



Determination of the effect of different frequency ultrasound waves on the color and shelf life of vacuum packaged marinated anchovy (*Engraulis encrasicolus*)

Zayde Ayvaz^{1a*}, Fikret Çakır^{1b}, Hatice Gündüz^{2c}, Mehmet Erdağ^{1d}

¹Faculty of Marine Sciences and Technology, Çanakkale Onsekiz Mart University 17100 Çanakkale, Turkey

²Faculty of Fisheries, İzmir Katip Celebi University, 35620 İzmir, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 08/11/2018 Accepted : 25/02/2019</p> <p>Keywords: Ultrasound Anchovy Shelf life Computer based image analysis Marination</p>	<p>Suitability of marinated anchovies for ultra sound application as well as the effect of ultra sound on the shelf-life and color properties of marinated anchovies were investigated. In this regard, TVB-N, TBAR's, pH, texture profile, water activity and color analyses were conducted on varying level of ultra sound (250 W/L, 500 W/L, 750 W/L for group A, B and C, respectively) applied vacuum-packaged marinated anchovies (<i>Engraulis encrasicolus</i>) during their shelf-lives. Based on the TVB-N results obtained, shelf-lives of marinated anchovies for group A and B were determined as 4 months; while the shelf-life of group C was only 3 months. It was found that the ultra sound treatment of 750 W/L shorten the shelf life of marinated anchovies. No microbiological growth was observed in any group during the shelf-life. According to the color values obtained using computer vision technology and sensory test results, group A was determined as the best group. Considering all the results, low-density ultra sound application was found to be beneficial on the color and texture profiles of marinated anchovies and these products were preferred by the sensory panelists and ultra sound process was found to be feasible for processed seafood products which have not been studied intensively, yet. Additionally, the commercial value of the resulting product obtained with ultra sound technology is expected to be high and will contribute to the national economy.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi 7(3): 405-416, 2019

Farklı Yoğunluktaki Ses Dalgalarının Vakum Ambalajlanmış Hamsi (*Engraulis encrasicolus*) Marinatının Rengine ve Raf Ömrüne Etkisinin Belirlenmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 08/11/2018 Kabul : 25/02/2019</p> <p>Anahtar Kelimeler: Ultrases teknolojisi Hamsi balığı Raf ömrü Bilgisayarlı görüntüleme teknolojisi Marinasyon</p>	<p>Farklı yoğunluklardaki (250 W/L, 500 W/L, 750 W/L, sırasıyla A, B ve C grupları) ultrases (US) dalgalarının, vakum ambalajlanmış marine hamsilerin (<i>Engraulis encrasicolus</i>) raf ömrü boyunca TVB-N, TBAR's, pH, tekstür profil, su aktivitesi ve renk üzerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen TVB-N sonuçlarına göre; US uygulanmamış marine hamsi grubu ile A ve B gruplarının raf ömrü 4 ay ve C grubunun raf ömrü 3 ay olarak belirlenmiştir. 750 W/L US uygulamasının marine hamsilerin raf ömrünü azalttığı tespit edilmiştir. Raf ömrü boyunca hiçbir grupta mikrobiyolojik üreme gözlenmemiştir. Bilgisayarlı görüntüleme teknolojisi ile belirlenen renk değerleri ve duyu analizi sonuçları arasında en iyi grup A grubu olarak belirlenmiştir. Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, düşük yoğunluklu US uygulamasının, marine hamsilerin renk ve tekstür özellikleri üzerine olumlu etkileri olduğu ve panelistler tarafından beğenildiği bulunmuştur. Ayrıca literatürde hakkında yeterli çalışma bulunmayan işlenmiş su ürünlerine US uygulamasının kullanılabilir olduğu ortaya konmuştur. Aynı zamanda bu yeni teknoloji ile elde edilen ürünün ticari değerlendirilebilirliğinin yüksek olacağı ve ülke ekonomisine katkı sağlaması öngörülmektedir.</p>

^a zaydealicek@gmail.com
^c htce.09@gmail.com

^b <https://orcid.org/0000-0002-8102-0577>
^d <https://orcid.org/0000-0002-9899-8635>

^e fikretcakir@comu.edu.tr
^f merdag@gmail.com

^g <https://orcid.org/0000-0001-5261-2365>
^h <https://orcid.org/0000-0002-2182-1591>



Giriş

Ülkemizde 2017 yılında su ürünleri üretim miktarı 630.820 tondur. Burada avcılıkla yapılan üretim 354.318 ton iken, yetiştiricilik üretimi ise 276.502 tondur. 2017 yılında avcılık yoluyla elde edilen türler arasında hamsi 158.094 ton ile 1. sıradadır (TÜİK, 2017). Ülkemiz balıkçılığında hamsi büyük öneme sahiptir.

Su ürünleri, yüksek besin değerlerine sahip olması ve zayıf bağ dokusu nedeni ile sindirilebilirliği yüksek değerli bir gıdadır. Ancak bu özelliklerinin yanında bazı mikrobiyolojik ve enzimatik faaliyetler nedeniyle çabuk bozulurlar. Bu nedenle raf ömrü diğer pek çok gıdaya göre daha kısadır. Su ürünlerinin raf ömrünü uzatmak amacıyla bu aktiviteler durdurulmalı ya da yavaşlatılmalıdır. Su ürünlerinin daha uzun süre tüketilebilmesi amacı ile birçok muhafaza yöntemi geliştirilmiştir. Kullanılan muhafaza yöntemlerinin pek çoğu ısı uygulamaları, soğuk muhafaza teknikleri, raf ömrünü uzatma amaçlı lezzet verici maddeler eklemek ve çeşitli kurutma yöntemleri kullanmak temellerine dayanmaktadır. Bütün bu uygulamalar esnasında, su ürünlerini diğer gıda ürünlerine göre cazip kılan eşsiz tat ve besin oranları değişmekte veya zarar görmektedir. Bu bağlamda iki tür gıda işleme tekniği bulunmaktadır; ısı uygulanan (termal) ve ısı uygulanmayan (non-termal). Isı uygulanan pek çok teknik, eski zamanlardan beri gıda işleme endüstrisi tarafından kullanılmaktadır (tütsüleme, konserve vb.). Isı uygulanmayan teknikler ise yenilikçi teknolojiler kapsamında değerlendirilir (ultrases, UV, PEF vb.).

Yükselen tüketici talepleri doğrultusunda, su ürünlerini doğal özelliklerine en yakın şekilde muhafaza edecek yöntemlere ihtiyaç vardır. Yapılan son çalışmalar, tüketici talebini karşılamak için gıdaların kendine has özelliklerini koruyarak daha uzun süre muhafazalarını sağlayacak non-termal (ısı olmayan/ısı uygulanmayan) teknolojiler üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu teknolojiler arasında yüksek basınç teknolojisi, ışınlama, ozon uygulaması, vurgulu elektrik alan ve ultrases teknolojisi gibi teknolojiler bulunmaktadır. Bu teknolojilerin temel amaçları kimyasal uygulamalardan ve ısı işlemlerden (pişirme, kaynatma vb.) faydalanmadan raf ömrünü uzatmak ve besin değerini korumaktır. Non-termal teknolojiler arasında yer alan ultrases uygulanması ile üründe yerel ve mikro seviyede oluşan kaviteasyon etkisi sonucunda ani olarak yerel sıcaklık ve basınç artışı meydana gelmektedir. Ayrıca uygulama sırasında OH⁻, H⁺ ve Hidroperoksitler gibi serbest radikaller oluşmaktadır. Kaviteasyon etkisi ve serbest radikallerin oluşumu üründe mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonunu sağlayarak ürünlerin güvenilir bir şekilde daha uzun süre tüketilmesini sağlar. Ultrases teknolojisi içecek, sebze, meyve ve et ürünlerinde tek başına yada diğer yöntemlerle kombinasyon halinde ürünlerin raf ömrünü artırmak için kullanılmıştır. Literatürde ülkemiz için ticari değeri olan, avcılık ve tüketim oranı yüksek, yağ oranı (%5-%17) ve protein oranı (%18-%22) insan sağlığı için değerli sınırlarda olan hamsi balığına da, diğer su ürünlerinde olduğu gibi ultrases teknolojisinin uygulanması yalnızca tek çalışma ile sınırlı kalmıştır (Turhan ve ark., 2013).

Renk ve şekil özellikleri, herhangi bir ürünün, tüketici tarafından kabulünde ve satış sırasında tercih edilmesinde önemli rol oynar. Bu nedenle raf ömrü boyunca renk ve

şekilde meydana gelen değişikliklerin takip edilmesi ticari anlamda ciddi ipuçları verir ve bu ipuçlarından yola çıkarak modifiye edilen ürünün, kabul edilebilirliği yükselir. Bu bilgilerin elde edilmesinde kullanılan enstrümantal ekipmanlar (Konika Minolta, Hunter Colorimeter vb.) su ürünleri gibi homojen renk dağılımına sahip olmayan ürünlerin renk analizinde yetersiz kalmaktadır. Bu amaçla geliştirilen ve son zamanlarda gıda sektöründe popülerlik kazanmış olan Bilgisayarlı Görüntüleme Teknolojileri ihtiyaç duyulan bilgilerin sağlanmasında kesin, objektif, tekrarlanabilir sayısal veriler sunar.

Bu çalışmada; marine edilmiş hamsilere farklı kademelerde yüksek yoğunluklu US uygulamasının etkisi incelenmiştir. Buna göre; marine hamsinin, US uygulamasına uygun olup olmadığı, raf ömrü ve renk üzerine etkileri incelenmiştir.

Materyal ve Metot

Balık Materyali

Çalışmada materyal olarak kullanılan hamsi balığı (*Engraulis encrasicolus*) lokal bir balık halinden temin edilmiştir. Bu hamsiler buz eklenmiş strafor kutular içinde Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi İşleme Laboratuvarına getirilmiştir. Hamsi balıkları hemen ardından iç organları çıkarılıp filetosu alınmış ve yıkanmıştır. Yıkama sonrası balık filetoları %10'luk tuz çözeltisi içerisinde bir saat bekletilerek kan giderme işlemi uygulanmıştır.

Deneme Planı

Daha önce belirlenen deneme planı kapsamında gruplar bu şekilde ayrılmıştır.

- *Kontrol grubu 1:* Taze hamsi filetoları sadece vakum ambalajlanmıştır (E Grubu).
- *Kontrol grubu 2:* Marine edilmiş hamsi filetoları vakum ambalajlanmıştır (D Grubu).
- *1. Grup:* Marine edilmiş, vakum ambalajlanmış hamsi filetolarına 20 kHz, 250 W/L, 2 dakika ultrases işlemi uygulanmıştır (A Grubu).
- *2. Grup:* Marine edilmiş, vakum ambalajlanmış hamsi filetolarına 20 kHz, 500 W/L, 2 dakika ultrases işlemi uygulanmıştır (B Grubu).
- *3. Grup:* Marine edilmiş, vakum ambalajlanmış hamsi filetolarına 20 kHz, 750 W/L, 2 dakika ultrases işlemi uygulanmıştır (C Grubu).

Marinasyon İşlemi

Balık materyali, %3 asetik asit ve %6 tuz olacak şekilde hazırlanan salamuralar içerisine 1:1,5 balık: salamura oranında plastik kaplara yerleştirilmiştir. Daha sonra kaplar, +4°C sabit sıcaklıkta soğuk muhafaza dolabına alınarak olgunlaştırma işlemi için 24 saat bekletilmiştir. Olgunlaştırma sonrasında balıklar salamuradan çıkarılarak suları süzülüp ortalama 200 gram olacak şekilde 70 µm kalınlığındaki plastik poşetlere alınmıştır. Ardından poşetlere vakum ambalaj cihazı (Multivac, C100-Almanya) ile vakum ambalajlama işlemi uygulanmıştır.

