



Quality Changes in Sous-Vide Cooked Meat[#]

Esra Derin^{1,a}, Meltem Serdaroglu^{1,b,*}

¹Food Engineering Department, Faculty of Engineering, Ege University, 35100 Bornova/İzmir, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO

ABSTRACT

[#]This study was presented as a poster presentation at the 1st International/11th National Food Engineering Congress (Antalya, 2019)

Review Article

Received : 23/01/2020

Accepted : 24/04/2020

Keywords:

Sous-vide
Meat quality
Oxidation
Tenderness
Meat cooking

Sous-vide process is a cooking method for vacuumed products which are placed in a water bath or steam oven at controllable low temperatures and specific long times. This technique is widely used for cooking of meat and meat products which have limited shelf life throughout cold storage. Temperature, time and vacuum parameters used in sous-vide method are effective factors on meat quality. It is realised that meat tenderness increases with this technique due to cooking is performed at low temperatures. For the same reason, more water is retained in the texture and cooking losses are reduced. In addition to this, it is appeared that the sous-vide method provides protection of nutrient components that are water-soluble and/or adversely affected by high temperature applications, so that this method increases the nutritional value of meat. On the other hand, use of controllable cooking temperatures facilitates to reach targeted core temperatures in meat. With the help of homogeneous distribution of heat, even colour formation on meat can be observed. Oxidative reactions in the product are limited by the application of vacuum, so that product quality can be preserved for a long time. The risk of food safety as a result of low temperature applications in sous-vide cooking is eliminated by increasing cooking times. In this review, it is aimed to inform about effects of sous-vide cooking technique on meat quality under the heads of; texture, juiciness and cooking losses, colour, flavour, lipid and protein oxidation and microbial quality. Besides, the effects of sous-vide cooking method on quality parameters, different effects of sous-vide and traditional cooking methods on quality parameters were deeply discussed.

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8(6): 1320-1330, 2020

Sous-vide Yöntemiyle Pişirilen Etlerde Gözlenen Kalite Değişimleri

MAKALE BİLGİSİ

ÖZ

Derleme Makale

Geliş : 23/01/2020

Kabul : 24/04/2020

Anahtar Kelimeler:

Sous-vide
Et kalitesi
Oksidasyon
Gevreklik
Etin pişirilmesi

Sous-vide tekniği, vakum ambalajlı ürünlerin su banyosu veya buhar fırınlarında kontrol edilebilen düşük sıcaklık değerlerinde ve uzun sürelerde pişirilmesi işlemidir. Bu teknik özellikle soğukta depolama boyunca kısıtlı raf ömrüne sahip et ve et ürünlerinin pişirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sous-vide yönteminde kullanılan sıcaklık, süre ve vakum değerleri et kalitesi üzerine etkili parametrelerdir. Düşük sıcaklıklarda pişirmenin gerçekleştirildiği bu teknik ile et gevrekliğinin arttığı görülmektedir. Aynı zamanda yapıda daha çok su tutulmakta ve pişirme kayıpları azalmaktadır. Bununla birlikte sous-vide yönteminin, yüksek sıcaklık uygulamalarından olumsuz etkilenen ve/veya suda çözünen besin bileşenlerinin korunmasını sağladığı ve etin besleyici değerini arttırdığı anlaşılmaktadır. Kontrol edilebilen pişirme sıcaklıkları kullanımı ette hedeflenen merkez sıcaklıklarına erişimi kolaylaştırmaktadır. Bunun yanı sıra, ısının homojen bir şekilde dağılmasıyla ette tekdüze renk oluşumu gözlenmektedir. Vakum uygulaması ile üründe oksidatif reaksiyonlar sınırlandırılmakta, böylece ürün kalitesi uzun süre korunabilmektedir. Sous-vide pişirmede düşük sıcaklık uygulamaları sonucu gıda güvenliği açısından oluşan risk, pişirme sürelerinin arttırılmasıyla ortadan kalkmaktadır. Bu derlemede sous-vide pişirme tekniğinin et kalitesi üzerine etkileri ile ilgili bilgilerin; tekstür ve sululuk, renk, lezzet, lipid ve protein oksidasyonu ile mikrobiyal kalite başlıkları altında verilmesi amaçlanmıştır. Bunların yanı sıra sous-vide pişirmenin et kalitesi üzerine olan etkileri diğer geleneksel pişirme yöntemleri ile kıyaslanmıştır.

^a derin.esra@gmail.com

^b <https://orcid.org/0000-0003-4390-2453>

^b meltem.serdaroglu@ege.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0003-1589-971X>



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

Giriş

Et ve et ürünleri içerdikleri besin bileşenleri nedeniyle yeterli ve dengeli beslenme açısından önemli gıda kaynaklarıdır. Taze etin çeşitli et ürünlerine işlenmediği durumlarda tüketimi için ısıtma işlemi vazgeçilmez bir uygulamadır. Pişirme işlemi, ette mikrobiyolojik güvenliği sağlayarak hijyenik kaliteyi artırmakta, et kaynaklı gıda zehirlenmelerini bertaraf edebilmekte, bunun yanı sıra depolanacak ürünlerin raf ömrünü uzatmaktadır (Tornberg, 2005; Suman ve ark., 2016; Rasinska ve ark., 2019). Pişirme işlemi öncesi, bağ doku proteinlerinden özellikle kolajenin varlığına bağlı olarak çiğ ette tekstür dirençli/sert iken, ısıtma işlemi uygulanmasıyla et kolaylıkla çiğnenebilir/tüketilebilir dokuya kavuşmaktadır (Tornberg, 2005; Baldwin, 2012). Pişirme işlemi ile etin yapısında bulunan aminoasitler, tiyamin, şekerler ve lipid gibi bileşenler uçucu ve uçucu olmayan lezzet bileşenlerine dönüşerek etin karakteristik lezzetinin oluşması sağlanmakta ve böylece etin sindirilebilirliği de artırılmaktadır (Serdaroğlu ve Değirmencioglu 2002; Rasinska ve ark., 2019). Bu olumlu etkilerin yanı sıra, pişirme işlemiyle protein denatürasyonu ve koagülasyonu sonucu yapıdan su kaybı, dolayısıyla vitaminler ve mineraller gibi suda çözünen bileşenlerin kaybı ile etin besleyici değerinin azalması gibi olumsuz etkiler de söz konusu olmaktadır (Babür ve Gürbüz, 2015). Fırında, ızgarada, buharda pişirme, haşlama ve kızartma gibi geleneksel pişirme yöntemlerinin et kalitesi üzerine etkileri farklılık göstermektedir (Oz ve Zikirov, 2015; Silva ve ark., 2016; Nieva-Echevarria ve ark., 2017; Rasinska ve ark., 2019). Geleneksel pişirme yöntemlerinde uygulanan yüksek sıcaklık değerleri, serbest aminoasit oluşumu ve Maillard reaksiyonu ürünleri ile lezzeti olumlu yönde etkilerken, heterosiklik aminler, polisiklik aromatik hidrokarbonlar gibi mutajenik bileşiklerin oluşması, su kaybı nedeniyle gevrekliğin azalması gibi et kalitesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Serdaroğlu ve Değirmencioglu 2002; Calkins ve Hodgen, 2007; Haskaraca ve Kolsarıcı, 2013; Babür ve Gürbüz, 2015). Olumsuz etkiler göz önüne alındığında, düşük sıcaklık uygulamalarına olanak veren pişirme yöntemleri dikkat çekici olmaktadır.

Sous-vide pişirme yöntemi, vakum paketlenen gıdaların su banyosu veya buhar fırınlarında, kontrol edilebilen sıcaklık-süre parametreleri kullanılarak pişirilmesini sağlayan bir yöntem olup literatürde, düşük sıcaklıkta uzun süreli pişirme işlemi olarak da tanımlanmaktadır. Fransız bir aşçı olan Georges Pralus tarafından 1970'lerin ortasında geliştirilen bu yöntemin dünyaca tanınması ancak 2000'li yılların ortalarına doğru gerçekleşmiştir (Ceylan ve Şengör, 2017; Akoğlu ve ark., 2018; Ruiz-Carrascal ve ark., 2019).

Son yıllarda tüketiciler, gelişen teknoloji ve hayat koşulları nedeniyle kolay hazırlanabilen, az işlem görmüş, besleyici değeri yüksek aynı zamanda lezzetli ürünleri tüketme eğilimi göstermektedir (Wang ve ark., 2004; Akoğlu ve ark., 2018). Sous-vide tekniği ile pişirilen gıdalar soğukta muhafaza edildikten sonra kısa süreli ısıtma işlemi ile tekrar tüketime hazır hale getirilebilmekte, böylece ev koşullarında, hazır yemek sektöründe ve toplu tüketim alanlarında kolaylıkla tüketilebilen, besin değeri korunmuş ve lezzetli ürünlerin üretimi mümkün olmaktadır (Mol ve Özturan, 2009; Ceylan ve Şengör, 2017).

Sous-vide yönteminde kullanılan parametreler ürün tipine göre değişmekle birlikte literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, pişirme sıcaklığı olarak 48-95°C arasındaki değerlerin, pişirme süresi olarak 1,04 dakika ile 32 saat arasındaki değerlerin kullanıldığı görülmektedir (González-Fandos ve ark., 2004; Christensen ve ark., 2011; Can, 2011; Christensen ve ark., 2012). Etin sous-vide pişirilmesinde genellikle 60-80°C arası sıcaklıklar uygulanırken sebze, meyve ve kuru baklagillerde bu değer 80-90°C arası sıcaklıklara çıkabilmektedir. Pişirme sonrası hızlı soğutma ve soğukta depolama işlemi uygulanan ürünler ise daha sonra 53-55°C'ye ısıtılarak tüketilebilmektedir (Baldwin, 2012). Sous-vide yönteminin, özellikle et, tavuk, balık gibi soğukta depolama süresi sınırlı olan gıdalara uygulanabilmesi, vakum paketlemeyle kontaminasyon riskini ortadan kaldırması, aerobik bakteri gelişimini azaltarak raf ömrünü uzatması, standart kalitede ürün üretimine olanak sağlaması, uygulama koşullarının pratik ve kolay olması gibi birçok avantajı bulunurken, kullanılan ekipman maliyetinin yüksek olması ve düşük sıcaklıklarda yetersiz süre uygulamalarının gıda güvenliği açısından risk oluşturması gibi dezavantajları da bulunmaktadır (Mol ve Özturan, 2009; Baldwin, 2012; Jeong ve ark., 2018).

