarak serum proteinlerinin denatürasyonunu tetikler. Denatürasyon, proteinlerin üç boyutlu yapılarının bozulması sonucu, sütün kıvamının artmasına ve yoğurt jelinin oluşumuna zemin hazırlar. Bu şekilde, hem mikrobiyolojik güvenlik sağlanırken hem de yoğurt üretimi için uygun fiziksel ve kimyasal ortam oluşturulmuş olur (Tamime ve Robinson, 2000).

Fermantasyon, gıda ve içeceklerin üretiminde kullanılan önemli bir yöntemdir ve bu yöntemle elde edilen ürünler arasında peynir, yoğurt, kefir, kımız, miso, tempe, boza, alkollü içecekler gibi hem evrensel hem de yerel/yöresel nitelikte birçok farklı seçenek bulunur. Bu bağlamda, şalgam suyu da Adana ve çevresine ait, laktik asit fermantasyonu yöntemiyle üretilen, karakteristik asidik tadı ve zengin lezzetiyle öne çıkan bir içecektir. Şalgam suyu üretimi, geleneksel ve direkt yöntemler ile gerçekleştirilen, siyah havuç, tuz, bulgur unu ve su gibi temel bileşenlerin kombinasyonunu içerir. Siyah havuç, şalgam suyunun rengini belirleyen ana bileşen olup, bu bileşenin yoğun mor-kırmızı pigmentleri, şalgamın kendine özgü estetik görünümünü sağlar. Şalgam suyunun üretimi sırasında, mikroorganizma faaliyetleri sonucunda asidik bileşiklerin oluşumu, içeceğin özgün ekşiliğini sağlar ve bu da, şalgam suyunun tüketiciler tarafından beğenilen özel tadım profiline katkı yapar (Canbaş ve Deryaoğlu, 1993; Erten ve ark., 2008; Erten ve Tangüler, 2010).

Gıda üretim süreçlerinde büyük miktarlarda gıda atığı ortaya çıkmakta ve bu atıklar, yanlış yönetildikleri takdirde çevre kirliliğine ve ekosistem üzerinde olumsuz etkilere yol açmaktadır. Bu tür atıkların uygun şekilde işlenmesi, hem ekonomik kayıpların azaltılması hem de çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından büyük bir önem taşır. Gıda atıkları, yalnızca çevresel zararın önlenmesi açısından değil, aynı zamanda ekonomik değer yaratma potansiyeli açısından da önemli fırsatlar sunmaktadır. Özellikle meyve ve sebze atıkları, beslenme açısından önemli faydalar sağlayan bir dizi biyolojik aktif bileşen içermektedir. Bu atıklar, diyet lifi, antioksidanlar, pektin, vitaminler gibi besin öğelerinin zengin kaynakları olup, sağlığa faydalı fonksiyonel gıda bileşenlerinin üretimi için kullanılabilir (Carson ve ark., 1994; Jayaprakasha ve ark., 2001).

Son yıllarda, şalgam suyu tüketimindeki belirgin artış, buna paralel olarak üretim süreçlerinde de önemli bir yükselmeye yol açmıştır (Tangüler ve ark., 2024). Bu artış, şalgam suyunun popülaritesinin giderek arttığını ve bunun sonucunda üretim miktarlarında gözle görülür bir yükselişin meydana geldiğini göstermektedir. Bu bağlamda, üretimde kullanılan ana hammaddeler olan siyah havuç (*Daucus carota*), şalgam (*Brassica rapa*) ve setik (bulgur kepeği veya setik) gibi fermente yan ürünlerin artık miktarları da önemli ölçüde artmıştır (Tangüler ve ark., 2021). Bu artan yan ürün miktarı, gıda endüstrisinde sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda bu atıkların değerlendirilmesi ve potansiyel kullanım alanlarının araştırılması gerekliliğini gündeme getirmiştir. Ancak, şalgam suyu üretimi gibi yerel ve geleneksel gıda işleme süreçlerinden elde edilen atıkların değerlendirilmesine yönelik yapılan bilimsel çalışmalar, henüz yeterli düzeye ulaşmamıştır. Bu durum, özellikle gıda endüstrisinin çevresel etkilerinin azaltılması ve atıkların yeniden kullanımı konusunda yapılacak araştırmaların önemini vurgulamaktadır. Bu yan ürünlerin geri kazanım ve kullanım potansiyelinin değerlendirilmesi, hem ekonomik hem de ekolojik açıdan büyük fırsatlar sunabilir, ancak bu alanda yapılacak daha fazla araştırma ve geliştirme çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Dolayısıyla bu çalışmada, ülkemizde üretimi son yıllarda önemli düzeylerde artan, tüketimi ise ülke sınırlarını aşan şalgam suyu üretiminde bir artık olarak kalan ve genellikle atılan veya hayvan yemi olarak değerlendirilen fermente havuçların değerlendirilmesi yoluna gidilmiştir. Dolayısıyla gerçekleştirilen bu çalışmanın amacı: Şalgam suyu artık ürünü olan havucu değerlendirerek bir katma değer oluşturmak, yoğurdun kurumadde oranını arttırmak, antosiyanince zengin kurutulmuş havuç tozu sayesinde yoğurdun fonksiyonel özelliğini arttırmaya çalışmak, tüketiciler için farklı bir lezzet ve aromada yoğurt üretimini denemek ve ayrıca yoğurt üretiminde kullanılacak havuç tozunun en uygun miktarını belirlemeye çalışmaktır. Bu kapsamda öncelikle artık fermente havuçlar dondurarak kurutulmuş ve toz haline getirilmiş ve farklı oranlarda yoğurt üretiminde kullanılmıştır.





## Materyal ve Metod

### Materyal

Şalgam suyu artığı havuçlar (ŞAHT) şalgam suyundan içilebilir sıvı kısmın ve setiğin uzaklaştırılması sonucu kalan havuçların temizlenmesi ve karıştırılması ile elde edilmiştir. Öte yandan; pastörize ve homojenize edilmiş süt Niğde'den yerel bir firmadan temin edilmiştir. Yoğurt üretiminde CSL Jointec VH800 (İtalya) karışık starter kültür kullanılmıştır. Yoğurt üretiminde kullanılan sütün pH değeri 6,70, yağ miktarı %3.50 ve kurumadde miktarı %11.8 olarak belirlenmiş ve herhangi bir mikroorganizmaya rastlanmamıştır.

### Metod

#### Şalgam suyu artığı tozunun üretimi

Şalgam suyu artığı havuçlar (ŞAHT) Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünde üretilen şalgam sularından sıvı kısmın (şalgam suyunun) alınmasının ardından setiğin uzaklaştırılması sonucu kalan havuçların karıştırılmasıyla elde edilmiştir. -50°C sıcaklıkta dondurulmasının (DW-86L628 model, VWR Symphony Ultra-Low Temperature Freezer, Kanada) ardından liyofilizatörde (CoolSafe 95-15 Pro Laboratory Freeze Dryer model, ScanVac LaboGene, Ardından, Kopenhag, Danimarka) düşük sıcaklık (-100°C) ve basınçta (0,001 mbar) 13 kurutulmuştur (Şekil 1). Kurutulan şalgam suyu artığı havuçları blender (SHB 3100S model, Sinbo, İstanbul, Türkiye) yardımıyla öğütülerek toz haline getirilmiş ve yoğurt üretiminde kullanılmaya kadar kapalı cam kavanozlarda muhafaza edilmiştir.



