

Kekik oleoresini katılan domates çorbasında *B. coagulans* bakterisinin ısı direncinin incelenmesi

Investigating the thermal resistance of *B. coagulans* in the thyme oleoresin added tomato soup

Ahsen RAYMAN ERGÜN^{1*}, Taner BAYSAL², Dilber ÇAĞLAR³, Hilal TÜFENK⁴, Bekir BATMAZ⁵

¹⁻⁵Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye.

ahsenrayman@hotmail.com, taner.baysal@ege.edu.tr, caglardilber9402@gmail.com, tfnk.hilal@gmail.com, bkrbtmz@gmail.com

Geliş Tarihi/Received: 14.01.2020

Düzeltilme Tarihi/Revision: 09.07.2020

doi: 10.5505/pajes.2020.47717

Kabul Tarihi/Accepted: 14.07.2020

Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Gıda üreticileri kaliteyi korumak ve raf ömrünü uzatmak amacıyla koruyucu madde kullanımına ve geleneksel ısı işlemlere alternatif olarak, minimum işlem görmüş gıdaların üretimine yönelmişlerdir. Bu amaçla doğal antimikrobiyal maddelerin kullanımı tercih edilmektedir. Doğal antimikrobiyal bileşenleri içeren oleoresinler bitkilerden ekstrakte edilen yağ ve reçine karışımıdır. Bu çalışmada domates çorbası kekik oleoresini ile zenginleştirilerek, domates ürünlerinin ısı işleminde hedef mikroorganizma olan *Bacillus coagulans*'a karşı oleoresinin minimum inhibisyon konsantrasyon değeri belirlenmiş, ürünün fiziksel ve kimyasal kalite özellikleri üzerine etkileri saptanmıştır. Domates çorbasında *B. coagulans* için D_{90} değeri 3.67 dk. olarak saptanırken, kekik oleoresini içeren çorbada bakteriye ait bu değer 2.58 dk. olarak bulunmuştur. Kekik oleoresinli çorbannın likopen ve parlaklık değerlerinin kontrol (oleoresinsiz) grubuna kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Domates çorbası, *B. coagulans*, Isıl işlem, Kalite, Kekik, Oleoresin.

Abstract

Food manufacturers have focused on the production of minimally processed foods as an alternative to the use of preservatives and traditional heat treatments in order to protect quality and extend shelf life. Therefore, the use of natural antimicrobials is preferred. Oleoresins which are rich in natural antimicrobials, are a mixture of essential oil and resin extracted from plants. In this study, the tomato soup was enriched with thyme oleoresin, and the minimum inhibition concentration value of oleoresin on the target microorganism, *Bacillus coagulans*, at heat treatment of tomato based product was determined. The changes on the physical and chemical quality characteristics of the product were determined. The D_{90} value of the *B. coagulans* in tomato soup was found as 3.67 min. while this value was found as 2.58 min. for the bacteria in the soup which contains thyme oleoresin. It was concluded that soup with thyme oleoresin had higher lycopene and brightness values than the control (without oleoresin) group.

Keywords: Tomato soup, *B. coagulans*, Heat treatment, Quality, thyme, Oleoresin.

1 Giriş

Oleoresinler aromayı sağlayan esansiyel yağların yanı sıra uçucu olmayan ancak aromanın oluşumunu sağlayan reçineyi ve diğer bileşenleri içerirler [1]. Esansiyel yağlar bitkilerden ekstrakte edilen uçucu sıvılardır. Baharatlardan distilasyon yöntemiyle önce esansiyel yağlar ayrılmakta sonra kalan kısma çözgen ekstraksiyonu uygulanarak oleoresinler elde edilmektedir [1]. Oleoresinler esansiyel yağlara kıyasla daha hijyeniktir ve böylelikle bakteriyel kontaminasyon riski daha düşüktür. Ayrıca doğal antioksidan maddeleri içerdikleri için daha dayanıklıdır. Gıdalara kabul edilen lezzet seviyesinde eklenmesinin mümkün ve son üründe homojen dağılıma sahip olması ile kalite kontrol, depolama ve maliyet açısından da avantaj sağlamaktadır [2]. Ticari oleoresinler arasında kekik, biberiye, sarımsak, zencefil, fesleğen, kimyon, dereotu, hardal, hindistan cevizi, karabiber, kırmızıbiber, kakule, kereviz, karanfil, kakao, kişniş, soğan, yenibahar ve zerdeçal sayılabilir. Oleoresinler üzerine yapılan çalışmalarda genellikle oleoresinlerin antimikrobiyal etkilerinin incelendiği göze çarpmaktadır. Örneğin kekik ve tarçın oleoresininin minimum inhibisyon konsantrasyon (MİK) değeri *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Salmonella typhimurium* ve *Escherichia coli* için sırasıyla 625, 1042, 261, 625, 625 ppm olarak saptanmıştır [3]. Domates oleoresini 30, 100 ve 300 ppm

konsantrasyonlarda denenmiş ve 300 ppm konsantrasyonun farelerde karaciğer kanserini önemli seviyede azalttığı vurgulanmıştır [4]. Marine edilmiş kanatlı etinde yapılan bir çalışmada ise kırmızıbiber oleoresini kullanılmıştır. 1 ve 3 g/100 mL'nin renk değerlerinde salisilik asite göre iyileşme sağladığı, lezzette ise önemli bir değişiklik yapmadığı bulunmuştur [5]. Kekik ve tarçın uçucu yağlarının sırasıyla 500 ppm konsantrasyonda jambona eklendiğinde *L. monocytogenes*' in gelişme oranının %19 ve %10 oranında azaldığı gözlemlenmiştir. *S. aureus*, *L. monocytogenes* ve *B. cereus*, *E. coli*, *S. typhimurium* ve *P. aeruginosa*'a karşı kekik ve kırmızı kekik oleoresinlerinin güçlü antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir [3].

Kekik (*Thymus vulgaris*) eterli uçucu yağının; timol (%50 civarında), karvakrol, borneol, simol, pimen, tanen ve flavonlar içerdiği bilinmektedir. Birlikte kullanılan karvakrol ve timolün *S. aureus* ve *P. Aeruginosa*'ya karşı sinerjistik etki sağladığı bildirilmiştir. Ayrıca, hidroksil grupları ve allil yan zincirlerinin esansiyel yağların etkinliğini arttırdığı belirtilmiştir [6]. Kekik yağında bulunan bir bileşik olan timolün, fenolden 20 kat daha fazla antimikrobiyal etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Timol antibakteriyel ve antifungal etki göstermiştir [7]. Gram pozitif ve negatif bakterilere karşı da etkili olduğu saptanmıştır [3]. Kekik yağının domates üzerinde

*Yazışılan yazar/Corresponding author

oluşan gri küf oluşumunu %64 oranında ve *Fusarium* solgunluğunu da %30.76'ya kadar düşürmüştür [8].