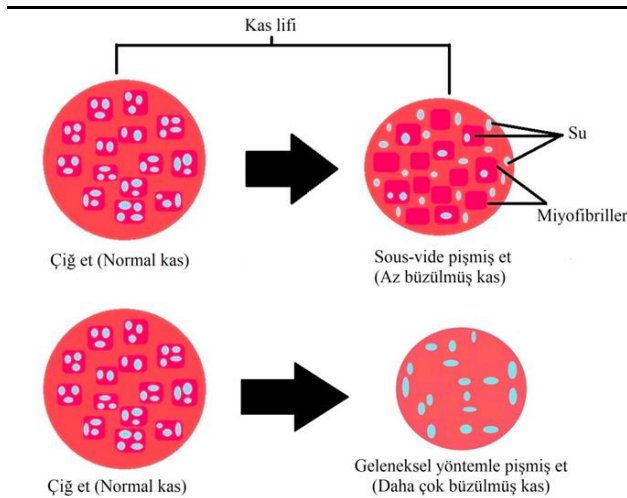
Sous-vide Pişirmenin Et Kalitesi Üzerine Olan Etkileri

Tekstür ve Sululuk

Et tekstürü, yapısında bulunan proteinlerin oransal dağılımından etkilenmektedir. Çiğ et, kas lifleri ve demetleri arasındaki sıvı dolu kanalların viskoz yapısından dolayı daha serttir (Tornberg, 2005). Ancak ısıtma işlemi uygulanmasıyla birlikte 40-60°C arasındaki sıcaklıklarda kas lifleri enine büzülerek lifler arasındaki boşluklar genişlemekte, sıcaklık 60-90°C arasındaki değerlere yükseldiğinde ise kas lifleri boylamasına büzülerek yapıdan önemli miktarda su kayıplarına neden olmakta, uygulanan sıcaklık yükseldikçe büzülme miktarı, dolayısıyla da su kaybı artmakta, böylece tekstür olumsuz etkilenmektedir (Baldwin, 2012; Roldan ve ark., 2014 a; Becker ve ark., 2016; Crotova ve ark., 2018). Sarkoplazmik proteinler 40-60°C arasında kümeleşip jel haline gelmekte, kolajen ise 60-65°C arasında büzülüp çözünür hale gelerek et gevrekliğinin artmasında etkili olmaktadır, 60°C' den daha düşük sıcaklıklarda 6 saatten fazla bekletilme sonrasında dahi kolajenaz enziminin aktivitesini koruduğu bildirilmektedir (Tornberg, 2005; Baldwin, 2012). Bazı kolajenaz ve proteolitik enzim aktivitelerinin 80°C altı uygulamalarda da korunduğu, böylece denatüre proteinlerin peptid bağları parçalanarak etin sertliğinin azaldığı belirtilmektedir (Crotova ve ark., 2018). Bu bulgular sous-vide yönteminde olduğu gibi düşük sıcaklık değerlerinde uzun sürelerde pişirmenin gevrekliği olumlu yönde etkilemesini açıklamaktadır. Ette elastik modül gelişiminin 65-80°C arasındaki değerlerde ortaya çıkarak gevrekliğin azalmasına neden olduğu, bu değişimin yüksek sıcaklıklarda kolajenin yoğun bir şekilde topaklanması, myofibriller proteinlerin ise denatüre olmasından kaynaklandığı bildirilmektedir (Tornberg, 2005; Baldwin, 2012; Roldán ve ark., 2013).

Sous-vide pişirilen etlerle ilgili çalışmalarda tekstür ile ilgili kısımlar incelendiğinde, etin gevrekliği üzerine etkili olan proteolitik enzim aktivitelerinin uygulanan sıcaklıklardan etkilendiği anlaşılmaktadır (Christensen ve ark., 2011; Uttaro ve ark., 2019). Sous-vide yöntemiyle pişirilen örneklerin sertliğinin daha düşük olduğu, yüksek vakum uygulanan örneklerin daha gevrek olduğu, çığnenabilirliğin uygulanan vakumla ters, pişirme sıcaklığıyla da doğru orantılı olduğu belirtilmektedir (Cropotova ve ark., 2018; Jeong ve ark., 2018). Bununla birlikte Cropotova ve ark. (2018)'nin yaptığı çalışmada, pişirme sıcaklığı ve depolama süresindeki artışın uskumru balıklarının tekstüründe yumuşamaya neden olduğu, sertlik ve kesme kuvvetinin ise pişirme sıcaklığından bağımsız pişirme sürelerine bağlı olarak azaldığı belirtilmiştir (Roldán ve ark. 2013). Uygulanan sıcaklık ve süre değerlerinin artmasıyla tekstür parametrelerinde (sertlik, dış yapışkanlık, yapışkanlık, sakızimsılık, esneklik) azalma olduğuyla ilgili sonuçlar olmakla birlikte (Pulgar ve ark., 2012) pişirme süresinin tekstür üzerine etkili olmadığı (Can ve Harun, 2015) ya da pişirme süresindeki artışın bazı tekstür değerlerinde (sertlik, kesme kuvveti) azalmaya neden olduğu veya sıcaklık ve sürenin yapışkanlık değerini etkilemediğini bildiren (Roldán ve ark., 2013) çalışmalar da bulunmaktadır.

Sululuk, et gevrekliğiyle ilişkilendirilen bir diğer kavram olup, ette gerçekleşen su kaybı pişirme sıcaklığından etkilenmektedir (Oz ve Seyyar, 2016; Jeong ve ark., 2018). Sous-vide yöntemi vakum ambalaj sayesinde ve ısının homojen dağılmasını sağlaması nedeniyle etteki su kayıplarını azaltmaktadır (Ayub ve Ahmad, 2019). Sous-vide yönteminde pişirme kaybı (%27-30) diğer geleneksel pişirme yöntemlerine göre (%33-40) daha az olmakta, böylece suda çözünen besin bileşenleri yapıda daha iyi korunmaktadır (Hong ve ark., 2015). Şekil 1'de sous-vide tekniğinde uygulanan düşük sıcaklıkların proteinlerde daha az büzölmeye neden olarak ette pişirme sırasında tutulan suyun daha fazla olmasını sağladığı, geleneksel pişirme yöntemlerinde kullanılan yüksek sıcaklıkların ise proteinlerde büzölmeyi artırarak ve denatürasyona neden olarak ette tutulan su miktarını azalttığı görülmektedir.



Şekil 1. Sous-vide ve geleneksel yöntemle pişirilmiş etlerde suyun dağılımı (Ayub ve Ahmad, 2019)

Figure 1. Distribution of water in sous-vide and conventionally cooked meat (Ayub and Ahmad, 2019)

Soletska ve Krasota (2017) tavuk etleriyle yaptıkları bir çalışmada sous-vide yönteminin geleneksel yöntemle pişirmeye oranla pişirme kayıplarında dört kat azalma sağladığını ve ürün verimini %19 oranında arttırdığını ortaya koymaktadırlar. Bunun yanı sıra sous-vide tekniği kullanılarak yapılan diğer çalışmalarda pişirme sıcaklığındaki artış ile pişirme kayıplarının da arttığı belirtilmektedir (Pulgar ve ark., 2012; Christensen ve ark., 2012; Roldán ve ark. 2013).

Sous-vide pişirme işleminin, marinasyon uygulaması (Szerman ve ark., 2007; Roldán ve ark., 2014b; Kim ve ark., 2015; Hong ve ark., 2016), enzim ilavesi (Zhu ve ark., 2018) ve çeşitli katkı maddeleri ilavesi (Vaudagna ve ark., 2008; Szerman ve ark., 2012) ile et tekstürü ve sululuk üzerine etkilerini inceleyen çalışmalar da bulunmaktadır; Sığır etine peynir altı suyu konsantresi ve NaCl içeren marinasyon sıvısının enjeksiyon ve tamburlama yöntemlerinin çeşitli kombinasyonlarıyla ilave edildiği çalışmada, marine edilen örneklerin daha gevrek olduğu belirtilmektedir. Bunun yanı sıra kesme kuvveti üzerine marinasyon sıvısı eklemenin tamburlama işlemi parametrelerine göre daha etkili olduğu da vurgulanmıştır (Szerman ve ark., 2007). Fırında ve sous-vide pişirilen kuzu etlerine fosfat içeren marinasyon sıvısının enjekte edildiği çalışmada ise sous-vide pişirilen örneklerin kesme kuvveti ve sertlik değerlerinin daha yüksek olduğu belirtilmektedir. Kesme kuvvetinin yüksek olmasının nedeni ise sous-vide yöntemiyle pişirilen etin yapısında daha çok su tutması ve şişerek doku cihazına daha çok direnç göstermesi olarak yorumlanmıştır. Aynı çalışmada pişirme kaybının sous-vide pişirilen örneklerde %70, fırında pişirilen örneklerde ise %35 oranında azaldığı saptanmıştır (Roldán ve ark., 2014b). Kim ve ark. (2015), tavuk göğüs etini çeşitli oranlarda sitrik asit içeren marinasyon sıvılarına daldırılmış, artan sitrik asit miktarının kesme kuvvetini azalttığını gözlemlemişlerdir. Nem miktarının ise sitrik asit ilave edilen örneklerde kontrole göre daha fazla olduğunu saptamışlardır. Sığır göğüs etine kivi ekstresi konulan bir diğer çalışmada ise vakumlu tamburlama işlemi sonrası sous-vide pişirme işlemi uygulanmış ve duyu analizi sonucunda gevreklik, sululuk ve lezzet değerlerinin kontrole göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Enzim ekstresi olan kivi ekstresinin etteki miyofibriller yapıyı parçalayarak gevrekliği artırdığı sonucuna varılmıştır (Zhu ve ark., 2018). Bunların yanı sıra sous-vide pişirilen sığır etlerinde katkı maddesi olarak sodyum tripolifosfat + NaCl kullanımının kesme kuvvetini azalttığı, gevrekliği artırdığı (Szerman ve ark., 2012), sıcaklığa bağlı olarak protein çözünürlüğü ve jelleşmesi üzerine de etkili olduğu belirtilmektedir (Vaudagna ve ark., 2008).

