

Su Ürünlerinde Halofilik Bakteriler ve Endüstriyel Alanda Kullanımları

Berna KILINÇ* 

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, İzmir

*Sorumlu Yazar: berna.kilinc@ege.edu.tr

Derleme

Geliş 24 Mayıs 2019; Kabul 08 Ekim 2019; Basım 15 Aralık 2019.

Alıntılama: Kılınç, B. (2019). Su ürünlerinde halofilik bakteriler ve endüstriyel alanda kullanımları. *Acta Aquatica Turcica*, 15(4), 535-545. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.569765>

Özet

Halofilik bakteriler tuza ihtiyaçları açısından tuza tolerans gösteren ve aşırı tuzu seven gibi çeşitli gruplara ayrılmaktadır. Tuzu seven aşırı halofilik *Halococcus* ve *Halobacterium* cinslerine ait bakteriler tuzlanmış balık ürünlerinde gelişerek pembe renkli bozulmalara neden olabilmektedir. Halofilik bakterilerin tuzlanmış balık ürünlerinde gelişerek kalite kaybına neden olmasının engellenmesi halofilik bakterilerin işlenmiş balık ürünlerinde gelişimini engelleyecek metotların uygulanması ve sonrasında kontrolü ile sağlanabilir. Üretim aşamasında kaliteli tuzların kullanılması, üretim ve depolama esnasında sıcaklık yükselmelerinden kaçınılması, balık ürünlerinin paketlenmesi, paketlenmiş balık ürünlerinin depolama esnasında hasar görmelerinin engellenmesi gibi halofilik bakterilerin balık ürünlerine bulaşma ve gelişiminin engellenmesine yönelik yöntemlerin uygulanması gerekmektedir. Aşırı tuzu seven ve tuza tolerans gösteren halofilik bakterilerin diğer bakterilere kıyasla sahip oldukları özellikleri nedeniyle çok sayıda avantajları da bulunmaktadır. Bu nedenle halofilik bakteriler endüstriyel birçok alanda (gıda, biyoteknoloji, kimya, tıp, kozmetik, tekstil, tarım, çevre vb.) kullanılmaktadır. Her geçen gün gelişen teknoloji sayesinde halofilik bakterilerin sahip oldukları avantajlardan yararlanılarak farklı alanlarda kullanımına yönelik yapılacak çalışmaların ve endüstriyel kullanım alanlarının ileride daha da artacağı düşünülmektedir. Bu nedenle derleme çalışmasında halofilik bakteri türleri, denizlerden, tuz göllerinden, tuzlardan, tuzlanmış ve fermente balık ürünlerinden izole edilen halofilik bakteriler, tuz, tuzlanmış ve fermente balık ürünleri tüketiminin insan sağlığına etkileri, tuzu seven ve tuza tolerans gösteren bakterilerin inhibisyonu, probiyotik etkileri, fonksiyonel yeni ürünlerin geliştirilmesinde kullanılması ve endüstriyel alanda kullanımları konularında yapılmış çeşitli çalışmalara değinilmiştir.

Anahtar kelimeler: Su ürünleri, halofilik bakteriler, mikrobiyolojik kalite, endüstriyel uygulamalar

Halophilic Bacteria Species in Fishery Products and Industrial Applications

Abstract

Halophilic bacteria have been divided into different groups according to salt requirements such as halotolerant and extreme halophiles etc. This type of halophilic bacteria such as *Halococcus* ve *Halobacterium* can be caused pink spoilage on the surface of the processed salted fishery products. The growth of halophilic bacteria in processed fishery products can be prevented by using effective methods and control systems. The methods avoiding contamination and growth of bacteria are necessary to be applied such as usage of high quality salt in production, avoidance of temperaturerise in production and storage periods, packaging fishery products, prevention of damage to package of fishery products in the storage. Extreme halophilic and halotolerant bacteria have some special characteristics when compared with other type of microorganisms. For this reason, halophilic bacteria can be used for different industrial applications (food, biotechnology, chemical, medicine, cosmetic, textile, agriculture, environment etc.) In accordance with the development of technology, it is believed that the studies done about usage of halophilic bacteria in different areas and industrial applications will be increased in the future. For this reason in this review; the species of halophilic bacteria, isolated halophilic bacteria from seas, salt lakes, salts, salted and fermented fishery products, the effects of salt and salty fishery products intake to the human health, the studies done about inhibiting the growth of halotolerant and extreme halophiles bacteria, probiotic effects, development of new novel products, industrial applications of these bacteria were reviewed.

Keywords: Fishery Products, halophilic bacteria, microbiological quality, industrial applications

GİRİŞ

Su ürünleri insan beslenmesinde çok önemli gıda maddeleridir. Bu nedenle su ürünlerinin kalitelerinin daha uzun süre korunması için işleme yöntemlerinin uygulanması gerekmektedir. Geleneksel tuzlama teknikleri tuzlama, kurutma ve tütsüleme işlemlerinin kombinasyonlarına dayalı olmakla birlikte gıda teknolojisinde son yıllarda yapılan gelişmeler ile de balık ve balık ürünlerinin raf ömürleri arttırılmaktadır. Balık ürünlerinin büyük çeşitliliği ile bağlantılı ham materyaldeki büyük değişiklikler ve endüstride kullanılan işleme parametreleri balık

ürünlerinde farklı bozulma parametrelerini ortaya çıkarmaktadır (Leisner ve Gram, 2014). Tuzlanmış balıkların raf ömrünü mikrobiyal bozulma sınırlamaktadır. Mikrobiyal bozulma çoğunlukla da kırmızımsı halofilik bakteriler nedeniyle meydana gelmektedir (Prasad ve Seenayya, 2000). Dünyanın her tarafında aşırı tuzlu ortamlar, tuz gölleri ve güneşte kurutulan tuzların bulunduğu havuzlar tuz bileşeni (NaCl) açısından baskındır (Larsen, 1980). Aşırı halofilik Arkeler (*Halobacteriaceae* familyası) baskın heterotrofik organizmalar olup tuz konsantrasyonu 250-300 gramı aşan aşırı tuzlu ortamlarda bulunmaktadır (Oren, 1994). Proteolitik halofilik ve halotolerant mikroorganizmalar tuza dayanıklı proteaz mikroorganizmalardır. Bunun yanı sıra önemli miktarlarda tuzun varlığına dayanıklı proteaz mikroorganizmalar farklı koşullardaki özelliklere (alkalin pH, yüksek sıcaklık, organik çözücü gibi) de tolerans gösterebilmektedir (Mokashe vd., 2018). Halofilik mikroorganizmaların 35°C’de hızlı bir şekilde çoğaldığı belirtilerek, bu mikroorganizmaların başlangıç mikrobiyal değerlerinin farklı ürünlerde değişiklik gösterdiği bildirilmiştir (Lorentzen vd., 2015). Yüksek tuz ortamında bulunan bakteriler yüksek tuz konsantrasyonlarıyla çevrili olduklarından yüksek ozmotik basınca maruz kalmaktadırlar. Halofilik mikroorganizmaların bu aşırı tuz koşullarında canlı kalabilmek ve ozmotik basıncı ayarlamak için özel stratejilere sahip oldukları belirtilmiştir (Kivistö ve Karp, 2011).

Arkelerin bu güne kadar yüksek sıcaklık, yüksek tuzluluk, uç pH değerleri gibi özel ortamlarda bulunduğu düşünülmekteydi. Son yıllarda moleküler metotların gelişmesiyle geniş sıcaklık değişimlerini ve soğuk ortamları içine alan; tarım ve orman topraklarında, tatlı su göl sedimentlerinde, deniz fitoplanktonlarında ve derin deniz bölgelerinde de varlık gösterdikleri bildirilmiştir (Aravalli vd., 1998). Bunun yanı sıra fermente balık ürünü olan jeotgal ürününde fermentasyon işleminde çoğunlukla bulunan mikroorganizmaların arasında *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Micrococcus*, *Pediococcus*, *Pseudomonas*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc* ve *Halobacterium* türlerinin olduğuna değinilmiştir (Koo vd., 2016). Tuzlu fermente balık ürününden izole edilen aşırı halofilik Arkenin potansiyel olarak enzim aktivitesinin ve histamin oluşumunun incelenmesi üzerine yapılan çalışmada histamin indirgenme aktivitesinin büyük olasıkla tuza toleranslı ve termo-nötrofik histamin dehidrogenaz nedeniyle gerçekleştiği belirtilmiştir (Tapingkae vd., 2010). Tuzlarda, tuz göllerinde, tuzlanmış ve fermente gibi çeşitli gıda ürünlerinde halofilik bakterilerin varlığı ile ilgili yapılmış çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Gram ve Huss, 1996; Vilhelmsson vd., 1997; Prasad ve Seenayya, 2000; Lakshmanan vd., 2002; Binbir ve Sesal, 2003; Yasa vd., 2008; Tapingkae vd., 2010; Abriouel vd., 2011; Ciu vd., 2012; Skara vd., 2015; Khairina vd., 2016; Koo vd., 2016; Lorentzen vd., 2016; Haastrup vd., 2018; Gassem, 2019). Bunun yanı sıra halofilik *Lactobacillus* türleri kullanılarak nanokapsülasyon ile fonksiyonel balık ürünlerinin üretimi ve halofilik bakterilerin çeşitli endüstriyel alanlarda kullanımlarına yönelik yapılmış çalışmalar da bulunmaktadır (Cowan, 1992; Asker ve Ohta, 1999; Joo ve Kim, 2005; Promchai vd., 2018; Mokashe vd., 2018; Ceylan vd., 2018; Delgado-Garcia, 2019; Flores-Gallegos vd., 2019; Ceylan vd., 2019).