Domateste gelişebilen, ayrıca ketçap, domates sosu ve domates çorbalarında düz ekşimeye neden olabilen *B. coagulans*, ısıya dirençli, fakültatif ve mezofilik sporlu bakteri olup, pH derecesi 4.0-4.6'nın arasında olan asitli veya asitlendirilmiş gıdalar grubunda risk oluşturmaktadır [9]. Bu mikroorganizma ambalaj kutusunda şişmeye neden olmamaktadır. Bu nedenle kutu açılana kadar bozulma tespit edilememekte, bozulmuş ve bozulmamış konserve arasındaki fark anlaşılmamaktadır [10]-[13]. Ayrıca endüstriyel üretimde karşılaşılan ısı işlem koşullarının optimum düzeyde sağlanamaması, ürünlerde renk, lezzet ve besin içeriği gibi kalite özelliklerinin kaybına neden olabilmektedir.

Önceki çalışmalar incelendiğinde domates çorbasında tuz miktarının azaltılması amacıyla baharatlarla zenginleştirilmesi [14], propolisin hazır çorbalardan izole edilen *S. aureus*'a inhibisyon etkisinin incelenmesi [15], hazır toz çorbaların mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesi [16] üzerine çalışmalar yapılmış ancak literatürde oleoresinlerle ilgili çalışmaya yazarların bilgisi dahilinde rastlanılmamıştır. Tüm bu nedenler göz önünde bulundurularak bu çalışmada domates çorbasına eklenen kekik oleoresininin hedef mikroorganizma olarak seçilen *B. coagulans*'ın D değerine, ısı işlem koşullarına ve çorba kalitesine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2 Materyal ve yöntem

2.1 Materyal

Bu çalışmada hazır sıvı domates çorbası (Knorr, Unilever San. ve Tic. AŞ. Türkiye) yerel bir marketten, kekik (esansiyel yağ oranı %20-22) oleoresini ise Baharot Lezzet Karışımları ve Gıda Maddeleri San. Tic. Ltd. Şti' den temin edilmiştir (Synthite Industries Ltd. Synthite Valley, Kolenchery, Kerala, Hindistan). Atatürk Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden temin edilen *B. coagulans* ATCC 7050 suşu kullanılmıştır. 4 mL NB (Nutrient Broth Merck, Darmstadt, Almanya) kullanılarak 37 °C'de 200 rpm devirde 24 sa. çalkalamalı inkübatörde (Gerhardt Thermoshaker, Almanya) vejetatif hücre geliştirilmiştir. 24 sa. sonrasında 100 µl'si 900 µl steril saf su ile 0.1 mM MnSO₄.H₂O (Manganez II sülfat monohidrat-JT. Baker, Deventer, Hollanda) içeren NA (Nutrient Agar, 64271, Merck, Darmstadt, Almanya) dökülmüş petrilere aktarılmıştır. 10⁶ kob/mL *B. coagulans* vejetatif formu inoküle edilmiştir. Ayrıca kullanılan tüm kimyasallar (fenoltalein, sodyum hidroksit, aseton) analitik saflıktadır (Sigma-Aldrich, ABD).

2.2 Yöntem

2.2.1 İşleme yöntemleri

Bu çalışmada oleoresin içermeyen (kontrol) ve kekik oleoresini içeren domates çorbası olmak üzere 2 farklı örnek grubu ile çalışılmıştır. Oleoresinin bakteri ısıl direncine etkisini belirlemek amacıyla iki örnek grubuna da bakteri inoküle edilmiştir. Ürün *B. coagulans* inokülasyonu öncesinde sterilize edilmiş ve inokülasyon steril şartlarda gerçekleştirilmiştir. Böylelikle ısı işleme tabi tutularak toplam canlı ve küf maya gibi diğer mikroorganizmalardan yoksun hale getirilmiş olup sadece *B. coagulans* ile muamele edilmiştir. Endüstriyel domates çorbası sterilize 96 kuyucuklu deney düzeneği (Costar 3599, ABD) kullanılarak dilüsyon yöntemi ile MİK (minimum inhibisyon konsantrasyon) değeri saptanmıştır [17]-[20]. Kekik oleoresininin *B.coagulans*'a karşı tespit edilen MİK miktarı sıvı hazır çorbaya eklenmiş ve daha sonra örnek

gruplarında ısı işlem koşulları saptanmıştır. Sonrasında ise 90 °C'de bulunan D değerleri göz ününde bulundurularak her iki grup da bakteri inoküle edilmeden ısı işleme tabii tutulup kalite analizleri açısından irdelenmiştir.

2.2.2 Isıl direncin saptanması

Su banyosu (model-DTS 100D, Kyoto Electronics, Kyoto, Japonya) ve ısı ölçerler (IOtech Inc., Cleveland, OH, ABD) kullanılarak çoklu tüp yöntemi uygulanmıştır. Kontrol ve oleoresin içeren domates çorbasına bakteri inoküle edilmiş, örnekler termal ölüm tüplerine alınmış, 80, 90 ve 100 °C olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta su banyosunda çalışılmıştır [21]. 80 °C için 16. dk.'ya kadar her 4 dk.'da, 90 °C için 8. dk.'ya kadar her 2 dk.'da, 100 °C için ise 4. dk.'ya kadar her 1 dk.'da örnek alınmıştır [22]-[27]. Daha sonra tüpler belirlenen zamanlarda su banyosundan çıkarılmış, buz banyosunda yeteri kadar soğuması için bekletilmiştir. Tüpler açılarak seyreltme işlemi yapılmıştır. Dilüsyonlar petrifilmere aktarılarak 37 °C'de 48 sa. inkübe edilmiş ve kob/mL olarak *B. coagulans* bakteri sayımı gerçekleştirilmiştir [25]. Sıcaklığa karşı mikroorganizma sayısının grafiğe aktarılması ile D değeri, farklı sıcaklıklardaki D değerlerinin sıcaklığa karşı yarı logaritmik grafiğe işlenmesiyle elde edilen termal ölüm eğrilerinden (TÖS) ise z değeri saptanmıştır. Bu değerlerin hesaplanmasında formül 1 ve 2'den yararlanılmıştır.