Şekil 1. ŞAHT örneklerinin dondurularak kurutulması

#### Farklı miktarlarda ŞAHT ilave edilmiş yoğurt üretimi

Farklı miktarlarda ŞAHT ilave edilmiş yoğurt üretimi Şekil 2'de yer alan prosese göre gerçekleştirilmiştir. Yoğurt üretimi için pastörize edilmiş homojenize süt çelik bir kap içerisinde 46°C'deki su banyosuna koyulmuş ve süt sıcaklığının 46°C'ye ulaştığında karışık yoğurt starter kültürler üretici firmanın talimatlarına göre %1 oranında ilave edilerek aktifleştirilmiştir. Diğer yandan, 6 ayrı 100 mL'lik kaba sırasıyla %0.0 (kontrol), %0.1 (A), %0.25 (B), %0.5 (C), %1.0 (D) ve %2.5 (E) oranında ŞAHT ilave edilmiştir. Hazırlanan 6 gruptan her biri için 16 adet 100 mL'lik kap hazırlanmıştır. Kültür ilavesi yapılan örnekler, önceden ayarlanmış ve 45°C'ye ısıtılmış inkübatörde (SH-IB149R model, APIN, Ankara, Türkiye) 4 saat inkübasyona bırakılmış ve süre sonunda örneklerin pH değeri kontrol edilmiştir. pH 4,6'ya ulaşınca örnekler analizler için buzdolabına alınmıştır. Depolamanın 1., 7., 15. ve 21. günlerinde 14 kimyasal analizler yapılmıştır. Depolamanın 1.günü protein tayini gerçekleştirilmiştir. Tüm analizler paralelli olarak yapılmıştır.

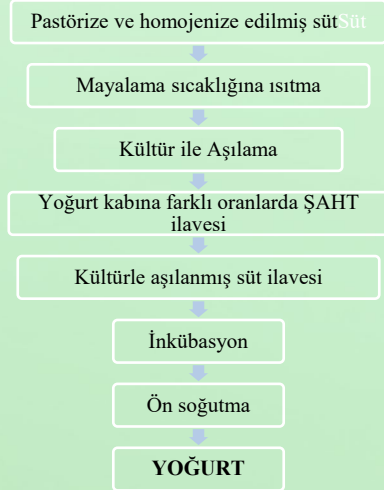
#### Protein tayini

ŞAHT ve yoğurt numunelerinin toplam azot içeriği Kjeldahl metodu kullanılarak (Behr Labor-Technik GmbH, Düsseldorf, Almanya) belirlenmiş ve protein miktarları hesaplanmıştır (Kurt ve ark., 1993).

#### Kurumadde tayini

ŞAHT ve yoğurt örneklerinin (%) kurumadde değerleri gravimetrik yöntem kullanılarak tespit edilmiştir. Kurumadde analizi için kullanılacak kaplar 105±2°C'lik etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutulmuş ve ardından desikatörde oda sıcaklığına gelene kadar soğutulmuştur. Ardından kapların darası alındıktan sonra ŞAHT örneklerinden 1'er gram veya homojen yoğurt örneklerinden 3'er gram tartılmış ve yoğurtlar 105±1°C'deki etüvde (Termal G11600S model, Termal Laboratuvar Aletleri San. ve Tic. Koll. Şti., İstanbul) kurutulmuştur. Kurutulan örnekler desikatöre alınarak oda sıcaklığına kadar yaklaşık 25-30 dakika soğutulmuş ve son tartımları yapılmış ve örneklerdeki yüzde (%) kuru madde miktarı belirlenmiştir (A.O.A.C., 1990).





Şekil 2. Farklı Miktarda ŞAHT Eklendiği Yoğurt Üretimi ve yoğurt örneklerinin inkübasyonu

### pH ve toplam asitlik tayini

Üretilen yoğurt örneklerinin pH'sının belirlenmesinde pHenomenal 1000L model (VWR International Ltd., Dublin, İrlanda) dijital pH metre kullanılmıştır. Toplam asitlik tayini, alkali titrasyon yöntemiyle belirlenmiştir. Elde edilen veriler laktik asit cinsine çevrilmiş ve g/L olarak ifade edilmiştir (Cemeroğlu, 2007).

### Renk analizleri

Homojen hale getirilen yoğurt örneklerinin ve ŞAHT örneğinin [ L\* (açıklık (100) - koyuluk (0)), a\* (kırmızı (+) - yeşil (-)), ve b\* (sarı (+) - mavi (-))] değerleri (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu tarafından geliştirilen CIELAB sistemi) kolorimetre (Minolta, CR-400 model, Konica Minolta Optics Inc., Tokyo, Japonya) kullanılarak ölçülmüştür. Kolorimetrenin kalibrasyonu standart beyaz plaka yardımıyla yapılmıştır (standart C ışık kaynağı ile Y=87,1, x=0,3157 ve y=0,3234). Kolorimetrenin koruma başlığı (CR-A33a) takılı optik ucu yoğurt ve ŞAHT örneklerinin yüzeyine (boşluk kalmayacak şekilde) temas ettirilerek C ışık kaynağı kullanılarak ölçülmüştür.

### Antioksidan kapasite

Yoğurt ve ŞAHT örneklerinin antioksidan kapasiteleri TEAC yöntemi kullanılarak belirlenmiş olup referans madde olarak Troloks kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Troloks eşdeğeri olarak kaydedilmiştir. Standart eğri için 1000 ppm'lik Trolox çözeltisi sırasıyla 50-5 ppm arası seyreltilmiş, absorbans ölçülüp % inhibisyon hesaplanarak eğri oluşturulmuştur.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### ŞAHT numunesinin kurumadde, protein ve renk değerleri

Yoğurtlara farklı oranlarda ilave edilen ŞAHT örneğinde kurumadde miktarı %94,51 olarak tespit edilmiş olup, protein miktarı kurumadde üzerinden %13,35 olarak belirlenmiştir.

### Protein değerleri

Yoğurtların hem duyuusal hem yapısal özelliklerini sütte bulunan protein etkilemektedir. Farklı oranlarda şalgam atığı havuç tozu kullanılarak üretilen yoğurt örneklerinin 0. gününde tespit edilen protein miktarı Tablo 1'de belirtilmiştir.

Tablo 1. Farklı oranlarda ŞAHT ilave edilerek üretilen yoğurt örneklerinin protein değerleri (%)

| Yoğurt Örnekleri | Protein Değerleri |
|------------------|-------------------|
| K                | 2,915±0,16        |
| A                | 2,985±0,19        |
| B                | 2,990±0,57        |
| C                | 2,850±0,21        |
| D                | 2,855±0,01        |
| E                | 3,195±1,10        |

K: Kontrol Örneği, A: %0,1 oranında şalgam artığı havuç tozu içeren yoğurt, B: %0,25 oranında şalgam artığı havuç tozu içeren yoğurt, C: %0,5 oranında şalgam artığı tozu içeren yoğurt, D: %1 oranında şalgam artığı havuç tozu içeren yoğurt, E: %2,5 oranında şalgam artığı havuç tozu içeren yoğurt.





