

Bazı Ticari Şalgam Sularının Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

Bilal AĞIRMAN^{1*} 

Öz

Ülkemizde üretimi ve tüketimi her yıl artarak önemli ölçeklere ulaşan ve dünyanın farklı bölgelerine ihraç edilmeye başlanan şalgam suyunun standardizasyon ve uygunluk değerlendirilmesi TS 11149 numaralı standarda göre belirlenmektedir. İlgili Şalgam Suyu Standardı son olarak 2016 yılında revize edilmiş olup, bu tarihten itibaren piyasada satışa sunulan şalgam sularının güncel mevzuata uygunluğunu gösteren çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Bu çalışmada Türkiye genelinde tüketime sunulan beş farklı endüstriyel şalgam suyunun kalite özellikleri belirlenmiş ve bu şalgam sularının ilgili Şalgam Suyu Standardına (TS 11149) uygunlukları araştırılmıştır. İncelenen şalgam sularının tamamının veya bir kısmının kuru madde, tuz oranı, pH, toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı bakımından standartta bildirilen değerleri karşılamadığı, kül, toplam asitlik ve laktik asit içeriği bakımından ise standarda uygun oldukları belirlenmiştir. Şalgam suları arasında; standartta herhangi bir limit değeri belirtilmeyen organik asit (asetik, sitrik), toplam fenolik madde, toplam monomerik antosiyanin ve renk özellikleri (L^* , a^* , b^* , C^* , h°) açısından önemli farklılıkların bulunduğu tespit edilmiştir. Piyasada bulunan şalgam sularının kalite ve bileşimlerinde tespit edilen bu önemli farklılıkların oluşmasında üretimde kullanılan hammaddelerin kalitesi ve kullanım oranlarının etkisi olduğu kadar, şalgam suyunun üretim öncesi/sırası/sonrası aşamalarında uygulanan yöntemlerin çeşitlilik göstermesi de etkilidir.

Anahtar Kelimeler: Şalgam suyu, Fermantasyon, Laktik asit, Siyah havuç.

Determination of Quality Characteristics of Some Commercial Shalgam Juices

Abstract

The standardization and compatibility assessment of shalgam juice, which has reached significant scales in production and consumption in Turkey and started to be exported to different parts of the world, is determined according to the standard numbered TS 11149. The related Shalgam Juice Standard was lastly revised in 2016. From this date, the number of studies demonstrating the compliance of the shalgam juices commercially available in the market with current legislation is quite limited. In this study, the quality characteristics of five different industrial shalgam juices consumed throughout the Turkey were determined and the compliance of these samples with the related Shalgam Juice Standard (TS 11149) was investigated. It was determined that all or some of the examined shalgam juices did not meet the values reported in the standard in terms of dry matter, salt content, pH, total mesophilic aerobic bacteria number, while they were compatible in terms of ash, total acidity and lactic acid content. Notable differences were determined among the shalgam juices in some characteristics, such as organic acids (acetic, citric), total phenolic content, total monomeric anthocyanin and color properties (L^* , a^* , b^* , C^* , h°), for which no value is specified in the standard. The quality and usage ratio of raw materials in the shalgam production are as effective factors as the diversity of the methods applied during the pre-/during/post-production stages for the formation of these significant differences in industrial shalgam juice.

Keywords: Shalgam juices, Fermentation, Lactic acid, Black carrot.

¹Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye, bagirman@cu.edu.tr

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author

Geliş/Received: 20.05.2024

Kabul/Accepted: 14.08.2024

Yayın/Published: 15.09.2024

1. Giriş

Türk Standartları Enstitüsü tarafından revize edilen TS 11149 Şalgam Suyu Standardına (Kabul: 2003, Revizyon: 2016) göre şalgam suyu “bulgur unu, ekşi hamur, içilebilir su ve yemeklik tuzun karıştırılıp laktik asit fermantasyonuna tâbi tutulduktan sonra elde edilen özütün, şalgam (*Brassica rapa*), mor havuç (*Daucus carota*), ve istenirse acı toz biber ilave edilerek hazırlanan karışımın tekrar laktik asit fermantasyonuna tâbi tutulması ile elde edilen ve istendiğinde ısıl işlem ile dayanıklı hale getirilen ürün” olarak tanımlanmıştır (TSE, 2016). Türkiye’ye özgü olan bu geleneksel içecek ismini üretimde düşük miktarda kullanılan şalgam turpundan alırken, rengini ise ana hammaddesi olan siyah (mor) havuçtan almaktadır. Laktik asit fermantasyonu (LAF) ürünü olan şalgam suyu mor-kırmızımsı renkte, bulanık, ekşi lezzete sahip keskin bir içecek olarak karakterize edilmektedir (Ozturk ve ark., 2024; Öztürk ve ark., 2024; Tangüler ve Ağırman, 2020).

Şalgam suyu üretiminin büyük bir çoğunluğu özellikle Çukurova Bölgesi olarak tarif edilen Adana, Mersin, Osmaniye ve Hatay illerinde gerçekleşmesine rağmen İstanbul, Ankara, İzmir ve Konya gibi büyükşehirlerde de üretim yapan endüstriyel işletmeler bulunmaktadır (Cirak ve ark., 2022). Şalgam suyu üretiminin büyük bir çoğunluğunu endüstriyel ölçekte üretim yapan fabrikalar oluşturmasına rağmen, bu içecek özellikle Çukurova Bölgesinde olmak üzere geleneksel olarak evlerde veya düşük miktarda üretim yapan çok sayıda küçük işletmede de üretilmeye devam etmektedir (Erten ve Tanguler, 2016; Öztürk ve ark., 2024). Şalgam suyunun yıllık üretim ve tüketim miktarı ile ilgili bilimsel bir veri bulunmamasına rağmen, Adana Şalgam Üreticileri Derneği (Şalgam-Der) 2020 yılı verilerine göre Türkiye genelinde toplam 60 milyon litre şalgam suyu üretiminin yapıldığı ve bunun 18 milyon litresinin dünya genelinde 46 ülkeye ihraç edildiği bildirilmiştir. İhracatın önemli bir bölümünün başta Almanya, Fransa, Belçika, İngiltere ve Hollanda olmak üzere Avrupa ülkelerine yapıldığı, ayrıca ABD, Kanada, Rusya, Çin ve Japonya gibi çeşitli ülkelere de ihracat yapıldığı bildirilmiştir (Şalgam-Der, 2020). Şalgam suyu, Adana Ticaret Odası (ATO) tarafından mahreç işareti coğrafi işaret türü altında Adana Şalgamı (Coğrafi İşaret Tescil Numarası: 489, Tescil Tarihi: 06.03.2020) adı ile tescil ettirilmiştir. Şalgam suyuna coğrafi işaret alınması ile tanıtımının ve ihracatının daha fazla artacağı düşünülmektedir.

İçerdiği fenolik bileşikler (antosiyantinler, fenolik asitler, ve flavonoller), mineraller (potasyum, demir, kalsiyum, fosfor), vitaminler ve serbest amino asitlerden dolayı şalgam suyu besleyici ve fonksiyonel bir içecektir (Öztürk ve ark., 2024). Günümüzde fonksiyonel gıda tüketimine olan artan tüketici isteği, sağlık açısından çok sayıda faydası bulunan şalgam suyunun popülaritesini artıran önemli bir faktördür. Son yıllarda şalgam suyu sektöründeki rekabetin artması sonucu üreticilerin ürün çeşitliliğini arttırmak istemesi ve şalgam suyu üzerine yapılan bilimsel çalışmaların artması sonucu bu içeceğin inovatif formları da ortaya çıkmakta ve farklı tüketici grupları tarafından da

tüketilmeye başlanacağı düşünülmektedir. Örneğin, yakın zamanda yapılan bir çalışmada; üretimde kullanılan hammaddelerden biri olan bulgur ununun gluten içermesinden dolayı gluten intoleransı bulunan bireyler için tüketimi uygun görülmeyen şalgam suyunun üretiminde pirinç ve mısır unu kullanılması sonucu glutensiz şalgam suyu üretilmiştir (Yanardağ Karabulut ve Bulut, 2024).

