



## Sous Vide Application Technology on Foods

Nuran Erdem<sup>1,a,\*</sup>, Mustafa Karakaya<sup>2,b</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Processing, Güzeşyurt Vocational School, Aksaray University, 68500 Aksaray, Turkey

<sup>2</sup>Department of Food Engineering, Faculty of Agriculture, Selçuk University, 42000 Konya, Turkey

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Review Article</i></p> <p>Received : 27/12/2019 Accepted : 19/06/2021</p> <p><b>Keywords:</b> Sous vide Meat products Vacuum Preservation method Pasteurization</p>	<p>Sous vide, French means “under vacuum” the method; comprises pasteurizing foods in a vacuum package in a water bath at fully controllable temperatures (<math>\leq 100^{\circ}\text{C}</math>). Sous vide is also an enclosure method. The product is consumed immediately after cooking or quickly re-heating between <math>0-3^{\circ}\text{C}</math> and can be stored for 3-5 weeks until consumption. With Sous vide technology, it is provided to prepare the product at the desired temperature and at the desired time without damaging the textures and quality features, without excessive drying of the outer surface. Meat, fish, chicken and vegetables can be cooked with this method. Meat and meat products prepared with sous vide technology are more delicious, juicy and crunchy and lose their nutrients at minimum level. Sous vide technology offers many advantages such as prolonging storage time, sensory quality and maintaining microbiological quality. Sous vide technology is reliable in many respects since the vegetative forms of bacteria in the food are inactivated by providing anaerobic environment with vacuum packaging and controlled temperature application.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 9(9): 1618-1630, 2021

## Gıdalarda Sous Vide Uygulama Teknolojisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Derleme Makale</i></p> <p>Geliş : 27/12/2019 Kabul : 19/06/2021</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Sous vide Et ürünleri Vacuum Muhafaza yöntemi Pastörizasyon</p>	<p>Sous vide, Fransızca “vakum altında” anlamına gelmekte olup yöntem; gıdaların vakum ambalajda, tam olarak kontrol edilebilen sıcaklıklarda (<math>\leq 100^{\circ}\text{C}</math>) su banyosu içinde pastörize edilmesini içermektedir. Sous vide aynı zamanda bir muhafaza yöntemidir. Pişirme işleminin ardından ürün hemen tüketilmekte veya <math>0-3^{\circ}\text{C}</math> sıcaklık aralığına hızlı bir şekilde soğutulularak tekrar ısıtma ve tüketim aşamasına kadar 3-5 hafta süreyle depolanabilmektedir. Sous vide teknolojisi ile ürünün tekstür ve kalite özelliklerine zarar verilmeden, dış yüzeyi aşırı kurumadan, istenen sıcaklıkta ve istenen sürede hazırlanması sağlanmaktadır. Bu yöntemle et, balık, tavuk ve sebzeler pişirilebilmektedir. Sous vide teknolojisi ile hazırlanan et ve et ürünleri hem daha lezzetli, sulu ve gevrek hem de bünyesindeki besin maddelerini minimum düzeyde kaybetmektedir. Sous vide teknolojisi, depolama süresinin uzatılması, duyu ve mikrobiyolojik kalitenin korunması gibi, birçok avantaj sağlamaktadır. Vakum ambalajla anaerobik ortam sağlanması ve kontrollü sıcaklık uygulaması ile gıdalarda bulunan bakterilerin vejetatif formları inaktive edildiği için Sous vide teknolojisi ile pişirme birçok açıdan güvenilir olmaktadır.</p>

<sup>a</sup> [nuran.erdem42@gmail.com](mailto:nuran.erdem42@gmail.com)

<sup>id</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7012-9251>

<sup>b</sup> [karakayam@hotmail.com](mailto:karakayam@hotmail.com)

<sup>id</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6663-9008>



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

## **Giriş**

Günümüzde güvenilir gıda elde edilmesi, gıdaların besleyici değerinin ve duyuşsal özelliklerinin korunarak raf ömrünün uzatılması, zamandan tasarruf edilmesi ve personel verimliliğinin artırılması gibi nedenlerle gıdaların daha uzun depolanabilmesi için yeni gıda muhafaza yöntemlerinin araştırılması oldukça önem taşıyan konular arasında yer almaktadır. Bununla beraber teknolojinin gelişmesi, ev dışında çalışanların artması, değişen yaşam tarzlarına bağlı olarak beslenme alışkanlıklarının değişmesi, yoğun iş temposu, uzun çalışma saatleri ve yemek hazırlama için ayrılan zamanın azalması tüketicileri daha kolay ve kısa sürede hazırlanan ancak besin öğeleri kaybolmamış, yüksek kaliteli ve uzun raf ömrüne sahip gıdalara yönlendirmiştir. Bu eğilimler gıda endüstrisinde karşılığını bulmuş ve üreticiler yarı hazır ve hazır gıda üretimi üzerine araştırmalarını yoğunlaştırmıştır. Bu bağlamda Sous vide teknolojisi gıda endüstrisinde, restoranlarda ve catering hizmetlerinde yerini almıştır.

Bir tür soğuk depolama tekniği olan “Sous vide” teknolojisi ile temel bilgi ve uygun cihazlar kullanılarak herkes tarafından sağlıklı ve lezzetli yiyecekler hazırlanabileceği düşünülmektedir (Espinosa ve ark., 2015; Roldán ve ark.; 2015). Sous vide, Fransızca “vakum altında” anlamına gelmektedir ve yöntem, gıdaların vakum ambalajda, tam olarak kontrol edilebilen sıcaklıklarda su banyosu içinde pastörize edilmesini içermektedir (Baldwin, 2012). Pişirme işleminin ardından ürün hemen tüketilmekte veya 0-3°C sıcaklık aralığına hızlı bir şekilde soğutulularak tekrar ısıtma ve tüketim aşamasına kadar 3-5 hafta depolanabilmektedir (Szerman ve ark., 2008; Baldwin, 2012). Sous vide teknolojisinde, tek başına çiğ materyal veya çiğ materyale lezzet verici maddeler (zeytinyağı, tuz, baharat, sos vs.) ilave edilerek oluşturulmuş ürün, ambalaj içerisinde vakumlandıktan sonra belirli bir sıcaklık (60-100°C) ve süre uygulanması sonucu (Gonzalez-Fandos ve ark., 2004) yiyeceğin içerisindeki mevcut sıvı korunarak pişirilmektedir. Bu yöntemle et, balık, tavuk ve sebzeler pişirilebilmektedir. Hatta bunların karışımından oluşan her tür yemek ön pişirme uygulandıktan sonra vakum paketlenip ısıtma işlemine tabi tutularak dayanıklı hale getirilebilmektedir (Coşansu ve Kıymetli, 2016). Sebzelerin renginin önemli düzeyde korunmasını sağlamak, ayrıca tatlılarda kullanılan elma, armut gibi meyveler de bu yöntemle pişirildiklerinde doğal renklerini korumakta ve okside olmamaktadır (Keller ve ark., 2008). Kolaylığı nedeniyle özellikle tren, uçak gibi ulaşım araçlarında hizmet veren catering sektörünün yanı sıra banket hizmeti veren otel, restoran gibi yiyecek içecek işletmelerinde de Sous vide teknolojisi yaygın şekilde tercih edilmektedir (Meyer, 2008).

Vakum altında pişirme yönteminin hazır yemek sektöründe ilk uygulamaları 1960'lara dayanmaktadır. 1971 yılında bir Amerikan şirketi tarafından yöntemin temel kavramlarının tanımlandığı bir patent alınmıştır (Schellekens ve Martens, 1993; Creed, 1998). Sous vide teknolojisinin öncüsü olarak bilinen ve bir Fransız şef olan George Pralus tarafından 1974 yılında kaz ciğerinin pişirilmesi sırasında %30-50 olan ağırlık kaybının en aza indirilmesinde yöntemin kullanılması sonucu ağırlık kaybının %5'e inmesi ile daha da fazla gelişme sağlanmıştır (Hesser, 2005). Gıda bilimciler 1990'lı

yıllardan beri Sous vide teknolojisi üzerine araştırmalar yapmaktadırlar (Jeong ve ark., 2018). Suyun basit bir yöntemle kaynatılmasından daha iyi sonuçlar elde edebilmek için, pişirme sıcaklığı ve zamanı kontrol edilebilen teknik ile (Haskaraca ve Kolsarıcı, 2013) ürünün vakum paket içerisinde aroması, lezzeti ve besleyici değerinin kaybolmadan pişirilmesine olanak sağlanmaktadır (Coşansu ve Kıymetli, 2016). Sous vide teknolojisi ile ürünün tekstür ve kalite özelliklerine zarar verilmeden, dış yüzeyi aşırı kurumadan, istenen sıcaklıkta ve istenen sürede hazırlanması sağlanmaktadır (Haskaraca ve Kolsarıcı, 2013). Sous vide teknolojisi ile vakumlu olarak pişirmenin en büyük amacı, su banyosunda verilecek ısınmın etkin olarak ete nüfuz etmesi olup, pişirme ve depolama esnasında ürünün tekrar kontamine olması ve oksidasyondan kaynaklanan kötü tat oluşumu önlenmektedir. Yöntemin tek olumsuz yönü, son derece uzun pişirme süresine sahip olmasıdır (Ivanovic ve ark., 2011; Haskaraca ve Kolsarıcı, 2013). Önceden pişirilmiş olan bir yemek Sous vide teknolojisi ile sadece ısıtılarak mikrobiyal kontaminasyona uğramadan tüketiciye sunulduğu ve bu sayede hem ürünün raf ömrünün arttırıldığı hem de servis süresi kısaldığı için özellikle hazır yemek endüstrisinde bu tekniğe önem verilmekte ve tekniğin geliştirilmesi için sürekli çalışmalar yapılmaktadır (Jang ve ark., 2006; Roldán ve ark., 2013).

## **Sous Vide Teknolojisi**

Temel olarak vakum paketlenmiş gıdaların bir su banyosu veya su sıcaklığı kontrol edilebilen bir düzenekte genellikle düşük sıcaklıklarda pişirilmesine dayanan Sous vide teknolojisi haşlama veya buharda pişirme yöntemlerinde karşılaşılan vitamin ve mineral kaybını minimum düzeye indirmesi ve ürünün lezzetinin geliştirilmesi açısından kullanımı gün geçtikçe artan bir yöntemdir (Baldwin, 2012; Mete, 2017). Salgın hastalıkların veri tabanı ve akademik çalışmalar incelendiğinde, Sous vide teknolojisi ile pişirilmiş ürünlerden kaynaklanan herhangi bir salgın hastalığa rastlanmamıştır (Baldwin, 2012).