Sous-vide pişirmenin et tekstürü ve sululuk üzerine etkilerini inceleyen çalışmaların sonuçlarına göre; 60-80°C arasındaki sıcaklıkların ette tekstürü önemli oranda belirleyen protein yapısı üzerine olumlu etki göstermesi nedeniyle sous-vide yönteminin gevrekliğin artmasını sağladığı söylenebilir. Bunun yanı sıra sous-vide pişirilen etlere uygulanan sıcaklık, süre ve vakum gibi parametrelerin et tekstürü, sululuk ve pişirme kayıpları üzerine etkilerinin farklılık gösterdiği yapılan çalışma sonuçlarından anlaşılmaktadır. Et türünün de tekstür ve sululuğu etkileyen bir faktör olduğu göz önünde bulundurulduğunda farklı türler ve pişirme parametreleri konusunda çalışmaların çeşitlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Renk

Çiğ ve ısıtılmış işlem görmüş et ve et ürünlerinde renk, tüketici tercihi en çok etkileyen parametredir. Isıtılmış işlem görmüş ette renk, içerdiği miyoglobinin ısıtılmış işlem boyunca denatürasyona uğramasıyla değişmektedir (Christensen ve ark., 2012; Ayub ve Ahmad, 2019). Renk ve görünüm etin pişirilme derecesinin değerlendirilmesinde belirleyici faktörler olup, iyi pişmiş olarak adlandırılan etler solgun, kuru ve grimsi-kahverengi görünürken, az ve orta pişmiş etler kırmızimsı-pembe renkli ve sulu görünmektedirler. Pişirme ile erişilen merkez sıcaklıklarına göre etler; 50°C’ de az pişmiş, 55°C’ de az-orta pişmiş, 60°C’ de orta pişmiş, 70°C ve üzerinde ise iyi pişmiş olarak adlandırılmaktadır (Baldwin, 2012). Sous-vide yönteminde kontrol edilebilen sıcaklık-süre parametreleri sayesinde istenilen oranda ve homojen bir şekilde pişirme sağlanabilmektedir (Baldwin, 2012; Dominguez-Hernandez ve ark., 2018; Ayub ve Ahmad, 2019).

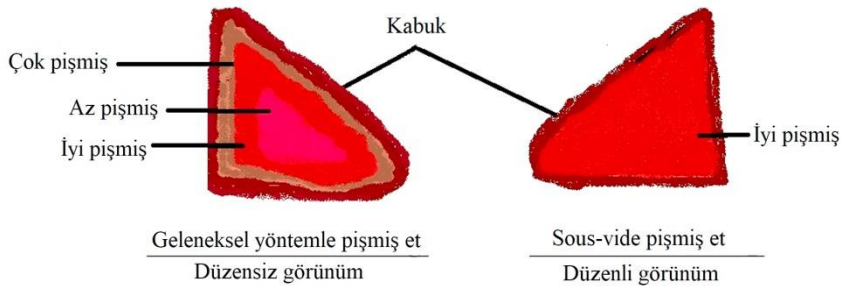
CIE renk sistemine göre renk değerlerinin tanımlanmasında kullanılan L^* değeri yüzey parlaklığını gösterirken, etteki oksimiyoglobin miktarıyla ilgili olan a^* değeri ise kırmızı renk ile ilişkilidir ve bu değer, et pigmentlerinin ısıtılmış işlem boyunca denatürasyona uğramasıyla azalmaktadır. Sarılık değeri olan b^* değeri ise, metmyoglobin oluşumu ve metmyoglobinin ısıyla denatüre olması sonucu kahverengimsi renk gelişimi ile ilişkilendirilmektedir. b^* değerinin etki mekanizması tam olarak açıklanamamakla birlikte, et rengindeki küçük değişimlerin bile b^* değerinde önemli değişikliklere neden olduğu belirtilmektedir (Roldan ve ark., 2014a; Oz ve Seyyar, 2016). Sous-vide yöntemiyle pişirilen etlerin L^* ve b^* değerlerinde artış olurken a^* değerinde azalma olduğu, ancak a^* değerinin sous-vide yöntemiyle pişirilen etlerde geleneksel yöntemlerle pişirilen etlere oranla daha yüksek olduğu belirtilmektedir. Bu durum vakum uygulamasından dolayı etteki renk pigmentinin miyoglobin formuna

dönüşmesi ve bu formun oksimiyoglobine göre ısıya karşı daha dirençli olması ile açıklanmaktadır (Naveena ve ark., 2017).

Geleneksel yöntemle pişirilen etlerde homojen bir pişirme işlemi sağlanamadığı için etin bölgeleri arasında pişirme seviyelerinde farklılık gözlenmesi nedeniyle düzensiz kesitler oluşurken, sous-vide yöntemiyle uzun sürelerde (6-24 saat) pişirilen etlerde renk homojen görünmektedir (Şekil 2).

Farklı pişirme/depolama sıcaklık ve süreleri ile vakum uygulamalarının farklı et türlerinde denendiği çalışmalar incelendiğinde; L^* ve a^* değerlerinin düşük sıcaklık uygulamalarında daha yüksek saptandığı ancak bazı çalışmalarda L^* değerinin yüksek sıcaklık uygulamalarında daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Pulgar ve ark., 2012; Roldán ve ark. 2013; Jeong ve ark., 2018). Bu farklılık; düşük sıcaklıklarda pişirilen etlerdeki yüksek nem miktarının, ışığın dokular arasından penetrasyonunu sağlayarak etin daha koyu renkli görünmesine neden olması ve pişirme sıcaklığındaki artışın sarkoplazmik ve myofibriler proteinlerin denatürasyonuna ve kümelenmesine neden olarak ışığı dağıtıp parlaklığı arttırmasına yol açması olarak yorumlanmıştır (Roldán ve ark. 2013; Jeong ve ark., 2018). Düşük sıcaklıkta pişirilen örneklerin su miktarının yüksek olması nedeniyle dilimleme işlemi sırasında suyun yüzeye çıkarak L^* değerinde artışa neden olabileceği de belirtilmektedir (Pulgar ve ark., 2012).

Sous-vide yöntemi kullanılarak renk üzerine yapılan diğer çalışmaların ise; sous-vide pişirme öncesi veya sonrası fırında kızartma işlemi uygulanan kuzu etlerinde Maillard reaksiyonu sonucu kahverengi renk oluşumu (Ruiz-Carrasca ve ark., 2019) ve tavuk etlerinde sitrik asitle pembe renk oluşumunun kısıtlanması (Kim ve ark., 2015; Hong ve ark., 2016) ile ilgili olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Geleneksel yöntem ve sous-vide yöntemiyle pişmiş et kesitleri (Ayub ve Ahmad, 2019).

Figure 2. Conventionally and sous-vide cooked meat profiles (Ayub and Ahmad, 2019).

Lezzet

Ette uçucu lezzet bileşenlerinin önemli bir kısmı 70°C üzeri sıcaklıklarda oluşmakta, bu nedenle, 70°C’ den düşük sıcaklıklarda sous-vide yöntemiyle pişirilen etlerde lezzet, çoğunlukla uçucu olmayan bileşiklerin ve yağ asitlerinin yıkımı sonucu oluşan ürünlerin kombinasyonu ile gelişmektedir (Dominguez-Hernandez ve ark., 2018). Sous-vide yönteminde kullanılan düşük sıcaklıklar ile ette oluşan su kayıpları, protein denatürasyonu ile lipid oksidasyonu seviyeleri ve ısıya duyarlı protein, yağ gibi besin bileşenleri ile aromatik bileşiklerin kayıpları azalarak lezzet olumlu yönde etkilenmektedir (Diaz ve ark., 2008;

Falowo ve ark., 2017; Aguilera, 2018). Sous- vide yöntemiyle pişirilen etlerin uçucu lezzet bileşenlerini daha iyi koruduğu ve uygulanan vakum sayesinde okside lezzet oluşumunun engellendiği belirtilmektedir (Baldwin, 2012; Rinaldi ve ark., 2014). Bu yöntemle pişirilen etlerin lezzetini arttırmak amacıyla servis öncesi etlere mühürleme, fırınlama gibi nispeten kısa süreli ısıtılmış işlemler uygulanabilmekte, böylece yüksek sıcaklıklarda oluşan Maillard reaksiyonu ürünleri de ette lezzetin artmasını sağlamaktadır (Dominguez-Hernandez ve ark., 2018; Ruiz-Carrascal ve ark., 2019).

Et ve et ürünlerinde bulunan doymamış yağ asitlerinden özellikle membran fosfolipidleri pişirme, soğukta depolama ve tekrar ısıtma ile oksidasyona uğrayarak çeşitli uçucu bileşenlere dönüşmekte, bu dönüşüm bayat lezzet oluşumuna neden olmaktadır. Soğukta iki gün depolamada bile gelişebilen bu lezzet değişimi etlerin kalitesini olumsuz etkilerken sağlık açısından da risk oluşturmaktadır (Mielnik ve ark., 2008; Kim ve ark., 2016; Wojnowski ve ark., 2017). Bayat lezzet oluşumunun belirlenmesiyle ilgili yapılan bir çalışmada, 50°C/390 dak sous-vide pişirilen sığır etleri (*Musculus semitendinosus*) 1,5°C' de 24 saat bekletildikten sonra 45 gün boyunca farklı periyotlarda elektronik burun ile analiz edilmiş ve 20 güne kadar ürün kalitesinin korunduğu belirlenmiştir (Grigioni ve ark., 2000). Sous-vide yöntemiyle 55°C/390 dak ve 65°C/90 dak pişirme sonucu farklı günlerde gerçekleştirilen duyu analizlerde de benzer sonuçların elde edildiği saptanmıştır (Vaudagna ve ark., 2002). Böylece sous-vide pişirme yönteminin bayat lezzet oluşumu üzerine geciktirici etkisi olduğu sonucu çıkarılabilir.

Sous-vide pişirilen etlerde farklı pişirme yöntemlerinin kombinasyonu ile Maillard reaksiyonu sonucu lezzet bileşenleri oluşumu (Ruiz-Carrascal ve ark., 2019) ve baharat, sos vb. ilavesi (Paik ve ark., 2006; Can ve Harun, 2015) ile ürün lezzetinde artış sağlanabilmektedir.

