



## ETİN TUZLANMASI İŞLEMİNDE VAKUMLU EMDİRİM TEKNİĞİNİN KULLANILMASI

**Elif Aykın Dinçer\***, **Mustafa Erbaş**

Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye

Geliş / *Received*: 21.09.2017; Kabul / *Accepted*: 22.12.2017; Online baskı / *Published online*: 08.01.2018

Aykın Dinçer, E., Erbaş, M. (2018). Etin tuzlanması işleminde vakumlu emdirim tekniğinin kullanılması. GIDA (2018) 43 (1): 139-150 doi: 10.15237/gida.338797

### ÖZ

Tuzlama işlemi, etin raf ömrünü uzatma ve teknolojik kalitesini geliştirme amacıyla uygulanmaktadır. Geleneksel yöntemlerden biri olan yaş tuzlamada, et salamura içerisinde belli bir süre bekletilmekte ve tuzun ete nüfuz etmesi sağlanmaktadır. Ancak, bu yöntemle tuzun ete nüfuzu oldukça yavaş olmaktadır. Son yıllarda salamura çözeltisi ile et arasındaki kütle aktarım hızını arttırmak için vakumlu emdirim yöntemi kullanılmaktadır. Vakumlu emdirim yönteminde, kısmi bir vakum basıncı uygulanarak kapiler sistemdeki doğal sıvılar ve gazlar uzaklaşmakta ve oluşan boşluklara arzu edilen çözelti nüfuz etmektedir. Kurutma ve dondurma gibi işlemlerden önce ön işlem olarak uygulanabilme, işleme süresini kısaltma, son ürünün kalitesini geliştirme ve üretim maliyetini azaltma bu yöntemin sağladığı başlıca avantajlardır. Bu makalede; etin tuzlanmasında vakumlu emdirim yönteminin kullanılmasıyla ilgili çalışmalar derlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Et, NaCl, salamura, tuzlama, vakumlu emdirim

## USE OF VACUUM IMPREGNATION METHOD IN MEAT SALTING PROCESS

### ABSTRACT

Salting is applied to meat to extend the shelf life and improve the technological quality. In wet salting, one of the traditional methods, the meat is kept in brine for a certain period of time and salt penetrates into the meat. However, salt transfer into the meat is quite slow with this method. In recent years, vacuum impregnation method has been used to increase the mass transfer rate between brine and meat. In vacuum impregnation method, a partial vacuum is applied so that the natural liquids and gases in the capillary system are removed and the desired solution penetrates into the voids formed. Applicability as pretreatment before drying and freezing, shortening the processing time, improving the quality of the final product and reducing the production cost are the main advantages of this method. In this article has been compiled studies about the use of vacuum impregnation method in meat salting.

**Keywords:** Meat, NaCl, brine, salting, vacuum impregnation

\* Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ elifaykin@akdeniz.edu.tr,

☎ (+90) 242 310 4345,

☎ (+90) 242 227 4564

## GİRİŞ

Gıdaların salamura çözeltisine daldırılma yoluyla tuzlanarak muhafaza edilmesi, oldukça eski ve geleneksel bir yöntemdir. Etin salamura yöntemiyle tuzlanması da geleneksel bir yöntem olup; bu yöntemde et bir tuz (NaCl) çözeltisi içerisine daldırılmakta ve tuzun ete geçmesi sağlanmaktadır. Salamura çözeltisi eti oluşturan dokudaki hücre içi ve hücreler arası sıvıdan daha yüksek tuz konsantrasyonuna sahip olduğu için, tuz iyonları difüzyon ve ozmos yollarıyla ete geçerken, etteki su ve suda çözünen bazı maddeler ise salamuraya geçmektedir (Chiralt vd., 2001; Barat vd., 2006; Bampi vd., 2016).

Su, kas dokusunun ana bileşeni olup; canlı ve postmortem dokuda sırasıyla %75 ve %65-80 oranında bulunmaktadır. Kastaki suyun önemli bir kısmı (%85) miyofibrillerin iç boşluklarında ve geri kalan kısmı (%15) ise miyofibrillerin dışındaki boşluklarda yer almaktadır. Miyofibriller, önemli miktarda suyun etin yapısında tutulmasını sağlamakta ve et salamura içine daldırıldığında ilk hacminin iki katına kadar şişebilme özelliği göstermektedir (Kang vd., 2016; Inguiglia vd., 2017).

Tuzlama işlemi etin raf ömrünü uzatırken tat, aroma ve tekstürel özelliklerini de geliştirmekte (Barat vd., 2006; Corral vd., 2013; Tobin vd., 2013; Shao vd., 2016) ve sağladığı bu avantajlardan dolayı, özellikle kurutulmuş et ürünlerinin üretiminde ön işlem basamağı olarak yer almaktadır. Ancak geleneksel tuzlama yöntemlerinde, tuzun salamura çözeltisinden ete geçişi uzun sürmektedir (Kang vd., 2016). Özellikle geleneksel ürünlerin %1.6-2.2 düzeyinde NaCl içermeleri için 2-2.5 gün/kg salamura çözeltisinde bekletilmesi gerekmektedir (McDonnell vd., 2014). Son yıllarda hem etin tuzlanma süresini kısaltmak hem de tuzun ete homojen dağılımını sağlamak için birçok çalışma yapılmakta ve yeni yöntemler denenmektedir. Bu yöntemlerden bir tanesi de vakumlu emdirim (VE) yöntemidir (Jin vd., 2014; Bampi vd., 2016; Tappi vd., 2016; Wang vd., 2016). Bu çalışmada; etin tuzlanmasında vakumlu emdirim yönteminin kullanımı ele alınmıştır.

## ETİN TUZLANMASI

Gıdaların tuzlanması, güneşte kurutma kadar eski bir muhafaza yöntemidir. Özellikle kurutulmuş et ürünlerinin hazırlanmasında tuzlama işlemi en önemli aşamalardan biridir. Ete ilave edilen tuz; etin su tutma kapasitesini arttırmakla birlikte derişimine bağlı olarak (koligatif etkisi nedeniyle) etin su aktivitesini düşürmekte ve mikroorganizmaların gelişimini engellemektedir (Liu vd., 2013; Caballero vd., 2016; Li vd., 2016). Bu nedenlerle, kurutma öncesinde yapılacak bir tuzlama işlemi, etin su aktivitesini 0.95 değerinin altına düşürmekte, kurutma öncesi kısmen bir kuruma sağlayarak kurutma olayını hızlandırmakta ve böylece eti *Enterobacteriaceae* familyası bakterilere karşı mikrobiyolojik olarak güvenli hale getirmektedir. Su aktivitesi değeri 0.95 olan tuzlanmış ve kurutulmuş bir et ürününün tuz konsantrasyonu ise yaklaşık olarak %4.3-4.5 aralığında olmaktadır (Feiner, 2006; Martins vd., 2015; Bampi vd., 2016). Ayrıca tuz; proteoliz, lipoliz ve lipit oksidasyonu gibi bazı kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonlara etki ederek kurutulmuş et ürünlerinin lezzet, renk ve tekstürel özelliklerini geliştirmektedir (Huang ve Nip, 2001; Barbieri vd., 2016; Wang vd., 2016).

