

MODÜL 3: ISKARTA BALIKLARIN BARF OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİNDE YENİLİKÇİ İŞLEME SÜRECİ

Tarafından geliştirilmiş:

Prof.Dr Jørgen Lerfall,
Uzm. Sine Marie Moen Kobbenes,
Doç. Dr. Anita Nordeng Jakobsen

NTNU - Norveç Bilim ve Teknoloji Üniversitesi,
Biyoteknoloji ve Gıda Bilimi Bölümü, Trondheim, Norveç

İçindekiler

Özet.....	Error! Bookmark not defined.
1 Balık iskartaları - özellikleri ve stabilitesi	Error! Bookmark not defined.
1.1 Besin bileşimi ve eser elementler	Error! Bookmark not defined.
1.2 Balık bozulması: Otolitik, mikrobiyal ve kimyasal değişiklikler	Error! Bookmark not defined.
1.2.1 Enzimatik otoliz	Error! Bookmark not defined.
1.2.2 Mikrobiyal büyüme ve metabolizma	Error! Bookmark not defined.
1.2.3 Oksidasyon reaksiyonları	Error! Bookmark not defined.
1.3 Güvenlik zorlukları	Error! Bookmark not defined.
2 Avlanma teknolojisi ve Gemide İşleme	Error! Bookmark not defined.
2.1 Hijyenik tasarım ve temizlik prosedürleri	Error! Bookmark not defined.
2.2 Araç üstü soğutma ve dondurma sistemleri	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 Süper ve alt soğutma	Error! Bookmark not defined.
2.2.2 Dondurma teknolojisi.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.3 Dondurulmuş atıkların çözülmesi	Error! Bookmark not defined.
2.3 Balık artıklarının gemide fermantasyonu.....	Error! Bookmark not defined.
2.4 Gemide asitlendirme.....	Error! Bookmark not defined.
3 Yenilikçi işleme yöntemleri	Error! Bookmark not defined.
3.1 Engel yöntemi	Error! Bookmark not defined.
3.2 Hafif işleme teknolojileri	Error! Bookmark not defined.
4 BARF işleme teknolojileri	Error! Bookmark not defined.
4.1 Fermantasyon ve Biyokoruma	Error! Bookmark not defined.
4.2 Katkı Maddeleri.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.1 Organik asitler	Error! Bookmark not defined.
4.2.2 Doğal özler	Error! Bookmark not defined.
4.3 Kurutma ve dondurarak kurutma	Error! Bookmark not defined.
4.3.1 Tünel kurutma.....	Error! Bookmark not defined.
4.3.2 Dondurarak kurutma.....	Error! Bookmark not defined.
5 Paketleme	Error! Bookmark not defined.
5.1 Iskarta balıklar için paketleme çözümleri (BARF işleme tesisine girmeden önce).....	Error! Bookmark not defined.

5.2	BARF ürünleri için paketlenme çözümleri.....	Error! Bookmark not defined.
	Terminoloji.....	20
	Referanslar.....	Error! Bookmark not defined.

Özet

Biyolojik Olarak Uygun Ham Gıda (BARF) üretmek için ıskarta balıklardan yararlanma yeteneği, büyük ölçüde ham maddelerin kalitesine, stabilitesine, güvenliğine ve besin profiline bağlıdır. Bu modül, bu parametreleri korumak veya geliştirmek için işleme prosedürlerini, stratejilerini ve teknolojilerini anlatan bir genel bakış sunmaktadır. Modül, avlanıp ıskartaya ayrılan balıkların hammadde olarak kullanılmasından, son ürüne yani BARF üretimine kadar değer zincirini takip eden beş bölüme ayrılmıştır. İlk bölümde, hammaddelerin özellikleri ve stabilitesi kısaca incelenmiştir. Bu bölümde besin bileşimi, bozulma ve gıda güvenliği konuları tartışılmaktadır. İkinci bölümde, av teknolojisi ve gemide tutulma ile ilgili konular ve bu parametrelerin nasıl iyileştirilebileceği anlatılmaktadır. Bu bölüm, hammaddelerin kalitesini korumak için uygun soğutma ve soğutma sistemlerinin önemini vurgulamaktadır. Üçüncü ve dördüncü bölümler, ham maddeleri artıran işleme kavramlarını ve nihai ürünün kalitesini ve stabilitesini ele almaktadır. Üçüncü bölümde, Engelyönteminin uygulanması da dahil olmak üzere yeni yöntemler tartışılmaktadır. BARF üretiminin ticari teknolojik uygulamaları dördüncü bölümde sunulmaktadır. Son olarak, beşinci bölümde, hem ham maddenin (ıskartaya çıkarılmış balıklar) dağıtımı için potansiyel olarak kullanılan toptan çözümleri hem de son BARF ürününün dağıtımına yönelik tüketici dostu çözümleri tartışarak tüm değer zinciri için ambalaj çözümleri tanıtılmaktadır.

1 Iskarta Balık - özellikleri ve stabilitesi

1.1 Besin bileşimi ve eser elementler

Balık protein ve sağlıklı yağlar bakımından olduğu kadar esansiyel aminoasitler bakımından da eşsiz bir gıda kaynağıdır. Yaklaşık bileşim türler arasında farklılık gösterir ve yağlı balıkların mevcut besin maddeleri ve yumurtlama mevsimi nedeniyle büyük mevsimsel farklılıkları olabilir. Ancak balıkların genel olarak %70-84'ü su, %15-24'ü protein, %0,1-22'si yağ, %1-2'si mineraller ve %0,1-1'i karbonhidrattan oluşur. Deniz balıkları türleri, hayvan sağlığı ve yavruların düzgün büyümesi için gerekli olan EPA (eikosapentaenoik asit) ve DHA (dokosaheksaenoik asit) gibi çoklu doymamış yağ asitlerini (PUFA'lar) yüksek oranda içerir.

Balık, protein ve lipidlerin mükemmel dağılımına ek olarak iyot, kalsiyum, demir, çinko, selenyum veya fosfor gibi mineralleri ve B, D, A ve K vitaminlerini de içerir. Balık proteini kolayca sindirilebilir olarak kabul edilir ve tüm gerekli amino asitleri içerir. Balık tüketiminin birçok faydası olmasına rağmen aynı zamanda kimyasal ve nutrasötik kirleticilerin de kaynağıdır. Yağlı türler, endişe verici olabilecek ağır metalleri, kirleticileri ve nutrasötikleri biriktirir. Ancak seviyeler genellikle düşüktür ve yalnızca kirli bölgelerde ve belirli koşullar altında tespit edilen değerler, yasa düzenleyicilerin belirlediği sınırların içerisinde. Kuzeydoğu Akdeniz'de vurgulanan bir risk faktörü, vahşi avlardaki Arsen (As) içeriğidir [3]. Balık tüketiminde gözlemlenen bazı risklere rağmen, faydalar açısından büyük ölçüde ağır basmaktadır [2].

1.2 Balık bozulması: Otolitik, mikrobiyal ve kimyasal değişiklikler

Balıklarda kalite kaybı, hasat, işleme, dağıtım ve depolama gibi değer zinciri boyunca meydana gelir. Balık ham maddesi, ölüm sonrası yüksek pH'ı ve mikrobiyolojik büyümeyi destekleyen besin içeriği nedeniyle oldukça çabuk bozulabilir. Balık bozulması üç mekanizmaya dayanmaktadır (1) ölüm sonrası enzimatik otoliz, (2) mikrobiyal büyüme ve metabolizma ve (3) oksidasyon reaksiyonları [4, 5].

1.2.1 Enzimatik otoliz

Ölüm anında balık tazeliğinin ilk kaybına endojen enzimlerin katalize ettiği otolitik reaksiyonlar neden olur (Tablo 1). Ölüm sonrası glikoliz, kasın pH'ını düşüren laktik asit birikmesine neden olur. Seviye ayrıca balık türlerinin yanı sıra ölüm anında dokudaki glikojen miktarına da bağlıdır. Stresli balıkların seviyesi düşüktür ve pH'ta daha düşük bir düşüşe neden olur. Ayrıca, hücrenin "enerji birimi" olan adenosin trifosfatın (ATP) otolitik bozunması, balık ölümlerinden sonra meydana gelen ilk otolitik değişikliklerden biridir ve bir dizi enzimatik reaksiyon ve ATP bozunma ürünleri, basitleştirilmiş ATP → adenosin difosfatla sonuçlanır (ADP) → adenosin monofosfat (AMP) → inozin monofosfat (IMP) → inozin (HxR) → hipoksantin (Hx) [6]. IMP'nin bozulması tazeliğin kaybıyla, özellikle Hx ise balığın bozulmasıyla ilişkilidir.

Otolitik işlemler ayrıca proteinlerin peptitlere ve serbest amino asitlere ayrıştırıldığı proteolitik reaksiyonları da içerir. Proteolitik reaksiyonlar balık dokusunda yumuşamaya ve dokusal değişikliklere neden olur. Balık dokusunun bozulmasına katkıda bulunan proteazların örnekleri katepsinler, kalpainler ve kollajenazlardır.

Tablo 1. Soğutulmuş balıklarda otolitik, mikrobiyal ve oksidatif değişiklikler (Speranza, Racioppo [4], Huss

Balık bozulma türü	Nedenler	Değişimler
Endojenik (otoliz)	Glikolitik enzimler	Laktik asit üretimi, doku pH'ının düşmesi, kasın su tutma kapasitesinin kaybı. Yüksek sıcaklıktaki sertlik boşluk oluşmasına neden olabilir.
	Nükleotid parçalanmasında rol oynayan enzimler	Taze balık aromasının kaybı, Hypoxanthin (Hx) ile kademeli olarak acılık oluşumu (sonraki aşamalar)
	Katepsinler	Dokunun yumuşaması, işlemin zor veya imkansız hale gelmesi
	Kimotripsin, tripsin, karboksipeptidazlar	Pelajik balıklarda iç organ boşluğunun otolizi (göbek patlaması)
	Kalpain	Kabuklularda yumuşama, tüy dökümü kaynaklı yumuşama
	Kollajenazlar	fileto yumuşatma
	TMAO demetilaz	Dondurulmuş gadoid balıkların formaldehit kaynaklı sertleşmesi
	Genel endojenik aktivite	Renk değişikliği (siyah, sarımsı, kahverengimsi, soluk) ve hidrolitik oksidasyon (serbest yağ asitlerinin birikmesi)
Microbiyal	<i>Shewanella</i> ^a	TMA, hidrojen kükürt bileşikleri, Hx
	<i>Pseudomonas</i> spp.	NH ₃ , esterler ve kükürt bileşikleri ancak H ₂ S hariç
	<i>Photobacterium phosphoreum</i> ^b	TMA, esterler, alkoller, ketonlar, biyogen aminler
	Lektik asit Bakterileri (LAB) ve <i>brochotrix thermosphacta</i> ^c	Asetik asit, NH ₃ , tiramin, asetoin, diasetil, H ₂ S
	<i>Aeromonas</i> spp., <i>Vibrio</i> spp., <i>Photobacterium</i> spp., <i>Enterobacteriaceae</i> ^d	TMA, kükürt bileşikleri, biyogen aminler
	LAB, ve <i>brochotrix thermosphacta</i> ^e	Asetik asit, NH ₃ , tiramin, asetoin, diasetil, kükürt bileşikleri
	Mikroorganizmaların büyümesi, genel mikrobiyal enzimatik aktivite	Sululuk kaybı, sert doku, renk değişikliği, serbest yağ asitlerinin birikmesi
Kimyasal	Oksidatif ekşime	Kokmuş tat ve koku, dokusal değişiklikler
	Enzimatik olmayan oksidasyon	Solma