$$D = t / (\log N_0 - \log N) \quad (1)$$

D: Sabit sıcaklıkta desimal azalmayı sağlayan süre,

N₀: Herhangi bir başlangıç anında canlı sayısı,

N: Belli bir süre (t) sonunda canlı sayısı.

$$\log TÖS_1/TÖS_2 = -1/z (T_1 - T_2) \\ = (T_2 - T_1)/z \quad (2)$$

2.2.3 Kimyasal analiz yöntemleri

2.2.3.1 Likopen tayini

0.3 g domates çorbası, 0.3 g nişasta ve 20 mL aseton ile homojenize edilip (Ultra-Turrax Ika-Werke, Almanya) 3000 rpm devirde 3 dk. santrifüjlenmiş (CFC free Universal Hettich Zentrifugen, Almanya) ve üst faz spektrofotometrede 503 nm'de (Varian Cary 50 Scan, Avustralya) okunmuştur. Sonuç formül 3'ten hesaplanmıştır [28].

$$\text{Likopen miktarı}(\mu\text{g}) \\ = (A503 \times 62.43) / \text{örnek miktarı}(g) \quad (3)$$

A=Absorbans değeri

2.2.3.2 Asitlik tayini

Örneğin asit içeriği titrimetrik yöntemle tayin edilmiştir. Örnekten 10 g alınmış, 100 mL'lik ölçü balonunda saf su ile tamamlanmıştır. Süzme işlemi sonrasında süzüntüden 10 mL alınarak faktörü bilinen 0.1 N NaOH kullanılarak fenolftaleyn indikatörlüğünde pembe dönüş noktasına kadar titrasyon yapılmıştır. Sarfiyattan yararlanılarak % asitlik susuz sitrik asit cinsinden hesaplanmıştır [29].

2.2.3.3 pH tayini

20 °C'deki örneğin pH değeri, pH metre (WTW InoLab, Weilheim, Almanya) kullanılarak belirlenmiştir [29].

2.2.3.4 Suda çözünen kuru madde tayini

Örneğin suda çözünür kuru madde (SÇKM) içeriği, sıcaklık düzeltmesine sahip refraktometre (RFM 330, Bellingham Stanley, Kent, İngiltere) kullanılarak belirlenmiştir [30].

2.2.3.5 Su aktivitesi

Su aktivite ölçüm cihazı (Testo Elektronik, Almanya) yardımıyla sabit sıcaklıkta (oda sıcaklığı) ölçülmüştür.

2.2.3.6 Renk tayini

Başlangıç ve işlemler sonrasında örneklerin renk (L*, a*, b*) değerleri (Hunter CX1633 Associates Laboratory, Reston, VA, ABD) kolorimetre kullanarak saptanmıştır. Aydınlık değeri olan L*, "0" siyahtan "100" beyaza kadar değişir. "a*" değeri, "-a*" ile yeşil, "+a*" ile kırmızılığı gösterir. "b*" değeri ise "-b*" ile mavi, "+b*" ile sarılığını göstermektedir.

2.2.3.7 Kıvam tayini

Bostwick konsistometresi ile örneğin kıvamı ölçülmüştür [31].

2.2.4 İstatistiksel değerlendirme

%95 güven aralığında Varyans analizinden (ANOVA) yararlanılarak SPSS istatistiksel paket programı ile (SPSS 15.0 Windows Version; SPSSInc., Chicago, Ill, ABD) istatistiksel analiz yapılmıştır.

3 Bulgular ve tartışma

3.1 Minimum inhibisyon değeri

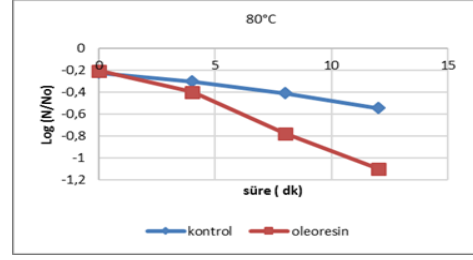
Kekik oleoresininin MİK değeri *B. coagulans* için 2.5 mL/100 mL domates çorbası olarak saptanmıştır. Oleoresinlerin söz konusu bakteri üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışma bulunmamasıyla birlikte *L. monocytogenes* için timol ve linalolün MİK değerlerini 0.2 µg/mL'den düşük, minimum bakterisidal konsantrasyon (MBK) değerlerinin ise 0.2 µg/mL olduğu saptanmıştır. *E. coli* için bu değerler 0.2 µg/mL olarak bulunmuştur [32]. Başka bir çalışmada ise domates salçası ortamında *A. flavus*'a karşı kekiğin 350 ppm MİK değerine sahip olduğu bulunmuştur [33]. Oleoresinle ilgili yapılan sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Kekik oleoresininin *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *B. cereus*, *Salmonella* ve *E. coli* bakterileri için MİK değerleri >5000, 5000, 5000, >5000, >5000 ppm şeklinde belirtilmiştir. [3]. *Thymus serpyllum* L., cinsi kekik esansiyel yağının *L. asidophilus* ve *S. aureus*'a karşı sırasıyla MİK 5 µg/mL-MİK 10 µg/mL ve MİK 2.5 µg/mL-MİK 5 µg/mL değerleri bulunmuştur.

3.2 Hazır çorba örneklerinde D ve z değeri

Mikroorganizma inoküle edilen kontrol ve oleoresin gruplarından 80 °C, 90 °C ve 100 °C'de sırasıyla; her 4., 2. ve 1. dakikalarda örnek alınmıştır. Çoklu tüp yöntemi sonucunda elde edilen mikroorganizma sayılarından yararlanılarak canlı kalma eğrileri çizilmiştir. Kontrol grubu için canlı kalma eğrilerinden (Şekil 1, 2 ve 3) yararlanarak hesaplanan D değerleri $D_{80}=13.28$, $D_{90}=3.67$, $D_{100}=1.14$ olarak bulunmuştur. Kekik oleoresinli grupta ise bu değerler sırasıyla 10.05, 2.58, 0.88 olarak saptanmıştır (Şekil 1, 2 ve 3). Kontrol grubu çorba için *B. coagulans* bakterisinin z değeri 80-100 °C sıcaklıklarda 20.66 °C ve kekik oleoresinli grup için 18.60 °C olarak saptanmıştır (Şekil 4).