Ultrases İşleminin Uygulanması

Ultrases uygulaması için vakum ambalajlanan hamsi filetoları 1000 ml su ile dolu cam kap içine konulmuştur. Metalik prop (BS2d18) sıvı içinde bulunan moleküllerin titreşmesi ve bu titreşimi diğer moleküle aktararak devam ettirmesi ile meydana gelen akustik kavitasyon oluşturması için su ile dolu cam kabın içine daldırılmıştır. Ultrases cihazında (Hielscher/ UIP1000hd, Almanya);

1. Gruba 20 kHz, 250 W/L, 2 dakika;
2. Gruba 20 kHz, 500 W/L, 2 dakika;
3. Gruba 20 kHz, 750 W/L, 2 dakika olacak şekilde ultrases işlemi uygulanmıştır.

İşlemlerden sonra örnekler +4°C'deki dijital soğutma dolabında (EKT 725 Emsaş, Türkiye) raf ömrü boyunca muhafaza edilmiştir.

Analizlerin Gerçekleştirilmesi

Çalışmada +4°C'de depolanan örneklere depolama boyunca fiziksel, kimyasal, duyuusal ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır ve görsel niteliklerinin belirlenmesi için Bilgisayarlı Görüntüleme Teknolojisi kullanılmıştır. Ham hamsi örneklerinin besin kompozisyonunun belirlenmesi için temel besin kompozisyonu analizleri yapılmıştır. Analizler 3 tekerrürlü gerçekleştirilmiştir. Raf ömrü tespiti için TVB-N analizi temel alınmıştır ve sınır değer 25 mg/100 g olarak kabul edilmiştir.

Besin Kompozisyonu Analizleri

Numunelerin nem içeriği kurutma metoduna göre belirlenmiştir (AOAC, 2000). Örneklerin protein içeriklerinin belirlenmesi Kjeldahl yöntemine (AOAC, 2000) göre yapılmıştır. Numunelerin yağ içeriğinin tespitinde Bligh ve Dyer (1959) yöntemi kullanılmıştır. Kül tayini, yakma metoduna göre yapılmıştır (AOAC, 2000).

Fiziksel ve Kimyasal Analizler

Kimyasal analizler kapsamında pH (Gökalp ve ark., 2001), TVBN (Anon, 1988), TBAR's (Lemon, 1975; Kılıç ve Richards, 2003)'e göre yapılmıştır. Her gruptaki balıkların su aktiviteleri (Aqua Lab Series/ 4 TE – ABD) 25°C'deki su aktivite cihazı ile ölçülmüştür. Örnekler homojenize edilip cihazın ölçüm haznesine konulduktan sonra nem miktarının dengeye gelmesi beklenmiş ve cihazın ikaz sesinin duyulmasıyla göstergedeki değer su aktivitesi değeri olarak okunmuştur.

Bilgisayarlı Görüntüleme Teknolojisi

Alçıçek ve Balaban (2012)'nin açıkladıkları "two image method" (iki resim tekniği) kullanılmıştır. Buna göre koşullandırılmış bir ortam olan dikdörtgen şeklinde, alttan ve üstten ışıklarla aydınlatılmış bir kutu kullanılmıştır. Bu kutunun üst kısmına bilgisayarla kontrol edilebilen D300 Nikon (Tokyo, Japonya), 18-200 bir lens (Nikkor Lens, Tokyo, Japonya) ve standart polarize filtre ile kullanılmıştır. Lens ayarı 35 mm'de tutulmuştur. Kutunun üst ışığı polarize film (Rosco, Stamford, CT, USA) ile kaplanarak ışığın ürün üzerindeki yansıma etkisi elimine edilmiştir. Bilgisayar ile fotoğraf makinasının bağlantısı bir program (Camera Control Pro Nikon, Tokyo, Japonya) ile USB bağlantısı aracılığı ile sağlanarak fotoğraf çekimi esnasında içeriye farklı bir ışığın girmesi engellenmiştir ayrıca netlik ayarı bu program (Camera

Control Pro Nikon, Tokyo, Japonya) tarafından yapılmıştır. Ürünün önce alttan ışık verilerek bir fotoğrafı ile silüeti elde edilmiş ve ardından üstten ışık verilerek ana fotoğraf çekilmiştir. Renk standartları için Gretag Color Checker (Gretag Color Checker, X-Rite Inc., Grand Rapids, MI, ABD) kullanılmıştır. Ardından bu fotoğraflar Bilgisayarlı Görüntüleme Teknolojisi için geliştirilmiş olan LensEye (Gainesville, FL, ABD) programında okutulmuştur. Bu sonuçlar ile ürünün renk ve renk dağılımı (TCI (Texture Change Index) ve CCI (Color Change Index) (Eşik değeri 5)) hakkında bilgiler elde edilmiştir.

Duyusal Analiz

Farklı yoğunluklarda uygulanan ultrases dalgalarının ürün üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla vakum paketlenmiş marine hamsi numuneleri Codex Guidelines (Anonim, 1999)'a göre puanlama ile duyuusal analize tabi tutulmuştur. Panelde 5 profesyonel panelist, katılımcı olarak seçilmiş ve bu analiz için 100 gram örnek kullanılmıştır. Farklı yoğunlukta (250 W/L, 500 W/L, 750 W/L) ultrases uygulanmış ve ultrases uygulanmamış ürünler için; tat, koku, görünüş ve tekstür başlığı altında alt terimler geliştirilmiştir. Sunum esnasında ise ürünler kodlanacak ve panelistlere gelişigüzel sunulmuştur. Ürün özellikleri ise, "en düşük değer" 0 ve "en yüksek değer" 5 olarak nitelendirilmiştir.

Mikrobiyolojik Analizler

Bütün örneklerde toplam mezofilik aerob bakteri, maya-küf, Enterobacteriaceae, Laktik Asit Bakteri sayılarını belirlemek için mikrobiyolojik analizler yapılmıştır (Baumgart ve ark., 1986).10 g balık örneği steril plastik torbada tartılıp, üzerine 90 ml steril serum fizyolojik ilave edilerek Stomacher'de (Seward stomacher / 400 Circulator - İngiltere) homojenize edilmiştir. Elde edilen homojenizat mikrobiyolojik analizlerde kullanılmıştır.

Tekstür Analizi

Tekstür özellikleri Bourne (1978) tarafından belirlenen tekstür profil analiz (TPA) metoduna göre oda sıcaklığında TA-TX Plus tekstür analiz cihazı (Stable Micro Systems, Haslemere, İngiltere), ile 10 mm'lik silindirik prob kullanarak aşağıda belirtilen şartlarda örneklerin TPA'sına ait parametreler belirlenmiştir.

Test hızı	: 0,80 mm/sn
Gerinim	: 55,00 %
Zaman	: 5,00 sn
Tetik kuveti	: 3,0 g

Tekstür profil analizinde ürüne uygulanan basınç süresince hardness (sertlik) (g), Tutunabilirlik (yapışkanlık) (mJ), Bağlılık/Yapışkanlık (kohesivlik, bağlılık), elastikiyet (springiness) (mm), ve çiğnenebilirlik (chewiness) (mJ) değerleri okunarak tekstür analizi gerçekleştirilmiştir.

İstatistik Analizleri

Araştırmada elde edilen veriler SPSS 16.0 (Statistical Package for the Social Sciences Inc., Chicago, IL, ABD) paket programı kullanılarak yapılmıştır. Datalara önce normallik testi uygulanmış ve normal dağılımlı datalara

Oneway ANOVA ve Tukey post hoc testi uygulanarak %95 güven eşiğinde gruplar arasındaki fark ve günlere göre değişimleri belirlenmiştir ($P<0.05$).

Bulgular ve Tartışma

Besin Kompozisyonu Analizleri Sonuçları

Yapılan çalışma sonucunda marine edilmiş, 250, 500, 750 W/L ultrases işlemi uygulanmış grupların ve yalnızca marinyasyon işlemi uygulanmış ve taze hamsi filetoalarını oluşturan kontrol gruplarının depolama öncesinde ve depolama sonrasındaki kuru madde, protein, yağ ve kül içerikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Kuru madde miktarı, taze hamsilerde $24,39\pm 0,31$ olarak belirlenmiştir. Marinyasyon ve US uygulaması sonucu B grubu önemli oranda artış göstermiştir ($P<0,05$). Sadece farklı oranlarda organik asit ve tuz kullanılarak marine hamsilerde yapılan bilimsel başka çalışmalarda da benzer artışlar görülmüştür (Cabrer ve ark., 2002; Candoğan ve ark., 2008). Turhan ve ark. (2013)’in yaptığı çalışmaya göre tuz ve asetik asitin nem üzerine etkinliği US yoğunluğuna bağlı kavitasyon ve bunun etkileri arttığından, yükselmektedir. Bu durum, 500 W/L uygulamasının kuru madde üzerine etkinliğinin düşük olduğunu göstermektedir. Ancak 750 W/L yoğunluğunda artan kas yıkımı nedeniyle kuru madde üzerine US’nin etkisinin düştüğü gözlenmektedir. Bu yüksek yoğunluklara rağmen etkinlik oranı farklılığı uygulama süresinin 2 dakika olmasına bağlıdır.

Depolama sonunda A ile D grupları arasında ve B ile C grupları arasında istatistik fark bulunamamıştır ($P<0,05$). Bu durum, nem içeriğindeki değişimlerde, depolama süresi ile US yoğunluğu arasında bir ilişki olmadığını ortaya koymaktadır. Bunu destekleyici nitelikte, B grubunun depolama başlangıcı ve depolama sonrası nem içerikleri arasında istatistik fark bulunamamıştır ($P>0,05$). Aynı eğilim, C grubunda da gözlenirken, A ve D gruplarında fark bulunmuştur ($P<0,05$). Bunun nedeni ise yüksek US yoğunluğuna sahip grupların kaybedebileceği en uygun nem oranına ulaştığı ve bu nedenle daha sabit bir trend takip etmelerine neden olmalarıdır. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir (Sanchez ve ark., 1999; Sanchez ve ark., 2000).

Taze hamsinin kül analizi sonuçlarına göre değeri, $1,46\pm 0,15$ olarak bulunmuştur. Bu değer D grubunda depolama başlangıcında marinyasyonda kullanılan NaCl etkisi ile artmıştır. Aynı artış Çakır (2010) tarafından yapılan çalışmada da gözlenmiştir. US uygulanan gruplarda da depolama başlangıcında kül miktarının arttığı gözlenmiştir. Ancak A grubunun B ve C gruplarına göre istatistik olarak farklı bir kül oranına sahip olduğu gözlenmiştir ($P<0,05$). Turhan ve ark. (2013)’nın marinyasyon esnasında farklı US yoğunluklarının farklı zamanlarda uygulamalarının kütle transferi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, US yoğunluğu ve süresinin nem üzerine etkisi olduğunu tespit etmiştir. Bu durum daha yüksek yoğunluklarda US uygulamalarının kül miktarının artmasına sebep olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Elde edilen veriler bu sonuçla uyumludur. A grubu ile D grubu arasında da istatistik olarak fark bulunmuştur ($P<0,05$). Bu sonuca göre 250 W/L uygulamasının, normal marinyasyon uygulamasına göre “Bu sonuca göre 250 W/L uygulamasının, normal marinyasyon uygulamasına göre

daha az mineral madde kazanımına neden olduğu ortaya konmuştur.”Carcel ve ark. (2007)’larının yaptığı çalışmaya göre düşük US uygulanmış tuzlanmış et ürünleri, hiç US uygulanmamış tuzlanmış et ürünlerine göre daha az NaCl kazanımına sahiptir. Daha az tuz alımı daha düşük kül yüzdesine neden olmaktadır. Çalışmamızın yüzde kül miktarı bulguları bu sonuçlarla uyumludur.

Protein analizi sonuçlarına göre taze hamsinin protein oranı $20,87\pm 0,51$ olarak bulunmuştur. Taze hamside protein analizi yapan pek çok araştırmacı bu değerlere yakın sonuçlar bulmuştur (Çakır, 2010). Depolama başlangıcında A, B, C ve D grupları E grubuna göre istatistik olarak farklı bulunmuştur ($P<0,05$). Marinyasyon işlemi esnasında asetik asit ve NaCl etkisi ile proteinlerde denatürasyon sonucu hammaddenin ağırlığı %15-20 oranında azalmaktadır (Candoğan ve ark., 2008). Dolayısıyla protein oranı denatürasyona bağlı olarak marinyasyon sıvısına karışması sonucu azalmaktadır. Bizim çalışmamızda da protein oranında düşüş gözlemlendiğinden önceki çalışmalarla uyumludur. Depolama sonrası aynı eğilim devam etmiştir. Bu durum depolama süresinin protein oranı üzerine etkisi olmadığı sonucunu vermiştir. US uygulamasının protein miktarı üzerine belirleyici bir etkisi tespit edilememiştir.

