



Hava Sirkülasyonlu Fırın, Mikrodalga ve Halojen Lamba ile Kavurmanın Susamda *Salmonella* İnaktivasyonu ve Bazı Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi

Durmuş SERT¹ , Emin MERCAN² 

¹Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Konya, ²Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Bayburt

¹<https://orcid.org/0000-0002-4073-0468>, ²<https://orcid.org/0000-0002-6805-4262>

✉: eminmercan20@hotmail.com

ÖZET

Bu çalışmada, hava sirkülasyonlu fırın, halojen lamba ve mikrodalga kavurma işleminin susam tohumlarında üç *Salmonella* serotipi karışımının (*S. Typhimurium*, *S. Newport* ve *S. Montevideo*) inaktivasyon etkinliği değerlendirilmiştir. Ayrıca kavurma proseslerinde ağırlık kaybı, tekstürel özellikler (sertlik), su aktivitesi ve susam tohumlarının renk değerleri incelenmiştir. Mikrodalga ve halojen kavurma 5.9 log kob/g ile inoküle edilen susam tohumlarında, sırasıyla 4 ve 9 dk sonra *Salmonella*'yı tamamen inaktive etmiştir. Bununla birlikte 15 dk boyunca hava sirkülasyonlu fırında kavurma işlemi *Salmonella* sayısında 2.0 log düşüş sağlamıştır. Halojen ve mikrodalga, hava sirkülasyonlu fırına kıyasla susam tohumlarının sertliğini ve a_w değerlerini azaltmıştır. Halojen ve mikrodalga kavurma işlemlerinde susam tohumunun ağırlık kaybı, hava sirkülasyonlu fırına göre daha hızlı olmuştur. Susam tohumlarının renk özellikleri kavurma yöntemlerinden önemli ölçüde etkilenmiştir. Sonuçlar halojen ve mikrodalga kavurma işleminin, susam tohumlarında *Salmonella* ile ilişkili riski önemli ölçüde azaltabileceğini göstermiştir. Ayrıca halojen ve mikrodalga uygulamaları, hava sirkülasyonlu fırına kıyasla kavurma süresini önemli ölçüde azaltmıştır.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 14.03.2019

Kabul Tarihi : 30.05.2019

Anahtar Kelimeler

Salmonella

Susam

Kavurma

Halojen lamba

Mikrodalga

Effects of Forced-Air Oven, Microwave and Halogen Lamp Roasting on *Salmonella* Inactivation and Some Physicochemical Characteristics in Sesame Seed

ABSTRACT

This research evaluated the efficacy of forced-air oven, halogen lamp and microwave roasting to inactivate 3 serotypes of *Salmonella* (*S. Typhimurium*, *S. Newport* and *S. Montevideo*) in sesame seeds. Also, weight loss, textural properties (hardness), water activity and color values of sesame seeds were investigated during the roasting processes. Microwave and halogen roasting inactivated completely *Salmonella* in sesame seeds which inoculated with 5.9 log cfu/g after 4 and 9 min, respectively. However, forced-air oven roasting for 15 min achieved 2.0 log decrease in *Salmonella*. Halogen and microwave rapidly reduced hardness and a_w values of sesame seeds compared to forced-air oven. Weight loss of sesame seed in halogen and microwave roasting processes was faster than that of forced-air oven. Color properties of sesame seeds were significantly affected by roasting methods. The results showed that halogen and microwave roasting can significantly minimize the risk associated with *Salmonella* in sesame seeds. Also, applications of halogen and microwave significantly decreased the roasting time as compared to forced-air oven.

Research Article

Article History

Received : 14.03.2019

Accepted : 30.05.2019

Keywords

Salmonella

Sesame

Roasting

Halogen lamp

Microwave

GİRİŞ

Salmonella en önemli gıda kaynaklı patojenlerden biridir ve gıda kaynaklı bakteriyel bir hastalık olan salmonellozise neden olmaktadır. Gıda kaynaklı salmonellozis salgınları çoğunlukla kontamine hayvansal gıdaların (yumurta, et, çiğ süt vb.) veya çiğ meyve ve sebzelerin (filizler, salatalar vb.) tüketimi ile ilgilidir. Bununla birlikte *Salmonella* yaygın olmayan salmonellozis salgını kaynağı olarak, susam tohumu bazlı ürünler (tahin) dahil olmak üzere, yüksek yağ-düşük nem içeriğine sahip koloidal gıdalardan izole edilmektedir (Anonim, 2004; Shachar ve Yaron, 2006). Gıdalardaki düşük su aktivitesi düzeyi ve yüksek yağ içeriği *Salmonella* inaktivasyonunu önleyebilmektedir (Podolak ve ark., 2010).

Susam ürünlerinin patojen ile kontaminasyonu, ek ısıl işlem görmeden tüketilmeleri nedeniyle özellikle önem taşımaktadır (Lake ve ark., 2010). Geçmiş yıllarda susam bazlı ürünler ile ilgili bazı *Salmonella* salgınları bildirilmiştir. 2001'de İsveç ve Avustralya'da dirençli *Salmonella* Typhimurium DT 104 ile kontaminasyon nedeniyle bir susam ürünü ("helva", susam ezmesi ve şekerden yapılan bir tatlı) toplatılmıştır (Brockmann, 2001). Daha önce yapılan bir çalışmada çeşitli susam tohumu ürünlerinin 117 örneği mikrobiyolojik olarak incelenmiş ve bu örneklerin 11 tanesinin *Salmonella* ile kontamine olduğu tespit edilmiştir (Brockmann ve ark., 2004). 2002 ve 2003 yılları arasında Yeni Zelanda ve Avustralya'da susam bazlı ürünlerin tüketilmesine bağlı olarak *S. Montevideo* enfeksiyonları bildirilmiştir (Unicomb ve ark., 2005). 2011 yılında ABD'de, tahin ile ilişkili çok eyaletli bir *Salmonella* Bovismorbificans salgını bildirilmiştir (Anonim, 2012). Benzer şekilde, susam bazlı ürünlere (tahin ve humus) bağlı *S. Montevideo* ve *S. Mbandaka* enfeksiyonları, biri hastaneye yatış ve biri ölüm olmak üzere 16 vakaya yol açmıştır (Anonim, 2013a). Ayrıca 2013 yılında tahin *Salmonella* kontaminasyonu nedeniyle Kanada pazarından geri çağırılmıştır (Anonim, 2013b). 2014 yılında, Yeni Zelanda'da bir salgının tahinden yapılan humus tüketimi ile ilgili olduğu ve *Salmonella*'nın çoklu serotipleri ile kontamine olduğu tespit edilmiştir (Paine ve ark., 2014).

Susamın *Salmonella* ile kontaminasyonu, büyüme, hasat, depolama veya işleme sırasında ortaya çıkabilmektedir (Podolak ve ark., 2010). Susam tohumlarının mikrobiyal kontaminasyonu, hasat öncesi kaynaklardan (toprak, toz, hayvan gübresi, sulama ve hayvanlar) veya hasat sonrası kaynaklardan (ekipman, toplama, kullanma, böcekler, yıkama suyu, taşıma ve işleme aletleri) kaynaklanabilmektedir (Olaimat ve Holley, 2012). İngiltere'de susam ürünlerinde *Salmonella* prevalansı % 1.7 olarak bulunmuştur (Willis ve ark., 2009). Suudi Arabistan'da 80 susam bazlı ürünün 7'sinden (% 8,8) *Salmonella* izole edildiği bildirilmiştir (Khiyami ve

ark., 2011). ABD'de yapılan bir başka çalışmada, 177 susam numunesinin 20'sinde (% 11) *Salmonella* tespit edilmiştir (Van Doren ve ark., 2013).