Şalgam suyu üretiminde henüz bir başlatıcı (starter) kültür geliştirilmediğinden ve standardize edilmiş bir şalgam suyu üretim metodu bulunmadığından üretim yöntemi işletmeden işletmeye göre değişmektedir (Ekici ve ark., 2021). Şalgam suyu üretiminde esas ham madde olan ve son ürün kalitesini doğrudan etkileyen siyah havucun (*Daucus carota* var. L.) kalitesi ve üretimdeki kullanım oranı her işletmede farklılık göstermektedir. Benzer şekilde geleneksel üretim yönteminde bulgur unu, kaya tuzu ve ticari ekmek mayası starter kültürü (*Saccharomyces cerevisiae*) içeren ekşitilmiş maya karışımından oluşan hamur 3-5 gün fermantasyona bırakılırken, doğrudan (direkt) üretim yönteminde ise hamur fermantasyonu gerçekleştirilmez (Ağırman ve Erten, 2018). Doğrudan yöntemde hamur yapımında kullanılan malzemeler fermantasyona uğratılmadan doğrudan üretimin yapılacağı tanka ilave edilir. Ayrıca şalgam turpunun (*Brassica rapa* var. *rapa* L.) yılın belli zamanlarında temin edilebilme probleminden dolayı içeceğe ismini veren bu bitki çoğu üretici tarafından kullanılmamaktadır. Şalgam suyu üretiminde yukarıda bahsedilen tüm farklılıklara ilaveten bazı işletmeciler tarafından sarımsak, kırmızı pancar ve acı toz biber ilavesi de yapılarak ürün bileşimi ve lezzeti etkilenmektedir (Tangüler ve Ağırman, 2020). Bunların dışında proseste kullanılan fermantasyon süresi ve sıcaklığı, durultma, filtrasyon, dinlendirme gibi aşamalarda uygulanan farklılıklar şalgam suyunun kalitesini etkileyen faktörler olarak görülmektedir. Sıralanan tüm bu nedenlerden dolayı ürün bileşimi ve kalitesi çok geniş bir aralıkta değişiklik göstermekte, hatta aynı işletmede üretilmesine rağmen üründe sabit bir kalite standardı yakalanamamaktadır. Bilimsel amaçlar kapsamında laboratuvar ortamında üretilen şalgam sularının bileşimi üzerine yapılan çalışmaların sayısında son yıllarda artış görülmekte, ancak endüstriyel şalgam sularının bileşimi ve standarda uygunluğu üzerine hâlihazırda sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır. Dolayısıyla, bu çalışmada piyasada satışa sunulan beş farklı markaya ait endüstriyel şalgam sularının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitelerinin belirlenmesi ve TS 11149 Şalgam Suyu Standardına uygunluklarının araştırılarak bu konuda literatürde var olan eksikliğin giderilmesine katkı sağlanması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Çalışma kapsamında incelenmiş olan beş farklı markaya ait ambalajlanmış şalgam suları Adana piyasasında satış yapan marketlerden iki farklı zamanda satın alınarak temin edilmiştir. Markaların seçiminde üretim miktarı düşük, yöresel çapta faaliyet gösteren işletmeler yerine daha fazla tüketiciye hitap eden, Türkiye genelinde bulunabilir olan, ihracat yapan, üretim ve tüketim miktarı daha yüksek olan firmalar tercih edilmiştir. Toplanan örnekler en fazla iki saat içerisinde laboratuvara getirilmiş ve analizleri yapılmaya kadar 4°C’de muhafaza edilmiştir. Şalgam suyu örnekleri Ş1, Ş2, Ş3, Ş4 ve Ş5 olarak kodlanmıştır. Çalışmada kullanılan tüm şalgam suları acısız tip olup, geleneksel yöntem kullanılarak üretilmişlerdir. Çalışma kapsamında incelenen şalgam sularının bileşimlerindeki farklılıkların ve standarda uygunluklarının tutarlı bir şekilde karşılaştırılması ve tartışılması amacıyla hammaddeleri ve üretim yöntemleri aynı olan ve Şalgam Suyu Standardına göre aynı tip (acısız, acı biber ilavesiz) içerisinde değerlendirilen şalgam suları kullanılmıştır.

2.2. Kimyasal Analizler

Beş farklı şalgam suyu örneğinde pH, toplam asitlik, kuru madde, kül ve tuz tayinleri aşağıda belirtildiği şekilde gerçekleştirilmiştir. Tüm kimyasal analizler iki tekerrürlü olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

pH tayini: Örneklerin pH değerleri dijital pH metre (SevenCompact, pH/Ion S220, Mettler Toledo, Birleşik Krallık) kullanılarak doğrudan ölçülmüştür.

Toplam asitlik tayini: Örneklerin toplam asit seviyesi 0.1 N NaOH çözeltisi ile fenolftalein indikatörü varlığında pH 8.1 dönüm noktasına kadar titre edilmesi sonucu belirlenmiş ve sonuçlar laktik asit cinsinden g/L olarak ifade edilmiştir (Cemeroğlu, 2010).

Toplam kuru madde tayini: Kuru madde tayini gravimetrik olarak gerçekleştirilmiş ve örneklerin 105°C’de vakumlu etüvde (Venticell 222, MMM Medcenter, Almanya) sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulması sonucu belirlenmiştir. Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir (Cemeroğlu, 2009).

Kül tayini: Örnekler sıcaklığı 550°C olarak ayarlanan kül fırınında (PLF 110/6, Protherm, Türkiye) karbon içermeyen beyaz-gri üniform kül rengi elde edilinceye kadar yakılmış ve sonuçlar % (g/100g) kül değeri olarak hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2010).

Tuz tayini: Şalgam sularının tuz içerikleri örneklerin AgNO₃ çözeltisi ile titre edilmesi ilkesine dayanan Mohr metodu kullanılarak belirlenmiştir (Nielsen, 2017).

2.3. Mikrobiyolojik Analizler

Piyasadan toplanan şalgam sularında laktik asit bakterisi (LAB), toplam maya (TM), toplam mezofilik aerobik bakterisi (TMAB) ve koliform bakterisi sayımı yapılmıştır. Şalgam örneklerinden 1 ml alınarak içerisinde serum fizyolojik (9 ml, %0.85 NaCl) bulunan tüplerde seri dilüsyon işlemi yapılmış ve bu seyreltmelerden 0.1 ml alınarak MRS (de Man, Ragosa ve Sharpe) Agar besiyerine dökme plak yöntemi ile ekim yapılmıştır. MRS Agar besiyerine, küf ve maya gelişimini engellemek amacıyla 100 mg/L konsantrasyonunda sikloheksimit (Sigma-Aldrich, Almanya) antibiyotigi ilave edilmiştir. Petriler, anaerobik ortam sağlamak amacıyla Anaerocult® A (Merck KGaA, Almanya) ilave edilmiş anaerobik jar içerisinde 30°C’de 48 saat boyunca inkübe edilmiştir (Jamnik ve ark., 2022). Maya sayımı için standart mikrobiyolojik analizlerde mayalar için seçici besiyeri olarak kullanılan Malt Extract Agar (MEA) üzerine yayma plak yöntemi ile ekim yapılmıştır. Bakteri gelişimini engellemek için besiyerine 100 mg/L konsantrasyonunda oksitetrasiklin (Sigma-Aldrich, Almanya) ilave edilmiş ve 25°C’de 72 saatlik aerobik inkübasyondan sonra maya kolonileri sayılmıştır (Agirman ve Erten, 2018). TMAB analizinde yayma plak yöntemi uygulanmış ve koloni sayımları aerobik olarak 30°C’de 72 saat boyunca inkübasyona bırakılan Plate Count Agar (PCA) içeren petriler üzerinde gerçekleştirilmiştir (Boyacı-Gunduz ve ark., 2022). *Enterobacteriaceae* üyeleri olan koliform grup bakterilerin sayısı Violet Red Bile Agar’da (VRBA) 37°C’de 24 saatlik inkübasyon sonrası pembe-kırmızımsı kolonilerin sayılması ile belirlenmiştir (Walusansa ve ark., 2022). Mikrobiyolojik analizler iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

2.4. Renk Değerleri Ölçümü (L^* , a^* , b^* , C^* , h°)

Renk değerleri ölçümünde Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE-Commission Internationale de l'éclairage) tarafından geliştirilen CIELAB renk uzayı sistemi kullanılmıştır. Bu renk uzayı, üç renk değeri (L^* , a^* , b^*) ölçümünü kullanarak görünür ışık tayfı dışındaki renkler de dâhil olmak üzere sonsuz sayıda rengi üç-boyutlu bir grafikte tek bir nokta ile temsil ederek tanımlar (Özdemir ve Acar Büyükpehlivan, 2022). Üç temel kromatik koordinattan L^* açıklık ($L^* = 0$ siyah, $L^* = 100$ beyaz), a^* kırmızı/yeşil ($+a^*$ kırmızıyı, $-a^*$ yeşili belirtir) ve b^* sarı/mavi ($+b^*$ sarıyı, $-b^*$ ise maviyi belirtir) koordinatlarını temsil eder. Bu çalışmada şalgam suyu örneklerinin L^* , a^* , b^* renk değerleri Color Quest XE (3A/SB, ABD) model renk ölçüm cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Rengin doygunluğunu (düşük, orta, yüksek) ifade eden Kroma (C^*) değeri ve renk tonunu (algılanan renk) belirten Hue açısı (h°) yukarıda belirtilen 3 temel renk değeri kullanılarak aşağıdaki denklemler yardımı ile hesaplanmıştır (Hunter ve Harold, 1987). Renk analizleri üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

$$h^\circ = \arctan(b^*/a^*) \quad (2)$$

2.5. Fenol Bileşikleri Tayini

Toplam fenolik madde (TFM) tayini: Örneklerde TFM değeri Folin-Ciocalteu metoduna göre belirlenmiştir. Santrifüj edilip berrak kısmı alınan örneklerin absorbans değerleri gerekli çözelti ilavelerinden sonra UV/VIS Spektrofotometrede (Perkin Elmer Lambda 25, USA) şahide karşı 765 nm'de okutularak belirlenmiştir. Örneklerin toplam fenolik madde miktarı gallik asit (GA) ile hazırlanan standart eğrinin denklemi kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar mg GA/L olarak ifade edilmiştir (Ainsworth ve Gillespie, 2007). TFM analizleri iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir

Toplam monomerik antosiyanin (TMA) tayini: Şalgam suyu örneklerinin TMA seviyesi pH diferansiyel yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu yöntem temel olarak, pH 1.0 ve 4.5 absorbans değerleri arasındaki farkın örneklerin antosiyanin miktarı ile doğru orantılı olarak değiştiği esasına dayanmaktadır. Ortam pH'ları 1.0 ve 4.5 değerlerine ayarlanmış örneklerin okumaları UV/VIS Spektrofotometre (Perkin Elmer Lambda 25, USA) cihazında 520 ve 700 nm dalga boylarında yapılmıştır. Ölçümler optik yolu 1 cm olan tek kullanımlık küvetlerde gerçekleştirilmiştir. Şalgam sularının TMA değerleri siyanidin-3-glikozit cinsinden mg/L olarak verilmiştir (Giusti ve Wrolstad, 2001). TMA analizleri iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

2.6. HPLC ile Organik Asit Tayini

Şalgam sularında baskın olan organik asitlerin (laktik, asetik ve sitrik) miktarı LC-20AT model (Shimadzu, Japonya) yüksek performanslı sıvı kromatografi (HPLC) cihazı ile belirlenmiştir. Kullanılan HPLC cihazı, dörtlü pompa ünitesi, kolon fırını (CTO-10AS), otomatik örnekleyici (SIL-20A), degaz modülü (DGU-20A5) ve fotodiyot dizisi dedektör (PDA, SPD-M20A) ünitelerinden oluşmaktadır. Organik asit analizleri Waters-X-Terra-MS, C18 (5µm, 4.6 x 250 mm, İrlanda) kolonu kullanılarak 210 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir. HPLC çalışma koşulları olarak kolon sıcaklığı 50°C'ye ayarlanmış ve 0.5 ml/dk akış hızında 5 mM konsantrasyonunda H₂SO₄ çözeltisi mobil faz olarak kullanılmıştır (Agirman ve ark., 2021). Şalgam örnekleri kolon enjeksiyonu öncesinde 8000xg devirde 4°C'de 15 dk boyunca santrifüj edildikten sonra PTFE membran filtre kullanılarak iki aşamalı (ilk 0.45 µm, sonrasında 0.22µm, Millipore, Almanya) filtrasyondan geçirilmiştir (Tanguler ve Erten, 2012). Organik asit miktarlarının belirlenmesinde dış standart yöntemi uygulanmıştır. Kullanılan standartlar laktik asit (Sigma-Aldrich, St. Louis, ABD), asetik asit (Sigma-Aldrich, Taufkirchen, Almanya) ve sitrik asit (Sigma-Aldrich, Taufkirchen, Almanya)

şeklinde. Kromotogramlarda elde edilen organik asit pikleri, standartlarının alıkonma sürelerinin karşılaştırılmasıyla tanımlanmıştır. HPLC analizleri üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

2.7. İstatistiksel analizler

Araştırmadan elde edilen veriler tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiştir. Normal ve homojen dağılım gösterdiği belirlenen varyanslara Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Önem seviyesi olarak %5 kullanılmıştır. İstatistiksel analizlerde Windows SPSS 23.0 (IBM SPSS Statistics, Versiyon 23.0, Armonk, NY, IBM Corp.) paket programı kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Şalgam sularının kimyasal bileşimi ve standarda uygunlukları

Çalışma kapsamında incelenen beş farklı ticari şalgam suyunun kimyasal bileşimi ve ilgili özelliğin güncel şalgam suyu standardında bildirilen limit değerleri Tablo 1’de verilmiştir. Şalgam suyu üretiminde kullanımı gerekli olan tuz ’un lezzet verici özelliği dışında, fermantasyon sırasında bozucu ve patojenik mikroorganizmaları inhibe etme ve dolayısıyla laktik asit bakterilerinin gelişimi teşvik etmek gibi önemli fonksiyonları bulunmaktadır (Erten ve Tanguer, 2016). Bu çalışmada incelenen şalgam sularının tuz içerikleri %1.39 - %2.19 arasında değişmiş olup, analiz edilen beş şalgam suyundan dördünün standartta bildirilen limit değerini (≤ 1.7) aştığı belirlenmiştir. Literatürde ticari şalgam sularının tuz değerlerinin %1.12 - % 1.78 (Öztürk, 2009), %1.17 - %2.57 (Çakır, 2011) ve %1.1 - %2.2) (Özer ve Çoksöyler, 2015) arasında olduğu bildirilmiştir. Son yıllarda Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve diğer sağlık otoriteleri tarafından diyetle kullanılan sodyum tuzunun azaltılmasına yönelik ciddi sayıda çalışmalar yapılmaktadır. Sodyum tuzunun vücuda alımında artış sonucu kan basıncının artması (hipertansiyon) başta olmak üzere, mide kanseri ve kardiyovasküler problemler gibi çeşitli sağlık sorunları meydana gelebilmektedir (Agarwal ve ark., 2015). Ayrıca vücuda aşırı sodyum alımı sonucu plazmada meydana gelen anormal sodyum konsantrasyonu ve buna bağlı olarak vücudun su kaybetmesi ile birlikte birçok sağlık sorununa yol açabileceği bildirilmiştir (Agirman ve Erten, 2018). Ülkemizde de Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından bu doğrultuda çalışmalar yapılmakta; zeytin, pastırma, ekmek, peynir gibi tuz içeren ve günlük beslenmede önemli yer tutan gıdalarda tuz içerikleri azaltılmaktadır. Şalgam suyunun içerebileceği tuz değeri ise 2016 yılında revize edilen standart ile %2 seviyesinden %1.7 düzeyine indirilmiştir. İncelenen şalgam sularının kuru madde içeriklerinin %1.59 - %2.71 arasında değiştiği belirlenmiştir. İncelenen tüm şalgam sularının, kuru madde içeriği bakımından TS 1149 Şalgam Suyu Standardına uymadığı ve standartta

bildirilen minimum değerin (≥ 2.8) altında kaldığı tespit edilmiştir. Literatürde ticari olarak satışa sunulan şalgam sularının bileşimleri ile ilgili az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu ender çalışmalardan birinde Adana piyasasında satışa sunulan 20 farklı şalgam suyunun bileşimleri incelenmiş ve kuru madde içeriklerinin %2.07 ile %3.19 arasında değiştiği saptanmıştır (Öztürk, 2009). Özer ve Çoksöyler (2015) tarafından Adana ve Mersinde satışa sunulan 14 farklı şalgam suyu incelenmiş ve kuru madde içeriklerinin %2.0 ile %2.9 arasında değiştiği bildirilmiştir. Şalgam suyu kuru madde miktarının kullanılan siyah havuç ve tuz miktarı ile doğru orantılı olarak değiştiği bilinmektedir (Güven ve ark., 2019). Şalgam suyunun kuru madde içeriğini ise su ve uçucu maddeler uzaklaştırıldıktan sonra geriye kalan organik asit, tuz, protein, renk ve mineral maddeler oluşturmaktadır (Agirman ve ark., 2021). Bu çalışmada incelenen şalgam sularının kuru madde ve tuz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, üreticilerin kullandıkları siyah havuç miktarının standartta belirlenen kuru madde değerini sağlamada yetersiz kaldığı ve esas hammadde olan siyah havucun miktarının artırılması gerektiği anlaşılmaktadır. Siyah havucun şalgam üretiminde en önemli maliyet bileşeni olduğu düşünüldüğünde, üreticilerin ekonomik endişelerden dolayı ve ürün fiyatını aşağıya çekmek amacıyla bu bileşenin miktarını azaltabilecekleri düşünülmektedir.

Tablo 1. Şalgam örneklerinin kimyasal bileşimi.