Yağ miktarındaki değişimler izlendiğinde, taze hamsinin yağ oranına göre marinyasyon sonrası yağ oranlarında artış gözlenmiştir. Bu artış yapılan diğer çalışmalarla uyumludur (Candoğan ve ark., 2008; Çakır, 2010). US uygulaması sonrası tüm gruplar arasında istatistik fark bulunmuştur ($P<0,05$). Bunun nedeni ise US yoğunluğunun yağ miktarı üzerinde değişimlere sebep olacak miktarda kavitasyon oluşturmamasıdır (Pingret ve ark., 2013). Kavitasyonun en belirgin sonucu kas yapısını ve bileşiminde değişimler yapabilesidir. Depolama başlangıcında görülen bu değişimler, depolama sonunda da devam etmiştir.

Kimyasal Analiz Sonuçları

Analize alınan tüm gruplara ait pH, su aktivitesi ve TVB-N değerleri Çizelge 2’de sunulmuştur.

pH Sonuçları

Taze hamsinin pH düzeyi 6,07 olarak tespit edilmiştir. Bu değer daha önce yapılan çalışmalar ile uyumludur (Cabrer ve ark., 2002; Candoğan ve ark., 2008). Olgunoğlu (2010)’a göre; “Marine ürünlerde pH 4–4,5 olması gereklidir. Ancak en uygun pH aralığı 3,8–4,3’tür. Başlangıç pH’sı, tüm gruplarda, marinyasyonda kullanılan asetik asitin etkisiyle düşmüştür. Bunun nedeni asetik asitin ürünlerdeki pH düzeylerinde önemli düzeyde baskın etkiye sahip olmasıdır. Benzer sonuçlar Cabrer ve ark. (2002), Günşen ve ark. (2011) tarafından da kaydedilmiştir. pH raf ömrü boyunca A ve B gruplarında istatistik olarak benzer bulunmuştur ($P>0,05$). Bu bulgular Günşen ve ark. (2011) ile uyumludur. Ancak C ve D gruplarında raf ömrü boyunca çeşitli dalgalanmalar gözlenmiştir ($P<0,05$). Ancak bu dalgalanmalar duyuşsal analizleri etkilemediği gibi mikrobiyolojik analizler ile de ilişkilenecek düzeyde önem arz etmemiştir. Bunun en önemli nedeni mikrobiyolojik gelişmenin görülmemesidir. Bununla birlikte bu dalgalanmaların US miktarının artması sonucu katalitik enzimlerin inhibe olmasıyla ilişkili bulunmuştur (McClements, 1995).

Çizelge 1 Analize alınan örneklerin kimyasal kompozisyonu bulguları

Table 1 Chemical composition of the analysed groups

	Kuru madde (%)		Protein (%)		Yağ (%)		Kül (%)	
	DB	DS	DB	DS	DB	DS	DB	DS
A	24,08±0,25 ^{Aa}	27,19±0,09 ^{Ab}	15,19±0,40 ^{Aa}	18,16±0,34 ^{Ab}	3,45±0,28 ^{ADa}	5,62±0,12 ^{Ab}	4,05±0,04 ^{Aa}	4,09±0,05 ^{Aa}
B	27,94±1,73 ^{Ba}	28,19±0,01 ^{Ba}	19,88±0,81 ^{Ba}	18,64±0,17 ^{Aa}	6,36±0,04 ^{Ba}	4,82±0,05 ^{ABb}	4,96±0,05 ^{Ba}	5,17±0,01 ^{Bb}
C	26,43±0,22 ^{ABa}	28,20±0,08 ^{Bb}	18,90±0,35 ^{Ba}	17,99±0,31 ^{Aa}	5,28±0,36 ^{Ca}	4,25±0,25 ^{Ba}	5,39±0,32 ^{Ba}	5,46±0,01 ^{Ca}
D	26,17±0,25 ^{ABa}	27,51±0,08 ^{Ab}	18,05±0,15 ^{Ba}	18,06±0,14 ^{Aa}	4,12±0,03 ^{Da}	5,93±0,29 ^{Ab}	4,86±0,01 ^{Ba}	4,49±0,00 ^{Db}
E	24,39±0,31 ^{AB}		22,87±0,51 ^C		2,82±0,23 ^A		1,46±0,15 ^C	

-A: Marine edilmiş, 250 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; B: Marine edilmiş, 500 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; C: Marine edilmiş, 750 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; D: Yalnızca marinasyon işlemi uygulanmış grup; E: Taze hamsi fileto larını oluşturan grup, *Küçük Harfler, Soldan Sağa, Büyük Harfler Yukarıdan Aşağıya farkları gösterir, ** Standart Hata alınmıştır, • DB- Depolama Başlangıcı, • DS- Depolama Sonu Çalışma sonucunda elde edilen

Çizelge 2 Analizi yapılan grupların pH, Su aktivitesi ve TVBN değerleri

Table 2 pH, Water activity, and TVB-N values of the analysed groups

	0. gün	15. gün	30. gün	60. gün	90. gün	120. gün	150. gün	180. gün
pH								
A	4,28±0,03 ^{Aac}	4,43±0,02 ^{Abce}	4,49±0,02 ^{Abe}	4,38±0,03 ^{Aac}	4,61±0,01 ^{Ad}	4,49±0,03 ^{ACe}	4,49±0,02 ^{Ae}	4,65±0,00 ^{Ad}
B	4,17±0,07 ^{Aa}	4,19±0,01 ^{Ba}	4,21±0,03 ^{Ba}	4,65±0,03 ^{Aa}	4,27±0,02 ^{Bac}	4,28±0,03 ^{Bac}	4,40±0,01 ^{Bcd}	4,53±0,00 ^{Bbd}
C	3,44±0,01 ^{Ba}	4,36±0,00 ^{Ab}	4,37±0,04 ^{Cb}	4,73±0,01 ^{Ba}	4,60±0,02 ^{Ade}	4,59±0,02 ^{Ae}	4,64±0,01 ^{Cd}	4,41±0,01 ^{Cb}
D	4,20±0,03 ^{Aa}	4,18±0,03 ^{Ba}	4,43±0,01 ^{ACb}	4,55±0,00 ^{Aa}	4,57±0,01 ^{Ac}	4,44±0,03 ^{Cbd}	4,52±0,01 ^{Ac}	4,53±0,01 ^{Bc}
E	6,07±0,00 ^C							
Su Aktivitesi (a _w)								
A	0,95±0,00 ^{Aa}	0,93±0,00 ^{Ab}	0,93±0,00 ^{Abc}	0,92±0,00 ^{Aa}	0,92±0,00 ^{Ac}	0,89±0,00 ^{Ad}	0,89±0,00 ^{ABd}	0,89±0,00 ^{Ad}
B	0,95±0,00 ^{Aa}	0,92±0,00 ^{Abc}	0,92±0,00 ^{Abc}	0,93±0,00 ^{Aa}	0,91±0,00 ^{Ac}	0,88±0,00 ^{Ad}	0,89±0,00 ^{Ad}	0,89±0,00 ^{Ad}
C	0,95±0,00 ^{Aa}	0,93±0,00 ^{Ab}	0,92±0,00 ^{Ab}	0,92±0,00 ^{Aa}	0,91±0,00 ^{Ac}	0,89±0,00 ^{Ad}	0,88±0,00 ^{Be}	0,89±0,00 ^{Ad}
D	0,95±0,00 ^{Aa}	0,94±0,00 ^{Bab}	0,93±0,00 ^{Abc}	0,93±0,00 ^{Aa}	0,92±0,00 ^{Ac}	0,88±0,01 ^{Ad}	0,88±0,01 ^{ABe}	0,87±0,00 ^{Be}
E	0,95±0,00 ^A							
TVB-N (mg/100g)								
A	3,78±0,16 ^{Aa}	8,91±0,14 ^{Ab}	12,54±0,62 ^{Ac}	17,91±0,25 ^{Aa}	22,79±0,71 ^{Ae}	25,05±0,71 ^{Ae}	30,63±0,70 ^{Af}	34,40±0,69 ^{Ag}
B	9,18±0,12 ^{BCa}	9,08±0,52 ^{Aa}	14,04±0,50 ^{Ab}	16,87±0,14 ^{BCa}	22,25±0,90 ^{Ad}	26,94±0,25 ^{Ae}	33,86±0,23 ^{Af}	38,48±0,71 ^{Bg}
C	8,25±0,73 ^{Ca}	11,72±0,27 ^{Bb}	16,77±0,28 ^{Bc}	19,57±0,33 ^{Ca}	27,56±0,25 ^{Be}	36,11±0,90 ^{Bf}	43,05±0,89 ^{Bg}	48,27±0,29 ^{Ch}
D	2,05±0,25 ^{Da}	10,07±0,21 ^{Ab}	14,65±0,47 ^{ABbc}	18,90±0,27 ^{Da}	21,36±0,99 ^{Ad}	36,46±1,89 ^{Be}	43,42±1,90 ^{Bf}	48,20±0,70 ^{Cf}
E	10,61±0,17 ^B							

-A: Marine edilmiş, 250 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; B: Marine edilmiş, 500 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; C: Marine edilmiş, 750 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; D: Yalnızca marinasyon işlemi uygulanmış grup; E: Taze hamsi fileto larını oluşturan grup, *Küçük Harfler, Soldan Sağa, Büyük Harfler Yukarıdan Aşağıya farkları gösterir.

Su Aktivitesi Sonuçları

Taze hamsiye uygulanan marinasyon uygulaması su aktivitesinde değişime neden olmamıştır. Kuru tuz uygulanan ürünlerin, işlem sonrası su aktivitesi önemli oranda azalmaktadır, ancak su tuz karışımında kullanılan tuzun miktarına bağlı olarak, su aktivitesinde daha düşük değişimler izlenmektedir (Kong ve ark., 2015). Bu çalışmada kullanılan tuz miktarı, işlem sonrası su aktivitesinde istatistik açıdan fark oluşturacak biçimde değişimlere neden olmamıştır. Bu değişimleri US uygulanmış ya da uygulanmamış olması etkilemediğinden, US uygulamasının su aktivitesi üzerine etkisi bulunamamıştır. Depolama süresine bağlı olarak su aktivitesinde azalmalara bağlı farklar izlenmiştir. Bu sonuç Cabrer ve ark. (2002)'nin bulguları ile uyumludur. Ancak depolama sonunda US uygulanmış gruplar olan A, B ve C gruplarında, US uygulanmamış D grubunun su aktivitesinden daha yüksek değere sahip olduğundan, marine ürünlerde US uygulamasının su aktivitesini pozitif yönde etkilediği sonucuna ulaşılmaktadır. Bununla birlikte, bu etki aynı zamanda mikroorganizmaların gelişimini destekleyeceğinden negatif sayılabilir.

TVB-N Analizi Sonuçları

TVB-N değeri bir tazelik belirleme ölçütü olarak değerlendirilmektedir (Botta, 1995). TVB-N, toplam uçucu azotlu bileşikler göstermektedir. Başlangıç TVB-N değeri 10,61 mg/100 g olan hamsi örnekleri, marinasyon ve US uygulaması sonrası istatistik açıdan önemli düzeyde düşüş göstermiştir. Gelişen bu düşüş marinasyon sonucu azalan pH ile birlikte aktive olan katepsinin, yıkımlamasına bağlıdır. US yoğunluğu arttıkça, TVB-N miktarını arttırdığı görülmektedir. Bu durum kavitasyon etkisi ile kaslarda bulunan temel bileşiklerin daha kolay parçalandığı sonucuna ulaştırmaktadır. Çünkü kullanılan yoğunluklar yüksek yoğunlukludur ve yüksek güçlü ultrases işlemi, düşük güçlü ultrases işlemi ile karşılaştırıldığında maddenin kimyasal ve fiziksel özelliklerinde değişiklikler yapma potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte depolama sonu değerler incelendiğinde B ve C gruplarının yüksek TVB-N değerlerine rağmen, diğer gruplardan daha yüksek TVB-N'le sonlanmadıkları gözlenmektedir. Bunun ana nedeni US'nin mikroorganizmaları ve bunlara bağlı bozulma yıkımlarının gerçekleşmesinin geciktirebilmesidir (Pingret ve ark., 2013).