Bu derleme çalışmasında halofilik bakteri türleri, denizlerden, tuz göllerinden, tuzlardan, tuzlanmış ve fermente balıklardan izole edilen halofilik bakteriler, tuz, tuzlanmış ve fermente balık ürünleri tüketiminin insan sağlığına etkileri, tuzu seven ve tuza tolerans gösteren bakterilerin inhibisyonu, probiyotik etkileri, fonksiyonel yeni ürünlerin geliştirilmesinde kullanılması ve endüstriyel kullanımlarına yönelik yapılmış çeşitli çalışmalar araştırılmıştır.

Halofilik bakteriler

Halofilik mikroorganizmaların az, ılımlı, sınır aşırı, aşırı halofilik ve halotolerant mikroorganizmalar olmak üzere farklı gruplara ayrıldığı belirtilmiştir. Az halofilik bakterilere örnek olarak deniz bakterilerinin verildiği ve bu bakterilerin 0,2-0,5M tuza ihtiyaç gösterdiği bildirilmiştir. 0,5-2,5 M tuza ihtiyaç gösterenlere ılımlı halofilikler denildiği ve *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Bacillus* ve *Pediococcus* türlerinin örnek olarak verildiği söylenmiştir. Aşırı halofilik mikroorganizmaların ise 2,2-5,2M tuz içeren ortamlarda üreme gösterdikleri ve *Halobacterium* ve *Holococcus* türlerinin örnek olarak gösterildiği belirtilmiştir. Halotolerant mikroorganizmalara ise *Staphylococcus aureus* türünün örnek olarak verildiği bildirilmiştir (Aksöz, 1985).

Aşırı Halofilik mikroorganizmalar Arke domainine bağlı Euryarchaeota filumuna ait Halobacteriales ordosu içerisinde toplanmıştır. Halobacteriales ordosu içerisinde *Halobacteriaceae* familyası içerisinde *Halobacterium*, *Haloarcula*, *Halobaculum*, *Halococcus*, *Haloferax*, *Halogeometricum*, *Halorubrum*, *Haloterrigena*, *Natrialba*, *Halosimplex*, *Halomicrobium*, *Halorhabdus*, *Halobioforma*, *Natrinema*, *Natronobacterium*, *Natronococcus*, *Natronomonas*, *Natronorubrum* cinslerinin bulunduğu belirtilmiştir (Özcan 2004). Arke grubu halofilik bakteriler doğal olarak doymaya yakın tuz konsantrasyonlarında baskın olarak bulunmaktadır. Bu bakterilerin 4 cinsi (*Halobacterium*, *Halococcus*, *Natronobacterium*, *Natronococcus*) tanınmaktadır. Halofilik bakterilerin *Halobacteriaceae* sınıfının çoğunlukla doğal tuz göllerinde ve güneşte kurutulan solar tuz kristalize edici havuzlarda yüksek sayıda bulunduğu vurgulanmıştır (Grant ve Ross, 1986). Tuzda pembe-kırmızı renkli karotenoid pigmentleriyle halofilik bakterilerin görünür hale geldiğine değinilmiştir (Oren, 2019). *Halobacterium* cinsi bakteriler gram negatif, çoğu türü mutlak aerobik, bazı türleri fakültatif anaerobik, hareketli veya hareketsiz

çubuk şeklinde bakterilerdir. Aşırı halofilik bakteriler olup, %15 oranında tuza ihtiyaç göstermektedirler. *Halobacterium* türleri kırmızı, pembe, turuncu pigment oluşturarak tuzlanmış balık ürünlerinde bozulmaya neden olduğu bildirilmektedir (Ünlütürk ve Turantaş, 2003). *Halobacterium salinarum* tuzu seven halofilik bakteri olup doymuşa yakın tuz konsantrasyonunda gelişim göstermektedir. İlk olarak tuzlanmış balıklardan izole edildiği bildirilmiştir (Eichler vd., 2019). *Halococcus* cinsi bakteriler ise gram negatif, mutlak aerobik, hareketsiz, kok şeklinde bakterilerdir. Turuncu ve kırmızı renkli pigment üreterek tuzlanmış balık ürünlerinde bozulmaya neden olduğu belirtilmektedir (Ünlütürk ve Turantaş, 2003). Halofilik mikroorganizmalar oldukça yüksek tuzluluk durumuna kararlı enzimlere sahiptirler (DasSarma ve DasSarma, 2015). Salamuranın mikrobiyal florasının deniz tuzu orjinli çoğunlukla tuza toleranslı veya halofilik bakteri türleri oldukları bildirilmektedir (Haastrup vd., 2018). Tuzlanarak kurutulmuş balıklar birçok ülkede karakteristik tatları ve depolamadaki kararlılıkları nedeniyle tüketiciler tarafından oldukça fazla tercih edilmektedir. Aşırı halofilik mikroorganizmaların depolama esnasında sıcaklığa bağlı olarak tuzlanmış balık ürünlerinde kırmızı renkte bakterilerin gelişiminin meydana gelebilmesiyle raf ömrünü sınırlamaktadır. Halofilik mikroorganizmalar sıklıkla kuvvetli proteolitik olup gelişim için minimum 20 g/100g tuz konsantrasyonuna gereksinim göstermektedirler (Lorentzen vd., 2015). Halofilik bakterilerin gıdalarda gelişebileceği en düşük su aktivitesi değerinin 0,75 olduğu bildirilmektedir (Ünlütürk ve Turantaş, 2003).

Halofilik Laktikasit bakterileri (HLB) ise tuzu seven bakteriler olup, gelişmeleri için tuza ihtiyaç duyan ve yüksek tuz (>%18) konsantrasyonunu tolere edebilen bakteriler olarak tanımlandığı bildirilmiştir. HLB özellikle *Tetragenococcus* ve *Pediococcus* türlerinin fermentasyonda baskın mikroorganizmalar oldukları bildirilmektedir. Fermente gıdalarda *Tetragenococcus halophilus*, *Tetragenococcus muriaticus*, *Pediococcus pentosaceus* ve *Lactobacillus plantarum* türlerinin yaygın olarak tespit edildiği vurgulanmıştır (Tahtacı ve Kılıç, 2015). HLB ürettiği enzimlerin lipaz, amilaz, proteaz, fibrinolitik enzimler, dekarboksilaz, pektolitik enzimler, ksilan ve ksilanazlar olduğu belirtilmiştir (Yüce vd., 2017). *T. halophilus* türünün yaygın olarak fermentasyon işlemlerinde kullanıldığı, geniş aralığa sahip tuzluluk koşullarında gelişim göstermekte olduğu ve doymuş %26.47 tuz konsantrasyonunda canlı kalabileceği belirtilmiştir (Lin vd., 2017). *T. halophilus* ve *T. muriaticus* türleri tetrad 4'lü kok şeklinde halofilik laktikasit bakterileri oldukları ve çeşitli tuzlanmış, fermente gıdaların fermentasyon işlemi esnasında buldukları bildirilmiştir. Çalışmada diğer halofilik laktikasit koklarında tuzlanmış ve fermente gıdaların üretiminde kalite kontrolü açısından da kullanışlı olacağı vurgulanmıştır (Kuda vd., 2014). Fermente balık soslarından halofilik laktikasit bakterisi olan *T. halophilus* türünün izole edildiği, bu türün balık sos fermentasyonu esnasında uçucu bileşiklerin oluşumunda önemli rol oynadığı belirtilmiştir (Udomsil vd., 2010). *T. halophilus* türünün aşırı tuz ortamlarında geliştiği bilinmektedir. Çoğunlukla çeşitli çevresel streslerle karşılaşıldığı durumlarda fermente gıdaların üretimi esnasında mevcut bulunmaktadır. *T. halophilus* türünün asite tolerans göstermesi de bu türün endüstriyel kullanım alanının artacağı göstermektedir (He vd., 2016).