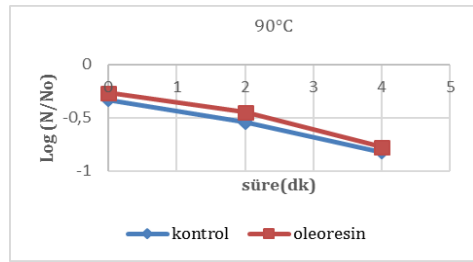
Sıcaklığın artmasıyla birlikte D değerlerinin azaldığı ayrıca kontrol grubuna kıyasla oleoresin içeren çorbalarda bakterinin D değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir. Oleoresinlerin antimikrobiyal etkisi nedeni ile

mikroorganizmanın direnci azalmakta böylece daha kısa sürede letal etki sağlanabilmektedir.



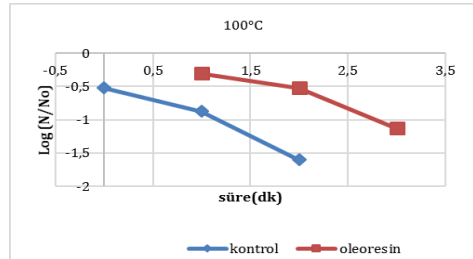
Şekil 1. 80 °C'de kontrol ve oleoresin grupları için canlı kalma eğrileri.

Figure 1. Survival curves for control and oleoresin groups at 80 °C.



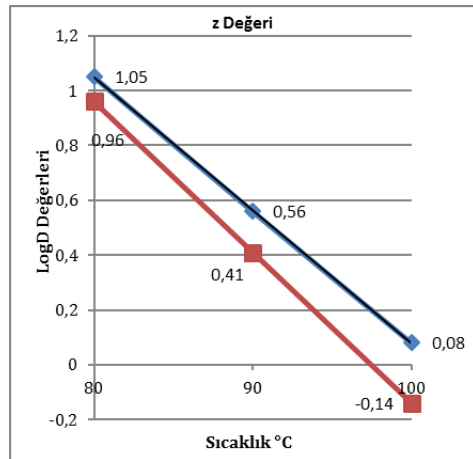
Şekil 2. 90 °C'de kontrol ve oleoresin grupları için canlı kalma eğrileri.

Figure 2. Survival curves for control and oleoresin groups at 90 °C.



Şekil 3. 100 °C'de kontrol ve oleoresin grupları için canlı kalma eğrileri.

Figure 3. Survival curves for control and oleoresin groups at 100 °C.



Şekil 4. Kontrol ve oleoresin grupları için z değerleri.

Figure 4. z-values for control and oleoresin groups.

Aynı şekilde oleoresin içeren çorbalarda z değerlerinin de kontrol grubunda bakteri için saptanan z değerinden farklı olduğu bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlara rastlanılmıştır. Örneğin sterilizasyonun domates püresinde kaliteye etkilerinin modellendiği çalışmada 90, 95 ve 100 °C'de ısıtma işlemi uygulanmıştır. Benzer şekilde sıcaklık arttıkça D değerlerinin azaldığı belirtilmiştir. Farklı desimal azalma değerlerine ulaşmak için farklı sürelerde çalışılmıştır. *B. coagulans* için $D_{96}=420$ s, $z=10$ °C değerleri belirtilmiştir [34]. Bir başka çalışmada domates püresine uygulanan endüstriyel ısıtma işlemde 92 °C'de 2.5 dk.'nın yeterli olduğu vurgulanmıştır [35]. Bulunan değer de bu çalışmada kekik oleoresinli çorbada 90 °C sıcaklık için bakteriye ait D değeriyle aynıdır. Bir başka çalışmada ise yine sıcaklığın *B. coagulans* D ve z değerlerinin değişiminde etkili olduğu vurgulanmıştır. D değeri 108 °C'de 0.3 dk. 85 °C'de ise 21.5 dk. olarak bulunmuştur [36]. Minayo ve diğ. (2012) *B. coagulans* bakterisinin inaktivasyon kinetiği üzerine çalışmış olup, bu değerleri $z=10.64$ °C ve $D_{121}=0.0264$ dk. olarak bulmuştur [37]. Fasulye için 115 °C'de 20 dakika ısıtma işlemi *B. coagulans* için en etkili sterilizasyon süresi olduğunu saptamıştır. Başka bir çalışmada Stumbo (1973) ve Brennan ve diğ. (1998) tarafından aynı bakteri için D_{121} değeri 0.01-0.07 arasında bulunurken, z değerleri ise sırasıyla $14 < z < 18$ ve 10 °C olarak belirtilmiştir [38],[39]. Bu çalışmalar da sıcaklık arttıkça D değerinin azalması yönünde araştırmayı destekler niteliktedir. Ancak z değerleri önceki çalışmalarda daha düşük bulunmuştur. Bunun da nedeni olarak ürünün çeşidi ve içeriğinin bu değerde direkt etkili olduğu düşünülmüştür. Yine domates ürünüde yapılan bir çalışma sonucunda *B. coagulans* ATCC 7050 suşu için 45 °C'de 10 dk. %1 sükröz uygulaması ile pH 4.5'e sahip domates sularında 5.0 log azalma saptandığı belirtilmiştir [40]. Atmosferik koşullarda işlenen domates sularında (0.1 MPa) 100 ve 105 °C'de 13 ve 4 dk. sonucunda 10 kob/mL den az seviyede canlı mikroorganizma bulunmuştur. Basınç destekli ısıtma işlemi ile domates çorbasında Johnson & Balasubramaniam, (2010), *B. coagulans* için 100 °C'de 30 sn.'de 3.4 log azalma bulunmuştur. 120 sn.'lik kalış süresinde ise 7.4 log azalma sağlanmıştır. Ayrıca D_{100} değeri ise 30 sn. olarak hesaplanmıştır [41]. Bizim çalışmamızda D_{100} değerinin oleoresinli grup için 52 saniye olarak bulunduğu göz önünde bulundurulursa basınç uygulamasının da etkili olarak bu değeri azalttığı sonucuna varılmaktadır. Benzer bir çalışmada ise Pirone, Mannino ve Vicini (1989), domates püresinin ısıtma işlemi *B. coagulans* için $D_{96}=420$ s ve $z=10$ °C değerlerini bulmuştur[42]. Okazaki ve Suzuki (2006) tarafından yapılan çalışmada *B. coagulans* için z değeri 50-90 °C sıcaklık aralığında ve 400 MPa basınçta 39.1 °C olarak [43], 90-110 °C sıcaklık aralığında 12.1 °C olarak, ve 104-117 °C sıcaklık aralığında, 0.1 MPa basınçta ise 6.7 °C olarak bulunmuştur [27]. Yine basıncın uygulanmadığı durumda bu çalışmada elde edilen veriler literatüre uyum göstermektedir. Bu çalışmaya paralel sonuçlar veren benzer bir çalışmada ise *B. coagulans* sporları üzerine kekik esansiyel yağı ile ısıtma işlemi uygulamasının kombine etkisi araştırılmıştır. 95 ve 103°C sıcaklıklarda 4° Briks ve pH 4.2'de Nutrient Broth ile denemeler gerçekleştirilmiştir. 100 °C' de esansiyel yağın (400 mg/g) 1.4 dk.'da 6 log azalma sağladığı bildirilmiştir. 97 °C'de ise sporların 6 log azalması için 400 mg/g yağ ile 4.3 dk. yeterlidir. Bu süre esansiyel yağ olmayınca 5 dk. olarak bulunmuştur [25].