Et ürünlerinin işlenmesinde yaygın olarak rafine tuz kullanılmaktadır. Rafine tuz, deniz suyunun iyon değiştirici membran içeren bir elektrodializden ve daha sonra evaporatörden geçirilmesiyle elde edilen bir tuz olup yüksek oranda (%99.8) NaCl içermektedir (Choi vd., 2016). Tuzlama işlemi, geleneksel olarak kuru ve yaş tuzlama şeklinde yapılmaktadır. Kuru tuzlama, genellikle “*pastırma*”, “*bacon*” ve “*ham*” gibi kurutulmuş ve kürlenmiş et ürünlerinin üretiminde uygulanmaktadır. Bu yöntemde, et parçasının yüzeyine homojen dağılacak şekilde tuz uygulanmakta ve tüm et yüzeyi %100 tuza maruz bırakılarak bir süre bekletilmektedir. Bu yöntemde su ilavesi olmadığından, tuz dokunun yapısında bulunan suda çözünmektedir. Yaş tuzlamada ise; etin tuz çözeltisi (salamura) içerisinde belli bir süre bekletilmesiyle, tuzun ete nüfuz etmesi sağlanmaktadır. Yaş tuzlamada salamura genellikle %20-24 oranında tuz içermekte ve bu oran % tuz veya Bome derecesi olarak ifade

edilmektedir (Feiner, 2006; Schmidt vd., 2008; De Prados vd., 2016; Wang vd., 2016).

Geleneksel tuzlama yöntemleri genellikle uzun sürmekte ve tuz kas içine yeterince homojen dağılmamaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte tuzlama işlemi son zamanlarda enjeksiyon ve tamburlama gibi modern yöntemlerle yapılmaktadır (Huang ve Nip, 2001). Bu yöntemler hızlı ve sürekli bir tuzlama işlemi sağlayarak üretim verimini arttırmakta ve işçilik maliyetlerini düşürmektedir (Pegg ve Shahidi, 2006). Ancak, bu yöntemler et yüzeyinde bazı iğne deliklerinin oluşmasına ve bu nedenle etin derin tabakalarının su ve hava ile kontamine olarak bozulmasına da neden olabilmektedir (Devine ve Dikeman, 2014; Wang vd., 2016).

Tuzun difüzyon hızı, et yüzeyindeki tuz konsantrasyonu ile merkezinde bulunan tuz konsantrasyonu arasındaki farka bağlı olmaktadır. Difüzyon hızı, tuzlama işleminin başlangıcında yani henüz etin merkezinde tuz bulunmadığı zamanda en yüksektir. Zamanla etin dış tabakalarındaki su uzaklaşmakta ve bu tabakalardaki tuz konsantrasyonu yükselmektedir. Bu durumun devamında etin merkezindeki su yüzeye doğru hareket etmekte ve tuzlama ile birlikte ozmotik dehidrasyonla su kaybı da gerçekleşmektedir. Aynı zamanda tuz et parçasının merkezine doğru nüfuz etmekte ve böylece etin yüzeyindeki ve merkezindeki tuz konsantrasyonu dengeye ulaşarak tuz geçişi yavaşlamaktadır (Feiner, 2006; Tribuzi vd., 2014; Papazoglou ve Katsanidis, 2016).

Et yüzeyinde tuzun çözünmesi ve bu çözeltinin konsantrasyonu, tuzun ete penetrasyonunu düzenleyen ana faktör olmakla birlikte, tuzun penetrasyon oranı kas tipine bağlı olarak da değişebilmektedir. Tuz, etin yumuşamasını sağlayan proteolitik enzimleri de inhibe ettiği için farklı oranlarda tuzlanan kasların tekstürel özellikleri de farklı olmaktadır. Dolayısıyla, et ürünlerine düşük miktarlarda tuz ilave edilmesi, aşırı bir proteoliz gerçekleşmesini ve buna bağlı olarak da yumuşak bir tekstürel yapının görülmesini engellemiş olmaktadır (Wu vd., 2016; Zochowska-Kujawska, 2016).

## **VAKUMLU EMDİRİM YÖNTEMİNİN PRENSİBİ**

Tuzlama yöntemleri arasında gıda mikroyapısının özelliklerine dayanan en yeni tekniklerden biri, vakumlu emdirim (VE) yöntemidir. Bu yöntemle, kimyasal ve organik bileşiklerin biyolojik dokulara girişi, dokuların kılcal kapiler damarları yoluyla kontrollü bir şekilde gerçekleşmektedir. VE yöntemi, kılcal kapiler sistemin içinde bulunan doğal sıvı ve gazların uzaklaşmasını ve arzu edilen tuzlama çözeltisinin girişini sağlayan kısmi bir vakum uygulanmasına dayanmaktadır (Derossi vd., 2012).

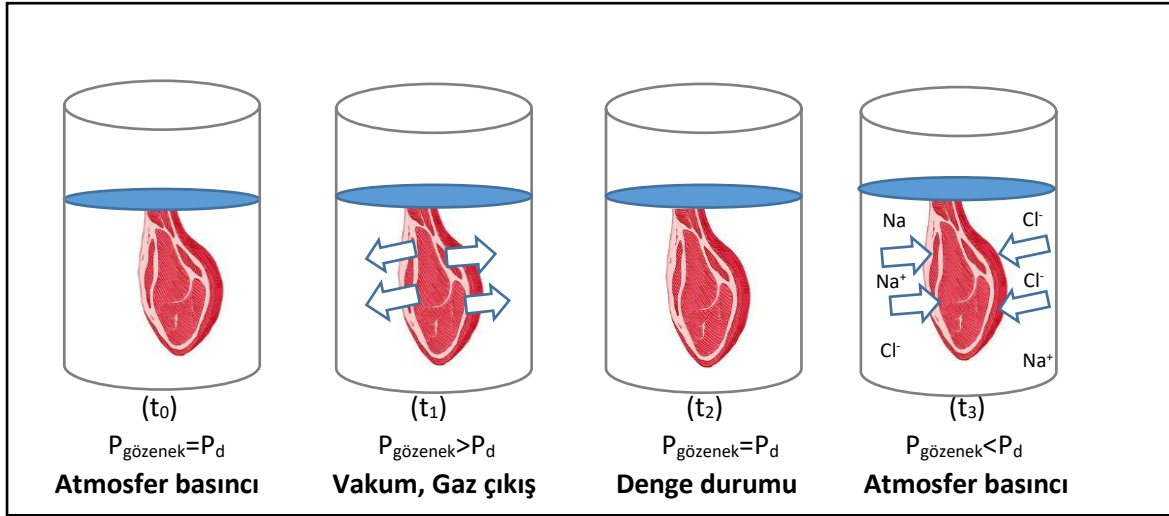
Bu yöntem ilk olarak; meyve ve sebzelerin hipertonic çözeltiye daldırılması sırasında su kaybını hızlandırmak ve çözeltinin dokuya hızlı girişini sağlamak için vakum ozmotik dehidrasyon yöntemi şeklinde uygulanmıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte gıdaları besinsel ve fonksiyonel bileşikler bakımından zenginleştirme, onlara yeni duyuşal özellikler kazandırma ve bozulma reaksiyonlarını ve mikrobiyel gelişimi önleme amacıyla VE yöntemi kullanılmaya başlanmıştır (Derossi vd., 2012; Moreno vd., 2012; Codoñer-Franch vd., 2013; Betoret vd., 2015). Ayrıca, VE yöntemi oda sıcaklığında uygulanabildiğinden ürünün; rengi, doğal lezzeti, aroması ve ısıya hassas bileşenleri korunmakta ve böylece ürün kalitesinde gelişme sağlanmaktadır (Zunin vd., 2017). VE yöntemi; kurutma, kızartma ve dondurma işlemlerinden önce ön işlem olarak da kullanılmaktadır (Bolin ve Huxsoll, 1993).