[8], Boziaris ve Parlapani [9]'dan sonra değiştirilmiştir)

^a H₂S üreten bir *Shewanella*^b 15 °C'nin altındaki sıcaklıklarda deniz suyundan elde edilen TMA içeren türler^c Daha sıcak sulardan gelen türler, özellikle çok az TMAO içeren veya hiç TMAO içermeyen türler^d Ortam sıcaklıklarında saklanan taze ve hafif korunmuş ürünler

e Hafifçe korunmuş ve soğutulmuş ürünler

1.2.2 Mikrobiyal büyüme ve metabolizma

Balıkların bozulmasının ana nedeni mikroorganizmalardır. Balıklara özgü mikrobiyota, balık derisinde, solungaçlarında ve sindirim sisteminde doğal olarak oluşan mikroorganizmalardır. Taze deniz ürünlerinin yerli mikrobiyotasının bileşimi coğrafi kökenden, su bileşiminden ve sıcaklıktan, tür türünden ve avlanma yöntemlerinden etkilenir. Ilıman veya ılık sulardan elde edilen balıklar, aerobik veya fakültatif aerobik mezofilik Gram negatif (*Pseudomonas spp.*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Xanthomonas* ve **Vibrio**) ve Gram pozitif bakteri türleri (*Bacillus*, *Corynebacterium*, *Micrococcus* ve *Lactobacillus*) içerir. *Photobacterium*, *Shewanella*, *Psychrobacter* ve *Pseudomonas* gibi psikrofilik ve psikrotrofik Gram negatif mikroorganizmalar soğuk suda baskındır. Bununla birlikte, birkaç Gram-pozitif cins de yaygın olarak rapor edilmektedir [9]. Eksojen mikrobiyota, hasat sonrası kontaminasyondan, gemide taşıma sırasında ve değer zinciri boyunca meydana gelir. Yakalama yöntemleri, avlanma yerindeki çevresel koşullar, balık türleri, gemide taşıma ve hijyen koşulları ile ileri işleme ve depolama koşulları dahil olmak üzere mikrobiyal raf ömrünü etkileyen çeşitli faktörler vardır. Değer zinciri boyunca sıcaklık kontrolü, ham maddedeki mikrobiyal gelişmeyi engellemek için kritik öneme sahiptir [9].

Mikrobiyal metabolizma, besinlerin ayrışmasına ve hoş olmayan ve kabul edilemez kötü tatlara ve kötü kokuya, renk bozulmasına, balçık üretimine ve doku değişikliklerine neden olan spesifik metabolitlerin üretimine yol açar (Tablo 1) [4]. Bu metabolitler, genellikle spesifik bozulmaya neden olan mikroorganizmalar olarak bilinen sınırlı sayıda mikrobiyal tür tarafından üretilir [9].

Hoş olmayan bir 'balık kokusuna' genellikle Trimetilamin Oksit (TMAO) bozunması nedeniyle balıklarda üretilen trimetilamin (TMA) neden olur [10]. TMA, amonyak benzeri istenmeyen tatlarla karakterize edilir ve *Shewanella putrefaciens*, *Aeromonas spp.*, *Enterobacteriaceae*, *Photobacterium phosphoreum*, *Vibrio spp.*, *Micrococcus*, *Acinetobacter* ve *Moraxella* gibi spesifik bozulma bakterileri tarafından anaerobik koşullar altında üretilir. Hoş olmayan bir kokuya neden olan diğer bileşikler arasında organik asitler, alkoller, aldehitler, aminler, ketonlar, sülfürler, amonyak ve hidrojen sülfür bulunmaktadır (Tablo 1) [9].

Histamin, putresin, kadaverin, spermidin ve spermin dahil olmak üzere diğer biyojenik aminler mikrobiyal dekarboksilasyon yoluyla üretilir. Endojenik enzimler ayrıca biyojenik aminler de üretebilir, ancak mevcut mikrobiyota çoğunluğu oluşturur. Histamin oluşumunda rol oynayan mikroorganizmalar *P. phosphorum*, *Enterobacteriaceae* ve *Pseudomonadaceae*'dir.

1.2.3 Oksidasyon reaksiyonları

Balık, ne yazık ki oksidasyon gibi bozunma süreçlerine oldukça duyarlı olan çoklu doymamış yağ asitleri açısından zengin bir kaynaktır. Hammaddenin yüksek sıcaklıklara, havaya (oksijen) ve UV ışığına maruz kalması durumunda balıklarda oksidasyon süreçleri hızlanır [11]. Ayrıca kas zarını bozan yoğun kullanım, lipid fraksiyonunun oksijene maruz kalmasına ve dolayısıyla oksidasyona neden olabilir. Oksidasyon, kötü tatlara yol açar. Genel olarak, lipid oksidasyonu, lipidler ve oksijen arasındaki daha yüksek temas yüzeyi nedeniyle, kıyılmış balık etinde sağlam kaslara göre daha belirgindir. Kanın alınması, balık kas kalitesinin bozulmasıyla, özellikle de lipid oksidasyonu ile sıkı bir şekilde bağlantılıdır. Kan bir pro-oksidadır ve çiğ balık malzemesi, gemide bir kanama operasyonu dahil edilerek stabilize edilebilir [11]. Farklı türlerin ve

kas türlerinin hemoglobin/miyogloblin (kandaki aktif pro-oksitanlar) ve lipit içeriği açısından farklılık gösterdiğini, dolayısıyla oksitlenmeye karşı farklı duyarlılık sergilediğini belirtmek önemlidir. Oksidasyon prosesleri yüksek derecede sıcaklığa bağlıdır ve çok düşük sıcaklıklarda (-30 ila -40 °C) dondurarak depolama, ham maddeyi stabilize edebilir.

1.3 Güvenlik Zorlukları

Balık ham maddesinin mikrobiyal ve kimyasal kirlenme riskinin genellikle tatlı su ve kıyı kuşaklarında açık denizlere göre daha yüksek olduğu düşünülmektedir; ancak biyolojik ve kimyasal güvenlik konuları bölgelere, habitatlara ve balık türlerine göre değişiklik göstermektedir. Ayrıca, farklı değer zincirlerinde hijyenik tasarım ve yönetim de dahil olmak üzere üretim ve yönetim uygulamalarına göre değişiklik göstermektedir. Iskarta balıkçılığın işlenmesi ve son ürünlere ilişkin Biyogüvenlik hijyeni ve AB mevzuatı modül 5'te tartışılmaktadır.

2 Avlanma Teknolojisi ve Gemide İşleme

İstenmeyen avlar, balıkçılıktaki ana zorluklardan biri olmuştur ve pazar değeri çok az olduğundan veya hiç olmadığından veya yasal gereklilikler nedeniyle avın pazarlanamayan kısmı olarak tanımlanmaktadır [12, 13]. Ticari balıkçılık faaliyetleri sırasında denizde ölü veya diri olarak iade edilen tüm bu ticari ve ticari olmayan kaynaklara iskarta adı verilmektedir [14]. Bazı bireylerin yasal minimum koruma referans boyutunun altında olması, bireylerin pazar değeri düşük olan veya hiç olmayan türlerden olması, zarar görmüş olması veya bu tür için kotanın aşılmış olması da dahil olmak üzere, iskartaya çıkarmanın çeşitli nedenleri mevcuttur. Bu nedenle, düzenleyici bir perspektiften inilemez. Iskarta uygulaması sosyal, ekonomik ve yasal nedenlere atfedilebilirken, temel nedenlerden biri, tür dağılımını etkileyen çevresel faktörlerle birlikte seçici olmayan balıkçılık teknolojilerinin kullanılmasıdır [16]. Bir sorun olarak iskartaların derecesi balıkçılığa oldukça bağımlıdır ve en azından Avrupa bağlamında iskartaların çoğundan şu anda sorumlu olan karma türlerdeki deniz trol balıkçılığı açısından özellikle zorlayıcı olmuştur [16, 17]. Aralarında Norveç, İzlanda, Şili ve Yeni Zelanda'nın da bulunduğu pek çok ülke daha önce iskarta yasakları getirmişti. Iskarta yasağı olarak da bilinen AB karaya çıkarma yükümlülüğü, Ortak Balıkçılık Politikasının (AB 2013, Madde 5) en son reformu ile 2019'un başlarında tamamen uygulandı. Bu yasağın amaçlarından biri daha seçici donanımlar geliştirmek ve yaygınlaştırmaktır. Dolayısıyla, avlanma teknolojisi açısından bakıldığında artan seçicilik, yeniliğin ana itici gücü olmuş, hedef dışı avlanma miktarlarını ve iskarta balık hacmini azaltmıştır.

Balıkçı tekneleri balık yakalamak için tasarlanmış olsa da gerçek şu ki, balık karaya çıkana kadar işleme için yeterli koşulları ve kabul edilebilir soğuk zincir koşullarını da sağlamaları gerekiyor. Bu sistemlerin kapasitesinin de genel olarak atılan ve geri kalan ham maddeleri işleme kapasitesine sahip olacak şekilde özelleştirilmesi gerekir. Dünyadaki toplam balıkçı teknesi sayısının 4,4 milyon olduğu tahmin ediliyor; %80'den fazlası 12 m'den küçük ve 24 m veya daha uzun endüstriyel balıkçı tekneleri, tüm teçhizatlı balıkçı teknelerinin %2'sini temsil etmektedir [18]. Bunlar arasında, çoğunlukla orta mesafeye (yaklaşık iki haftalık yolculuklar) giden orta ila büyük ticari ölçekli gemiler (12-24 m) gemide soğutulmuş deniz suyu tankları ve buz yapma makineleri bulundururken, yalnızca büyük, sanayileşmiş gemiler (>24 m) uzun mesafelere çıkmak donma özelliğine sahip olacaktır. Yakalanan türlere ve uygulanan işlemlere bağlı olarak, bu büyük

sanayileşmiş gemiler farklı şok donduruculara, plaka donduruculara, soğutulmuş deniz suyu tanklarına ve buz yapma makinelerine sahip olacaktır [19].

Dondurucu trol tekneleri genellikle kıyıdan uzakta, gemide dondurma ekipmanı ile çalışan büyük ticari balıkçı tekneleridir. Donma tünelleri (hava üfleme), plaka dondurucular ve dondurma tankları (tuz çözeltisine daldırma ve düşük sıcaklık), gemideki işleme gemilerinde en çok kullanılan dondurma sistemleridir. Bunlar arasında, iskartaya çıkarılan balıklar için dondurma tünelleri en iyi seçenek olabilir. Dondurucu tanklar (tuz çözeltisine daldırma ve düşük sıcaklık) genellikle büyük bütün balıklar ve yem olarak kullanılan pelajik balıklar için kullanılır [20]. Plakalı dondurucuda fileto gibi deniz ürünleri, iki plaka arasında bir miktar basınçla temas ettirilerek dondurulur.