3.3 Kalite özelliklerine etkileri

Kontrol ve oleoresin içeren örnek gruplarının 90 °C'de belirlenen sürelerde ısıtma işlemi uygulanması sonrası

gerçekleştirilen kimyasal ve fiziksel kalite analizleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kimyasal ve fiziksel analiz sonuçları.

Table 1. Results of chemical and physical analysis.

Kalite Özelliği	Kontrol Grubu	Oleoresin Grubu
Likopen (µg/g)	169.1 ^a ±0.01	230.65 ^b ±0.12
pH (25 °C)	4.21 ^a ±0.00	4.18 ^a ±0.00
Suda Çözünen Kuru Madde (°Briks) ^{23 °C}	8.25 ^a ±0.01	8.45 ^b ±0.04
Su Aktivitesi (a _w) ^{20.9°C}	0.952 ^a ±0.00	0.931 ^a ±0.01
Kıvam	12.6 ^a ±0.01	9.35 ^b ±0.00
L	46.68 ^a ±0.03	47.32 ^b ±0.02
A	32.20 ^a ±0.05	31.32 ^b ±0.07
B	55.69 ^a ±0.14	57.91 ^b ±0.12
a/b	0.57 ^a ±0.01	0.54 ^a ±0.01

Likopen içeriği kontrol örneğine göre oleoresinli örnek gruplarında %36 oranında daha yüksek bulunmuştur. Yapılan önceki çalışmalarda likopenin ısıtma işlemi sonrası artışı domatesteki trans formunun cis forma dönüşmesi ve sıcaklık-süre ile cis formun artması şeklinde açıklanmıştır [44]. Ordóñez-Santos ve diğ. (2009), şişelenmiş domates suyu örneğinde likopen içeriğini 14.0 ± 0.68 mg/100g olarak bulmuştur [45]. Likopenin diğer antioksidan maddeler tarafından (fenolik, askorbik asit, β-karoten gibi) korunduğu da yapılan önceki bir çalışmada belirtilmiştir [46]. Bu çalışmalar da göz önünde bulundurulursa oleoresinli çorba grubunda kontrol grubuna kıyasla ısıtma işlemi ve antioksidan zengin kekik oleoresinine bağlı olarak likopen içeriğinde artış saptanmıştır. Yapılan diğer çalışmalarda domates ürünlerinde çeşide ve ısıtma işlemi göre likopen içeriğinin değiştiği vurgulanmıştır. Domatesin likopen içeriği 33.8 (µg likopen/g örnek) olarak belirtilmiştir [47]. Domates pulpu atıklarından likopen eldesi üzerine yapılan bir çalışmada 38 µg/g likopen bulunduğu bildirilmiştir [44]. Domates çorbalarında likopen miktarı 4.48 ± 0.34 (4.11-4.99) mg/100 gr olarak belirlenmiştir [48]. Başka bir çalışmada ise su, domates konsantresi veya tozu, zeytinyağı (%5), şeker, pirinç nişastası, soğan (%10), tuz ve sarımsaktan hazırlanan domates soslarında likopen içerikleri 107.53 ± 8.04 - 179.71 ± 9.13 mg/kg aralığında tespit edilmiştir [49]. Farklı domates türlerinden elde edilen sosun likopen içeriği 42.71 mg/kg olarak saptanmıştır [50]. Ticari domates sosunda likopen içeriğinin 12.3 mg/160 gr olduğu, likopence zenginleştirilmiş sosta ise bu oranın 27.2 mg değerine yükseltilebileceği belirtilmiştir. Likopen miktarının ürün çeşidine, girdilere, uygulanan işleme ve işlem koşullarına göre değişiklik gösterdiği bu çalışmalar da desteklemektedir. Ayrıca, günde 160 gr likopence zengin bu sosun tüketilmesi ile kandaki LDL kolesterol seviyesinin düşerek koroner kalp hastalıkları riskini de azalttığı bildirilmiştir [51]. Sağlık üzerine etkili olan bu bileşenin bu araştırmada da kekik oleoresiniyle zenginleştirilmiş sos grubunda kontrol grubuna kıyasla daha fazla bulunması antioksidan özellik gösteren kekik oleoresininin ve ısının da etkisiyle likopen içeriğini arttırdığını göstermektedir.

Kekik oleoresinli örnek grubunda kontrol örneğine kıyasla pH değeri daha düşük bulunmuştur. Ancak pH değerleri arasındaki bu fark istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P > 0.05$). pH değerinde, asitlik ve suda çözünür kuru madde oranındaki artışa bağlı olarak azalma görülebilmektedir. Elde edilen veriler yapılan önceki çalışmalarla paralellik göstermektedir. Örneğin, hazır toz domates çorbalarında pH değerinin 4.04 ile 4.39 arasında değiştiği bulgulanmıştır [16]. Yapılan bir başka

çalışmada sonuçlara paralel olarak domates sosunun pH değeri 4.2 ve 4.3 olarak bulunmuştur [52]. Akıllıoğlu ve diğ. (2015), farklı sıcaklık uygulamaları (70, 80, 90 °C) yapılan salça örneklerinde pH değerini 4.09±0.02 ile 4.34±0.01 arasında bulmuşlardır [53]. Suda çözünür kuru madde değerleri kontrol grubu ve oleoresinli grup için sırasıyla %8.25 ve 8.45 olarak bulunmuştur. Kekik oleoresini beklenildiği üzere kuru madde içeriğini arttırmıştır. İstatistiksel açıdan suda çözünür kuru madde değerleri arasındaki fark önemli bulunmuştur (P≤0.05). Yapılan önceki çalışmalarda da bu çalışmaya benzer olarak domates sosunun kuru madde içeriği % 8.58 olarak belirtilmiştir [50].