VE yöntemi ilk olarak Fito (1994) tarafından açıklanmıştır. Araştırmacı, ozmotik dehidrasyon sırasında gıdada meydana gelen değişimi belirlemek için mikro (hücre duvarı, hücre membranları ve organeller gibi hücresel farklılıkları dikkate alan yöntemler) ve makro (gıdayı, homojen özelliklere sahip biyolojik dokuların bir bütünü olarak ele alan yöntemler) düzeyde analizler yapmıştır. Bu analizlerin sonucunda elde ettikleri su difüzyon katsayılarını ( $D_e$ ) karşılaştırmış ve mikro yöntemle elde edilen değerlerin 100 kat daha yüksek olduğunu belirlemiştir. Böylece, ozmotik dehidrasyon sırasında geleneksel difüzyona ilave olarak daha hızlı bir kütle aktarım mekanizmasının varlığı

sonucuna ulaşılmıştır. Bu mekanizma; vakum altındaki materyalin gözeneklerindeki sıvı ve gazların boşalması sonucu materyal hacminin küçülmesi ve atmosferik basınca geri dönülme sırasında materyale ilave edilmek istenen çözeltinin materyal üzerine verilerek gözeneklere yerleşmesini sağlayan basınç değişikliklerine dayanmaktadır. Bu olay kütle aktarımının meydana geldiği birçok işlemin hızını arttırmaktadır (Derossi vd., 2012).

VE yöntemi gıdalara tek bir döngü (sırasıyla atmosfer basıncı ( $t_0$ ) - vakum oluşturma ( $t_1$ ) - denge durumu ( $t_2$ ) - tekrar atmosfer basıncının sağlanması ( $t_3$ )) veya ardışık döngüler şeklinde uygulanabilmektedir. Her döngü üç aşamadan oluşmaktadır (Şekil 1). İlk aşamada gıda materyali, çözelti içerisine daldırılmaktadır. Başlangıçta gözenek iç basıncı atmosfer basıncına eşittir ( $t_0$ ). Sisteme vakum uygulandığında gözenek basıncı dış basınçtan daha yüksek olur ve içteki gazların

genişlemesiyle kapiler deformasyonu ve iç hacmin artışı gerçekleşir. Basınç değişimine bağlı olarak gıdanın gözenek ve kapiler sisteminde bulunan doğal sıvılar ve gazlar kısmen dışarı çıkarlar. Bu aşamada hidrodinamik hareket devreye girer ve dışarıdaki çözelti kısmen kapiler içerisine geçmektedir. Bu olaylar denge sağlanıncaya kadar eş zamanlı olarak meydana gelmektedir ( $t_1$ ). Denge basıncına ulaşıldığında sistem bu basınçta bir süre bekletilmektedir ( $t_2$ ). Son aşamada tekrar atmosfer basıncı oluşturulmakta ( $t_3$ ) ve örnekler çözelti içinde bekletilmektedir. Bu gevşeme periyodunda basınç değişimi ile birlikte hidrodinamik harekete ilaven deformasyon olayı da meydana gelmektedir. Hidrodinamik harekete ilaveten, basınçtaki değişim örnekler üzerinde titreşimler de oluşturmakta ve böylece kütle aktarım hızı daha da artabilmektedir (Barat vd., 2006; Carciofi vd., 2012; Derossi vd., 2012; Betoret vd., 2015; Yang vd., 2017).



Şekil 1. Etin tuzlanmasında vakum emdirim aşamaları

VE yöntemi ile etin tuzlanması sırasında farklı aşamalarda meydana gelen kütle aktarım olayları ve yapısal değişimler Çizelge 1'de verilmiştir. VE işlemi sırasında meydana gelen birçok olay, farklı değişkenlerden etkilenebilmektedir. Prosesi etkileyen başlıca dış değişkenler; vakum basıncı,

döngü sayısı, vakum periyodunun süresi, gevşeme periyodunun süresi, salamura çözeltisinin viskozitesi, sıcaklık, çözelti konsantrasyonu ve gıda/çözelti kütle oranıdır (Derossi vd., 2012; Yılmaz ve Bilek, 2017a).

Çizelge 1. Vakum emdirim yöntemi ile et tuzlanmasının farklı aşamalarında meydana gelen kütle aktarım olayları ve yapısal değişimler (Barat vd., 2006)

Aşamalar	Kütle aktarımı	Yapısal değişimler
Vakum öncesi atmosferik basınçta daldırma ( $t_0$ )	Salamuranın kapiler penetrasyonu Örnek yüzeyine yakın ürün sıvı fazında su ve tuz difüzyonu	Örnek yüzeyindeki değişiklikler: proteinlerin yapısal değişiklikleri
Sisteme vakum uygulanması ( $t_1$ ; $t_2$ )	Gaz ve serbest iç sıvının dışarıya akışı. Daha yoğun kapiler etkilere bağlı olarak salamuranın ilerlemesi. Difüzyonla birlikte salamura penetrasyonuna bağlı olarak tuzlu su konsantrasyon profillerinin geliştirilmesi	Gaz dolu gözeneklerin genişlemesi Biyopolimerlerdeki yapısal değişiklikler ve su bağlama kapasitesinin değişimi
Atmosferik basınçta geri getirme ( $t_3$ )	Hidrodinamik hareket ile salamura penetrasyonunun ilerlemesi Su ve tuzun difüzyon yoluyla taşınması	Matriks gözeneklerinde hacim azalması: serbest sıvı fazın dışarı atılması Biyopolimerlerdeki yapısal değişikliklerde ve su bağlama kapasitesinin değişiminde ilerleme