2.1 Hijyenik tasarım ve temizlik prosedürleri

Balıkçı gemilerinde hijyenik tasarım, gemide hazırlanan hammaddelerin yüksek kalitesini ve güvenliğini sağlamak için şarttır. Kaptan ve gemi operatörü/sahibi, geminin kurallara uygun olmasını ve hijyenik bir balık işleme ortamı sağlamasını sağlamaktan sorumludur. Gıda Standartları Ajansı (FSA) ve endüstri ve uygulama temsilcileriyle işbirliği içinde, balıkçı teknelerinin minimum hijyen gerekliliklerine uyup uymadığını kontrol etmek için çeşitli hijyen kontrol listeleri hazırladı. Balıkçı teknelerindeki hijyen gereklilikleri çeşitli yönetmelik ve kılavuzlarda belirtilmiştir. Örneğin, AB'nin balıkçı gemilerinde çalışmaya yönelik asgari güvenlik ve sağlık gerekliliklerini belirleyen bir direktifi (Direktif 93/103/EC) bulunmaktadır. Bu gereksinimler arasında yetkililer tarafından düzenli kontroller, gemilerin teknik bakımı, donanımları ve ekipmanları, uygun hijyen düzeyini korumak için düzenli temizlik ve işçilere gemilerde güvenlik ve sağlık ile kazaların önlenmesi konularında uygun eğitimler yer almaktadır [21].

Balıkçı teknelerindeki temizlik prosedürleri, uygun hijyen düzeyini korumak ve ham madde kirliliğini önlemek için gereklidir. Önerilen bazı temizlik prosedürleri arasında iniş alanının, tüm yüzeylerin ve soğutma sisteminin (örn. ıslak buz kabı, sulu buz sistemi veya soğutulmuş deniz suyu (RSW)/soğutulmuş deniz suyu (CSW) tankı) uygun şekilde günlük olarak deterjanlarla temizlenmesi ve sterilize edilmesi yer alır. Deterjan ve dezenfektan seçimi spesifik uygulamaya bağlıdır ve özel ihtiyaçlara göre seçilmelidir. Örneğin, balık işleme alanlarında biriken biyofilmleri etkili bir şekilde ortadan kaldırmak için, klorlu alkalin ve sodyum hipoklorit çözeltileri gibi klorlu ürünler veya asidik ve alkalin temizleme maddelerinin bir kombinasyonu tercih edilir [22]. Ayrıca tüm taşıma ekipmanlarının kullanımdan önce ve sonra uygun şekilde temizlenmesi de önemlidir (bıçaklar, bileme aletleri, kakma ve çivileme aletleri veya sopa dahil).

2.2 Gemideki soğutma ve dondurma sistemleri

Balık sektöründe balığın taze kalması ve kalitesinin korunması amacıyla araç üstü soğutma sistemleri kullanılmaktadır. Gemideki soğutma prosesi tasarımı hijyenik olmalı ve trol teknelerinin balıkçılık kapasitesiyle orantılı olarak enerji giderimini gerçekleştirebilmelidir. Sistemin soğutma sürecini ve sıcaklık kontrolünü optimize etmek için değişken balık boyutu ve miktarı/akışı dikkate alınmalıdır [23]. Soğuk balık zincirinde üç yöntem kullanılmaktadır: balıkların buzda saklanması (karadan getirilen veya gemide üretilen), RSW tanklarında soğutulması ve plaka dondurucularda bloklar halinde dondurulması. Birkaç kaptada ayrıca tek dondurulmuş filetolar için hızlı dondurucular bulunur [24]. Bu dondurucular, eğer bu kısım için bir pazar geliştirilirse (örneğin, BARF evcil hayvan yemi üreticilerinin ilgisi), iskartaya çıkarılan balıkların stabilizasyonu için de kullanılabilir.

Daha küçük balıkçı tekneleri için buz en yaygın soğutma yöntemidir. Diğer standartlar soğutulmuş su, buz bulamaçları (hem deniz suyu hem de tatlı su) ve RSW'dir. Soğutmanın tüm faydalarından yararlanılabilmesi için, farklı balık işleme operasyonları boyunca soğutma sıcaklıklarının korunması esastır [25]. Bir ürünün geleneksel olarak soğutulması, yüzeyde herhangi bir donmanın meydana gelmemesi gerçeğine dayanır, bu da ısının etkisiz bir şekilde uzaklaştırılmasına neden olur. Bu süreç, düşük ısı iletimi ve düşük ısı iletkenliği nedeniyle daha büyük ürünler için daha da kapsamlı hale gelir, bu da bu süreci oldukça enerji tüketen ve en önemlisi zaman alıcı hale getirir [26].

2.2.1 Süper ve Alt soğutma

Süper soğutma, ürünün sıcaklığının başlangıçtaki donma noktasının 1-2 °C altına (balıklar için -1 ile -2 °C arası) düşürülmesi işlemidir [27, 28]. Buna karşılık, alt soğutma, başlangıçtaki donma noktasına yakın ancak bunun altında olmayan sıcaklıkları ifade eder. Alt soğutma sistemleriyle elde edilen tipik sıcaklıklar -0,5 ile -1,5 °C arasındadır. Bu tanımlar birbirinin yerine kullanıma eğilimindedir, ancak süper soğutulmuş ürünler genellikle alt soğutulmuş ürünlerden daha düşük sıcaklıklara maruz kalır. Her iki prosedürde de, balığın yüzeyinde ısıyı balığın iç kısmından dışarıya iletecek ve sonunda depolama sırasında dengeye ulaşacak olan buz oluşumu bulunur [29]. Bu yüzey buzunu aynı zamanda soğuk bir rezervuar görevi de görür ve harici buz ihtiyacı ortadan kalkar. Buz ayrıca çevredeki ısıyı da emerek balığın sabit bir sıcaklıkta kalmasını sağlar. Balıklar aşırı soğutulduğunda veya alt soğutulduğunda enzimatik ve bakteriyel aktivite durur ve mikrobiyal büyümenin engellenmesi, gıda ürünlerinin raf ömrünün artırılmasında en kritik faktörlerden biridir. Aşırı soğutulmuş balığın raf ömrünün, sadece soğutulmuş aynı gıdaya göre 1,5-4 kat daha fazla uzatılabileceği bildirilmektedir. RSW bulamacı, kısmi buz oluşumu, CSW, püskürtme ve nitrojen dondurma dahil olmak üzere çeşitli alt soğutma yöntemleri mevcuttur. RSW, deniz suyuyla çevrelenmiş buz parçacıklarıyla sıfırın altındaki sıcaklıkta tutulan bir buzlu su süspansiyonudur. Avantajları arasında, daha hızlı ısı değişimi nedeniyle daha hızlı soğutma ve buz parçacıkları doğrudan temas halinde olmadığı için yaprak buzdan daha az balıklara verilen fiziksel hasar yer alır. Yeterince düşük bir sıcaklık elde etmek için deniz suyunun yeterince tuzlu olması gerekir. Bu nedenle RSW sistemine sıklıkla aşırı tuz eklenir [31]. Daha yeni bir teknik ise donma tünelidir. Balıklar, sıcaklığı -8 ile -6 °C arasında tutan teflon kaplı alüminyum bant üzerine yerleştiriliyor ve tünelden taşınırken soğuk hava üfleniyor. Başka bir standart süper soğutma yöntemi püskürtme ile dondurmadır. Bu dondurucu -30 °C ile -40 °C arasında değişen bölgelere bölünmüştür; burada girişe en yakın bölge en sıcak, çıkışa en yakın bölge ise en soğuktur. Bu, soğutucu akışkanın maksimum termodinamik kullanımına olanak tanır. Bölgelerde ayrıca maksimum hızdaki havanın maksimum ısı transferi üretmesini sağlayan bağımsız çarpma jetleri bulunur. Salvadori ve Mascheroni [32], püskürtmeli dondurucudaki işlem sürelerinin, geleneksel bant tünelli dondurucuda ihtiyaç duyulan süreden daha düşük olduğunu ve bu durumun, püskürtmeli dondurmaya balık ürünlerini korumanın umut verici bir yolu haline getirdiğini bildirdi. Püskürtmeli dondurma yoluyla aşırı soğutma yaklaşık 45-90 saniye sürer. Ancak bu, yüzey alanının toplam numune hacmine oranına bağlıdır.

Alt ve aşırı soğutulmuş koşullar, azaltılmış otolitik aktivite ve hidrolitik oksidasyon (düşük sıcaklık, endojen enzimlerin etkisini azaltır) ve aynı zamanda bozulmaya neden olan bakterilerin büyüme hızlarının azalması dahil olmak üzere, iskartaya çıkarılan balıkları farklı mekanizmalar yoluyla stabilize etme potansiyeline sahiptir.

2.2.2 Dondurma Teknolojisi

Donma, suyun buza dönüştüğü süreçtir. Balıklarda bu süreç, proteinleri bozacak olan endojen enzim aktivitesini yavaşlatır ve mikrobiyal büyümeyi engeller, sonuçta raf ömrünü uzatır [33]. Balıklar türlere ve mevsimsel değişikliklere bağlı olarak %60 ile %80 arasında su içerir. Balığın içindeki sıcaklık yaklaşık -1°C 'ye ulaştığında su sıvıdan katıya dönüşmeye başlar [28]. Şekil 1'de görüldüğü gibi süreç dört aşamaya ayrılabilir. Bu dört aşamayı; i) ürün ilk donma sıcaklığına ulaşana kadar üründen duyulur ısı uzaklaştırılır, ii) sıcaklık faz değiştirme sıcaklığını geçene ve buz kristallerinin çekirdeklenmesi başlayana kadar soğutma devam eder (süper soğutma aşaması), iii) gizli ısı uzaklaştırılır ve eş zamanlı olarak buz kristalleri oluşmaya başlar ve son olarak iv) buz kristalinin yeniden kristalleşmesi meydana gelir [33]. Dondurma ekzotermik bir işlemdir ve suyun çoğu buz kristallerine dönüştüğü için fazla ısının balıktan uzaklaştırılması gerekir ve hangi dondurma yönteminin kullanıldığına bağlı olarak bu işlem yavaş veya hızlı olabilir [28].

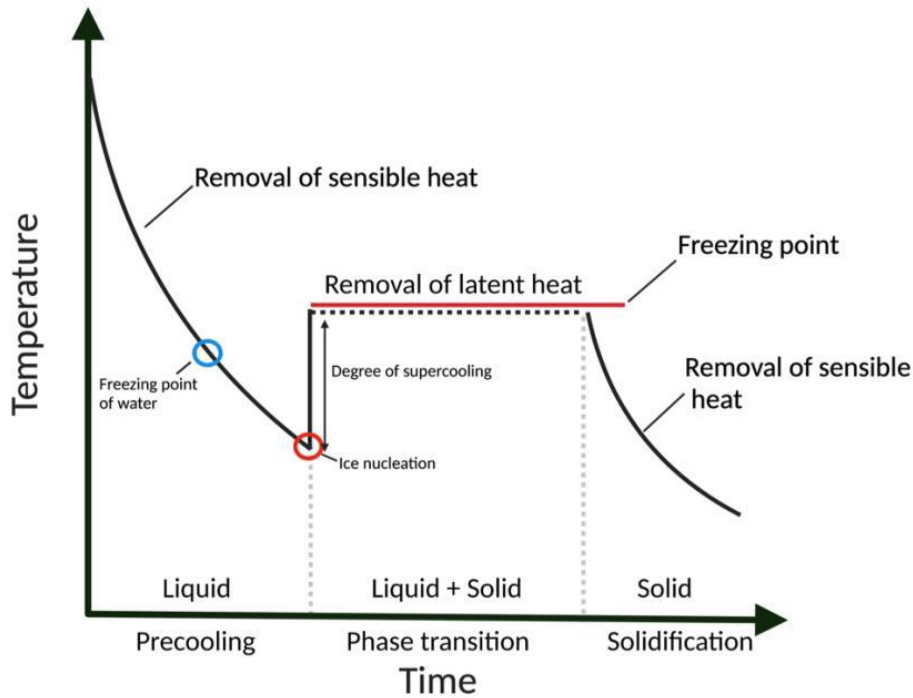


Figure 1. Suyun dondurulmasının zaman-sıcaklık grafiği Tan, Mei'den değiştirilmiştir [33].