Su aktivitesi sonuçları Tablo 1’de gösterildiği üzere kontrol örneğine göre oleoresinli örnek gruplarında daha düşük bulunmuştur. Kuru madde içeriğinin artması ile su aktivitesi değerinin düşmesi beklenen bir sonuçtur. Ancak kekik oleoresinli örnek grubu ile kontrol örnek grubunun su aktivitesi değerleri arasında istatistiksel açıdan fark önemli bulunmamıştır (P>0.05). Benzer şekilde yapılan bir önceki çalışmada da kekik oleoresinli ve kontrol (oleoresinsiz) domates sosu örnekleri arasında su aktivite değerleri açısından istatistiksel bir fark saptanmamıştır [54]. Organik domatesten hazırlanan domates püresinde ve modifiye domates püresinde bu değerler 0.986 ± 0.004 ve 0.987±0.003 olarak belirtilmiştir (55). Nakajo and Moriyama (1993) yaptıkları çalışmada *B. coagulans*’ a ait D değerlerinin su aktivitesi ve ortam pH değeriyle ilişkili olduğunu belirtmişlerdir [56]. Ayrıca, kalite özellikleri de su aktivitesindeki değişimlerden etkilenmektedir. Örneğin domates ürünlerinde düşük su aktivitesinde likopen içeriğinde de kayıplar meydana gelebileceği vurgulanmıştır [57]. Çalışmamızda oleoresinli grubun su aktivitesinin istatistiksel olarak önemli seviyede olmasa da kontrol grubuna kıyasla daha düşük olmasına rağmen likopen içeriğinin korunması iyi bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır.

Renk değerleri açısından örnekler karşılaştırıldığında parlaklık değerinin kekik oleoresini içeren domates çorbasında kontrol grubuna göre daha fazla olduğu bulunmuştur. Kekik oleoresinli örnek ve kontrol grubu sonuçlarında parlaklık açısından istatistiksel olarak fark önemli bulunmuştur (P≤0.05). Kırmızılık değeri açısından kontrol grubu ve oleoresinli grup arasında önemli seviyede fark saptanmıştır (P≤0.05). Kekik oleoresinli domates çorbası ile kontrol grubunun b* değeri arasında istatistiksel açıdan önemli fark saptanmıştır (P≤0.05). Oleoresinin koyu renkli ve viskoz yapıda olması nedeniyle renk değerlerini önemli seviyede değiştirdiği belirlenmiştir. Renk domates salçası ve ürünlerinde en önemli kalite özelliklerinden biri olup, a/b değeri de duyuşsal kabul edilebilirliğinin bir ölçütüdür. Bu değer renk pigmenti ve aynı zamanda biyoaktif bileşen olan likopen içeriği ile ilişkilidir [58]. Kekik oleoresinin yeşil renge yakın olması sebebiyle kırmızılıkta azalma görülmesi beklenen bir sonuçtur. Ancak kırmızılıktaki bu değişim a/b değerini olumsuz etkilememiştir. Örneklerin a/b değerleri istatistiksel açıdan önemli bir fark içermemektedir (P>0.05).

Örneklerin kıvam değerleri kontrol ve kekik oleoresinli domates çorbası grupları için sırasıyla 12.6-9.35 şeklinde bulunmuştur. Kekik oleoresinli örnek grubu ile kontrol örnek grubunun vizkozite değerleri arasında istatistiksel açıdan fark önemlidir (P≤0.05). Kekik oleoresinin akışkan yapısından dolayı kontrol grubuna göre oleoresinli grubunun kıvam değerinin farklılık gösterdiği düşünülmektedir.

4 Sonuçlar

Kekik oleoresininin *B. coagulans* bakterisine karşı minimum inhibisyon konsantrasyon (MİK) değeri domates çorbasında 2.5/100 mL olarak bulunmuştur. Oleoresinli domates çorbasında *B. coagulans* için D ve z değerlerinin 80, 90 ve 100 °C’de uygulanan ısı işlemler sonucunda her 3 sıcaklıkta da kontrol grubuna kıyasla daha düşük olduğu saptanmıştır. Kekik oleoresinli çorbanın likopen, SÇKM ve parlaklık değerlerinin kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Oleoresinlerin gıdaların zenginleştirilmesinde kullanımının antimikrobiyal etki sağlayarak oleoresin ilavesi ile domates çorbasında daha kısa süreli ısı işlemin yeterli olduğu bulunmuştur. İleriki çalışmalarda esansiyel yağ ve oleoresinlerin kullanımlarının kıyaslanması ya da farklı oleoresinlerin birlikte kullanımı ile sinerjistik etkilerinin incelenmesinin literatür açısından yararlı olacağı düşünülmektedir.

5 Conclusions

The minimum inhibition concentration (MIC) value of thyme oleoresin against *B. coagulans* bacteria was found to be as 2.5/100 mL in tomato soup. It was determined that D and z values for *B. coagulans* in oleoresin tomato soup were lower than the control group at all three temperatures as a result of the heat treatments applied at 80, 90 and 100 °C. It was determined that the lycopene, water-soluble dry matter and brightness values of the tomato soup enriched with thyme oleoresin were higher than the control group. It has been found that enrichment of food products with thyme oleoresins provides an antimicrobial effect and the addition of oleoresin is sufficient for a shorter heat treatment in tomato soup. It is thought that comparing the use of essential oils and oleoresins in future studies or examining the synergistic effects of using different oleoresins together will be useful in terms of literature.

6 Yazar katkı beyanı

Gerçekleştirilen çalışmada Ahsen RAYMAN ERGÜN fikrin oluşması, tasarımın yapılması, elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı, başlıklarında, Taner BAYSAL fikrin oluşması, tasarımın yapılması, yazım denetimi ve içerik açısından makalenin kontrol edilmesi, Dilber ÇAĞLAR analizlerin gerçekleştirilmesi ve yazımı, Hilal TÜFENK ve Bekir BATMAZ ise çalışmanın gerçekleştirilmesi, analizlerin yapılması, sonuçların değerlendirilip yorumlanması başlıklarında katkı sunmuşlardır.

7 Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

“Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur”
“Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır”.