Geleneksel pişirme yöntemlerinde görülen merkez ile yüzey arasındaki sıcaklık farkı Sous vide teknolojisi uygulanan ürünlerde görülmemektedir. Tam olarak kontrol edilebilen sıcaklık-süre parametreleri kullanıldığından ürünler istenilen pişmişlik seviyesinde (az, orta, çok ve çok iyi pişmiş) kolaylıkla hazırlanabilmekte ve bu kontrollü sıcaklık uygulaması sayesinde her zaman aynı kalite ve pişmişlik derecesinde ürün üretimi sağlanabilmektedir. Aynı zamanda tüketicilere, önceden ısıtma işlemi uygulanmış, çeşitli soslarla farklı lezzetler kazandırılarak istenen seviyede pişirilmiş, vitamin, mineral ve aromasını kaybetmemiş gıda ürünlerine istedikleri zaman ulaşabilme imkânı sunulmaktadır (Baldwin, 2012). Sous vide ile geleneksel pişirme yöntemleri arasında iki açıdan farklılık bulunmaktadır. Birincisi, çiğ ürünün ısıya dayanıklı ve gıdaya uygun plastik bir poşet içinde vakumlanarak pişirilmesi; ikincisi ise pişirme işleminin tam olarak kontrol edilebilen sıcaklıklarda uygulanmasıdır (Haskaraca ve Kolsarıcı, 2013). Bir tür pastörizasyon işlemi olan Sous vide teknolojisi ile gıdalar vakum ambalaj

içinde pişirildiğinden sıcaklık, pişirme esnasında gıdanın tamamına homojen olarak dağılmaktadır (ModernChef, 2019). Bu nedenle geleneksel pişirme yönteminde oluşan heterojen sıcaklık ve renk dağılımı Sous vide teknolojisinde gözlenmemekte ve gıdanın homojen pişmesini sağlamak amacıyla uygulanan karıştırma veya çevirme gibi işlemlere gerek duyulmamaktadır. Renk ölçümleri sonrasında uygulanan farklı ısı-zaman kombinasyonlarından “L\*” ve “b\*” değerleri etkilenebilir, en çok “a\*” parametresinin etkilendiği belirtilmiştir (Vaudagna ve ark., 2002).

Sous vide aynı zamanda bir muhafaza yöntemi olup, ısı işleminden sonra hızla soğutulan ürün uzun süre soğukta depolanabilmektedir (Coşansu ve Kıymetli, 2016). Vakum ambalajlama prosesi üretim basamaklarından yalnızca birisi olduğu için Sous vide, vakum ambalajlama tekniğinden ayrı bir başlıkta, düşük oksijenli paketleme tekniğinin alt kategorilerinden biri olarak nitelendirilmektedir. Dolayısıyla teknik, vakum ambalajlamadan farklı olarak vakum altında pişirme tekniği şeklinde tanımlanmaktadır (Yılmaz ve Bilici, 2014). Sous vide teknolojisinde gıda, sıcaklığa dayanıklı plastik poşetlerin içine konularak vakumlanmakta ve ağız kapatılmaktadır. Vakumlanmış poşet, sıcaklığı tam olarak kontrol edilebilen ve içinde su sirkülasyonu olan pişirme kabına konularak uygun sıcaklık-süre parametresine göre pişirilmektedir. Pişirme sonunda ürün sudan çıkartılarak doğrudan servis edilebildiği gibi ızgara veya tavada kızartılarak da servis edilebilmektedir.

Gıdaların muhafazasında kullanılan ısı işlemler, mikroorganizmaları öldürerek gıdayı mikrobiyolojik açıdan dayanıklı hale getirdiği gibi, gıdanın yapısında bulunan enzimleri de inaktif hale getirmektedir (Çaklı ve Kışla, 2003). Ayrıca bu teknik ile pişirilmiş hazır gıdalar mikrobiyal riske maruz kalmadan tekrar ısıtılarak rahatça kullanılabilir (Del Pulgar ve ark., 2012). Vakum poşeti ve vakum makinası kullanılarak gıdanın havayla temasının engellenmesi ve düşük ısıda (63-72°C) nispeten uzun süre pişirilmesi esasına dayanan bu teknik, pişen gıdalarda meydana gelen sıvı kaybını en az seviyeye indirerek daha sulu ve lezzetli ürünler elde edilmesini sağlamaktadır (Aksoy ve Üner, 2016). Sous vide teknolojisi ile ürün kalitesine yönelik vakum paketleme, pastörizasyon ve soğuk depolamanın olumlu etkileri birleştirilmekte ve böylece ürünün raf ömrü uzatılmaktadır (Mol ve Özturan, 2009).

Fransa’da kullanılmaya başlanmasının ardından Amerika, İngiltere, Kanada, Avustralya ve Güney Afrika’da yöntem olan ilgi her geçen gün artmıştır. Yemek hazırlamaya daha az vakit ayırma isteğinde olan çalışan anneler ve yalnız yaşayan çalışan kesim yöntemin pazar payının yükselmesinde etkili olmuştur. Potansiyel kullanıcıları; yemek şirketleri, gıda tedarikçileri, oteller, restoranlar, okullar, hastaneler, havayolu, demiryolu ve denizyolu ulaşım sistemleri, silahlı kuvvetler, sağlıklı gıda marketleri ve okullardır (Nyati, 2000). Günümüzde özellikle et ürünleri Sous vide ile daha düşük sıcaklıklarda ve daha uzun sürelerde pişirilerek lezzetin artırılması için denemeler yapılmaktadır (Del Pulgar ve ark., 2012). Yöntemde ürünün pişirilmesine yeterli olan en düşük sıcaklık değerleri uygulanmakta ve böylece yüksek sıcaklıkların ürüne verdiği zarar azalmaktadır. Diğer pişirme yöntemlerinde özellikle et ürünlerinde dışı çok

pişmiş içi az pişmiş hatta pişmemiş sonuçlar ortaya çıkabilirken Sous vide teknolojisinde homojen bir şekilde pişmiş ürünler ortaya çıkmaktadır (Keller ve ark., 2008).

### Sous Vide İşlem Basamakları

Son yıllarda gıda kalitesinin muhafazası ve raf ömrünün uzatılması amacıyla Sous vide teknolojisinin kullanımında oldukça fazla gelişme sağlanmıştır (Mol ve Özturan, 2009). Sous vide teknolojisi Pişir ve Servis Et (cook-serve / hold) ve Pişir ve Soğut (cook-chill / freeze) olarak iki farklı tüketim şekline sahiptir. Pişir ve Servis Et yöntemi genelde paketleme için hazırlama, vakum paketleme, ısıtma ve servis etme şeklinde uygulanmaktadır. Pişir ve Soğut yöntemi ise paketleme için hazırlama, vakum paketleme, ısıtma, hızlı soğutma, buzdolabı veya dondurucuda saklama, tekrar ısıtma ve servis etme şeklinde uygulanmaktadır (Baldwin, 2012). Pastörize edilmiş bu ürünler genelde Çizelge 1’de görülen sürelerde buzlu su banyosunda bekletilerek soğutulmaktadır (Schellekens ve Martens, 1993). Sous vide teknolojisiyle pişirmede en kolay ve en güvenli yöntem ürünlerin vakum ambalajlandıktan sonra pastörize edilip servis edilinceye kadar 50-55°C’de bekletildiği Pişir-Servis Et yöntemidir. Ürünün sıcak tutulması patojen mikroorganizmaların üremesini engellerken bu sıcaklıkta fazla bekletilen et ve sebzelere lapalaşma görülmektedir. Servis edilmeden önce ürünlerin sıcak şekilde ne kadar süre bekletilebilecekleri, ürüne ve bekletildiği sıcaklığa bağlıdır. İri doğranmış et parçaları 54.4°C’de 24-48 saat pişirilip bekletilebilirken birçok gıda maddesi sadece 8-10 saat bekletilebilmektedir (Baldwin, 2009).

### Sous Vide Teknolojisinde Kullanılan Ambalaj ve Ekipmanlar

Bir ambalajın en önemli görevi içindeki ürünü saklamak ve korumaktır. Bu nedenle paketlemede kullanılacak uygun engelleyici özelliğe sahip bir materyal, içindeki ürünle ve çevresi ile etkileşime girmemelidir. Çok az da olsa ambalaj içine oksijen girişi, ambalaj içinden karbondioksit çıkışı veya ürünün yapısından aroma maddelerinin çıkışı ürünün kalitesini bozacağı göz önünde bulundurularak ambalaj malzemelerin geçirgenlik özellikleri dikkate alınmalıdır (Bozoklu, 2008). Sous vide pişirilmiş ürünlerin kalitesi, pazarlanması ve tüketiciye ulaştırılması üzerine uygulanan vakum, pastörizasyon, soğukta depolama koşulları ile birlikte yeterli ve fonksiyonel bir ambalaj kullanımının da etkisi büyüktür. Gıda endüstrisinde ambalajlamada önceleri metal ve cam malzemeler kullanılmaktayken günümüzde bu malzemelerin yerini alan otoklavlanabilen esnek poşetler tüketim için işlem kolaylığı ve ürün için güvenlik sağlaması yanında maliyeti düşürmekte, ürün satışı, taşıma ve depolamasını kolaylaştırmaktadır (Bozoklu, 2008; Santana vd., 2011). Ambalajlamada en çok kullanılan polimerler poliolefinler (PP, PE), polistiren, polivinil klorid (PVC) ve polietilen terafitalattır (PET) (Bozoklu, 2008). Otoklavlanabilir poşetlerin daha dayanıklı hale getirilmesi için poliester film, alüminyum merkezli poliamid ve polipropilen birleştirilerek 100 µm kalınlıkta lamine filmler oluşturularak bu filmlerden yapılan poşetler de gıda muhafazada kullanılmaktadır

(Santana ve ark., 2011). Sous vide işlemleri uygulama sırasında, gıdanın vakumlu pişirilmesinde kullanılan ambalaj gereçleri gıdaya uyumlu, ince, esnek ve gaz geçirgenliği düşük, yüksek sıcaklıklarda bile gıdaya polimer madde migrasyonu en az seviyede olan materyaller olmalıdır (Bıyıklı, 2015). Buna ek olarak ambalaj materyali uygulanan vakum ve sıcaklıktan etkilenmemeli, yırtılma ve bozulmaya karşı dayanıklı olmalıdır (Yan, 2011). İnce ve esnek yapıya sahip ambalaj materyalleri metal konserve ambalajlara göre gıdaya uygulanan ısıtma ve soğutma işleminin etkinliğinin daha verimli olmasını sağlamaktadır (Bıyıklı, 2015).

Sıcaklık Sous vide teknolojisinde dikkate alınması gereken tek kritik parametredir. Çünkü pişirme süresi, nihai sonuçlarda sadece duyu kalite açısından değil aynı zamanda gıda güvenliği açısından da önemli bir rol oynamaktadır (Caporaso ve Formisano, 2015). Bu uygulamada kullanılan yöntemlere özgü ekipmanlar; Sous vide ekipmanı, vakum makinesi ve vakum torbasıdır. Sous vide ekipmanı hassas sıcaklık kontrollü bir sirkülasyon ile ayarlanan özel haznesi bulunan bir ekipmandır. Vakum torbası; vakumlama işlemi yapmak için gıdaların renk, tat ve kokularını koruyan, daha sulu ve taze kalmasını sağlayan ve besleyici değerlerini koruyan özel olarak üretilmiş bir torbadır. Vakum ekipmanı; vakum torbasında veya bir kap içerisinde bulunan yiyeceklerin bulunduğu ortamdaki havayı çeken ve torbanın ağızını mühürleyerek kapatan ekipman (Özel, 2018) olup, Sous vide teknolojisinde yardımcı bir cihazdır. Pişirme işlemi için su banyosu veya buhar konveksiyonlu fırınlar kullanılabilir. Ancak 0.05°C gibi düşük sıcaklık değişimlerinde bile gıdanın her yerinin eşit miktarda ısınmasını sağlayabilen su banyosu buhar fırınlarının önüne geçmektedir. Buharlı fırınlar çok doldurulduğunda homojen ısınmayı sağlamak güçleşmektedir (Yan, 2011).