Lipid ve Protein Oksidasyonu

Et ve et ürünlerinde bulunan doymamış yağ asitleri pişirme, soğukta depolama ve ısıtma ile oksidasyona uğramakta, lipid oksidasyonunun ara ve son ürünleri et ve et ürünlerinde istenmeyen koku ve lezzet bileşenlerinin açığa çıkmasına, yağda çözünen vitaminler gibi besin kayıplarına, renk ve doku bozukluklarına, insan sağlığını olumsuz etkileyen toksik madde oluşumuna neden olarak kaliteyi olumsuz etkilemektedir (Mielnik ve ark., 2008; Andrés ve ark., 2017; Mariutti ve Bragagnolo, 2017; Kılıç ve ark., 2018). Lipid oksidasyonunu etkileyen faktörler; kas tipi, yem içeriği, yağın doymamışlık derecesi, etin kimyasal kompozisyonu, pH değeri, pişirme veya ısıtma yöntemleri, boyut küçültme, tuz, baharat, antioksidan gibi katkı maddelerinin ilavesi, paketleme, taşıma ve depolama koşulları şeklinde sıralanabilir (Banerjee ve ark., 2012; Mariutti ve Bragagnolo, 2017).

Lipid oksidasyonu başlangıç, ilerleme ve sonlandırma aşamalarından oluşan bir radikal zincir reaksiyonudur. Başlangıç reaksiyonunda yağ asitlerinden hidrojen atomu ayrılarak serbest yağ asidi radikalleri oluşur (R•). Bu radikaller ilerleme aşamasında O₂ ile reaksiyona girerek peroksi radikalleri (ROO•) oluşturur. Peroksi radikalleri ise, doymamış yağ asitleriyle reaksiyona girerek birincil ürünler olan hidroperoksitleri (ROOH) ve konjuge dienleri oluştururlar. Sonlandırma aşamasında ise ikincil ürünler olan pentanal, heksanal ve malonaldehitler oluşur (Falowo ve ark., 2014; Mariutti ve Bragagnolo, 2017). Lipid oksidasyonu birincil ürünlerini belirlemede konjuge dien (CD), peroksit (PV) gibi analizler, ikincil ürünlerden aldehit ve malonaldehit miktarlarını belirlemede sırasıyla p-anisidin ve tiyobarbitirik asit (TBA) gibi analizler yapılmaktadır (Akcan ve ark., 2017).

Proteinler de yağlar gibi okside olarak fonksiyonel ve besleyici özelliklerini kaybetmekte, bu kapsamda yapı oluşturma yeteneğinde, su tutma kapasitesinde ve

gevreklikte azalma, et renginde bozulma, elzem aminoasitlerde kayıp, sindirimde azalma, aminoasit yan zincirlerinde değişim, polimer oluşumu, çözünürlükte azalma, aminoasit kompozisyonunda ve proteolitik duyarlılıkta değişim, protein parçalanması veya kümelenmesi, zayıf jel oluşumu gibi olumsuzluklar gözlenmektedir (Soyer ve ark., 2010; Mariutti ve Bragagnolo, 2017; Mitra ve ark., 2018). Oksidatif değişiklikler karbonil oluşumuna ve sülfidril içeriğinde azalmaya neden olmaktadır (Turgut ve ark., 2017). Sülfidril gruplarının oksidasyonu sonucunda proteinler, kendi aralarında veya diğer proteinlerle çapraz disülfid bağları ya da glutation, sistein veya diğer düşük molekül ağırlıklı merkaptanlarla karışık disülfid bağları oluştururlar (Soyer ve ark., 2010). Protein oksidasyonu seviyelerini belirlemek amacıyla yapılan analizler ise azalan disülfid bağlarını belirlemek amacıyla sülfidril analizi, artan karbonil miktarını belirlemek amacıyla 2,4-dinitrofenilhidrazin (DNPH) analizi şeklindedir. Bunların yanı sıra daha spesifik olarak lizin oksidasyonu sonucu oluşan alfa aminoadipik semialdehit (AAS) ve prolin ile arjinin oksidasyonu sonucu oluşan gama glutemik semialdehit (GGG) miktarları kromatografik yöntemler ile belirlenebilmektedir (Roldan ve ark., 2014a; Zungur Bastioğlu ve ark., 2016).

Yağ ve protein oksidasyonları birbirlerinden etkilenebilir veya ayrı ayrı gerçekleşebilirler. Lipid oksidasyonu sonucu oluşan hidroperoksitler, alkoksi ve peroksi radikallere dönüşürler. Bu radikaller ve ileri aşamada oluşan aldehitler protein oksidasyonunu tetikler. Aynı şekilde protein radikalleri de çiftli doymamış yağ asitleriyle reaksiyona girebilir (Yang ve Xiong, 2018).

Sous-vide pişirme yönteminde vakum uygulanması nedeniyle lipid oksidasyonunun düşük düzeyde olduğu belirtilmektedir (Wang ve ark., 2004). TBARS değerlerinde yüksek sıcaklık uygulamalarında daha düşük değerlerin saptandığı çalışmalar bulunmaktadır. Bu bulgular, lipid oksidasyonunun son ürünü olarak saptanan malonaldehitlerin kararsız yapıları nedeniyle yüksek sıcaklıklarda protein ve aminoasit gibi bileşiklerle reaksiyona girmesi ve yanlıcı sonuçlar vermesi olarak yorumlanmıştır (Pulgar ve ark., 2012; Roldan ve ark., 2014a). Sous-vide pişirmenin protein oksidasyonu üzerine etkisini araştıran sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır. Kuzu etiyle 60, 70, 80°C pişirme sıcaklıkları ve 6, 12, 24 saat pişirme sürelerinin kullanıldığı bir çalışmada, sıcaklıktan bağımsız olarak pişirme sürelerindeki artışın AAS ve GGS miktarlarını artırdığı belirtilmektedir. 60°C' de AAS ve GGS değerlerinde artış gözlenirken, 80°C' de AAS miktarının değişmediği ve GGS miktarının zamanla azalma gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar yüksek sıcaklıklarda AAS ve GGS' nin kısmi aldehit kaynağı olarak aminoasitlerin amino gruplarıyla Strecker bozulması başlangıç aşamasında schiff bazı oluşturmak için reaksiyona girmeleri olarak yorumlanmıştır (Roldan ve ark., 2014a; Zungur Bastioğlu ve ark., 2016).

Literatürde sous-vide yöntemiyle pişirilip soğukta depolanan balık etlerinde gerçekleşen lipid oksidasyonunu geciktirmek amacıyla doğal antioksidan kullanımı (Çetinkaya ve ark., 2017; Crotova ve ark., 2019) ve esansiyel yağ ilavesi (Öztürk Kerimoğlu ve ark., 2019) gibi uygulamaların yer aldığı çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalardan Çetinkaya ve ark. (2017)' nin gökkuşağı alabalığına %0,1 oranında biberiye tozu ekleyerek depolama

boyunca TBA analizi yaptığı çalışmada biberiye tozu kullanımının balık raf ömrünü 5 gün artırdığı gözlenmiştir. Yapılan bir diğer çalışmada ticari biberiye ekstraktı karışımları uskumru filetolarında kullanılmış ve depolama boyunca lipid oksidasyonu birincil ve ikincil ürünlerinin oluşumunun geciktiği saptanmıştır (Cropotova ve ark., 2019). Levrek filetolarına fesleğen ve defne esansiyel yağı ekleyerek marinyasyon sonrası sous-vide pişirmenin uygulandığı farklı bir çalışmada ise fesleğen esansiyel yağının TBARS değerlerini depolamanın başlangıç aşamasında düşürmeye başladığı, defne esansiyel yağının ise bir hafta sonunda antioksidan etki göstermeye başladığı gözlenmiştir (Öztürk Kerimoğlu ve ark., 2019).

Sous-vide yöntemiyle pişirilen et ve et ürünleriyle ilgili literatürde yer alan çalışmalar Çizelge 1’de özetlenmiştir.

Et kalitesi üzerine uygulanan sıcaklık-süre parametrelerinin vakumdan daha etkili olduğunu belirten çalışmalar varken (Pulgar ve ark., 2012), sıcaklık-vakum değerlerinin süreden daha etkili olduğunu belirten çalışmalar da bulunmaktadır (Jeong ve ark., 2018). Et türünün de kalite üzerine etkili olduğu bilinmekle beraber yapılan çalışmalar incelendiğinde bu parametrelerin kalite üzerine etkilerini inceleyen daha çok çalışma yapılmasına gereksinim duyulmaktadır.

Mikrobiyal Kalite

Sous-vide yönteminde yetersiz uygulanan sıcaklık-süre parametreleri, vakum ambalajlamayla oluşan anaerobik koşullar, vakum uygulamasındaki hatalar veya kusurlu ambalaj kullanımı gibi etkenler soğukta depolanan ürünler için gıda güvenliği açısından risk oluşturabilmektedir (Nyati, 2000; González-Fandos ve ark., 2004). Sous-vide yönteminde kullanılan sıcaklık ve süre değerlerinden kaynaklanan riskleri ortadan kaldırmak için soğukta depolama süresi göz önüne alınır. Buna göre ürün, 10 günden az depolanacaksa, sıcaklık uygulamalarına en dayanıklı *Listeria monocytogenes* vejetatif hücrelerinde 6 log birimlik azalmanın sağlanması amaçlanmaktadır. Bunun için 70°C-2 dak veya Çizelge 2’de görülen ve eşdeğer etki yaratan parametreler önerilmektedir. *Listeria monocytogenes*, et ve et ürünlerine kesim, işleme ve üretim aşamalarında çapraz yolla bulaşabilmektedir. Buzdolabı koşullarında, geniş pH aralıklarında, düşük su aktivitelerinde ve yüksek tuz konsantrasyonlarında dahi üreyebildiği için gıdalarda kontrol edilmesi zordur (Hampikyan ve Ugur, 2007). Eğer ürün 10 günden daha uzun sürelerde depolanacaksa *Clostridium botulinum* sporlarında 6 log birimlik azalma hedeflenmekte ve bunun için de 90°C-10 dak veya Çizelge 2’de görülen eşdeğer etki yaratan parametreler önerilmektedir (Stringer ve Metris, 2018). Depolama süresinin 10 günden fazla olduğu, 90°C’den daha düşük sıcaklıkların uygulanma zorunluluğu olduğu durumlarda ise spor gelişimini engelleyebilen, $a_w < 0,97$, pH <5, tuz/su konsantrasyonu > % 3,5 veya 3°C altında depolama gibi diğer koşullar göz önünde bulundurulmaktadır. Bu koşullar tek başına veya kombine olarak uygulanabilmektedir (Gould, 1999).