Vakum en önemli dış değişken olup, gıdanın gözenekleri ile salamura çözeltisinin etrafındaki atmosfer arasında basınç değişimini sağlayan kuvvettir. Genel olarak literatürde, kullanılan vakum basıncının 50-600 mbar arasında değiştiği bildirilmiştir (Derossi vd., 2011). Hindi eti üzerinde yapılan bir çalışmada; atmosfer basıncı ne kadar düşük olursa tuz alımının o kadar yüksek ve su kaybının o kadar az olduğunu belirlemiştir. Farklı seviyelerde ( 150, 400 ve 700 mbar ) basınç uygulanan örneklerde 240 dakikanın sonunda su kaybı sırasıyla -1.89, 6.25 ve 8.86 g/100g ve tuz kazanımı ise 13.71, 9.47, 9.20 g/100g olarak belirlenmiştir. Kütle aktarımı üzerine bu etkiler, düşük basınçta yüksek işleme veriminin sağlandığını göstermektedir. Ayrıca, vakum döngüsünün sayısı (birden ona kadar) arttıkça örneklerin tuz kazanımı artmış ve su kaybı azalmıştır. Atmosfer basıncında tuzlanan örneklerin ortalama su kaybı ve tuz kazanımı 3.92 ve 5.54 g/100g olarak belirlenirken; on vakum döngüsünden sonra bu değerler sırasıyla -10.47 ve 11.31 g/100g olarak belirlenmiştir (Deumier vd., 2003a).

Vakum ve gevşeme periyotlarının süreleri VE yöntemini etkileyen diğer önemli değişkenlerdir. Vakum periyodu, vakum uygulandıktan sonra

gıda mikroyapısının dengeye ulaşma eğiliminde olduğu süredir. Gevşeme periyodu ise; atmosfer basıncı sağlandıktan sonra gıda yapısının dengeye ulaşma eğiliminde olduğu süredir. Vakum basıncı, vakum periyodu süresi ve gevşeme periyodu süresi birbiriyle ilişkili dış değişkenler olup, bu parametreler son ürünün hücre yapısı ve kalite özellikleri üzerinde etkili olmaktadır (Karacaoğlu vd., 2016; Yılmaz ve Bilek, 2017b). Dolayısıyla, üretimi oldukça zahmetli olan geleneksel et ürünlerinin işlenmesinde, VE yöntemi bu parametrelerin optimum koşulları belirlenerek kullanılabilen ve son ürün özellikleri iyileştirilebilmektedir. Andújar vd. (2001), Küba'ya özgü geleneksel bir et ürününün (tasajo) tuzlama aşamasında VE yöntemini uygulamış ve vakum süresi arttıkça ağırlık kaybının azaldığını belirlemiştir. Ayrıca VE yönteminin uygulanacağı et parçalarının büyüklüğü ve gözeneklerinin yapısı vakum süresinin belirlenmesinde dikkate alınmaktadır. Çünkü, VE uygulanan parçalar daha büyük ve gözenekler daha küçük olduğunda örneklerin dengeye ulaşması için daha fazla zaman gerekmektedir (Barat vd., 2006).

Sıcaklık, vakumlu emdirim yönteminin etkinliğini değiştirmemektedir. Gıdanın viskoelastik özellikleri sıcaklık değişkeninden etkilendiği için,

sıcaklık arttıkça yapının yumuşadığı ve ağırlık kaybının arttığı, ancak çözünen maddenin gıdaya geçişinde önemli bir farklılığın oluşmadığı bilinmektedir (Barat vd., 2006; Yılmaz ve Bilek, 2017b). Ayrıca, sıcaklık artışı kullanılan çözeltilerin viskozite değerinin düşüşünde etkili olabilmektedir (Derossi vd., 2012).

Salamura konsantrasyonunun, tuzlama yürütücü kuvveti ve etin su tutma kapasitesi üzerine bilinen etkileri dışında toplam tuz kazancı üzerine de etkisi bulunmaktadır. Diğer taraftan salamura, hipertonic özellikte bir çözeltilerdir. Dolayısıyla, salamura çözeltilerinin konsantrasyonu arttıkça, ozmotik dehidrasyon nedeniyle gıdanın su kaybında bir artış meydana gelmektedir (Barat vd., 2006). Corzo ve Bracho (2007), VE uyguladıkları balıklarda salamura konsantrasyonu arttıkça su difüzyon katsayısının arttığını belirlemiştir. Bunlara ilaveten; et salamura oranının düşük olması, salamura konsantrasyonunun işlem süresince aynı kalmasını sağlamaktadır (Derossi vd., 2012).

Gıdanın gözenekliliği, gözeneklerin boyutu ve morfolojisi ise; VE yöntemine etki eden başlıca iç değişkenlerdir (Panarese vd., 2013; Gomez-Galindo ve Yusof, 2015). Gözenek boyutu, çözeltilerin yüzey gerilimi ve çözelti ile gözenek duvarları arasındaki ıslanma açısı salamura çözeltilerinin et gözeneklerine girişini etkilemektedir (Tylewicz vd., 2012; Panarese vd., 2016). Ayrıca, biyolojik dokunun gözenek çapı da VE uygulaması için önemli olup, bu parametre salamuranın girişine uygun boş hacmi sağlamaktadır (Mao vd., 2017). Dolayısıyla gözenek çapı arttıkça emdirim düzeyi de artmaktadır. Genel olarak et, balık ve peynirle karşılaştırıldığında meyve ve sebzelerin gözenek çapı daha yüksektir. Hayvansal ürünlerde gözenekliliğin daha düşük olmasının nedeni, genellikle hücreler arası boşlukların serbest bir sıvı faz içermesinden kaynaklanmaktadır (Deumier vd., 2003b). Yapılan çalışmalarda gözeneklilik değeri sığır etinde %1.28 (v/v) (McDonald ve Sun, 2001) ve hindi etinde %1.69 (v/v) (Deumier vd., 2003b) olarak belirlenmiştir.

VE işlemini etkileyen diğer iç değişkenler; gıdanın yüzey alanı ve kalınlığıdır. Et örneğinin yüzey alanı arttıkça ve kalınlığı azaldıkça, salamura çözeltilerinin ete nüfuzu artmaktadır (Derossi vd., 2012). Chiralt vd. (2001), salamura çözeltilerinin emilim oranının kas yapısına da bağlı olduğunu bildirmiştir. Kasın yapısında gaz fazı bulunmamasına rağmen, kesimden sonra kan damarlarına gaz girebilmekte ve kan damarları VE işlemindeki hidrodinamik hareketler için kanal görevi görebilmektedir.

### **VAKUMLU EMDİRİM YÖNTEMİNİN ETİN TUZLANMASINDA KULLANIMI**

Büyük et parçalarını tuzlama işlemi düşük sıcaklıklarda yapıldığından genellikle tuz difüzyonu yavaş gerçekleşmekte ve bu işlem birkaç gün sürebilmektedir. Örneğin “charque” adı verilen geleneksel et ürününün tuzlama aşaması sekiz gün sürebilmekte ve bunu beş gün veya daha fazla süren güneşte kurutma aşaması takip etmektedir (Shimokomaki vd., 1998). Bu et parçalarının uzun süren tuzlama periyodunu kısaltmak amacıyla son yıllarda VE yöntemi kullanılmaktadır (Barat vd., 2006; Bampi vd., 2016; Tappi vd., 2016). Çizelge 2’de etin vakumlu emdirim yöntemi ile tuzlanmasını içeren çeşitli çalışmalar verilmiştir.