### Sous Vide Teknolojisinde Mikrobiyolojik Riskler

Gıdaların işlenmesindeki temel amaç; en yüksek niteliği, en iyi beğeniyi ve aynı zamanda en düşük patojen riskli ürünü elde etmektir. Zararlı mikroorganizmaların kontrol altına alınmasında asitler, tuzlar ve bazı baharatlardan yararlanılabilirse de vakum paketlenmiş pişirilerek hazırlanan gıdalarda daha çok sıcaklık faktörüne güvenilmektedir (Rybka-Rodgers, 2001). Sous vide teknolojisinde pişirme ve/veya paketlenme aşamalarında teknik ve hijyenik yetersizliklere bağlı olarak sekonder kontaminasyonların oluşabileceği, ayrıca belirtilen muhafaza koşullarına uyulmaması, herhangi bir nedenle paketlerin delinmesi veya yırtılması gibi durumlar sonucunda ürün mikrobiyal kontaminasyona maruz kalabilmektedir (Vaudagna ve ark., 2002). Vakum paketlenme sırasında ortamda bulunan havanın çoğu uzaklaştırılmaktadır. Bu nedenle aerobik mikroorganizmalar ve iplikli mantarlar büyüyememektedirler. Geride kalan aerobik mikroorganizmalar da ortamda kalan havayı hızlı bir şekilde kullanarak tüketmekte ve pişirme işlemi ile etkisizleştirilmektedir. Sonuçta ortaya çıkan bu havasız ortam fakültatif zararlı bakteriler (örneğin *Listeria*, *Salmonella*, *Yersinia* ve *Stafilokoklar*) ve proteolitik olmayan (psikrotrofik) *C. botulinum* sporları gibi anaerobik mikroorganizmaların büyüme ve gelişimi için uygun ortam oluşturmaktadır. Bu mikroorganizmaların

inaktivasyonu için yeterli bir sıcaklık uygulaması veya pişirme işlemi gerekmektedir (Tansey ve Gormley, 2005).

Sous vide teknolojisi ile hazırlanan gıdaların her ne kadar güvenli olduğu kabul edilse de pastörizasyonda iç sıcaklığın güvenilir dereceye ulaştığı, depolama esnasında iç sıcaklığın güvenilir derecede düştüğü ve Botulizm açısından güvenli olduğu kontrol edilmelidir (Betts ve Gaze, 1995; Baldwin, 2012). Sous vide uygulayarak pişirilen gıdaların mikrobiyolojik güvenliği üzerine yapılan çalışmalarda, genellikle Botulizm tehlikesi üzerinde durulmaktadır (Rinaldi ve ark., 2014). Özellikle gıda kaynaklı patojenlerden olan *C. botulinum* hem psikrotrof hem de anaerob olmasından dolayı Sous vide uygulanmış ürünlerde en önemli mikrobiyal tehlike olarak kabul edilmektedir (Baldwin, 2009). Sous vide teknolojisinin uygulandığı ürünlerde *C. botulinum* ile ilgili olarak mikrobiyolojik güvenliğin sağlanabileceği bildirilmişse de (Mol ve Özturan, 2009), pastörizasyon için uygulanacak süre ve sıcaklık doğru seçilmez veya yanlış uygulanırsa Clostridium tip A, B ve E'nin gelişimi ve bunların toksin oluşturabilme riski bulunmaktadır (Mol ve Özturan, 2009; Hecer, 2012; Yılmaz ve Bilici, 2014). Çubuk şeklinde, spor oluşturabilen ve 3°C'de büyüyerek toksin oluşturma kabiliyetine sahip *C. botulinum*'un gelişimi için vakum ambalaj uygun bir ortam sağlamaktadır. Isıl işlem sırasında canlı kalan sporları uygun koşullar oluştuğunda hızla vejetatif forma dönüşebilmektedir. 1 mikrogramı bile sağlıklı bir insanı öldürmeye yetecek Botulin toksini üreterek zehirlenmeye neden olabilmektedir (Betts ve Gaze, 1995; Baldwin, 2012). İngiltere Gıda Standartları Ajansı (UKFSA)'na göre; en büyük mikrobiyal riskin psikrotrof non-proteolitik *C. botulinum* olduğu bildirilmiştir. Bu riskin minimize edilebilmesi için uygulanan sıcaklık-süre kombinasyonlarının kontrol altında tutularak etkin pişirme uygulanması, uygun sıcaklıklarda depolama ve tüketime kadar soğuk zincirin kırılmaması noktasında da dikkatli olunması gerekmektedir (Hecer, 2012; Yılmaz ve Bilici, 2014). *C. botulinum* sporlarının tekrar üremesini ve ölümcül nörotoksinlerini salgılamasını engellemek için gıda soğutma işleminin ardından ya dondurulmuş olarak veya aşağıda belirtilen sıcaklık ve sürelerde muhafazası gerekmektedir:

- 2,5°C'nin altında 90 güne kadar,
- 3,3°C'nin altında 31 güne kadar,
- 5°C'nin altında 10 güne kadar,
- 7°C'nin altında 5 güne kadar.

Gıdalarda *C. botulinum* popülasyonunda 6D düzeyinde azalma sağlamak için aşağıda belirtilen ısıl işlemlerin uygulanması gerekmektedir:

- 75°C'de 520 dakika,
- 80°C'de 75 dakika,
- 85°C'de 25 dakika,

Bu ısıl işlemlerin uygulanması sonucunda gıdalarda *Bacillus cereus* gelişimi gözlenmemekte ve 4°C altında uzun süre muhafaza edilebilmektedir (Baldwin, 2009). *B. cereus* suşlarının çoğu 10-15°C'nin altında gelişmemektedir. Bununla birlikte 4-6°C'de depolanan bazı gıdalardan yalıtılmış psikrotrofik toksin üreten suşları bulunmaktadır.

Bu suşlar orta derecede ısı ile işleme üretilen ve soğukta depolanan vakum paketli pişirilmiş ürünlerde tehlike oluşturacağından üretim aşamasında dikkate alınmalıdır. Vakum paketlenen ve soğuk depolanan (5°C) vakum paketli pişirilmiş Morina filetolarında birkaç psikrotrofik suş dışında *B. cereus*'ü kontrolünde soğutmanın etkili olduğu tespit edilmiştir (Huss ve ark., 2004).

Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı tarafından *Escherichia coli* O157:H7'yi inaktive etmek için önerilen sıcaklık olan 71°C'nin altında gerçekleştirilen pişirme işleminin et için mikrobiyal bir risk içerdiği belirtilmektedir (Suman ve Poulson 2013). Farklı sıcaklıklarda (iç ısı 59°C'ye gelene kadar açıkta pişirme; 39°C'de 1 saat, 49°C'de 1 saat, 59°C'de 4 saat vakumla pişirme) Sous vide teknolojisiyle pişirilen et örneklerindeki *Pseudomonas*, *B. thermosphacta* ve Laktik asit bakterileri, *Enterobacteriaceae* ve *E. coli* düzeylerini belirlemek üzere yapılan bir çalışmada, çiğ ürünle kıyaslandığında toplam aerob bakteriler ve laktik asit bakterileri özellikle 59°C ve üzeri uygulamalarda önemli düzeyde düşük bulunurken, 39°C ve 49°C'lik sıcaklıklarda pişirilen et örneklerindeki *E. coli* düzeyindeki düşüş ise daha sınırlı düzeyde tespit edilmiştir (Wang ve ark., 2017).

Sous vide teknolojisiyle üretilmiş Macar gulaş yemeğinde, başlangıçta ve depolama periyotları boyunca toplam aerobik mezofilik bakteri, *Enterobacteriaceae*, *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes* ve *Clostridium perfringens* tespit edilememiştir. 2°C'de 20 günlük depolama süresince risk oluşturan patojen mikroorganizmaların varlığına rastlanmadığı, dolayısıyla uygun Sous vide teknolojisi ile üretilen yemeklerin depolama sürelerinin 20 güne kadar uzayabileceği tespit edilmiştir (Yılmaz, 2014).

*L. monocytogenes*; Sous vide teknolojisiyle pişirilmiş ürünlerde görülebilecek ısıya en dayanıklı patojendir ve buzdolabı sıcaklıklarında bile üreme yeteneğine sahiptir (Baldwin, 2009). Sous vide hafif işleme prosedürüyle, gıdaların kendine özgü besleyici kalitesini ve mutfak değerini korumaktadır. Bununla birlikte *L. monocytogenes* gibi zararlı patojenler soğutma sıcaklıklarında anaerobik

koşullar altında üreme potansiyeline sahiptir. Dolayısıyla Sous vide teknolojisi ile pişirilmiş ürünlerde bir sağlık riski oluşturmaktadır (Mete, 2017). *Clostridium perfringens*, ısıya dayanıklı toksin üreten *B. cereus* ve *Staphylococcus aureus* da Sous vide ürünlerde tehlike oluşturan bakterilerdendir. Özellikle *Clostridium perfringens*, yanlış sıcaklık-süre uygulaması ve hızlı soğutma işleminin yapılamaması sonucu, Sous vide teknolojisi uygulanan etlerde gelişimi en uygun olan bakteri olarak belirtilmiş ve raf ömrünün uzatılması için kimyasal koruyucuların ilavesi tavsiye edilmiştir (Rinaldi ve ark., 2014).

Bazı mikroorganizmalar yüksek sıcaklığa karşı duyarlıyken bazı mikroorganizmalar ise yüksek sıcaklığa dayanıklılık göstermektedir. Sous vide teknolojisiyle pastörizasyon işlemi sırasında elimine edilemeyen sıcaklığa dayanıklı mikroorganizmalar depolama esnasında uygun depolama sıcaklığının sağlanamaması durumunda gıdada üreyerek tehdit oluşturmaktadır. Sıcaklık-süre uygulamasının önemi Sous vide teknolojisiyle gıda güvenliği açısından son derece önemli olduğu için sıcaklık-süre değerlerinin belirlenmesinde spor oluşturan mikroorganizmaların elimine edilebileceği ve psikrofil mikroorganizmaların üreyemeceği sıcaklık değerlerinin seçilmesi mikrobiyolojik kaliteyi ve depolama süresini etkilemektedir. Çizelge 2'de bazı mikroorganizmaların elimine edilebilmesi için gerekli olan sıcaklık-süre normları verilmiştir (Schellekens ve Martens, 1993).

Sous vide teknolojisiyle üretimde %3-10 konsantrasyonda kullanılan tuz ve bazı baharatların mikroorganizma inaktivasyonunda ve özellikle *C. botulinum* inaktivasyonunda etkinliği olduğu bildirilmiştir (Baldwin, 2012; Shakila ve ark., 2009; Galimpin-Johan ve ark., 2007). Sous vide teknolojisi ile üretilen ürünlerde anaerobik ortam sağlanması ile aerobik bakteri gelişimi engellenebilmektedir. Ancak düşük sıcaklıklarda gelişebilme özelliği gösteren *L. monocytogenes*, enterotoksijenik *E. coli* ve spor oluşturan *B. cereus* gibi patojenler, üretim sırasında canlı kalırsa, anaerobik muhafaza sırasında gelişme gösterebilmektedirler (Baldwin, 2012).