Sous-vide yöntemiyle pişirilen et ve et ürünlerinin vakum uygulanması nedeniyle özellikle *Clostridium botulinum* açısından güvenliğin sağlanmasında sıcaklık-süre parametreleri kadar depolanacak ürünlerin hızla soğutulması da önem taşımaktadır (Ceylan ve Şengör, 2017). Bu amaçla, pişirilen ürün sıcaklığının 3-4°C’ye 30

dak’ da düşürülmesi gerekmekte (Çetinkaya ve ark., 2017) ürünün dağıtım ve satışı sırasında da soğuk zincirin korunmasına dikkat edilmelidir (Mol ve Özturan, 2009).

Sous-vide yöntemiyle pişirilen etlerde, toplam canlı, toplam mezofilik aerobik bakteri, laktik asit bakterileri, küf ve maya sayımı gibi mikrobiyolojik analizler yapılmaktadır. Spesifik mikroorganizmaların belirlenmesine yönelik yapılan analizlerde ise en çok *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas*, *Clostridium perfringens*, *Enterobacteriaceae*, *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* gibi mikroorganizmalar aranmaktadır (Nyati, 2000; González-Fandos ve ark., 2004; Akoğlu ve ark., 2018).

Gonzalez-Fandos ve ark., (2004) gökkuşağı alabalığı filetolarını farklı sıcaklık-sürelerde sous-vide pişirerek, farklı sıcaklıklarda depolamışlar, pişirme sıcaklık ve sürelerindeki artışın mezofil ve psikrotrof bakteri sayısında azalma sağladığını gözlemlemişlerdir. 45 gün depolama süresince farklı sıcaklık ve sürelerde pişirilen örneklerde aynı gün yapılan analizler sonucunda farklı mikroorganizma değerlerine ulaşıldığı görülmektedir. Bu durum pişirmede kullanılan sıcaklık ve sürenin önemini ortaya koymaktadır. Yapılan başka bir çalışmada çeşitli et örnekleri 3 ve 8°C’ de 5 hafta depolanmış, 3°C’ de depolanan örneklerin tamamında mikrobiyal gelişimin güvenilir seviyelerde olduğu gözlenmiştir (Nyati, 2000). Sous-vide yöntemi kullanılarak yapılan bir başka çalışmada 65°C/40 dak pişirilen hindi pirzolarının raf ömrü 4°C’ de 28 gün, 12°C’ de 12 gün olarak tespit edilmiştir (Akoğlu ve ark., 2018). Buhar fırınında 90°C’ de 10 ve 20 dak sürelerde pişirilen tavuk köftelerinde ise mikrobiyolojik kalite üzerine en etkili parametrelerin pişirme süresi ve depolama sıcaklığı olduğu belirtilmektedir (Can ve Harun, 2015).

Bunların yanı sıra sous-vide pişirilen etlerle ilgili mikrobiyal kalite üzerine yapılan çalışmalarda çeşitli doğal koruyucu ilavesi (Gouveia ve ark., 2016, 2017; Cosansu ve Juneja, 2018; Haskaraca ve ark., 2019), sodyum laktat ilavesi (Juneja, 2006), sous-vide öncesi marine etme (Karyotis ve ark., 2017), yüksek basınç uygulaması (Picouet ve ark., 2011; Sun ve ark., 2017) gibi kombine işlemlerin uygulandığı görülmektedir.

Sous-vide Yönteminin Geleneksel Pişirme Yöntemleriyle Karşılaştırılması

Çizelge 3’te farklı pişirme yöntemlerinin sous-vide pişirme yöntemiyle kıyaslandığı çeşitli etlerle yapılan çalışmalar özetlenmiştir. Bu çalışmalar incelendiğinde geleneksel yöntemlerde daha yüksek sıcaklıklara ulaşılmışından dolayı ette sululuğunun azaldığı ve sertlik değerlerinde artış olduğu gözlenmektedir (Becker ve ark., 2016; García-Segovia ve ark., 2007). Sous-vide pişirilen etlerde geleneksel yöntemlere oranla pişirme kayıplarının daha düşük (Rasinska ve ark., 2019), gevrekliğin daha yüksek olduğu (Becker ve ark., 2016), uygulanan sıcaklık ve süre değerlerinin artmasıyla da sous-vide pişirilen etlerin sertlik değerlerinin daha düşük olduğu anlaşılmaktadır (García-Segovia ve ark., 2007). Bunun dışında sous-vide pişirilen etlerin geleneksel yöntemlerle pişirilen etlerden daha kırmızı renge sahip olduğu ve kahvemsı-gri rengin daha az olduğu belirtilmektedir (García-Segovia ve ark., 2007).

Çizelge 1. Farklı sıcaklık ve sürelerde uygulanan sous-vid e pişirmenin et ve et ürünlerinde kalite üzerine etkilerini inceleyen çalışmalar

Table 1. *Sous-vid e cooking of meat at different temperature and time treatments*

İşlem koşulları	Sonuçlar	Kaynak
	Tavuk kanadı	
Su banyosunda; Kontrol: vakumsuz 75°C/ 24 dak; 90°C/ 13 dak Depolama; 2 ve 7°C/ 7 hafta	Sıcaklık değişiminin TBARS değerlerini genellikle etkilemediği, kontrol örneğinin daha yüksek TBARS değerine sahip olduğu belirtilmiştir.	Wang ve ark., 2004
	Piliç fileto (P) Tavuk fileto (T)	
Su banyosunda; P=80°C/ 30 dak; T=80°C/ 40 dak	Piliç filetolarının tavuk filetolara göre daha gevrek olduğu gözlenirken, filetoların aroma, renk ve lezzet puanları arasında fark gözlenmemiştir.	Ramane ve ark., 2012
	Tavuk köftesi	
Buhar fırınında; 90°C/ 10 ve 20 dak Depolama; 2 ve 10°C	Pişirme süresi ve depolama sıcaklığının renk ve doku üzerine etkili olmadığı, mikrobiyolojik ve kimyasal kalite üzerine etkili olduğu belirlenmiştir.	Can ve Harun, 2015
	Hindi pirzola	
Su banyosunda; 65°C/ 40 dak, Depolama; 4°C/ 5 hafta, (0., 7., 14., 21., 28., 35. gün) 12°C/ 3hafta (0., 3., 6., 9., 12., 15., 18., 21. gün)	Mezofilik bakteri sayısı ve duyu analizi sonuçlarına göre ürün raf ömrü 4°C' de 28 gün, 12°C' de 15 gün olarak bulunmuştur.	Akoğlu ve ark., 2018
	Domuz fileto	
Buhar fırınında; 70°C/ 12 saat Depolama; 2°C/ 0, 5 ve 10 hafta	Duyusal analizlerin raf ömrünü belirlemede en önemli kriter olduğu saptanmıştır.	Díaz ve ark., 2008
	Domuz eti (<i>Longissimus dorsi</i> (LD) ve <i>Semitendinosus</i> (ST) kasları)	
Su banyosunda; 48, 53, 58 ve 63°C LD 8 ve 20 saat ST 7 ve 19 saat	53°C' den 58°C' ye çıkıldığında kesme kuvveti azalırken pişirme kaybının arttığı, pişirme sürelerinin artmasıyla kolajen çözünürlüğünün arttığı belirlenmiştir. En yüksek katepsin B ve L aktivitesi 58 ve 63°C' de saptanmıştır.	Christensen ve ark., 2011
	Domuz yanağı	
Su banyosunda; 60, 80°C/ 5, 12 saat Vakumlu, vakumsuz	Düşük sıcaklık ve kısa sürede pişirilen örneklerde ağırlık kaybı daha az bulunmuştur. En yüksek TBARS değerleri 60°C/ 12 saat en düşük 80°C/ 12 saat pişen örneklerde bulunmuştur.	Pulgar ve ark., 2012
	Domuz jambon	
Su banyosunda; optimizasyon Kontrol 100°C/ 45 dak/ vakumsuz 61/ 71°C, 45/ 90 dak, % 96,58/ 98,81 vakum	61°C ve % 98,81 vakum uygulamasının ideal işlem parametreleri olduğu sonucuna varılmıştır.	Jeong ve ark., 2018
	Domuz (T _c =2 saat); Sığır (T _c =2,5 saat); Tavuk (T _c = 45 dak)	
Su banyosunda; 53°C ve 58°C T _c +6 saat T _c +17 saat T _c +30 saat (tavuk hariç)	Domuz ve sığır etlerinde sıcaklık ve süre artışının gevrekliği olumlu yönde etkilediği, Sululuğun sıcaklık ve süre artışıyla azaldığı, Pişmiş görüntü üzerine domuz ve sığır etlerinde pişirme süresi, tavuk etlerinde ise sıcaklık artışının etkili olduğu gözlenmiştir.	Christensen ve ark., 2012
	Kuzu fileto	
Su banyosunda; 60°C, 70°C, 80°C 6, 12, 24 saat	Sıcaklık artışının ağırlık kaybını artırdığı, Sertlik ve kesme kuvvetinin pişirme sıcaklığından bağımsız pişirme sürelerine bağlı olarak azaldığı görülmüştür.	Roldán ve ark. 2013
	Kuzu fileto	
Su banyosunda; 60°C, 70°C, 80°C 6, 12, 24 saat	Yüksek sıcaklık ve süre kombinasyonlarında konjuge dien değerinin arttığı, TBAR-S ve hekzanal değerlerinin azaldığı gözlenmiştir. AAS ve GGS değerlerinin sadece 60°C' de artış gösterdiği saptanmıştır.	Roldan ve ark. 2014a
	İnek ve boğa eti (<i>semiteminosus</i>)	
Su banyosunda; 53, 55, 58, 63°C 7,5 ve 19,5 saat	63°C' de iki ette de aynı sertlik değerleri gözlenmiştir.	Christensen ve ark., 2013
	Sığır eti (<i>Musculus semiteminosus</i>)	
Su banyosunda; Kontrol (C) Sous-vid e 75°C/ merkez noktası 70°C olana kadar sous-vid e (SV) 60°C/ 270 dak Hızlı dondurma sonrası sous-vid e (FSV) -20°C/ 48 saat	SV pişirmenin kontrole göre kesme kuvvetini azalttığı, SV ve FSV uygulamalarının kontrol örneklerine göre çignenebilirlik ve sertlik değerlerini azalttığı, Sous-vid e pişirme öncesi dondurma işleminin gevrekliği artırdığı gözlenmiştir.	Botinestean ve ark., 2016
	Düşük değerli sığır etleri	
Su banyosunda; Kademeli sous-vid e (MSV) (1 saat/ 39 °C, 1 saat/ 49 °C, 4 saat/ 59 °C) Sadece sous-vid e SSV(4 saat/ 59°C) Depolama; 1 hafta/ 2 °C, 2 hafta/ 1,5 °C	Proteolitik enzimlerin termal aktivasyonuna bağlı olarak kesme kuvvetinin SSV ile % 17-21 azaldığı, ancak MSV ile SSV' ye göre % 5-6 daha fazla azaldığı ve bunun da kalpain enzim aktivitesinden kaynaklandığı belirtilmektedir.	Uttaro ve ark., 2019
	<i>Longissimus dorsi</i> , LD; <i>Longissimus lumborum</i> , LL; <i>Longissimus thoracis</i> , LT	
Su banyosunda; 70°C/ 2 ve 4 saat Depolama; 2°C/ 7 gün	Pişirme sürelerindeki artışın LD ve LL etlerinde pişirme kayıplarını artırdığı tespit edilmiştir.	Babür ve ark., 2019
	Gökkuşuğu alabalığı	
Buhar fırınında; Merkez; 90°C/ 3,3 dak 90°C/ 1,04 dak 70°C/ 5,18 dak Depolama; 2°C ve 10°C	90°C/ 3,3 dak işlem parametreleri ürün güvenliğini sağlayarak raf ömrünü artıran aynı zamanda duyu özellikleri de koruyan değerler olarak belirlenmiştir.	González-Fandos ve ark., 2004
	Somon dilimi	
Buhar fırınında; 65°C/ 5 dak 90°C/ 10 dak 90°C/ 15 dak Depolama; 2 ve 10°C/ 0.,3.,14.,21.,45. gün	90°C/ 15 dak pişirme işlemi raf ömrü ve mikrobiyolojik kalite açısından en etkili işlem koşulu olarak belirlenmiştir.	González-Fandos ve ark., 2005
	Alabalık filetosu	
Su banyosunda; 65°C/ 90, 150 dak 75°C/ 75, 135 dak 85°C/ 60, 120 dak	Pişirme sıcaklıklarındaki artışın TBARS değerlerini azalttığı, pişirme kayıplarını artırdığı, Pişirme sürelerindeki artışın L* ve b* değerlerini artırdığı belirlenmiştir.	Oz ve Seyyar, 2016
	Uskumru	
Su banyosunda; 60, 75°C/ 10, 15 ve 20 dak Depolama; 0°C/ 1, 3 ve 7 gün	Pişirme sıcaklıklarındaki artışın sertlik değerini artırdığı belirtilmektedir.	Cropotova ve ark., 2018