Kavrurma, susam bazlı ürünlerin işlenmesinde temel işlem, lezzeti artırma, istenen renk ve tekstür değişimlerini geliştirmek ve sonuç olarak genel kabulü artırmak için uygulanmaktadır (Kahyaoglu ve Kaya, 2006a). Kavrulmuş susam, tahin ve susam yağı gibi birçok formda kullanılmaktadır. Susam bazlı ürünler genellikle ek ısıl işlem uygulanmadan tüketilmektedir. Bu yüzden kavrurma işlemi susamda *Salmonella* inaktivasyonunda kilit adımı oluşturmaktadır (Torlak ve ark., 2013).

Tahin üretiminde susam kavrulması için literatürde çeşitli sıcaklık-zaman kombinasyonları bulunmaktadır. Özcan ve Akgül (1994) susamın 110-150 °C'de 2.5-3.0 saat kavrulması gerektiğini bildirmiştir. Tahin üretimi için istenen renk ve dokuyu elde etmek için ise optimum kavrurma şartlarının 155-170 °C'de 40-60 dk olduğu bildirilmektedir (Kahyaoglu ve Kaya, 2006). Kontamine olmuş susamlarda *Salmonella*'yı inaktive etmek için yukarıda verilen kavrurma şartlarının yeterli olduğu önceki bir çalışmada rapor edilmiştir (Torlak ve ark., 2013). Bununla birlikte koyu renkli tahinlere karşı olumsuz tüketici algısı nedeniyle üreticilerin, *Salmonella* inaktivasyonu için için yetersiz olabilen farklı kavrurma koşullarını tercih etmelerine yol açabileceği belirtilmektedir (Kahyaoglu ve Kaya, 2006a). Bu durumda, *Salmonella* susamda canlı kalabilmekte ve salgınlara neden olabilmektedir. Bu kısıtlamalara bağlı olarak, susamda kalite bozulmadan *Salmonella*'yı inaktive etmek için daha kısa zaman periyotlarını içeren alternatif kavrurma yöntemleri geliştirme zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, mikrodalga, halojen lamba ve hava sirkülasyonlu fırında kavrurma işleminin, kavrurma periyotlarında *Salmonella* (*S. Typhimurium*, *S. Newport* ve *S. Montevideo*) inaktivasyonu üzerine etkisi araştırılmıştır. Ayrıca susamların renk, su aktivitesi ve ağırlık kaybı da belirlenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Salmonella Serotipleri

Susamların inoküle edilmesinde üç farklı *Salmonella enterica* serotipi kullanılmıştır. Dondurularak kurutulmuş *S. Typhimurium* (ATCC 14028) ve *S. Newport* (ATCC 6962) kültürleri Microbiologics Inc. (Saint Cloud, ABD) tarafından sağlanmıştır. *S. Montevideo* (ATCC 5747) ise Ulusal Halk Sağlığı Referans Laboratuvarından (Ankara, Türkiye) temin edilmiştir. Bu üç serotip yağlı tohumların ve susam bazlı ürünlerin tüketimi ile ilişkili daha önce bildirilen salmonellozis salgınlarından sorumlu oldukları için seçilmiştir.

İnokulum Hazırlanması

Her *Salmonella* serotipi Tryptic Soy Broth'ta (Lab M, Bury, UK) geliştirilmiştir. Kültürler gece boyunca 37 °C'de inkübe edilmiştir. Daha sonra 3 serotipin bir karışımını elde etmek için, her serotip kültürünün eşit bir hacmi aynı test tüpünde karıştırılmıştır. Hücre çökeltisi 3600 x g'de 5 °C'de 10 dk santrifüjlenerek (Hettich, Tuttlingen, Germany) toplanmış ve Phosphate-Buffered Saline (PBS) ile üç kez yıkanmıştır. Daha sonra, nihai hücre çökeltisi PBS'de süspansiyon haline getirilmiş ve süspansiyonun hücre yoğunluğu 0.5 McFarland türbidite standardına ayarlanmıştır (Torlak ve ark., 2013).

Susamların İnokülasyonu

Kabuğu soyulmuş ıslak susamların tespit yöntemi (Anonim, 2002) ile *Salmonella* negatif olduğu belirlenmiştir. Susamların inokülasyonunda örgü bir torba kullanılmıştır (Buchholz ve Matthews, 2010). 375 g x 3 ıslak kabuksuz susam örgü torbaya doldurulmuş ve dolu torba *Salmonella* serotiplerinin olduğu süspansiyona batırılmıştır. Süspansiyon, yaklaşık 10⁷ kob/ml'lik nihai hücre yoğunluğu elde etmek için inokulumun Maximum Recovery Diluent (Lab M, Bury, UK) içinde seyreltilmesiyle hazırlanmıştır. Susam örneği torbası, çekme ipi kullanılarak torbanın hareket ettirilmesiyle 10 dk karıştırılmış ve hücre süspansiyonundan çıkarılmıştır. Daha sonra susam torbası biyogüvenlik kabini (Faster, Ferrara, İtalya) içinde paslanmaz çelik bir elek üzerinde 30 dk boyunca süzölmeye bırakılmıştır. İnokülasyon işleminden sonra susam örneklerinin başlangıçtaki inokülasyona seviyeleri belirlenmiştir. (Torlak ve ark., 2013).

Susamların Kavrulması

Susam örnekleri, hava sirkülasyonlu lamba, halojen lamba ve mikrodalga fırından oluşan üç farklı kavurma yöntemiyle kavrulmuştur. İlk olarak inoküle edilmiş susamlar üç gruba ayrılmıştır. Bütün susam grupları kavurma metotları arasında üniform kavurma elde edebilmek için alüminyum kurutma kaplarına (90 mm x 8 mm) yerleştirilmiştir. Her kaba yaklaşık 25 g susam örneği koyulmuştur.

Geleneksel kavurma verimliliğini belirlemek için, hava sirkülasyonlu fırında kavurma yöntemi ve sanayide geleneksel olarak uygulanan 140 °C kavurma sıcaklığı seçilmiştir. Kavurma için 410 x 390 x 440 mm boyutlarında bir laboratuvar ölçekli hava sirkülasyonlu fırın (FN 055, Nüve, Ankara, Türkiye) kullanılmıştır. Kap içindeki susamlar, önceden 140 °C'ye ısıtılmış fırının merkezine yerleştirilmiştir. Hava sirkülasyonlu fırında kavurma işlemi, 1-14 dk boyunca 1 dk aralıklarla ve diğer zaman noktası olarak 60 dk boyunca gerçekleştirilmiştir. Kavurma sırasında iç sıcaklık fırına K tipi termokupla bağlı dijital termometre (Fluke, Everett, WA, ABD) ile izlenmiştir.