Geleneksel et ürünlerinin hava ile kurutulmasından önce VE yönteminin kullanılması, iki hedefe aynı anda ulaşılmasını sağlayabilmektedir. Bu hedefler; enerji maliyetinin azalması ve son ürün kalitesini geliştirmek amacıyla antimikrobiyel özellikteki tuzun ete uygulanmasıdır (Derossi vd., 2012). Bampi vd. (2016) farklı tuzlama yöntemlerinin etin su kaybı ve tuz kazanımı kinetiklerine etkisini araştırmıştır. Et örneklerinin yaş tuzlanması sırasında, atmosfer basıncı yerine uygulanan vakum işlemi su kaybını %20 ve tuz kazanımını %15 arttırmıştır. Diğer taraftan, salamuraya farklı asit çözeltilerinin ilave edilmesi 6 saat daldırma işleminin sonunda tuz kazanımını %13-24 düşürmüştür. Ayrıca, NaCl yerine KCl kullanıldığında K<sup>+</sup> iyonlarının difüzyonunun daha hızlı olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 2. Etin vakumlu emdirim yöntemi ile tuzlanmasını içeren literatür çalışmaları

Hammadde	Emdirilen çözelti - çözelti : ürün oranı	İşleme koşulları	Sonuç	Kaynak
Domuz eti	%20 tuz, %2 dekstroz, %1 sakaroz, %0.1 askorbat, %0.1 baharat karışımı ve %0.085 nitratlar - 2:1	4°C'de 20 dk vakumlu tamburlama 4°C'de 16 saat tank içinde bekletme	Geleneksel tuzlama yöntemine kıyasla VE yöntemi ürün yüzeyindeki <i>Enterobacteriaceae</i> popülasyonunu azaltmıştır.	Serio vd., 2017
Somon balığı	%1.5 sıvı tütsü içeren doymuş NaCl çözeltisi (370 g/L)	Vakum basıncı: 50 mbar Vakum süresi: 5 dk Gevşeme süresi: 45 dk	VE yöntemiyle tuzlanmış örnekler iki farklı şekilde ambalajlanmış ve depolama boyunca örneklerin kimyasal ve fiziksel parametrelerde herhangi bir değişim gözlenmemiştir.	Bugueño vd., 2003
Somon balığı	Çözelti, şeker ve tuzun (1:1) destile suda çözünmesiyle hazırlanmıştır (460 g/L). - 20:1	Vakum basıncı: 50 mbar Vakum süresi: 15 dk	Kuru tuzlama yöntemine kıyasla, yaş tuzlama ve VE yöntemleri tuzlama süresini ( $\approx$ %85) ve ağırlık kaybını ( $\approx$ %48) azaltmıştır.	Larrazábal-Fuentes vd., 2009
Sığır eti	Et farklı çözeltilerle muamele edilmiştir. +Doymuş tuz çözeltisi (6 mol/L) - 10:1 +Marinasyon sıvısı (Su, NaCl, asitler) - 10:1 +%75 NaCl ve %25 KCl içeren çözelti - 10:1	Vakum basıncı: 50 mmHg Vakum süresi: 20 dk Gevşeme süresi: 5 saat 40 dk	VE uygulaması su kaybını %20 ve tuz kazanımını %15 arttırmıştır. Diğer taraftan, salamuraya farklı asit çözeltilerinin ilave edilmesi, tuz kazanımını %13-24 düşürmüştür. Ayrıca, NaCl yerine KCl kullanıldığında K <sup>+</sup> iyonlarının difüzyonunun daha hızlı olduğu belirlenmiştir.	Bampi vd., 2016
Kuzu eti	Salamura çözeltisi (%15 NaCl)	Vakum basıncı: 70 kPa Vakum süresi: 15 dk Gevşeme süresi: 15 dk Döngü sayısı: 3, 6, 9, 12	VE yöntemiyle tuzlanan örneklerin tuz içeriği kontrole göre %1 daha yüksek tespit edilmiştir. VE yöntemiyle tuzlanan örneklerde aktomiyosin daha fazla çözünmüş ve miyofibriller daha fazla şişmiştir ( $P < 0.05$ ).	Wang vd., 2016
Hindi eti	Salamura çözeltisi (350 g/kg) - 20:1	Vakum basıncı: 15, 40 ve 70 kPa Döngü sayısı: 1'den 10'a kadar	Basıncı düştükçe ve döngü sayısı arttıkça; tuz alımı artmış ve su kaybı azalmıştır.	Deumier vd., 2003a

VE yöntemi, kuru tuzlama ve atmosfer basıncında yaş tuzlama yöntemlerine kıyasla tuzlanmış ürünün kalite ve stabilite parametrelerini farklı şekilde etkilemektedir. VE yöntemiyle, ürünün stabilitesini sağlayan tuz seviyesine daha yüksek nem değerlerinde ulaşılmaktadır. Dolayısıyla, bu yöntemle elde edilen ürünler daha sulu bir yapıda olabilmektedir. Bugueño vd. (2000) yaptıkları bir çalışmada somon balığını ticari su aktivitesi değerine (0.965) ulaşıncaya kadar iki farklı şekilde tuzlamıştır. Çalışmada atmosfer basıncında tuzlanan örnekler (%62) göre VE yöntemi ile tuzlanan örneklerin nem içeriklerinin (%63) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, VE yöntemi kuru tuzlamaya kıyasla oksijenin örneklerdeki aktif bölgelere ulaşmasını engellediği için yağlı etlerde oksidasyonu geciktirebilmektedir (Chiralt vd., 2001). Bugueño vd. (2003) VE yöntemi ile tuzlanmanın, tütsülenmiş somon balığının raf ömrü üzerine etkilerini araştırmıştır. İşlendikten sonra iki farklı şekilde (vakum ve modifiye atmosfer paketlenme) ambalajlanan örneklerin raf ömrünü 25 gün olarak belirlemiş ve depolama boyunca örneklerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde herhangi bir değişim gözlememiştir.

Yapılan başka bir çalışmada VE yöntemi ile tuzlanmış etin mikroyapısı, protein denatürasyonu ve su tutma kapasitesi araştırılmıştır. Örnekler VE (0, 1.5, 3, 4.5 ve 6 saat) ve atmosferik (kontrol) olmak üzere iki farklı şekilde tuzlanmıştır. VE yöntemiyle tuzlanan örneklerin tuz içeriği kontrole göre %1 daha yüksek tespit edilmiştir. VE yöntemiyle tuzlanan örneklerde aktomiyosin daha fazla çözünmüş ve miyofibriller daha fazla şişmiştir. Bu çalışma ile; VE yönteminin salamura verimini arttırdığı, aktomiyosin çözünmesini teşvik ettiği ve etin su tutma kapasitesini geliştirdiği sonucuna ulaşılmıştır (Wang vd., 2016).