Çizelge 2. Sous-vide pişirilen gıdalarda *Listeria monocytogenes* vejetatif hücrelerinde ve *Clostridium botulinum* sporlarında 6 log birimlik azalma sağlamak için gerekli eşdeğer parametreler (Stringer ve Metris, 2018)
Table 2. Parameters required to achieve 6-log reduction in *Listeria monocytogenes* vegetative cells and *Clostridium botulinum* spores in sous-vide cooked foods (Stringer and Metris, 2018)

Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	
	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Clostridium botulinum</i>
60	43,54	-
65	9,3	-
70	2,0	-
75	0,4	-
80	0,09	270
85	0,02	51,8
90	-	10,0
95	-	3,2
100	-	1,0

Çizelge 3. Sous-vide yöntemi ve diğer pişirme yöntemleriyle pişirilen farklı etlerle ilgili çalışmalar
Table 3. Studies on different meat types cooked by sous-vide and other cooking methods

İşleme koşulları	Sonuçlar	Kaynak
Sığır eti (<i>Musculus pectoralis</i>)		
Sous-vide (su banyosunda), vakumda pişirme, atmosferik ortamda pişirme 60, 70, 80°C/ 15, 30, 45, 60 dak	Sous-vide uygulamasında kırmızımsı rengin daha fazla, kahvemsî-gri rengin daha az olduğu, Sous-vide yönteminde sıcaklık ve süre artışının diğer yöntemlere göre sertlik değerlerini azalttığı tespit edilmiştir.	García-Segovia ve ark., 2007
Sığır pirzola (<i>Longissimus dorsi</i>)		
Sous-vide 75, 85, 95°C/ 2, 4 saat kombinasyonları Haşlama 42 dak, Tavada kızartma 75°C/ 10 dak, 85°C/ 2 dak, 95°C/ 13 dak	En yüksek heterosiklik aromatik amin oluşumu tavada kızartmada gözlenmiştir.	Oz ve Zikirov, 2015
Kurutulmuş tavuk göğsü % 50 nem $a_w = 0,75$		
Izgarada, fırında, kızartma ve sous vide pişirme yöntemleri 4°C/ 24 saat suda bekletme Su banyosunda sous-vide; 65°C/ 8 saat	Nem kaybı en az sous-vide yöntemiyle pişirilen etlerde bulunmuştur. Ürün kalitesinin en iyi korunduğu pişirme yönteminin sous-vide olduğu belirtilmiştir.	Silva ve ark., 2016
Domuz eti		
Buhar fırında; Sous-vide; 53°C ve 58°C/ 2+20 saat Fırında; 180°C/ 50 dak (Merkez 80°C) 60°C/ 2 saat	180°C fırında pişirilen etlerin daha sert ve sululuğunun düşük olduğu, Sous-vide yönteminin gevrekliği artırdığı belirlenmiştir.	Becker ve ark., 2016
Sığır karaciğeri		
Sous-vide (su banyosunda), 65°C/ 2 saat Haşlama, 180°C/ 20 dak	Sous-vide pişirmede mineral kaybının daha az olduğu, mineral biyoyararlılığının ise daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.	Silva ve ark., 2017
Levrek		
Sous-vide (su banyosunda), 85°C/ 20 dak Buharda 10 dak Haşlama 10 dak	Buharda ve sous-vide pişirmenin balığa özgü uçucu bileşenleri daha iyi koruduğu saptanmıştır.	Nieva-Echevarría ve ark., 2017
Tavşan eti		
Sous-vide (su banyosunda), 72,5°C/ 2,5 saat Haşlama, 75°C/ 20, 23 dak Fırında, 180°C/ 1 saat (Merkez 75°C)	Sous-vide yönteminde pişirme kaybının daha az olduğu, Çoklu doymamış yağ asidi miktarının sous-vide yönteminde daha çok korunduğu, Hidroperoksit ve aldehit miktarının en az sous-vide yöntemiyle pişirilen ürünlerde olduğu belirlenmiştir.	Rasinska ve ark., 2019



Şekil 3. a) Haşlama ile pişirilen tavuk fileto, b) Sous-vide yöntemiyle pişirilen tavuk fileto (Soletska ve Krasota, 2017).

Figure 3. a) Boiled chicken fillet, b) Sous-vide cooked chicken fillet (Soletska and Krasota, 2017).

Şekil 3'teki haşlama (a) ve sous-vide (b) yöntemleriyle pişirilmiş tavuk filetolarının kesitlerine bakıldığında renk farklılıkları görülebilmektedir. Bunların yanı sıra farklı yöntemler ve farklı sıcaklıklar kullanılarak duyuşal olarak benzer özelliklere sahip et örneklerinin elde edilebileceği de yapılan bir çalışmada belirtilmiştir (Becker ve ark., 2016). Rasinska ve ark. (2019) sous-vide yöntemiyle pişirilen etlerde lipid oksidasyonu ürünlerinin haşlama ve fırında pişirme gibi geleneksel yöntemlerle pişirilenlere göre daha az oluştuğunu, Silva ve ark. (2017) da sous-vide pişirmenin mineral kayıplarını azalttığını ve mineral biyoyararlılığını artırdığını gözlemlemişlerdir. Böylece besin değerlerinin de iyi korunduğu bu yöntemle pişirilen etlerin kalitesinin diğer yöntemlerle pişirilen etlere göre daha yüksek olduğu sonucuna varılabilmektedir (Oz ve Zikirov, 2015; Silva ve ark., 2016; Silva ve ark., 2017; Rasinska ve ark., 2019).

Sonuç

Değişen yaşam koşulları ve tüketici talepleri üreticileri yeni işleme teknikleri arayışına yöneltmektedir. Bu doğrultuda hazırlanan gıdaların aynı zamanda besleyici ve duyuşal kalitesinin de en iyi şekilde korunması gerekmektedir. Bu amaçla kullanılmaya uygun olan sous-vide pişirme yönteminin diyetle önemli bir yere sahip olan et ve et ürünlerinde kullanılmasıyla, diğer geleneksel pişirme yöntemlerine göre genellikle;

- Ürün nem miktarını daha iyi koruduğu
- Pişirme kayıplarını azalttığı
- 60°C sıcaklıkta uzun süre pişirmede gevrekliği artırdığı
- 60°C pişirme sıcaklığında sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerini azalttığı
- Besin değerlerini daha iyi koruduğu ve mineral biyoyararlılığını artırdığı
- Düşük sıcaklıklarda L^* ve a^* değerlerini artırdığı
- Vakum ambalaj sayesinde oksidatif reaksiyonları sınırladığı ve
- Ürünün toplam kalitesini artırdığı anlaşılmaktadır.