Halojen lamba kavurma işleminde, halojen ısıtma kaynağı olarak nem analiz cihazı (MB45 Moisture Analyzer, OHAUS, New Jersey, ABD) kullanılmıştır. Kaptaki susamlar cihaza yerleştirilerek nem analiz cihazında 1 dk'lık aralıklarla 140 °C'de 1-15 dk boyunca kavrulmuştur.

Mikrodalga kavurma, 700 W ev tipi mikrodalga fırın (MD574, Arçelik, Türkiye) kullanılarak 2450 MHz çalışma frekansı altında 1-15 dk boyunca 1 dk'lık aralıklarla gerçekleştirilmiştir. Kaptaki susamlar fırının döner tablasına (Çap 24.5 cm) yerleştirilerek kavurma uygulanmıştır.

Giriş sıcaklığını korumak amacıyla her zaman noktası için 15 bağımsız numune kabı kullanılmıştır. Her kavurma süresinin sonunda, susamlar doğal olarak oda sıcaklığına soğutulmuş ve ardından *Salmonella* ve fizikokimyasal analiz için örnek alınmıştır. Tüm deneyler üç kez yapılmıştır.

Salmonella Analizi

Salmonella sayımında plak sayma tekniği ile Xylose Lysine Deoxycholate (XLD) Agar (Lab M) kullanıldı. Başlangıç dilüsyonlarını hazırlamak için, 5 g susam örneği içeren steril stomacher torbalarına 45 ml Tamponlanmış Peptonlu Su (BPW, Lab M) eklenmiştir. Süspansiyonların homojenizasyonu için 2 dk süreyle stomacher (IUL, Barcelona, İspanya) kullanılmıştır. İleri dilüsyonlar Peptone Salt Diluent (Merck) ile hazırlanmıştır. Daha sonra numunelerin ilk ve seri dilüsyonlarından 1 ml alınarak içinde XLD agar bulunan 3 petriye yayma yöntemiyle ekim yapılmıştır. 24 saat 37 °C'de inkübasyondan sonra, petriyer üzerinde siyah bir merkezi olan karakteristik koloniler sayılmış ve *Salmonella* sayıları log kob/g olarak verilmiştir.

Su Aktivitesi

Susamın su aktivitesi (a_w), Novasina LabTouch-aw cihazı (Novasina AG, Lachen, İsviçre) kullanılarak tespit edilmiştir. Kalibrasyon için Salt-T bağıl nem standartları (Novasina AG) kullanılmıştır.

Tekstür Analizi

Susam örneklerinin tekstür analizi, Texture Analyzer TA-XT plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, İngiltere) kullanılarak yapılmıştır. Analizde, susamlar plaka üzerine ayrı ayrı yerleştirilmiş ve silindir prob (çap: 5.0 mm) kullanılarak çift sıkıştırma yapılmıştır. Analiz öncesi ve analiz sonrası için 0.1 mm/s hız kullanılmıştır. Numuneler için ise 0.3 mm/s hız uygulanmıştır. Her örnek için on ölçüm yapılmıştır. Sertlik (N), ilk sıkıştırmanın maksimum pik noktası, kuvvet zaman eğrilerinden elde edilmiştir (Kahyaoglu ve Kaya, 2006b).

Ağırlık Kaybı

Her bir kavurma koşulundan sonra susam tohumlarının yüzde ağırlık kaybını (% AK) elde etmek için aşağıdaki denklem kullanılmıştır.

$$\%AK = \frac{(M_0 - M_s)}{M_0} \times 100 \quad (1)$$

burada: M_0 ve M_s sırasıyla kavurmadan önceki ve sonraki ağırlıkları ifade etmektedir.

Renk

Susam tohumlarının rengi kavurma öncesi ve önceden belirlenmiş zaman aralıklarında kavurma esnasında Minolta Chroma Meter CR-400 renk cihazı (Minolta, Osaka, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Renk değerleri, herhangi bir zamanda sırasıyla L (beyazlık veya parlaklık / karanlık), a (kırmızılık / yeşillik) ve b (sarıklık / mavilik) olarak ifade edilmiştir. Ek olarak, toplam renk farkı (ΔE) (Eşitlik 2), kroma (C) (Eşitlik 3), Ton açısı (h°) (Eşitlik 4) ve esmerleşme indeksi (EI) (Eşitlik 5) Hunter L-, a-, b-değerlerinden hesaplanmış ve kurutma sırasındaki renk değişimini tanımlamak için kullanılmıştır (Maskan, 2001);

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2} \quad (2)$$

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (3)$$

$$h^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) \quad (4)$$

Burada alt simge "0" ham susamın rengine karşılık gelmektedir. Referans materyali için ham susam kullanılmıştır. Büyük ΔE değeri referanstan daha büyük renk değişimini göstermektedir.

$$EI = \frac{[100(x - 0.31)]}{0.17}, \quad (5)$$

$$\text{burada } x = \frac{(a + 1.75L)}{(5.645L + a - 3.012b)}$$

İstatistiksel Analiz

Bu çalışma üç tekerrür olacak şekilde yapılmıştır. Sonuçlar arasındaki anlamlı farkları değerlendirmek için Minitab 18 (Minitab LLC., State College, PA, USA) paket programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Elde edilen veriler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir.