Zamana bağlı TVB-N değişimini inceleyen pek çok çalışmada uygun TVB-N değerleri 35-40 mg/100g (Connel, 1980), 40 mg/100g (Cantoni, 1993), 45 mg/100g (Civera ve ark., 1995), 25-30 mg/100g (Lopez-Caballero, 2000), 20-25mg/100g (Kim ve ark., 2002) olarak belirtmişlerdir. Bu çalışmada sınır değer 25 mg/100 g olarak kabul edilmiştir. Buna göre A, B ve D grubunun raf ömrü 4 ay iken C grubunun raf ömrü 3 ay olarak tespit edilmiştir. Günşen ve ark. (2011), %4 asetik asit ve %10 tuz ile 4°C’de 10 saat bekletilmiş vakum paketli marine hamsilerde raf ömrünü 7 ay olarak belirlemiştir. Bu çalışmada ise %3 asetik asit ve %6 tuz kullanılarak 24 saat 4°C’de kullanılmıştır. Bu farklılığın nedeni olarak hem uygulanan asetik asit tuz oranları ve bunların uygulama süreleri, hem de uygulanan US yoğunluğu ve sürelerinin kombine etkisi bulunduğu sonucuna varılmıştır.

B.G.S. Sonuçları

Renk değişimleri, tüketici tarafından, bir gıdanın tamamen kabul edilmesi ya da reddedilmesindeki en önemli parametredir. Marine ürünlerde, rengin açıklığı tüketicinin tercih sebebidir. Su ürünlerine US uygulanarak renk değişimlerinin takibi ilk kez bu çalışmada yapılmıştır. CIALAB değerleri ile parlaklık, kahverengilik ve sarılık değerleri ölçülmüştür (Whiteness, browning, and yellowness). Tüm gruplara ait B.G.S. sonuçları Çizelge 3-4’de ve Şekil 1’de verilmiştir. Sonuç olarak marinasyon tekniğinde kullanılan asetik asit ve NaCl’in renk üzerinde etkisinin olduğu ve US uygulamasının da renk üzerinde belirgin farklar yaratabileceği sonucuna varılmıştır. Zaman içerisinde renkteki değişimlerin, tüketici beğenisini belirten duyu analizi sonuçları ile de uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 3 Analizi yapılan grupların Bilgisayarlı görüntüleme sistemi sonuçları

Table 3 Computer-based imaging results of the analysed groups

	0. gün	15. gün	30. gün	60. gün	90. gün	120. gün	150. gün	180. gün	210. gün
Lab L*									
A	68,20±0,74 ^{Aa}	64,27±1,04 ^{Abc}	67,72±0,52 ^{Aac}	62,31±0,61 ^{Ab}	66,54±0,79 ^{Aac}	64,34±0,73 ^{Abc}	62,27±0,79 ^{Ab}	66,33±0,67 ^{Aac}	66,41±0,70 ^{Aac}
B	67,27±0,98 ^{Aab}	59,03±0,76 ^{Bd}	67,50±0,78 ^{Ab}	63,83±0,64 ^{Aac}	64,99±0,78 ^{Aac}	62,90±0,77 ^{Ac}	63,79±1,55 ^{Aabc}	66,10±0,61 ^{Aabc}	64,71±0,64 ^{Aabc}
C	68,50±0,68 ^{Aae}	65,20±1,29 ^{Aabc}	62,83±1,68 ^{Bbc}	60,99±0,93 ^{Ab}	65,63±0,49 ^{Aacd}	63,30±0,74 ^{Abc}	69,58±1,06 ^{Bcd}	66,89±0,52 ^{Aac}	64,54±0,67 ^{Abce}
D	66,64±1,07 ^{Aab}	67,41±1,29 ^{Abd}	62,92±1,14 ^{Bac}	62,47±0,85 ^{Aace}	65,04±0,64 ^{Abcd}	61,18±0,95 ^{Ace}	69,69±1,44 ^{Bd}	64,28±1,04 ^{Abc}	58,55±0,68 ^{Be}
E	63,37±0,73 ^B								
Lab a*									
A	-1,82±0,25 ^{Aab}	-5,33±0,87 ^{Ac}	-3,33±0,29 ^{Aa}	-2,56±0,22 ^{ABab}	-1,84±0,26 ^{ABab}	-2,91±0,28 ^{Aab}	-2,98±0,29 ^{Aab}	-1,33±0,20 ^{Ab}	-2,85±0,11 ^{Aab}
B	-2,29±0,29 ^{Aabc}	-2,15±0,16 ^{Bac}	-3,07±0,40 ^{Aab}	-3,56±0,24 ^{Ab}	-1,43±0,40 ^{Ac}	-3,34±0,23 ^{Aab}	-2,43±0,59 ^{Aabc}	-2,76±0,28 ^{Bab}	-2,85±0,17 ^{Aab}
C	-3,34±0,35 ^{ABa}	-2,22±0,21 ^{Bab}	-2,83±0,44 ^{Aab}	-2,73±0,30 ^{ABab}	-2,30±0,25 ^{ABab}	-2,46±0,22 ^{Aab}	-1,44±0,37 ^{Ab}	-2,47±0,17 ^{Bab}	-2,43±0,17 ^{Aab}
D	-5,23±0,77 ^{Ba}	-1,87±0,38 ^{Bb}	-2,27±0,32 ^{Ab}	-2,10±0,32 ^{Bb}	-2,85±0,19 ^{Bb}	-2,78±0,29 ^{Ab}	-1,83±0,37 ^{Ab}	-1,86±0,39 ^{ABb}	0,69±0,47 ^{Bc}
E	-5,27±0,67 ^B								
Lab b*									
A	4,30±0,33 ^{Aa}	13,83±1,58 ^{ABd}	9,81±0,82 ^{Ac}	16,12±0,50 ^{ABb}	5,06±0,68 ^{Aa}	9,53±0,56 ^{Ac}	15,73±0,76 ^{Ab}	7,26±0,83 ^{Aac}	10,09±0,36 ^{ACd}
B	7,10±0,60 ^{Ba}	19,38±0,58 ^{Bb}	9,58±0,82 ^{ACcd}	18,30±1,16 ^{Ab}	8,45±0,33 ^{Bac}	13,80±0,85 ^{Be}	12,38±2,85 ^{Ace}	10,42±0,53 ^{Bae}	12,87±0,59 ^{Bde}
C	10,70±0,57 ^{Ca}	14,08±2,17 ^{ABab}	14,95±0,60 ^{Bb}	19,58±0,65 ^{Ac}	10,47±0,35 ^{Ca}	16,97±0,66 ^{Bc}	5,23±0,10 ^{Bd}	8,25±0,45 ^{ABde}	12,67±0,50 ^{Bab}
D	10,83±0,95 ^{Cabd}	7,22±0,56 ^{Cade}	14,30±0,91 ^{Bbc}	12,51±2,31 ^{Bbcf}	10,16±0,57 ^{BCabde}	17,09±1,15 ^{Cc}	5,93±0,29 ^{Bade}	8,84±0,76 ^{ABdfg}	6,06±0,52 ^{Ceg}
E	11,20±0,78 ^C								

-A: Marine edilmiş, 250 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; B: Marine edilmiş, 500 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; C: Marine edilmiş, 750 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; D: Yalnızca marinasyon işlemi uygulanmış grup; E: Taze hamsi fileto larını oluşturan grup, *Küçük Harfler, Soldan Sağa, Büyük Harfler Yukarıdan Aşağıya farkları gösterir.

Çizelge 4 Analizi yapılan grupların bilgisayarlı görüntüleme sistemi sonuçları

Table 4 Computer-based imaging results of the analysed groups

	0. gün	15. gün	30. gün	60. gün	90. gün	120. gün	150. gün	180. gün	210. gün
CCI									
A	116,01±7,37 ^{ACcd}	158,54±12,02 ^{Ab}	103,53±5,37 ^{ACac}	154,79±12,16 ^{ABd}	113,22±8,19 ^{ACd}	102,35±8,26 ^{ACac}	84,16±7,03 ^{ACac}	137,38±7,80 ^{Abc}	123,97±8,28 ^{ABbc}
B	120,23±11,80 ^{ABab}	91,28±7,36 ^{Bac}	120,26±5,85 ^{Ab}	133,61±17,53 ^{ABab}	113,42±5,21 ^{Aab}	142,14±7,90 ^{ABb}	107,03±17,77 ^{ABbc}	109,63±10,16 ^{ABbc}	68,91±3,28 ^{BC}
C	116,27±8,03 ^{ABac}	107,35±9,23 ^{BCac}	128,78±7,32 ^{Ab}	95,54±7,35 ^{Bac}	108,90±6,56 ^{ACac}	158,01±23,55 ^{Bb}	102,36±9,33 ^{ACac}	89,32±4,40 ^{Bac}	81,63±5,67 ^{Bc}
D	118,73±9,31 ^{ABa}	132,08±11,70 ^{ACa}	111,36±7,75 ^{Ab}	112,12±8,71 ^{ABab}	112,83±6,56 ^{Ab}	76,24±3,42 ^{Cb}	126,73±11,32 ^{Aa}	116,96±8,74 ^{ABa}	184,08±7,10 ^{Cc}
E	155,52±11,62 ^B								
TCI									
A	79,15±5,69 ^{ACcd}	122,82±11,03 ^{Ab}	69,11±4,64 ^{ACac}	113,43±12,25 ^{ABd}	77,32±6,18 ^{ACd}	69,70±6,35 ^{ACac}	56,63±6,89 ^{ACa}	99,72±6,87 ^{Abc}	87,07±7,39 ^{ABbc}
B	85,09±9,55 ^{ABab}	60,89±6,46 ^{Bac}	88,02±5,84 ^{Ab}	95,42±16,06 ^{ABab}	81,29±5,27 ^{Aab}	103,07±6,60 ^{ABb}	70,52±12,58 ^{ABbc}	77,80±8,49 ^{ABbc}	42,11±2,21 ^{Bc}
C	79,96±6,13 ^{ACac}	72,55±8,35 ^{BCac}	92,31±8,16 ^{Ab}	64,94±7,49 ^{Bac}	78,32±5,84 ^{ACac}	119,61±19,44 ^{Bb}	72,69±9,07 ^{ACa}	56,87±3,51 ^{Bac}	53,15±4,88 ^{Bc}
D	87,47±8,12 ^{ABac}	98,11±11,22 ^{ACac}	79,85±6,77 ^{Ab}	77,60±7,58 ^{ABab}	77,50±5,56 ^{Ab}	46,13±2,77 ^{Cb}	91,08±10,67 ^{ACa}	79,93±7,82 ^{ABab}	119,86±5,97 ^{Cc}
E	113,52±9,24 ^B								

-A: Marine edilmiş, 250 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; B: Marine edilmiş, 500 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; C: Marine edilmiş, 750 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; D: Yalnızca marinasyon işlemi uygulanmış grup; E: Taze hamsi fileto larını oluşturan grup, *Küçük Harfler, Soldan Sağa, Büyük Harfler Yukarıdan Aşağıya farkları gösterir.