Yoğurt örneklerinin protein oranlarının %2,85 ile %3,195 arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 1). En yüksek protein miktarı %2,50 oranında ŞAHT eklenen numunede ölçülürken, en düşük değer %0,5 ŞAHT içeren numunede tespit edilmiştir. Dolayısıyla genel olarak ŞAHT ilavesinin yoğurtlardaki protein miktarını artırmış olduğu söylenebilir. Çayır (2007) tarafından yapılan çalışmada, yoğurtların protein içeriğinin %3,44 ile %3,74 arasında değiştiği belirlenmiştir. Rahman ve ark. (2001) ise, %5, 10 ve 15 oranında meyve ilave edilen yoğurtlarda, meyve miktarının artışıyla protein oranlarının azaldığını tespit etmiştir.

Hong ve ark. (2020) çalışmalarında, farklı renklerdeki paprika suyu (kırmızı, turuncu ve sarı) ilavesinin yoğurdun biyokimyasal ve antioksidan aktiviteleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, *St. thermophilus* ve *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* bakteri kültürleri ile inoküle edilen ve paprika suyu eklenen yoğurt örnekleri hazırlanmış, paprika suyu içermeyen kontrol grubu da oluşturulmuştur. Paprika suyu ilavesinin yoğurdun peptit konsantrasyonunu önemli ölçüde artırdığını belirtmişlerdir. Kontrol yoğurdunun peptit konsantrasyonu 0,11 mg/mL iken, paprika suyu eklenmesiyle bu değer 0,21 mg/mL'ye yükselmiştir. Bu artışın, paprika ilavesi ile birlikte laktik asit bakteri sayısının artırarak, proteinleri önemli miktarda parçalaması ve serbest amino asit miktarını yükseltmesinden kaynaklanmış olabileceği ifade edilmiştir. Ancak, %2,5 oranında turuncu paprika suyu içeren yoğurdun 4°C'de 15 gün boyunca depolanması sırasında peptit konsantrasyonunda önemli bir değişiklik gözlemlenemediği de bildirilmiştir. Hem kontrol hem de paprika içeren yoğurtlarda peptit seviyelerinin depolama süresince sabit kaldığı ve bu durumun depolama sırasında proteinlerin belirgin bir şekilde parçalanmaması ve laktik asit bakteri sayısında büyük bir değişim olmamasına bağlanmıştır.

### Depolama süresince yoğurt örneklerinde pH ve toplam asitlik değeri

Üretilen yoğurt örneklerinde pH serbest halde bulunan H<sup>+</sup> iyonları konsantrasyonunu ifade etmekte olup, yoğurtlarda raf ömrü, depolama stabiliteyi üzerine etki eden faktörlerdir. Üretilen yoğurt örneklerinin depolamalarının 1., 7., 15. ve 21. günlerinde pH değerleri belirlenmiş ve Tablo 2'de belirtilmiştir.

**Tablo 2.** Depolama süresince yoğurt örneklerinde pH ve toplam asitlik değişimi

| Yoğurt örnekleri | pH              |            |            |            | Toplam asitlik  |             |             |             |
|------------------|-----------------|------------|------------|------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|
|                  | Depolama Süresi |            |            |            | Depolama Süresi |             |             |             |
|                  | 1. Gün          | 7.Gün      | 15.Gün     | 21.Gün     | 1. Gün          | 7.Gün       | 15.Gün      | 21.Gün      |
| K                | 4,28±0,02       | 4,16±0,005 | 4,13±0,03  | 4,13±0,005 | 0,795±0,014     | 0,846±0,004 | 0,849±0,002 | 0,875±0,005 |
| A                | 4,19±0,005      | 4,10±0,005 | 4,10±0,02  | 4,12±0,005 | 0,800±0,009     | 0,910±0,03  | 0,824±0,012 | 0,820±0,029 |
| B                | 4,20±0,065      | 4,05±0,01  | 4,08±0,035 | 4,11±0,01  | 0,847±0,003     | 0,965±0,005 | 0,874±0,004 | 0,865±0,055 |
| C                | 4,09±0,05       | 4,08±0,005 | 4,07±0,02  | 4,12±0,005 | 0,872±0,0018    | 0,885±0,005 | 0,899±0,027 | 0,865±0,025 |
| D                | 4,12±0,05       | 4,10±0,025 | 4,10±0,005 | 4,13±0,025 | 0,868±0,005     | 0,925±0,005 | 0,903±0,021 | 0,890±0,001 |
| E                | 4,22±0,005      | 4,14±0,03  | 4,16±0,04  | 4,13±0,04  | 0,825±0,01      | 0,870±0,001 | 0,915±0,055 | 0,900±0,001 |

K: Kontrol Örneği, A: %0,1 oranında şalgam artığı havuç tozu içeren yoğurt, B: %0,25 oranında şalgam artığı havuç tozu içeren yoğurt, C: %0,5 oranında şalgam artığı tozu içeren yoğurt, D: %1 oranında şalgam artığı havuç tozu içeren yoğurt, E: %2,5 oranında şalgam artığı havuç tozu içeren yoğurt.

Yoğurt örneklerinin inkübasyon sonrası pH değerleri Tablo 2'de gösterildiği gibi 4,09 ile 4,28 arasında değişim göstermiştir. En yüksek pH değeri, ŞAHT ilavesi yapılmayan kontrol grubunda ölçülmüş, diğer örneklerde ise farklı seviyelerde değişimler gözlenmiştir. ŞAHT içeren yoğurt örneklerinde pH değerlerinin kontrol grubuna kıyasla genellikle daha düşük olduğu ve ŞAHT ilavesinin pH'yı düşürdüğü belirlenmiş olmakla birlikte, ilave miktarının artışıyla düzenli bir yükseliş veya azalış eğilimi gözlemlenmemiştir. Kontrol örneğinde depolamanın ilk gününden itibaren pH değerinde azalma meydana gelmiş ve 21. gün itibarıyla pH 4,13 olarak belirlenmiştir. ŞAHT içeren örneklerde ise genellikle 15. güne kadar pH'da bir azalma gözlenmiş, ancak 21. gün itibarıyla artış kaydedilmiştir. 21 günlük depolama işlemi sonunda en yüksek pH değeri (4,13), K, D ve E numunelerinde tespit edilirken, en düşük pH değeri (4,11) B numunesinde belirlenmiştir.

Önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında, Karagözlü (1997) tarafından meyveli yoğurtlar üzerinde yapılan çalışmada 28 günlük depolama süresince pH değerlerinin 4,07-4,70 arasında değiştiği belirlenmiştir. Alzamara (2015) tarafından farklı oranlarda kuşburnu marmelatı ilave edilen yoğurtlarda 21 günlük depolama süresince pH değerlerinin 3,88-4,00 arasında değiştiği, Gündoğan (2015) tarafından karamuk konsantresi ve kavut ilavesiyle üretilen yoğurtlarda ise 21 gün boyunca pH değerlerinin 5,32'den 4,22'ye düştüğü bildirilmiştir. Wang ve ark. (2020) yapmış oldukları çalışmada elma posası ilavesi, özellikle %2 ve %3 oranlarında uygulandığında yoğurtların pH değerinde anlamlı bir düşüşe yol açtığını gözlemlemişlerdir. Örneklerde pH değerinin, soğuk depolama süresince azalmış olduğu, buna karşılık titre edilebilir asitlik miktarının arttığı ve 28. gün sonunda en yüksek seviyeye ulaştığı bildirilmiştir. Bu değişiklikler, yoğurtta laktik asit üreten bakterilerin (özellikle *St. thermophilus* ve *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) aktivitesine bağlanmaktadır. pH düşüşü ve asitlik artışı en belirgin şekilde ilk 7 gün içinde gözlemlenmiştir. Çakmakçı ve ark. (2012), muz marmelatı ilave edilmiş yoğurt ürünlerinin üretiminde probiyotik bakterilerin (*Lb. acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum* veya bu 2 suşun eşit karışımı) kullanılması olasılığını araştırdıkları çalışmada soğuk depolama süresi boyunca yoğurt örnekleri arasında titre



edilebilir asitlik açısından anlamlı farklar gözlemlenmiştir. Tüm örneklerde asitlik zamanla artarken, pH değerleri azalma eğilimi göstermiştir. Bu durumun, *Lb. delbrueckii subsp. bulgaricus* ve *St. thermophilus*'un neden olduğu postasitifikasyon süreciyle ilişkili olduğu düşünülmüş ve başlangıçta 4,49–4,60 aralığında olan pH değerlerinin, 14 gün sonunda 4,07–4,16 düzeyine gerilediği tespit edilmiştir.