Çizelge 1. Bazı ülkelerde pişmiş gıdayı soğutma ve depolamaya ilişkin yasal düzenlemeler

Table 1. Legal regulations on cooling and storage of cooked food in some countries

Ülkeler	Sıcaklık Aralığı (°C)	İstenen Sıcaklığa En Fazla Ulaşma Süresi (Saat)	Depolama Sıcaklığı (°C)
Danimarka	65'ten 10'a	3	<5
Fransa	70'ten 10'a	2	0-3
Batı Almanya	80'den 15'e	2	<2
İsveç	80'den 8'e	4	<3
İngiltere	70'ten 3'e	2	0-3

Çizelge 2. Sıcaklığa dirençli bakteri ve sporlarını elimine edebilmek için gereken sıcaklık-süre normları

Table 2. Temperature-time norms required to eliminate temperature-resistant bacteria and spores

Mikroorganizmalar	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)
<i>Campylobacter jejuni</i>	55	0.74-1
<i>Brucella spp.</i>	65.5	0.1-0.2
<i>Salmonella spp.</i>	65.5	0.02-0.25
<i>Staphylococcus aureus</i>	65.5	0.2-2.0
<i>Listeria monocytogenes</i>	66.1	16.7-16.9
Maya ve Küf	65.5	0.5-3.0
<i>Clostridium perfringens</i>	100	0.3-20.0
<i>C. botulinum</i> Tip A ve proteolitik Tip B	100	50.0
<i>C. botulinum</i> Tip E ve non-proteolitik Tip B	80	1.0

## **Sous Vide Teknolojisinin Avantaj ve Dezavantajları Avantajları**

- Sous vide teknolojisinde vakum paketlemenin ardından ısı işlem ve soğuk depolama yapılması, böylece bu üç işlemin olumlu etkilerinin bir araya getirilmesi, ürünün kalitesi ve raf ömründe artış sağlamaktadır (Armstrong ve McIlveen, 2000).
- Vakum paketleme sayesinde gıdanın oksijenle teması kesilerek aerobik bakterilerin gelişimi önlenmektedir (Yan, 2011; Aucoin, 1997; Baldwin, 2012; Haskara ve Kolsarıcı, 2013), gıdaların depolanması sırasında oluşabilecek bulaşılardan korunmakta, kötü koku ve tat oluşumuna neden olan oksidatif reaksiyonlar engellenmektedir. Bu sayede gıdaların raf ömrü uzamaktadır (Yan, 2011; Aucoin, 1997; Baldwin, 2012).
- Geleneksel yöntemlere göre Sous vide teknolojisinde pişirmenin tam olarak kontrol edilebilen sıcaklıklarda uygulanması pişme derecesi üzerine büyük bir kontrol edilebilirlik ve tekrar üretilebilirlik sağlamaktadır (Norén ve Arnold, 2009; Keller ve ark., 2008).
- Sous vide uygulanan sebzelerdeki vitaminler, pişirilip servis edilen ve pişirilip soğutulan sebzelere göre daha iyi korunabilmektedir (Creed, 2001).
- Sous vide uygulaması 100°C'nin altındaki nemli pişirme ve %25-40 olan geleneksel pişirmedekinin aksine %5-10 gibi düşük bir ağırlık kaybına bağlı olarak özellikle etlerde gevreklik, sululuk ve iyi bir tekstür sağlamaktadır (Armstrong ve McIlveen, 2000).
- Pişirme esnasında başında beklenmesine ihtiyaç yoktur (Haskara ve Kolsarıcı, 2013).
- Gıdaya direkt ulaştığı için ısı kaybı azdır (Yan, 2011; Aucoin, 1997; Baldwin, 2012).
- Vakum paketleme ile oksidasyona bağlı lezzet kayıpları ve lezzet veren uçucu bileşen kayıpları önlenerek gıdaların lezzeti artmaktadır (Armstrong ve McIlveen, 2000). Böylece gıdaya eklenecek aroma maddelerinin miktarı minimuma indirildiği için ekonomik açıdan da fayda sağlamaktadır (Yan, 2011; Aucoin, 1997; Baldwin, 2012).
- Kontrol edilebilen sıcaklık-süre uygulaması sonucu gıdanın güvenilir hale getirilmesi için çok iyi pişirilmesine gerek kalmamakta ve gıda düşük sıcaklıkta pastörize edilerek güvenilir hale getirilebilmektedir (Baldwin, 2010).
- Geleneksel catering uygulamalarında ürün pişirilip donma veya soğuma noktasından sonra tek tek veya porsiyonlara bölünüp paketlenmekte, ancak bazı uygulamalarda hermetik olarak kapatılmamaktadır. Sous vide teknolojisinde, kapalı bir vakum pakette kontrol altında olan ve izlenebilen yüksek kaliteli hammadde kullanılarak üretimi gerçekleştirilen bu sebeple de çok iyi duyuşsal ve yüksek besleyici değere sahip ürün elde edilmektedir (Creed, 2001).
- Ürünün tekstür ve kalite özelliklerine zarar vermeden, dış yüzeyi aşırı kurumadan, istenen sıcaklıkta ve sürede hazırlanması sağlanmaktadır (Yan, 2011; Aucoin, 1997; Baldwin, 2012; Haskara ve Kolsarıcı, 2013). Isının sudan gıdaya verimli transferi ve ürünün tamamının homojen bir ısıya maruz kalarak en dışından merkezine kadar aynı sıcaklıkta olması, taze ürünün

karakteristik özelliklerine çok yakın, geleneksel pişirmeye oranla daha nemli ve gevrek bir ürün elde edilmesini sağlamaktadır (Yan, 2011; Aucoin, 1997; Baldwin, 2012).

- Etik, çevresel, sağlık sorunları veya dini sebeplerden ötürü hazır yemeklerin güvenilirliğinden emin olmak isteyen kişiler kontaminasyon riskinin ortadan kalkmış olmasına dikkat etmektedir. Vakum paketleme sayesinde vejeteryanlar Sous vide yiyeceklerin paketlemeden itibaren hiçbir et ürünü ile temas etmediğinden, organik gıda tüketenler organik olmayan gıda maddelerinin karışmadığından emin olabileceklerdir. Bu durum inanç hassasiyetine sahip kişiler için de geçerlidir (Creed, 2001).
- Sous vide ürünlerin, yüksek besin maddesi içeriğine sahip, taze kalabilen ve koruyucu ilavesine gerek olmaması sebepleri ile çok ciddi bir pazarlama potansiyeli bulunmaktadır (Armstrong ve McIlveen, 2000).
- Isıl işlem ile mikrobiyal yük inhibe edilebilmektedir (Haskaraca, 2017).
- Sous vide ürünler depolamada daha az yer kaplamaktadır (Haskaraca, 2017).
- Aynı miktar ürün hazırlanmasında daha az iş gücü gerekmektedir (Haskaraca, 2017).
- İstenen porsiyonda ürün üretimine olanak sağlamaktadır (Haskaraca, 2017).
- Ortama daha az koku yayılmaktadır (Haskaraca, 2017).
- Uygulanan işlem basamakları pratiktir (Özturan, 2009),
- Et, tavuk ve balık gibi soğukta depolanan ve bozulmaya karşı hassas olan ürünlere uygulanabilmektedir (Özturan, 2009).

## **Dezavantajları**

- Ön işlem süresi uzundur (Aucoin, 1997; Baldwin, 2012).
- Minimum katkı maddesi kullanıldığı hatta bazı ürünlerde hiç katkı maddesi kullanımı olmadan üretim yapıldığı için mikrobiyal gelişme olabilmektedir. Bazı Sous vide ürün formüllerinde tuz bile kullanılmamaktadır (Aucoin, 1997; Baldwin, 2012).
- Ürünler düşük sıcaklıklarda pişirildiğinden hatalı sıcaklık ve süre kombinasyonları uygulandığında mikrobiyal risk çoğalabilmektedir (Aucoin, 1997; Baldwin, 2012).
- Vakumlama ile ürünün bulunduğu ambalajdaki oksijen yok edildiğinden anaerobik bir ortam oluşmakta ve ürün doğru koşullarda depolanmazsa anaerobik ortamlarda gelişen gıda kaynaklı patojenler oluşabilmektedir (Aucoin, 1997; Baldwin, 2012).
- Et ürünlerinde ısı işlem sırasında üründen ayrılan sıvının ambalaj içinde alıkonması nedeniyle istenmeyen bir görüntü oluşabilmektedir (Aucoin, 1997; Baldwin, 2012).
- Sous vide teknolojisinde pişirme için gerekli ekipmanlar her mutfakta bulunmayabilmektedir (Mol ve Özturan, 2009).
- Vakum paketleme ve pastörizasyon uygulamalarında kullanılan alet-ekipman ve ambalajlar işletmeye ek maliyet getirmektedir (Mol ve Özturan, 2009; Altuntaş, 2012).

- Sıkı bir soğuk zincir takibi gerekmektedir (Mol ve Özturan, 2009; Altuntaş, 2012).
- Bazı ürünlerde oluşması istenen Maillard reaksiyonları düşük sıcaklık uygulaması nedeni ile oluşmamaktadır (Haskaraca, 2017).
- Düşük sıcaklıkta uzun süre pişirme işlemi Sous vide teknolojisinin kullanıldığı mutfaklarda uzun zaman alabilmektedir (Haskaraca, 2017).
- Aşırı vakumun neden olduğu şekil kaybı gıda deformasyonuna neden olmaktadır (Caporaso ve Formisano, 2015).
- Pişirme süresinin uzun olması, kollajen çözünürlüğüne sebep olmaktadır ve bu da daha fazla jelatin oluşumuna ve et sertliğine neden olmaktadır (Palka, 2003).

### Sous Vide Teknolojisinin Gıdaların Raf Ömrü Üzerine Etkileri

Sous vide ürünlerde beklenen raf ömrü ve duyu kalitenin sağlanabilmesi için nitelikli formülasyonların geliştirilmesi önemlidir (Doğruyol Tanrıverdi, 2013). Tüketiciler artık görünüş ve nitelik bakımından taze ürüne en çok benzeyen ve çok az işlem görmüş ürünleri tercih etmektedir. Bu nedenle son on yıl içerisinde hem gıda endüstrisinde hem de akademik alanda gıdaların işlenmesi ve korunmasında alternatif teknolojilerin araştırılması ve uygulamaya konulması ile ilgili çalışmalar önem kazanmıştır (Balpetek, 2013). Soğuk depolamada ürünlerin raf ömrünü önemli oranda artırması, Sous vide teknolojisini diğer pişirme/pastörizasyon yöntemlerinden ayıran en belirgin özelliğidir (Haskaraca, 2017). Çiğ materyaldeki başlangıç mikroorganizma yükü, işleme sırasında bulaşabilecek mikroorganizmalar ve soğuk zincir Sous vide ürünlerin raf ömrü boyunca güvenliğini belirleyici faktörlerdir. Gıdanın güvenliğini artıracak faktörler ise doğru ısıl işlem ve ambalajlama teknolojisinin kullanılmasıdır (Aucoin, 1997). Sous vide teknolojisinde kullanılan sıcaklık-süre parametreleri birçok vejetatif hücrenin öldürülerek inhibe edileceği düzeyde olduğundan Sous vide teknolojisinin raf ömrünü uzatma üzerine en önemli etkisi mikrobiyal inaktivasyondur. Vakum ambalajlanan ürüne ısıl işlem uygulanması ile vejetatif hücrelerin büyük çoğunluğunun inhibe edilmesi ve ürünün mikrobiyal yükünün azaltılması sağlanırken; vakum ambalaj sayesinde tekrar bulaşmaların engellenmesi ve depolama esnasında aerobik bakteri gelişiminin baskılanması sağlanmaktadır. Böylece raf ömrü süresince üründe mikrobiyal güvenlik sağlanmış olmaktadır. Sous vide teknolojisi uygulanmış ürünlerin mikrobiyal yüklerinin önemli oranda azaldığına dair birçok çalışma bulunmaktadır (Sebastiá ve ark., 2010; Can ve Harun, 2015; Naveeba ve ark., 2016).