Denizlerden, tuz göllerinden ve tuzlardan izole edilen halofilik bakteriler

Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesinde Şereflikoçhisar tuz gölünden 6 adet tuz ve 3 adet tuzlu su örneğinin incelendiği çalışmada tuz örneklerindeki aşırı halofilik bakteri sayılarının 10^4 - 10^6 kob/g, tuzlu su örneklerinde ise 10^3 - 10^5 kob/ml değerlerinde bulunduğu belirtilmiştir. Kiremit kırmızısı kolonilerin (1-2 mm. çapında, yuvarlak, konveks, parlak ve düzgün kenarlı) tuz gölünde baskın olduğu fakat kırmızı ve pembe tonlarında farklı bakteri türlerini de içerdiğine değinilmiştir (Birbir ve Sesal, 2003). Türkiye'de çeşitli göllerden (Acıgöl, Salda gölü, Seyfe gölü, Tuzla gölü, Bolluk gölü) halofilik arkebakterilerin izolasyonu üzerine yapılan çalışmada toprak, su ve tuz örneklerinden 95 adet arkebakterinin izole edildiği belirtilmiştir (Özcan, 2004). Tsiamis vd. (2008), aşırı tuzlu ekosistemlerden, denizlerden, tuz göllerinden, güneşte kurutulmuş tuzdan, tuzlanmış balıklar gibi farklı örneklerin farklı yerlerden alınarak incelendiği çeşitli çalışmalarda *Haloarcula amyolytica*, *Halobacterium salinarum*, *Haloferax alexandrinus*, *Haloferax larsenii*, *Haloferax volcanii*, *Halococcus hamelinensis*, *Halorubrum trapanicum*, *Haloterrigena saccharevitans* ve *Halogeometricum borinquensetürlerinin* izole edildiği bildirilmiştir. İzmir Çamaltı tuzlasından alınarak incelenen örneklerde halofilik bakterilerin izolasyonu üzerine yapılan çalışmada % 99 oranında *Haloferax alexandrinus*, % 99 oranında *Haloferax sp. HSC4*, % 97 *HaloferaxYT228*, % 99 oranında *Halobacterium salinarum* R1 ve %97 oranında *Halobacterium salinarum* olarak tanımlandığı (Yaşa vd., 2008) bildirilmiştir. Cui vd. (2012), Çin'de Shandong bölgesinin Weihai şehri yakınlarından Gangxi deniz tuzu kurutma alanındaki tuzdan iki aşırı halofilik arke suşunun GX3T ve GX26^T izole edildiği bildirilmiştir. İki suşunda (*Halorubellus salinus* gen. nov., sp. nov. ve *Halorubellus litoreus* sp. nov. novel) pleomorfik, gram negatif ve kolonilerinin kırmızı pigmentli olduğu belirtilmiştir. Tuzlardan aşırı halofilik Arkelerin izole edildiği çalışmada *Halobacteriaceae* familyasından en fazla *Haloarcula*, *Halobacterium* ve *Halorubrum* cinslerinin izole edildiği bildirilmiştir. Tuzların güneşte kurutulduğu alanlarda en sıklıkla bulunan halofilik arkelerin *Haloquadratum walsbyi* olduğu belirtilmiştir (Henriet vd., 2014). Akdenizin doğusunda yer alan Medee gölünden alınan tuz örneklerinden halofilik Arke türünün izole edildiği ve *Natrinema salaciae* sp.

nov. olarak adlandırıldığı çalışmada türün Halobacteriaceae familyasından Natrinema cinsinin üyesi olduğu bildirilmiştir (Albuquerque vd., 2012). Yapılan diğer bir çalışmada toplam 68 aerobik arke türünün tuz sedimentinden izole edildiği ve bu halofilik türlerinin Halobacteria sınıfı içerisinde *Haloarcula*, *Halococcus*, *Haloferax*, *Halogeometricum*, *Haloterrigena*, *Natrialba*, ve *Natrinema* olarak adlandırıldığı açıklanmıştır. Çalışmada *Haloferax* grubunun bütün incelenen örneklerde baskın olduğu (30 izolat) % 44 yüksek yoğunlukta izole edildiği bunu *Halococcus* spp. (9 izolat) %13 oranında takip ettiği söylenmiştir. İzole edilen bütün türlerin aşırı halofilik oldukları, ısıya toleranslı ve 48°C'ye kadar sıcaklıklarda üreyebildikleri belirtilmiştir (Menasria vd., 2018).

Tuzlanmış balık ürünlerinden izole edilen halofilik bakteriler

Gıdaları korumanın en eski metotlarından biri de tuzlamadır. Gıdalara ilave edilen tuz su aktivitesini düşürerek mikrobiyal gelişimi inhibe etmektedir. Buna karşın, tuz bazı bakterilerin ve arkelerinde yaşam kaynağıdır (Henriet vd., 2014). Tuzlanmış balık ürünlerinde halofilik bakterilerin gelişimi nedeniyle bozulma meydana gelebilmektedir (Gram ve Huss, 1996). *Halobacteriaceae* familyasına ait pembe renkli aşırı halofilik gram negatif bakterilerin (*Halobacterium salinarum*) balık ürünlerinde görünür şekilde gelişiminin bozulmaya sebep olduğu belirtilerek, kötü kalitede tuz kullanımının bu bozulmaya neden olduğu bildirilmektedir (Sperder ve Doyle, 2009). Tuzlanmış ve salamura balık ürünlerinde iki tip bozulma meydana gelmektedir. Biri aşırı halofilik bakterilerin gelişimi nedeniyle 'pembe' ya da 'pink' olarak bilinmektedir. Bu pembe renkli halofilik bakteriler (*Halococcus* ve *Halobacterium*) kuvvetli proteolitik bakteriler olup balık ürünlerinde kötü koku ve tatların oluşumuna sebep olabilmektedir (Gram ve Huss, 1996). Güçlü proteolitik özelliğe sahip olan halofilik bakteriler balık ürününün kas yapısını yumuşatarak kötü kokuların ortaya çıkmasına sebep olarak bozulmaya neden olmaktadır (Sperder ve Doyle, 2009). Diğerleri ise osmofilik tipteki *Sporendonema* ve *Oospora* cinslerine ait küflerin neden olduğu 'dun' olarak bilinmektedir (Gram ve Huss, 1996). Bu bozulmaya zorunlu aerobik olan *Wallemia sebi* adı verilen küf türünün neden olduğu bildirilmektedir. Bu bozulmada yaklaşık 1-2 mm. çapındaki kahverengi kolonilerin balık ürünlerinde gelişerek bozulmayı meydana getirdiği vurgulanmıştır (Sperder ve Doyle, 2009). İşleme esnasında tuzlanmış morina balıklarından yüksek sayılarda gram pozitif kokların izole edildiği açıklanmıştır. Tuzlanmış kurutulmuş morina balıklarında büyük olasılıkla tuza toleranslı, tuz konsantrasyonunda gelişebilen *Staphylococcus arlettae* veya *xvlosus* türünün izole edildiği bildirilmiştir (Vilhelmsson vd., 1997). Taze sardalyalarda (*Sardinella gibbosa*) halofilik amin oluşturan bakterilerin başlangıçta mikrobiyal floranın %20'sini oluşturduğu ve tuzlama işlemi esnasında, balıklarda tuz konsantrasyonu en yüksek değere ulaştığında bu bakterilerin çoğalarak mikrobiyal floranın % 84'üne ulaştığı belirtilmiştir. Daha sonra kurutma işlemi esnasında ise bu bakteri oranının giderek azaldığına değinilmiştir. Tuzlama işlemi esnasında *Micrococcus luteus* türünün baskın olduğu bildirilirken, *Pseudomonas* ve *Alcaligenes* türlerinin ise kurutma işlemi esnasında en fazla amin oluşturan bakteriler olduğu vurgulanmıştır (Lakshmanan vd., 2002). Tayvan'da balık marketlerinde satışa sunulan 57 tuzlanmış balık ürünleri içerisinde tuzlanmış balıklar, yumuşakçalar, karides örneklerini içerdiği belirtilen çalışmada histamin ve histamin oluşturan bakteriler açısından inceleme yapılmıştır. Tuzlanmış balık örneklerinden tuza toleranslı halotolerant bakteri olan *Bacillus megaterium* izole edilmiştir (Lin vd. 2012). Tuzlanarak kurutulmuş morina balıkları ticari olarak önemli balık ürünleri olup Latin Amerika ve Avrupa'nın güneyindeki marketlere ihraç edilmektedir. Bu ürünler genellikle bölünmüş, kesilmiş ve paketlenmiş olarak marketlere ulaştırılmaktadır. Buna karşın birçok markette uygun soğutma koşulları bulunmamaktadır. Balık ürünleri yüksek sıcaklıklarda depolandıklarında, kırmızı veya pembe renkli aşırı halofilik bakterilerin gelişiminin meydana gelebileceği belirtilerek, bu durumda ürünlerin bozulduğu ve satılamayacağı bildirilmiştir (Lorentzen vd., 2016). Perez vd. (2018), Tuzlanarak olgunlaştırma işleminin uygulandığı hamsilerin halofilik mikrobiyal sayısının belirlendiği çalışmada taze hamsi, tuz, %15 ve %20 tuzlama işlemi uygulanan hamsilerden örnekler alınarak incelendiği bildirilmiştir. Taze hamsilerde halofilik bakteri belirlenmezken, tuz örneklerinde 10^3 kob/g düzeyinde bulunduğu belirtilmiştir. Tuzla olgunlaştırma aşamasının başlangıcında halofilik bakteri sayısı saptanabilir düzeyin altında belirlenirken, bir ay sonra halofilik bakteri sayısının 10^4 kob/g'a yükseldiği ve olgunlaştırma işleminin sonuna kadar da bu değer sabit kaldığına değinilmiştir. Farklı jeolojik alanlardan 6 tuz örneğinin, tuzlanmış hamsilerin (*Engraulis encrasicolus* L.) kalitesi üzerine etkisinin incelendiği çalışmada olgunlaştırma aşamasında tuzlar arasında toplam aerobik mezofilik, laktik asit bakterileri, *Staphylococcaeae* ve *Enterobacteriaceae* sayılarında mikrobiyal açıdan önemli farklılıkların saptandığı vurgulanmıştır. Tuzlanmış hamsilerin üretiminde kullanılan tuzların kimyasal ve uçucu organik bileşiklerinin kompozisyonlarındaki farklılıkların ürünlerin duyu özellikleri üzerine önemli etkisinin bulunduğu bildirilmiştir (Alfonzo vd., 2018). Geleneksel tuzlanarak fermente edilen balık ürününün fermentasyon işlemi esnasındaki halofilik bakteri sayılarının 3,26-5,14 log kob/g arasında değişim gösterdiği belirtilmiştir (Gassem, 2019). Halofilik bakteri sayısının depolama esnasında ürünlerde ani yükseliş gösterdiği ve üründe tuz içeriği ve düşük neme toleranslı yeni baskın halofilik mikrofloranın kurutma işlemine bağlı olarak tekrar gelişebileceği belirtilmiştir. Ürünlerin

çevreden nem almalarıyla da halofilik bakterilerin gelişimlerinin hızlanabileceği ve depolama esnasında ürünlerin su aktivitesi değişimlerinin ürün ile çevre arasında eşitlik sağlanana kadar devam ettiği bildirilmiştir (Wawire vd., 2019).