Cho ve ark. (2020) şekerli omija meyvesi ilavesinin yoğurdun kalitesini ve antioksidan aktivitesini iyileştirip iyileştirmediğini belirlemek için yaptıkları çalışmada başlangıçta tüm grupların (şekerli omija ekstraktı eklenmiş, sadece çiğ omija ekstraktı eklenmiş ve herhangi bir ekleme yapılmamış yoğurt örnekleri) pH değerlerinin benzer aralıklarda olduğunu (4,55–4,57), ancak depolama süresi boyunca tüm gruplarda pH değerlerinin düştüğünü bildirmişlerdir (14. günde 4,22–4,38). 7. güne kadar gruplar arasında pH açısından anlamlı bir fark gözlemlenmezken, 7. günden sonra anlamlı farklılıklar ortaya çıkmış ve bu pH düşüşü, laktik asit bakterilerinin laktozu laktik aside dönüştürmesiyle açıklanmıştır. Başlangıçta titrasyon asitliği değerleri %0,94–1,01 arasındayken, 14 gün sonra %0,99–1,05 arasına yükselmiş ve depolama süresi boyunca bu değerler artmıştır.

Nguyen ve Hwang (2016) tarafından yapılan çalışmada, aronia suyu ilavesinin yoğurdun fermentasyon sürecindeki pH ve titrasyon asitliği üzerine etkileri incelenmiştir. Tüm yoğurt örneklerinde fermentasyon süresince pH değerleri düşerken, titrasyon asitliği artış göstermiştir. Aronia suyu içeren gruplarda pH değerleri, içeriğindeki asidik bileşikler nedeniyle kontrol grubuna kıyasla daha düşük bulunmuştur. Özellikle %2 ve %3 aronia suyu eklenen yoğurtlar, 6. saatten itibaren daha yüksek titrasyon asitliği göstermiştir.

Hong ve ark. (2020) yapmış oldukları çalışmada, farklı renklerdeki paprika suyu (kırmızı, turuncu ve sarı) ilavesinin yoğurt üzerinde etkilerini incelemiş ve paprika suyu ilavesi yoğurdun pH değerini düşürmüş ve özellikle %5 sarı paprika suyu içeren yoğurdun pH'ı kontrol grubundan daha düşük bulunmuştur. Ayrıca, paprika suyu, yoğurdun titrasyon asitliği değerini artırmıştır. Depolama süresinin sonunda, her iki grup da pH değerinde düşüş göstermiş, ancak paprika içeren yoğurtlar, kontrol yoğurduna göre daha düşük pH değerine sahip olmuştur. Titrasyon asitliği değerleri ise her iki grupta artmıştır.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, Karagözlü (1997), Çakmakçı ve ark. (2012), Nguyen ve Hwang (2016), Hong ve ark. (2020) ve Wang ve ark. (2020) tarafından bildirilen bulgularla benzerlik gösterirken, Alzamara (2015) tarafından elde edilen pH değerlerinden daha yüksek bulunmuştur.

Yoğurt üretiminde, süte eklenen laktik asit bakterileri, laktozun fermente edilmesiyle laktik asit üretir. Bu fermentasyon süreci, bakterilerin laktaz enzimi aracılığıyla laktozu glikoz ve galaktoza dönüştürmesiyle başlar ve sonrasında bu şekerler, bakteriler tarafından laktik asit olarak metabolize edilir. Üretilen laktik asit, yoğurdun pH değerini düşürerek ortamın asidik özellik kazanmasına yol açar. pH değeri 4,6'nın altına düştüğünde, süt proteinleri (özellikle kazein) çökelmeye başlar ve bu süreç, yoğurdun karakteristik jelleşmesini sağlar. Toplam asitlik miktarı, kullanılan starter kültürlerin mikroorganizma türlerine, sütün kimyasal bileşimine (özellikle kurumadde ve protein içeriği) ve üretim sürecindeki depolama koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Ayrıca, fermente edilen süt ürünlerinin pH ve asidik seviyeleri, yoğurdun fermente edilme süresi, sıcaklık ve saklama koşullarıyla da doğrudan ilişkilidir. Gerçekleştirilen çalışma kapsamında ŞAHT ilavesiyle üretilen yoğurt örneklerinin toplam asitlik değerlerindeki değişimler, depolamanın 1., 7., 15. ve 21. günlerinde ölçülerek Tablo 2'de sunulmuştur.

Araştırmada farklı miktarlarda ŞAHT ikamesi ile üretilen yoğurtların asitlik değerleri 0,795 ile 0,965 arasında değişmiş olup, en düşük değer kontrol grubunda ölçülmüştür. ŞAHT ilavesi, yoğurt örneklerinde asitliği artırmış ancak bu artış %0,5 oranında ŞAHT içeren C örneğine kadar devam etmiştir. Daha yüksek ŞAHT seviyelerinde ise toplam asitlikte azalma gözlenmiştir. Kontrol numunesinde depolama süresince asitlik artmaya devam etmiş ve 21. gün sonunda %0,875 olarak belirlenmiştir. A, B ve D örneklerinde asitlik artışı 7. güne kadar devam ederken, C ve E örneklerinde bu durum 15. güne kadar sürmüştür. Ancak, kontrol grubu dışındaki tüm numunelerde 21. güne kadar az da olsa bir düşüş gözlenmiştir.

Literatürde gerçekleştirilmiş olan çalışmalara bakıldığında, Karagözlü (1997) tarafından yapılan çalışmada, meyveli yoğurtların 28 günlük depolama sürecinde titrasyon asitliği değerlerinin %0,85 ile 1,38 arasında değiştiği ve asitlik seviyesinin zamanla arttığı tespit edilmiştir. Santo ve ark. (2012), çarkıfelek meyvesi lifi içeren probiyotik yoğurtlarda 14 gün boyunca depolama sürecinin titrasyon asitliğini artırdığını raporlamıştır. Uzuner (2012), pirinç sütüyle üretilen probiyotik yoğurtlarda 21 günlük depolama sonunda titrasyon asitliği değerlerinin %0,41 ile %1,14 arasında değiştiğini saptamıştır. Çoban (2017) ise kefir danesi ilavesi yapılan yoğurtlarda depolama süresince genel olarak titrasyon asitliğinin arttığını gözlemlemiştir. Bu çalışmada elde edilen veriler, 15. güne kadar Çoban (2017) tarafından bildirilen sonuçlarla paralellik gösterirken, 15. günden sonra asitlikte hafif bir düşüş gözlenmiş ve bu değişim önemli bir seviyede olmamıştır. Genel olarak, depolama sonunda elde edilen asitlik değerleri, önceki araştırmaların (Karagözlü, 1997; Santo ve ark., 2012; Çakmakçı ve ark., 2012; Nguyen ve Hwang, 2016; Cho ve ark., 2020) bulgularıyla uyumludur.