L* Değeri Sonuçları

L* değeri gıdanın parlaklık düzeyi hakkında bilgi verir (L* = 0 siyah, L* = 100 beyaz). Taze hamsinin marinasyon sonrası asetik asit ve tuzun etkisi ile L* değerinde beklenen bir artış gözlenmiştir. Benzer sonuçlar Kılınç ve ark. (2008)’de de bulunmuştur. US uygulanan, A, B ve C gruplarında, D grubuna göre daha yüksek L* değeri bulunmuştur. Turhan ve ark. (2013)’nın yaptığı çalışmaya göre; asetik asit alım miktarı US yoğunluğu ile doğru orantılıdır. Yine Kong ve ark. (2015)’in yaptığı çalışmaya göre salamura tuzlama yöntemi L* değerini artırır. Bu

durum L* değerinin artmasını açıklamaktadır. Raf ömrü boyunca, su ürünlerinin parlaklık değerleri düşmektedir (Balaban ve ark., 2016). Raf ömrü ve daha sonrasında yapılan analizler sonucunda, çalışmamızdaki tüm grupların L* değerinin düştüğü ve tüketici beğenisini kaybettiği gözlenmiştir. Sonuç olarak en yüksek parlaklığın US uygulanan gruplarda olduğu tespit edilmiştir. Buna göre US uygulaması marine edilmiş hamsilerin parlaklık değerini geliştirici özelliğe sahiptir.



Şekil 1 Tüm günlere ait her grubun BGS ile elde edilmiş fotoğrafları

Figure 1 BGS photos of all groups of all days

(-A: Marine edilmiş, 250 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; B: Marine edilmiş, 500 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; C: Marine edilmiş, 750 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; D: Yalnızca marinasyon işlemi uygulanmış grup; E: Taze hamsi fileto larını oluşturan grup)

*a** Değeri Sonuçları

Kırmızı/macenta ve yeşil uçlara sahip *a** değeri özellikle kırmızılığın yoğunluğunun önemli olduğu gıdalarda önem arz etmekle birlikte, renk analizlerinde CIALAB renk uzayında gerekli bir aygıttır (*a**, negatif değerleri yeşile, pozitif değerleri macentaya yaklaştırır). Bununla birlikte tuzlama sonrası *a** değeri sonuçları belirleyici rol oynar (Czerner ve ark., 2010). Hamsinin iç lateral ve sırt bölgesinde bulunan koyu kırmızı bölgedeki değişimlerin baskın etkisi tüm *a** değeri sonuçlarında gözlenmiştir. Marinasyon sonrası D grubu *a** değeri

değişme gözlenmemiştir. Benzer sonuçlar Czerner ve ark. (2010)'ı ve Kılınç ve ark. (2008) tarafından da bulunmuştur. *a** değerinde US uygulaması sonrası belirgin bir artış gözlenmiştir ($P<0,05$). Ancak bu artışın US yoğunluğu ile ters orantılı olduğu tespit edilmiştir. Buna göre US uygulamasının *a** değerinin artmasında önemli etkisi olduğu ve bununla birlikte yoğunluk arttıkça *a** değerinin düştüğü sonucuna ulaşılmıştır. Depolama boyunca, çeşitli dalgalanmalar gözlenmesinin nedeni ise; hamsilerin bireysel *a** değeri farklılıklarıdır.

b Değeri Sonuçları*

*b** değeri sarılığa yakınlığı ifade etmektedir (negatife doğru değerler maviye ve pozitif değerler sarıya). Marine ürünlerde *b** değerinin sahip olduğu renk uzayı birimi etkinlik sağlamamakla birlikte CIALAB parametresi olarak önem arz eder. Taze hamsinin *b** değeri, marinyasyon sonucunda azalmıştır ancak istatistik açıdan fark göstermemiştir ($P < 0,05$). Bununla birlikte C grubu da D ve E grubuyla benzerlik göstermiştir. Ancak A ve B grupları tüm gruplardan farklılık göstererek US uygulamasında, yoğunluk düşüğe *b** değerinde azalma oluşacağı sonucunun elde edilmesini sağlamıştır. Depolama süresince çeşitli dalgalanmalar gözlenmesinin nedeni ise; hamsilerin bireysel *b** değeri farklılıkları ve zaman içinde etteki nem kaybı ile birlikte gelişen sararmalardan ayrıca besin kompozisyonundaki yapısal değişimlerden kaynaklanmaktadır.

CCI (Color Change Index) Değeri Sonuçları

En yüksek CCI değeri en non-uniform değeri vermektedir. Burada ölçülen renk pigmentleri, resimde bulunan benzer renklerin komşu piksellerinin devam eden alanlarını vermektedir. Bu durum seçilen eşik değerine göre değişim gösterir (Alçıçek ve Balaban, 2012). Buna göre, taze hamsinin başlangıç CCI değerinin yüksek olması, hamsinin marinyasyondan önce daha uniform bir özellik sergilediğini göstermektedir. CCI görüntüleri bu sonuçla uyumludur. Bununla birlikte D grubunda CCI değerinde azalma olduğu görülmektedir. Bu durum marinyasyonda kullanılan asetik asit ve tuzun, hamsiyeye uniform bir görünüş kazandırdığı sonucunu vermektedir. Çakır (2010)'un çalışmasına göre, marine ürünlerin açık renkli olması ve homojene yakın olması tüketici beğenisini arttırmaktadır. US uygulananmış grupların da benzer biçimde CCI değerlerinin düşüğü gözlenmektedir. Bu durum, US uygulamasının hamsi marinatlarının CCI değerleri üzerine etkisi olmadığı sonucuna ulaştırmaktadır. Depolama süresince gelişen dalgalanmaların takip edilebilir benzerlikler ya da farklılıklar içermediği sonucuna ulaşılmıştır. Bu dalgalanmaların nedeni zaman içerisinde gelişen renk kaybı ve bireysel farklılıklar olduğu düşünülmektedir. Depolama boyunca CCI üzerine US uygulamasının etkinliği bulunamamıştır.

TCI (Texture Change Index) Değeri Sonuçları

CCI değerlerinde olduğu gibi TCI değerleri de marine edilmiş ürünlerinde ilk kez bu çalışmada bulunmuştur. TCI, CCI gibi homojenliği hakkında bilgi verir ancak bu bilgiyi ürünün çekilmiş fotoğraflarının işlenmesi sonucu sunar. Genel olarak TCI değeri yükseldikçe ürünün renk tekstürünün homojen olmadığı sonucuna varılır (Ayvaz ve ark., 2016). Marinyasyonun hamsilerin TCI değerlerini düşürmesi beklenmektedir. Bu çalışma beklentiyi karşılamıştır. US uygulaması sonucunda ise TCI değerlerinin daha fazla düşüğü gözlenmiştir. Bu durum US uygulaması sonucu hamsi etlerinin daha homojen bir yapıya ulaştığı sonucunu vermektedir. TCI-Circle görüntüleri bu sonuçlarla uyumludur. Bu pürüzsüzlük tüketici tercihinin belirlenmesi açısından önemlidir. Depolama boyunca ise, CCI değerlerinde olduğu gibi renk kaybı ve bireysel farklılıklara bağlı dalgalanmalar gözlenmiştir.

Duyusal Analiz Sonuçları

Duyusal analiz sonuçları, gıdalarda yeni ürün ya da proses geliştirmede önemli sonuçlar verir. Buna göre tüketici beğenisi hakkında gerçekçi yaklaşımlar elde edilir. Yapılan bu çalışmanın sonucunda analize alınan gruplara ait duyusal analiz sonuçları Çizelge 5'de sunulmuştur. Çalışmamızda duyusal analiz sonuçları ile raf ömrü süreleri uyumludur. Tat, aroma ve görünüş değerleri incelendiğinde panelistlerin, tat olarak US uygulanmış gruplara daha yüksek puan vermiş olduğu ancak istatistik açıdan fark oluşturmadığı sonucuna varılmıştır ($P > 0,05$). Bu sonuçlara göre panelistlerin ürünlere uygulanan US yoğunluğu arttıkça Tat, aroma ve görünüş seviyelerinde önemsiz düzeyde düşüş yaşadıkları gözlenmiştir. Raf ömrü süresi dolduğunda ise bunun panelistlerin verdiği puanlara da yansıtıldığı tespit edilmiştir. Buna göre raf ömrü bittiğinde panelistler ürünleri tüketilemez bulmuşlardır. Bu sonuçlar TVB-N sonuçları ile uyumludur. Marinyasyon esasında hamsi etinin içerdiği enzimlerle birlikte mevcut protein ve yağlar farklılaşır. Protein ve yağların belirli yıkımı ile beğenilen aromalı ve lezzetli ürünler meydana gelir. Bu açıdan ürünlerin aroma, tat ve koku değerleri incelendiğinde en yüksek puanların raf ömrünün ilk günü aldığı görülmektedir. Taze hamsilerden yapılmış marinatlardan oluşan D grubu ile US uygulanmış gruplar arasında istatistik açıdan fark bulunmamıştır. Bu durum panelistlerin ürünlerin US uygulamasına girip girmediğini ayırt edemediğini göstermiştir. İstatistik açıdan fark bulunamamasına rağmen, en yüksek puanları A grubunun aldığı tespit edilmiştir. Bu açıdan 250 W/L'lik US uygulamasının en beğenilen grup olduğu ortaya konmuştur. Benzer sonuçlar kıvam ve görünüş değerlerinde de izlenmiştir ve raf ömrüyle uyumludur. Yanı sıra kıvam değerleri ile tekstür analiz sonuçlarının uyumlu olduğu izlenmiştir. Görünüş değerlerinin belirlenmesinde ise panelistlerin, ürünlerin *L** değerinden etkilendiği belirlenmiştir. Genel beğeni sonuçları, duyusal analiz sonuçlarında panelistlerin genel değerlendirmeleri hakkında önemli veriler sunar. Buna göre en fazla beğenilen grup, A grubu olarak tespit edilmiştir.

Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Analize alınan gruplara ait mikrobiyolojik analiz sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir. Bu çalışmada başlangıç taze hamsi ile yapılan ekimlerde kabul edilebilir sınırlarda gelişim gözlenmesine rağmen, marinyasyon sonrası vakum paketlenen ürünlerde raf ömrü boyunca herhangi bir mikrobiyolojik analiz sonucunda üreme gözlenmemiştir. Benzer biçimde Kordowska-Wiater ve Stasiak (2011) yaptıkları çalışmada US uygulamalarının mikrobiyolojik yük üzerine etkisi olduğu ve azalttığı belirtilmiştir. Termal pastörizasyon ve sterilizasyon en yaygın gıda mikroorganizma inaktivasyonu sağlayıcılarıdır. Ancak bunların sağlanması yüksek sıcaklık ve maliyet gerektirirken, gıdaların besin kalitesinde değişimlere neden olabilmektedir. Bu amaçla non-termal teknolojilerden biri olan US uygulaması 20kHz ve üzeri güçte uygulandığında Gram pozitif ve kok hücreler üzerine etkinliğinin gram negatiflerden daha düşük olduğu bulunmuştur (Feng ve ark., 2008; Awad ve ark., 2012).

