بررسی کارایی انواع بسته‌بندی بر آلودگی میکروبی آبزیان خوراکی

سمیرا محمدی[1]، زهرا خوشنود[2*]

تاریخ دریافت مقاله: آبان ماه ۱۳۹۶

تاریخ پذیرش مقاله: خرداد ماه ۱۳۹۷

چکیده

بسته‌بندی و فرآوری مواد غذایی نقش مهمی در نگهداری طولانی مدّت و حفظ ارزش غذایی ترکیبات مختلف دارد. انواعی از روش‌های فرآوری در آماده‌سازی مواد غذایی از جمله آبزیان خوراکی به کار گرفته می‌شود. بسته‌بندی در خلأ و یا بسته‌بندی توسط اتمسفر اصلاح شده از جمله روش‌های متداولی است که در بسته‌بندی آبزیان خوراکی مانند انواع ماهی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. کاهش بار میکروبی این مواد غذایی و ممانعت از رشد باکتری‌ها در طی زمان نگهداری تا مصرف آن، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مهم‌ترین باکتری‌های آلوده‌کنندهٔ مواد غذایی دریایی که می‌توانند موجب ایجاد بیماری در مصرف‌کنندگان شوند شامل: سالمونلا، لیستریا، شیگلا و انتروکوک‌ها هستند. در مقالهٔ حاضر به بررسی و معرفی روش‌های متداول بسته‌بندی مواد غذایی دریایی و میزان تأثیر آن‌ها بر کاهش بار میکروبی مواد غذایی پرداخته می‌شود.

واژه‌های کلیدی

آلودگی باکتریایی، ماهی بسته‌بندی، بار میکروبی

۱- مقدمه

پاستوریزاسیون[3] و بسته‌بندی مواد غذایی جهت افزایش ماندگاری امروزه از تنوع بالایی در جهت پیشگیری از رشد عوامل میکروبی برخوردار می‌باشد. انواعی از روش‌های سترون کردن[4]، بسته‌بندی کردن و ترکیبات مختلف ضدباکتریایی در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. امروزه مطالعات مختلفی در زمینهٔ بررسی میزان کارایی هر یک از این روش‌ها و ترکیبات مورد توجّه است.

از آنجایی که گسترش شهرنشینی موجب افزایش تمایل به مصرف غذاهای آماده و یا بسته‌بندی شده را در پی دارد به نظر می‌رسد که مطالعات در زمینهٔ سلامت این نوع مواد غذایی در زمینهٔ آلودگی‌های میکروبی از اهمیت بالایی برخوردار باشد[۱] . آبزیان خوراکی در کشور ما عمدتاً شامل: انواع گونه‌های ماهیان و میگو به شمار می‌رود. از آنجایی که دسترسی به گوشت تازهٔ این گونه‌ها صرفاً محدود به نواحی ساحلی یا شهرها و مناطقی است که دارای رودخانه یا مجتمع‌های تکثیر می‌باشند، بخش عظیمی از مناطق کشور نیازهای تغذیه‌ای خود را در این زمینه صرفاً از راه مصرف ماهی‌ها، میگوهای بسته‌بندی و فرآوری شده تأمین می‌کنند[۳] .

گوشت و فرآورده‌های گوشتی از عوامل اصلی ایجاد مسمومیت‌های غذایی می‌باشند. این فرآورده‌ها مانند سایر منابع غذایی پروتئینی، طی دوره نگهداری نسبت به فساد باکتریایی حساس می‌باشند. این در حالی است که گوشت ماهی به دلیل pH بالاتر در مقایسه با سایر منابع گوشتی، و همچنین واکنش‌پذیری بیشتر اسیدهای آمینهٔ موجود در آن

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد میکروبیولوژی، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول (zsalehireyhani4@gmail.com).

۲- دکتری زیست شناسی دریا، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول.

(× نویسنده مسئول: zkhoshnood@gmail.com)

3- Pasteurization

4- Sterilization

و مقادیر بالای آنزیم‌های اتولیزکننده[1]، نسبت به تجزیهٔ باکتریایی بسیار آسیب‌پذیر می‌باشد[٤] . از روش‌های متداول برای پیشگیری از تأثیرات نامطلوب رشد میکروبی بر مواد غذایی می‌توان حرارت‌دهی، خشک کردن، انجماد، نگهداری در دمای یخچال، پرتودهی، بسته‌بندی تحت شرایط اتمسفر اصلاح شده، افزودن عوامل ضدمیکروبی و نمک را نام برد که بسیاری از این روش‌ها را نمی‌توان برای نگهداری ماهی به شکل تازه و خام که از تقاضای بالائی در بین مصرف‌کنندگان برخوردار است به کار برد[۲] .