Eş zamanlı salamura çözme / tuzlama tekniği, bir soğuk odada etin çözülmesi ve ardından tuzlanması için gerekli olan zamanı azaltmak için kullanılmaktadır. Bu teknik sayesinde, tuzlama işlemi sonrasında salamura çözeltisi ile etin tuz içeriği kısa sürede dengeye gelmektedir (Barat vd., 2005). Flores vd. (2006), "ham" üretiminde bu tekniğin VE ile birlikte kullanımını incelemiş ve

VE uygulanan örneklerde miyofibril bozulmasının daha hızlı olduğunu belirlemiştir.

VE uygulanan ürünün ve salamura çözeltisinin mikrobiyel güvenliğinin araştırılması önemli bir husustur. Hayvanın kesimiyle birlikte kontaminasyon gerçekleşebilmektedir. Eğer hammadde kontamine ise VE uygulaması sırasında salamura çözeltisi de kontamine olabilmektedir. Kontamine olmuş bir çözeltinin tekrar tekrar kullanılması ise, ürünün mikrobiyel güvenliğini tehdit edebilmektedir. Bununla birlikte literatürde, VE yönteminin ette bulunan kanı uzaklaştırdığı ve ürünün mikrobiyel açıdan daha güvenli hale geldiği belirtilmektedir (Chiralt vd., 2001).

Geleneksel et ürünlerinin olgunlaşması; endojen enzimlerin dışında katalaz negatif koklar, mayalar ve küflerin ürettiği mikrobiyel enzimlerle de sağlanmaktadır. Ancak, yetersiz kürlenme işlemi nedeniyle kürlenmiş et ürünlerinde *Enterobacteriaceae* gibi istenmeyen mikroorganizmalar da bulunabilmektedir. Kürlenmiş et ürünlerinde *Enterobacteriaceae* varlığı, ürünün sadece raf ömrünü olumsuz etkilemekle kalmaz, bu mikroorganizmalar patojen olduğundan ve biyojen amin ürettiğinden gıda güvenliği açısından risk oluşturmaktadır (Belletti vd., 2013). Serio vd. (2017) VE yöntemi ile tuzlanan geleneksel bir et ürününde (lonza) *Enterobacteriaceae* familyası bakterilerin varlığını araştırmış ve geleneksel tuzlama yöntemine kıyasla VE yönteminin ürün yüzeyindeki *Enterobacteriaceae* popülasyonunu azalttığını tespit etmiş ve bu ürünün üretiminde VE yönteminin kullanılabilceği sonucuna varmıştır.

## SONUÇ

VE yönteminde, salamura içine daldırılmış et örneğine kısmi bir vakum uygulanarak kapiler sistemindeki doğal sıvılar ve gazlar uzaklaştırılmakta ve oluşan boşluklara salamura çözeltisinin nüfuz etmesi sağlanmaktadır. Et ürünlerinin tuzlanmasında bu yöntemin kullanımı, diğer yöntemlere kıyasla tuzlama süresini kısaltmakta, aktomiyosinlerin daha fazla çözünmesini sağlamakta, su tutma kapasitesini arttırmakta ve ürünün mikrobiyel güvenliğini geliştirmektedir. Bu avantajlarının yanı sıra VE



yönteminin endüstriyel ölçekte yaygın bir şekilde kullanımı için, ürün bazında tüm koşulların optimize edildiği daha detaylı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

#### KAYNAKLAR

Andújar, G., Argüelles, A., Barat, J.M., Andrés, A., Fito, P. (2001). Salting studies during Tasajo making. In: *Osmotic dehydration and vacuum impregnation: Applications in food industries*, Fito, P., Chiralt, A., Barat, J.M., Beshnilian, D., and Spiess, W. (eds.), PA: Technomic Publishing, Lancaster, pp. 171–183.

Bampi, M., Domschke, N.N., Schmidt, F.C., Laurindo, J.B. (2016). Influence of vacuum application, acid addition and partial replacement of NaCl by KCl on the mass transfer during salting of beef cuts. *LWT - Food Sci Technol*, 74: 26-33, doi: 10.1016/j.lwt.2016.07.009.

Barat, J.M., Grau, R., Fito, P., Chiralt, A. (2006). Vacuum salting treatment for the accelerated processing of dry-cured ham. In: *Food Science and Technology*, Nollet, L.M.L. and Toldrá, F. (eds.), Marcel Dekker, New York, pp. 353-369.

Barat, J.M., Grau, R., Ibáñez, J.B., Fito, P. (2005). Post-salting studies in Spanish cured ham manufacturing. Time reduction by using brine thawing-salting. *Meat Sci*, 69: 201–208, doi: 10.1016/j.meatsci.2004.05.020.

Barbieri, G., Barbieri, Ge., Bergamaschi, M., Francheschini, M., Berizi, E. (2016). Reduction of NaCl in cooked ham by modification of the cooking process and addition of seaweed extract (*Palmaria palmata*). *LWT - Food Sci Technol*, 73: 700-706, doi: 10.1016/j.lwt.2016.06.057.

Belletti, N., Garriga, M., Aymerich, T., Bover-Cid, S., 2013. Inactivation of *Serratia liquefaciens* on dry cured ham by high pressure processing. *Food Microbiol*, 35: 34-37, doi: 10.1016/j.fm.2013.03.001.

Betoret, E., Betoret, N., Rocculi, P., Rosa, M.D. (2015). Strategies to improve food functionality: Structure-property relationships on high pressures homogenization, vacuum impregnation and drying technologies. *Trends Food Sci Technol*, 46: 1-12, doi: 10.1016/j.tifs.2015.07.006.

Bolin, H.R., Huxsoll, C.C. (1993). Partial drying of cut pears to improve freeze/ thaw texture. *J Food Sci*, 58: 357-360, doi: 10.1111/j.1365-2621.1993.tb04274.x.

Bugueño, G. (2000). Salado-ahumado de salmón (*Salmo salar*) por impregnación a vacío. Influencia del envasado en la calidad. PhD. Thesis, Universidad Politécnica de Valencia, Spain.

Bugueño, G., Escriche, I., Martínez-Navarrete, N., Camacho, M.d.M., Chiralt, A. (2003). Influence of storage conditions on some physical and chemical properties of smoked salmon (*Salmo salar*) processed by vacuum impregnation techniques. *Food Chem*, 81: 85-90, doi: 10.1016/S0308-8146(02)00381-3.

Caballero, D., Caro, A., Rodríguez, P.G., Durán, M.L., Ávila, M.d.M., Palacios, R., Antequera, T., Pérez-Palacios, T. (2016). Modeling salt diffusion in Iberian ham by applying MRI and data mining. *J Food Eng*, 189: 115-122, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2016.06.003.