Donma hızı, buz kristallerinin çekirdeklenmesi ve oluşumu için kritik öneme sahiptir. Sıcaklığın hızlı bir şekilde düşmesi ve gizli ısının hızlı bir şekilde uzaklaştırılması, çok sayıda küçük buz kristalinin büyümesini destekler [34]. Bu kriterler karşılandığında, hem sarkoplazmada hem de hücre dışı boşlukta küçük buz kristalleri oluşur ve bu da eşit aralıkla sonuçlanan zıt kuvvetler yaratır. Bu kas hücrelerine büyük zarar vermez. Tersine, yavaş dondurma, kas yapısında daha önemli yapısal hasara yol açarak damlama kaybına, protein denatürasyonuna ve renk değişikliklerine neden olur [33]. Yavaş donmadaki buz kristalleri düzensiz bir düzende oluşur. Bu ayırt edici özellik, miyofiberlerde ve endomysyumda rastgele maddeleri bozarak gözlemlenebilir. Yeniden kristalleşme, halihazırda oluşmuş buz kristallerinin şeklinin, boyutunun ve miktarının değişmesidir ve buz kristallerinin ortalama boyutu arttığında buz kristallerinin miktarının azalmasıdır. İtici güç, tüm sistemlerin serbest enerji miktarını azaltma eğilimidir. Yeniden kristalleşme, genellikle depolama ve taşıma sırasında kaçınılmaz olan sıcaklık dalgalanmalarından kaynaklanır ve daha

küçük buz kristalleri eridikçe daha büyük buz kristalleri oluşur. Belirtildiği gibi, daha büyük buz kristalleri hücresel yapılara daha küçük buz kristallerinden daha fazla zarar verir ve bu da istenmeyen bir durumdur.

Iskarta balıkların dondurulması, stabilitesini arttırmak ve BARF'ta kullanım potansiyelini en üst düzeye çıkarmak için faydalı olacaktır. Ancak balığın kalitesini korumak için dondurarak depolama öncesinde ve sırasında çeşitli önlemlerin alınması gerekir. İlk olarak, iskarta balıklar gemide taze ürün olarak işlenmeli, yani kanları akıtılmalı ve yeterince soğutulmalıdır. İkinci olarak balığın uygun dondurma teknolojisi kullanılarak mümkün olduğu kadar hızlı dondurulması gerekir. Mümkünse, balıklar ya aşırı soğutulmalı ya da örneğin hızlı dondurulmuş filetolarla aynı dondurma sistemleri kullanılarak denizde (ön-rigor) dondurulmalıdır. Son olarak, dondurulduğunda, yeniden kristalleşmeyi ve çözülme sırasında kalite ve besin kaybını önlemek için depolama sıcaklığının sabit tutulması gerekir.

2.2.3 Dondurulmuş iskartaların çözülmesi

Çözdürme karada uygulanmaz ancak denizde dondurulmuş balıkların BARF'a işlenmeden önce iskartaya çıkarılmasının önemli bir adımıdır. Çözdürme işlemi esasen donmanın tersidir; ısı çıkarılmak yerine verilir [35]. Ürün çözülmeye hazır olduğunda donma erimesi sırasında buz kristalleri oluşur. Eğer dokuda minimum düzeyde tahribat varsa, balık proteinleri suyu yeniden emmeye çalışacaktır. Ancak kas proteinlerinin donma nedeniyle denatüre olduğunu varsayalım. Bu durumda, buz kristalleri hücre dışı boşluğa eriyerek daha yumuşak bir doku, damlama kaybı ve tatta değişiklikler yaratacaktır [36]. Damlama kaybı, suda çözünebilir proteinlerin çözülme sırasında salınan suda kalması ve et kalitesinin düşmesiyle sonuçlanması nedeniyle besin kaybı anlamına gelir.

Gerekli çözünme süresi esas olarak çözünme ortamı ile ürün arasındaki sıcaklık farkına ve buz ile suyun özelliklerine bağlıdır. Belirtildiği gibi, balık dondurulduğunda yüzeyde bir buz tabakası oluşur ve buzun termal iletkenliği nedeniyle ısıyı verimli bir şekilde aktarır. Bu katman eridiğinde iletken görevi yerine yalıtkan görevi görerek çözülme sürecini büyük ölçüde yavaşlatır. Bu erimiş katman, daha fazla su eridikçe çözülme sürecini daha yavaş hale getirecektir. Bu nedenle çözülme, kontrol edilmesi ve öngörülmesi donmaya göre daha karmaşık bir süreçtir [35].

Dondurulmadan önce kötü muamele ve yetersiz dondurma, saklama ve çözme koşulları nedeniyle istenmeyen protein denatürasyonu, bu hammaddelerin BARF olarak kullanılmasına dikkat edilmesini gerektirir. Ancak spesifik protokollerin optimize edilmesiyle, BARF üretimi için dondurulmuş bir ham maddenin kullanılması potansiyeli bulunmalıdır.

2.3 Balık artıklarının gemide fermentasyonu

Iskarta balıkların laktik asit bakterileri (LAB) tarafından toplu fermentasyonu, ham maddenin tutulmasından ve BARF'a üretimden önce daha fazla korunması için potansiyel bir stratejidir. Endüstriyel uygulamalarda LAB fermentasyonu, kendiliğinden fermentasyon veya starter kültürlerin eklenmesiyle yapılır. *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus* ve *Leuconostoc* türleri ticari başlangıç kültürler için en çok kullanılan LAB'lardır. Ekonomik, çevresel ve hayvan refahı açısından bakıldığında, yemde istikrarlı ve öngörülebilir bir mikrobiyal popülasyon elde etmek büyük ilgi görmektedir ve bu, başlatıcı kültürlerin geliştirilmesiyle başarılabilir. Fermentasyon ve biyolojik koruma, Bölüm 4.1'de BARF

ürünlerini stabilize etmeye fermentasyon ve biyolojik korumaya yönelik bir strateji olarak daha ayrıntılı olarak tartışılacaktır.

2.4 Gemide asitlendirme

Iskarta balıkların teknede asitlendirilmesi veya silajlanması, hasattan sonra BARF üretimi öncesinde ham maddenin stabilitesini iyileştirmek için bir çözüm olabilir. Balık silajı, bütün balıktan veya balık parçalarından yapılan, ilave asit varlığında balıktaki enzimlerin etkisiyle sıvılaştırılan sıvı bir üründür. Enzimler balık proteinlerini daha küçük çözünür birimlere ayırır ve asit, bakteriyel bozulmayı önlerken aktivitelerini hızlandırmaya yardımcı olur. Balık silajı üretimi, balığı korumak ve daha sonra balıkta halihazırda mevcut olan enzimlerin proteini sıvılaştırmasına izin vermek için tercihen formik asit gibi organik asit (35 kg/1 ton balık) içerir. BARF'a daha sonraki işlemlerde silaj, işlenmemiş iskartaya çıkarılan balıkların yerine geçebilir veya kendi başına bir ürün olarak kullanılabilir. Ancak ilgilenilen ürüne göre özel formül geliştirilmelidir.

3 Yenilikçi işleme konseptleri

3.1 Engel Kavramı

Geleneksel veya yenilikçi birçok işleme tekniği, mikrobiyal büyümeyi engelleyebilir ve gıda ile yem kalitesini koruyabilir. Bunlar arasında soğutma, tuzlama, katkı maddeleri ekleme ve biyokoruma gibi yöntemler bulunur (Şekil 2). Bu yöntemler birleştirilebilir; bu kavrama "engel teknolojisi" denir [37]. Her işleme parametresine bir "engel" denir. Birden fazla antimikrobiyal faktörün orta yoğunlukta uygulanması fikrine dayanan engel kavramının mantığı, istenmeyen mikroorganizmaları bir dizi engelle karşı karşıya getirerek sinerjik etkilerin oluşabileceği yönündedir. Bu, tek başına daha yüksek yoğunlukta bir faktör kullanmaktan daha yüksek bir koruyucu etkiye sahip olabilir. Sinerjik bir etki, engellerin aynı anda mikrobiyal hücre zarları, DNA, enzimler gibi farklı hedeflere etki etmesi durumunda ortaya çıkar. Birden fazla antimikrobiyal faktörün uygun bir kombinasyonu, her bir unsurun yoğunluğunu azaltarak ürün kalitesi üzerindeki etkiyi azaltabilir.

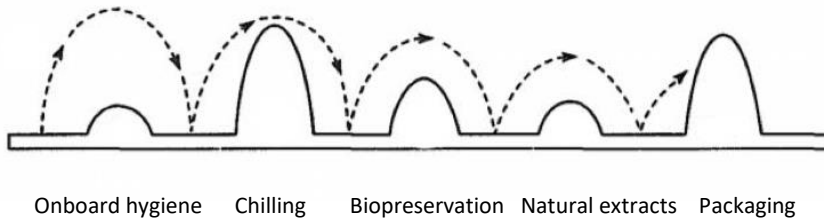


Figure 2. BARF için potansiyel bir engel stratejisine örnekler veren engel kavramı

3.2 Hafif işleme teknolojileri

Gıda ürünlerinin hafif işleme yöntemleri, organoleptik özellikleri, besin içeriğini ve ürün özelliklerini mümkün olduğunca az etkileyerek bozulmayı ve patojenik mikroorganizmaları ve/veya enzimleri kısmen veya tamamen engelleyerek ürün raf ömrünü ve gıda güvenliğini uzatmak için geliştirilmiştir [38]. Aynı yaklaşım, ürünün raf ömrünü uzatırken ve patojenik mikroorganizmaların potansiyel büyümesini engellerken taze kaliteyi korumak için BARF ve evcil hayvan yemi üretimine de uygulanabilir.

Farklı orta işleme yöntemlerine genel bir bakış Şekil 3'te verilmiştir ve BARF üretimi için en yüksek öneme sahip yöntemler bir sonraki bölümde açıklanmaktadır.