### Depolama süresince yoğurt örneklerinde kurumadde oranı ve antioksidan kapasite değeri

Yoğurt örneklerinin depolama sürecinde yapılan analizlerle elde edilen kurumadde ve antioksidan kapasite değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Kurumadde oranları depolamanın 1. gününde %11,76 (kontrol) ile %13,89 arasında değişiklik göstermiş olup, artan ikame maddesi ile artış göstermiştir. Depolama ile beraber genellikle kurumadde değerlerinde azalma gözlenmiştir. 21 günlük depolama sonunda ise yine benzer şekilde en düşük kurumadde miktarı kontrol örneğinde belirlenmişken, en yüksek değer en çok ikame maddesi ilave edilen denemede %13.93 olarak elde edilmiştir.

**Tablo 3.** Farklı oranlarda ŞAHT ilave edilerek üretilen yoğurtların depolama süresince kurumadde (%) ve antioksidan kapasitelerinin (μmol Trolox Eşdeğeri) değişimi

| Yoğurt örnekleri | Kurumadde       |             |             |             | Antioksidan kapasite (μmol Trolox Eşdeğeri) |             |              |              |
|------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------------------------|-------------|--------------|--------------|
|                  | Depolama Süresi |             |             |             | Depolama Süresi                             |             |              |              |
|                  | 1. Gün          | 7.Gün       | 15.Gün      | 21.Gün      | 1. Gün                                      | 7.Gün       | 15.Gün       | 21.Gün       |
| K                | 11,76±0,07      | 11,55±0,03  | 11,42±0,01  | 11,50±0,32  | 35,18±2,7                                   | 31,27±3,86  | 39,18±3,34   | 27,45±1,80   |
| A                | 11,81±0,02      | 11,60±0,11  | 11,57±0,115 | 11,61±0,005 | 40,81±1,67                                  | 39,27±4,89  | 41,81±1,29   | 27,90±10,16  |
| B                | 11,87±0,03      | 11,83±0,05  | 11,77±0,05  | 11,62±0,09  | 57,68±3,28                                  | 43,09±14,08 | 56,99±1,16   | 37,22±0,19   |
| C                | 12,21±0,05      | 11,95±0,03  | 11,76±0,145 | 11,95±0,1   | 85,45±0,64                                  | 62,72±7,07  | 102,95±15,11 | 69,31±14,46  |
| D                | 12,88±0,08      | 12,61±0,2   | 12,35±0,025 | 12,55±0,11  | 136,36±18,64                                | 113,63±3,86 | 125,681±3,54 | 89,54±9,0    |
| E                | 13,89±0,04      | 14,02±0,005 | 13,93±0,02  | 13,39±0,025 | 217,27±3,21                                 | 270,9±2,57  | 236,81±4,50  | 190,68±12,53 |

K: Kontrol Örneği, A: %0,1 oranında şalgam artığı havuç tozu içeren yoğurt, B: %0,25 oranında şalgam artığı havuç tozu içeren yoğurt, C: %0,5 oranında şalgam artığı tozu içeren yoğurt, D: %1 oranında şalgam artığı havuç tozu içeren yoğurt, E: %2,5 oranında şalgam artığı havuç tozu içeren yoğurt.

Öztürk ve Akyüz (1995) meyveli yoğurtlarla ilgili yaptıkları bir çalışmada, sade yoğurdun kurumadde oranlarının meyveli yoğurda göre daha düşük olduğunu ve bu farkın eklenen meyve ve sakkarozdan kaynaklandığını belirtmiştir. Ayar (2002) ise, kızılçık ilaveli yoğurtlarla ilgili çalışmasında, meyve ilaveli yoğurtların kontrol örneğine göre daha yüksek kurumadde oranlarına sahip olduğunu ifade etmiştir. Rahman ve ark. (2001) benzer bir çalışmada, meyve katkılı yoğurtların kontrol yoğurduna göre daha yüksek kurumadde içerdiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, Öztürk ve Akyüz (1995), Ayar (2002) ve Rahman ve ark. (2001) bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

ŞAHT örneğine ait antioksidan kapasite değerlerini belirlemek için farklı çözücüler kullanılmıştır. ŞAHT örneğine "Aseton;Su" (%70;30) kullanıldığında antioksidan kapasite 33,63 μM Trolox (v/v) olarak belirlenmişken, "Etanol;Su" (%70;30) (v/v) kullanıldığında 41,35 μM Trolox olarak elde edilmiştir. Buna karşılık, sadece su kullanıldığında antioksidan kapasite 55,43μM Trolox (v/v) olarak bulunmuştur. Dolayısıyla yoğurtlarda antioksidan kapasite değerlerini belirlemek için çözücü olarak sadece su kullanılmıştır.

Yoğurt örneklerinin 21 günlük depolama süresince antioksidan değerlerindeki değişim Tablo 3'te yer almaktadır. ŞAHT ilavesi arttıkça, tüm örneklerde antioksidan kapasite değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Depolamanın ilk gününde en düşük değer 35,18 μmol Trolox Eşdeğeri ile kontrol örneğinde, en yüksek değer ise 217,27 μmol Trolox Eşdeğeri ile E örneğinde tespit edilmiştir. Dolayısıyla ilave edilen ŞAHT miktarı arttıkça antioksidan kapasite değerlerinde artış gözlenmiştir. Depolamanın ilk gününden 7. güne kadar antioksidan değerlerinde bir düşüş yaşanırken, 7. günden 15. güne kadar bir artış gözlenmiş, ancak 15. günden sonra değerlerde tekrar bir azalma olmuştur. 21. günün sonunda ise 1. gün değerlerine göre tüm denemelerde azalma gözlenmiş ve en düşük antioksidan değeri 27,45 μmol Trolox Eşdeğeri ile kontrol örneğinde belirlenmişken, en yüksek değer ise 190,68 μmol Trolox Eşdeğeri ile E örneğinde bulunmuştur.

Alzamara (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, kuşburnu ve kızılçık marmelatları ilave edilerek üretilen yoğurtların depolama süresince antioksidan aktivite değerlerinin azaldığı ve depolamanın ilk gününde en yüksek değer 8,43 μmol Trolox Eşdeğeri, son gününde ise 4,35 μmol Trolox Eşdeğeri olduğu belirtilmiştir. Sıçramaz (2025) yapmış olduğu çalışmada, zerdeçal tozunun yoğurda eklenmesinin antioksidan aktiviteyi doza bağımlı bir şekilde artırdığını gözlemlemiş ve zerdeçal ilavesinin yoğurdun antioksidan özelliklerini önemli ölçüde iyileştirdiğini tespit etmiştir. Cho ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada, DPPH radikal giderme aktivitesinin depolama süresi boyunca en yüksek çiğ omija ekstraktı içeren yoğurt grubunda gözlemlendiği bildirilmiştir. Şekerli omija ekstraktı ve kontrol grupları arasında 7. güne kadar anlamlı bir fark bulunmazken, 14. günde şekerli omija grubu, kontrol grubuna kıyasla daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği bildirilmiştir. Nguyen ve Hwang (2016) çalışmasında, aronia suyu içeren yoğurtların DPPH ve ABTS radikal giderme aktiviteleri, kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Aronia suyu konsantrasyonu arttıkça antioksidan aktivite değerleri artmıştır. Araştırmacılar tarafından, yüksek antioksidan aktivitenin, aronia suyunun fitokimyasal içeriği ve mikrobiyal metabolik aktivite ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Amirdivani ve Baba (2015) tarafından yapılan çalışmada, yeşil çayın (*Camellia sinensis*) sütün fermentasyonuna etkisi incelenmiştir. Çalışmada, yeşil çay ekstresi eklenmiş sütün antioksidan aktivite, fenolik bileşikler ve laktik asit bakterilerinin büyümesi üzerindeki değişiklikleri değerlendirilmiştir. Fermentasyon sürecinde, yeşil çay infüzyonu eklenmiş süt, başlangıçta sade süte göre daha yüksek antioksidan aktivite göstermiştir. Fermentasyon sonunda, MGTY (Malezya yeşil çayı yoğurdu) en yüksek DPPH inhibisyonuna sahip olurken, onu Japon yeşil