Çizelge 5 Analizi yapılan grupların duyu analizi sonuçları

Table 5 Sensory analysis results of the analysed groups

	0. gün	15. gün	30. gün	60. gün	90. gün	120. gün	150. gün
Tat							
A	4,80±0,20 ^{aa}	4,80±0,20 ^{aa}	4,40±0,24 ^{abA}	4,00±0,32 ^{abcA}	3,80±0,24 ^{bcA}	3,40±0,24 ^{bcA}	3,00±0,45 ^{cA}
B	4,60±0,24 ^{aa}	4,20±0,37 ^{aa}	4,00±0,45 ^{aa}	3,80±0,49 ^{abA}	3,60±0,51 ^{abA}	2,80±0,37 ^{abA}	2,00±0,32 ^{bA}
C	4,60±0,24 ^{aa}	4,20±0,37 ^{aa}	4,00±0,32 ^{abA}	3,60±0,24 ^{abA}	3,40±0,24 ^{abA}	2,80±0,37 ^{bcA}	2,00±0,32 ^{cA}
D	4,20±0,20 ^{aa}	4,00±0,32 ^{aa}	3,80±0,37 ^{abA}	3,60±0,24 ^{abA}	3,20±0,37 ^{abcA}	2,60±0,24 ^{bcA}	2,00±0,32 ^{cA}
Aroma							
A	4,80±0,20 ^{aa}	4,80±0,20 ^{aa}	4,20±0,20 ^{abA}	3,80±0,20 ^{abA}	3,40±0,24 ^{bcA}	3,00±0,32 ^{cdA}	2,00±0,32 ^{dA}
B	4,60±0,24 ^{aa}	4,40±0,24 ^{abA}	3,80±0,37 ^{abcA}	3,20±0,37 ^{bcdA}	3,00±0,32 ^{cdeA}	2,20±0,20 ^{deA}	1,80±0,20 ^{eA}
C	4,60±0,24 ^{aa}	4,40±0,24 ^{abA}	4,00±0,32 ^{abA}	3,80±0,20 ^{abA}	3,20±0,37 ^{abcA}	2,40±0,24 ^{bcA}	1,80±0,37 ^{cA}
D	4,20±0,20 ^{aa}	4,20±0,20 ^{aa}	3,60±0,40 ^{abA}	3,20±0,20 ^{abA}	2,60±0,24 ^{bcdA}	2,20±0,20 ^{cdA}	1,80±0,37 ^{dA}
Görünüş							
A	4,80±0,20 ^{aa}	4,40±0,24 ^{abA}	4,20±0,20 ^{abA}	4,00±0,32 ^{abA}	3,60±0,24 ^{bA}	3,80±0,20 ^{abA}	3,40±0,40 ^{bA}
B	4,60±0,24 ^{aa}	4,60±0,24 ^{aa}	4,00±0,45 ^{abA}	4,00±0,32 ^{abA}	3,80±0,37 ^{abA}	3,40±0,24 ^{abA}	3,00±0,32 ^{bA}
C	4,60±0,24 ^{aa}	4,60±0,24 ^{aa}	4,20±0,20 ^{abA}	4,00±0,32 ^{abA}	3,60±0,24 ^{abcA}	3,20±0,20 ^{bcA}	2,80±0,20 ^{cA}
D	4,60±0,24 ^{aa}	4,40±0,24 ^{abA}	4,00±0,32 ^{abcA}	3,80±0,20 ^{abcA}	3,40±0,24 ^{bcA}	3,60±0,24 ^{abcA}	3,00±0,32 ^{cA}
Koku							
A	5,00±0,00 ^{aa}	4,80±0,20 ^{aa}	4,40±0,24 ^{abA}	4,20±0,20 ^{abcA}	4,00±0,32 ^{abcA}	3,60±0,24 ^{bA}	3,20±0,37 ^{cA}
B	4,60±0,24 ^{aa}	4,60±0,24 ^{aa}	4,40±0,24 ^{aa}	4,20±0,37 ^{abA}	3,80±0,37 ^{abA}	3,40±0,24 ^{abA}	3,00±0,32 ^{bA}
C	4,60±0,24 ^{aa}	4,40±0,24 ^{aa}	4,20±0,20 ^{abA}	4,00±0,32 ^{abA}	3,60±0,24 ^{abcA}	3,20±0,20 ^{bcA}	2,80±0,20 ^{cA}
D	4,80±0,20 ^{aa}	4,60±0,24 ^{abA}	4,20±0,20 ^{abA}	4,20±0,20 ^{abA}	3,80±0,20 ^{abcA}	3,60±0,24 ^{bcA}	3,00±0,32 ^{cA}
Kıvam							
A	5,00±0,00 ^{aa}	4,80±0,20 ^{abA}	4,40±0,24 ^{abcA}	4,20±0,20 ^{abcdA}	3,80±0,20 ^{bcdA}	3,60±0,24 ^{cdA}	3,20±0,37 ^{dA}
B	4,40±0,24 ^{ab}	4,40±0,20 ^{aa}	4,00±0,15 ^{ba}	3,60±0,11 ^{ca}	3,20±0,17 ^{da}	3,00±0,12 ^{ea}	2,80±0,10 ^{ea}
C	4,40±0,24 ^{ab}	4,20±0,27 ^{abA}	4,00±0,22 ^{abA}	3,40±0,24 ^{abcA}	3,20±0,37 ^{abcA}	2,80±0,37 ^{bcA}	2,40±0,20 ^{cA}
D	4,40±0,24 ^{ab}	4,20±0,20 ^{abA}	4,00±0,32 ^{abA}	3,40±0,24 ^{abcA}	3,00±0,25 ^{bcdA}	2,60±0,24 ^{cdA}	2,00±0,32 ^{dA}
Genel Beğeni							
A	4,80±0,20 ^{aa}	4,80±0,20 ^{aa}	4,20±0,20 ^{abA}	4,20±0,20 ^{abA}	3,60±0,24 ^{bA}	3,60±0,24 ^{bA}	3,20±0,37 ^{bA}
B	4,60±0,24 ^{aa}	4,60±0,24 ^{aa}	4,00±0,45 ^{abA}	3,80±0,49 ^{abA}	3,60±0,51 ^{abA}	3,00±0,32 ^{abA}	2,80±0,20 ^{bA}
C	4,60±0,24 ^{aa}	4,40±0,24 ^{abA}	4,00±0,32 ^{abA}	3,80±0,20 ^{abA}	3,40±0,24 ^{abcA}	2,80±0,37 ^{bcA}	2,40±0,40 ^{cA}
D	4,40±0,24 ^{aa}	4,20±0,20 ^{abA}	4,00±0,32 ^{abA}	3,60±0,24 ^{abcA}	3,20±0,37 ^{bcdA}	2,80±0,20 ^{cdA}	2,20±0,20 ^{dA}

-A: Marine edilmiş, 250 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; B: Marine edilmiş, 500 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; C: Marine edilmiş, 750 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; D: Yalnızca marinyasyon işlemi uygulanmış grup; E: Taze hamsi fileto larını oluşturan grup, *Küçük Harfler, Soldan Sağa, Büyük Harfler Yukarıdan Aşağıya farkları gösterir.

Çizelge 6 Analizi yapılan grupların mikrobiyolojik analiz sonuçları

Table 6 Microbiological results of the analysed groups

	0. gün	15. gün	30. gün	60. gün	90. gün	120. gün	150. gün
Toplam Aerobik Bakteri Sayısı log ₁₀ KOB/g	A	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	B	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	C	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	D	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	E	2,2					
Laktik Asit Bakterisi Sayısı log ₁₀ KOB/g	A	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	B	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	C	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	D	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	E	0,38					
Enterobacteriaceae log ₁₀ KOB/g	A	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	B	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	C	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	D	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	E	2,1					
Maya ve Küf Sayısı log ₁₀ KOB/g	A	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	B	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	C	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	D	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	E	2,11					

-A: Marine edilmiş, 250 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; B: Marine edilmiş, 500 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; C: Marine edilmiş, 750 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; D: Yalnızca marinyasyon işlemi uygulanmış grup; E: Taze hamsi fileto larını oluşturan grup, *Küçük Harfler, Soldan Sağa, Büyük Harfler Yukarıdan Aşağıya farkları gösterir.

Huss (1999) çalışmasında su ürünlerinin bozulmasında Gram negatif bakterilerin daha etkin rol oynadığını belirtmiştir. Tek başına US uygulamasının etkinliğinden ziyade başka işleme tekniklerinin de eklenmesi ile mikroorganizma inhibisyonu artar. Bu çalışmada marinyasyon ve US uygulaması sonrası vakum paketlenen

ürünlerde raf ömrü boyunca herhangi bir mikrobiyolojik analiz sonucunda üreme gözlenmemiştir. US uygulaması esnasında oluşan kavitasyon sonucunda OH⁻, H⁺ ve Hidroperoksitler gibi serbest radikaller oluşmaktadır. Kavitasyon etkisi ve serbest radikallerin oluşumu üründe mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonunu

sağlayarak ürünlerin güvenilir bir şekilde daha uzun süre tüketilmesini sağlar. Hem marinasyonun hem US uygulamasının kombine etkisi sonucu mikrobiyolojik gelişme gözlenemediği sonucuna ulaşılmıştır. Ancak, sadece marinasyon uygulanmış grupta da üreme gözlenmediğinden, bu sonuçlara göre US'nin baskın etkisinden bahsetmek mümkün olmamaktadır. Bunu destekleyen Işık (2015)'in yaptığı çalışmada; yüksek yoğunluklu US uygulamaları taze sardalyeye uygulanmış ve raf ömrü boyunca tüm mikrobiyolojik analiz sonuçlarında gelişme tespit edilmiştir. Sadece marinasyonun kullanıldığı Kılınç ve ark. (2008)'in yaptığı çalışmada da çalışmamızla benzer biçimde 76 günlük depolamada bazı mikrobiyolojik analizlerde tanımlama seviyesinin altında bulunmuştur. Marine ürünlerde asetik asit ve tuz etkisiyle, bakteri ve bunların enzimlerinin aktivasyonu durdurularak ya da yavaşlatılarak ürünün daha uzun bir raf ömrüne sahip olması sağlanmaktadır. Aynı zamanda, pH seviyesinin düşük olması mikrobiyal gelişimi engelleyen önemli bir etkidir. Olgunoğlu (2010)'a göre; "4,5 pH değerinin altında, gıda zehirlenmesi ve bozulma yapan bakterilerin çoğunun gelişimi önlenmektedir." Çalışmamızda 150. Güne kadar yapılan mikrobiyolojik analiz sonuçlarının hepsi Türk Gıda Kodeksine uygundur. Ancak ürünlerin raf ömrü belirlenirken TVB-N değerine bakılarak raf ömrü tespiti gerçekleştirilmiştir. Çekilen resimlerde raf ömrü dolan ürünlerin 180. günden sonra belirgin yüzeysel maya küf gelişimi izlenmiştir.

Tekstür Analiz Sonucu

Tekstür analiz sonuçları ürünün, yapılan uygulamalar sonucunda nasıl bir doku değişimine sahip olduğu ile ilgili bilgi vermektedir. Tüm gruplara ait tekstür analizi sonuçları Çizelge 7'de verilmiştir. Yapılan analizlerimiz sonucunda sertlik değeri incelendiğinde, marinasyon ve US uygulamaları sonucu istatistik açıdan önemli düzeyde artış gözlenmiştir ($P < 0,05$). Bunun nedeni ise uygulanan marinasyon işlemi esnasında ete geçen tuz ve sirkenin ete bir sertlik kazandırmasıdır. Etin tenderizasyonu işlemi kırmızı et sektörünü meşgul eden bir konudur. Bu amaçla US uygulamaları etin tenderizasyonu için kullanılmaya başlanmıştır. Su ürünlerinin US sonrası sertlik derecesinin incelendiği bir çalışma bulunmamaktadır. Ancak, yapılan bazı çalışmalarda etin sertliği üzerine US'nin etkisi olduğu belirtilmiştir (Dolatowski ve ark., 2007). Kırmızı etlere yapılan US uygulamalarının bazılarında ise sertlik üzerine etki olmadığı (Lyng ve ark., 1997; Pohlman ve ark., 1997) ya da azalttığı yönünde sonuçlara ulaşan çalışmalar (Dolatowski, 1988 ve 1989; Dickens ve ark., 1991) da mevcuttur. Bunun nedenleri olarak ise uygulamanın içinde değişkenlerin (frekans, yoğunluk, uygulamanın zamanı ve sıcaklık etkenleri) bulunması gösterilmiştir. Ayrıca Lyng ve ark. (1998), kısa süreli US uygulamalarının sertliği azalttığını belirtmiştir. Bizim sonuçlarımıza göre ise kısa süreli US uygulamasının etin sertliğini arttırdığı yönündedir. US yoğunluğuna göre farklılık bulunamamıştır ($P > 0,05$). Depolama süresince yapılan sertlik analizlerine göre; tüm gruplarda sertlik zaman içerisinde azalmıştır. Bunun nedeni ise zaman içerisinde kaslarda bulunan protein ve yağların yıkımı ve etin bağ dokusunun giderek zayıflamasıdır. Got ve ark. (1999)'in yaptığı çalışmaya göre kontrol grubu ve US uygulanmış gruplar arasındaki tekstür değişikliği zaman içerisinde yok