Carciofi, B.A.N., Prat, M., Laurindo, J.B. (2012). Dynamics of vacuum impregnation of apples: experimental data and simulation results using a VOF model. *J Food Eng*, 113: 337-343, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2012.05.023.

Chiralt, A., Fito, P., Barat, J.M., Andrés, A., González-Martínez, C., Escriche, I., Camacho, M.M. (2001). Use of vacuum impregnation in food salting process. *J Food Eng*, 49: 141-151, doi: 10.1016/S0260-8774(00)00219-3.

Choi, Y.S., Jeong, T.J., Hwang, K.E., Song, D.H., Ham, Y.K., Kim, Y.B., Jeon, K.H., Kim, H.W., Kim, C.J. (2016). Effects of various salts on physicochemical properties and sensory characteristics of cured meat. *Korean J Food Sci An*, 36 (2): 152-158, doi: 10.5851/kosfa.2016.36.2.152.

Codoñer-Franch, P., Betoret, E., Betoret, N., López-Jaén, A.B., Fito, P., Valls-Bellés, V. (2013). Dried apple snacks enriched with mandarin juice improves antioxidant capacity and decreases inflammation in obese children. *Plant Foods Hum Nutr*, 28(3): 1177-1183, doi: 10.3305/nh.2013.28.4.6580.

- Corral, S., Salvador, A., Flores, M. (2013). Salt reduction in slow fermented sausages affects the generation of aroma active compounds. *Meat Sci*, 93(3): 776-785, doi: 10.1016/j.meatsci.2012.11.040.
- Corzo, O., Bracho, N. (2007). Determination of water effective diffusion coefficient of sardine sheets during vacuum pulse osmotic dehydration. *LWT-Food Sci Technol*, 40: 1452-1458, doi: 10.1016/j.lwt.2006.04.008.
- De Prados, M., Garcia-Perez, J.V., Benedito, J. (2016). Ultrasonic characterization and online monitoring of pork meat dry salting process. *Food Control*, 60: 646-655, doi: 10.1016/j.foodcont.2015.09.009.
- Derossi, A., De Pilli, T., La Penna, M.P., Severini, C. (2011). pH reduction and vegetable tissue structure changes of zucchini slices during pulsed vacuum acidification. *LWT- Food Sci Technol*, 44: 1901-1907, doi: 10.1016/j.lwt.2011.01.011.
- Derossi, A., De Pilli, T., Severini, C. (2012). The application of vacuum impregnation techniques in food industry. In: *Scientific, health and social aspects of the food industry*. InTech, pp. 25-56.
- Deumier, F., Bohuon, P., Trystram, G., Saber, N., Collignan, A. (2003a). Pulsed vacuum brining of poultry meat: experimental study on the impact of vacuum cycles on mass transfer. *J Food Eng*, 58: 75-83, doi: 10.1016/S0260-8774(02)00366-7.
- Deumier, F., Trystram, G., Collignan, A., Guédider, L., Bohuon, P. (2003b). Pulsed vacuum brining of poultry meat: interpretation of mass transfer mechanisms. *J Food Eng*, 58: 85-93, doi: 10.1016/S0260-8774(02)00367-9.
- Devine, C., Dikeman, M. (2014). *Encyclopedia of meat sciences*. 2<sup>nd</sup> Edition, Academic Press, Elsevier Ltd, Oxford, the UK, 1712 p.
- Feiner, G. (2006). *Meat products handbook: Practical science and technology*. CRC Press, Elsevier Ltd, Boca Raton, FL, USA, 648 p.
- Fito, P. (1994). Modelling of vacuum osmotic dehydration of foods. In: *Water in foods: Fundamental aspects and their significance in relation to processing of foods*, Fito, P., Mulet, A. and McKenna, B. (eds), Elsevier Applied Science, London, pp. 313-328.
- Flores, M., Soler, C., Aristoy, M.C., Toldrá, F. (2006). Effect of brine thawing/salting for time reduction in Spanish dry-cured ham manufacturing on proteolysis and lipolysis during salting and post-salting periods. *Eur Food Res Technol*, 222: 509-515, doi: 10.1007/s00217-005-0036-8.
- Gomez-Galindo, F., Yusof, N.L. (2015). New insights into the dynamics of vacuum impregnation of plant tissues and its metabolic consequences. *J Sci Food Agric*, 95: 1127-1130, doi: 10.1002/jsfa.6777.
- Huang, T.C., Nip, W.K. (2001). Intermediate-Moisture Meat and Dehydrated Meat. In: *Meat Science and Applications*, Hui, Y.H., Nip, W.K., Rogers R.W. and Young O.A. (eds), Marcel Dekker Inc, New York, 674 p.
- Inguglia, E.S., Zhang, Z., Burgess, C., Kerry, J.P., Tiwari, B.K. (2017). Influence of extrinsic operational parameters on salt diffusion during ultrasound assisted meat curing. *Ultrasonics*. In Press, doi: 10.1016/j.ultras.2017.03.017.
- Jin, G., He, L., Wang, Q., Liu, C., Jin, Y., Huang, F., Ma, M. (2014). Pulsed pressure assisted brining of porcine meat. *Innov Food Sci Emerg*, 22: 76-80, doi: 10.1016/j.ifset.2013.12.014.
- Kang, D., Wang, A., Zhou, G., Zhang, W., Xu, S., Guo, G. (2016). Power ultrasonic on mass transport of beef: Effects of ultrasound intensity and NaCl concentration. *Innov Food Sci Emerg*, 35: 36-44, doi: 10.1016/j.ifset.2016.03.009.
- Karacaoğlu, C., Gürsoy, O., Yılmaz, Y. (2016). Ultrasonikasyon destekli vakum impregnasyon (emdirme) tekniği ile muamele işleminin kivi dilimlerinin kuruma kinetiği üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 14: 256-266.
- Larrazábal-Fuentes, M.J., Escriche-Roberto, I., Camacho-Vidal, M.D.M. (2009). Use of immersion and vacuum impregnation in marinated salmon (*Salmo salar*) production. *J Food Process Pres*, 33: 635-650, doi: 10.1111/j.1745-4549.2008.00278.x.
- Li, F., Zhuang, H., Qiao, W., Zhang, J., Wang, Y. (2016). Effect of partial substitution of NaCl by KCl on physicochemical properties, biogenic