8 Kaynaklar

- [1] Rodianawati I, Hastuti P, Cahyanto MN. “Nutmeg’s (*myristica fragrans houtt*) oleoresin: Effect of heating to chemical compositions and antifungal properties”. *Procedia Food Science*, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.01.027>
- [2] Shaikh J, Bhosale R, Singhal R. “Microencapsulation of black pepper oleoresin”. *Food Chemistry*, 94(1), 105-110, 2006.

- [3] Dussault D, Vu KD, Lacroix M. "In vitro evaluation of antimicrobial activities of various commercial essential oils, oleoresin and pure compounds against food pathogens and application in ham". *Meat Science*, 96(1), 514-520, 2014.
- [4] Scolastici C, Lopes G. A, Barbisan LF, Salvadori DM. "Tomato oleoresin inhibits DNA damage but not diethylnitrosamine-induced rat hepatocarcinogenesis". *Experimental and Toxicologic Pathology*, 60(1), 59-68, 2008.
- [5] Yusop SM, O'Sullivan MG, Preuß M, Weber H, Kerry JF, Kerry JP. "Assessment of nanoparticle paprika oleoresin on marinating performance and sensory acceptance of poultry meat". *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie. Food Science and Technology*, 46(1), 349-355, 2012.
- [6] Benli M, Yiğit, N. "Ülkemizde yaygın kullanımı olan kekik (*Thymus vulgaris*) bitkisinin antimikrobiyal aktivitesi". *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 3(8), 1-8, 2012.
- [7] Grassmann J, Elstner EF. *Essential Oils/Properties and Uses*. Editors: Benjamin CB, Finglas P, Toldr F. Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition Elsevier Science Ltd. 2177-2184, 2003.
- [8] Ben-Jabeur Maissa, Emna G, Machraoui M. "Thyme essential oil as a defense inducer of tomato against gray mold and Fusarium wilt". *Plant Physiology and Biochemistry*. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.plaph.2015.05.006>.
- [9] Kılıçkaya Z. Ketçapta Mikrobiyolojik Raf Ömrü. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2006.
- [10] Cemeröglü B. *Gıda Analizleri*. 34. Baskı. Ankara, Türkiye, Gıda Teknolojisi Derneği. 2007.
- [11] Mallidis CG, Frantzeskakis P, Balatsouras G, Katsabotxakis C. "Thermal treatment of aseptically processed tomato paste". *International Journal of Food Science and Technology*, 25, 442-448, 1990.
- [12] Cemeröglü B. *Meyve Sebze İşleme Teknolojisi*. 2nd ed. Ankara, Türkiye, Nobel Akademik Yayıncılık, 2011.
- [13] Cemeröglü B. *Meyve ve Sebze İşlemede Temel Analiz Metotları*. Ankara, Türkiye, Biltav Yayınları. 1992.
- [14] Ghaw SK, Rowland I, Methven L. "Enhancing Consumer Liking of Low Salt Tomato Soup Over Repeated Exposure By Herb And Spice Seasonings". Department of Food and Nutritional Sciences, University of Reading, Whiteknights, Reading RG6 6AP, UK. 2014.
- [15] Apaydın H. Propolisin Hazır Çorbalardan İzole Edilen *Staphylococcus aureus* Üzerine İnhibisyon Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye, 2015.
- [16] Çoksaygılı N, Başoğlu F. "Bursa piyasasında satılan hazır toz çorbaların mikrobiyolojik ve bazı kimyasal özellikleri". *Journal of Agricultural Faculty of Uludağ University*, 25(1), 87-95, 2011.
- [17] Avato P, Tursig F, Vitali C, Miccolis V, Candido V. "Allylsulfide constituents of garlic volatile oil as antimicrobial agents". *Phytomedicine*, 7(3), 239-244, 2000.
- [18] Tserennadmid R, Takó M, Galgóczy L, Papp T, Pesti M, Vágvölgyi C, Almássy K, Krisch J. "Anti yeast activities of some essential oils in growth medium, fruit juices and milk". *International Journal of Food Microbiology*, 144(3), 480-486, 2011.
- [19] Rohani SMR, Moradi M, Mehdizadeh T, Saei-Dehkordi, SS, Griffiths MW. "The effect of nisin and garlic (*Allium sativum* L.) essential oil separately and in combination on the growth of *Listeria monocytogenes*". *LWT-Food Science and Technology* 44(10), 2260-2265, 2011.
- [20] Turgis M, Dang VK, Dupont C, Lacroix M. "Combined antimicrobial effect of essential oils and bacteriocins against foodborne pathogens and food spoilage bacteria". *Food Research International*, 48(2), 696-702. 2012.
- [21] Molva Ç. Resistance Properties and Control of *Alicyclobacillus acidoterrestris*. Master Thesis. Graduate School of Engineering and Sciences of İzmir Institute of Technology, İzmir, Turkey, 2014.
- [22] Palop A, Raso J, Pagan R, Condon S, Sala FJ. "Influence of pH on heat resistance of spores of *Bacillus coagulans* in buffer and homogenized foods". *International Journal of Food Microbiology*, 46(3), 243-249. 1999.
- [23] Islam MS, Inoue A, Igura N, Shimoda M, Hayakawa L, "Inactivation of *Bacillus* spores by the combination of moderate heat and low hydrostatic pressure in ketchup and potage". *International Journal of Food Microbiology*, 107(2), 124-130, 2006.
- [24] Vercammen A, Vivijs B, Lurquin I, Michiels CW. "Germination and Inactivation of *Bacillus coagulans* and *Alicyclobacillus acidoterrestris* spores by high hydrostatic pressure treatment in buffer and tomato sauce". *International Journal of Food Microbiology*, 152(3), 162-167, 2012.
- [25] Haberbeck U, da Silva Riehl CA, Salomão BCM, de Aragão, GMF. "*Bacillus coagulans* spore inactivation through the application of oregano essential oil and heat". *LWT-Food Science and Technology*, 46(1), 267-273, 2012.
- [26] Somavat R, Mohamed HM, Sastry SK. "Inactivation kinetics of *Bacillus coagulans* spores under ohmic and conventional heating". *LWT-Food Science and Technology*, 54(1), 194-198, 2013.
- [27] Daryaei H, Balasubramaniam VM. "Kinetics of *Bacillus coagulans* spore inactivation in tomato juice by combined pressure/heat treatment". *Food Control*, 30(1), 168-175, 2013.
- [28] Yıldız H, Baysal T. "Color and lycopene content of tomato puree affected by electroplasmolysis". *International Journal of Food Properties*, 2007. <https://doi.org/10.1080/10942910600909063>.
- [29] Official Methods of Analysis of AOAC International, Arlington, Virginia, 16. 1995.
- [30] Official Methods of Analysis of AOAC International Arlington, Virginia, 15, 1990.
- [31] Ergün RA. Sterilize Edilebilen Polipropilen Kaplarda Oleoresin İçeren Sos Üretimi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye, 2017.
- [32] Ait-Ouazzou A, Cherrat I, Espina I, Lorán S, Rota C, Pagán R. "The antimicrobial activity of hydrophobic essential oil constituents acting alone or in combined processes of food preservation". *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12(3), 320-329, 2011.
- [33] Omidbeygi M, Barzegar M, Hamidi Z, Naghdibadi H, "Antifungal activity of thyme, summer savory and clove essential oils against *Aspergillus flavus* in liquid medium and tomato paste". *Food Control*, 18(12), 1518-1523, 2007.