Analizler	Ş1	Ş2	Ş3	Ş4	Ş5	Standart*
Kuru madde (%)	2.39±0.01 ^b	2.34±0.01 ^{bc}	2.71±0.02 ^a	2.29±0.01 ^c	1.59±0.00 ^d	≥ 2.8
Kül (%)	1.58±0.00 ^b	1.70±0.01 ^a	1.65±0.02 ^a	1.48±0.01 ^c	0.96±0.00 ^d	≤ 2.0
Tuz (%)**	1.78±0.03 ^c	1.84±0.04 ^b	2.19±0.05 ^a	1.78±0.02 ^c	1.39±0.01 ^d	≤ 1.7
pH	3.76±0.00 ^b	3.73±0.02 ^b	3.67±0.01 ^c	3.69±0.00 ^c	3.88±0.02 ^a	≤ 3.8
Toplam asitlik (g/L)***	7.48±0.11 ^c	8.08±0.13 ^b	8.71±0.12 ^a	8.26±0.10 ^b	6.86±0.008 ^d	≥ 6.0

Aynı satırda farklı harflerle belirtilen değerler arasındaki farklar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur. *TS 11149 Şalgam Suyu Standardında belirtilen limit değerler, ** Sodyum klorit (NaCl) cinsinden, *** laktik asit cinsinden.

Bir laktik asit fermantasyonu ürünü olan şalgam suyunda baskın asit laktik asit olup (Erten ve Tanguler, 2016), şalgama kendine has ekşi lezzetini verirken aynı zamanda LAB dışındaki bakterilerin gelişimini kısıtlayarak ürünün muhafazasında da rol oynamaktadır (Tangüler ve Ağırman, 2020). Şalgam suyunun asitlik derecesi tüketicilerin ürün hakkındaki beğeni durumunu doğrudan etkileyen bir faktör olarak dikkat çekmektedir (Agirman ve ark., 2021). TS 11149 Şalgam Suyu Standardı'na göre şalgam suyunda toplam asitlik düzeyinin en az 6 g/L olması gerekirken, pH seviyesinin ise en yüksek 3.8 olması gerektiği belirtilmiştir. Bu çalışmada incelenen tüm şalgam sularının toplam asitlik (6.86 g/L – 8.71 g/L) değerleri standart ile uyumludur. Ş5 kodlu örneğin pH değeri (3.88) standartta belirtilenden yüksek iken, diğer şalgam sularının pH değerleri (3.67 – 3.76) standarda uygun çıkmıştır. pH ve toplam asitlik miktarları fermantasyon süresince üretilen laktik asit miktarı ile ilişkilidir (Ulu, 2019). Şalgam sularında beklendiği gibi pH ve toplam asitlik değerleri arasında ters orantı bulunmuş ve örneklerde pH değeri düştükçe toplam asitlik derecesinin arttığı

belirlenmiştir (Tablo 1). Özer ve Çoksöyler (2015) piyasadan temin ettikleri şalgam sularının toplam asitlik ve pH değerlerini sırasıyla 6.1 – 9.1 g/L ve 3.3 – 3.6 arasında belirlerken, laboratuvar koşullarında ürettikleri şalgam sularında aynı özelliklerin sırasıyla 6.3 – 8.7 g/L ve 3.4 - 3.5 arasında değiştiğini bildirmiştir.

İncelenen şalgam sularının % kül değerleri 0.96 -1.70 arasında değişmiş ve tüm örneklerin kül değeri bakımından standarda (≤ 2.0) uygun olduğu saptanmıştır. Kül tanım olarak inorganik yapıda olan anyonik ve katyonik iyonlar olup, yanmayan maddelerin toplamı olarak ifade edilmektedir (Ağırman, 2014). Cirak ve ark. (2022) tarafından laboratuvar ortamında üretilen şalgam sularının kül değerleri %1.55 - % 1.78 arasında değişirken, ticari şalgam sularının incelendiği çalışmada kül değerleri %1.32 - %1.97 arasında değişmiştir (Çakır, 2011).

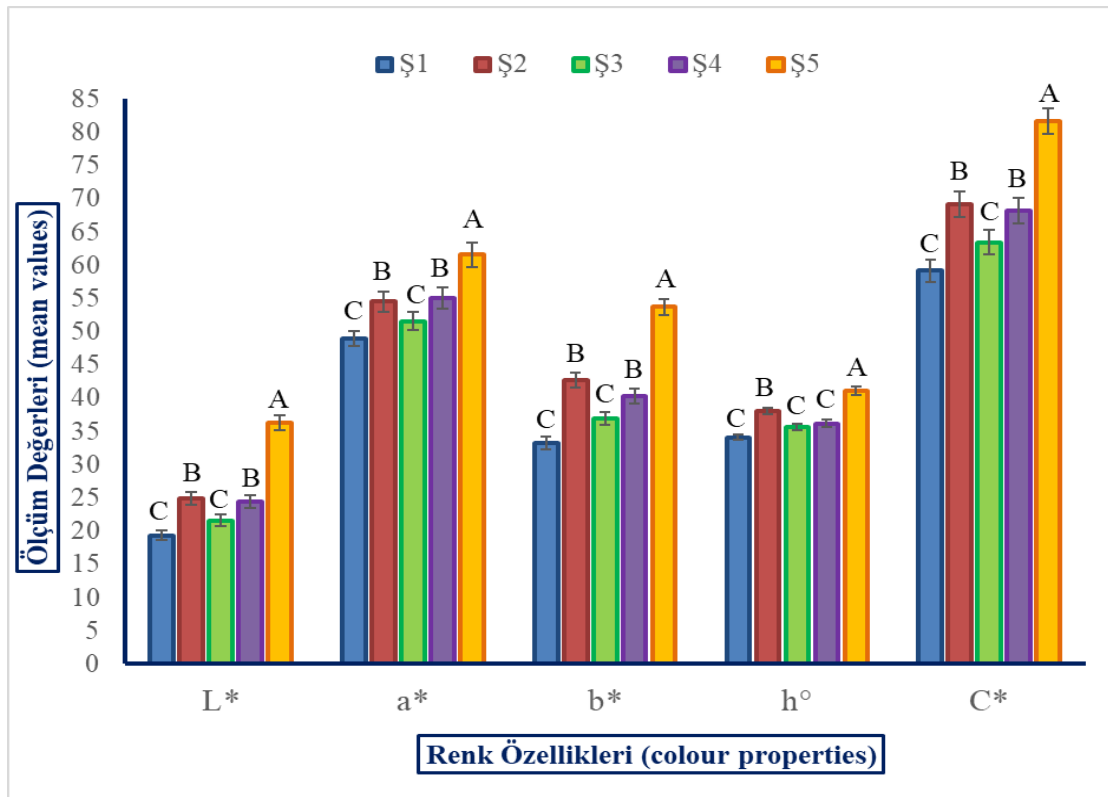
Çalışma kapsamında tüm kimyasal analiz sonuçları değerlendirildiğinde özellikle Ş5 kodlu örneğin en düşük kül, kuru madde, tuz ve toplam asitlik içeriğine ve en yüksek pH değerine sahip olması dikkat çekicidir. Bu örnekte özellikle asitlik, kuru madde ve kül değerinin diğer örneklerle göre düşük çıkması kullanılan siyah havuç miktarının oldukça az olduğunu ifade etmektedir. Diğer taraftan, tüm şalgam sularının incelenen tüm kimyasal bileşimleri arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan anlamlı ($P < 0.05$) bulunmuştur. Bu sonuç piyasada bulunan şalgam sularının üretiminde kullanılan bileşenlerin ve oranlarının önemli ölçüde farklı olduğunu yansıtmaktadır.

Bu bölümde çalışma sonucunda elde edilen bulgular verilmelidir. Elde edilen bulgular ile ilgili literatür çalışmaları yapılarak karşılaştırmalar yapılabilir.