Oksidasyon gıdaların raf ömürlerini sınırlayan en önemli faktörlerden biridir. Sous vide ürünler vakum ambalaj içerisinde olduğundan ısıl işlem ve depolama sırasında oluşabilecek lipid oksidasyonu engellenmekte ve oksidasyondan kaynaklanan kötü koku oluşumunu sınırlandırmaktadır (Naveeba ve ark., 2016). Sous vide üründe vakum paketleme sayesinde oksidasyon önlediği için gıdanın raf ömrü uzatılmış olmaktadır. Pişirme sırasında ısının sudan gıdaya verimli bir şekilde transfer edilmesi ve ürünün tamamının homojen bir ısıya maruz kalması sonucunda raf ömrü daha uzun olan bir ürün elde edilmektedir

(Baldwin, 2012). Sous vide teknolojisi ile ilgili yapılan çalışmalar genellikle ürünlerde ortaya çıkan mikrobiyal gelişme ve raf ömürlerini belirleme üzerine odaklanmıştır (Güçlü, 2018). Duyusal kalite bakımından raf ömrü, mikrobiyal kalite bakımından raf ömrüne göre daha kısadır. Depolamanın daha erken safhalarında mezofilik, psikrotrofik aerobik bakteri ve trimetilamin nitrojen değerleri sınırlarını aşmamış olmasına karşın duyu testlerinden düşük puan alabilmektedir (Jang ve Lee, 2005; Coşansu ve ark., 2011).

### Ürünlerin Duyusal ve Tekstürel Özellikleri Üzerine Etkileri

Bir ısıl işlem olan pişirme ile gıda üzerinde çeşitli değişiklikler meydana gelerek yenilebilir hale gelmektedir. Bu değişikliklerin bazıları çok hızlı bir şekilde oluşurken bazıları ise yavaş bir şekilde meydana gelmektedir. Geleneksel pişirme yöntemlerinde gıdayı kaynama noktasının altında uzun süre tutabilecek ve bu sayede gıdadaki yavaş değişimlerin de önem kazanacağı sistemler mevcut olmadığından çoğu geleneksel pişirme yönteminde sadece gıdada meydana gelen hızlı değişimler önemlidir. Gıdanın pişirilmesi sırasında gıdada meydana gelen hızlı ve yavaş değişimlerin bir arada gözlemlenebileceği bir yöntem olarak Sous vide teknolojisi öne çıkmaktadır (Baldwin, 2012).

Düşük sıcaklıkta uzun süre Sous vide teknolojisinde pişirilmiş etlerdeki en büyük farklılığın etin tekstüründe görüldüğü belirtilmektedir. Sous vide ürünlerde pişirme sıcaklığı ve süresi çok önemlidir. Isı uygulaması, etteki fibrillerin kısalması, protein denatürasyonu ve kollajen dokunun çözünmesi gibi etkilere neden olmaktadır. İleriki aşamalarda ise çoğunlukla miyofibriller proteinlere etki ederek sertliğin azalmasını ve gevrekliğin artmasını sağlamaktadır. Sous vide pişirmeyle düşük sıcaklıklarda uzun süre pişirilen etlerde kollajen doku yüksek oranda çözündüğünden jelatin oluşumu meydana gelmekte ve ette sertliğin azaldığı gözlenmektedir. Bu değişim memeli hayvan kas dokularında yaklaşık 65°C civarında, miyofibriller dokunun koagülasyonu ise 70-80°C civarındaki sıcaklıklarda gerçekleşmektedir. Bu yüzden de Sous vide teknolojisinde pişirme işlemindeki düşük sıcaklıklarda miyofibriller proteinlerin koagülasyonu daha az olmaktadır. Miyofibriller protein koagülasyonu ette sertliğin oluşmasındaki en büyük etkenlerden biri olduğundan Sous vide teknolojisi ile pişen etler daha yumuşaktır (Del Pulgar ve ark., 2012; Roldán ve ark., 2013). Ayrıca Sous vide teknolojisi ile ürünlerin dış yüzeyi aşırı kurumadan, tekstür ve kalite özelliklerine zarar verilmeden ürün hazırlanmaktadır. Sous vide teknolojisi ile pişirilen etin (*M. semitendinosus* kası) tekstürel özelliklerinin belirlendiği bir çalışmada etlerin yumuşaklık açısından özellikle yaşlı insanların tüketimi için çok uygun olduğu bildirilmiştir (Botinestean ve ark., 2016).

### Sous vide Teknolojisinin Besin Bileşenleri Üzerine Etkisi

Sous vide teknolojisinin temelini, besin bileşenlerinin kayba uğramasını önleyecek şekilde vakumlanarak düşük sıcaklıkta su banyosunda veya buhar ile uzun süre ısı uygulanması oluşturmaktadır (Çetinkaya ve ark., 2015; Aksoy ve Üner 2016). Geleneksel pişirme yöntemlerinde yüksek sıcaklık nedeniyle yapısı bozulan veya sızma ya da oksidasyonla kayba uğrayan vitamin vb. besin öğeleri Sous vide teknolojisinde ılımlı ısıl işlem nedeniyle daha az

zarara uğramakta ve ürün içinde veya paket içinde kalan sıvıda tutulmaktadır (Armstrong, 2004). Hazır yemeklerin duysal ve besleyici niteliği temelinde etlerde, kümes hayvanlarında, balıklarda, sebze ve meyvelerde araştırmalar yapılmış, soğuk depolanmış vakum paketlenmiş ürünler ile geleneksel pişir-soğut yöntemi ile hazırlanmış ürünler arasında dokusu, aroması ve görünümünde önemli farklar olduğu bildirilmiştir (Tansey ve Gormley, 2005). Sous vide teknolojisinde, pişirme işleminin vakumlu paketlerde uygulanması gıdada nem ve aroma kaybını önlemekte ve oksidasyon görülme riskini elimine etmektedir (Yılmaz ve Bilici, 2014).

Klasik pişirme yöntemine göre vitaminlerde daha az bozulmaya neden olduğu çalışmalarda belirtilmektedir (Coşansu ve Kıymetli, 2016). Kullanılan vakum poşetleri geleneksel yöntemlere göre et ve sebze yemeklerinde vitaminlerin korunması bakımından A, B, C ve E vitaminleri için daha etkili olmaktadır (Tansey ve Gormley, 2005). Yapılan bir çalışmada klasik yöntemle pişirilen etlere kıyasla, Sous vide teknolojisiyle pişirilen domuz etinde B1, B2 ve B6 vitaminlerinin daha fazla tutulduğu ve vitaminlerin bozunmasını etkileyen en önemli parametrenin etin iç sıcaklığı olduğu bildirilmiştir (Lassen vd., 2002). Haşlama ile pişirilen kırmızı lahanada

antosiyanın kaybının Sous vide teknolojisi ile pişirilenlere göre iki kat daha fazla olduğu ve daha fazla kayıp olmasının başlıca nedeninin haşlama suyuna sızma olduğu belirtilmektedir. Diğer bir ifadeyle Sous vide teknolojisi ile pişirmede antosiyanın kaybı önemli oranda azalmaktadır. Kaynar suda haşlama ve cook-vide (paketlenmemiş ürünün vakumlu ortamda pişirilmesi) yöntemleri ile karşılaştırıldığında Sous vide teknolojisinin mor patateslerde antosiyanın içeriğini muhafaza etmede etkili yöntem olduğu saptanmıştır (Iborra-Bernad ve ark., 2015).

Sebzelerin uçucu bileşen kompozisyonunda meydana gelen değişimler son ürünün duysal kalitesini etkilemektedir. Uçucu bileşiklerden özellikle terpenlerde Sous vide teknolojisi ile pişirmede daha az kayıp meydana geldiği ve Sous vide teknolojisi ile pişirilen havuçların buharda pişirilenlere göre orijinal çiğ havuç aromasının daha iyi korunduğu tespit edilmiştir (Rinaldi ve ark., 2013). Brokoli, havuç ve yeşil fasulye gibi sebzelerle yapılan çalışmalar genellikle Sous vide teknolojisinin C vitamini içeriğinde pişirme ile meydana gelen kayıpları azalttığı ve diğer pişirme yöntemlerine göre daha az kayba yol açtığını ortaya koyduğu Çizelge 3’de görülmektedir (Coşansu ve Kıymetli, 2016).

Çizelge 3. Sous vide teknolojisinin çeşitli sebzelerin C vitamini içeriği üzerine etkisi

Table 3. The effect of sous vide technology on vitamin C content of various vegetables

Sebze	Sous vide pişirmenin C vitamini üzerine etkisi	Karşılaştırılan diğer pişirme yöntemleri	Kaynak
Brokoli	%35 kayıp	Kaynar suda haşlama: %61 kayıp Düşük basınç buhar: %39 kayıp Yüksek basınç buhar: %38 kayıp MW (mikrodalga): %37 kayıp SW-MW pişirme: %31 kayıp Izgarada pişirme: %45 kayıp	Martinez Hernandez ve ark., 2013
Yeşil fasulye	80°C’de pişirme süresi 40 veya 50 dakika olduğunda askorbik asit içeriği çiğ örnekten daha yüksek, ancak süre 60 dakika olduğunda bir miktar kayıp meydana gelmekte	Kaynar suda haşlama ile kayıp daha fazla	Iborra-Bernard ve ark., 2015
Havuç	Kayıp yok	Buharda pişirme: %34 kayıp	Chiavaro ve ark., 2012
Brüksel lahanası	Yaklaşık %50 kayıp	Buharda pişirme: %52 kayıp	Chiavaro ve ark., 2012
Sarı şalgam	%47 kayıp	Kaynar suda haşlama: %66 kayıp	Baardseth ve ark., 2010

Çizelge 4 Bazı etlerin Sous vide yöntemiyle pişirilmesi için önerilen sıcaklık-zaman parametreleri

Table 4 Recommended temperature-time parameters for cooking some meats by Sous vide

???	Sıcaklık (°C)	Kalınlık (cm)	Süre (dk)
Sığır Eti Fileto	59	2,5	60-120
Pirzola	59	2,5	60-120
Biftek	59	2,5	60-120
Bonfile	59	2,5	60-120
Kuzu Eti Kuzu sırtı	59	6	90
Kanatlı Eti Tavuk göğsü	64	3	60
Ördek göğsü	57	3	60
Tavuk butu	66,6	4	90
Kaz ciğeri	64	5	35
Balık Somon filetosu	54,4	3	15
Morina filetosu	57	3	20
Halibut	57	3	20



## Et Endüstrisinde Sous vide Teknolojisinin Uygulanması

Sous vide teknolojisinin bir pastörizasyon yöntemi olması ve potansiyel riskli gıdaların uzun süre depolanmasında sağladığı avantajlardan dolayı et yemeklerinde uygulanması sıklıkla çalışılan konular arasında yer almaktadır (Yılmaz ve Bilici, 2014). Dengeli beslenmede yüksek biyolojik değere sahip önemli bileşenler olan insan sağlığı ve gelişiminde önemli rol oynayan et ve et ürünleri (Pereira ve Vicente, 2013); su ve yağın ana kaynağı olup yeterli miktarda çeşitli mikro besin öğelerinin yanı sıra %20-35 arasında protein içermekte ve tüm esansiyel aminoasitleri (lisin, treonin, metiyonin, fenilalanin, triptofan, lösin, izolösin ve valin) sağlamaktadır (Ferguson, 2010). Tüketimin çok yaygın olmasının yanı sıra depolanması ve saklanması zor bir süreçten geçen, yüksek su aktivitesi ( $a_w$ ) ve besleyici değere sahip olan taze ete herhangi bir muhafaza yöntemi uygulanmadığında bozulma reaksiyonları hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir (Zhou ve ark., 2010). Bozulmaya sebep olan mikroorganizmalarla kontaminasyonun önlenmesi ve zararlı mikroorganizmaların gelişiminin inhibe edilmesi taze etin raf ömrünü uzatmak ve tüketici güvenliliğini arttırmak açısından önemlidir (Friedrich ve ark. 2008; Kızıllık Esmer ve ark., 2011). Sous vide teknolojisinde et ürünleri suyunu diğer yöntemlere göre kayda değer bir seviyede daha az kaybettiği için pişirme sırasında etin kaybettiği suyu telafi etmek ve eti daha lezzetli hale getirmek için kullanılan sosların kullanım oranı azaltılabilmektedir (Keller ve ark., 2008). Kırmızı et, kanatlı ve balık etlerinin yüksek sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu ng/g düzeyinde oluşan Heterosiklik aromatik aminler (HAA) pişirilmiş etlerde mutajenik/kanserojenik etki göstermektedir (Çiçek ve Bulgan, 2013). Bu nedenle et ve ürünlerine doğal antimikrobiyal bileşiklerin ilavesi, düşük sıcaklık ve yüksek basınç uygulamaları gibi işlemler ve vakum, modifiye atmosfer (MAP) ve Sous vide paketlenme gibi paketlenme yöntemleri uygulanmaktadır (Hecer, 2012). Bu yöntemlerin genel amacı ortamdan havayı uzaklaştırıp aerobik bakteri gelişimini ve oksidasyon problemini önleyerek bozulmayı engellemektir. Bu yöntemler içerisinde son zamanlarda en fazla dikkat çeken Sous vide teknolojisi uygulanarak etlerin muhafaza edilmesidir (Keller ve ark., 2008).