برخی مطالعات انجام شده نشان داده‌اند که علی‌رغم افزایش کارایی روش‌های سترون کردن و نیز استفاده از ترکیبات ضدمیکروبی مجاز در این بسته‌بندی‌ها، احتمال وقوع آلودگی میکروبی همچنان وجود داشته که براساس سویهٔ باکتریایی آلوده‌کننده، گاه می‌تواند بسیار خطرناک باشد. لذا در مطالعهٔ حاضر به بررسی احتمال آلودگی میکروبی آبزیان خوراکی بسته‌بندی شده، نوع باکتری‌های آلوده‌کننده و بیماری‌های ناشی از مصرف این محصولات پرداخته خواهد شد .

۲- بسته‌بندی و جلوگیری از رشد میکروبی

بسته‌بندی مواد غذایی، حفاظت محصول در برابر عوامل مخرب و تشدید کنندهٔ فساد شامل عوامل میکروبی، شیمیایی و فیزیکی را برعهده داشته، موجب افزایش ماندگاری محصول را افزایش داده و سبب حفظ کیفیت آن می‌شود. از سوی دیگر نقش مهم بسته‌بندی در فروش محصول و جلب نظر مشتری و نیز سهولت انبارداری، حمل و نقل و توزیع امروزه امری شناخته شده است.

به دلیل فسادپذیری سریع ماهی و محصولات دریایی، اغلب تولیدکنندگان برای نگهداری آن‌ها به روش‌های اطمینان بخش‌تر مانند کنسروسازی و انجماد روی می‌آورند؛ اما باید توجه داشت که عرضه محصولات دریایی تازه (غیرمنجمد) و محصولاتی که حداقل فرآوری را پشت سر گذاشته‌اند نیز بسیار مورد توجه مصرف‌کنندگان است. البته عرضه ماهی و محصولات دریایی به صورت تازه، با مشکل فسادپذیری سریع و ماندگاری کوتاه آن‌ها همراه است، لذا روش‌هایی که بتواند ماندگاری این گونه محصولات را افزایش دهد، مورد توجه می‌باشد. در سال‌های اخیر کاربرد روش بسته‌بندی تحت اتمسفر تغییر یافته (MAP)[2] برای نگهداری غذاها بسیار اهمیت یافته است. در این روش ترکیب گازهای درون بسته به گونه‌ای تغییر داده می‌شود که سبب افزایش ماندگاری و بهبود کیفیت محصول گردد، لذا باید مواد مورد استفاده در بسته‌بندی به خوبی از ویژگی گزینشی عبوردهی گازها برخوردار باشند[۷] .

شکل ۱- انواعی از بسته‌بندی آبزیان خوراکی[۵]

تحقیقات نشان داده است که فنّاوری بسته‌بندی (MAP) در کاهش رشد، فعالیت میکروارگانیسم‌ها و فساد آنزیمی مؤثر است. ماندگاری اغلب غذاها مانند: ماهی و محصولات دریایی که به صورت سرد یا درون یخ در بسته‌بندی‌های (MAP) نگهداری می‌شوند، افزایش می‌یابد. این تأثیر در مورد باکتری‌های فاسدکننده هوازی، به دلیل طولانی بودن فاز تأخیر در مراحل رشد آن‌ها صورت می‌گیرد. ماندگاری ماهی در بسته‌بندی‌های(MAP) در شرایط نگهداری سرد(غیرمنجمد)، در مقایسه با ماهی نگهداری شده در اتمسفر معمولی در همان شرایط دمایی، حدود ۱/۵ تا ۲ برابر افزایش نشان می‌دهد[۵] .

ماندگاری ماهی که به روش سرد نگهداری می‌شود، به ویژه در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌هایی مانند: آئرومونـاس [3]، سودوموناس [4]، شوانلا[5] محدود می‌شود.

1- Autolysis

2- Modified Atmosphere Packaging

3- Aeromonas

4- *Pseudomonas*

5- *Shewanella*

در فنّاوری‌های نوین بسته‌بندی، روش بسته‌بندی تحت اتمسفر تغییر یافته (MAP) به صورت ترکیبی با فنّاوری‌های دیگر مانند: بسته‌بندی‌های فعال و هوشمند بکار می‌رود[٤].