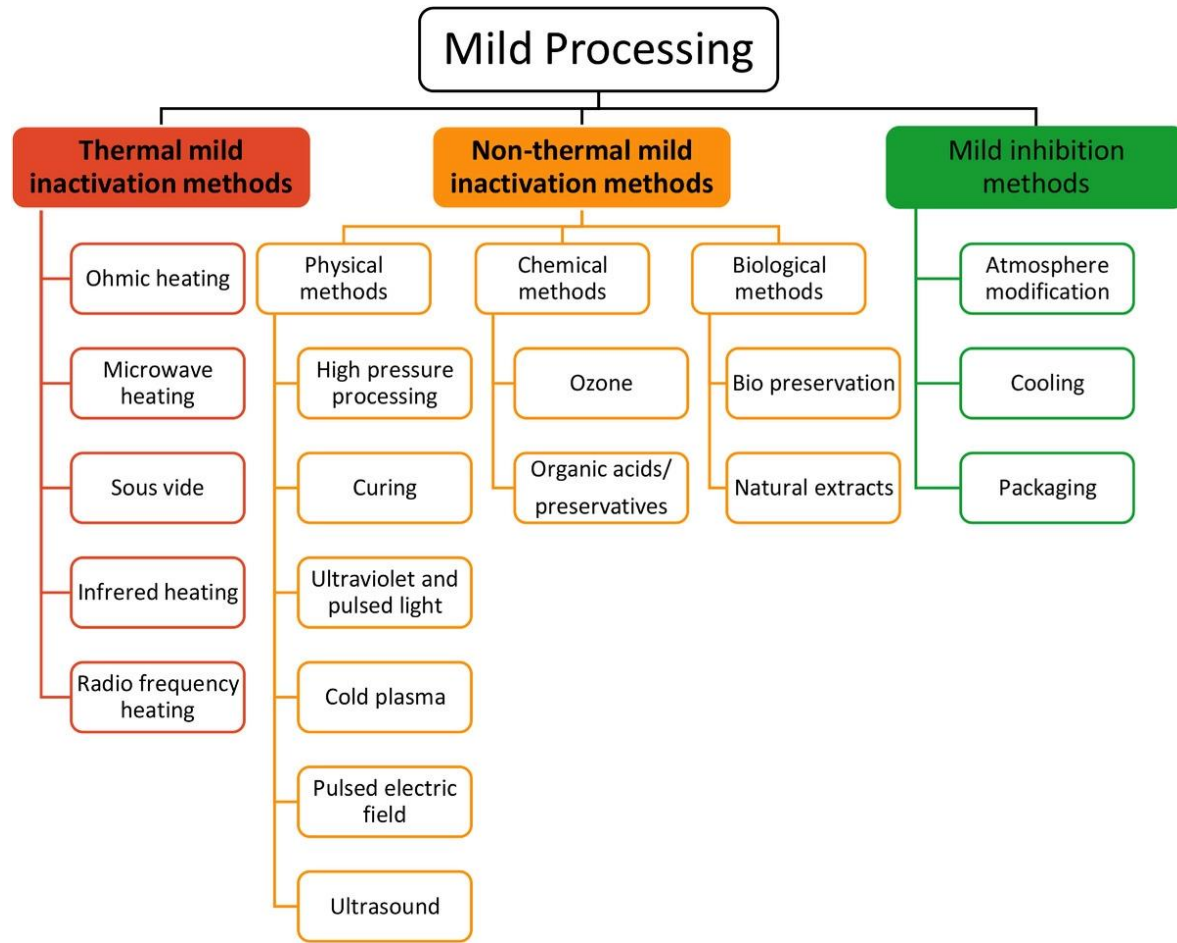


Figure 3. Gıda ve yemin hafif işlenmesine yönelik farklı yaklaşım örnekleri, çalışma mekanizmalarına göre ayrılmaktadır [38].

4 BARF İşleme Teknolojileri

4.1 Fermantasyon ve Biyokoruma

Laktik asit bakterileri (LAB), heterojen bir aerotolerant Gram-pozitif bakteri grubudur ve *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus* ve *Lactococcus* dahil olmak üzere çeşitli cinsler soğuk, ılıman ve tropik sulardaki deniz balıklarının mikrobiyotasıyla ilişkilidir. LAB ile fermantasyon, bu bakterilerin anaerobik koşullar altında şekerleri laktik aside dönüştürdüğü metabolik bir süreçtir. Gıda maddelerinde LAB fermantasyonu, insanların yüzyıllardır farklı tatlara ve uzun raf ömrüne sahip çok çeşitli fermente gıdalar ve içecekler üretmek için kullandığı çok yönlü bir işlemdir. Düşük pH, bozulmayı ve patojenik mikroorganizmaların büyümesini engellediğinden, koruma amacıyla asitleştirme çok önemli bir rol oynar. LAB asitlere karşı daha toleranslıdır ve fermantasyon sırasında mikrobiyal ekosisteme hakim olmalarına ve gelişmelerine olanak tanır. LAB ayrıca ürünün lezzetini, dokusunu ve aromasını etkileyen organik bileşikler de üretir. LAB aynı zamanda hayvanlar ve insanlar için probiyotik özellikleriyle de bilinir; bu da onların bağırsak sağlığını iyileştirerek ve bağışıklık sistemini güçlendirerek konakçılarına fayda sağlayabileceği anlamına gelir [39].

LAB genellikle güvenli (GRAS organizmaları) olarak kabul edilir, yani toksik değildir ve patojenik değildir. LAB doğal olarak oluşan antimikrobiyal metabolit üreticileridir, bu nedenle biyolojik koruma için yaygın olarak incelenirler. Biyokoruma kavramı fermantasyondan esinlenmiştir ancak fermantasyonun gıda matrisinin önemli bir dönüşümünü içermesi dışında biyokoruma sistemlerinde genellikle kaçınılır (Şekil 4). Biyokoruma, ürünün raf ömrünü uzatmak amacıyla gıda ve yemdeki patojenik ve bozulmaya neden olan bakterileri kontrol etmek için doğal olarak oluşan bakterileri ve bunların antimikrobiyal metabolitlerini kullanır [40, 41]. LAB bakteriyosinler, hidrojen peroksit ve organik asitler gibi çeşitli antimikrobiyal bileşikler üretebilir. Bakteriyosinler, patojenik suşlar da dahil olmak üzere bakterileri hedef alan ve inhibe eden proteinli antimikrobiyal maddelerdir. Hidrojen peroksit ve organik asitler ayrıca antimikrobiyal özelliklere sahiptir ve biyolojik koruma etkisine daha da katkıda bulunur [42].

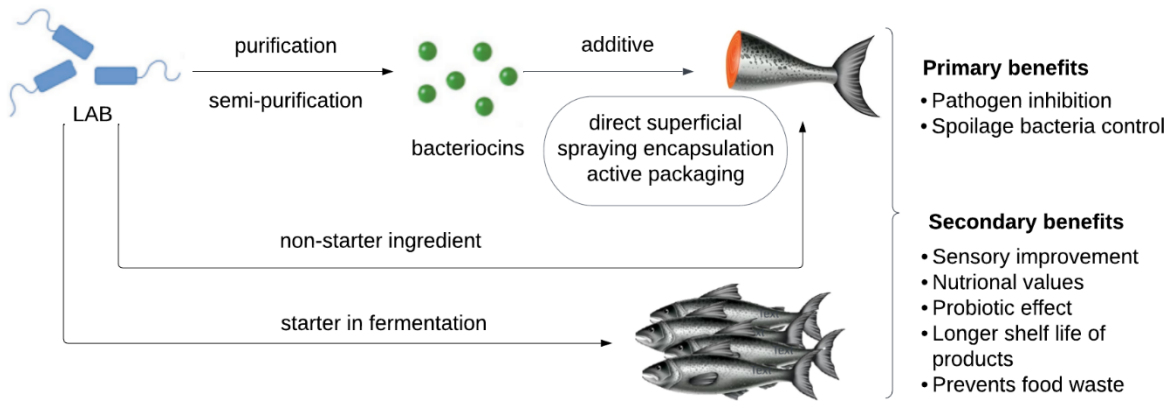


Figure 4. Laktik asit bakterileri, bakteriyosinler ve bunların gıda ve yemin fermantasyonunda ve biyolojik olarak korunmasında uygulamaları. Barcenilla, Ducic'ten değiştirilmiştir [43].

LAB aynı zamanda besin maddeleri açısından bozulma ve patojenik bakterilerle de rekabet edebilir. Mevcut şekerleri tüketip laktik aside dönüştürüyorlar, böylece substratın besin içeriğini etkili bir şekilde

azaltıyor ve istenmeyen mikroorganizmaların büyümesi için mevcut kaynakları sınırlıyorlar. Ayrıca LAB fermentasyonu, gıda substratının mikrobiyal ekosistemini değiştirerek faydalı mikroorganizmaların büyümesini destekleyebilir ve istenmeyen mikroorganizmaların büyümesini engelleyebilir. LAB, büyümelerini engelleyen bakteriyosinler veya hayatta kalmalarını sınırlayan metabolik yan ürünler gibi, bozulma ve patojen bakteriler için elverişsiz koşullar yaratan maddeler üretebilir. Bu mikrobiyal değişim, gıdanın korunmasına, güvenliğinin ve kalitesinin korunmasına yardımcı olur.

Biyokoruma aynı zamanda Şekil 2'de gösterildiği gibi gıda bozulmasıyla mücadele etmek ve gıda güvenliğini sağlamak için LAB'nin soğutma, değiştirilmiş atmosferde paketlenme vb. gibi diğer bariyerlerle birleştirildiği engel teknolojisi "engel kavramı" yaklaşımının bir parçası olarak da kullanılabilir [44].

LAB çok çeşitli bir bakteri grubu olduğundan, laktik asit bakterilerinin farklı türlerinin fermentasyon yollarında, probiyotik özelliklerinde ve koruyucu potansiyellerinde farklılıklar gösterebileceğini unutmamak önemlidir. Etkinlik kullanılan matriks ve koşullardan etkilenebilir. Bu nedenle, başlangıç kültürü temelli bir yaklaşımda, LAB suşlarının dikkatli seçimi ve üretim parametrelerinin optimizasyonu, etkili biyolojik korumayı ve nihai ürünün istenen özelliklerini sağlamak için esastır. Suşların hammadde matrisi ile uyumlu olması, işleme ve depolama sırasındaki olumsuz koşullarda hayatta kalması ve geniş bir yelpazedeki patojenik ve bozulmaya neden olan bakterilere karşı yeterli antimikrobiyal metabolitler üretmesi gerekir. Biyokorumada kullanılan suşların gereksinimleri Şekil 5'te gösterilmektedir.



Figure 5. Gıda ve yem ürünlerinin biyolojik olarak korunmasında kullanılan suşlara olan gereksinim. Şekil Ghanbari, Jami'den değiştirilmiştir [42].

4.2 Katkı maddeleri

Gıda ve yem katkı maddeleri mikrobiyal, enzimatik ve oksidatif bozulmayı önlemek veya doku, tat ve renk gibi kalite parametrelerini iyileştirmek için eklenen kimyasallardır. Şeker, tuzlar ve alkoller yüzyıllardır gıda

özelliklerini korumak ve geliştirmek için kullanılan katkı maddeleridir. Gıda endüstrisinde geleneksel katkı maddeleri halen kullanılmaktadır ancak daha sonraki zamanlarda sentetik ve doğal bileşikler geliştirilmiştir. Katkı maddeleri, gıda matrisindeki su aktivitesini azaltarak, dolayısıyla ürünün mikrobiyal ve enzimatik aktivitesini azaltarak koruyucu madde olarak işlev görebilir. Ayrıca pH'ı mikroorganizmaların ve küfün optimal koşullarının altına veya üstüne ayarlayabilir, spesifik mikroorganizmaları inhibe etmek için küreme maddeleri olarak çalışabilir ve lipid oksidasyonunu önleyen radikal temizleyiciler olarak işlev görebilirler. Kullanılacak katkı maddesi türü, ürünün istenilen özelliklerine göre değişir. Katkı maddeleri genellikle toksik olmamalı, okunabilir, çözülebilir, ekonomik ve erişimi pratik olmalıdır. İnorganik bileşikler, organik asitler ve doğal özler, aşağıdaki bölümlerde ele alınacak olan balıkçılık ürünlerine yönelik katkı maddeleridir.