- [34] Pirone G, Mannino S, Vicini E. "Heat resistance of *Bacillus coagulans* spores in strained tomatoes". *Industria Conserve*, 64, 18-20, 1989.
- [35] Zanoni B, Pagliarini E, Giovanelli G, Lavelli V. "Modelling the effects of thermal sterilization on the quality of tomato puree". *Journal of Food Engineering*, 56(2-3), 203-206, 2003.
- [36] Rodrigo M, Martinez A, Sanchis J, Trama J, Giner, V. "Determination of hot-fill-hold-cool process specifications for crushed tomatoes". *Journal of Food Science*, 1990. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb01590.x>
- [37] Minayo MPG, León A, Reguera JI. "Evaluation and quantification of heat treatments applied to food preserves". *Food Analytical Methods*, 5, 774-780, 2012.
- [38] Stumbo CR. *Thermobacteriology in Food Processing*, 2nd ed. New York, USA, Academic Press, 1973.
- [39] Brennan JG, Butters JR, Cowell ND, Lilly AEV. *Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos*. 3th ed. Acríbia, Zaragoza, Spain, LiHey Tercera Edición Editorial, 1998.
- [40] Stewart CM, Dunne CP, Sikes A, Hoover DG. "Sensitivity of Spores of *Bacillus subtilis* and *Clostridium sporogenes* to Combinations of High Hydrostatic Pressure and Other Processing Parameters". *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 1(1), 49-56, 2000.
- [41] Johnson C, Balasubramaniam B. "Inactivation of *Bacillus coagulans* spores by pressure-assisted thermal processing". *The Journal of Undergraduate Research at Ohio State*, 1(1), 35-38, 2010.
- [42] Pirone G, Mannino S, Vicini E. "Heat resistance of *Bacillus coagulans* spores in strained tomatoes". *Industria Conserve*, 64, 18-20, 1989.
- [43] Okazaki T, Suzuki K. *Pressure-Assisted Thermal Processing*. Editors: Sun DW. Thermal food processing: New technologies and quality. 527-566. Boca Raton, FL, USA, CRC Press, 2006.
- [44] Poojary MM, Passamonti P. "Optimization of extraction of high purity all-trans-lycopene from tomato pulp waste". *Food Chemistry*, 188(1), 98-91, 2015.
- [45] Ordonez-Santos LE, Vázquez-Odériz L, Arbones-Maciñeira E, Romero-Rodríguez MA. "The influence of storage time on micronutrients in bottled tomato pulp". *Food Chemistry*, 112(1)146-149, 2009.
- [46] Takeoka GR, Dao L, Flessa S, Gillespie DM, Jewell WT, Huebner B, Bertow D, Ebeler SE. "Comparison of physicochemical, microscopic and sensory characteristics of ecologically and conventionally grown crops of two cultivars of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.)". *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 49(8), 3713-7725, 2001.
- [47] Baysal T, Demirdöven A, Ersus S. "Dondurulmuş domateslerin depolanması sırasında oluşan renk kayıplarının belirlenmesi ve önleme yöntemleri". *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, Bolu, Türkiye, 24-26 Mayıs 2006.
- [48] Wawrzyniak A, Marciniak A, Rajewska J. "Lycopene content of selected foods available on the polish market and estimation of its intake". *Poland Journal Food and Nutritive Science*, 55(2), 195-200, 2005.
- [49] Motilva MJ, Macià A, Romero MP, Labrador A, Domínguez A, Peiró L. "Optimization and validation of analytical methods for the simultaneous extraction of antioxidants: Application to the analysis of tomato sauces". *Food Chemistry*, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.096>
- [50] Aylin OC, Akyıldız A, Ağçam E, Keleş D, Ata A. "Farklı domates çeşitlerinin bazı kalite özellikleri". *Academic Food Journal*, 10(3), 26-31, 2012.
- [51] Abete I, Perez-Cornago A, Navas-Carretero S, Bondia-Pons I, Zulet MA. and Martinez JA. "A regular lycopene enriched tomato sauce consumption influences antioxidant status of healthy young-subjects: a crossover study". *Journal of functional foods*, 5(1), 28-35, 2013.
- [52] Bayod E, Willers EP, Torngerg E. "Rheological and structural characterization of tomato paste and its influence on the quality of ketchup". *LWT-Food Science and Technology*, 41(7), 1289-1300, 2008.
- [53] Akilioğlu HG, Bahçeci KS, Gökmen V. "Investigation and kinetic evaluation of furan formation in tomato paste and pulp during heating". *Food Research International*. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.10.005>
- [54] Ergün RA, Baysal T. "Effects of thyme, basil and garlic oleoresins on the thermal resistance of *Bacillus coagulans* in tomato sauce". *Journal of Food Processing and Preservation*, 2019. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14118>.
- [55] Talens P, Mora L, Bramley, PF, Paul DF. "Antioxidant compounds and their bioaccessibility in tomato fruit and puree obtained from a DETIOLATED-1 (DET-1) down-regulated genetically modified genotype". *Food Chemistry*, 213(15), 735-741, 2016.
- [56] Nakajo M, Moriyama Y. "Effect of pH and water activity on heat resistance of spores of *Bacillus coagulans*". *Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 40(4), 268-271, 1993.
- [57] Nasir MU, Hussain S, Jabbar S. "Tomato processing, lycopene and health benefits: A review". *Science Letters*, 3(1), 1-5, 2015.
- [58] Donnell CPO, Cullen PJ, Kumar TB, Adekunle AO. "Effect of sonication on colour, ascorbic acid and yeast inactivation in tomato juice". *Food Chemistry*, 122(3), 500-507, 2010.