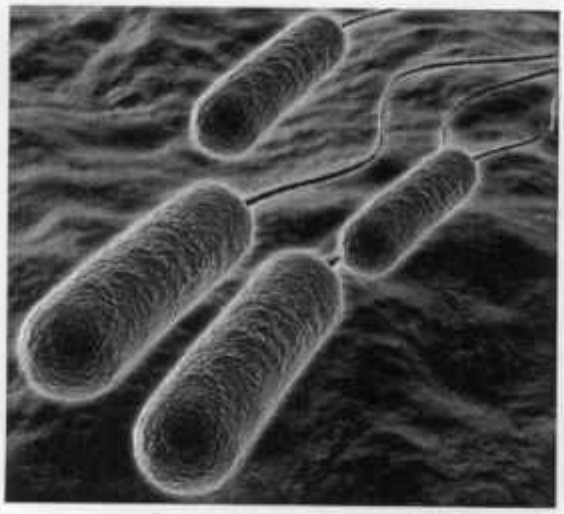
بسته‌بندی تحت خلأ یکی از روش‌های مناسب بسته‌بندی در به تعویق انداختن فساد فرآورده‌های دریایی است که موجب افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت کلی ماهی‌ها برای مدّت بیشتر می‌گردد. کاهش غلظت اکسیژن در این بسته‌بندی‌ها نه تنها باعث به تأخیر انداختن فساد میکروبی می‌شود بلکه به دنبال آن فساد غیرمیکروبی فرآورده را نیز به تأخیر می‌اندازد و ماندگاری فرآورده‌های گوشتی را ضمن حفظ کیفیت و تازگی آن‌ها در طی دوره نگهداری افزایش می‌دهند[٤].

۳- فسادپذیری ماهی و غذاهای دریایی

همانطور که پیشتر اشاره گردید، گوشت ماهی به دلیل بالا بودن میزان فعالیت آب و میزان اسیدهای آمینه آزاد، کمتر بودن بافت‌های پیوندی، داشتن مقدار بیشتر اسیدهای چرب غیراشباع و فعالیت‌های آنزیمی، قابلیت فسادپذیری بالاتری نسبت به سایر منابع پروتئینی دارد و چنانچه بلافاصله پس از صید و مرگ ماهی و جانوران دریایی به صورت مناسبی نگهداری آن‌ها صورت نگیرد، به دلیل تغییرات سریع بیوشیمیایی و آنزیمی در ماهیچه‌ها و فعالیت‌های میکروبی تجزیه و فساد در آن‌ها گسترش می‌یابد [۹].

تغییرات در پروتئین‌ها از تغییرات عمده در محصولات دریایی صید شده است. پس از صید ماهی، تجزیه ماهیچه‌ها توسط پروتئازهایی[1] مانند: کالپین[2] و کاتپسین[3] آغاز می‌شود. در ماهی نگهداری شده درون یخ، تجزیه میوزین[4] دارای زنجیره سنگین و بعد از آن تروپونین تی[5] و آلفا و بتا تروپومیوزین[6] بیشتر از سایر پروتئین‌ها صورت گرفته و در نهایت، کاهش سفتی ماهیچه‌ها را سبب می‌شود[۸].

باکتری‌های سودوموناس [7] اصلی‌ترین میکروارگانیسم مؤثر در فساد و تجزیه پروتئین‌های مواد غذایی در شرایط نگهداری سرد (غیرمنجمد) شناخته شده است (شکل۲). علی‌رغم آنکه کلاژن[8] از بافت‌های پیوندی مقاوم به حساب می‌آید، اما در نگهداری طولانی مدّت ماهی و محصولات شیلاتی در شرایط نگهداری سرد، با تغییراتی که در آن‌ها صورت می‌گیرد، نرمی نامطلوب گوشت حادث می‌شود[۸].



شکل ۲- سودوموناس اصلی‌ترین میکروارگانیسم مؤثر در فساد پروتئین‌های غذا در شرایط نگهداری سرد[۲]

از دیگر تغییراتی که در فرآورده‌های دریایی طی دوره نگهداری آن‌ها واقع شده و کیفیت آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد، تغییر در چربی‌هاست. تجزیه آنزیمی لیپیدها و اکسیداسیون لیپیدها و واکنش بین لیپیدها و سایر ترکیبات مانند پروتئین‌ها، از جمله این تغییرات است.

ماهیچه‌های ماهی حاوی مقدار زیادی چربی‌های زنجیره بلند و دارای اسیدهای چرب چند پیوند غیراشباع بوده که ضمن فرآیند و نگهداری در معرض اکسیداسیون