çayı yoğurdu ve Sade yoğurt izlemiştir. FRAP değerleri açısından da MGTY en yüksek değeri elde etmiştir, ancak fermentasyon süreci, FRAP değerlerinde önemli bir artışa neden olmamıştır. Yeşil çayın mikrobiyal büyümeyi teşvik etmesi ve antioksidan aktiviteye sahip metabolik bileşiklerin oluşumu, antioksidan aktivitedeki artışın olası sebepleri olarak gösterilmektedir. Çalışma ayrıca, soğuk depolamanın yeşil çaylı yoğurtlar üzerindeki bazı fenolik bileşiklerin miktarını etkilediğini ancak bu değişikliklerin yoğurdun antioksidan aktivitesini önemli ölçüde etkilemediğini belirtmiştir. Yeşil çayın sağladığı antioksidan özelliklerin, depolama süresi boyunca nispeten kararlı kaldığı sonucuna varılmıştır. Hong ve ark. (2020) çalışmalarında, farklı renklerdeki paprika suyu (kırmızı, turuncu ve sarı) ilavesinin yoğurdun su ve metanol ekstraktlarının antioksidan aktiviteleri üzerinde önemli bir artış sağladığını belirtmişlerdir. Metanol ekstraktlarının antioksidan aktiviteleri, su ekstraktlarına göre 2 ila 4 kat daha yüksek bulunmuştur. Araştırmacılar tarafından %2,5 oranında turuncu paprika suyu içeren yoğurdun metanol ekstraktının antioksidan aktivitesi en yüksek olarak belirlenmiştir. Ayrıca, depolama süresi boyunca, paprika içeren yoğurtların su ve metanol ekstraktlarının antioksidan aktivitelerinin kontrol yoğurduna göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

### Depolama Süresince Yoğurt Örneklerinde Renk Değerleri

Şalgam artığı havuç tozlarında L\* değeri 43,01 olarak belirlenmiş olup, a\* ve b\* değerleri sırasıyla 32,40 ve 2,02 olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte farklı oranlarda ŞAHT eklenerek üretilen yoğurt örneklerinin renk ölçümleri, L\* (açıklık-koyuluk) değerleri Tablo 4'te a\* ve b\* değerleri ise Tablo 5'te sunulmuştur.

Şalgam artığı havuç tozu (ŞAHT) ilavesi arttıkça, yoğurtların koyulaştığı gözlemlenmiştir. Bunun nedeni, şalgam suyu üretiminde kullanılan havuçların antosiyanin pigmentleri açısından zengin olup kırmızı-mor renkte pigmentler içermesidir. Depolamanın 1. gününde L\* değeri kontrol örneğinde 88,66 olarak belirlenmişken, ŞAHT ilave edilen denemelerde en düşük değer 58,96 ile E örneğinde ve en yüksek değer 83,46 ile A örneğinde belirlenmiştir. Öte yandan, depolama süresince L\* değerlerinde genellikle düzenli bir artış görülmüş, yani renk solmuş ve yoğurtlar daha açık hale gelmiştir. 21 günlük depolama sonunda kontrol örneğinde L\* değeri 97,3 ile yine en yüksek değer olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, ŞAHT ilave edilen denemelerde en düşük değer yine E örneğinde (66,5) ve en yüksek değer A örneğinde 92,16 olarak bulunmuştur.

Alzamara (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, kuşburnu ve kızılçik marmelatları ilave edilen yoğurtlarda L\* değerlerinin depolamanın ilk gününde 85,37 ve 21. gününde ise 83,49 olduğu ve 21 gün boyunca L\* değerlerinin azaldığı belirtilmiştir. Bizim denememizde ise elde edilen L\* değerleri depolamanın başlangıcında benzer iken, depolama ile kısmen de olsa azalması bakımından çalışmamızdan farklı olarak görülmüştür. Bu farklılığın meyvedeki karoten pigmentlerinden kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir.

**Tablo 4.** Depolama süresince yoğurt örneklerinin L\* değerlerindeki değişim

| Yoğurt Örnekleri | Depolama Süresi |             |             |             |
|------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|
|                  | 1. Gün          | 7.Gün       | 15.Gün      | 21.Gün      |
| K                | 88,66±0,08      | 88,47±0,27  | 88,69±0,14  | 97,30±0,33  |
| A                | 83,46±0,095     | 86,19±2,51  | 83,94±0,11  | 92,16±0,21  |
| B                | 79,67±0,0235    | 79,63±0,495 | 80,41±0,285 | 87,96±0,18  |
| C                | 74,97±0,24      | 75,07±0,01  | 77,04±0,29  | 82,87±0,225 |
| D                | 69,23±0,7       | 69,36±0,075 | 70,95±1,14  | 76,68±0,17  |
| E                | 58,96±0,62      | 59,38±0,335 | 60,88±0,57  | 66,50±0,55  |

K: Kontrol Örneği, A: %0,1 oranında şalgam artığı havuç tozu içeren yoğurt, B: %0,25 oranında şalgam artığı havuç tozu içeren yoğurt, C: %0,5 oranında şalgam artığı tozu içeren yoğurt, D: %1 oranında şalgam artığı havuç tozu içeren yoğurt, E: %2,5 oranında şalgam artığı havuç tozu içeren yoğurt.

Kontrol örneğinde a\* değeri negatif değerde olup, ŞAHT ilave edilen örneklerde pozitif olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla kontrol örneği diğer örneklerden daha yeşil bir renk tonuna sahiptir. Depolamanın 1. gününde artan ŞAHT ilavesi ile a\* değerinin arttığı belirlenmiş olup, ŞAHT oranı arttıkça yoğurt örneklerinde kırmızılık değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir (Tablo 5). Bunun nedeni, siyah havuçta bulunan antosiyanin pigmentleridir. Kontrol örneğinin a\* değeri depolamanın başlangıcında -3,25 iken, en düşük miktarda ŞAHT ilave edilen örnekte a\* değeri +4,52 ve en yüksek değeri E örneği ile +23,08 olarak belirlenmiştir. 21 gün sonunda, tüm denemelerde (A örneği hariç) a\* değerlerinde artış gözlemlenmiştir ve a\* değerleri -3,195 ile 24,875 arasında değişmiştir. Alzamara (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, kuşburnu ve kızılçik marmelatları ilave edilen yoğurtlarda a\* değeri depolamanın 1. gününde 5,35 ve 21. gününde ise 4,09 olarak tespit edilmiştir. Çoban (2017) ise kefir danesi ilavesi yapılan yoğurtlarda kontrol örneğinde a\* değerini -4,32 olarak belirlemiştir. Gerçekleştirilen çalışmamızda ise, kontrol örneğinin a\* değeri -3,25 olup, Çoban (2017) ile benzer sonuçlar elde edilmiştir.