4.2.1 Organik asit

Organik asitler, zayıf asidik özelliklere sahip, onlara antimikrobiyal etki veren doğal bileşiklerdir ve gıdalarda doğal olarak bulunur veya tatlandırıcı ve koruma amacıyla eklenir. Esas olarak fermentasyon işlemlerinin yan ürünleri olarak doğal oluşumlarından dolayı, organik asitler kullanılarak muhafaza, en eski ve en geleneksel muhafaza tekniklerinden biridir [45]. Günümüzde kolay erişimleri ve karmaşık işlem gerektirmemeleri, düşük maliyetli ve kolay erişilebilir katkı maddeleri olmaları nedeniyle artan bir ilgi görmektedir. Laktik asit ve asetik asitler tipik olarak doğal olarak oluşurken, işlenmiş gıdalara eklenen diğer yaygın organik asitler sitrik, formik, propiyonik-sorbik ve benzoik asittir [46].

Antimikrobiyal etki esas olarak bileşiklerin polar yan gruplarından ve düşük pH değerinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca asidin verimliliği büyük ölçüde pKa değerine bağlıdır. Polarite, asitleri lipofilik hale getirir, lipid bazlı hücre zarına nüfuz eder ve hücre içinde ayrışır. Azalan pH değeri nedeniyle, ATP üretimi ve enzimatik aktivite gibi hücre büyümesi için önemli hücre içi mekanizmalar inhibe edilecektir [46].

4.2.2 Doğal özler

Doğal özler bitki dokularından elde edilir ve tümü antioksidatif ve antimikrobiyal etkilere katkıda bulunan pigmentler, polisakkaritler, yağ asitleri ve fenolik bileşikler içerir (Olatunde ve Benjakul, 2018). Antioksidanlar, otooksidatif süreçleri yavaşlatan serbest radikal temizleyiciler olarak işlev görür. Lipid oksidasyonu için en önemli olanlardır. Antimikrobiyal etkiler, mikroorganizmaların büyümesinin engellenmesi ve parçalanmasıyla ilgilidir. Doğal ekstraktların tipik kaynakları arasında meyve kabukları (üzüm, elma, erik), baharatlar (kekik, defne yaprağı, biberiye) ve deniz yosunu (kahverengi algler) bulunur.

Doğal özler, iki aşamalı bir ekstraksiyon işlemiyle bitki dokularından elde edilir. Hazırlık aşaması olan ilk aşamada, hammaddeden istenilen malzemeyi ayırmak için bitki kurutulur, öğütülür veya boyutu küçültülür. İkinci aşama olan ekstraksiyon aşaması genellikle bitki materyalinin etanol, metanol, aseton veya heksan gibi organik çözücüler içerisinde çözünmesini içerir. Damıtma, süperkritik sıvı ekstraksiyonu, ultrason ve mikrodalga destekli ekstraksiyon gibi alternatif ekstraksiyon yöntemleri, daha çevre dostu, zaman ve maliyet açısından verimli ekstraksiyon yöntemleri olarak tanıtılmıştır [47]. BARF ürünlerinde doğal ekstraktların kullanılması, ürünlerin genel kalitesini artıracak, güvenliğini ve raf ömrünü artıracaktır.

4.3 Kurutma ve dondurarak kurutma

İnsanlar balıkları muhafaza etmeye başladığından beri, kurutma, balıkların uzun süreli korunmasında birincil yöntem olmuştur. Su içeriğinin azalmasına bağlı olarak kurutma, mikrobiyal büyümenin ve enzimatik aktivitenin azalmasına yol açarak ürünün raf ömrünün artmasına neden olur.

Su aktivitesi (a_w), hammaddedeki su buharı basıncının suyun standart buhar basıncına bölünmesiyle tanımlanır. Su aktivitesi, üründe mevcut olan aktif su miktarı hakkında bilgi sağladığı için kurutma prosesinde önemlidir. Çoğu taze balık ürününün a_w 'si 0,99'dur; bu, üründeki buhar basıncının, saf suyun buhar basıncının %99'u olduğu anlamına gelir. Kurutma işleminden sonra kurutulmuş balık ürünlerinin a_w değeri 0,6 civarında olmalıdır. Genel olarak $a_w < 0,85$, tüm patojenik mikropların ve toksinlerin büyümesini engeller [48].

Kurutma yöntemlerinin aralığı, sulama tekniğine dayalı olarak termal, ozmotik ve mekanik kurutma olarak sınıflandırılabilir [48]. Termal kurutma ayrıca havayla kurutma, düşük hava ortamında kurutma ve değiştirilmiş atmosferde kurutma olarak kategorize edilebilir. Ozmotik kurutma, konsantrasyon farklılıklarına bağlı olarak suyun uzaklaştırılmasına yol açan bir tuz çözeltisi gibi bir çözücünün eklenmesiyle gerçekleştirilir. Mekanik kurutmada su, malzemeye basınç veren tambur veya damga gibi fiziksel bir kuvvetle uzaklaştırılır. Gıda ve yem ürünleri için termal kurutma en yaygın olanıdır. Tünel ve dondurarak kurutma, balık ürünleri için termal kurutma yöntemlerine örnektir.

4.3.1 Tünel kurutma

Tünel kurutma, sürekli ürün kurutmanın yapıldığı bir tür düşük sıcaklıkta hava ile kurutma yöntemidir. Şekil 6'da gösterilen tünel kurutucunun bir tarafında ham madde bulunmakta, diğer ucunda ise bitmiş kurutulmuş ürün toplanmaktadır. Tünel kurutma, kurutma prosesinin kolay kontrol edilebilmesi ve büyük miktarda malzemenin kurutulabilmesi nedeniyle faydalıdır. Ancak yöntem zaman alıcıdır ve ısıya dayanıklı maddeler için uygun değildir. Balıklar tünel kurutma yöntemiyle üretilmektedir. Balıkların optimal kurutma koşullarını araştıran bir çalışmada, balığın kuruma hızının tünel kurutucudaki sıcaklık ve nem parametrelerinden etkilendiği ve ayrıca daha küçük balık bireylerine (1,5 kg) daha yüksek kuruma hızına (50 saat) sahip olduğu bulunmuştur.) daha büyük balık bireylerine göre (4,5 kg, 75 saat) [49].

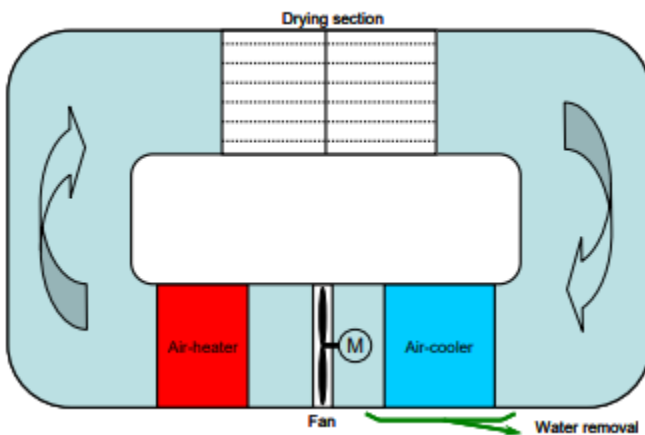


Figure 6. Tünel kurutma sisteminin prensibi [49].

4.3.2 Dondurarak kurutma

Dondurarak kurutma veya lyofilizasyon olarak da adlandırılan bu süreçte, malzemeden düşük basınç altında neredeyse vakum ve düşük sıcaklık koşulları altında buz şeklindeki su çıkarılır [50]. Havasızlık ve düşük sıcaklık oksidasyonu önler ve vitaminler, antibiyotikler ve mikrobiyal kültür gibi ısıya duyarlı bileşenlerin korunmasını sağlar [48]. Bununla birlikte, yüksek enerji tüketimi ve zaman alıcı süreç, dondurarak kurutma işlemini ticari kullanım açısından pahalı hale getirmekte ve esas olarak yüksek değerli kurutulmuş ürünler elde etme yöntemini sınırlamaktadır.

Dondurularak kurutulmuş ürünler, hammaddenin üç ana aşamasından geçerek elde edilir; 1) dondurma, 2) birincil kurutma ve 3) ikincil kurutma [50]. Ayrıca malzeme, Şekil 7'deki faz diyagramında gösterilen işlem sırasında üç faza dönüşür.

1. İlk aşama ham maddenin dondurulmasını içerir. Bu aşama, dondurularak kurutulan ürünlerin son ürünlerinin kalitesi açısından kritik öneme sahiptir çünkü malzemenin sonraki iki kurutma aşaması için tamamen dondurulması gerekir. Ayrıca son ürünün malzeme cinsine ve istenilen özelliklere göre donma oranının da ayarlanması gerekmektedir. Donma sırasında su molekülleri, değişen boyutlarda buz kristalleri halinde kristalleşir. Daha yüksek donma hızlarında daha küçük boyutlara sahip daha fazla sayıda buz kristali elde edilebilir; tam tersine daha büyük ve daha az sayıda kristal oluşur. Daha küçük buz kristalleri kütle aktarımı için düşük direnç sağlar ve zaman tasarrufu sağlayan kurutma açısından faydalıdır.
2. Birincil kurutmada buz, buz süblimasyonu adı verilen buhara dönüştürülür. Bu adım, serbest su içeriğinin uzaklaştırılması nedeniyle yüksek bir kuruma oranına sahiptir. Süblimleşme, dondurarak kurutucuda basınç düşürülmesi sırasında ürünün yüzeyinde meydana gelir. Birincil kurutma aşaması, dondurma odasının ısı kaynağı yoğunluğuna ve basıncına bağlıdır.
3. İkincil kurutma adımı desorpsiyonlu kurutma işlemi denir. Besin matrisine bağlı olan su uzaklaştırılır. Bu, dondurarak kurutmanın en fazla enerji tüketen aşamasıdır.