Fermente balık ürünlerinden izole edilen halofilik bakteriler

Tetragenococcus halophilus ve *Tetragenococcus muriaticus* halofilik laktik asit bakterileri olup, çeşitli tuzlanmış ve fermente gıdaların soya sosu ve balık sosu gibi fermentasyon aşamasında bulunduğu belirtilmektedir. *T. Halophilus* türünün tuzlanmış ve fermente gıdaların en önemli bakterilerlerinden biri olduğu vurgulanmıştır (Kuda vd., 2014). Balık soslarının genel kabul edilebilirlik, glutamik asit içeriği ve uçucu bileşikleri açısından kalitesinin artırılmasında *T. halophilus* MS33 ve *Virgibacillus sp.* SK37 her iki stater kültüründe kullanılabilirliği bildirilmiştir (Udomsil vd., 2017). Güney Borneo'nun geleneksel fermente karides ezmesi olan Ronto karideslerin (*Acetes sp.*) tuz ve haşlanmış pirinç ile karıştırıldıktan sonra kapalı şişelerde anaerobik koşullarda fermente edilerek hazırlanmış olduğu değerlendirilmiştir. Bütün incelenen örneklerdeki halofilik bakteri sayılarının 3,24 log kob/g ile 5,3 log kob/g arasında değişim gösterdiği belirtilmiştir (Khairina vd., 2016). Yapılan bir çalışmada balık sosundan izole edilen halotolerant *Staphylococcus carnosus* FS19 türünün balık soslarında histamin içeriğini potansiyel olarak azaltabildiğine değerlendirilmiştir (Zaman vd., 2014). Yapılan diğer çalışmada Kore'ye ait geleneksel fermente balık ürününde (jeotgal) baskın olan mikroorganizmaların içerisinde *Halobacterium* cinsinin olduğu belirtilmiştir (Koo vd., 2016). Diğer bir fermente balık (Saeu-jeot) ürününün karideslerin yaklaşık %25 yoğun tuzda fermentasyonu ile üretildiği bildirilerek, bu üründe halofilik Arke cinslerinin *Halorubrum*, *Halolamina*, *Halobacterium*, *Haloarcula* ve *Haloplanus* bütün fermentasyon süresi boyunca baskın oldukları bildirilmiştir (Jung vd., 2013). Yapılan bir başka çalışmada tuzda fermente edilen balık örneklerinde (budu) yeni kuvvetli halofilik proteaz üretici *Halobacterium sp.* tür LBU50301'in izole edildiği açıklanmıştır (Chuprom vd., 2016). Geleneksel Kore fermente hamsi sosu (Myeolchi-Aekjeot) ürünlerinde *Halanaerobium* ve *Tetragenococcus* cinsi bakterilerin izole edildiği belirtilmiştir. Çalışmada halofilik laktik asit bakterisi olan *Tetragenococcus* cinsinin baskın olduğuna değerlendirilmiştir (Lee vd., 2016). Diğer çalışmada ise Halofilik laktik asit bakterisi olan *T. muriaticus* türünün balık sosundan izole edildiği bildirilmiştir (Kimura vd., 2001). Yapılan diğer bir çalışmada balık sos fermentasyonunun ilk ayında *Virgibacillus sp.* SK37 türünün izole edildiği vurgulanmıştır (Sinsuwan vd., 2008). Tuzlanmış ve fermente balık olan nukazuke ürünlerinden *T. halophilus* türünün izole edildiği açıklanmıştır (Kuda vd., 2012). Tayland' ta balık sosundan elde edilen *Halobacillus thailandensis sp. nov.* türünün endüstriyel balık sos üretiminde fermentasyonu geliştirmek amacıyla başarılı bir şekilde kullanılabilirliğine değerlendirilmiştir (Chaiyanan vd. 1999). Tayland balık sosu üzerine yapılan diğer bir çalışmada ise yoğun tuzlu ortamdan *Halobacillus sp. Bacterium* türünün izole edildiği ve bu türün halofilik serin proteaz modeli olarak değerlendirilebileceği bildirilmiştir (Okamoto vd., 2009).

Tuz, tuzlanmış ve fermente balık ürünleri tüketiminin insan sağlığına etkileri

Ticari tuzların mikroplastiklerle kontamine olduğu ve bu partiküllere insanların potansiyel olarak uzun süre maruz kalmasının insanlarda ters etkiler yaratabileceği bildirilmiştir (Peixoto vd., 2019). Aşırı tuz tüketiminin kalp hastalıklarının, miyokardial enfaktüs, kalp krizi, kronik böbrek hastalıkları ve diyabet gibi hastalıkların yükselmesine neden olduğu belirtilmiştir (Kompanowska-Jeziarska ve Olszynski, 2018). Tuzda canlı halofilik arkelerin bulunması ve yoğunluğunun önemli olabileceği belirtilen çalışmada tuzun sindirildikten sonra bu mikroorganizmaların mide barsak sistemindeki durumunun bilinmediği bildirilmiştir (Henriet vd., 2014). Yapılan bir çalışmada yüksek sodyum (Na) ve düşük potasyum (K) alımının hipertansiyon ve kalp ve damarlara ilişkin hastalıklar ile ilgili olduğu vurgulanmıştır. Sonuç olarak da sodyum ve potasyum kullanımları konusunda sağlıklı ilgili bilgilendirmelerin, alışkanlık ve davranışların eğitim yoluyla verilmesinin gerekli olduğu bildirilmiştir (Luta vd., 2018).

Fermente balık ürünlerinin de içinde bulunduğu fermente gıdalar birçok mikroorganizmanın ve onların metabolit ürünlerinin gelişimini engellediği için sağlık açısından (antimikrobiyal, antioksidant, hiperpertansiyona ve obeziteye karşı, kanser önleyici, kolesterolü düşürücü, fibrinolitik hareketlere karşı etkisi, bağışıklık sistemini artırıcı ve uyarıcı etkileri yanısıra probiyotik özellikleri nedeniyle) yararlı oldukları belirtilmektedir (Adewumi, 2019). Hindistan'ın kuzey-doğu bölgesinde yaşayan insanların Utonga-kupsu adı verilen fermente balık ürününden 6 potansiyel probiyotik bakteri türü izole edildiği bildirilmiştir. Bunlar arasında *Staphylococcus* cinsine ait *Staphylococcus piscifermentans*, *S. condimenti*, *S. carnosus* türlerinin izole edildiği açıklanmıştır. Çalışmada bu tür mikroorganizmaların fermente balık ürünlerinde bulunması, probiyotiklerin (probiyotik ve antikanser özellikleri nedeniyle) potansiyel olarak fermente balık ürünlerinden sağlanması açısından kaynak olabileceği belirtilmiştir (Singh vd., 2018). Hoki (*Macruronus novaezelandiae*) balık yumurtalarının tuzlanarak fermente edilmesi ile jeotgal benzeri fermente ürün 4°C ve 25°C'lerde fermente edildikten sonra bu iki derecede de balık yumurtalarında fermentasyonla kolesterol değerlerinin azaldığı ve fermentasyonun balık yumurtalarında

kolestrol değerini düşürmek için kullanılmasının mümkün olacağı belirtilmiştir (Bekhit vd., 2018). Biyoaktif peptitlerin starter veya starter olmayan kültürlerden elde edilen hücre içi veya mikrobiyal enzimlerle fermentasyon veya olgunlaşma esnasında proteinlerden açığa çıktığına değinilerek, bu peptitlerin kalp-damar, sinir, mide-bağırsak ve bağışıklık sistemine olduğu kadar kemik ve yağ dokusuna da potansiyel olarak yararlar sağladığı açıklanmıştır (Martinez-Villaluenga vd., 2017). Fermente gıdalarda biyojenik aminler aminoasitlerin mikrobiyal dekarboksilasyonu sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Gıdalarda biyojen aminlerin (BA) yüksek miktarlarda bulunması potansiyel olarak halk sağlığını ilgilendirdiği belirtilmiştir. Bu nedenle fermente gıdalarda BA oluşumunun önlenmesi için yeni stratejilerin geliştirilmesi ve güvenlik limitlerinin belirlenmesinde yeni çalışmaların yapılmasına ihtiyaç olduğu söylenmiştir (Sarkadi vd., 2017).