Sous-vide pişirme işlemi ile birlikte doğal katkı maddesi ilavesi, marine etme, yüksek basınç uygulamaları gibi kombine uygulamaların et kalitesini artırıcı etkisi olduğu anlaşılmaktadır. Yapılan çalışmalar sous-vide pişirilen etlerde doğal antioksidan kullanımının depolama boyunca lipid oksidasyonunu geciktirici etkisi olduğunu göstermektedir. Protein ve lipid oksidasyonlarının birbirinden etkilendiği göz önüne alındığında, sous-vide pişirilen etlerde doğal antioksidan kullanımının protein oksidasyonunu da geciktireceği öngörülebilir. Sous-vide pişirmede kullanılan işlem parametreleri ve et çeşidine göre kalite değerleri değişmekle birlikte benzer koşullarda farklı sonuçların elde edildiği görülmektedir. Bu nedenle konuyla ilgili çalışmaların artırılmasıyla bu alandaki boşlukların doldurulması beklenmektedir

Kaynaklar

Aguilera JM. 2018. Relating food engineering to cooking and gastronomy. *Comp. Rev. Food Sci. Food Safety*, 17(4): 1021-1039. doi:10.1111/1541-4337.12361

- Akcan T, Estévez M, Serdaroğlu M. 2017. Antioxidant protection of cooked meatballs during frozen storage by whey protein edible films with phytochemicals from *Laurus nobilis* L. and *Salvia officinalis*. *LWT.*, 77: 323-331. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.051>
- Akoğlu I, Bıyıklı M, Akoğlu A, Kurhan Ş. 2018. Determination of the quality and shelf life of sous-vide cooked Turkey cutlet Stored at 4 and 12°C. *Braz J Poultry Sci.*, 20(1): 1-8. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2017-0571>
- Andrés AI, Petró MJ, Adámez JD, López M, Timón ML. 2017. Food by-products as potential antioxidant and antimicrobial additives in chill stored raw lamb patties. *Meat Sci.*, 129: 62-70. doi:<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.02.013>
- Ayub H, Ahmad A. 2019. Physicochemical changes in sous-vide and conventionally cooked meat. *Int J Gastron Food Sci.*, 17:1-8. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100145>
- Babür TE, Gürbüz Ü. 2015. Geleneksel Pişirme Yöntemlerinin Et Kalitesine Etkileri. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 3(4): 58-64.
- Babür TE, Tekinşen KK, Gürbüz Ü. 2019. Some quality qualifications of cooked meat sous vide in the storage process. *MJEN*, 7(1): 34-41.
- Baldwin DE. 2012. Sous vide cooking: A review, *Int J Gastron Food Sci.*, 1(1): 15-30. doi:10.1016/j.ijgfs.2011.11.002
- Banerjee R, Verma AK, Das AK, Rajkumar V, Shewalkar AA, Narkhede HP. 2012. Antioxidant effects of broccoli powder extract in goat meat nuggets. *Meat Sci.*, 91(2): 179-184. doi:10.1016/j.meatsci.2012.01.016
- Becker A, Boulaaba A, Pingen S, Krischek C, Klein G. 2016. Low temperature cooking of pork meat — Physicochemical and sensory aspects. *Meat Sci.*, doi: 118:82-88. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.026>
- Botinestean C, Keenan DF, Kerry JP, Hamill RM. 2016. The effect of thermal treatments including sous-vide, blast freezing and their combinations on beef tenderness of *M. semitendinosus* steaks targeted at elderly consumers. *LWT.*, 74: 154-159. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.026>
- Calkins CR, Hodgen JM. 2007. A fresh look at meat flavor. *Meat Sci.*, 77(1): 63-80. doi:10.1016/j.meatsci.2007.04.016
- Can ÖP, Harun F. 2015. Shelf Life of Chicken Meat Balls Submitted to Sous Vide Treatment. *Braz J Poultry Sci.*, 17(2): 137-144. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/1516-635x1702137-144>
- Can ÖP. 2011. Evaluation of the Microbiological, Chemical and Sensory Quality of Carp Processed by the Sous Vide Method. *Int J Nutr Food Eng.*, 5(8): 477-482.
- Ceylan Z, Şengör GFÜ. 2017. Sous Vide Teknolojisi ile Muamele Edilen Balıkların Kalite Parametrelerinin İncelenmesi. *Turk. J. Aquat. Sci.*, 32(1): 8-20. doi:10.18864/TJAS201702
- Christensen L, Ertbjerg P, Aaslyng MD, Christensen M. 2011. Effect of prolonged heat treatment from 48°C to 63°C on toughness, cooking loss and color of pork. *Meat Sci.*, 88(2): 280-285. doi:10.1016/j.meatsci.2010.12.035
- Christensen L, Ertbjerg P, Løje H, Risbo J, Berg FJW, Christensen M. 2013. Relationship between meat toughness and properties of connective tissue from cows and young bulls heat treated at low temperatures for prolonged times. *Meat Sci.*, 93(4): 787-795. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.12.001>
- Christensen L, Gunvig A, Tørrngren MA, Aaslyng MD, Knøchel S, Christensen M. 2012. Sensory characteristics of meat cooked for prolonged times at low temperature. *Meat Sci.*, 90(2): 485-489. doi:10.1016/j.meatsci.2011.09.012
- Cosansu S, Juneja VK. 2018. Growth of *Clostridium perfringens* in sous vide cooked ground beef with added grape seed extract. *Meat Sci.*, 143: 252-256. doi:<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.05.013>
- Cropotova J, Mozuraityte R, Standal IB, Rustad T. 2018. A non-invasive approach to assess texture changes in sous-vide cooked Atlantic mackerel during chilled storage by fluorescence imaging. *Food Control*, 92: 216-224. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.04.060>

- Cropotova J, Mozuraityte R, Standal IB, Rustad T. 2019. Assessment of lipid oxidation in Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) subjected to different antioxidant and sous-vide cooking treatments by conventional and fluorescence microscopy methods. *Food Control*, 104: 1-8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.04.016>
- Çetinkaya S, Bilgin Ş, Ertan ÖO. 2017. Increasing Shelf Life of Sous-Vide Cooked Rainbow Trout by Natural Antioxidant Effective Rosemary: Basic Quality Criteria. *LimnoFish*, 3(2): 69-77. doi:10.17216/LimnoFish.318327
- Díaz P, Nieto G, Garrido MD, Bañón S. 2008. Microbial, physical-chemical and sensory spoilage during the refrigerated storage of cooked pork loin processed by the sous vide method. *Meat Sci.*, 80(2): 287-292. doi:10.1016/j.meatsci.2007.12.002
- Dominguez-Hernandez E, Salaseviciene A, Ertbjerg P. 2018. Low-temperature long-time cooking of meat: Eating quality and underlying mechanisms. *Meat Sci.*, 143: 104-113. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.032>
- Falowo AB, Fayemi PO, Muchenje V. 2014. Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Res Int.*, 64: 171-181. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.06.022>
- Falowo AB, Muchenje V, Hugo A. 2017. Effect of sous-vide technique on fatty acid and mineral compositions of beef and liver from Bonsmara and non-descript cattle. *Ann. Anim. Sci.*, 17 (2): 565-580. doi: 10.1515/aoas-2016-0078
- García-Segovia P, Andrés-Bello A, Martínez-Monzó J. 2007. Effect of cooking method on mechanical properties, color and structure of beef muscle (*M. pectoralis*). *J Food Eng.*, 80(3): 813-821. doi:10.1016/j.jfoodeng.2006.07.010
- González-Fandos E, García-Linares MC, Villarino-Rodríguez A, García-Arias MT, García-Fernández MC. 2004. Evaluation of the microbiological safety and sensory quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) processed by the sous vide method. *Food Microbiol.*, 21(2): 193-201. doi:10.1016/S0740-0020(03)00053-4
- González-Fandos E, Villarino-Rodríguez A, García-Linares MC, García-Arias MT, García-Fernández MC. 2005. Microbiological safety and sensory characteristics of salmon slices processed by the sous vide method. *Food Control*, 16(1): 77-85. doi:10.1016/j.foodcont.2003.11.011
- Gould GW. 1999. Sous vide foods: conclusions of an ECFF Botulinum Working Party. *Food Control*. 10(1): 47-51. doi: [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(98\)00133-9](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(98)00133-9)
- Gouveia AR, Alves M, Almeida JMMM, Monteiro-Silva F, González-Aguilar G, Silva JA and Saraiva C. 2017. The antimicrobial effect of essential oils against *Listeria Monocytogenes* in sous vide cook-chill beef during storage. *J Food Process Pres.*, 41(4): 1-9. doi: <https://doi.org/10.1111/jfpp.13066>
- Gouveia AR, Alves M, Silva JA, Saraiva C. 2016. The Antimicrobial Effect of Rosemary and Thyme Essential Oils Against *Listeria Monocytogenes* in Sous Vide Cook-chill Beef During Storage. *Procedia Food Sci.*, 7: 173-176. doi: 10.1016/j.profoo.2016.10.001
- Grigioni GM, Margaría CA, Pensel NA, Sánchez G, Vaudagna SR. 2000. Warmed-over flavour analysis in low temperature-long time processed meat by an "electronic nose. *Meat Sci.*, 56(3): 221-228. doi: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00045-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00045-0)
- Hampikyan H, Ugur M. 2007. The effect of nisin on *L. monocytogenes* in Turkish fermented sausages (sucuks). *Meat Sci.*, 76(2): 327-332. doi:10.1016/j.meatsci.2006.11.014
- Haskaraca G, Juneja V, Mukhopadhyay S, Kolsarici N. 2019. The effects of grapefruit seed extract on the thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* in sous-vide processed döner kebabs. *Food Control*, 95: 71-76. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.07.006>
- Haskaraca G, Kolsarici N. 2013. Sous Vide Pişirme ve Et Teknolojisinde Uygulama Olanakları, *Akademik Gıda*, 11(2): 94-101.
- Hong G, Mandal PK, Kim J, Park W, Oh J, Lim K, Lee C. 2016. Influence of lime juice on the pink discoloration and quality of sous-vide processed chicken breast during refrigerated storage. *J Food Qual.*, 39: 726-731. doi: <https://doi.org/10.1111/jfq.12230>
- Hong GE, Kim JH, Ahn SJ, Lee CH. 2015. Changes in meat quality characteristics of the sous-vide cooked chicken breast during refrigerated storage. *Korean J. Food Sci. An.*, 35(6): 757-764. doi: <http://dx.doi.org/10.5851/kosfa.2015.35.6.757>
- Jeong K, O H, Shin SY, Kim YS. 2018. Effects of sous-vide method at different temperatures, times and vacuum degrees on the quality, structural, and microbiological properties of pork ham. *Meat Sci.*, 143: 1-7. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.010>
- Juneja VK. 2006. Delayed *Clostridium perfringens* growth from a spore inocula by sodium lactate in sous-vide chicken products. *Food Microbiol.*, 23(2): 105-111. doi:10.1016/j.fm.2005.03.002
- Karyotis D, Skandamis PN, Juneja VK. 2017. Thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* spp. in sous-vide processed marinated chicken breast. *Food Research International*, 100(1): 894-898. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.078>
- Kılıç B, Şimşek A, Claus JR, Karaca E, Bilecen D. 2018. Improving lipid oxidation inhibition in cooked beef hamburger patties during refrigerated storage with encapsulated polyphosphate incorporation. *LWT.*, 92: 290-296. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.037>
- Kim J, Hong G, Lim K, Park W, Lee C. 2015. Influence of citric acid on the pink color and characteristics of sous vide processed chicken breasts during chill storage. *Korean J. Food Sci. An.*, 35(5): 585-596. doi: <http://dx.doi.org/10.5851/kosfa.2015.35.5.585>
- Kim S, Li J, Lim N, Kang B, Park H. 2016. Prediction of warmed-over flavour development in cooked chicken by colorimetric sensor array. *Food Chem.*, 211: 440-447. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.084>
- Mariutti LRB, Bragagnolo N. 2017. Influence of salt on lipid oxidation in meat and seafood products: A review. *Food Res Int.*, 94: 90-100. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.02.003>
- Mielnik MB, Sem S, Egelandsdal B, Skrede G. 2008. By-products from herbs essential oil production as ingredient in marinade for turkey thighs. *LWT.*, 41(1): 93-100. doi:10.1016/j.lwt.2007.01.014
- Mitra B, Lametsch R, Akcan T, Carrascal JR. 2018. Pork proteins oxidative modifications under the influence of varied time-temperature thermal treatments: A chemical and redox proteomics assessment. *Meat Sci.*, 140: 134-144. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.03.011>
- Mol S, Özturan S. 2009. Sous-Vide Teknolojisi ve Su Ürünlerindeki Uygulamalar. *Journal of Fisheries Sciences.com*, 3(1): 68-75. doi:10.3153/jfscm.2009010
- Naveena BM, Khansole PS, Kumar MS, Krishnaiah N, Kulkarni VV, Deepak S. 2017. Effect of sous-vide processing on physicochemical, ultrastructural, microbial and sensory changes in vacuum packaged chicken sausages. *Food Sci. Technol. Int.*, 23(1): 75-85. doi: 10.1177/1082013216658580
- Nieva-Echevarria B, Manzanos M, Goicoechea E, Guillén MD. 2017. Changes provoked by boiling, steaming and sous-vide cooking in the lipid and volatile profile of European sea bass. *Food Res Int.*, 99(1): 630-640. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.06.043>
- Nyati H. 2000. An evaluation of the effect of storage and processing temperatures on the microbiological status of sous vide extended shelf-life products. *Food Control*, 11(6): 471-476. doi: [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(00\)00013-X](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(00)00013-X)