- amines and N-nitrosamines during ripening and storage of dry-cured bacon. *J Food Sci Technol*, 53(10): 3795-3805, doi: 10.1007/s13197-016-2366-x.
- Liu, D., Qu, J., Sun, D.W., Pu, H., Zeng, X.A. (2013). Non-destructive prediction of salt contents and water activity of porcine meat slices by hyperspectral imaging in a salting process. *Innov Food Sci Emerg*, 20: 316-323, doi: 10.1016/j.ifset.2013.09.002.
- Mao, J., Zhang, L., Chen, F., Lai, S., Yang, B., Yang, H. (2017). Effect of vacuum impregnation combined with calcium lactate on the firmness and polysaccharide morphology of kyoho grapes (*Vitis vinifera* x *V. labrusca*). *Food Bioprocess Technol*, 10: 699-709, doi: 10.1007/s11947-016-1852-5.
- Martins, M.G., Martins, D.E.G., Pena, R.d.S. (2015). Drying kinetics and hygroscopic behavior of pirarucu (*Arapaima gigas*) fillet with different salt contents. *LWT - Food Sci Technol*, 62: 144-151, doi: 10.1016/j.lwt.2015.01.010.
- McDonald, K., Sun, W.W. (2001). The formation of pores and their effects in a cooked beef product on the efficiency of vacuum cooling. *J Food Eng*, 47(3): 175-183, doi: 10.1016/S0260-8774(00)00111-4.
- McDonnell, C.K., Lyng, J.G., Allen, P. (2014). The use of power ultrasound for accelerating the curing of pork. *Meat Sci*, 98(2): 142-149, doi: 10.1016/j.meatsci.2014.04.008.
- Moreno, J., Simpson, R., Pizarro, N., Parada, K., Pinilla, N., Reyes, J.E., Almonacid, S. (2012). Effect of ohmic heating and vacuum impregnation on the quality and microbial stability of osmotically dehydrated strawberries (cv. Camarosa). *J Food Eng*, 110: 310-316, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2011.03.005.
- Panarese, V., Dejmek, P., Rocculi, P., Gomez-Galindo, F. (2013). Microscopic studies providing insight into the mechanisms of mass transfer in vacuum impregnation. *Innov Food Sci Emerg*, 18: 169-176, doi: 10.1016/j.ifset.2013.01.008.
- Panarese, V., Herremans, E., Cantre, D., Demir, E., Vicente, A., Galindo, F.G., Nicolai, B., Verboven, P. (2016). X-ray microtomography provides new insights into vacuum impregnation of spinach leaves. *J Food Eng*, 188: 50-57, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2016.05.013.
- Papazoglou, D.D., Katsanidis, E. (2016). Mass transfer kinetics during osmotic processing of beef meat using ternary solutions. *Food Bioprod Process*, 100: 560-569, doi: 10.1016/j.fbp.2016.09.001.
- Pegg, R.B., Shahidi, F. (2006). Processing of nitrite-free cured meats. In: *Advanced Technologies For Meat Processing*, Nollet L.M.L. and Toldrá F. (eds), CRC Press, Florida, pp. 309-329.
- Schmidt, F.C., Carciofi, B.A.M., Laurindo, J.B. (2008). Salting operational diagrams for chicken breast cuts: Hydration-dehydration. *J Food Eng*, 88: 36-44, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2007.12.005.
- Serio, A., Chaves-López, C., Rossi, C., Pittia, P., Rosa, M.D., Paparella, A. (2017). Salting by vacuum brine impregnation in nitrite-free lonza: effect on Enterobacteriaceae. *Ital J Food Saf*, 6: 23-27, doi: 10.4081/ijfs.2017.6178.
- Shao, J.H., Deng, Y.M., Jia, N., Li, R.R., Cao, J.X., Liu, D.Y., Li, J.R. (2016). Low-field NMR determination of water distribution in meat batters with NaCl and polyphosphate addition. *Food Chem*, 200: 308-314, doi: 10.1016/j.foodchem.2016.01.013.
- Shimokomaki, M., Franco, B.D.G.M., Biscontin, T.M., Pinto, M.F., Terra, N.N., Zorn, T.M.T. (1998). Charqui meats are hurdle technology meat products. *Food Review Int*, 14: 339-349, doi: 10.1080/87559129809541167.
- Tappi, S., Tylewicz, U., Romani, S., Siroli, L., Patrignani, F., Rosa, M.D., Rocculi, P. (2016). Optimization of vacuum impregnation with calcium lactate of minimally processed melon and shelf-life study in real storage conditions. *J Food Sci*, 81 (11): 2734-2742, doi: 10.1111/1750-3841.13513.
- Tobin, B.D., O'Sullivan, M.G., Hamill, R.M., Kerry, J.P. (2013). The impact of salt and fat level variation on the physicochemical properties and sensory quality of pork breakfast sausages. *Meat Sci*, 93(2): 145-152, doi: 10.1016/j.meatsci.2012.08.008.

- Tribuzi, G., Schmidt, F.C., Laurindo, J.B. (2014). Operational diagrams for salting-marination processes and quality of cooked mussels. *LWT - Food Sci Technol*, 59(2): 746-753, doi: 10.1016/j.lwt.2014.06.048.
- Tylewicz, U., Lundin, P., Cocola, L., Dymek, K., Rocculi, P., Svanberg, S., Dejmek, P., Galindo, G.F. (2012). Gas in scattering media absorption spectroscopy (GSMAS) detected persistent vacuum in apple tissue after vacuum impregnation. *Food Biophys*, 7(1): 28-34, doi: 10.1007/s11483-011-9239-7.
- Wang, Z., Xu, W., Kang, N., Shen, Q., Zhang, D. (2016). Microstructural, protein denaturation and water holding properties of lamb under pulse vacuum brining. *Meat Sci*, 113: 132-138, doi: 10.1016/j.meatsci.2015.11.015.
- Wu, H., Yan, W., Zhuang, H., Huang, M., Zhao, J., Zhang, J. (2016). Oxidative stability and antioxidant enzyme activities of dry-cured bacons as affected by the partial substitution of NaCl with KCl. *Food Chem*, 201: 237-242, doi: 10.1016/j.foodchem.2016.01.025.
- Yang, H., Wu, Q., Ng, L.Y., Wang, S. (2017). Effects of vacuum impregnation with calcium lactate and pectin methylesterase on quality attributes and chelate-soluble pectin morphology of fresh-cut papayas. *Food Bioprocess Technol*, 10: 901-913, doi: 10.1007/s11947-017-1874-7.
- Yılmaz, F.M., Bilek, S.E. (2017a). Natural colorant enrichment of apple tissue with black carrot concentrate using vacuum impregnation. *Int J Food Sci Technol*, 52: 1508-1516, doi: 10.1111/ijfs.13426.
- Yılmaz, F.M., Bilek, S.E. (2017b). Vakumlu emdirim (İmpregnasyon) teknolojisinin fonksiyonel meyve ve sebze ürünlerinin geliştirilmesinde kullanımı. *Akademik Gıda*, 15: 163-171, doi: 10.24323/akademik-gida.333673.
- Żochowska-Kujawska, J. (2016). Effects of fibre type and structure of longissimus lumborum (Ll), biceps femoris (Bf) and semimembranosus (Sm) deer muscles salting with different NaCl addition on proteolysis index and texture of dry-cured meats. *Meat Sci*, 121: 390-396, doi: 10.1016/j.meatsci.2016.07.001.
- Zunin, P., Turrini, F., Leardi, R., Boggia, R. (2017). Olive fruits and vacuum impregnation, an interesting combination for dietetic iron enrichment. *J Food Sci Technol*, 54(2): 481-487, doi: 10.1007/s13197-017-2489-8.