3.2. Şalgam sularının renk özellikleri

Şalgam suyunun kendine özgü koyu kırmızı rengi siyah havuçta yüksek miktarda bulunan antosiyanin bileşenlerin fermantasyon sırasında suya geçişinden kaynaklanmaktadır (Bozdoğan ve Yaşar, 2019). Kimyasal açıdan antosiyanidinlerin glikozitleri olarak tanımlanan antosiyaninler (Çakır, 2011) suda çözülebilir nitelikte olup, en kuvvetli doğal gıda renklendiricilerinden biri olarak kabul edilmektedir (Tangüler, 2021). İncelenen şalgam sularının L^* değerleri 19.38 – 36.27, a^* değerleri 49.00 – 61.57 ve b^* değerleri 33.23 – 53.72 arasında değişmiştir (Şekil 1). Bu üç renk değerinin tümünün en düşük bulunduğu şalgam suyu Ş1 kodlu örnek olurken, en yüksek değerleri ise Ş5 kodlu örnekte tespit edilmiştir. Diğer örneklerde dikkate alındığında, koyu renkten açık renge gidecek şekilde şalgam sularının renkleri sıralandığında sırasıyla Ş1, Ş3, Ş4, Ş2 ve Ş5 dizilimi ortaya çıkmaktadır. $a^*(+)$ kırmızılık değeri incelendiğinde kırmızı renk özelliği en yüksek olan şalgamdan en az olan şalgama doğru sıralama ise Ş5, Ş2, Ş4, Ş3 ve Ş1 şeklindedir. Çalışma kapsamında incelenen şalgam sularının tamamının $b^*(+)$ değerlerine sahip olması şalgam sularının sarı renk içerdiğini ifade etmektedir. Sarı renge en fazla sahip olan şalgam suyundan en az sahip olana doğru

bir sıralama yapıldığında $a^*(+)$ değeri ile aynı şekilde Ş5, Ş2, Ş4, Ş3 ve Ş1 dizilimi elde edilmektedir (Şekil 1). Yukarıda bahsedilen verilerden anlaşıldığı üzere incelenen tüm şalgam sularında algılanan baskın renk kırmızı olmuştur. Ancak Ş5 kodlu örnek incelenen diğer örneklere ve literatürde bildirilen değerlere kıyasla oldukça yüksek L^* değerine sahip olduğundan, rengi açık/soluk kırmızı olmuştur. Bunun sebebinin ise siyah havuç miktarının yetersiz olmasından dolayı antosiyanin bileşiminin eksik kalmasıdır. Şalgam suyunun istenen rengi açık kırmızı değil, koyu kırmızı olmasıdır. Dolayısıyla yetersiz siyah havuç kullanımının şalgam suyunun renk kalitesini doğrudan olumsuz şekilde etkilediği söylenebilir. Literatürde şalgam suyu üzerine yapılan çalışmalarda karşılaştırılabilir değerler elde edilmiştir. Agirman ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada L^* değerleri 18.75 – 20.94, a^* değerleri 50.38 – 53.15 ve b^* değerleri 32.06 – 35.84 arasında değişmiştir. Tanguler ve ark. (2021) geleneksel ve doğrudan yöntem ile şalgam suyu üretmiş ve geleneksel yöntemle üretilen şalgam sularında L^* (13.78 – 14.25), a^* (4.74 – 5.20) ve b^* değerleri (-0.12 – -0.35) arasında değişirken, doğrudan yöntemle üretilen şalgam sularında ise L^* (13.27 – 14.23), a^* (2.95 – 5.58) ve b^* değerleri (0.16 - 1.17) arasında belirlenmiştir. Bu çalışmada bildirilen renk değerlerinin literatüre göre oldukça düşük çıkmasının sebebinin uzayan fermantasyon süresinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Tanguler ve ark., 2021).



Şekil 1. Ticari şalgam sularının renk özellikleri.

(Her bir renk koordinatında ifade edilen farklı harfler, farklı şalgam sularına ait incelenen bu renk koordinatının ortalama değerleri arasındaki farklılıkların Duncan çoklu karşılaştırma testine göre anlamlı ($P < 0.05$) olduğunu ifade etmektedir).

Rengin yoğunluğunu (doygunluğunu) veya bir başka deyişle saflığını ifade eden C^* değeri, incelenen şalgam örneklerinde 59.2 – 81.71 arasında değişirken, algılanan renk veya renk tonunu belirten h° değeri ise 34.14 – 41.10 arasında değişmiştir. Hue açısı ürünün baskın olduğu renge karşılık gelen açıyı temsil etmektedir (Alibaş ve ark., 2021) ve h° değeri 0'a yaklaştıkça renk kırmızı tonlarına, 90'dan sonra sarı tonlarına, 180 ve sonrası yeşil tonlarına, 270 derecede ise mavi tonlarına karşılık gelmektedir (Özçelik ve ark., 2022). Şalgam sularının Şekil 1'de sunulan h° değerleri kırmızı renk tonlarına karşılık gelmekte olup değer sayısal olarak arttıkça renk açık kırmızıdan koyu kırmızıya ve kahverengi tonlarına daha da ileride sarıya dönmektedir. Kroma (C^*) renkte hakim olan pastel ton veya canlı ton ile ilişkili olup, kromanın sayısal değerinin artması rengin canlılığının artmasına, azalması ise rengin donuklaşmasına işaret etmektedir (Alibaş ve ark., 2021). Bu verilere göre, kırmızı rengin baskınlığının en yüksek olduğu örnek Ş1 olurken en düşük olduğu örnek ise Ş5 olmuştur. Ş5 kodlu örneğin renk canlılığı en yüksek seviyede bulunurken, Ş1 kodlu örnekte diğer şalgam sularına kıyasla canlılık daha zayıf bulunmuştur. Literatürde şalgam suları üzerinde yapılan çalışmalarda C^* değeri (57.17 – 66.60) ve h° değeri (31.45 – 35.49) açısından bu çalışma ile benzer sonuçlar elde edilmiştir (Ağırman ve ark., 2021; Cirak ve ark., 2022).

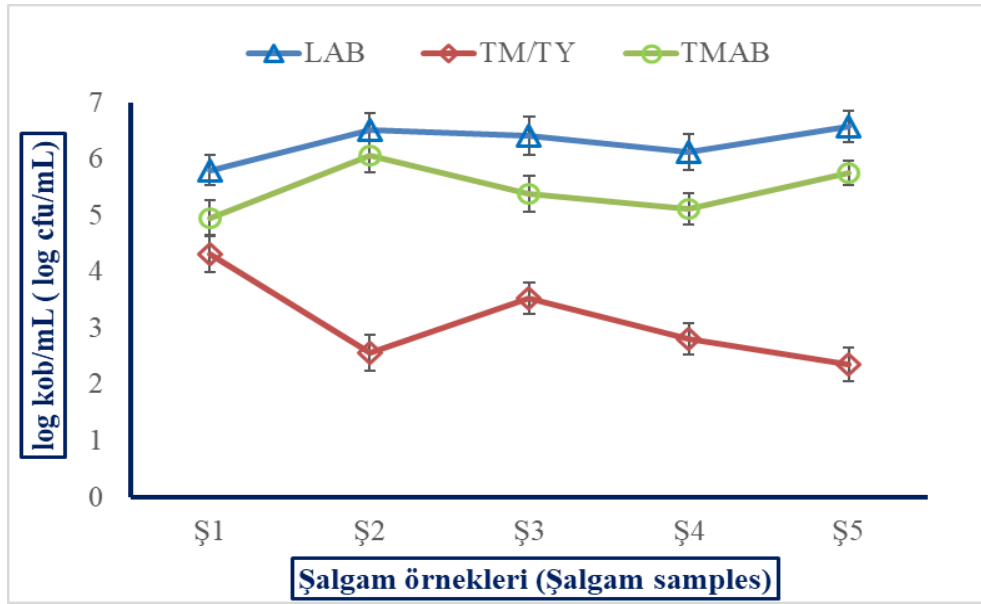
Şalgam sularının renk değerleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli bulunduğu ($P < 0.05$) ve şalgam sularının renk açısından üç gruba ayrıldığı görülmektedir (Şekil 1). Buna göre Ş5 kodlu örnek renk özellikleri açısından diğer şalgamlardan ayrılıp tek başına bir grubu oluştururken, Ş2 ve Ş4 renk özellikleri açısından yakın değerler alarak ikinci grubu, Ş1 ve Ş3 kodlu örnekler ise benzer renk özellikler sergileyerek üçüncü grubu oluşturmuştur.

3.3. Şalgam sularının mikrobiyolojik özellikleri

Şalgam suyunun tat ve aroma oluşumunda en önemli etkenlerden bir diğeri içerdiği mikroorganizmalardır (Coskun, 2017). *Lactiplantibacillus plantarum*, *Limosilactobacillus fermentum* ve *Lacticaseibacillus paracasei* subsp. *paracasei* türlerinin starter olarak kullanımını öneren çeşitli çalışmalar olsa da, bilindiği kadarıyla şalgam suyu üretiminde hâlihazırda starter kültür kullanımı bulunmamaktadır (Erten ve ark., 2016; Tangüler ve Ağırman 2020). Şalgam suyun fermantasyonunda esas olarak laktik asit bakterileri olmak üzere mayaların da rol aldığı bilinse de (Coskun, 2017), şalgam suyunun mikrobiyotası karmaşık bir yapıya sahiptir ve tam olarak bilinmemektedir (Kahve ve ark., 2022). Şalgam suyu üretiminde fermantasyon; ekşi hamur mikroflorasına, siyah havuç, şalgam turpu gibi hammaddelerin ve ayrıca üretim ve depolama sırasında kullanılan alet ve ekipmanların yüzeylerinde doğal olarak bulunan mikrofloraya bağlı olarak gerçekleşirken, üretimde genellikle kontrolsüz (spontan) bir fermantasyon uygulanmaktadır (Erten

ve ark., 2016; Erten ve Tanguler, 2016; Kahve vd., 2022). Bu nedenle son ürünlerin fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal kalitesi farklı olabilmektedir (Tangüler ve Ağırman, 2020).