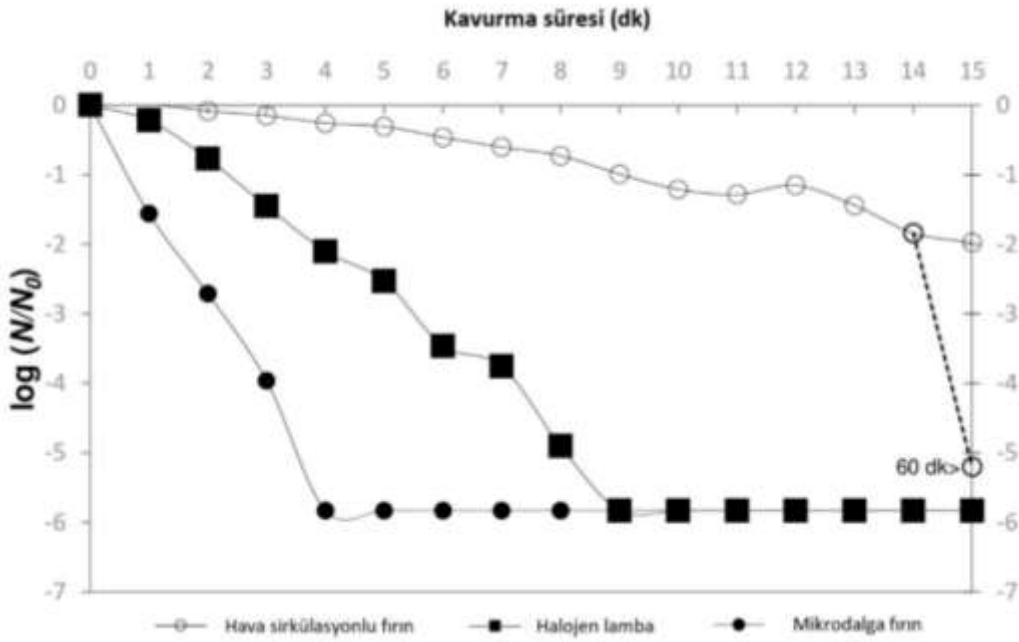
BULGULAR ve TARTIŞMA

Kavurma İşlemlerinin Susamda *Salmonella* İnaktivasyonuna Etkisi

Geçmiş yıllarda susam bazlı gıdaların neden olduğu çok sayıda salmonellosis salgını bildirilmiştir. Üç farklı teknikte gerçekleştirilen kavurma işleminin susam örneklerinde *Salmonella* inaktivasyon grafikleri Şekil 1'de verilmiştir. 5.9 log kob/g düzeyinde olan susamın başlangıç *Salmonella* düzeyi sadece 3 dk'lık halojen ve mikrodalga kavurma işleminden sonra sırasıyla 1.5 ve 4.0 log azalmıştır. Bununla birlikte hava sirkülasyonlu fırında 15 dk'lık bir kavurma işleminden sonra *Salmonella* sayısında sadece 2.0 log azalma belirlenmiştir. Mikrodalga ve halojen kavurmanın 5.9 log kob/g düzeyinde inoküle edilmiş susamlarda sırasıyla 4 ve 9 dk sonra susamda *Salmonella*'yı tamamen inaktive ettiği saptanmıştır. Ancak hava sirkülasyonlu fırında 60 dk'lık kavurma işleminden sonra bile susamlarda *Salmonella* tespit edilmiştir.

İnaktivasyon grafikleri, halojen ve mikrodalga fırında kavurma işleminin hava sirkülasyonlu fırında kavurma işlemine kıyasla *Salmonella*'yı önemli düzeyde inaktive ettiğini göstermektedir. *Salmonella*'nın susamlarda mikrodalga kavurma ile azalma eğilimi, halojen ve hava sirkülasyonlu fırında kavurma işlemlerine göre daha hızlı olmuştur. *Salmonella*, hava sirkülasyonlu fırında kavurulmuş susamlarda canlı kalabilir ve bu durum *Salmonella* enfeksiyonu salgınlarına yol açabilir. Oysa susamda halojen ve mikrodalga kavurma yöntemi kullanımının susamdan yapılan yemeye hazır gıdalarda bu patojene bağlı riski önemli ölçüde azaltabileceği düşünülmektedir. Bu durum gıda güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Daha önce yapılan birkaç çalışma, çeşitli gıdalarda *Salmonella*'nın azaltılmasında mikrodalga ısıtmanın başarıyla kullanılabileceğini göstermektedir (Pucciarelli ve Benassi, 2005; Anaya ve ark., 2008; Lu ve ark., 2011). Bununla birlikte bugüne kadar, halojen lamba ısıtmasıyla gıdalarda *Salmonella*'nın etkisizleştirilmesi ile ilgili yayınlanmış bir rapor bulunmamaktadır. Ancak in vitro çalışmalar, halojen lambaların yaydığı ışığın hem termal hem de termal olmayan etkileri sayesinde güçlü bir bakterisidal olduğuna dair kanıt sağlamaktadır (Camoirano ve ark., 1999). Benzer şekilde çeşitli raporlar mikrodalga'nın termik etkisinin yanı sıra elektromanyetik enerji eşleşmesi nedeniyle elektroporasyon ve hücre erimesi gibi bakteri hücreleri üzerinde termal olmayan etkilerinin de bulunduğunu göstermiştir (Heddleson ve Doores, 1994). Bununla birlikte mikrodalga'nın termal etkisi dışında mikroorganizmalara ilave inaktivasyonu genel olarak küçük ve tutarsız olarak kabul edilmektedir (Shamis ve ark., 2008).



Şekil 1. Kavurma süresince susamlardaki *Salmonella* inaktivasyon grafiği

(---) Tespit sınırının altı (N: canlı hücre sayısı, kob/g; N₀: başlangıç inokülasyon düzeyi, kob/g)

Halojen ve mikrodalga kavurma işlemlerinin ilk birkaç dakikası boyunca canlı *Salmonella* sayısındaki hızlı düşüşün susam örneklerinin a_w değerlerinde meydana gelen hızlı düşüşe bağlı olduğu düşünülmektedir. Önceki çalışmalarda *Salmonella*'nın canlılığı ile un ve yer fıstığı yağı gibi farklı gıdalardaki ısıtma işlemleri sırasında a_w değerleri arasında benzer bir ilişki bildirilmiştir (Archer ve ark., 1998; Ma ve ark., 2009). Başlangıç kavurma periyodunda a_w değerlerindeki hızlı düşüş, numunelerde serbest suyun yüksek buharlaşma oranının ve dolayısıyla su moleküllerinin yüksek frekanslı titreşiminin olduğunu göstermiştir. Isıtma sırasında su moleküllerinin titreşimi, proteinlerin üç boyutlu konfigürasyonunu değiştirerek, çevreleyen proteinlerde disülfid ve hidrojen bağlarının kırılması gibi bakteri hücreleri üzerinde zararlı etkilere neden olmaktadır (Earnshaw ve ark., 1995; Laroche ve ark., 2005).