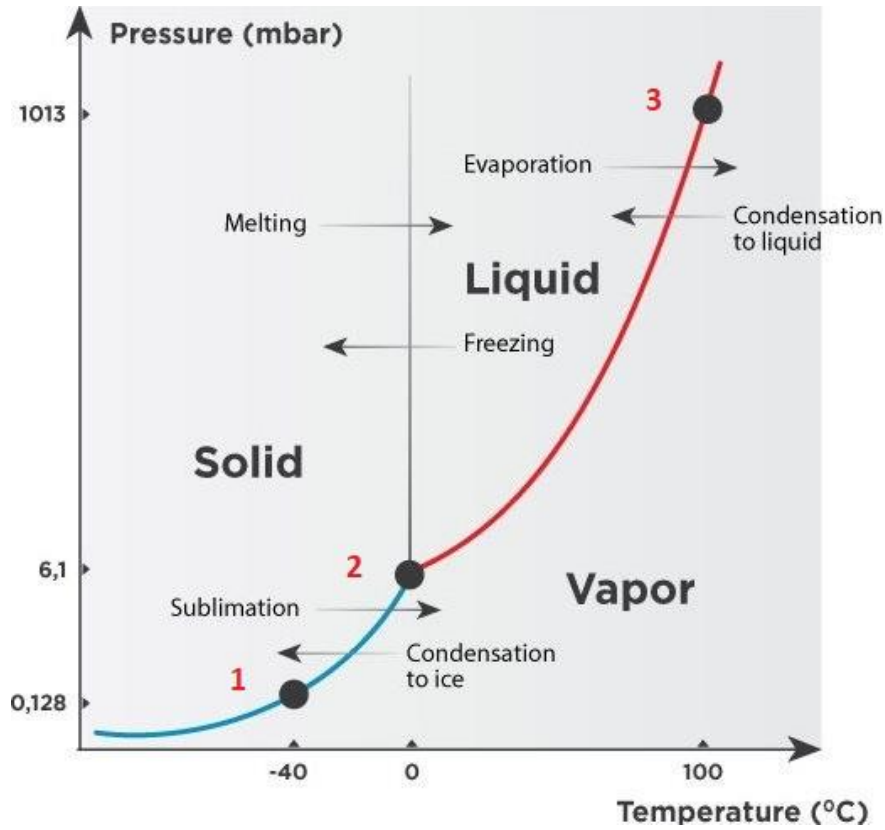


Figure 7. Suyun faz diyagramı süblimleşme ilkesini gösterir (labogene.com).

5 Paketleme

Son birkaç yılda farklı ambalaj malzemelerinin kullanımında bir artış oldu ve bunların birincil muhafaza etme işlevleriyle karşılaştırıldığında kullanım şekillerinde bir değişiklik oldu. Malzemelerin çok çeşitli özelliklere sahip olduğu bir kullanıma doğru geçiş hızlı ve kapsamlı olmuştur. Bu yeni özellikler, malzemenin gazlara, suya ve aromaya karşı bariyer görevi görmesinden, ürünün raf ömrünün arttırılmasına ve kullanıcı rahatlığıyla ilgili yönlerin geliştirilmesine kadar uzanmaktadır [51]. Balıktan yapılan ürünler son derece çabuk bozulduğundan ve depolama süreci boyunca ürünün kalitesinin ve güvenliğinin arzu edilen bir seviyede kalması için iyi bir korumanın sağlanması gerektiğinden, ambalajlama deniz ürünlerinde özellikle önem kazanmaktadır. Farklı paketleme konseptleri damlama kaybı, renk, koku, ekşime ve raf ömrü gibi kalite parametrelerini etkileyecektir. Paketlenmiş bir ürünün kalitesinin hiçbir zaman ürünün paketlenmeden önceki kalitesini aşmayacağını da unutmamak gerekir. Ayrıca, ön işleme değer zincirindeki ihtiyaçlar ile BARF üretildikten sonraki ihtiyaçlar arasında ayırım yapmalıyız.

5.1 Iskarta balıklar için paketleme çözümleri (BARF işleme tesisine girmeden önce)

Gemide işleme için mevcut teknolojilere bağlı olarak çeşitli paketleme stratejilerinin dikkate alınması gerekir. Donma imkanı olmayan daha küçük kaplar için uygun soğutma zorunludur. Kaplarda (buz

bulamacı veya ıslak buz) veya genişletilmiş polistiren (EPS) kutularda buz üzerinde toplu paketleme iyi alternatifler olabilir. Ancak geminin kapasitesinin hem ana avı hem de ıskartaları idare edecek şekilde optimize edilmesi gerekiyor. Donma imkanı olan daha büyük gemiler için başka ihtiyaçlar ortaya çıkar. Blok halinde dondurulmuş atıklar için en iyi paketleme seçeneği, nem ve gaz bariyeri olarak tek veya çift polietilen (PE) katmanlı oluklu mukavvadır. PE'nin gaz bariyeri özellikleri iyi olmasına rağmen, düşük fiyatı ve iyi yırtılma ve nem tutma özelliği nedeniyle kartonla birlikte en çok kullanılan bariyer malzemesidir [52]. Ambalaj malzemelerinin nem tutması, yeniden kristalleşmeyi ve kir oluşumunu azaltarak kaliteyi korumak için de gereklidir.

Diğer bir strateji ise atıkların raf ömrünü ve güvenliğini artırmak için aktif paketleme uygulamaktır. Soğutulmuş atıkların toplu olarak depolanmasına yönelik bir alternatif, balıkların karbon dioksit (CO₂) ile doyurulmuş RSW sistemlerinde veya yüksek düzeyde CO₂ kullanan kapalı esnek kaplarda depolanmasıdır. Bakteriyostatik etki, çözünmüş CO₂ miktarıyla güçlü bir şekilde ilişkilidir [53] ve *Listeria spp* gibi patojenler, yüksek saturasyonda inhibe edilebilir [54]. Bununla birlikte, bu kadar yüksek CO₂ seviyelerini elde etmek için, geleneksel gaz paketlemenin dışında, örneğin Çözünür Gaz Stabilizasyonu (SGS) gibi diğer stratejilerin uygulanması gerekir [55].

5.2 BARF ürünleri için paketleme çözümleri

BARF ürünleri taze, donmuş veya kurutularak stabilize edilmiş şekilde dağıtılabilir ve bu, ambalajlama çözümünün seçimini etkiler. Taze ürünler için, mükemmel raf ömrünü koruyan bir çözüm gereklidir. Bu gaz ambalajlaması (değiştirilmiş atmosfer ambalajlama (MAP) olarak da adlandırılır) olabilir. Bu ambalajlama konseptinde, paketteki hava, ürün için daha uygun koşullar sağlamak üzere değiştirilir. Temel prensip, hava yerine ürüne bağlı olarak değişen farklı bir gaz karışımıyla (genellikle CO₂, N₂, ve or O₂) değiştirmek ve ardından paketi sızdırmaz bir şekilde kapatmaktır. Ayrıca SGS olarak gaz ambalajlama veya diğer aktif ambalajlama stratejilerini içeren bir çözüm de tercih edilebilir. Ahmed, Lin tarafından incelendiği gibi, aktif ambalajlama, bileşenlerin ambalaj malzemesine veya pakete entegre edildiği bir konsepttir. Bileşen/paket, gıda ve çevre arasında etkileşim bulunur ve ürün için istenen sonucu elde etmek için çalışır. Bu beklenen sonuçlar, genel olarak ürün kalitesi ve güvenliğini korurken ürünlerin raf ömrünü artırabilir. Aktif ambalajlama, temelde iki sistem olan temizleme ve salım sistemlerine ayrılır. Temizleme sistemleri genellikle emilim yoluyla çalışır ve oksijen, koku veya nem gibi ürün bozulmasını hızlandırabilecek kirleticileri emer. Salım sistemleri ise genellikle pakete belirli bileşikler salar veya yayılır, bunlar arasında karbondioksit, antioksidanlar veya antimikrobiyaller bulunabilir.

Donmuş BARF ürünlerinin dağıtımı için vakum ambalajlama çözümü en iyi seçenek olarak öne çıkar. Vakum ambalajlama (VP), paketin içindeki havanın sızdırmadan önce alınmasıdır. Bu ambalajlama tekniğinin amacı, aerobik bozulma bakterilerinin çoğalmasını engelleyen oksijeni ortadan kaldırmaktır ve ürünün oksidasyon derecesini azaltacaktır. Bu, ambalaj malzemesinin paketlenmiş ürünle tam yüzey temasına getirilmesi ile yapılır. VP'nin önemli bir avantajı, paket hacminin neredeyse ürün hacmiyle aynı olmasıdır ve bu, sıklıkla poliamid (PA)/PE malzemelerinin engel özellikleri ve paketin içinde "ölü hacim" olmaması nedeniyle donmuş ürünler için en iyi seçenek olarak kabul edilir.

Kurutulmuş ürünlerin ambalajlanması, mükemmel gaz bariyer özellikleri sunan daha iyi ambalaj malzemeleri gerektirir. Özellikle dondurarak kurutulan ürünler genellikle oksidasyona eğilimlidir, bu da genel olarak deniz ürünlerinin raf ömrü için sınırlayıcı bir parametredir. Bu zorluğun üstesinden gelmek için, genellikle yüksek oksijen bariyer özelliklerine sahip malzemelerle birleştirilmiş vakum çözümleri

kullanılır. Uygulanabilecek bazı uygun malzemeler, genellikle EVOH için etilen vinil alkol, PET için polietilen tereftalat ve MET-PET için metalize (örneğin alüminyum) -PET gibi tipik çok katmanlı çözümlerdir.

Terminoloji

Kaynak: <https://en.wikipedia.org>

Otoliz

Biyolojide, daha yaygın olarak kendi kendine sindirim olarak bilinen otoliz, bir hücrenin enzimlerinin etkisi yoluyla yok edilmesini ifade eder. Aynı zamanda bir enzimin aynı enzimin başka bir molekülü tarafından sindirimi anlamına da gelebilir.

Endojeni

Endojen maddeler ve süreçler, organizma, doku veya hücre gibi canlı bir sistemden kaynaklanır. Buna karşılık, eksojen maddeler ve süreçler bir organizmanın dışından kaynaklanan maddelerdir.

Glikoliz

Glikoliz, glikozu piruvata dönüştüren metabolik yoldur ve çoğu organizmada hücrelerin sıvı kısmı olan sitozolde meydana gelir. Bu süreçte açığa çıkan serbest enerji, yüksek enerjili moleküller olan adenosin trifosfat (ATP) ve indirgenmiş nikotinamid adenin dinükleotidini (NADH) oluşturur. Glikoliz, endojen enzimler tarafından katalize edilen on reaksiyondan oluşan bir dizidir.

Metabolizma

Metabolizma, organizmalarda yaşam sürdüren kimyasal reaksiyonlar dizisidir. Metabolizmanın üç ana işlevi, gıdadaki enerjiyi hücresel süreçleri yürütmek için mevcut enerjiye dönüştürmektir; yiyecekleri proteinler, lipitler, nükleik asitler ve bazı karbonhidratlar için yapı taşlarına dönüştürmek; ve metabolik atıkların ortadan kaldırılmasıdır.

Ekzotermik süreç

Termodinamikte, ekzotermik bir süreç, sistemden çevresine genellikle ısı biçiminde, aynı zamanda ışık (örneğin kıvılcım, alev veya parlama), elektrik (örneğin bir pil) veya ses (örn. hidrojen yanarken duyulan patlama sesi) biçiminde enerji salan termodinamik bir süreç veya reaksiyondur.

Fermantasyon

Fermantasyon, enzimlerin etkisiyle organik maddelerde kimyasal değişiklikler üreten metabolik bir süreçtir. Biyokimyada, oksijen olmadan karbonhidratlardan enerji elde edilmesi olarak tanımlanır. Gıda üretiminde, daha geniş anlamda, mikroorganizmaların aktivitesinin bir gıda maddesinde veya içecekte arzu edilen bir değişikliğe yol açtığı herhangi bir prosesi ifade edebilir.