Çalışma kapsamında yapılan mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre şalgam sularının LAB sayıları 5.80 – 6.57 log kob/mL, TM sayıları 2.36 – 4.32 log kob/mL ve TMAB sayıları ise 4.95 – 6.05 log kob/mL aralığında saptanmıştır. İncelenen şalgam suyu örneklerinde koliform bakteri varlığı tespit edilmemiştir. Literatürdeki çeşitli çalışmalarda da şalgam suyunun sahip olduğu düşük pH ve yüksek asitlik değerlerinden dolayı koliform bakterilerin ortamda canlı kalamadığı bildirilmiştir (Ağırman ve Erten, 2018; Çankaya ve Tangüler, 2018). İncelenen şalgam sularının tamamında fermantasyonu yürüten ve ortamda baskın olan mikroorganizma grubunun laktik asit bakterileri olduğu ve mayaların LAB'a kıyasla daha düşük sayıda bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 2). Literatürde bu bulgu ile uyuşan sonuçlar elde edilmiştir. Kafkaskıray (2020) tarafından laboratuvar ortamında geleneksel yöntem ile üretilen şalgam sularının mikrobiyal profili üzerine yapılan çalışmada şalgam sularının LAB sayısı 7.68 – 7.81 log kob/mL, TM sayısı 5.84 log kob/mL, TMAB sayısı 7.71 – 7.92 log kob/mL olarak bildirilmiştir. Gök (2017) tarafından Adana piyasasından toplanan 12 adet ambalajlı şalgam suyu örneğinde LAB sayıları 2.17 – 4.79 log kob/mL, TM sayısı 1.47 – 4.04 log kob/mL ve TMAB sayısı 1.77 – 4.53 log kob/mL olarak bildirilmiştir. Bu çalışmada ve Gök (2017) tarafından yapılan çalışmada incelenen ticari şalgam sularında bulunan mikroorganizma yükünün laboratuvar ortamında üretilen şalgam sularına göre daha düşük çıkmasının sebebinin ticari şalgam sularında raf ömrünü uzatmak amacıyla koruyucu ilave edilmesi veya ısıl işlem (pastörizasyon) uygulamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu çıkarımı destekleyen güncel bir çalışmada (Mujdeci ve ark., 2023) koruyucu kullanılmadan (kontrol) ve üç farklı koruyucu (sodyum benzoat, potasyum sorbat ve natamisin) kullanılarak üretilen şalgam sularında LAB ve maya sayılarının koruyucu kullanımı ile önemli düzeyde azaldığı ve bu azalmanın kullanılan koruyucu miktarının artması ile doğru orantılı olacak şekilde arttığı ortaya konmuştur. Kontrol grubu örneklerde LAB ve maya sayıları sırasıyla 6.58 ve 6.39 log kob/ml iken, aynı mikroorganizma grupları koruyucu kullanılan denemelerde sırasıyla 2.48 ve 1.31 log kob/ml seviyesine kadar gerilemiştir (Mujdeci ve ark., 2023).



Şekil 2. Farklı mikrobiyal grupların şalgam örneklerindeki sayıları.
(LAB: Laktik asit bakterisi, TM: Toplam maya, TMAB: Toplam mezofilik aerobik bakteri)

TS 11149 Şalgam Suyu Standardına göre şalgam suyu örneğinin mililitresinde bulunabilecek kabul edilebilir en fazla TMAB sayısı 1.0×10^5 kob/mL (5 log kob/mL) olarak belirtilmiştir. Standartta göre bu çalışmada incelenen beş farklı markaya ait şalgam sularından Ş1 kodlu örnek hariç diğer dört örneğin standarda uyum sağlamadığı belirlenmiştir. İlgili standartta LAB ve maya sayısı için herhangi bir değer belirtilmemiştir.

3.4. Şalgam sularının organik asit ve fenol bileşikleri bileşimi

Şalgam fermantasyonunda esas son ürün laktik asit olup şalgam suyunun toplam asitliğinin önemli bir bölümünü bu asit oluşturmaktadır. Şalgam suyunda laktik asit L(+) ve D(-) formlarında bulunmasına rağmen baskın olarak bulunan L(+) formudur (Ekinci ve ark., 2016). Laktik asit şalgam suyunu mikrobiyal bozulmalara karşı korumasının yanında ürünün lezzet ve aromasına katkı sağlar (Erten ve Tanguler, 2016). Bu özelliklerine ek olarak laktik asit şalgam suyuna ferahlatıcı bir özellik katmakta, sindirim sisteminin pH'sının düzenlenmesine ve vücudun bazı minerallerden daha fazla yararlanmasına yardımcı olmaktadır (Coskun, 2017; Tangüler ve Ağırman, 2020). Şalgam suyunda laktik asit dışında bulunan başlıca organik asitler asetik asit, sitrik asit, propiyonik asit ve süksinik asit olarak bildirilmiştir (Ağırman ve ark., 2021; Ekinci ve ark., 2016). Heterofermentatif laktik asit bakterileri ve mayaların aktivitesi sonucu oluşan asetik asit şalgam suyunda uçucu asitler arasında en baskın olanıdır (Coskun, 2017; Erten ve Tanguler, 2016).

HPLC analizi sonuçlarına göre bu çalışmada incelenen ticari şalgam sularının laktik asit içerikleri 5.68 – 7.21 g/L, asetik asit ve sitrik asit içerikleri ise sırasıyla 0.78 – 1.18 g/L ve 0.09 – 0.23 g/L arasında değişmiştir (Tablo 2). Laktik asit miktarları, şalgam sularının daha önce verilen toplam

asitlik değerleriyle uyumlu çıkmış ve en fazla laktik asit içeren en az doğru sıralama Ş3, Ş4, Ş2, Ş1, Ş5 şeklinde olmuştur. En düşük laktik asit miktarının birçok kalite özelliğinde düşük puan alan Ş5 kodlu örnekte bulunması dikkat çekicidir. Buna rağmen tüm örneklerin ilgili standartta belirtilen en düşük (≥ 4.5 g/L) laktik asit miktarını sağladıkları tespit edilmiştir. Çalışmada incelenen şalgam sularında uçucu asit olarak en baskın asidin asetik asit olduğu belirlenmiştir. Piyasadan toplanan bu şalgam sularının organik asit bileşimleri arasındaki farklılıkların önemli olduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$). Bu çalışmadan elde edilen organik asit verileri literatür ile uyumludur. Ekinci ve ark. (2016) tarafından Adana’da satışa sunulan şalgam sularından üç yıl boyunca örnek alınmış ve ortalama laktik asit, asetik asit ve sitrik asit miktarları sırasıyla 8.90 g/L, 1.29 g/L ve 1.25 g/L olarak bildirilmiştir. Gök (2017) tarafından yapılan çalışmada 12’si etiketli (ambalajlı) ve 13’ü dökme olarak Adana’da tüketiciye sunulan 25 ticari şalgam suyu incelenmiş ve laktik asit içeriklerinin 3.05 – 8.38 g/L, asetik asit içeriklerinin ise 0.55 – 3.41 g/L arasında değiştiği belirlenmiştir.

Tablo 2. Şalgam örneklerinin organik asit ve fenol bileşikleri bileşimi.

Bileşim	Ş1	Ş2	Ş3	Ş4	Ş5
Organik asitler (g/L)					
Laktik asit	5.99±0.08 ^c	6.48±0.07 ^b	7.21±0.11 ^a	6.55±0.10 ^b	5.68±0.03 ^d
Asetik asit	0.78±0.09 ^c	1.00±0.08 ^{ab}	1.18±0.09 ^a	0.96±0.04 ^b	0.95±0.06 ^b
Sitrik asit	0.16±0.01 ^b	0.11±0.01 ^c	0.17±0.01 ^b	0.23±0.02 ^a	0.09±0.01 ^c
Fenol bileşikleri (mg/L)					
TFM	278.60±8.36 ^b	182.60±6.12 ^c	318.10±11.21 ^a	312.60±7.88 ^a	178.60±4.12 ^c
TMA	169.58±3.08 ^c	134.18±2.30 ^d	248.15±7.91 ^a	198.22±6.37 ^b	97.92±2.48 ^e

Aynı satırda farklı harflerle belirtilen değerler arasındaki farklar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur. TFM: Toplam fenolik madde (gallik asit eşdeğeri olarak), TMA: Toplam monomerik antosiyanin (siyanidin-3-glikozit eşdeğeri olarak).