Tuzu seven ve tuza tolerans gösteren bakterilerin inhibisyonu, probiyotik etkileri ve fonksiyonel yeni ürünlerin geliştirilmesinde kullanılması

Halofilik bakterilerin gelişimlerinin inhibisyonu için soğan, kişniş, sarımsak, hardal gibi bitkilerin mükemmel olduğu belirtilirken, kırmızı biber, zerdeçal, zencefil, kimyon ve çemen otunun da halofilik bakterilerin gelişiminin inhibisyonunda iyi olduğu bildirilmiştir. Güneşte kurutulmuş %20 solar tuza %0,02 ve % 5 konsantrasyonlarda karanfil yağının eklenerek 30 saniye ve 1 dakika muamelesinden sonra kırmızı halofilik bakteri *Halomonas* türlerinin tamamen elimine edildiği belirtilmiştir. Buna karşın, yapışkan oluşumlar (biyofilm) üreten halofilik bakterilerin ise 10 dakikalık muameleden sonra bile oldukça düşük yoğunlukta (0,46 log hücre) canlı kaldığı bildirilmiştir (Prasad ve Seenayya, 2000). Geleneksel fermente balık ürünlerinin üretim aşaması standardize edilmesine rağmen, elle üretimi yapılan bazı fermente ürünlerin üretim aşamasında hala sınırlı bilgiye sahip olunduğuna değinilmiştir. Fermente ürünlerde enzimatik hidroliz ve fermentasyon işlemlerinin kontrolünde bakteriyel starter kültürlerin kullanımının uygulanması gerektiği tavsiye edilmektedir (Skara vd., 2015). Yapılan bir çalışmada laktik kültürlerinde probiyotik özelliklerinden dolayı balık ürünlerinde kullanılabilmesi bildirilen çalışmada son ürünün mikrobiyal kalitesinin iyi olması ve fermentasyon süresini kısaltmak için seçilen izolatların kullanılabilmesi belirtilmiştir (Speranza vd., 2017). Yapılan diğer bir çalışmada ise tuzlanmış balık ürünlerinin fermentasyonunda *B. Polymyxa* türünün starter kültür olarak fermentasyon esnasında histamin oluşumunun inhibisyonunda kullanılabilmesi söylenmiştir (Lee vd., 2015). *T. halophilus* MJ₄ türünün tuzlanmış balık fermentasyonunda biyojen amin oluşumunu engelleyici etkisinden dolayı starter kültür olarak kullanılmasının iyi olabileceğine değinilmiştir (Kim vd., 2019). Tuza toleranslı *T. halophilus* CGMCC 3792 türünün aflatoxin B₁'i yüksek indirgeme oranı nedeniyle fermentasyon işleminde tat ve aroma gelişimi için potansiyel olarak uygulanabileceğinin göstergesi olduğu belirtilmiştir (Li vd., 2018). Tuzlanmış ve fermente Kore su ürünü olan jeotgal ürününden 3 adet *Pediococcus pentosaceus* türünün izole edildiği bildirilmiştir. *P. pentosaceus* F66 türünün probiyotik olduğu ve fermente gıdalarda değerlendirilebileceği belirtilmiştir (Lee vd. 2014). Tuzlanarak fermente edilen gıdalarda halofilik bakteri izolatının *S. aureus* mikroorganizmasına karşı inhibe edici etkisinin incelendiği çalışmada tuzlanmış balıklarda *Bacillus* cinsi bakterilerin baskın olduğu, toplam olarak 124 izolattan 37'sinin *S. aureus* üzerine inhibe edici etkisi olduğu ve bunun 6'sının *Bacillus* türü olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle gıda güvenliği için koruyucu kültür olarak değerlendirilebileceği vurgulanmıştır (Chhetri vd. 2019). Fermentasyon esnasında mikrobiyal kontrolü sağlamak ve antimikrobiyal olarak da ürünlerin raf ömrünü arttırmak için bakteriyosinlerde kullanılmaktadır. Biyokoruyucu olarak gıda endüstrisinde bakteriyosinlerin farklı kullanım alanları da bulunmaktadır (Preciado vd., 2016). Son yıllarda yapılan çalışmalarda probiyotik bakteri *Lactobacillus rhamnosus* ile nanokapsüle edilmiş nano boyutta liflerin balık filetolarına uygulanması sonucunda ürünlerde mikrobiyal gelişimi geciktirdiği, bu tekniğin doğal ve yeni teknik olarak uygulanabileceği vurgulanmıştır (Ceylan vd., 2018). Yazarların yaptıkları diğer bir çalışmada laktik asit bakterileri ile zenginleştirilmiş gıdaların fonksiyonel yeni ürünlerin geliştirilmesinde kullanıldığı *Lactobacillus reuteri* E81 bakterisinin polivinil alkol içerikli nano boyutta lifler içerisinde nanokapsüle edilerek balık filetolarının yüzeyine başarılı bir şekilde uygulandığı belirtilmiştir (Ceylan vd., 2019).

Halofilik bakterilerin endüstriyel alanda kullanılması

Halofilik ve halotolerant proteolitik mikroorganizmalar yüksek tuza toleranslı proteaz mekanizmaları, proteaz üretimini etkileyen çeşitli fiziksel ve besinsel parametreleri, proteazların saflaştırma stratejileri, tuza dayanıklı proteazların özellikleri ve ticari önemi açısından biyoteknoloji sektöründe önemli kaynaktır (Mokashe vd., 2018). Bu mikroorganizmalar diğer mikroorganizmalar tarafından üretilen kontaminasyonlara dirençlidirler. Ayrıca yüksek tuz konsantrasyonu ve alkali pH koşulları altında inoküle edilen halofilik bakteriler hızlı bir şekilde büyümektedirler. Bu nedenle halofilik bakteriler çeşitli aşamalarda birçok ürünün üretiminde kullanılmaktadır (Chen ve Jiang, 2018). Bazı halofiller yüksek pH, yüksek tuz ve yüksek sıcaklıkta bile gelişim gösterebilmektedir. Fermentasyon işleminde steril olmayan koşullarda bile kontaminasyonu önlemektedir. Aynı zamanda halofiller için genetik manipülasyon metotları da geliştirilmiştir. Son yıllarda biyoplastik polihidroksialkanoatlar (PHA),

ectoinler, enzimler, biyosürefektanların üretiminde halofiller kullanılmaktadır (Yin vd., 2015). Bu olağandışı organizmalar aşırı çevresel özelliklerine göre üç fenotipe ayrılmaktadır; termofiller, metanojenler, ve aşırı halofillerdir. Her grup benzersiz biyokimyasal özelliklere sahip olup biyoteknoloji endüstrisinde çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. Termofil enzimlerin aşırı moleküler kararlılığı, metanojenlerin yeni C₁ yolları, bazı halofiller tarafından organik polimerlerin sentezi gibi Arkelerin biyoteknolojide kullanımına yönelik önemli örneklerdir (Cowan, 1992). Halofilik bakteriler gıda endüstrisi yanısıra daha birçok endüstriyel alanda da kullanılmaktadır. Halofilik bakterilerin kullanımı ile atık yığınlarından metal platinumun geri kazandırılması sağlanmıştır (Maes vd., 2016). Halofilik fermentatif bakteriler kullanılarak gliserolden hidrojen üretimi yapılmıştır (Kivisto vd., 2010). Halofilik bakterilerden atıksu arıtma teknolojisinde de yararlanılmaktadır (Shi vd., 2012). Halofilik bakteriler tarafından entegre edilmiş biyo-rafineride biyopolimerlerin üretimi gerçekleştirilmiştir (Garcia-Torreiro vd.,2018). Halofilik bakterilerin fonksiyonel özelliklerinin çok olduğu bildirilen bir çalışmada halofilik bakteriler tarafından üretilen ekzopolimerlerin gıdalarda emülsiyeye edici ve antioksidant madde olarak kullanılabilmesi yanısıra kozmetikte ve yağ endüstrilerinde kullanılabileceği bildirilmiştir (Boujida vd., 2018). Halofilik ve halotolerant bakterilerin tekstil sektöründe kullanımına yönelik çalışmada yapılmıştır (Asad vd., 2007). Ayrıca aşırı halofilik bakterilerden kantaksantin üretimi gerçekleştirilmiştir (Asker ve Ohta, 1999). Halofilik arkelerden izole edilen halofilik aktif hidrolitik enzimlerin (Menasria vd., 2018), halofilik lipazların biyoteknolojik uygulamalarda önemli olduğu bildirilmiştir (Gutierrez-Arnillas vd., 2016). Halofilik mikroorganizmalar tarafından üretilen enzimlerin yüksek oranda aminoasit asidik kalıntılara ve düşük değerde lisine sahip olduğu kadar yüksek değerde hidrofobik kalıntılara, aspartik ve glutamik asit ve düşük değerde alifatik kalıntılara sahip olduğu belirtilmiştir (Flores-Gallegos vd., 2019).Yapılan bir çalışmada halofilik proteazların endüstriyel üretim aşamalarında sert çevresel koşullarda oldukça kullanışlı olduğuna değinilmiştir (Promchai vd., 2018). Sağlığa yararları nedeniyle balık atıklarından üretilen biyolojik olarak aktif peptitlerinde son yıllarda önem kazandığı belirtilen çalışmada halofilik mikroorganizmaların balık atıkları gibi yüksek tuz sistemlerinde aktif proteaz enzimleri nedeniyle peptitlerin elde edilmesinde oldukça önemli olduğunun düşünüldüğü bildirilmiştir (Delgado-Garcia, 2019).Halofillerin özellikle gıda endüstrisi için önemli imkanlar sağladığının vurgulandığı çalışmada ileride de proteomik araç olarak kullanılan halofilik arkelerin proteinlerin fonksiyonlarının tanımlanması ve geliştirilmesinde muazzam imkanlar sağlayacağı da öngörülmektedir (Joo ve Kim, 2005).