Ete uygulanan ısı işlemler sonrasında değişen etin kimyasal özellikleri ( $a_w$ , pH, nem düzeyi) etin kalitesi ile yakından ilişkilidir (Öztaş, 2015). Sous vide teknolojisiyle düşük ısıda uzun süre pişirilen etlerde su kaybının en az seviyeye indirilerek duyuşal açıdan daha gevrek ürünlere ulaşılabilmesini gösteren farklı çalışmalar bulunmaktadır (Christensen ve ark., 2012; Aksoy ve Üner, 2016; Becker ve ark., 2016). Düşük sıcaklıklarda uzun sürelerde pişirilen et ürünlerinde kollajen jelatine dönüşümü maksimum düzeyde olmakta ve özellikle bağ doku miktarı fazla olan etlerde gevreklik artmaktadır (Yan, 2011). Sous vide teknolojisinde; düşük sıcaklıkta (55-65°C) ayarlanmış su küvetlerinde saatlerce bekletilerek pişirilen etin en büyük avantajı, sert kısımlarının yumuşaması, çekici bir doku kazanması, daha uygun renkte olması ve ürünün hazırlık sürecindeki değişimlere dayanıklılık göstermesidir. Ete uygulanan yüksek ısı (121°C) sarkomer uzunlukları ve fibril çaplarında küçülmelere neden olmakta ve etlerde

meydana gelen bu yapısal değişim pişirme kayıplarını arttırmaktadır (Palka ve Daum, 1999).

Etin %75'ini, yağın da %22'sini oluşturan su, etlerde en fazla bulunan kimyasal bileşiktir. Etteki fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal olayların oluşmasını, ete katılan katkı maddelerinin iyice karışması ve etkinlik kazanmasını sağlayan su renk, tekstür ve olgunluk gibi etin kalite özelliklerini etkilemektedir (Öztaş, 2015). Sous vide teknolojisiyle et ürünleri suyunu diğer yöntemlere göre kayda değer bir seviyede daha az kaybettiğinden, pişirme sırasında kaybettiği suyu telafi etmek ve eti daha lezzetli hale getirmek için kullanılan sosların kullanım oranı azaltılabilmektedir (Keller ve ark., 2008). Yapılan bir çalışmada haşlanmış etlerdeki su kaybının, Sous vide teknolojisi ile işlem görmüş etlerden daha yüksek olduğu ve vakumlama işleminin buharlaşma ve su kaybını en az seviyede tuttuğu bildirilmiştir (Öz ve Zikirov, 2015). Tekniğin zaman ve sıcaklık faktörlerini kontrol altında tutabilme imkânı vermesi üründe tadı, dokuyu ve rengi olumlu etkilemektedir (Mortensen ve ark., 2012; Ruiz ve ark., 2013). Bazı et ve et ürünlerini pişirmede gerekli süre ve sıcaklık parametreleri Çizelge 4'de verilmiştir (Baldwin, 2010).

Et ve et ürünlerinin pişirilmeleri sırasında üründe aroma oluşumu, büyüklüğün, rengin, gevrekliğin, yağ miktarının ve protein fraksiyonlarının değişmesi, mineral kayıpları, pH artışı ve mikrobiyolojik yükün azalması gibi bazı fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimler et kalitesini ve besleyici değerini etkilemektedir (Haskaraca ve Kolsarıcı, 2013). Sous vide teknolojisi ile 75°C ve 100°C'de pişirilen sığır eti çalışmasında kaynatmaya kıyasla daha yüksek B<sub>3</sub> vitamin muhafazası gözlenmiştir (Rinaldi ve ark., 2014). Pişirme ile et proteinlerinde belirgin değişiklikler oluşmakta, pişirme sonrası pankreatik enzimler proteoliz üzerinde daha etkin rol oynayarak biyoyararlılığı arttırmaktadır (Filgueras ve ark., 2011). Aroma maddeleri tüketici tercihini etkileyen ve gıdalarda kaliteyi oluşturan en önemli unsurlardan birisidir. Etin kalitesi ise, hem üretici hem de tüketici için çok önemli bir kriter olup, tüketicinin et seçiminde ürünün renginden sonra en fazla aromasına dikkat ettiği bilinmektedir (Çiçek ve ark., 2013). Uzun süre yüksek ısıya maruz bırakılan etlerde Heterosiklik aromatik amin (HAA), polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) ve akrilamid gibi bileşiklerin oluşması ile et kalitesi olumsuz etkilenmektedir (Babür ve Kayaalp, 2015). Özellikle protein ağırlıklı gıdalarda Sous vide teknolojisi sıklıkla kullanılmaktadır (Keller ve ark., 2008). Literatürde Sous vide teknolojisi ile pişirilen dana etlerinin aroma ve aroma-aktif bileşiklerinin incelenmesi üzerine çalışma bulunmamaktadır. Bu bileşiklerin belirlenmesi, aromanın kalitesinde indikatör olarak kullanılabilmesi ve bu teknikle pişirilen etlerin karakteristik kokularının saptanması için elzemdir (Güçlü, 2018).

Son zamanlarda üzerinde durulan konular arasında, beslenme açısından oldukça önemli olan su ürünlerinin, hem besleyici değerini daha az etkilemesi hem de pişirilmesi esnasında oluşan mutajen ve/veya karsinojen kimyasalların oluşum seviyelerinin en aza indirilmesi için pişirme yöntemlerinin geliştirilmesi ve/veya modifiye edilmesi yer almaktadır (García-Segovia ve ark. 2007; Öz ve Kaya 2011). Türkiye'deki bazı firmaların ve restoranların geleneksel su ürünleri işleme yöntemlerinden

ziyade günümüzde hemen tüketime sunulabilen, su ürünlerinin lezzetini, yapısını ve besleyici değerini koruyan, buzdolabı koşullarında daha uzun süre depolamaya imkân veren uygulamalara yer verdiği gözlenmektedir. İşlenmiş su ürünlerinin aynı anda hem paketlenmesine hem de pişirilmesine imkân tanıyan bu uygulama “Sous vide teknolojisi”dir (Fagan ve Gormley, 2005). Balık eti dokusu yumuşak ve kolay parçalanabilir olduğundan dikkatli pişirilmesi gerekmektedir. Elde edilmek istenen ürüne bağlı olarak balıkların pişirilme dereceleri değişkenlik göstermektedir. Bazı balıklar, örneğin Somon balığı gibi Sous vide teknolojisi sayesinde çok özel bir dokuya sahip olabilmektedir. Sous vide pişirme ile su veya buhar yani dolasıyla sıcaklık, gıda maddesine daha iyi uygulandığından homojen bir pişirme sağlanmaktadır. Geleneksel yöntemlerle kıyaslandığında duyu kalite anlamında da önemli bir avantaj sağlanmaktadır (Picouet ve ark., 2011; Baldwin, 2012).

Sous vide teknolojisi ile pişirilmiş balıklar, diğer geleneksel pişirme yöntemleriyle pişirilen balıklara göre daha iyi kimyasal (toplam volatil baz nitrojen değerinin kontrolü gibi), fizikokimyasal (renk, tekstür, su aktivitesi, pH kontrolü gibi), mikrobiyolojik (toplam mezofilik bakteri sayısının kontrolü gibi) ve duyu kaliteye sahip olabilmektedirler. Su ürünlerinin vakum paketlerde stabil ısıda pişirilmesi raf ömrünü uzatarak tat ve besleyici değerini koruyabilmektedir. Sous vide teknolojisi ile pişirilmiş balıkların raf ömürleri fırında pişirme, buharda pişirme gibi geleneksel yöntemlerle pişirilmiş balıkların raf ömrüne göre daha uzun olmaktadır (Ceylan ve Şengör, 2017).

## Sonuç ve Öneriler

Sous vide teknolojisi son yıllarda besin öğeleri, duyu ve mikrobiyal kalite bakımından sağladığı avantajlar bakımından ilgi çekmektedir. Gıdaların işlenmesi için seçilen yöntemlerde amaç patojen kaynaklı riskleri minimize ederken tadı ve besin öğelerini maksimum düzeyde muhafaza etmektir. Sous vide teknolojisi, depolama süresinin uzatılması, duyu kalite ve mikrobiyolojik kalitenin korunması gibi, birçok avantaj sağlamaktadır. Vakum ambalajla anaerobik ortam sağlanması ve kontrollü sıcaklık uygulaması ile gıda içerisinde bulunan bakterilerin vejetatif formları inaktive edildiği için Sous vide pişirme birçok açıdan güvenilir olmaktadır. Hammadde temininde güvenilir kaynaklardan ve standartlara uygun satın alma işlemlerinin yürütülmesi, ürüne uygun depolama tekniklerinin kullanımı ve her aşamada personel, ekipman ve hammadde kaynaklı bulaşların önlenmesine yönelik uygulamaların sürekliliği önemlidir. Sous vide teknolojisinde kalite muhafazasına yönelik pişirme ve depolama süresi ve sıcaklık değerlerinin çeşitlendirilmesi üzerinde farklı çalışmalar yapılması yeni verileri ortaya koyması açısından önem arz etmektedir.

Et ve et ürünleri kısa sürede bozulabilen gıdalar olduğundan gerek gıda güvenliği ve halk sağlığı ile ilgili olarak, gerekse ekonomik nedenlerle bunların raf ömrünün uzatılmasına yönelik araştırmalar son yıllarda öncelikli konular arasında yer almaktadır. Sous vide teknolojisi ile hazırlanan et ve et ürünleri hem daha lezzetli, sulu ve gevrek hem de bünyesindeki besin maddelerini minimum düzeyde kaybetmektedir. Ayrıca bu gıdalar soğutulmuş

veya dondurularak muhafazaya çok uygun olup, muhafaza edilen ürünlerin tüketilecekleri zaman çok kısa sürede ve kolaylıkla hazırlanabilmektedir. Vitamin ve mineral açısından iyi bir kaynak olan sebzeler haşlandığında veya buharda pişirildiğinde besin öğeleri pişme suyuna geçmekte, Sous vide teknolojisi ile pişirilmiş sebzelerin ise hemen hemen tüm besin öğeleri içinde korunabilmektedir. Bu şekilde korunma ile aynı zamanda besin öğeleri ve üründe var olan lezzet bileşenleri yoğunlaştırılmaktadır.