Biyokoruma

Biyokoruma, gıdayı korumanın ve raf ömrünü uzatmanın bir yolu olarak doğal veya kontrollü mikrobiyotanın veya antimikrobiyallerin kullanılmasıdır. Gıdaların biyolojik olarak korunması, özellikle gıdada bozulma yapan mikroplara karşı inhibitör olan laktik asit bakterileri (LAB) kullanılarak, ilk çağlardan beri bilinçsizce ama zamanla giderek sağlamaşan bilimsel temellerle uygulanmaktadır.

Referanslar

1. Abraha, B., et al., *Effect of processing methods on the nutritional and physico-chemical composition of fish: a review*. MOJ Food Processing & Technology, 2018.
2. Molina-Vega, M., A.M. Gómez-Pérez, and F.J. Tinahones, *Chapter 25 - Fish in the Mediterranean diet*, in *The Mediterranean Diet (Second Edition)*, V.R. Preedy and R.R. Watson, Editors. 2020, Academic Press. p. 275-284.
3. Korkmaz, C., et al., *Composition and human health risk analysis of elements in muscle tissues of wild and farmed fish species from Northeast Mediterranean*. Journal of Food Composition and Analysis, 2022. **111**: p. 104606.
4. Speranza, B., et al., *Innovative Preservation Methods Improving the Quality and Safety of Fish Products: Beneficial Effects and Limits*. Foods, 2021. **10**(11): p. 2854.
5. Ryder, J., K. Iddya, and L. Ababouch, *Assessment and management of seafood safety and quality: Current practices and emerging issues.*, in *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. 2014.
6. Hong, H., J. Regenstein, and Y. Luo, *The Importance of ATP-related Compounds for the Freshness and Flavor of Post-mortem Fish and Shellfish Muscle: A Review*. Vol. 57. 2017. 1787-1798.
7. Delbarre-Ladrat, C., et al., *Trends in Postmortem Aging in Fish: Understanding of Proteolysis and Disorganization of the Myofibrillar Structure*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2006. **46**(5): p. 409-421.
8. Huss, H.H., *Quality and quality changes in fresh fish*, in *FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER - 348*. 1995, FAO: Rome, Italy.
9. Bozaris, I.S. and F.F. Parlapani, *Specific Spoilage Organisms (SSOs) in Fish*, in *The Microbiological Quality of Food*, A. Bevilacqua, M.R. Corbo, and M. Sinigaglia, Editors. 2017, Woodhead Publishing. p. 61-98.
10. Gram, L. and H.H. Huss, *Microbiological spoilage of fish and fish products*. Int J Food Microbiol, 1996. **33**(1): p. 121-37.
11. Secci, G. and G. Parisi, *From farm to fork: lipid oxidation in fish products. A review*. Italian Journal of Animal Science, 2016. **15**(1): p. 124-136.
12. Maeda, E.E., et al., *A Bayesian model of fisheries discards with flexible structure and priors defined by experts*. Ecological Modelling, 2017. **366**: p. 1-14.
13. Kelleher, K., *Discards in the world's marine fisheries*, in *FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER*. 2005.
14. Catchpole, T.L., C.L.J. Frid, and T.S. Gray, *Discards in North Sea fisheries: causes, consequences and solutions*. Marine Policy, 2005. **29**(5): p. 421-430.
15. Feekings, J., et al., *Fishery Discards: Factors Affecting Their Variability within a Demersal Trawl Fishery*. PLOS ONE, 2012. **7**(4): p. e36409.
16. Johnsen, J.P. and S. Eliassen, *Solving complex fisheries management problems: What the EU can learn from the Nordic experiences of reduction of discards*. Marine Policy, 2011. **35**(2): p. 130-139.
17. Tsarakis, K., A. Palialexis, and V. Vassilopoulou, *Mediterranean fishery discards: review of the existing knowledge*. ICES Journal of Marine Science, 2014. **71**(5): p. 1219-1234.
18. UNEP, *TEAP TF-XXVII-4 Report; annex 2*. 2016.
19. UNEP, *Cold chain technology Brief - Fishing vessel application*. 2017, International Institute of Refrigeration: Paris, France.
20. Ruize, V., *Analysis of existing refrigeration plants on-board fishing vessels and improvement opportunities*, in *Second International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing*. 2012: Vigo, Spain.
21. EC, *Work on board fishing vessels*. 1993.

22. Fagerlund, A., et al., *Listeria Monocytogenes Biofilm Removal Using Different Commercial Cleaning Agents*. *Molecules*, 2020. **25**(4): p. 792.
23. Eliasson, S., et al., *Onboard pre-chilling of ungutted and gutted Atlantic cod in different cooling media -Temperature measurements and analytical modelling*. *International Journal of Refrigeration*, 2021. **132**: p. 72-81.
24. Nordtvedt, T.S. and K.N. Widell, *Refrigeration and sustainability in the seafood cold chain*. 2020, SINTEF Ocean: Trondheim.
25. Shawyer, M. and A.F.M. Pizzali, *The use of ice on small fishing vessels*, in *FAO Fisheries technical papers*. 2003, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS: Rome.
26. Magnussen, O.M., et al., *Advances in superchilling of food – Process characteristics and product quality*. *Trends in Food Science & Technology*, 2008. **19**(8): p. 418-424.
27. Duun, A.S. and T. Rustad, *Quality changes during superchilled storage of cod (Gadus morhua) fillets*. *Food Chemistry*, 2007. **105**(3): p. 1067-1075.
28. Jessen, F., J. Nielsen, and E. Larsen, *Chilling and freezing of fish*, in *Seafood Processing: Technology, quality and safety*, I.S. Bozaris, Editor. 2014, Wiley-Blackwell.
29. Kaale, L.D., et al., *Superchilling of food: A review*. *Journal of Food Engineering*, 2011. **107**(2): p. 141-146.
30. Duun, A.S. and T. Rustad, *Quality of superchilled vacuum packed Atlantic salmon (Salmo salar) fillets stored at -1.4 and -3.6°C*. *Food Chemistry*, 2008. **106**(1): p. 122-131.
31. Piñeiro, C., J. Barros-Velázquez, and S.P. Aubourg, *Effects of newer slurry ice systems on the quality of aquatic food products: a comparative review versus flake-ice chilling methods*. *Trends in Food Science & Technology*, 2004. **15**(12): p. 575-582.
32. Salvadori, V.O. and R.H. Mascheroni, *Analysis of impingement freezers performance*. *Journal of Food Engineering*, 2002. **54**(2): p. 133-140.
33. Tan, M., J. Mei, and J. Xie, *The formation and control of ice crystal and its impact on the quality of frozen aquatic products: A Review*. *Crystals*, 2021. **11**: p. 68.
34. Gokoglu, N. and P. Yerlykaya, *Chapter 8- Freezing and frozen storage of fish*, in *Seafood Chilling, Refrigeration and Freezing: Science and Technology*. 2015, John Wiley & Sons, Ltd: USA. p. 186-203.
35. Haugland, A., *Industrial thawing of fish: to improve quality, yield and capacity*, in *Department of Energy and Process Engineering*. 2002, Norwegian University of Science and Technology.
36. Nakazawa, N. and E. Okazaki, *Recent research on factors influencing the quality of frozen seafood*. *Fisheries Science*, 2020. **86**(2): p. 231-244.
37. Rahman, M.S., *Hurdle Technology in Food Preservation*, in *Minimally Processed Foods: Technologies for Safety, Quality, and Convenience*, M.W. Siddiqui and M.S. Rahman, Editors. 2015, Springer International Publishing: Cham. p. 17-33.
38. Abel, N., B.T. Rotabakk, and J. Lerfall, *Mild processing of seafood—A review*. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2022. **21**(1): p. 340-370.
39. Grześkowiak, Ł., et al., *Microbiota and probiotics in canine and feline welfare*. *Anaerobe*, 2015. **34**: p. 14-23.
40. Rathod, N.B., et al., *Antimicrobial Impacts of Microbial Metabolites on the Preservation of Fish and Fishery Products: A Review with Current Knowledge*. *Microorganisms*, 2022. **10**(4): p. 773.
41. Stupar, J., et al., *Diversity and Antimicrobial Activity towards Listeria spp. and Escherichia coli among Lactic Acid Bacteria Isolated from Ready-to-Eat Seafood*. *Foods*, 2021. **10**(2): p. 271.
42. Ghanbari, M., et al., *Seafood biopreservation by lactic acid bacteria – A review*. *LWT - Food Science and Technology*, 2013. **54**(2): p. 315-324.

43. Barcenilla, C., et al., *Application of lactic acid bacteria for the biopreservation of meat products: A systematic review*. Meat Science, 2022. **183**: p. 108661.
44. Wiernasz, N., et al., *Lactic Acid Bacteria Selection for Biopreservation as a Part of Hurdle Technology Approach Applied on Seafood*. Frontiers in Marine Science, 2017. **4**(119).
45. MacDonald, R. and C. Reitmeier, *Chapter 6 - Food Processing*, in *Understanding Food Systems*, R. MacDonald and C. Reitmeier, Editors. 2017, Academic Press. p. 179-225.
46. Anyasi, T., et al., *Application of organic acids in food preservation*. Organic Acids, Characteristics, Properties and Synthesis; Vargas, C., Ed, 2017: p. 1-47.
47. Abdelmohsen, U.R., A.M. Sayed, and A.H. Elmaidomy, *Natural Products' Extraction and Isolation-Between Conventional and Modern Techniques*. Frontiers in Natural Products, 2022. **1**.
48. Rahman, M.S. and C.O. Perera, *Drying and Food Preservation*, in *Handbook of food preservation*, R.M. S, Editor. 2002, CRC Press. p. 403-433.
49. Clausen, I.C. and O.M. Magnussen, *Optimal klippfisktørking*. 2008, SINTEF Energiforskning AS.
50. Nowak, D. and E. Jakubczyk, *The Freeze-Drying of Foods—The Characteristic of the Process Course and the Effect of Its Parameters on the Physical Properties of Food Materials*. Foods, 2020. **9**(10): p. 1488.
51. Koutsoumanis, K., et al., *The use of the so-called 'superchilling' technique for the transport of fresh fishery products*. EFSA Journal, 2021. **19**(1): p. 06378.
52. Sangroniz, A., et al., *Packaging materials with desired mechanical and barrier properties and full chemical recyclability*. Nature Communications, 2019. **10**(1): p. 3559.
53. Devlieghere, F., J. Debevere, and J.F. van Impe, *Concentration of carbon dioxide in the water-phase as a parameter to model the effect of a modified atmosphere on microorganisms*. International Journal of Food Microbiology, 1998. **43**(1): p. 105-113.
54. Abel, N., B.T. Rotabakk, and J. Lerfall, *Effect of heat treatment and packaging technology on the microbial load of lightly processed seafood*. LWT, 2019. **101**: p. 123-129.
55. Esmaeilian, S., et al., *The use of soluble gas stabilization technology on food – A review*. Trends in Food Science & Technology, 2021. **118**: p. 154-166.
56. Ahmed, I., et al., *A comprehensive review on the application of active packaging technologies to muscle foods*. Food Control, 2017. **82**: p. 163-178.