Sonuç olarak; Halofilik bakterilerin tuzlanmış ve diğer işlenmiş balık ürünlerinde gelişerek kalite kaybına neden olmasının engellenmesi halofilik bakterilerin işlenmiş balık ürünlerde gelişimini engelleyecek metotların uygulanması ve sonrasında kontrolü ile sağlanabilir. Üretim aşamasında kaliteli tuzların kullanılması, üretim ve depolama esnasında sıcaklık yükselmelerinden kaçınılması, balık ürünlerinin paketlenmesi, paketlenmiş balık ürünlerinin depolama esnasında hasar görmelerinin engellenmesi gibi halofilik bakterilerin balık ürünlerine bulaşma ve gelişiminin engellenmesine yönelik yöntemlerin uygulanması gerekmektedir. Aşırı tuzu seven ve tuza tolerans gösteren halofilik bakterilerin diğer bakterilere kıyasla sahip oldukları özellikleri nedeniyle çok sayıda avantajları da bulunmaktadır. Bu nedenle halofilik bakteriler endüstriyel birçok alanda (gıda, biyoteknoloji, kimya, tıp, kozmetik, tekstil, tarım, çevre vb.) kullanılmaktadır. Her geçen gün gelişen teknoloji sayesinde halofilik bakterilerin sahip oldukları avantajlardan yararlanılarak farklı alanlarda kullanımına yönelik yapılacak çalışmaların ve endüstriyel kullanım alanlarının ileride daha da artacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abriouel, H., Benomar, N., Lucas, R., & Galvez, A. (2011). Culture-Independent Study of Diversity of Microbial Populations in Brines During Fermentation of Naturally – Fermented Aloreña Green Table Olives, *International Journal of Food Microbiology*, 144, 487-496. DOI: 10.1016/j.ij.foodmicro.2010.11.006
- Adewumi, G.A. (2019). Health Promoting Fermented Foods. *Encyclopedia of Food Chemistry*, 399-418.
- Albuquerque, L., Taborda, M., Cono, V.L., Yakimov, M., & Costa, M.S. (2012). Natrinema salaciae sp. nov., a Halophilic Archaeon Isolated From Deep, Hypersaline Anoxic Lake Medee in the Eastern Mediterranean Sea. *Systematic and Applied Microbiology*, 35, 368-373. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.syamp.2012.06.005
- Alfonzo, A., Gaglio, R., Francesca, N., Barbera, M., Saiano, F., Santulli, A., Matraxia, M., Rallo, F., & Moschetti, G. (2018). Influence of Salt of Different Origin on the Microbiological Characteristics, Histamine Generation and Volatile Profile of Salted Anchovies (*Engraulis encrasicolus* L.), *Food Control*, 92, 301-311. DOI: doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.05.003
- Aravalli, R.N., She, Q., & Garrett, R.A. (1998). Archaea and The New Age of Microorganisms. *Trends in Ecology & Evolution*, 13 (5), 190-194.
- Aksöz, N.(1985). Halofilik Bakteriler. *Mikrobiyoloji Bülteni*, 19, 161-167.
- Asad, S., Amoozegar, M.A., Pourbabae, A.A., Sarbolouki, M.N., & Dastgheib, S.M.M. (2007). Decolorization of Textile Azo Dyes by Newly Isolated Halophilic and Halotolerant Bacteria. *Bioresorce Technology*, 98 (11), 2082-2088. DOI: 10.1016/j.biortech.2006.08.020

- Asker, D., & Ohta, Y. (1999). Production of Canthaxanthin by Extremely Halophilic Bacteria. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 88 (6), 617-621.
- Bekhit, A.E.A., Duncan, A., Bah, C.S.F., Ahmed, I.A.M., Al-Juhaimi, F.Y., & Amin, H.F. (2018). Impact of Fermentation Conditions on the Physicochemical Properties, Fattyacid, and Cholesterol Contents in Salted- Fermented Hoki Roe. *Food Chemistry*, 264, 73-80. DOI: doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.008
- Birbir, M., & Sesal, C. (2003). Extremely Halophilic Bacterial Communities in Şereflikoçhisar Salt Lake in Turkey. *TurkishJournal of Biology*, 27, 7-22.
- Boujida, N., Palau, M., Charfi, S., Moussaoui, N.E., Manresa, A., Minana-Galbis, D., Senhaji, N.S., & Abrini, J. (2018). Isolation and Characterization of Halophilic Bacteria Producing Exopolymers with Emulsifying and Antioxidant activities. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 16, 631-637. DOI: doi.org/10.1016/j.bcab.2018.10.015
- Ceylan, Z., Meral, R., Karataş, C.Y., Dertli, E., & Yılmaz, M.T. (2018). A Novel Strategy for Probiotic Bacteria: Ensuring Microbial Stability of Fish Fillets Using Characterized Probiotic Bacteria- Loaded Nanofibers. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 48, 212-218. DOI: doi.org/10.1016/j.ifset.2018.07.002.
- Ceylan, Z., Uslu, E., İspirli, H., Meral, R., Gavgali, M., Yılmaz, M. T., & Dertli, E. (2019). A Novel Perspective for *Lactobacillus reuteri*: Nanocapsulation to Obtain Functional Fish Fillets. *LWT-Food Science and Technology*, 115, 108427. DOI: doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108427
- Chaiyanan, S., Chaiyanan, S., Maugel, T., Huo, A., Robb, F.T., & Colwell, R.R. (1999). Polyphasis Taxonomy of a Novel *Halobacillus*, *Halobacillus thailandensis* sp. nov. Isolated From Fish Sauce. *Systematic and Applied Microbiology*, 22, 360-365.
- Chen, G.Q., & Jiang, X.R. (2018). Next Generation Industrial Biotechnology Based on Extremophilic Bacteria. *Current Opinion in Biotechnology*, 50, 94-100.
- Chhetri, V., Prakitchaiwattana, C., & Settachaimongkon, S. (2019). A Potential Protective Culture; Halophilic *Bacillus* Isolates with Bacteriocin Encoding Gene Against *Staphylococcus aureus* in Salt Added Foods. *Food Control*, 104, 292-299. DOI: doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.04.043
- Chuprom, J., Bovornreungroj, P., Ahmad, M., Kantachote, D., & Dueramae, S. (2016). Approach Toward Enhancement of Halophilic Protease Production by *Halobacterium* sp. Strain LBU50301 Using Statistical Design Response Surface Methodology. *Biotechnology Reports*, 10, 17-28. DOI: 10.1016/j.btre.2016.02.004
- Cowan, D.A. (1992). Biotechnology of Archaea. *Trends in Biotechnology*, 10, 315-323.
- Cui, H.L., Mou, Y.Z., Yang, X., Zhou, Y.G., Liu, H.C., & Zhou, P.J. (2012). *Halorubellus salinus* gen.nov., sp., nov. and *Halorubellus litoreus* sp.nov., novel Halophilic Archaea Isolated from a Marine Solar Saltern. *Systematic and Applied Microbiology*, 35, 30-34. DOI: 10.1016/j.syapm.2011.08.001
- DasSarma, S., & DasSarma, P. (2015). Halophiles and Their Enzymes : Negativity Put To Good Use. *Current Opinion in Microbiology*, 25, 120-126.
- Delgado-Garcia, M., Flores- Gallegos, A.C., Kirchmayr, M., Rodriguez, J.A., Mateos-Diaz, J.C., Aguilar, C.N., Muller, M., & Camacho-Ruiz, R.M. (2019). Bioprospection of Proteases from *Halobacillus andaensis* for Bioactive Peptide Production From Fish Muscle Protein, *Electronic Journal of Biotechnology*, 39, 52-60. DOI: doi.org/10.1016/j.ejbt.2019.03.001
- Eichler, J. (2019). *Halobacterium salinarum*. *Trends in Microbiology*, In Press.
- Flores-Gallegos, A.C., Delgado-Garcia, M., Ascacio-Valdes, J.A., Villareal-Morales, S., & Rodriguez-Herrare, R. (2019). Chapter 13:Hydrolases of Halophilic Origin With Importance for the Food Industry, *Enzymes in Food Biotechnology*, 197-219.
- Garcia- Torreiro, M., Lu-Chau, T.A., & Lema, J.M. (2018). Biopolymers Production by a Halophilic Bacteria in a Integrated Biorefinery. *Symposium 19:Biobased Resources and Biorefineries*, 445, 551-553. DOI:doi.org/10.1016/j.jnbt.2018.05.072
- Gassem, M.A. (2019). Microbiological and Chemical Quality of a Traditional Salted – Fermented Fish (Hout-Kasef) Product of a Jazan Region, Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26 (1), DOI: 10.1016/j.sjbs.2017.04.003
- Gram, L., & Huss, H.H. (1996). Microbiological Spoilage of Fish and Fish Products, *International Journal of Food Microbiology*, 33 (1), 121-137.
- Grant, W.D., & Ross, H.N.M. (1986). The Ecology and Taxonomy of Halobacteria, *FEMS Microbiology Letters* , 39 (1-2), 9-15.
- Gutierrez-Arnillas, E., Rodriguez, A., Sanroman, M.A., & Deive, F.J. (2016). New Sources of Halophilic Lipases: Isolation of Bacteria from Spanish and Turkish Saltworks. *BiochemicalEngineeringJournal*, 109, 170-177. DOI:dx.doi.org/10.1016/j.bej.2016.01.015
- Haastrup, M.K., Johansen, P., Malskaer, A.H., Castro-Mejia, J.L., Kot, W., Krych, L., Arneborg, N., & Jespersen, L.(2018). Cheese Brines from Danish Dairies Reveal a Complex Microbiota Comprising Several Halotolerant Bacteria and Yeasts, *International Journal of Food Microbiology*, 285, 173-187. DOI: doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.08.015
- He, G., Wu, C., Huang, J., & Zhou, R. (2016). Acid Tolerance Response of *Tetragenococcus halophilus*: A Combined Physiological and Proteomic Anaysis. *Process Biochemistry*, 51, 213-219. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.procbio.2015.11.035
- Henriet, O., Fourmentin, J., Delince, B., & Mahillon, J. (2014). Exploring the Diversity of Extremely Halophilic Archaea in Food- Grade Salts. *International Journal of Food Microbiology*, 191, 36-44. DOI: 10.1016/j.ij.foodmicro.2014.08.019