Sous vide teknolojisi ile pişirilen gıdaların mikrobiyolojik açıdan güvenli olması sebebiyle gıda kaynaklı hastalıkların engellenebildiği ve hazırlama aşamasında ürün paketi içinde pişirilmiş olduğundan kısa bir ısıtma işlemi sonrasında doğrudan tüketilebildiği için toplu beslenme sistemlerinde avantaj sağlayacağı düşünülmektedir. Farklı tariflerde farklı pastörizasyon ve soğuk depolama süre ve sıcaklık kombinasyonlarının uygulanmasının ürün kalitesine etkilerinin değerlendirildiği daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu araştırmaların yapılmasıyla, ileride Sous vide teknolojisine yönelik standartların geliştirilmesi ve Türkiye’ye özgü bir rehber oluşturularak Sous vide teknolojisinin yaygınlaştırılması sağlanmalıdır.

## Kaynaklar

- Aksoy M, Üner EH. 2016. Rafine mutfağın doğuşu ve rafine mutfağı şekillendiren yenilikçi mutfak akımlarının yiyecek içecek işletmelerine etkileri. Gazi Üniv. Sos. Bil. Derg., 3(6): 1-17.
- Altuntaş İ. 2012. Vakum ve modifiye atmosfer paketlemenin keten tohumu ile zenginleştirilerek soğukta depolanan sığır eti köftelerinin raf ömrü üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Andres-Bello A, Garcia-Segovia P, Martinez-Monzo J. 2009. Effects of vacuum cooking (cook-vide) on the physical-chemical properties of sea bream fillets (*Sparus aurata*). Journal of Aquatic Food Product Technology, 18: 79-89. <https://doi.org/10.1080/10498850802581773>
- Armstrong GA, McIveen H. 2000. Effects of prolonged storage on the sensory quality and consumer acceptance of sous vide meat-based recipe dishes. Food Quality and Preference, 11: 377-385.
- Armstrong GA. 2004. Minimal thermal processing: Cook-chill and sous vide technology, Ed.: Hui YH, Ghazala S, Graham DM, Murrel KD, Nip WK, Handbook of Vegetable Preservation and Processing, Marcel Dekker Inc, NY, USA, 409-423.
- Aucoin EJ. 1997. Nutritional and quality changes in a sous vide product pasteurized at various temperatures. Unpublished Master of Science, Memorial University of New Foundland, Canada.
- Baardseth P, Bjerke F, Martinsen BK, Skrede G. 2010. Vitamin C, total phenolics and antioxidative activity in tip-cut green beans (*Phaseolus vulgaris*) and swede rods (*Brassica napus* var. napobrassica) processed by methods used in cetering. Journal of the Science of Food and Agriculture, 90: 1245-1255. doi: 10.1002 / jsfa.3967.
- Babür TE, Kayaalp Y. 2015. Geleneksel pişirme yöntemlerinin et kalitesine etkileri. Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 3(4): 58-64.
- Babür TE. 2019. Farklı sığır eti preperatlarında sous vide metodu ve geleneksel pişirme yöntemlerinin karşılaştırmalı uygulamaları. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Baldwin DE. 2009. A Practical Guide to Sous Vide Cooking. [https://www.hotex.hu > data > upload > file > So., \(Ziyaret tarihi, 08.06.2019\).](https://www.hotex.hu > data > upload > file > So., (Ziyaret tarihi, 08.06.2019).)

- Baldwin DE. 2010. Sous vide for the home cook. Paradox Press, Goodreads Inc., 0-271.
- Baldwin DE. 2012. Sous vide cooking: A review. International Journal of Gastronomy and Food Science, 1: 15-30. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2011.11.002>.
- Balpetek D. 2013. Etlerin çözündürülmesinde ohmic ısıtma sistemlerinin uygulanması ve kaliteye etkileri. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Becker A, Boulaaba A, Pingin S, Krischek C, Klein G. 2016. Low temperature cooking of pork meat – physicochemical sensory aspects. Meat Sci, 118: 82-88.
- Belibağlı KB, Ersan E. 2018. Effects of storage on the quality of sous vide processed lamb liver. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 22(1): 1-11.
- Betts GD, Gaze JE. 1995. Growth and heat resistance of psychrotrophic Clostridium botulinum in relation to sous vide products. Food Control, 6(1): 57- 63.
- Bryıklı M. 2015. Hindi külbastı pişirmede sous vide pişirme yönteminin optimizasyonu ve raf ömrünün belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu.
- Bongiorno T, Tulli F, Comi G, Sensidoni A, Andyanto D, Iacumin L. 2018. Sous vide cook-chill mussel (*Mytilus galloprovincialis*): Evaluation of chemical, microbiological and sensory quality during chilled storage (3°C). LWT Food Science and Technology, 91: 117- 124.
- 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 Food Science and Technology, 74: 154-159.
- Bozoklu G. 2008. Improvement in barrier properties of polymers used in packaging industry-Pet/N-MXD6 blends. Yüksek Lisans Tezi, Sabancı Üniversitesi, İstanbul.
- Can ÖP, Harun P. 2015. Shelf life of chicken meat balls submitted to sous vide treatment. Brazilian Journal of Poultry Science, 17(2): 137-144.
- Caporaso N, Formisano D. 2015. Developments, applications and trends of molecular gastronomy among food scientists and innovative chefs. Food Reviews International, 32(4): 417-435. <http://dx.doi.org/10.1080/87559129.2015.1094818>
- Ceylan Z, Ünal-Şengör GF. 2017. Sous vide teknolojisi ile muamele edilen balıkların kalite parametrelerinin incelenmesi. Turkish Journal of Aquatic Sciencs, 32(1): 8-20. doi: 10.18864/TJAS201702.
- Chiavaro E, Mazzeo T, Visconti A, Manzi C, Forlano V, Pellegrini N. 2012. Nutritional quality of sous vide cooked carrots and brussels sprouts. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60: 6019-6025. doi: 10.1021 / jf300692a
- Christensen L, Gunvig A, Torngren MA, Aaslyng MD, Knochel S, Christensen M. 2012. Sensory characteristics of meat cooked for prolonged times at low temperature. Meat Sci, 90: 485-489. DOI: 10.1016 / j.meatsci.2011.09.012.
- Coşansu S, Mol S, Alakavuk DU, Özturan S. 2011. The effect of lemon juice on bonito (*Sarda sarda*, Bloch, 1793) preserved by sous vide packaging. International Journal of Food Science and Technology, 46: 395-401.
- Coşansu S, Mol S, Alakavuk DU, Özturan S. 2013. The effect of lemon juice on shelf life of sous vide packaged whiting (*Merlangius merlangus euxinus*, Nordmann, 1840). Food and Bioprocess Technology 6(1): 283-289.
- Coşansu S, Kıymetli Ö. 2016. Sous vide pişirme yönteminin besin değerleri üzerine etkisi. Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknolojisi Dergisi, 4(11): 919-925.
- Creed PG. 1998. A Study of The Sensory Characteristics of Food Produced by The Sous Vide System: The Measure of Pleasure, [http://eprints.bournemouth.ac.uk/12040/1/ Philip\\_Creed.pdf](http://eprints.bournemouth.ac.uk/12040/1/ Philip_Creed.pdf), (Ziyaret tarihi, 11.08.2019).
- Creed PG. 2001. The potential of foodservice systems for satisfying consumer needs. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2: 219-227.
- Çaklı Ş, Kışla D. 2003. Su ürünlerinde mikrobiyal kökenli bozulmalar ve önleme yöntemleri. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 20(1-2): 239-245.
- Çetinkaya S, Bilgin Ş, Ertan ÖO, Bilgin F. 2015. Vakum paketli pişirme yöntemi (sous vide) ve Gökkuşluğu Alabalığı'na uygulanması. Eğirdir Su Ürünleri Fak. Derg., 11(2): 35-44.
- Çiçek U, Bulgan A. 2013. Et ve et ürünlerinde heterosiklik aminler. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 30(1): 25-32.
- Çiçek Ü, Karabıyıklı Ş, Çabuk D, İyiekmekçi B, Kurbandurdiyev H, Cevahiroğlu H. 2013. Dana etinin bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine farklı ambalajlama yöntemleri ve depolama süresinin etkisi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 30: 62-70.
- Del Pulgar JS, Gazquez 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 Science, 90(3): 828-835. doi: 10.1016 / j.meatsci.2011.11.024.
- Del Pulgar JS, Roldán M, Ruiz-Carrascal J. 2013. Volatile compounds profile of sous-vide cooked pork cheeks as affected by cooking conditions (vacuum packaging, temperature and time). Molecules, 18(10): 12538-12547. doi: 10.3390 / molecules181012538.
- Diaz P, Nieto G, Banon S, Garido MD. 2009. Determination of shelf life of sous vide salmon (*Salmo salar*) based on sensory attributes. Journal of Food Science, 74(8): 371-376.
- Diaz P, Garrido MD, Banon S. 2011. Spoilage of sous vide cooked salmon (*Salmo salar*) stored under refrigeration. Food Science and Technology International, 17(1): 31-37. <https://doi.org/10.1177/1082013210368744>
- Doğruyol Tanrıverdi H. 2013. Sous vide ve ışınlama teknolojilerinin birlikte kullanımının balığın raf ömrüne etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Espinosa MC, Diaz P, Linares MB, Teruel MR, Garrido MD. 2015. Quality characteristics of sous vide ready to eat seabream processed by high pressure. LWT- Food Science and Technology, 64: 657-662.
- Fagan JD, Gormley TR. 2005. Effect of sous vide cooking, with freezing, on selected quality parameters of seven fish species in a range of sauces. European Research and Technology, 220: 299-304.
- Ferguson LR. 2010. Meat and cancer. Meat Science, 84(2): 308-313.
- Filgueras RS, Gatellier P, Ferreira C, Zambiazzi RC, Lhoutellier S. 2011. Nutritional value and digestion rate of rhea meat proteins in association with storage and cooking processes. Meat Sci, 89: 6-12.
- 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*). Journal of Food Engineering, 80(3): 813-821.
- Galimpin-Johan SMC, Rahman RA, Jamilah B, Man YBC, Rusul, G. 2007. Pasteurization, development and storage of sous vide rendang (spicy beef stew). Journal of Foodservice, 18(6): 251-263.
- Gonzalez-Fandos E, Garcia-Linares MC, Villanero-Rodriguez A, Garcia Arias MT, Garcia-Fernandez MC. 2004. Evaluation of the microbiological safety and sensory quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) processed by the sous vide method. Food Microbiology, 21: 193-201.
- Güçlü G. 2018. Farklı sıcaklıklarda vakum paketli (sous vide) pişirilen dana etlerinin ızgarada pişirilen etlerle aroma ve aroma-aktif bileşikler açısından kıyaslanması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Harun F. 2012. Tavuk köftelerinin sous vide yöntemi ile muhafazası, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.
- Haskaraca G, Kolsarıcı N. 2013. Sous vide pişirme ve et teknolojisinde uygulama olanakları. Akademik Gıda, 11(2): 94-101.