Kavurma İşlemlerinin Susamın Fizikokimyasal Özelliklerine Etkisi

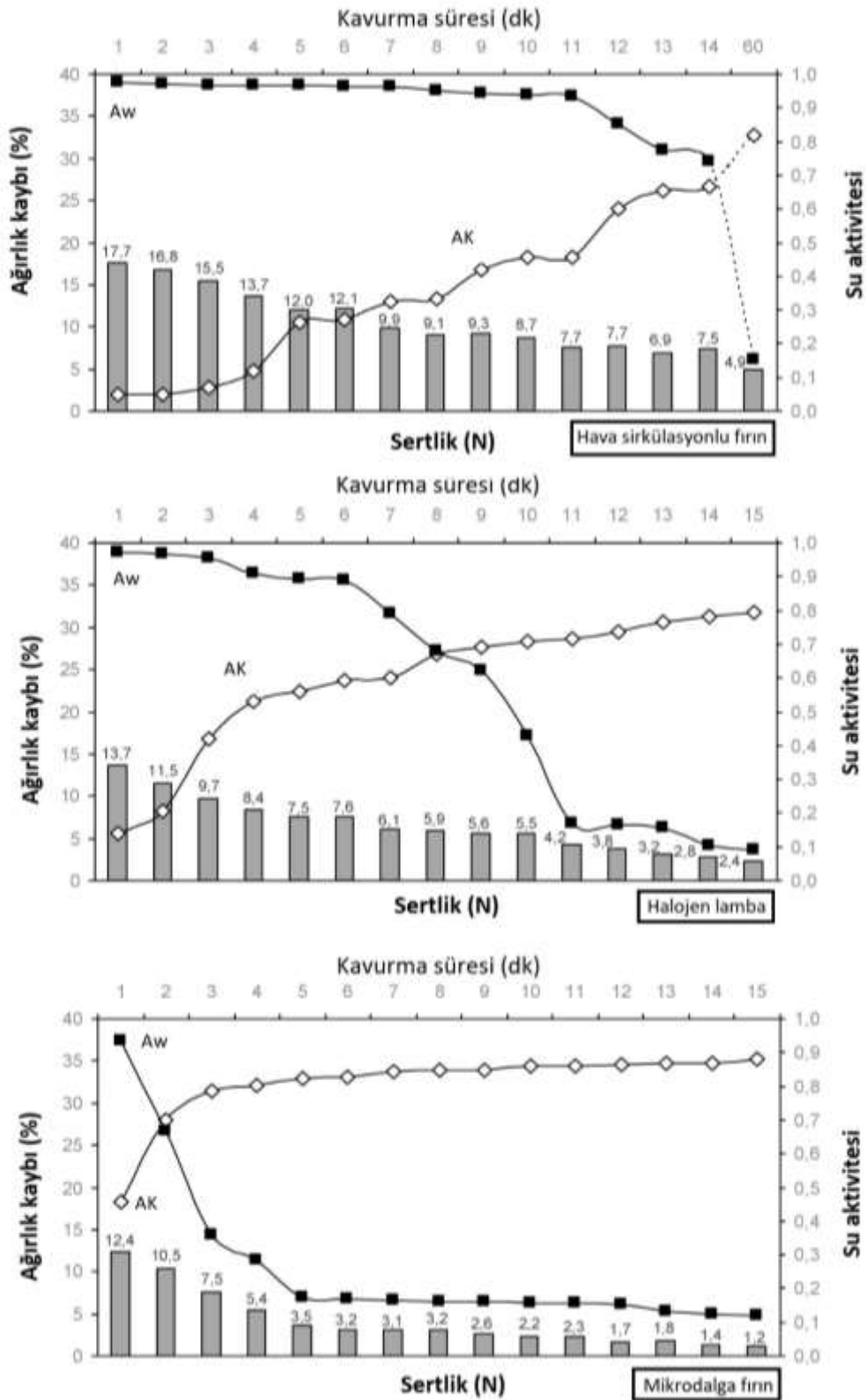
Farklı kavurma işlemleri ve kavurma sürelerinden elde edilen ağırlık kaybı, sertlik ve su aktivitesi sonuçları Şekil 2'de gösterilmiştir. Tekstür (sertlik), susam kavurma işlemi için çok önemli bir kontrol parametresidir. Tahin üretimi için enerji gereksinimini etkilediğinden susamın sertliği önemlidir. Aynı deformasyon seviyesinde, tohumun kırılması için gereken güç sertlikteki azalmayla düşmektedir.

Susamın sertlik değerleri, kavurma tekniklerinden bağımsız olarak işlem süresi arttıkça susamın direncinde aşamalı bir azalmaya işaret ettiği için

önemli bir azalma göstermiştir. Kavurma süresindeki artış ile sertlikte azalma önceki çalışmalarda da gösterilmiştir (Kahyaoglu ve Kaya, 2006b). Bununla birlikte sertlikteki azalma oranı, kavurma tekniklerine bağlı olarak önemli ölçüde değişmiştir. 15 dakika halojen ve mikrodalga kavurma işleminden sonra susamların sertlik değerleri sırasıyla 2.4 ve 1.2 N'ye düşmüştür. Oysa hava sirkülasyonlu fırında 60 dk kavurmadan sonra sertlik 4.9 N bulunmuştur. Halojen ve mikrodalga fırında kavurma işleminin uygulama süresi boyunca hava sirkülasyonlu fırında kavurmaya göre daha düşük sertlik değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

Bu sonuçlar mikrodalga fırın ve halojen lamba kavurma işleminin fındık için kırma için gereken kuvveti azalttığını bildiren önceki çalışmayla benzer niteliktedir (Uysal ve ark., 2009).

Kavrulmuş susamların standart sertlik değeri bulunmamaktadır. Bununla birlikte düşük sertlik değeri, enerji maliyetini düşürdüğü ve susam ezmesi üretim prosesi için kilit bir adım olan öğütmeyi kolaylaştırdığı için istenmektedir. Halojen ve mikrodalga, kavurma süresi boyunca hava sirkülasyonlu fırına kıyasla kısa sürede susam sertliğini önemli ölçüde azaltmıştır. Bu nedenle kavurma süresi ve enerji maliyeti azaltılabilir. Susam ezmesi (tahin) üretimi için belirli bir sertlik seviyesine ulaşmak çok önemlidir (Kahyaoglu ve Kaya, 2006b). Kavurma ile fındık tekstüründeki değişikliklerin gevrekliğe yol açtığı bildirilmiştir (Saklar ve ark., 1999).



Şekil 2. Kavurma süresince susamlardaki ağırlık kaybı, sertlik ve su aktivitesi grafiği

Kavurma işlemi sırasında susam nem kaybı dahil çeşitli değişikliklere uğramaktadır. Şekil 2 kavurma tekniğinin susamların ağırlık kaybını önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymaktadır. Hava sirkülasyonlu fırında kavurma işlemine kıyasla, halojen ve

mikrodalga kavurma işlemlerinde daha hızlı ağırlık kaybı meydana gelmiştir. Yaklaşık % 31 ağırlık kaybına ulaşma süresi, hava sirkülasyonlu fırın, halojen lamba ve mikrodalga için 60, 14 ve 3 dk olarak belirlenmiştir. Susamdan nemin uzaklaştırılma oranı

diğer kavurma yöntemlerine kıyasla mikrodalga kavurma işleminde en yüksek bulunmuştur. Mikrodalga kavurmanın hava sirkülasyonlu kavurma ile karşılaştırıldığında daha hızlı, daha üniform ve enerji açısından daha verimli olduğu belirlenmiştir. Bu durumda numuneden nemin uzaklaştırılması hızlı hale gelmektedir. Mikrodalga uygulandığında yüksek iç basınç ve konsantrasyon gradyanları geliştirilmektedir (Datta, 1990; Demirekler ve ark., 2004). Susamdaki yüksek iç basınç ve konsantrasyon artışı aynı numuneden yüksek oranda nem uzaklaştırılmasına neden olmaktadır. Mikrodalga kavurma işleminin fındık örneklerinin ağırlık kaybı üzerine de benzer bir etkisi diğer araştırmacılar tarafından gözlenmiştir (Uysal ve ark., 2009).

İnokülasyon aşamasından sonra susamın a_w değeri 0.975 olarak belirlenmiştir. Farklı kavurma teknikleri, susamların a_w düşme oranını önemli ölçüde etkilemiştir. Susamların a_w değerindeki değişimler 5 dk'lık mikrodalga kavurma işlemine kadar bir düşüş göstermiştir. Yaklaşık 0.15 a_w 'ye ulaşma süresi, hava sirkülasyonlu fırın için 60 dk, halojen lamba için yaklaşık 13 dk ve mikrodalga fırın için yaklaşık 9 dk olarak belirlenmiştir. Kavurma işlemi sırasında, a_w düşme oranı diğer kavurma yöntemlerine kıyasla mikrodalga kavurma işleminde daha hızlı olmuştur.