- Jung, J.Y., Lee, S.H., Lee, H.J., & Jeon, C.O. (2013). Microbial Succession and Metabolite Changes During Fermentation of Saeu-Jeot: Traditional Korean Salted Seafood, *Food Microbiology*, 34, 360-368. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.fm.2013.01.009
- Joo, W.A., & Kim, C.W. (2005). Proteomics of Halophilic Archaea, *Journal of Chromatography B*, 815, 237-250. DOI:10.1016/j.jchromb.2004.10.041
- Khairina, R., Fitriani, Y., Satrio, H., & Rahmi, N. (2016). Physical, Chemical and Microbiological Properties of "Ronto" a Traditional Fermented Shrimp from South Borneo, Indonesia, *Aquatic Procedia*, 7, 214-220. DOI:10.1016/j.aqpro.2016.07.029
- Kim, K.H., Lee, S.H., Chun, B.H., Jeong, S.E., & Jeon, C.O. (2019). *Tetragenococcus halophilus* MJ4 as a Starter Culture for Repressing Biogenic Amine (Cadaverine) Formation During Saeu-Jeot (Salted Shrimp) Fermentation. *Food Microbiology*, 82, 465-473. DOI: doi.org/10.1016/j.fm.2019.02.017
- Kimura, B., Konagaya, Y., & Fujii T. (2001). Histamine Formation by *Tetragenococcusmuriaticus*, a Halophilic Lactic acid Bacterium Isolated from Fish Sauce. *International Journal of Food Microbiology*, 70, 71-77.
- Kivistö, A., Santala, V., & Karp, M. (2010). Hydrogen Production from Glycerol Using Halophilic Fermentative Bacteria. *Bioresour Technol*, 101 (22), 8671-8677. DOI: 10.1016/j.biortech.2010.06.066
- Kivistö, A.T., & Karp, M.T. (2011). Halophilic Anaerobic Fermentative Bacteria. *Journal of Biotechnology*, 152, 114-124. DOI: 10.1016/j.jbiotec.2010.08.014
- Kompanowska-Jeziarska, E., & Olszyrski, K.H. (2018). Chapter 13: The Role of High Salt Intake in the Development and Progression of Diverse Diseases. *Food Quality: Balancing Health and Disease*, 395-432.
- Koo, O.K., Lee, S.J., Chung, K.R., Jang, D.J., Yang, H.J., & Kwon, D.Y. (2016). Korean Traditional Fermented Fish Products: jeotgal. *Journal of Ethnic Foods*, 3, 107-116. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.jef.2016.06.004
- Kuda, T., Izawa, Y., Ishii, S., Takahashi, H., Torido, Y., & Kimura, B. (2012). Suppressive Effect of *Tetragenococcus halophilus*, Isolated From Fish-Nukazuke, on Histamine Accumulation in Salted and Fermented Fish. *Food Chemistry*, 130, 569-574. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.07.074
- Kuda, T., Izawa, Y., Yoshida, S., Koyanagi, T., Takahashi, H., & Kimura, B. (2014). Rapid Identification of *Tetragenococcus halophilus* and *Tetragenococcus muriaticus*, Important Species in the Production of Salted and Fermented Foods, by Matrix- Assisted Laser Desorption Ionization- Time of Flight Mass Spectrometry (MALDI-TOF-MS). *Food Control*, 35, 419-425. DOI: dx.doi.org/ 10.1016/j.foodcont.2013.07.039
- Lakshmanan, R., Shakila, R.J., & Jeyasekaran, G. (2002). Changes in Halophilic Amine Forming Bacterial Flora During Salt-Drying of Sardines (*Sardinella gibbosa*). *Food Research International*, 35, 541-546.
- Larsen, H. (1980). Chapter 3 Ecology of Hypersaline Environments. *Developments in Sedimentology*, 28, 23-39.
- Lee, K.W., Park, J.Y., Sa, H.D., Jeong, J.H., Jin, D.E., Heo, H.J., & Kim, J. H. (2014). Probiotic Properties of *Pediococcus* Strains Isolated From Jeotgals, Salted and Fermented Korean Sea-food. *Anaerob*, 28, 199-206. DOI:dx.doi.org/10.1016/j.anaerobe.2014.06.013
- Lee, Y.C., Lin, C.S., Liu, F.L., & Huang, T.C., & Tsai, Y.H. (2015). Degradation of Histamine by *Bacillus polymyxa* Isolated from Salted Fish Products. *Journal of Food and Drug Analysis*, 23, 836-844. DOI:dx.doi.org/10.1016/j.jfda.2015.02.003
- Lee, H.W., Choi, Y.J., Hwang, I.M., Hong, S.W., & Lee, M.A. (2016). Relationship between Chemical Characteristics and Bacterial Community of a Korean Salted-Fermented Anchovy Sauce. *LWT Food Science and Technology*, 73, 251-258. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.007
- Leisner, J.J. & Gram, L. (2014). Spoilage of Fish. *Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition)*, 932-937.
- Li, J., Huang, J., Jin, Y., Wu, C., Shen, D., Zhang, S., & Zhou, R. (2018). Aflatoxin B₁ Degradation by Salt Tolerant *Tetragenococcus halophilus* CGMCC 3792. *Food and Chemical Toxicology*, 121, 430-436. DOI:doi.org/10.1016/j.fct.2018.08.063
- Lin, C.S., Liu, F.L., Lee, Y.C., Hwang, C.C., & Tsai, Y.H. (2012). Histamine Contents of Salted Seafood Products in Taiwan and Isolation of Halotolerant Histamine –Forming Bacteria. *Food Chemistry*, 131, 574-579. DOI:10.1016/j.foodchem.2011.09.027
- Lin, J., Liang, H., Yan, J., & Luo, L. (2017). The Molecular Mechanism and Post-Transcriptional Regulation Characteristic of *Tetragenococcus halophilus* Acclimation to Osmotic Stress Revealed by Quantitative Proteomics. *Journal of Proteomics*, 168, 1-14. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.jprot.2017.08.014
- Lorentzen, G., Breiland, M.S.W., Ostli, J., Wang-Andersen, J., & Olsen, R.L. (2015). Growth of Halophilic Microorganisms and Histamine Content in Dried Salt- Cured (*Gadus morhua* L.) Stored at Elevated Temperature. *LWT –Food Science and Technology*, 60, 598-602. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.035
- Lorentzen, G., Egeness, F.A., Pleym, I.E., & Ytterstad, E. (2016). Shelf life of Packaged Loins of Dried Salt- Cured Cod (*Gadus morhua* L.) Stored at Elevated Temperatures. *Food Control*, 64, 65-69. DOI: dx.doi.org/ 10.1016/j.foodcont.2015.12.027
- Luta, X., Hayoz, S., Krause, C.G., Sommerhalder, K., Roos, E., Strazzullo, &P., Beer-Borst, S. (2018). The Relationship of Health /Food Literacy and Salt Awareness to Daily Sodium and Potassium Intake Among a Workplace Population in Switzerland. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, 28, 270-277. DOI:doi.org/10.1016/j.numecd.2017.10.028
- Maes, S., Claus, M., Verbeke, K., Wallaert, E., Smet, R.D., Vanhaecke, F., Boon, N., & Hennebel, T. (2016). Platinum Recovery from Industrial Process Streams by Halophilic Bacteria: Influence of Salt Species and Platinum Speciation. *Water Research*, 105, 436-443. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.watres.2016.09.023