Şalgam suyunun sağlık üzerine birçok olumlu etkisi olduğu bildirilmektedir. Özellikle şalgam suyu yapımında esas hammadde olarak kullanılan siyah havuçun fenolik bileşikler, C ve E vitamini başta olmak üzere çok sayıda biyoaktif bileşen (fitokimyasal) içerdiği ve yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir (Öztürk ve ark., 2023). Fenolik bileşikler; fenolik asitler, tanenler ve antosiyaninler olarak alt gruplara ayrılırken, şalgam suyunun özellikle antosiyaninler açısından zengin olduğu bilinmektedir (Cirak ve ark., 2022; Ribéreau-Gayon ve ark., 2006). Şalgam suyunun kendine özgü koyu ve kırmızı rengi siyah havuçta bulunan antosiyaninlerden kaynaklanmaktadır (Coskun, 2017). Fenolik bileşiklerin yüksek antioksidan kapasiteye sahip oldukları bildirilirken (Tangüler ve Ağırman, 2020), siyah havuç antosiyaninlerinin ise sağlık açısından kardiyovasküler rahatsızlık ve kanser riskini azaltmak gibi birçok faydalarının olduğu bildirilmektedir (Ekinci ve ark., 2016). Antosiyaninlerin de içerisinde bulunduğu fenolikler, LAB ve diğer mikroorganizmaların canlılık ve gelişimlerini modüle etme özelliklerinden dolayı şalgam suyu fermantasyonu üzerine etki etmektedirler (Rodríguez ve ark., 2009). Bu nedenle fenolik maddeler ve

antosiyenin varlığı şalgam suyunun biyoaktif açıdan zengin bir içecek olduğunu göstermektedir (Ekinci ve ark., 2016).

Bu çalışmada incelenen şalgam sularında TFM içeriğinin artması ile TMA içeriğinin de arttığı belirlenmiştir (Tablo 2). Şalgam sularında TFM miktarı GA cinsinden 178.60 – 318.10 mg/L arasında iken, TMA miktarı ise siyanidin-3-glikozit cinsinden 97.92 – 248.15 mg/L arasında değişmiştir. Farklı markalara ait bu beş şalgam suyunun TFM ve TMA değerleri arasındaki farkların istatistiksel açıdan %5 önem düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir. En düşük TFM ve TMA değerleri Ş5 kodlu örnekte belirlenirken, en yüksek değerler Ş3 kodlu şalgam suyunda saptanmıştır. Ticari şalgam sularının toplam TFM içeriği GA cinsinden 517 mg/L (Ekinci ve ark., 2016) olarak bildirilirken, laboratuvar şartlarında üretilen şalgam sularında bu değer 650 mg/L (Bozdoğan ve Yaşar, 2019) olarak belirlenmiştir. Tanguler ve ark. (2021) geleneksel yöntem ile ürettikleri şalgam sularında TFM (mg GA/L) ve TMA içeriğini sırasıyla 259.77 – 382.10, 124.91 – 176.24 mg/L olarak belirlerken doğrudan yöntem kullanılarak üretilen şalgam sularında her iki parametrede düşüş görülmüş ve TFM 185.93 – 257.10 (mg GA/L), TMA ise 88.68 – 99.16 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yakın zamanda yapılan bir diğer çalışmada geleneksel yöntem kullanılarak üretilmiş şalgam suyunun TFM ve TMA içeriği sırasıyla 432.2 (mg GA/L) ve 132.7 mg/L olarak bildirilmiştir (Ozturk ve ark., 2024). Bu çalışmada saptanan TFM değerlerinin literatür de bildirilenlere göre düşük çıkmasının nedeni üretimde kullanılan siyah havucun oranı ve fenolik madde içeriği ile ilişkili olabileceği gibi, bu çalışmada incelenen ticari şalgam sularının fenolik bileşiklerinin depolama sırasında parçalanmasından kaynaklanabileceği de düşünülmektedir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada Türkiye genelinde satışa sunulan 5 farklı üreticiye ait şalgam sularının kalite özellikleri ve ilgili güncel şalgam suyu standardına (TSE, 2016) uygunlukları araştırılmıştır. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde bu çalışmada incelenen tüm şalgam suları kül, toplam asitlik ve laktik asit içeriği bakımından ilgili standarda uygun iken, hiçbir şalgam suyu kuru madde değeri açısından standartta belirtilen değeri sağlamamıştır. Tuz oranı olarak sadece Ş5 kodlu örneğin, TMAB sayısı açısından ise yalnızca Ş1 kodlu örneğin standarda uygun değerleri sağladığı belirlenmiştir. pH özelliği açısından ise Ş5 kodlu örnek dışında, analiz edilen diğer dört şalgam suyunun TS 11149 numaralı Şalgam Suyu Standardına uygun olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda piyasada bulunan şalgam suları arasında organik asit, fenol bileşikleri, mikrobiyolojik bileşim, çeşitli fiziksel ve kimyasal özellikleri açısından önemli farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir. Şalgam sularının birçok kalite özelliği bakımından standarda uymaması ve bileşimleri arasında büyük dalgalanmalar bulunması, üreticilerin şalgam suyu üretimi sırasında kullandıkları

hammadelerin (özellikle siyah havucun) kalitesi ve kullanım oranlarındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Ayrıca üretim tekniklerinin (geleneksel, doğrudan) firmadan firmaya değişiklik göstermesi, fermantasyon koşulları (sıcaklık, süre), üretim öncesi (hamur fermantasyonunda kullanılan formülasyon, hamurun ekstraksiyonu veya bez/tülbent içerisinde kullanımı, havuç boylama) ve sonrası (filtrasyon, durultma, dinlendirme, ısıtma işlemi uygulaması) işlemlerde uygulama farklılıkları şalgam suyunda standardizasyonu engellemekte ve bazen kalite sorunu oluşmasına neden olmaktadır. Sıralanan tüm bu farklılıklar şalgam suyunun ambalajlanmasından sonraki aşamada dahi bozulma sürecini doğrudan etkilemekte ve özellikle yaz aylarında şişme (bombaj) sorunu ile sıklıkla karşılaşılmaktadır. Bu nedenle şalgam suyu üretiminde, şalgam suyundan izole edilmiş, yerli starter kültür/ler'in kullanılması sabit kalitede üretim yapılması açısından çok önemli bir eksikliği gidermiş olacaktır. Ayrıca şalgam suyu standardında; üretimde kullanılması gereken minimum siyah havuç oranı, farklı koruyucu maddelerin kullanımı ve ısıtma işlemi uygulama normları ile ilgili konularda güncellemeler yapılmasının üründe standardizasyon sağlamada fayda sağlayacağı düşünülmektedir. İleriye dönük olarak ise kimyasal koruyuculardan ürünü tamamen arındırmak ve ısıtma işleminin lezzet ve renk üzerindeki olumsuz etkilerinden kaçınmak amacıyla şalgam suyunda ısıtılmayan yenilikçi teknolojilerin (yüksek basınç, ultraviyole ışık, vurgulu elektrik alan, ultrases, ohmic ısıtma vb.) kullanımı veya daha düşük maliyetli olarak avantaja sahip olan antimikrobiyal etkiye sahip doğal bileşenlerin (bitki ekstraktları vb.) şalgam sularında kullanımı üzerine yapılacak çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışmanın tamamı Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazar bu araştırma makalesinde herhangi bir kişi ve/veya kurum ile çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- Agarwal, S., Fulgoni, V.L., Spence, L., and Samuel, P. (2015). Sodium intake status in United States and potential reduction modeling: an NHANES 2007-2010 analysis. *Food Science & Nutrition*, 3(6), 577-585.
- Ağırman, B. (2014). *Şalgam suyu üretiminde farklı klorür tuzları kullanılarak sodyum klorür miktarının azaltılması*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Agirman, B., and Erten, H. (2018). The influence of various chloride salts to reduce sodium content on the quality parameters of Şalgam (Shalgam): a traditional Turkish beverage based on black carrot. *Journal of Food Quality*, Article ID: 3292185.
- Agirman, B., Settanni, L., and Erten, H. (2021). Effect of different mineral salt mixtures and dough extraction procedure on the physical, chemical and microbiological composition of şalgam: a black carrot fermented beverage. *Food Chemistry*, 344, 128618.
- Ainsworth, E.A., and Gillespie, K.M. (2007). Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin-Ciocalteu reagent. *Nature Protocols*, 2(4), 875-877.
- Alibaş, İ., Yılmaz, A., Günaydın, S., and Arkain, B. (2021). Influence of drying methods on drying kinetics and color parameters. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 9(5), 897-908.
- Boyacı-Gunduz, C.P., Agirman, B., Gaglio, R., Franciosi, E., Francesca, N., Settanni, L., and Erten, H. (2022). Evaluation of the variations in chemical and microbiological properties of the sourdoughs produced with selected lactic acid bacteria strains during fermentation. *Food Chemistry:X*, 14, 100357.
- Bozdoğan, A., and Yaşar, K. (2019). Degradation kinetics of anthocyanins in shalgam beverage. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(2), 282-285.
- Cemeroğlu, B. (2009). *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*, Cilt I, 3. Baskı. Ankara: Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:38, Bizim Grup Basımevi.
- Cemeroğlu, B. (2010). *Gıda Analizleri*, Genişletilmiş 2. Baskı. Ankara: Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:34, Bizim Grup Basımevi.
- Cirak, M.A., Agirman, B., and Erten, H. (2022). The chemical, microbiological and sensory characteristics of şalgam during fermentation process. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(6), e15440.
- Coskun, F. (2017). A traditional Turkish fermented non-alcoholic beverage, "Şalgam". *Beverages*, 3, 49.
- Çakır, P. (2011). *Ülkemizde üretilen şalgam sularının bileşimleri ve gıda mevzuatına uygunlukları üzerine bir araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Çankaya, A., ve Tangüler, H. (2018). Şalgam suyu üretiminde gerçekleştirilen havuç fermantasyonu sırasında mikrobiyal değişim üzerine sıcaklığın etkisi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(6), 749-755.
- Ekici, H., Kadiroglu, P., and Ilgaz, C. (2021). Next-generation sequencing of shalgam flavor influencing microflora. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(6), e15982.
- Ekinci, F. Y., Baser, G. M., Özcan, E., Güçlü Üstündağ, Ö., Korachi, M., Sofu, A., Blumberg, J. B., and Oliver Chen C. Y. (2016). Characterization of chemical, biological, and antiproliferative properties of fermented black carrot juice, shalgam. *European Food Research and Technology*, 242, 1355-1368.
- Erten, H., Agirman, B., Boyacı-Gunduz, C.P., and Ben Ghorbal, A. (2016). Regional fermented vegetables and fruits in Europe. In S. Paramithiotis (Chief Ed.), *Lactic acid fermentation of fruits and vegetables* (pp. 205-235). Boca Raton: CRC Press.
- Erten, H., and Tanguler, H. (2016). Şalgam (Şalgam): a traditional Turkish lactic acid fermented beverage based on black carrot. In Y. H. Hui, E. Ö. Evranuz, G. Bingöl, H. Erten, M. E. J. Flores (Eds.), *Handbook of vegetable preservation and processing*, 2nd ed. (pp. 841-850). Boca Raton: CRC Press.
- Giusti, M.M., and Wrolstad, R.E. (2001). Characterization and measurement with UV-Visible spectroscopy. In R. E. Wrolstad, S. J. Schwartz (Eds.), *Current protocols in food analytical chemistry* (pp. 1-13). New York, NY: John Wiley and Sons.
- Gök, S. (2017). *Adana ilinde satışı sunulan şalgam sularının kalite özelliklerinin ve Türk Gıda Kodeksine uygunluğunun belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Güven, N., Yetim, H., ve Cankurt, H. (2019). Siyah havuç ve peyniraltı suyu kullanılarak üretilen tuzu azaltılmış şalgam suyunun fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 15, 599-610.
- Hunter, R.S., and Harold, R.W. (1987). Scales for the measurement of color difference. In R. S. Hunter, R. W. Harold (Ed.), *The measurement of appearance*, 2nd ed. (pp. 162-195). Toronto: John Wiley and Sons.