- Haskaraca G. 2017. Sous vide teknolojinin dönerin kalite karakteristikleri ve depolama stabilitesine etkisi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Hecer C. 2012. Et teknolojisinde ambalajlama yöntemleri. Uludağ Ün. J. Fac. Vet. Med., 1: 57-61.
- Hesser A. 2005. Under Pressure. <https://www.nytimes.com › magazine › under-pr> (Ziyaret tarihi, 15.08.2019).
- 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 Journal for Food Science of Animal Resources*, 35(6): 757-764.
- Huss HH, Ababouch L, Gram L. 2004. Assessment and management of seafood safety and quality. FAO, Fisheries Technical Paper 444, Rome: 0-44.
- Iborra-Bernad C, Garcia-Segovia P, Martínez-Monzó J. 2015. Physico-Chemical and structural characteristics of vegetables cooked under sous-vide, cook-vide, and conventional boiling. *Journal of Food Science*, 80(8): 1725-1734.
- Ivanovic S, Mikinac K, Perman L. 2011. Molecular gastronomy in function of scientific implementation in practice. *UTMS Journal of Economics*, 2(2): 139-150.
- Jang JD, Lee DS. 2005. Development of a sous-vide packaging process for Korean seasoned beef. *Food Control*, 16: 285-291.
- Jang JD, Seo GH, Lyu ES, Yam KL, Lee DS. 2006. Hurdle effect of vinegar and sake on Korean seasoned beef preserved by sous vide packaging. *Food Control*, 17(3): 171-175.
- Jääskeläinen E, Hultman J, Parshintsev J, Riekkola ML, Björkroth J. 2016. Development of spoilage bacterial community and volatile compounds in chilled beef under vacuum or high oxygen atmospheres. *International Journal of Food Microbiology*, 223: 25-32.
- Jeong K, Hyeonbin O, 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 Science*, 143: 1-7.
- Keller T, Benno J, Lee C, Rouxel S. 2008. Under pressure: Cooking sous vide, Artisan, New York, 226-227.
- Kıymetli Ö. 2016. Sous vide yöntemiyle pişirilen kıymaya eklenen zeytin yaprağı ekstraktının *Listeria monocytogenes* üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniv., Sakarya.
- Kim JH, Hong GE, Lim KW, Park W, Lee CH. 2015. Influence of citric acid on the pink color and characteristics of sous vide processed chicken breast during chill storage. *Korean Journal of Food Science and Animal Resources*, 35(5): 585-596.
- Lassen A, Kall M, Hansen K, Ovesen L. 2002. A comparison of the retention of vitamins B1, B2 and B6, and cooking yield in pork loin with conventional and enhanced meal-service systems. *European Food Research and Technology*, 215(3): 194-199.
- Martinez-Hernández GB, Artés-Hernández F, Gómez PA, Artés F. 2013. Induced changes in bioactive compounds of kailan-hybrid broccoli after innovative processing and storage. *Journal of Functional Foods*, 5(1): 133-143.
- Mete E. 2017. Sous vide yöntemi ile pişirilen dana bonfilenin mikrobiyolojik ve dokusal analizi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Meyer RA. 2008. Sous vide technology: American food service markets discovering the benefits. *Journal of Restaurant and Foodservice Marketing*, 2: 51-62.
- ModernChef 2019. What is Sous Vide. <https://sansaire.com/what-is-sous-vide/>, (Erişim tarihi, 08.08.2019).
- Mol S, Varlık C. 2004. Hazır yemek (catering) teknolojisi, Edt: Varlık C, Su Ürünleri İşleme Teknolojisi İ.Ü. Basın ve Yayınevi Müdürlüğü, İstanbul.
- Mol S, Özturan S. 2009. Sous vide teknolojisi ve su ürünlerindeki uygulamalar. *Journal of Fisheries Sciences*, 3(1): 68-75.
- Mol S, Özturan S, Coşansu S. 2012a. Determination of the quality and shelf life of sous vide packaged whiting (*Merlangius merlangus* euxinus) Nordman, 1840) stored at cold (4°C) and temperature abuse (12°C). *Journal of Food Processing and Preservation*, 36: 497-503.
- Mol S, Özturan S, Coşansu S. 2012b. Determination of the quality and shelf life of sous vide packaged bonito (Sarda sarda Bloch, 1793) stored at 4°C and 12°C. *Journal of Food Quality*, 35: 137-143. doi:10.1111/j.1745-4557.2011.00430.x.
- Moradi Y, Bakar J, Motalebi AA, Syed Muhamad SH, Che Man Y. 2011. A review on fish lipid: Composition and changes during cooking methods. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 20(4): 379-390.
- Mortensen LM, Frøst MB, Skibsted LH, Risbo J. 2012. Effect of time and temperature on sensory properties in low-temperature long-time sous-vide cooking of beef. *Journal of Culinary Science and Technology*, 10(1): 75-90. <https://doi.org/10.1080/15428052.2012.651024>.
- Naveeba B, Khansole PS, Kumar MS, Krishnaiah N, Kikarni VV, Deepak S. 2016. Effect of sous vide processing on physicochemical, ultrastructural, microbial and sensory changes in vacuum packaged chicken sausages. *Food Science and Technology International*, 0(0): 1-11. doi: 10.1177 / 1082013216658580.
- Nieva-Echevarria B, Manzanos MJ, 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 Research International*, 99: 630-640. doi: 10.1016 / j.foodres.2017.06.043.
- Norén N, Arnold D, Lopez N, Lvoff M, Brickman S, Bien R. 2009. Cooking Issues: The French Culinary. <http://www.cookingissues.com.>, (Ziyaret tarihi, 12.08.2019).
- 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: 10.1016 / S0956-7135 (00) 00013-X.
- Öz F, Kaya M. 2011. The inhibitory effect of black pepper on formation on heterocyclic aromatic amines in high-fat meatball. *Food Control*, 22: 596-600.
- Öz F, Zikirov E. 2015. The effects of sous-vide cooking method on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef chops. *LWT-Food Science and Technology*, 64: 120-125. DOI: 10.1016 / j.lwt.2015.05.050.
- Öz F, Çakmak IH, Zikirov E, Kızıl M, Turhan S. 2015. Heterocyclic aromatic amine contents of kavurma commercially cooked in steam and copper cauldron. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6): 583-590.
- Özel K. 2018. Moleküler mutfak tekniklerinden: Kapsülleştirme, tütsüleme, sous vide, soğuk pişirme-sıvı azot tekniklerinin duyu analizi yöntemiyle incelenerek örnek standart reçetelerin hazırlanması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Öztan A. 2015. Et Bilimi ve Teknolojisi, TMMOB Gıda Mühendisleri Odası Yayınları Kitaplar Serisi No:1, Ankara, 0-325.
- Özturan S. 2009. Vakum ambalajda pisirilmis (sous vide) balıkta kalite ve raf ömrünün belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Palka K, Daum H. 1999. Change in texture, cooking losses and myofibrillar structure of bovine M. semitendinosus during heating. *Meat Sci*, 51: 237- 243.
- Palka K. 2003. The influence of post-mortem ageing and roasting on the microstructure, texture and collagen solubility of bovine semitendinosus muscle. *Meat science*, 64(2): 191-198.
- Peiretti PG, Medana C, Visentin S, Dal Bello F, Meineri G. 2012. Effect of cooking method on carnosine and its homologues, pentosidine and thiobarbituric acid-reactive substance contents in beef and turkey meat. *Food Chemistry*, 132(1): 80-85.
- Pereira PM, Vicente AF. 2013. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science*, 93: 586-592. doi: 10.1016 / j.meatsci.2012.09.018.
- Picouet PA, Cofan-Carbo S, Vilaseca H, Ballbè LC, Castells P. 2011. Stability of sous-vide cooked salmon loins processed by high pressure. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12: 26- 31.

- Ramos Fabiane de Cássia Pontes, Lourenço LFH, Joelle MRSP, Lima CLS de, Ribeiro S da CA. 2016. Tambaqui (*Colossoma macropomum*) sous vide: characterization and quality parameters. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 37(1): 117-130.
- Rinaldi M, Dall'Asta C, Meli F, Morini E, Pellegrini N, Gatti M, Chiavaro E. 2013. Physicochemical and microbiological quality of sous vide processed carrots and Brussels sprouts. *Food and Bioprocess Technology*, 6: 3076-3087.
- 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 Technol*, 7: 2969-2977.
- 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 Science*, 93(3): 572-578. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.11.014.
- Roldán M, Ruiz J, Pérez-Palacios JS, Antequera T. 2015. Volatile compound profile of sous-vide cooked lamb loins at different temperature-time combinations. *Meat Science*, 100: 52-57. doi: 10.1016/j.meatsci.2014.09.010.
- Ruiz-Ojeda LM, Peñas FJ. 2013. Comparison study of conventional hot-water and microwave blanching on quality of green beans. *Innovative Food Sci Emerg Technol*, 20: 191-197.
- Rybka-Rodgers S. 2001. Improvement of food safety design of cook-chill foods. *Food Research International*, 34: 449-455. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00062-X](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00062-X).
- Sanchez-Del Pulgar J, 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 Science*, 90: 828-835.
- Santana FF, Duarte APE, Marcelo C. 2011. Determination of the convective heat transfer coefficient (h) in the sterilization of retortable pouches. *International Journal of Food Engineering*, 7(1): 1556-3758.
- Schellekens T, Martens, T. 1993. "Sous vide" cooking, Commission of the European Communities Directorate General XII, Science, Research and Development Publication N EUR 15018 EN.
- Seyyar E. 2015. Sous-vide yöntemi ile pişirilen alabalık filetolarında heterosiklik aromatik amin oluşumu ve bisfenol-a migrasyon düzeyinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Shakila RJ, Jeyasekaran R, Vijayakumar A, Sukumar D. 2009. Microbiological quality of sous-vide cook chill fish cakes during chilled storage (3 °C). *Int J Food Sci Technol*, 44(11): 2120-2126. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02047.x>.
- Shakila-Jeya R, Edwin-Raj B, Felix N. 2012. Quality and safety of fish curry processed by sous vide cook chilled and hot filled technology process during refrigerated storage. *Food Science and Technology International*, 18: 261-269. <https://doi.org/10.1177/1082013211415177>
- Sebastiá C, Soriano JM, Iranzo M, Rico H. 2010. Microbiological quality of sous vide cook-chill preserved food at different shelf life. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34(6): 964-974.
- Szerman N, Gonzalez CB, Sancho AM, Grigioni G, Carduza F, Vaudagna SR. 2008. Optimization of whey protein concentrate and sodium chloride concentrations and cooking temperature of sous vide cooked whole- muscle beef from Argentina. *Meat Science*, 79(3): 557-567.
- Şengör GFÜ, Ceylan Z, Alkan T. 2015. Farklı baharatlarla işleme alınan ve sous-vide tekniği ile pişirilen somon balığının (Salmo salar) raf ömrünün belirlenmesi, 18. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 1-4 Eylül, İzmir.
- Şişmanlar Altıkaya E. 2016. Farklı sıcaklıklarda sous vide uygulanmış sudak balığının (Sander lucioperca linnaeus, 1758) raf ömrü üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize.
- Tansey FS, Gormley TR. 2005. Sous vide/freezing technology for ready meals. in: novel food processing Technologies, Chapter 22, Barbosa-Canovas GV, Tapia MS, Cano MP, CRC Press Publisher, USA, 0-679.
- Vaudagna SR, Sanchez G, Neira MS, Insani EM, Picallo AB, Gallinger MM, Lasta JA. 2002. Sous vide cooked beef muscles: Effects of low temperature-long-time treatments on their quality characteristics and storage stability. *International Journal of Food Science and Technology*, 37: 425-441.
- Wang H, Badoni M, Zawadski S, McLeod B, Uttaro B, Yang X. 2017. Effects on beef microflora of a three-step sous vide method. *Nurturing Locally, Growing Globally*, 484-485.
- Yan W. 2011. Sous vide lamb shank modelling and process improvement, Unpublished Master of Applied Science. Auckland University of Technology, New Zeland.
- Yılmaz H. 2014. Sous vide üretim tekniği kullanılarak hazırlanan macar gulaş yemeğinde mikrobiyolojik kalitenin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniv., Ankara.
- Yılmaz H, Bilici S. 2014. Toplu beslenme hizmetlerinde alternatif pişirme yöntemi: "Sous vide". *Gıda*, 40(3): 163-170.
- Zhou GH, Xu XL, Liu Y. 2010. Preservation technologies for fresh meat-A review. *Meat Science*, 86: 119-128.
- Zikirov E. 2014. Sous-vide pişirme yönteminin sığır etinde heterosiklik aromatik amin oluşumu ve bazı kalitatif kriterler üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniv., Erzurum.