- Martinez-Villaluenga, C., Perias, E., & Frias, J. (2017). Chapter:2: Bioactive Peptides in Fermented Foods: Production and Evidence for Health Effects. *Fermented Foods in Health and Diseases Prevention*, 23-47.
- Menasria, T., Aguilera, M., Hocine, H., Benammar, L., Ayachi, A., Bachir, A.S., Dekak, A., & Monteoliva-Sanchez, M. (2018). Diversity and Bioprospecting of Extremely Halophilic Archaea Isolated from Algerian Arid and Semi-Arid Wetland Ecosystems for Halophilic-Active Hydrolytic Enzymes. *Microbial Research*, 207, 289-298. DOI: doi.org/10.1016/j.micres.2017.12.011
- Mokashe, N., Chaudhari, B., & Patil, U. (2018). Operative Utility of Salt-Stable Proteases of Halophilic and Halotolerant Bacteria in the Biotechnology Sector. *International Journal of Biological Macromolecules*, 117, 493-522. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.05.217
- Özcan, B. (2004). Türkiye 'den Halofilik Arkebakterilerin İzolasyonu ve Karakterizasyonu. *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi*, 128 s.
- Okamoto, D., Kondo, M.Y., Santos, J.A.N., Nakajima, S., Hiraga, K., Oda, K., Juliano, M.A., Juliano, L., & Gouvea, I.E. (2009). Kinetic Analysis of Salting Activation of a Subtilisin-Like Halophilic Protease, *Biochimica et Biophysica Acta*, 1794, 367-373. DOI: 10.1016/j.bbapap.2008.10.017
- Oren, A. (1994). The Ecology of the Extremely Halophilic Archaea. *FEMS Microbiology Reviews*, 13 (4), 415-439.
- Oren, A. (2019). Halophilic Archaea. *Reference Module in Life Sciences*.
- Peixoto, D., Pinheiro, C., Amonim, J., Oliva-Teles, L., Guilhermino, L., & Vieira, M.N. (2019). Microplastic Pollution in Commercial Salt for Human Consumption: A Review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 219, 161-168. DOI:doi.org/10.1016/j.ecss.2019.02.018
- Perez, S., Marina, C., Laura, P.M., Elisabet, Z.N., Elena, M.S., & Isabel, Y.M. (2018). Monitoring the Characteristics of Cultivable Halophilic Microbial Community During Salted – Ripened Anchovy (*Engraulis anchoita*) Production. *International Journal of Food Microbiology*, 286, 179-189. DOI: doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.08.013
- Prasad, M.M., & Seenayya, G. (2000). Effect of spices on the Growth of Red Halophilic cocci Isolated from Salt Cured Fish and Solar Salt. *Food Research International*, 33, 793-798.
- Preciado, G.M., Michel, M.M., Villarreal-Morales, S.L., Flores-Gallegos, A.C., & Rodriguez-Herrare, R. (2016). Chapter 16: Bacteriocins and Its Use for Multi-drug Resistant Bacteria Control, *Antibiotic Resistance*, 329-349.
- Promchai, R., Boonchalearn, A., Visessanguan, W., & Luxananil P. (2018). Rapid Production of Extracellular Thermostable Alkaline Halophilic Protease Originating From an Extreme Haloarchaeon, *Halobacterium salinarum* by Recombinant *Bacillus subtilis*, *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 15, 192-198. DOI: doi.org/10.1016/j.bcab.2018.06.017
- Sarkadi, L.S. (2017). Chapter 27: Biogenic Amines in Fermented Foods and Health Implications. *Fermented Foods in Health and Disease Prevention*, 625-651.
- Shi, K., Zhou, W., Zhao, H., & Zhang, Y. (2012). Performance of Halophilic Marine Bacteria Inocula on Nutrient Removal from Hypersaline Wastewater in an Intermittently Aerated Biological Filter. *Bioresource Technology*, 113, 280-287. DOI: 10.1016/j.biortech.2012.01.117
- Singh, S.S., Mandal, S.D., Mathipi, V., Ghatak, S., & Kumar, N.S. (2018). Traditional Fermented Fish Harbors Bacteria with Potent Probiotic and Anticancer Properties. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 15, 283-290. DOI:doi.org/10.1016/j.bcab.2018.07.007
- Sinsuwan, S., Rodtong, S., & Yongsawatdigul, J. (2008). Characterization of Ca²⁺ Activated Cell-Bound Proteinase From *Virgibacillus* sp. Isolated From Fish Sauce Fermentation. *LWT Food Science and Technology*, 41, 2166-2174. DOI:10.1016/j.lwt.2008.02.002
- Skara, T., Axelsson, L., Stefansson, G., Extrand, B., & Hagen, H. (2015). Fermented and Ripened Fish Products in the Northern European Countries. *Journal of Ethnic Foods*, 2, 18-24. DOI: 10.1016/j.jef.2015.02.004
- Sperber, W.H., & Doyle, M.P. (2009). Microbiological Spoilage of Fish and Seafood Products. *Compendium of the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages*, DOI:10.1007/978-1-4419-0826-1
- Speranza, B., Racioppo, A., Beneduce, L., Bevilacqua, A., Sinigaglia, M., & Corbo, M.R. (2017). Autochthonous Lactic acid Bacteria with Probiotic Aptitudes as Starter Cultures for Fish-Based Products. *Food Microbiology*, 65, 244-253. DOI:dx.doi.org/10.1016/j.fm.2017.03.010
- Tahtacı, S., & Kılıç, G. (2015). Halofilik Laktik asit Bakterileri ve Gıda Sanayinde Kullanım Alanları. *Gıda*, 40 (6), 349-356. DOI: 10.15237/gida.GD15018
- Tapingkae, W., Tanasupawat, S., Parkin, K.L., Benjakul, S., & Visessanguan, W. (2010). Degradation of Histamine by Extremely Halophilic Archaea Isolated from High Salt- Fermented Fishery Products, *Enzyme and Microbial Technology*, 46, 92-99. DOI: 10.1016/j.enzmic.2009.10.011
- Tsiamis, G., Katsaveli, K., Ntougias, S., Kyrpides, N., Andersen, G., Piceno, Y., & Bourtzis, K. (2008). Prokaryotic Community Profiles at Different Operational Stages of a Greek Solar Saltern. *Research in Microbiology*, 159, 609-627. DOI: 10.1016/j.resmic.2008.09.007
- Udomsil, N., Rodtong, S., Tanasupawat, S., & Yongsawatdigul, J. (2010). Proteinase- Producing Halophilic Lactic acid Bacteria Isolated from Fish Sauce Fermentation and Their Ability to Produce Volatile Compounds. *International Journal of Food Microbiology*, 141, 186-194. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.05.016
- Udomsil, N., Chen, S., Rodtong, S., & Yongsawatdigul, J. (2017). Improvement Fish Sauce Quality by Combined Inoculation of *Tetragenococcus halophilus* MS33 and *Virgibacillus* sp. SK37. *Food Control*, 73, 930-938. DOI:10.1016/j.foodcont.2016.10.007
- Ünlütürk, A., & Turantaş, F. (2003). Mikrobiyal Bulaşma Kaynakları. Gıda Mikrobiyolojisi. sf.45-53. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, Bornova, İzmir. ISBN: 975-483-383-4.

- Vilhelmsson, O., Hafsteinsson, H., & Kristjansson, J.K. (1997). Extremely Halotolerant Bacteria Characteristic of Fully Cured and Dried Cod. *International Journal of Food Microbiology*, 36, 163-170.
- Wawire, M., Tsighe, N., Mahmud, A., Abraha, B., Wainaina, I., Karimi, S., & Abdulkarim, Z. (2019). Effect of Salting and Pressing on Quality Characteristics of Spotted Sardine (*Amblygaster sirm*) During Different Storage Conditions. *Journal of Food Composition and Analysis*, 79, 47-54. DOI: 10.1016/j.jfca.2019.03.008
- Yaşar, İ., Kahraman, Ö., Tekin, E., & Koçyiğit, A. (2008). Çamaltı Tuzlasından Ekstrem Halofilik Archaea İzolasyonu ve Moleküler Karakterizasyonu. *E.Ü. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 25 (2), 117-121.
- Yin, J., Chen, J.C., Wu, O., & Chen, G.Q.(2015). Halophiles, Coming Starts for Industrial Biotechnology. *Biotechnology Advances*, 33, 1433-1442. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2014.10.008
- Yüce, S., Tahtacı, S., & Kılıç, G.B. (2017). Halofilik Laktik asit Bakterilerinin Ürettiği Hidrolitik Enzimler. *Gıda*, 42 (3), 242-251. DOI: 10.15237/gida. GD16088
- Zaman, M.Z., Bakar, F.A., Selamat, J., Bakar, J., Ang, S.S., & Chong, C.Y. (2014). Degradation of Histamine by the Halotolerant *Staphylococcus carnosus* FS19 Isolate Obtained From Fish Sauce. *Food Control*, 40, 58-63. DOI:10.1016/j.foodcont.2013.11.031