olmuş ve aynı duruma gelmişlerdir. Bizim sonuçlarımızda tam olarak aynı duruma gelmese de son analiz gününde bazı benzerlikler sergilemişlerdir. Tutunabilirlik değerleri incelendiğinde, taze hamsinin tutunabilirlik değeri ile diğer tüm gruplar arasında istatistik benzerlikler bulunmuştur. Bu durum US uygulamasının ve marinasyonun hamsi eti üzerine tutunabilirlik değerleri açısından belirgin bir etkisi olmadığı sonucunu vermektedir. Bu sonuçlar marinasyonun etkisi üzerine karidesler hakkında yapılan çalışma sonuçları ile uyumludur (Cadun ve ark., 2009). Depolama süresince yapılan analizler sonucunda ise tüm gruplarda tutunabilirlik değeri azalmıştır. Bunun nedeni zaman içerisinde kaslar arasındaki miyofibrillerin zayıflamasıdır. Elastikiyet açısından değerlendirilen sonuçların, tutunabilirlik değerlerinin sahip olduğu özellikleri gösterdiği gözlenmiştir. Yine taze hamsi ve marine edilmiş ile marine edildikten sonra US uygulanmış gruplar arasında benzerlikler bulunmuştur. Bu durum US uygulamasının ya da marinasyon uygulamasının ürünlerin elastikiyetleri üzerine belirgin bir farklılık yaratmadığı sonucuna ulaştırmıştır. Depolama süresince bu değerlerde belirgin bir azalış ya da artış izlenmediğinden, depolamanın elastikiyet değeri üzerine beklenen aksine bir etkisi olmadığı sonucunu vermiştir. Aynı trendin bağlılık/yapışkanlık değerlerinde izlendiği tespit edilmiştir. Çiğnenebilirlik değerlerinde ise, sertlik değerini takip eden değerler gözlenmiştir. Bu sonuçların duyu analizler ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir. D grubunun taze hamsiye göre istatistik açıdan farklı biçimde yüksek çiğnenebilirlik seviyesine sahip olduğu bulunmuştur. Ancak A, B ve C grupları D grubunu göre daha düşük çiğnenebilirlik seviyelerine sahiptir. Buna göre düşük yoğunluklu US uygulaması çiğnenebilirlik değerini düşürmektedir, ancak yoğunluk arttıkça çiğnenebilirlik değeri artmaktadır. Ancak bu değerler sadece marine edilmiş gruptan her zaman daha düşüktür. Çalışmamız etlerin US ile yumuşatılması işlemi ürünün sululuğu ve tenderizasyonun geliştiğinin belirtildiği Dolatowski ve Stasiak (1995)'in yaptığı çalışma ile uyumludur. Depolama süresince ise çiğnenebilirlik değerinin düştüğü gözlenmiştir (Got ve ark., 1999). Sonuç olarak marinasyon işlemi süresince ete giren tuz ve asetik asit ete belirli bir sertlik kazandırmaktadır. Bu sertlik marine ürüne has bir dokuyu sağlar. US uygulamasının ise kavitasyon etkisi ile dokuya mekanik bir parçalanma vermesinden dolayı yoğunluğuna bağlı olarak çeşitli değişikliklere neden olmuştur. US uygulamasının et üzerine etkisi hakkında yapılan çalışmaların belirli tutarsızlıklara sahip olduğu belirtilmiştir (Jayasooriya ve ark., 2004). Buna göre yaptığımız çalışmaya benzer bir literatür bulunmadığından elde edilen veriler tek olması nedeniyle önem arz etmektedir.

Sonuç olarak; reaksiyonu hızlandırma, enerji ve zaman tasarrufu gibi özellikleriyle US yeşil teknolojiler grubundadır. Yüksek yoğunluklu US uygulamaları, kavitasyon ile gidanın mekanik, fiziksel, kimyasal/biyokimyasal özelliklerinde değişime neden olurlar. Bu değişimler, çoğu zaman US'nin kullanılmasını destekleyici gıda güvenliğinin korunmasını sağlayan değişimlerdir. US'de kullanılan proplar; ucuz, taşınabilir ve farklı prosesler için modifiye edilebilir. Oluşan kavitasyon kütle transferi ile de yakından ilgilidir.

Çizelge 7 Analizi yapılan grupların tekstür analiz sonuçları

Table 7 Texture analysis results of the analysed groups

	0. gün	15. gün	30. gün	60. gün	90. gün	120. gün	150. gün	180. gün	210. gün
Sertlik (Hardness) (g)									
A	925,02±47,85 ^{Aa}	763,56±61,55 ^{Ab}	696,40±50,76 ^{Abc}	627,23±22,99 ^{Abcd}	652,18±25,77 ^{Abc}	563,95±55,98 ^{Acd}	761,62±40,74 ^{Aab}	616,53±31,76 ^{ABbcd}	446,63±33,92 ^{Ad}
B	958,16±56,69 ^{Aa}	875,17±81,85 ^{Ab}	758,35±26,20 ^{Abc}	685,17±39,00 ^{Abc}	606,23±35,99 ^{Ac}	617,05±32,76 ^{Ac}	856,95±75,31 ^{Aab}	540,71±44,68 ^{Ac}	661,67±29,90 ^{Bbc}
C	983,54±31,49 ^a	723,11±58,75 ^{Abc}	842,75±41,13 ^{Ac}	698,56±48,55 ^{Abc}	658,34±64,19 ^{Ab}	683,12±41,26 ^{Abc}	727,67±85,05 ^{Abc}	669,09±52,15 ^{ABbc}	576,07±25,67 ^{Bcb}
D	952,30±35,06 ^{Aa}	933,65±40,45 ^{Aa}	825,85±51,17 ^{Ab}	724,99±28,38 ^{Ab}	726,43±38,81 ^{Ab}	702,63±41,12 ^{Ab}	709,33±31,04 ^{Ab}	733,97±31,55 ^{Bb}	508,42±23,73 ^{ACc}
E	334,88±16,82 ^B								
Tutunabilirlik (Adhesiveness) (mJ)									
A	7,41±0,98 ^{Aa}	-15,95±3,17 ^{Aabc}	-15,54±2,48 ^{Aabc}	-22,79±2,99 ^{Ab}	-19,77±2,61 ^{Ab}	-14,11±1,24 ^{Aabc}	-6,50±0,71 ^{Aac}	-23,54±2,74 ^{Ab}	-14,56±1,72 ^{Aabc}
B	-17,45±2,67 ^{ABa}	-20,20±2,13 ^{Ab}	-23,31±2,71 ^{Ab}	-23,90±2,68 ^{Ab}	-20,46±2,67 ^{Ab}	-27,54±3,69 ^{ABa}	-29,96±2,37 ^{Bb}	-19,37±1,41 ^{Ab}	-21,60±1,98 ^{Ab}
C	-18,97±3,53 ^{Bab}	-17,65±2,18 ^{Aa}	-20,46±1,28 ^{Ab}	-32,57±4,10 ^{Ab}	-22,20±2,29 ^{Ab}	-25,70±2,20 ^{ABab}	-23,56±3,75 ^{Bab}	-28,55±4,01 ^{Ab}	-22,51±3,31 ^{Ab}
D	-17,04±2,68 ^{ABa}	-24,54±3,02 ^{Aa}	-20,62±2,56 ^{Aa}	-24,06±1,95 ^{Aa}	-20,91±1,76 ^{Aa}	-31,61±6,69 ^{Bab}	-46,74±4,09 ^{Cb}	-23,01±2,13 ^{Aa}	-17,20±2,92 ^{Aa}
E	-16,26±2,51 ^{AB}								
Elastikiyet Değerleri (Springiness) (mm)									
A	0,68±0,02 ^{Aa}	0,69±0,02 ^{Aa}	0,65±0,01 ^{Aab}	0,68±0,02 ^{Aa}	0,63±0,03 ^{Aab}	0,62±0,01 ^{Aab}	0,57±0,02 ^{Ab}	0,68±0,02 ^{Aa}	0,70±0,03 ^{ABa}
B	0,70±0,03 ^{ABa}	0,68±0,04 ^{Aa}	0,68±0,02 ^{Aa}	0,68±0,02 ^{Aa}	0,64±0,02 ^{Aa}	0,65±0,03 ^{ABa}	0,71±0,01 ^{Ba}	0,66±0,01 ^{Aa}	0,75±0,04 ^{Aa}
C	0,69±0,02 ^{ABab}	0,67±0,02 ^{Ab}	0,68±0,02 ^{Ab}	0,68±0,02 ^{Ab}	0,65±0,02 ^{Aa}	0,72±0,02 ^{Bab}	0,76±0,02 ^{Bb}	0,67±0,02 ^{Ab}	0,68±0,02 ^{ABab}
D	0,77±0,02 ^{BCa}	0,68±0,03 ^{ABa}	0,70±0,03 ^{ABa}	0,74±0,03 ^{Aa}	0,70±0,03 ^{ABa}	0,70±0,02 ^{Bab}	0,71±0,01 ^{Bab}	0,72±0,01 ^{Aa}	0,61±0,03 ^{Bb}
E	0,84±0,01 ^C								
Bağlılık Değeri (Cohesiveness)									
A	0,71±0,01 ^{Aa}	0,69±0,01 ^{Aa}	0,63±0,01 ^{Abc}	0,63±0,01 ^{Abc}	0,62±0,01 ^{Abc}	0,61±0,01 ^{Ab}	0,60±0,01 ^{Ab}	0,67±0,01 ^{Aac}	0,63±0,02 ^{Abc}
B	0,71±0,01 ^{Aa}	0,65±0,02 ^{ABb}	0,65±0,01 ^{Ab}	0,63±0,01 ^{Ab}	0,61±0,01 ^{Ab}	0,62±0,02 ^{ABb}	0,60±0,01 ^{Ab}	0,62±0,01 ^{Bb}	0,65±0,01 ^{Ab}
C	0,70±0,01 ^{Aa}	0,64±0,01 ^{Bb}	0,65±0,01 ^{Ab}	0,66±0,01 ^{Ab}	0,63±0,01 ^{Ab}	0,63±0,01 ^{ABb}	0,63±0,02 ^{Ab}	0,64±0,01 ^{ABb}	0,62±0,01 ^{Ab}
D	0,69±0,01 ^{Aa}	0,67±0,01 ^{ABab}	0,65±0,01 ^{Abc}	0,65±0,01 ^{Abc}	0,64±0,01 ^{Abc}	0,66±0,01 ^{Bab}	0,63±0,00 ^{Abc}	0,65±0,01 ^{ABabc}	0,61±0,01 ^{Ac}
E	0,47±0,01 ^B								
Çiğnenebilirlik (Chewiness) (mJ)									
A	367,54±33,38 ^{Ab}	446,28±32,81 ^{Aa}	290,12±26,25 ^{Abc}	268,51±16,16 ^{Abc}	259,16±21,62 ^{Abc}	217,27±29,25 ^{Ac}	274,38±25,77 ^{Abc}	286,56±24,83 ^{ABbc}	204,47±25,89 ^{Ac}
B	493,52±51,90 ^{ABa}	409,55±56,87 ^{Ab}	335,06±18,74 ^{Abc}	298,66±26,39 ^{Abc}	238,65±20,66 ^{Ac}	257,20±25,52 ^{ABbc}	364,62±33,52 ^{Abc}	224,56±22,98 ^{Ac}	328,01±33,54 ^{Bbc}
C	481,84±31,37 ^{ABa}	311,35±31,13 ^{Ab}	373,40±25,16 ^{Ab}	315,68±29,52 ^{Ab}	272,80±32,09 ^{Ab}	312,97±25,09 ^{ABb}	366,55±69,75 ^{Ab}	293,72±28,27 ^{ABb}	242,00±16,39 ^{ABb}
D	505,84±28,54 ^{Ba}	432,61±38,69 ^{Ab}	386,58±38,10 ^{Ab}	350,53±23,86 ^{Ab}	323,21±26,74 ^{Ab}	328,27±32,38 ^{Bb}	322,52±16,33 ^{Abc}	341,32±17,33 ^{Bb}	190,05±12,90 ^{Ac}
E	131,19±9,40 ^C								

-A: Marine edilmiş, 250 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; B: Marine edilmiş, 500 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; C: Marine edilmiş, 750 W/L ultrases işlemi uygulanmış grup; D: Yalnızca marinasyon işlemi uygulanmış grup; E: Taze hamsi fileto larını oluşturan grup, *Küçük Harfler, Soldan Sağa, Büyük Harfler Yukarıdan Aşağıya farkları gösterir.