Renk, tüketicinin kabul edilebilirliğini etkilemesi nedeniyle gıda maddelerinin en önemli görünüş özelliklerinden biridir (Maskan, 2001). Tüketici kabul edilebilirliğinin yanı sıra renk aynı zamanda bir proses kontrol parametresidir. Özellikle kavurma işlemleri, renk oluşum derecesi ile kontrol edilmektedir. Çünkü kahverengi pigmentler, esmerleşme ve karamelizasyon reaksiyonları ilerledikçe artmaktadır (Saklar ve ark., 2001).

Üç farklı kavurma işleminden elde edilen renk parametrelerinin sonuçları, hava sirkülasyonlu fırın, halojen lamba ve mikrodalga kavurma için Çizelge 1-3'te verilmiştir. L değeri ürünün beyazlığını göstermektedir. Mikrodalga kavurma sürecinin ilk periyodunda L değerinde kademeli artış belirlenmiştir. 5 dk sonra ise keskin bir azalma görülmüştür. Ancak, halojen lamba kavurma işlemi sırasında L değerini artırmıştır. Hava sirkülasyonlu fırında kavurmanın yol açtığı L-değerindeki değişim diğer kavurma yöntemlerine kıyasla daha düşük olmuştur. L değerindeki azalma, Maillard reaksiyonları yoluyla kahverengi pigmentlerin oluşumundan dolayı susamların daha koyu rengini göstermektedir.

a-değeri kavrulmuş ürünlerin kırmızılığını göstermektedir. Halojen lamba ve hava sirkülasyonlu fırında kavurmada a-değeri için bir indüksiyon süresi de gözlenmiştir. 14 dakikaya kadar a-değeri neredeyse sabit kalmış ardından halojen lamba ve hava sirkülasyonlu fırın için keskin bir şekilde artmıştır. Susamların a-değeri, diğer kavurma yöntemlerine kıyasla mikrodalga kavurma işleminde en yüksek bulunmuştur. a-değerindeki artış, enzimatik olmayan esmerleşme ve fosfolipitlerin bozulması yoluyla kahverengi pigmentlerin oluşumunu göstermektedir.

b-değeri sarılık derecesini göstermektedir. Halojen lamba ve hava sirkülasyonlu fırın kavurma için, kavrulmuş susam tohumlarının b-değerlerinde düzenli eğilim gözlenmemiştir. Mikrodalga kavurma işleminin ilk 8 dakikasında, b-değeri artmış ve ardından azalmıştır.

Esmerleşme indeksi (Eİ) kahverengi rengin saflığını temsil eder ve enzimatik veya enzimatik olmayan esmerleşmenin meydana geldiği işlemlerde önemli bir parametre olarak bildirilmektedir (Maskan, 2001).

Çizelge 1. Hava sirkülasyonlu fırında kavrulma süresince susamların renk parametreleri

Kavurma Süresi (dk)	L	a	b	Eİ	C*	h°	ΔE
1	74.73±0.42	0.95±0.05	18.81±0.32	29.28±0.52	74.74±1.03	78.66±3.62	2.63±0.28
2	73.18±0.34	1.40±0.20	18.41±0.20	29.75±0.35	73.19±0.64	52.27±2.86	3.72±0.43
3	73.90±0.26	1.07±0.06	18.83±0.15	29.81±0.62	73.91±0.52	69.06±2.03	3.27±0.32
4	73.78±0.54	1.30±0.10	19.35±0.23	31.04±0.32	73.79±0.45	56.75±1.56	3.73±0.35
5	71.31±1.02	1.70±0.12	19.70±0.30	33.37±0.26	71.33±0.42	41.94±0.92	5.99±0.34
6	68.52±0.72	2.56±0.08	19.57±0.14	35.68±0.30	68.57±0.35	26.75±1.26	8.62±0.40
7	70.70±0.23	1.77±0.23	19.72±0.38	33.83±0.15	70.72±0.32	39.94±2.03	6.54±0.28
8	69.01±0.15	1.83±0.12	19.89±0.20	35.21±0.28	69.03±0.28	37.70±1.45	8.14±0.18
9	67.97±0.26	1.99±0.06	20.40±0.15	37.05±1.25	68.00±0.23	34.15±0.93	9.30±0.20
10	68.77±0.30	1.62±0.05	20.08±0.10	35.48±0.86	68.79±0.15	42.44±0.78	8.40±0.16
11	69.40±0.42	1.48±0.09	20.46±0.12	35.70±0.72	69.42±0.12	46.88±0.56	7.97±0.32
12	67.72±0.25	1.74±0.04	19.93±0.08	35.97±0.62	67.74±0.25	38.91±0.96	9.33±0.23
13	74.39±0.70	1.46±0.14	21.35±0.23	34.50±0.52	74.40±0.34	50.95±1.54	5.02±0.35
14	71.18±0.38	1.95±0.07	21.17±0.09	36.53±0.45	71.21±0.45	36.49±2.28	6.95±0.29
60	73.44±0.23	6.52±0.05	30.37±0.52	58.64±0.39	73.73±0.54	11.23±3.64	15.08±0.46

$\bar{X} \pm$ standart sapma, n = 3

Çizelge 2. Halojen lamba ile kavrulma süresince susamların renk parametreleri

Kavurma Süresi (dk)	L	a	b	Eİ	C*	h°	ΔE
1	60.59±0.25	0.68±0.03	16.40±0.12	31.66±0.42	60.59±0.86	89.10±1.82	15.87±0.45
2	61.40±0.12	0.73±0.02	15.86±0.08	30.07±0.35	61.40±1.05	84.11±2.03	15.08±0.35
3	62.30±0.18	0.86±0.02	16.40±0.23	30.87±0.26	62.31±0.56	72.44±1.56	14.16±0.26
4	64.47±0.32	0.72±0.03	16.85±0.08	30.42±0.23	64.47±0.72	89.54±3.25	11.98±0.52
5	66.96±0.26	1.07±0.12	16.08±0.08	28.03±0.42	66.97±0.86	62.57±1.26	9.54±0.75
6	66.23±0.23	1.01±0.06	17.81±0.15	31.73±0.35	66.24±0.70	65.57±2.80	10.27±1.03
7	72.73±0.42	0.92±0.09	19.25±0.26	30.97±0.26	72.74±1.23	79.05±2.56	4.44±0.26
8	70.28±0.30	0.76±0.06	19.00±0.12	31.58±0.52	70.28±1.05	92.47±3.02	6.53±0.58
9	72.37±0.15	0.86±0.04	18.68±0.15	30.05±0.35	72.38±1.20	84.15±2.56	4.48±0.52
10	74.07±0.38	0.94±0.05	18.37±0.06	28.79±0.19	74.08±2.03	78.79±1.90	2.85±0.35
11	74.21±0.26	0.97±0.02	20.19±0.13	31.99±0.26	74.22±0.86	76.50±2.06	4.04±0.42
12	75.17±0.54	0.85±0.04	21.06±0.15	32.94±0.25	75.17±0.92	88.43±2.50	4.40±0.35
13	75.09±0.42	0.76±0.06	19.75±0.07	30.56±0.28	75.09±0.76	98.80±4.05	3.20±0.46
14	74.16±0.32	1.59±0.16	21.99±0.06	35.95±0.56	74.18±0.98	46.63±1.65	5.72±0.72
15	74.01±0.26	2.28±0.09	23.34±0.26	39.30±0.82	74.05±1.05	32.45±3.08	7.14±0.84