**Tablo 5.** Depolama süresince yoğurt örneklerinin a\* ve b\* değerlerindeki değişim

| Yoğurt örnekleri | a*              |             |             |             | b*              |            |            |             |
|------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|------------|------------|-------------|
|                  | Depolama Süresi |             |             |             | Depolama Süresi |            |            |             |
|                  | 1. Gün          | 7.Gün       | 15.Gün      | 21.Gün      | 1. Gün          | 7.Gün      | 15.Gün     | 21.Gün      |
| K                | -3,25±0,09      | -3,27±0,015 | -3,38±0,095 | -3,2±0,125  | 7,38±0,025      | 7,17±0,01  | 7,68±0,005 | 6,67±0,035  |
| A                | 4,52±0,05       | 4,10±0,13   | 4,2±0,085   | 4,15±0,435  | 3,80±0,04       | 4,35±0,25  | 4,23±0,13  | 3,51±0,03   |
| B                | 9,05±0,24       | 8,87±0,46   | 8,81±0,14   | 9,41±0,025  | 2,47±0,105      | 2,95±0,185 | 2,77±0,3   | 1,61±0,0805 |
| C                | 13,40±0,08      | 12,70±0,06  | 12,84±0,535 | 14,34±0,065 | 1,84±0,07       | 2,33±0,11  | 1,93±0,425 | 1,32±0,355  |
| D                | 18,03±0,36      | 17,58±0,34  | 17,4±0,205  | 18,73±0,19  | 1,66±0,755      | 1,77±0,22  | 1,38±0,75  | 1,41±0,6    |
| E                | 23,08±0,37      | 22,85±0,635 | 23,29±0,485 | 24,88±0,065 | 0,86±0,855      | 1,08±0,075 | 0,33±0,09  | 1,23±0,27   |

K: Kontrol Örneği, A: %0,1 oranında şalgam artığı havuç tozu içeren yoğurt, B: %0,25 oranında şalgam artığı havuç tozu içeren yoğurt, C: %0,5 oranında şalgam artığı tozu içeren yoğurt, D: %1 oranında şalgam artığı havuç tozu içeren yoğurt, E: %2,5 oranında şalgam artığı havuç tozu içeren yoğurt.

Denemelerde, yoğurt örneklerine eklenen ŞAHT oranı arttıkça, yoğurtların sarılık değerlerinde azalma gözlemlenmiştir, bu durum Tablo 5'te gösterilmiştir. Kontrol örneğinde b\* değeri 7,38 olarak belirlenirken, en düşük ŞAHT ilave edilen A denemesinde 3,80 ve en fazla ŞAHT eklenen E örneğinde bu değer 0,86 olarak tespit edilmiştir. Depolama süresi boyunca b\* değerinde düzensiz bir değişiklik gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, depolamanın başlangıcına göre, depolamanın 21. Gününde elde edilen b\* değerlerinde (E denemesi dışında) azalma gözlemlenmiştir. Depolama sonunda, en yüksek b\* değeri (6,67) kontrol örneğine aitken, en düşük değer ise E örneğinde 1,23 olarak bulunmuştur. Alzamara (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, kuşburnu ve kızılçik marmelatları eklenen yoğurtlarda b\* değeri 1,03 olarak tespit edilirken, 21. gün sonunda bu değer 2,58'e yükselmiş ve b\* değerinin arttığı bildirilmiştir.

Wang ve ark. (2020) yapmış oldukları çalışmada, elma posası ilavesiyle birlikte yoğurtların renk parametrelerinde anlamlı farklılıklar gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Açıklık (L\*) değeri azalmış, buna karşılık kırmızılık (a\*) ve sarılık (b\*) değerlerinin artmış olduğu belirlenmiş ve bu durumun elma posası ile zenginleştirilmiş yoğurtların kontrol grubuna kıyasla daha yoğun kırmızılık ve sarılık bir renge sahip olduğunu gösterdiğini bildirmişlerdir. Sıçramaz (2025) yapmış olduğu çalışmada, ilave edilen zerdeçal tozu konsantrasyonu arttıkça yoğurdun L\* ve a\* değerlerinin azaldığını, b\* değerinin ise önemli ölçüde arttığını tespit etmiştir. Bu renk değişikliklerinin tamamen artan zerdeçal tozu konsantrasyonundan kaynaklandığı belirtilmiştir. Cho ve ark. (2020) çalışmasında, yoğurtlara çiğ ve şekerli omija ekstraktı ilavesinin renk parametrelerini etkilediği bildirilmiştir. Açıklık (L\*) değeri en yüksekte en düşüğe doğru kontrol, şekerli omija ve çiğ omija ekstraktı şeklinde sıralanmış; çiğ omija ekstraktı daha koyu renk oluşumuna neden olduğu bildirilmiştir. Depolama süresi boyunca ise tüm gruplarda L\*, a\* (kırmızılık) ve b\* (sarılık) değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. En yüksek a\* değeri çiğ omija ekstraktı grubunda bulunmuş, bu da antosiyanin içeriğiyle ilişkilendirilmiştir. Nguyen ve Hwang (2016) çalışmasında, aronia suyu ilavesinin yoğurtların daha kırmızı, daha koyu ve daha az sarı renge sahip olduğunu bildirmiştir. Fermentasyon süresince tüm gruplarda açıklık (L\*) değerlerinde artış gözlemlenirken, kırmızılık (a\*) ve sarılık (b\*) değerlerinde farklı eğilimler gözlemlenmiştir. Hong ve ark. (2020) çalışmalarında, paprika suyu ilavesinin yoğurdun rengini belirgin şekilde değiştirdiğini belirtmişlerdir. Kırmızı paprika ilavesinin kırmızılık (a\*) değerini artırdığını, turuncu paprika ilavesinin ise parlaklık (L\*) değerini azaltıp, kırmızılık ve sarılığı (b\*) artırmış olduğunu belirlemiştir. Sarı paprika ilavesinin ise parlaklık değerini korurken, sarılığı artırdığı ifade edilmiştir.