Pek çok gıda ürünü için kullanılabilen US, yine de sınırlı anlamda kullanılmaktadır. Su ürünlerine doğrudan uygulamakansa çeşitli antioksidanlar ile kullanılması durumunda işlenmiş su ürünleri için kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır (McClements, 1995).

750 W/L uygulamasının, yüksek kavitasyon nedeniyle artan kas yıkımına bağlı olarak raf ömrünün daha düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca bu yoğunluğu ulaşmanın mali yükü diğer gruplara göre daha fazladır. Sonuç olarak 500 ve 750 W/L US uygulamasının marine hamsiler için uygun olmadığı düşünülmektedir. US uygulanmış gruplar açısından en uygun grup 250 W/L ile A grubu olmuştur. Raf ömrü açısından D grubuna göre daha uzun dayanım göstermemiştir ancak tüketici kabul edilebilirliği yüksek olduğu gibi renk özellikleri marine ürünler için en iyi düzeyde bulunmuştur. Gelecek çalışmalar için önerilerimiz ise; daha yüksek yoğunluklu US uygulamalarında ziyade daha uzun sürelerde düşük yoğunluklu US uygulamasının yapılması ile etkin sonuçlar elde edileceğidir.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 114R109 kodlu "Farklı Yoğunluktaki Ses Dalgalarının Vakum Ambalajlanmış Hamsi (*Engraulis encrasicolus*) Marinatının Rengine ve Raf Ömrüne Etkisinin Belirlenmesi" isimli proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

Alçiçek Z, Balaban MO. 2012. Color determination of whole tiger prawns (*Penaeus monodon*, Fabricius, 1798). Int J Food Sci Nutr., 1(4): 4-7.

- Anese M, Mirolo G, Beraldo P, Lippe G. 2013. Effect of ultrasound treatments of tomato pulp on microstructure and lycopene in vitro bioaccessibility. Food Chem., 136(2): 458-463. DOI:10.1016/j.foodchem.2012.08.013.
- Anonymous, 1988. Untersuchung von Lebensmitteln Bestimmung des Gehaltes von flüchtigen stickstoffhaltigen Basen (TVB-N) in Fischen und Fischerzeugnissen Referenzerfahren.
- Anonim 1999. Codex guidelines for the sensory evaluation of fish and shellfish in laboratories (CAC-GL 31-1999). Codex alimentarius standarts pp: 1-32.
- AOAC, 2000. Official Methods of Analysis. 17 th Edition Vol II. Assoc. Off. Anal. Chem., Wash. D.C., USA.
- Awad TS, Moharram HA, Shaltout OE, Asker D, Youssef MM. 2012. Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. Food Res Int., 48(2): 410-427. DOI: 10.1016/j.foodres.2012.05.004
- Ayvaz Z, Balaban MO, Kong JW. 2016. Effects of different brining methods on some physical properties of liquid smoked King Salmon. J Food Process Pres., DOI: 10.1111/jfpp.12791
- Balaban MO, Misimi E, Ayvaz Z. 2016. Quality evaluation of seafoods (Da-Wen Sun). Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation. Oxford/Amsterdam, Cambridge, MA. Elsevier Science.
- Baumgart J, Firnhaber J, Spicher G. 1986. Mikrobiologische Untersuchung von Lebensmitteln. Hamburg- Germany. Behr's Verlag.
- Bligh EG, Dyer WJ. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Can J Biochem Physiol., 37(8): 911-917. DOI:10.1139/o59-099
- Bourne MC. 1978. Texture profile analysis. Food Technol., 32 (7): 62-72.
- Botta JR. 1995. Evaluation of seafood freshness quality. ABD. John Wiley & Sons.

- Cabrer I, Casales MR, Yeannesı MI. 2002. Physical and chemical changes in Anchovy (*Engraulis anchoita*) flesh during marination. J Aquat Food Prod T., 11(1): 19-30. DOI: 10.1300/J030v11n01_03
- Cadun A, Schubring R, Caklı Ş. 2009. Comparison of retail marinated shrimp products available in German market according to physical parameters. J Anim Vet Adv., 8(12): 2568-2570.
- Candoğan K, Kolsarıcı N, Cırban ED, Akoğlu İ. 2008. Salamura konsantrasyonu ve olgunlaştırma süresinin marine hamsilerin mikrobiyolojik, duyuşsal ve renk kalitesine etkileri, 10. Gıda Kongresi, Erzurum, Türkiye 21-23 Mayıs.
- Cantoni C, Moret S, Comi G. 1993. Indici batteriologici e chimici per valutare la qualità del salmone affumicato. Industrie alimentari. 32(318), 842-845.
- Carcel JA, Benedito J, Bon J, Mulet A. 2007. High intensity ultrasound effects on meat brining. Meat Sci., 76(4):611-619. DOI: 10.1016/j.meatsci.2007.01.022
- Connell JJ. 1980. Marinades. Control of fish quality (2nd Edition). Aberdeen, Scotland. Torry Research Station.
- Civera B, Parisi E, Amerio GP, Giaccone V. 1995. Shelf-life of vacuum packed smoked salmon: microbiological ve chemical changes during storage. Arch Lebensmittelhyg., 46(1): 1-24.
- Czerner M, Tom MC, Yeannesa M. 2011. Ripening of salted anchovy (*Engraulis anchoita*): development of lipid oxidation, colour and other sensorial characteristics. J Sci Food Agric., 91(4): 609-615. DOI: 10.1002/jsfa.4221
- Çakır F. 2010. Farklı doğal katkı maddeleri kullanılarak hazırlanan hamsi marinatlarının raf ömrü sürelerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma, Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Pingret D, Fabiano-Tixier AS, Chemat F. 2013. Degradation during application of ultrasound in food processing: A review. Food control. 31(2): 593-606. DOI: 10.1016/j.foodcont.2012.11.039
- Dickens JA, Lyon CE, Wilson RL. 1991. Effect of ultrasonic radiation on some physical characteristics of broiler breast muscle and cooked meat. Poult Sci., 70 (2): 389-396. DOI:10.3382/ps.0700389
- Dolatowski ZJ, Stadnik J, Stasiak D. 2007. Applications of ultrasound in food technology, Acta Sci Pol Technol Aliment., 6(3): 89-99.
- Dolatowski ZJ, Stasiak DM. 1995. Tumbling machine with ultrasound. The 9th Congress of Food Science and Technology. Budapest, 30 July - 4 August. ss: 153.
- Dolatowski ZJ. 1988. Ultrasonics 2. Influence of ultrasonics on the ultrastructure of muscle tissue during curing. Fleischwirtschaft. 68 (10): 1301-1303.
- Dolatowski ZJ. 1989. Ultrasonics 3. Influence of ultrasonics on the production technology and quality of cooked ham. Fleischwirtschaft. 69 (1): 106-111.
- Eh ALS, Teoh SG. 2012. Novel modified ultrasonication technique for the extraction of lycopene from tomatoes, Ultrason Sonochem., 19(1), 151-159. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2011.05.019
- Feng H, Yang W, Hielscher T. 2008. Power ultrasound. Food Sci Technol Int., 14(5): 433. DOI:10.1177/1082013208098814
- Got F, Culioli J, Berge P, Vignon X, Astruc T, Quideau JM, Lethiecq M. 1999. Effects of high-intensity high-frequency ultrasound on ageing rate, ultrastructure and some physico-chemical properties of beef. Meat Sci., 51(1): 35-42. DOI:10.1016/S0309-1740(98)00094-1
- Gökalp HY, Kaya M, Tülek Y, Zorba Ö. 2001. Et ve et ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama kılavuzu. 4. Basım. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Yayınları.
- Günşen U, Özcan A, Aydın A. 2011. Determination of some quality criteria of cold stored marinated anchovy under vacuum and modified atmosphere conditions. Turk J Fish Aquat Sci., 11: 233-242. DOI: 10.4194/trjfas.2011.0208
- Huss HH. 1999. El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad, FAO Fisheries Technical Paper 348. Food and agriculture organization of the United Nations. <http://www.fao.org/docrep/V7180S/V7180S00.HTM> (erişim tarihi:06.11.2018)
- İşık H. 2015. Farklı yoğunluktaki ultrasonun vakum ambalajlanmış sardalya (*Sardina pilchardus*) balığının bazı kalite kriterleri üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Jayasooriya SD, Bhandari BR, Torley P, D'Arcy BR. 2004. Effect of high power ultrasound waves on properties of meat: a review. Int J Food Prop., 7(2): 301-319. DOI: 10.1081/JFP-120030039
- Kılıç B, Richards MP. 2003. Lipid oxidation in poultry döner kebab: pro-oxidative and anti-oxidative factors. J Food Sci., 68 (2): 690-696. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2003.tb05732.x
- Kılınç B, Çaklı Ş, Cadun A, Dinçer T, Tolasa Ş. 2008. Chemical, microbial, sensorial and color changes in warty venus (*Venus verrucosa*) flesh during marination. J Muscle Foods., 19(4): 385-398. DOI:10.1111/j.1745-4573.2008.00124.x
- Kim YM, Paik HD, Lee DS. 2002. Shelf-life characteristics of fresh oysters and ground beef ad affected by bacteriocin-coated plastic packaging film. J Sci Food Agric., 82(9): 998-1002. DOI: 10.1002/jsfa.1125
- Kong JW, Alçiçek Z, Balaban MO. 2015. Effects of dry brining, liquid smoking and high-pressure treatment on the physical and microbial properties of King salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) during refrigerated storage. J Sci Food Agric., 95(4):708-714. DOI: 10.1002/jsfa.6754
- Kordowska-Wiater M, Stasiak DM. 2011. Effect of Ultrasound on Survival of Gram-Negative Bacteria on Chicken Skin Surface. Bull Vet Inst Pulawy 55, 207-210.
- Lemon DW. 1975. An improved TBA test for rancidity. New Series Circular No. 51. Environment Canada. Fisheries and Marine Service, Halifax, NS.
- Lopez-Cabellero ME, Perez-Mateos M, Montero P, Borderias AJ. 2000. Oyster preservation by high-pressure treatment. J Food Prot, 63(2): 196-201. DOI: 10.4315/0362-028X-63.2.196
- Lyng JG, Allen P, McKenna BM. 1997. The influence of high intensity ultrasound baths on aspects of beef tenderness. J. Muscle Foods 8(3): 237-249. DOI: 10.1111/j.1745-4573.1997.tb00630.x
- Lyng JG, Allen P, McKenna B. 1998. The effects of pre- and post-rigor high-intensity ultrasound treatment on aspects of lamb tenderness. LWT-Food Sci Technol., 31(4): 334-338. DOI: 10.1006/fstl.1997.0361
- McClements DJ. 1995. Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing. Trends Food Sci. Technol., 6(9):293-299. DOI:10.1016/S0924-2244(00)89139-6
- Olgunoğlu İA. 2010. Hamsi (*Engraulis engrasicholus*) marinasyon prosesinde tehlike analizleri ve kritik kontrol noktalarının belirlenmesi. Gıda Tekn Elekt Derg., 5(1):36-48.
- Pohlman FW, Dikeman ME, Zayas JF. 1997. The effect of low-intensity ultrasound treatment on shear properties, color stability and shelf-life of vacuum-packaged beef semitendinosus and biceps femoris muscles. Meat Sci., 45(3): 329-337.
- Sanchez ES, Simal S, Femenia A, Benedito J, Rossello C. 1999. Influence of ultrasound on mass transport during cheese brining. Eur. Food Res. Technol., 209: 215-219.
- Sanchez ES, Simal S, Femenia A, Rossello C. 2000. Effect of acoustic brining on the transport of sodium chloride and water in Mahon cheese. Eur Food Res Technol., 212(1): 39-43. DOI: 10.1007/s002170000181
- Turhan S, Sarıcaoğlu FT, Öz F. 2013. The effect of ultrasonic marinating on the transport of acetic acid and salt in anchovy marinades. Food Sci. Technol. Res., 19 (5): 849-853. DOI: 10.3136/fstr.19.849
- Türkiye İstatistik Kurumu. 2017. Su ürünleri istatistikleri.