$\bar{X} \pm$ standart sapma, n = 3

Çizelge 3. Mikrodalga fırında kavrulma süresince susamların renk parametreleri

Kavurma Süresi (dk)	L	a	b	Eİ	C*	h°	ΔE
1	67.79±2.15	2.35±0.13	20.37±1.03	37.51±2.05	67.83±0.65	28.84±4.25	9.52±0.30
2	73.47±1.15	1.67±0.20	23.50±0.42	39.30±1.86	73.49±2.30	43.99±3.20	7.37±0.56
3	71.50±0.86	4.09±0.32	25.44±0.36	47.21±0.86	71.62±1.20	17.46±2.86	10.52±0.25
4	72.12±0.42	4.18±0.25	25.44±0.50	46.81±1.25	72.24±1.05	17.23±1.20	10.28±1.03
5	71.53±0.26	6.91±0.06	28.57±0.20	56.99±2.30	71.86±0.56	10.32±2.02	14.21±0.86
6	65.70±0.38	7.05±0.24	28.40±0.34	63.14±1.43	66.08±0.75	9.28±1.20	17.06±1.20
7	63.21±0.20	8.57±0.42	28.08±0.27	67.32±0.75	63.79±0.48	7.33±0.45	19.12±0.72
8	60.40±0.42	8.25±0.30	30.20±0.20	77.20±0.46	60.96±0.36	7.28±0.76	22.25±0.56
9	56.25±1.03	10.20±0.45	25.65±0.14	72.78±0.56	57.17±0.82	5.45±0.80	24.05±0.45
10	56.46±0.23	9.06±0.26	23.97±0.08	65.89±1.05	57.18±0.45	6.18±0.42	22.86±0.92
11	38.25±0.56	8.72±0.76	12.56±1.32	55.88±1.30	39.23±0.35	4.31±0.26	39.30±1.05
12	33.19±0.35	7.04±0.35	8.63±0.89	45.12±0.78	33.93±0.29	4.64±0.20	44.51±0.72
13	32.40±0.75	8.34±0.52	9.26±0.72	51.87±0.80	33.46±1.24	3.80±0.30	45.38±0.56
14	30.70±0.46	7.45±0.36	7.65±0.80	45.82±0.65	31.59±2.03	4.04±0.32	47.18±0.48
15	35.36±0.29	9.88±0.27	8.00±0.65	45.32±0.48	36.71±1.23	3.49±0.18	43.06±0.35

$\bar{X} \pm$ standart sapma, n = 3

Bu çalışmada, Eİ değeri hava sirkülasyonlu fırında kavurmada 29.28-58.64; halojen lamba kavurma sırasında 28.03-39.30 ve mikrodalga kavurma sırasında 37.51-77.20 arasında değişmiştir. Susamın Eİ değeri 14 dakikaya kadar olan halojen lamba kavurma sırasında sabit kalmış ve kavurma sonunda 35.95'e yükselmiştir. 8 dk sonra, mikrodalga kavurma en yüksek Eİ değerine (77.20) ulaşmıştır. Bu sonuçlar mikrodalga kavurma tekniğinin, kavurulmuş susamın renk kalitesini büyük ölçüde etkilediğini göstermiştir.

Kroma değeri (C*) rengin doygunluk derecesini gösterir ve rengin gücü ile orantılıdır. Mikrodalga kavurma işlemlerinden sonra susam tohumunun C* değeri önemli ölçüde azalırken, halojen lamba kavurma işleminde C* değeri artmıştır. Hava

sirkülasyonlu fırında kavurmadan sonra susamların C* değeri ilk değere yakın bulunmuştur.

Susamların h° değeri, hava sirkülasyonlu fırında kavurma sırasında 78.66-11.23; halojen lamba kavurma sırasında 92.47-32.45 ve mikrodalga kavurma sırasında 43.99-3.49 arasında değişmiştir. Kavurma işlemi tamamlandığında, susamların h° değeri mikrodalga kavurma işleminde diğer kavurma yöntemlerine kıyasla en düşük değerde bulunmuştur.

L, a ve b-değerleri parametrelerinin bir birleşimi olan toplam renk farkı (ΔE), genel olarak işleme sırasında gıdalardaki renk değişimini tanımlamak için kullanılan bir kolorimetrik parametredir (Maskan, 2001). Mikrodalga kavurma, kavurma yöntemleri arasında en yüksek renk değişimine neden olmuştur. Kavurma yöntemi ve süre, kavurma sırasında renk

değişimi için önemli parametrelerdir. Örneğin, $\Delta E=15$ değerine ulaşma süresi hava sirkülasyonlu fırın için 60 dk ve mikrodalga fırın için yaklaşık 5 dk olmuştur. Daha yüksek mikrodalga kavurma süresi ΔE 'nin büyüklüğünü artırmıştır. İlk kavurma döneminde halojen lamba kavurma, ΔE değerlerinde en hızlı başlangıç ısıtma hızından kaynaklanabilecek en hızlı artışa sebep olmuştur. Kavurma işlemi tamamlandıktan sonra, halojen lamba kavurma işlemi diğer yöntemlere kıyasla en düşük ΔE değerine sahip olmuştur.

Koyu renk oluşumu tahin üretiminde sık görülen bir sorundur. Susam fazla kavrulursa, tüketiciler susam ezmesini kabul etmeyebilmektedir. Bu nedenle kavurma sırasında renk oluşumu uygun şekilde kontrol edilmelidir. Kavrulmuş susam renginin literatürde standart bir değeri yoktur. İstenen ürün tipine göre (az kavrulmuş veya çok kavrulmuş), optimum çalışma koşulları susamın renk değerleri kullanılarak belirlenebilir.

SONUÇ

Susam ve susam bazlı ürünlerin tüketimiyle ilişkili olarak birçok salmonellozis vakası bildirilmektedir. Susamda *Salmonella* inaktivasyonunda kavurma işlemi çok önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada hava sirkülasyonlu fırın, halojen lamba ve mikrodalga kavurmanın susamda *Salmonella* inaktivasyonu ve susamın bazı fizikokimyasal özelliklerine etkileri incelenmiştir. Mikrodalga ve halojen kavurma, hava sirkülasyonlu fırına göre kısa sürede *Salmonella*'yı tamamen inaktive etmiştir. Çalışmanın sonucunda, halojen lamba ve mikrodalga kavurma yöntemlerinin kullanımının susamdan üretilen yemeye hazır gıdalarda *Salmonella* ile ilişkili salgın riskini ölçüde azaltabileceği belirlenmiştir. Bu durum gıda güvenliği açısından önemli bir sorunun azaltılabileceğini göstermektedir. Ayrıca halojen lamba ve mikrodalga kavurma yöntemlerinin susamın renk ve sertlik gibi özelliklerini etkileyerek kavurma süresini kısaltmak için kullanılabileceği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

Anaya I, Aguirrezabal A, Ventura M, Comellas L, Agut M 2008. Survivability of salmonella cells in popcorn after microwave oven and conventional cooking. *Microbiological Research*, 163(1): 73-79.

Anonim 2002. ISO 6579, Microbiology of food and animal feeding stuffs — horizontal method for the detection of salmonella spp. International Organization for Standardization, Geneva.