## Sonuç

Bu çalışmada, şalgam suyu üretiminde ortaya çıkan önemli miktardaki siyah havuç artığının kurutulmuş toz haline getirilmesi (ŞAHT) ve bu tozun farklı oranlarda yoğurt üretimine (%0, %0,1, %0,25, %0,5, %1,0, %2,5) dahil edilmesinin yoğurdun bazı özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Gerçekleştirdiğimiz bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, ŞAHT'nin yoğurtların protein içeriği, pH, toplam asitlik, kurumadde oranı, antioksidan kapasite ve renk özellikleri üzerinde önemli değişikliklere yol açtığını göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, b değerinde düşüşe, buna karşılık toplam asitlik, kurumadde, antioksidan kapasite ve a\* değerlerinde ise artışa neden olduğunu göstermiştir. Fonksiyonel özellikler açısından bakıldığında, ŞAHT ilavesiyle yoğurtların antioksidan kapasitesinde önemli bir artış sağlanmıştır. Sonuç olarak, bu çalışma şalgam suyu endüstrisinden kaynaklanan siyah havuç atığının yoğurt üretiminde kullanımı açısından büyük bir potansiyele sahip olduğunu, yoğurt üretiminde başarılı bir şekilde kullanılabileceğini ve bu sayede hem atık değerlendirilerek ekonomik bir kazanç sağlanabileceğini hem de yoğurdun fonksiyonel özelliklerinin zenginleştirilebileceğini göstermektedir. Özellikle düşük konsantrasyonlarda ŞAHT ilavesinin yoğurdun kalitesini olumlu yönde etkileyebileceği ve tüketiciler için farklı özelliklere sahip yeni yoğurt çeşitlerinin geliştirilebileceği düşünülmektedir. Elde edilen veriler, çevresel sürdürülebilirlik açısından da önemli bir yer tutmaktadır, çünkü şalgam suyu üretiminden çıkan atıkların değerlendirilmesi, gıda atıklarının yönetimi konusunda yeni bir yaklaşım sunmaktadır. Gelecek çalışmalarda, farklı ön işlemlerin ve daha düşük ŞAHT konsantrasyonlarının etkileri detaylı olarak incelenebilir.



**Referanslar**

- A.O.A.C., "Official Methods of Analysis, (15th ed.)", Association of Official Analytical Chemists International, Washington, DC., (1990).
- Alzamara, R., Antioksidan zengin kuşburnu ve kızılcık meyvelerinden yapılan marmelatlar ilave edilerek üretilen meyveli yoğurtların bazı özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, s. 17, 2015.
- Amirdivani, S., and Baba, A. S. H., 'Green tea yogurt: major phenolic compounds and microbial growth', Journal of food science and technology, 52, 4652-4660, 2015.
- Ayar, A., 'Kızılcık ilaveli meyveli yoğurtların kimyasal bileşimi ve duyu kalitesi üzerine bir araştırma', 7. Gıda Kongresi, Ankara, 791-798, 2002
- Cambridge, UK, 2000; 605p.
- Canbaş, A. ve Deryaoğlu, A., 'Şalgam suyunun üretim tekniği ve bileşimi üzerinde bir araştırma', Doğa-Turkish Journal of Agricultural and Forestry, (17): 119-129, 1993.
- Carson, K.J., Collins, J.L. and Penfield, M.P., 'Unrefined, dried apple pomace as a potential food ingredient', Journal of Food Science, 59(6):1213-1215, 1994.
- Cemeroğlu B., Yemencioğlu A. ve Özkan M., Karadeniz F., Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, 77-107, Ankara, 2004.
- Cho, W. Y., Hwa, S. H., Yang, F., and Lee, C. H., 'Quality characteristics and antioxidant activity of yogurt containing raw omija and sugared omija during storage', Journal of Chemistry, 2020(1), 1274591, 2020.
- Çakmakçı, S., Çetin, B., Turgut, T., Gürses, M., and Erdoğan, A., 'Probiotic properties, sensory qualities, and storage stability of probiotic banana yogurts. Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences', 36(3), 231-237, 2012.
- Çayır, M.S., Probiyotik kültür kullanılarak üretilen kayısı katkılı yoğurtların bazı özellikleri. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, ss. 47-48-67, 2007.
- Çoban, F., Kurutulmuş kefir danesi ilave edilen süttan yoğurt üretimi. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Niğde, s. 45, 2017.
- Erten, H. ve Tangüler, H., 'Fermente bitkisel ürünler içinde: Gıda Biyoteknolojisi', (N. Aran, editör), Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti., Ankara, 241-277, 2010.
- Erten, H., Tanguler, H. and Canbaş, A., "A traditional Turkish lactic acid fermented beverage: Shalgam (Salgam)", Food Reviews International, 24, 352-359, 2008.
- Gündoğan, B.A., Karamuk konsantresi ve kavut ilavesi ile üretilen yoğurtların fiziksel ve duyu özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, s. 30, 2015.
- Gür, F., Tokat'ta satışa sunulan yoğurtların bazı niteliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, s. 50, 2012.
- Hong, H., Son, Y. J., Kwon, S. H., and Kim, S. K., 'Biochemical and antioxidant activity of yogurt supplemented with paprika juice of different colors', Food Science of Animal Resources, 40(4), 613, 2020.
- Jayaprakasha, G.K., Singh, R.P. and 'Sakariah, K.K., Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinifera*) extract on peroxidation models in vitro', Food Chemistry, 73:285-290, 2001.
- Karagözlü, C., Meyveli yoğurt üretimi, meyve karışımı hazırlanması, yoğurtların dayanma süreleri ile bazı nitelikleri üzerine araştırmalar, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, s. 63, 1997
- Konar, A., 'Süt Teknolojisi' Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Yayın no:140, Adana, 1998.
- Kurt, A., Çakmakçı, S., & Çağlar, A. (1993). Süt ve Mamülleri Muayene ve Analiz Metotları Rehberi, 5. Baskı. AÜ Yay. No: 252/d. Zir. Fak. Yay, (18).
- Kürdal, E. ve Demirci, M., 'Erzurum ili merkezinde tüketilen yoğurtların bileşimleri üzerine bir araştırma', Atatürk Ü. Ziraat Fak. Dergisi, 11(1-2), 45-58, 1980.
- Nguyen, L., & Hwang, E. S., 'Quality characteristics and antioxidant activity of yogurt supplemented with aronia (*Aronia melanocarpa*) juice', Preventive nutrition and food science, 21(4), 330, 2016.
- Öztürk, S. ve Akyüz, N., 'Meyveli yoğurt üretimi üzerine bir araştırma', Milli produktivite yayınları, No: 548, Ankara, 111-121, 1995.
- Rahman, S. M. R., Rashid, M. H., Islam, M. N., Hassan, M. N. and Hassan, S., 'Utilization of jack fruit juice in the manufacture of yogurt', Online Journal of Biological Sciences, 1 (9): 880-882, 2001.
- Santo, A. P. E., Perego, P., Converti, A. and Oliverti, M. N., 'Influence of milk type and addition of passion fruits peel powder on fermentation kinetics, texture, profile and bacterial viability in probiotic yoghurts', LWT Food Science and Technology, 47 (2), 393-399, 2012.
- Sıçramaz, H., 'Turmeric-Enriched Yogurt: Increased Antioxidant and Phenolic Contents', Fermentation, 11(3), 127, 2025.
- Tamime, A.Y.; Robinson, R.K. Yoghurt Science and Technology, 2nd ed.; Woodhead Publishing Limited:







- Tangüler, H., Çankaya, A., Ağçam, E., and Uslu, H., “Effect of temperature and production method on some quality parameters of fermented carrot juice (Shalgam)”, *Food Bioscience*, 41, 100973, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100973>
- Tangüler, H., Varol, Z.A., Ağçam, E., 2024. Comparative evaluation of the effect of the addition of turnip (*Brassica rapa*) on the biogenic amine and volatile flavour compounds of shalgam. *Latin American Applied Research*, 54(1): 81–90. DOI: 10.52292/j.laar.2024.1159
- TSE, 2006. TS 1330 Yoğurt Standardı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2006.
- Uzuner, A., Probiyotik yoğurt üretiminde pirinç sütü kullanımı, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, s. 75, 2012.
- Wang, X., Kristo, E., and LaPointe, G. ‘Adding apple pomace as a functional ingredient in stirred-type yogurt and yogurt drinks’, *Food Hydrocolloids*, 100, 105453, 2020.