- Jamnik, P., Mahnic, N., Mrak, A., Pogacnik, L., Jersek, B., Niccolai, A., Masten Rutar, J., Ogrinc, N., Dusak, L., Ferjancic, B., Korosec, M., Cerar, A., Lazar, B., Lovse, U., Pungert, T., Fabjan, P., and Poklar Ulrih, N. (2022). Fermented biomass of *Arthrospira platensis* as a potential food ingredient. *Antioxidants*, 11(2), 216.
- Kafkaskıray, E.S. (2020). *Şalgam suyu fermantasyon sürecinin mikrobiyal profilinin moleküler yöntemlerle belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kahve, H.I., Akbulut, M., and Coklar, H. (2022). Identification and technological characterization of endogenous yeast isolated from fermented carrot juice, shalgam. *LWT-Food Science and Technology*, 154, 112823.
- Mujdeci, G.N., Tanguler, H., Macit, H., and Kabak, B. (2023). Effect of three different preservatives on the microbiota of Shalgam, a traditional lactic acid fermented beverage. *Foods*, 12, 4075.
- Nielsen, S. S. (2017). Sodium determination using ion selective electrodes, Mohr titration and test strips. In S. S. Nielsen (Ed.), *Food analysis laboratory manual, 3rd ed.* (pp. 75-85). Switzerland: Springer Nature.
- Ozturk, E., Alpas, H., and Arici, M. (2024). Effect of the high hydrostatic pressure process on the microbial and physicochemical quality of shalgam. *ACS Omega*, 9, 10400-10414.
- Özçelik, M. M., Duman, B., ve Özkan, G. (2022). Organik pekmezlerden jeli şeker üretimi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(2), 371-379.
- Özdemir, L., ve Acar Büyükpehlivan, G. (2022). Dijital fotoğrafçılıkta ISO değeri değişiminin renk evrenleri ve delta E (ΔE) değerleri üzerine etkisinin belirlenmesi. *Journal of History School*, 15(56), 685-703.
- Özer, N., ve Çoksöyler, F. N. (2015). Şalgam suyunun bazı kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *GIDA*, 40(1), 31-38.
- Öztürk, O. (2009). *Adana piyasasındaki şalgam sularının bileşimleri üzerine bir araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Öztürk, H. İ., Buzrul, S., Bilge, G., and Yurdakul, M. (2024). Pulsed electric field for shalgam juice: effects on fermentation, shelf-life, and sensory quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104, 1784-1792.
- Öztürk, S., Bağder Elmacı, S., and Özçelik, F. (2023). Effect of fermentation processes on phenolic content and antioxidant activity during production of black carrot vinegar. *GIDA*, 48(1), 25-37.
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., and Dubourdieu, D. (2006). *Handbook of enology, Volume 2: The chemistry of wine-stabilization and treatments* (2nd ed.). West Sussex, England: John Wiley and Sons Ltd.
- Rodríguez, H., Curiel, J.A., Landete, J.M., de las Rivas, B., de Felipe, F.L, Gómez-Cordovés, C., and Mañcheno, J.M., Muñoz, R. (2009). Food phenolics and lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 132(2-3), 79-90.
- Şalgam-Der. (2020). Türkiye Tohumcular Birliği (TÜRKTÖB): <https://www.turktob.org.tr/en/tescillenen-adana-salgami-ihracati-artti/28075> (Erişim tarihi: 28.12.2022).
- Tangüler, H. (2021). The effect of using different size purple carrots and *Lactobacillus plantarum* on the properties of fermented shalgam (şalgam). *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 9(10), 1759-1766.
- Tangüler, H., ve Ağırman, B. (2020). Şalgam suyu üretimi. İç O. Erkmén, H. Erten, H. Sağlam (Editörler), *Fermente ürünler teknolojisi ve mikrobiyolojisi* (s. 511-530). Ankara, Nobel Akademik Yayıncılık.
- Tanguler, H., Cankaya, A., Avcam, E., and Uslu, H. (2021). Effect of temperature and production method on some quality parameters of fermented carrot juice (shalgam). *Food Bioscience*, 41, 100973.
- Tanguler, H., and Erten, H. (2012). Chemical and microbiological characteristics of shalgam (şalgam): a traditional Turkish lactic acid fermented beverage. *Journal of Food Quality*, 35(4), 298-306.
- TSE (2016). TS 11149: 2003, T3: Nisan 2016 Şalgam Suyu Standardı. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, Türkiye.
- Ulu, G. (2019). *Fermente şalgam içeceğinin pastörizasyonu ve raf ömrünün uzatılmasında ultraviyole teknolojisinin kullanımı*. Yüksek Lisans Tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- Walusansa, A., Nakavuma, J. L., Asiimwe, S., Ssenku, J. E., Aruhomukama, D., Sekulima, T., Kafeero, H. M., Anywar, G., Katuura, E., Nabatanzi, A., Musisi, N. L., Tugume, A. K., and Kakudidi, E. K. (2022). Medically important bacteria isolated from commercial herbal medicines in Kampala city indicate the need to enhance safety frameworks. *Scientific Reports*, 12(1), 16647.
- Yanardağ Karabulut, Ş., ve Bulut, S. (2024). Glutensiz şalgam suyu üretimi ve TS11149 Şalgam Suyu Standardına uygunluğunun araştırılması. *GIDA*, 49(2), 269-283.