Anonim 2004. International food safety authorities network (infosan) — unusual sources of salmonella. World Health Organization, available at: http://www.Who.Int/foodsafety/fs_management/en/infosan_salm.Pdf.

Anonim 2012. Multistate outbreak of salmonella serotype bovismorbificans infections associated with hummus and tahini—united states, 2011. Centers for Disease Control and Prevention, Morbidity and mortality weekly report, 61(46): 944, available at: <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm6146a3.htm>.

Anonim 2013a. Multistate outbreak of salmonella montevideo and salmonella mbandaka infections linked to tahini sesame paste (final update). Centers for Disease Control and Prevention, Available at: <https://www.cdc.gov/salmonella/monte-video-tahini-05-13/index.html>.

Anonim 2013b. Food recall and emergency response. Canadian Food Inspection Agency, Available at: <http://www.Inspection.Gc.Ca/food/food-recall-and-emergencyresponse/eng/1300375639646/1300376138588>.

Archer J, Jervis ET, Bird J, Gaze JE 1998. Heat resistance of salmonella weltevreden in low-moisture environments. *Journal of Food Protection*, 61(8): 969-973.

Brockmann S 2001. International outbreak of salmonella typhimurium dt104 due to contaminated sesame seed products—update from germany (baden-württemberg). *Eurosurveillance weekly*, 16.

Brockmann SO, Piechotowski I, Kimmig P 2004. Salmonella in sesame seed products. *Journal of Food Protection*, 67(1): 178-180.

Buchholz A, Matthews K 2010. Reduction of salmonella on alfalfa seeds using peroxyacetic acid and a commercial seed washer is as effective as treatment with 20 000 ppm of Ca (OCl)₂. *Letters in Applied Microbiology*, 51(4): 462-468.

Camoirano A, Bennicelli C, Bagnasco M, De Flora S 1999. Genotoxic effects in bacteria of the light emitted by halogen tungsten lamps having treated quartz bulbs. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 441(1): 21-27.

Datta A 1990. Heat and mass transfer in the microwave processing of food. *Chemical Engineering Progress*, 86(6): 47-53.

Demirekler P, Sumnu G, Sahin S 2004. Optimization of bread baking in a halogen lamp–microwave combination oven by response surface methodology. *European Food Research and Technology*, 219(4): 341-347.

Earnshaw R, Appleyard J, Hurst R 1995. Understanding physical inactivation processes: Combined preservation opportunities using heat, ultrasound and pressure. *International Journal of Food Microbiology*, 28(2): 197-219.

Heddleson RA, Doores S 1994. Factors affecting microwave heating of foods and microwave induced destruction of foodborne pathogens—a review. *Journal of Food Protection*, 57(11): 1025-1037.

- Kahyaoglu T, Kaya S 2006a. Determination of optimum processing conditions for hot-air roasting of hulled sesame seeds using response surface methodology. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(10): 1452-1459.
- Kahyaoglu T, Kaya S 2006b. Modeling of moisture, color and texture changes in sesame seeds during the conventional roasting. *Journal of Food Engineering*, 75(2): 167-177.
- Khiyami M, Noura A, Basel B, Sher H 2011. Food borne pathogen contamination in minimally processed vegetable salads in riyadh, saudi arabia. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(3): 444-451.
- Lake R, King N, Cressey P, Gilbert S, 2010. Salmonella (non-typhoidal) in high lipid foods made from sesame seeds, peanuts or cocoa beans. Prepared for New Zealand Food Safety Authority under project MRP/08/01.
- Laroche C, Fine F, Gervais P 2005. Water activity affects heat resistance of microorganisms in food powders. *International Journal of Food Microbiology*, 97(3): 307-315.
- Lu Y, Turley A, Dong X, Wu C 2011. Reduction of salmonella enterica on grape tomatoes using microwave heating. *International Journal of Food Microbiology*, 145(1): 349-352.
- Ma L, Zhang G, Gerner-Smidt P, Mantripragada V, Ezeoke I, Doyle MP 2009. Thermal inactivation of salmonella in peanut butter. *Journal of Food Protection*, 72(8): 1596-1601.
- Maskan M 2001. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48(2): 169-175.
- Olaimat AN, Holley RA 2012. Factors influencing the microbial safety of fresh produce: A review. *Food Microbiology*, 32(1): 1-19.
- Özcan M, Akgül A 1994. Physical and chemical properties and fatty acid composition of tahin (sesame paste). *Gıda*, 19: 411-416.
- Paine S, Thornley C, Wilson M, Dufour M, Sexton K, Miller J, King G, Bell S, Bandaranayake D, Mackereth G 2014. An outbreak of multiple serotypes of salmonella in new zealand linked to consumption of contaminated tahini imported from turkey. *Foodborne Pathogens and Disease*, 11(11): 887-892.
- Podolak R, Enache E, Stone W, Black DG, Elliott PH 2010. Sources and risk factors for contamination, survival, persistence, and heat resistance of salmonella in low-moisture foods. *Journal of Food Protection*, 73(10): 1919-1936.
- Pucciarelli AB, Benassi FO 2005. Inactivation of salmonella enteritidis on raw poultry using microwave heating. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48(6): 939-945.
- Saklar S, Katnas S, Urgan S 2001. Determination of optimum hazelnut roasting conditions. *International Journal of Food Science & Technology*, 36(3): 271-281.
- Saklar S, Urgan S, Katnas S 1999. Instrumental crispness and crunchiness of roasted hazelnuts and correlations with sensory assessment. *Journal of Food Science*, 64(6): 1015-1019.
- Shachar D, Yaron S 2006. Heat tolerance of salmonella enterica serovars agona, enteritidis, and typhimurium in peanut butter. *Journal of Food Protection*, 69(11): 2687-2691.
- Shamis Y, Taube A, Shramkov Y, Mitik-Dineva N, Vu B, Ivanova EP 2008. Development of a microwave treatment technique for bacterial decontamination of raw meat. *International Journal of Food Engineering*, 4(3).
- Torlak E, Sert D, Serin P 2013. Fate of salmonella during sesame seeds roasting and storage of tahini. *International Journal of Food Microbiology*, 163(2): 214-217.
- Unicomb L, Simmons G, Merritt T, Gregory J, Nicol C, Jelfs P, Kirk M, Tan A, Thomson R, Adamopoulos J 2005. Sesame seed products contaminated with salmonella: Three outbreaks associated with tahini. *Epidemiology and Infection*, 133(06): 1065-1072.
- Uysal N, Sumnu G, Sahin S 2009. Optimization of microwave–infrared roasting of hazelnut. *Journal of Food Engineering*, 90(2): 255-261.
- Van Doren JM, Kleinmeier D, Hammack TS, Westerman A 2013. Prevalence, serotype diversity, and antimicrobial resistance of salmonella in imported shipments of spice offered for entry to the united states, FY2007–FY2009. *Food Microbiology*, 34(2): 239-251.
- Willis C, Little CL, Sagoo S, de Pinna E, Threlfall J 2009. Assessment of the microbiological safety of edible dried seeds from retail premises in the united kingdom with a focus on salmonella spp. *Food Microbiology*, 26(8): 847-852.