- Oz F, Seyyar E. 2016. Formation of heterocyclic aromatic amines and migration level of bisphenol-A in sous-vide cooked trout fillets at different cooking temperatures and cooking levels. *J Agric Food Chem.*, 64(15): 3070-3082. doi:10.1021/acs.jafc.5b05716
- Oz F, Zikirov E. 2015. The effects of sous-vide cooking method on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef chops. *LWT.*, 64(1): 120-125. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.050
- Öztürk Kerimoğlu B, Kavuşan HS, Serdaroğlu M. 2019. The impacts of laurel (*Laurus nobilis*) and basil (*Ocimum basilicum*) essential oils on oxidative stability and freshness of sous-vide seabass fillets. *Turk J Vet Anim Sci.*, 11: 1-23. doi:10.3906/vet-1908-25
- Paik HD, Kim HJ, Nam KJ, Kim CJ, Lee SE, Lee DS. 2006. Effect of nisin on the storage of sous vide processed Korean seasoned beef. *Food Control*, 17(12): 994-1000. doi:10.1016/j.foodcont.2005.07.005
- Picouet PA, Cofan-Carbo S, Vilaseca H, CarbonéBallbè L, Castells P. 2011. Stability of sous-vide cooked salmon loins processed by high pressure. *IFSET.*, 12(1): 26-31. doi:10.1016/j.ifset.2010.12.002
- Pulgar JS, Gázquez A, Ruiz-Carrascal J. 2012. Physico-chemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time. *Meat Sci.*, 90(3): 828-835. doi:10.1016/j.meatsci.2011.11.024
- Ramane K, Strautniece E, Galoburda R. 2012. Chemical and Sensory Parameters of Heat-treated Vacuum-packaged Broiler and Hen Fillet Products. *Proc. Latv. Univ. Agr.*, 27(322): 54-58. doi: 10.2478/v10236-012-0007-0
- Rasinska E, Rutkowska J, Czarniecka-Skubina E, Tambor K. 2019. Effects of cooking methods on changes in fatty acids contents, lipid oxidation and volatile compounds of rabbit meat. *LWT.*, 110: 64-70. doi:https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.067
- Rinaldi M, Dall'Asta C, Paciulli M, Cirlini M, Manzi C, Chiavaro E. 2014. A novel time/temperature approach to sous-vide cooking of beef muscle. *Food Bioprocess Tech.*, 7(10): 2969-2977. doi:10.1007/s11947-014-1268-z
- Roldan M, Antequera T, Armenteros M, Ruiz J. 2014a. Effect of different temperature-time combinations on lipid and protein oxidation of sous-vide cooked lamb loins. *Food Chem.*, 149: 129-136. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.079
- Roldán M, Antequera T, Martín A, Mayoral AI, Ruiz J. 2013. Effect of different temperature-time combinations on physicochemical, microbiological, textural and structural features of sous-vide cooked lamb loins. *Meat Sci.*, 93(3): 72-78. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.014
- Roldán M, Antequera T, Pérez-Palacios T, Ruiz J. 2014b. Effect of added phosphate and type of cooking method on physico-chemical and sensory features of cooked lamb loins. *Meat Sci.*, 97(1): 69-75. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.01.012
- Ruiz-Carrascal J, Roldan M, Refolio F, Perez-Palacios T, Antequera T. 2019. Sous-vide cooking of meat: A Maillardized approach. *Int J Gastron Food Sci.*, 16: 1-5. doi:https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100138
- Serdaroğlu M, Değirmencioğlu GÖ. 2002. Etin önemli bir kalite özelliği: *Lezzet. Gıda Dergisi*, 37(4): 297-03.
- Silva FAP, Ferreira FCS, Madruga MS, Estévez M. 2016. Effect of the cooking method (grilling, roasting, frying and sous-vide) on the oxidation of thiols, tryptophan, alkaline amino acids and protein cross-linking in jerky chicken. *J. Food Sci. Technol.*, 53(8): 3137-3146. doi: 10.1007/s13197-016-2287-8
- Silva FLF, Lima JPS, Melo LS, Silva YSM, Gouveia ST, Lopes GS, Matos WO. 2017. Comparison between boiling and vacuum cooking (sous-vide) in the bioaccessibility of minerals in bovine liver samples. *Food Res Int.*, 100(1): 566-571. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.054
- Soletska A, Krasota A. 2017. Prospects of applying vacuum technology in the manufacture of culinary poultry meat products. *Food and Environment Safety*, 15(1): 3-9.
- Soyer A, Özalp B, Dalmış Ü, Bilgin V. 2010. Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat. *Food Chem.*, 120(4): 1025-1030. doi:10.1016/j.foodchem.2009.11.042
- Stringer SC, Metris A. 2018. Predicting bacterial behaviour in sous vide food. *Int J Gastron Food Sci.*, 13: 117-128. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ijgfs.2017.09.001
- Suman SP, Nair MN, Joseph P, Hunt MC. 2016. Factors influencing internal color of cooked meats. *Meat Sci.*, 120: 133-144. doi:https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.006
- Sun S, Sullivan G, Stratton J, Bower C, Cavender G. 2017. Effect of HPP treatment on the safety and quality of beef steak intended for sous vide cooking. *LWT.*, 86: 185-192. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2017.07.037
- Szerman N, Gonzalez CB, Sancho AM, Grigioni G, Carduza F, Vaudagna SR. 2012. Effect of the addition of conventional additives and whey proteins concentrates on technological parameters, physicochemical properties, microstructure and sensory attributes of sous vide cooked beef muscles. *Meat Sci.*, 90(3): 701-710. doi:10.1016/j.meatsci.2011.08.013
- Szerman N, Gonzalez CB, Sancho AM, Grigioni G, Carduza F, Vaudagna SR. 2007. Effect of whey protein concentrate and sodium chloride addition plus tumbling procedures on technological parameters, physical properties and visual appearance of sous vide cooked beef. *Meat Sci.*, 76(3): 463-473. doi:10.1016/j.meatsci.2007.01.001
- Tornberg E. 2005. Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. *Meat Sci.*, 70: 493-508. doi:10.1016/j.meatsci.2004.11.021
- Turgut SS, Işıkçı F, Soyer A. 2017. Antioxidant activity of pomegranate peel extract on lipid and protein oxidation in beef meatballs during frozen storage. *Meat Sci.*, 129:111-119. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.02.019
- Uttaro B, Zawadski S, McLeod B. 2019. Efficacy of multi-stage sous-vide cooking on tenderness of low value beef muscles. *Meat Sci.*, 149: 40-46. doi:https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.11.008
- Vaudagna S, Sanchez G, Neira MS, Insani EM, Picallo AB, Gallinger MM, Lasta JA. 2002. Sous vide cooked beef muscles: Effects of low temperature-long time (LT-LT) treatments on their quality characteristics and storage stability. *Int J Food Sci Technol.*, 37: 425-441. doi:https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2002.00581.x
- Vaudagna SR, Pazos AA, Guidi SM, Sanchez G, Carp DJ, Gonzalez CB. 2008. Effect of salt addition on sous vide cooked whole beef muscles from Argentina. *Meat Sci.*, 79(3): 470-48. doi:10.1016/j.meatsci.2007.11.001
- Wang SH, Chang MH, Chen TC. 2004. Shelf-life and Microbiological Profiler of Chicken Wing Products Following Sous vide Treatment. *Int. J. Poult. Sci.*, 3(5): 326-332. doi:10.3923/ijps.2004.326.332
- Wojnowski W, Majchrzak T, Dymerski T, Gębicki J, Namieśnik J. 2017. Electronic noses: Powerful tools in meat quality assessment. *Meat Sci.*, 131: 119-131. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.240
- Yang J, Xiong YL. 2018. Comparative time-course of lipid and myofibrillar protein oxidation in different biphasic systems under hydroxyl radical stress. *Food Chem.*, 243: 231-238. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.146
- Zhu X, Kaur L, Staincliffe M, Boland M. 2018. Actinidin pretreatment and sous vide cooking of beef brisket: Effects on meat microstructure, texture and in vitro protein digestibility. *Meat Sci.*, 145:256-265. doi:https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.06.029
- Zungur Bastoğlu A, Serdaroğlu M, Nacak B. 2016. Et ve Et Ürünlerinde Protein Oksidasyonu. *J Food Health Sci.*, 2(4): 171-183. doi: 10.3153/JFHS16018