1- Proteases
2- Calpin
3- Catepsin
4- Myosin
5- Troponin T

6- α and β Tropomyosin
7- *Pseudomonas ssp*
8- Collagen

هستند. حضور رنگیزه و یون‌های فلزی موجود، به تسریع اکسیداسیون در غذاهای دریایی کمک می‌کند. با پیشرفت اکسیداسیون چربی‌ها و شکستن هیدروپراکسیدها، ترکیبات کربنیل و الکلی با وزن مولکولی پایین، حاصل می‌شوند که بر ویژگی‌های کیفی محصول مانند رنگ، بافت، مزه و بو تأثیر می‌گذارند[۹] . ترکیب شدن پروتئین‌ها با چربی‌های اکسید شده نیز سبب ایجاد رنگدانه‌های زرد رنگ می‌شود. آنزیم‌های لیپواکسیژناز[1] و پراکسیداز موجب اکسیژنه شدن اسیدهای چرب دارای چند باند غیراشباع شده و آن‌ها را به هیدروپراکسید تبدیل می‌کنند. حضور اکسیژن، pH محصول، نور، دما، فعالیت آبی از عوامل مؤثر در اکسیداسیون چربی‌ها هستند. تغییرات حاصل از فعالیت‌های میکروبی در ماهی و فرآورده‌های دریایی نیز جزء عوامل اصلی در فساد و غیرقابل مصرف بودن برای انسان‌ها می‌شود، ناحیه صید، عوامل محیطی، روش صید، روش نگهداری و حمل‌ونقل و بسته‌بندی و توزیع، فعالیت‌های میکروبی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. تحقیقات مشخص کرده که در فساد ماهی که به صورت سرد نگهداری می‌شود، باکتری‌های مقاوم به سرمای گرم منفی مانند: پیسیودوموناس و شیوانلا غلبه دارند [۱۰].

در هنگام استفاده از سامانه بسته‌بندی تحت اتمسفر تغییر یافته (MAP) که همراه با افزایش غلظت گاز CO_2 در اتمسفر بسته می‌باشد، گرچه از فعالیت میکروارگانیسم‌های هوازی ممانعت به عمل می‌آید؛ اما برخی از میکروارگانیسم‌ها مانند: فتوباکتریوم فسفریوم[2] و باکتری‌های تولیدکننده اسید لاکتیک احتمال فعالیت دارند [۱۰].

به طور کلی فساد میکروبی محصولات دریایی در حد قابل ملاحظه‌ای توسط میکروارگانیسم‌های فساد کننده خاص[3](SSOs) مانند پیسیودوموناس، شیوانلا، فتوباکتریوم حادث می‌شود[۱۰] . در اثر فساد ماهی و محصولات دریایی توسط میکروارگانیسم‌های مذکور، متابولیت‌هایی مانند بازهای فرار، هیپوزانتین[4]، اسیدهای آلی و آمین بیوژنیک[5] مانند هیستامین[6] و دوپامین[7] حاصل می‌شوند که برخی از آن‌ها را می‌توان به عنوان مواد مؤثر بر شناساگرهای فساد در بسته‌بندی‌های هوشمند که قادر به تشخیص بروز فساد در فرآورده‌ها هستند، در نظر گرفت. برای مثال ماده تری-متیل آمین (TMA) از تأثیر آنزیم‌های داخلی مربوط به ماهی و همچنین تحت اثر فعالیت برخی از میکروارگانیسم‌های ایجادکننده فساد حاصل می‌شود و می-تواند به همراه بوی مربوط به ماهی در حال فساد، به عنوان ماده مؤثر بر شناساگرهای فساد باکتریایی، در تشخیص فساد ماهی در نظر گرفته شود(جدول ۱) [۱۵] .

جدول ۱- مهم‌ترین باکتری‌های آلوده‌کنندهٔ مواد غذایی بسته‌بندی شده[۱۳]

نام باکتری	ویژگی‌ها	گروه
Pseudomonas	هوازی، تازکدار، دارای قابلیت تولید بیوفیلم	گرم منفی
Shewanella	بی‌هوازی، در سطح اکثر ماهیان دریایی دیده می‌شود	گرم منفی
Photobacterium	سرمادوست، تازکدار، پاتوژن برای جانداران دریایی،	گرم منفی
Aeromonas	بی‌هوازی اختیاری، پاتوژن انسانی، عامل ایجاد گاستروانتریت	گرم منفی
Listeria monocytogenes	بی‌هوازی اختیاری، پاتوژن انسانی، عامل ایجاد لیستریوز	گرم مثبت
Enterococcus faecalis	غیرمتحرک، تخمیرکنندهٔ گلوکز، همزیست ساکن در دستگاه گوارش انسان	گرم مثبت
Streptococcus	بی‌هوازی اختیاری، پاتوژن انسان و دام	گرم مثبت
Vibrio parahaemolyticus	هوازی اختیاری، پاتوژن انسانی، عامل ایجاد گاستروانتریت	گرم منفی

٤- اصول بسته‌بندی (MAP)

در این فنّاوری، هوای درون بسته با گاز یا مخلوط گازی خاص جایگزین می‌شود، با این هدف که عمر

1- Lipo-Oxingenase
2- *Photobacterium phosphoreum*
3- Specific Spoilage Organisms
4- Hypoxantin
5- Biogenic Amin
6- Histamin
7- Dopamin

ماندگاری محصول درون بسته افزایش یابد. البته پس از وارد کردن مخلوط گازی به درون بسته، کنترل‌های بعدی برای حفظ ترکیب گازها صورت نمی‌گیرد، لذا در طول نگهداری، ترکیبات و نسبت گازها نسبت به آنچه که در ابتدا تنظیم شده، تحت تأثیر عوامل مختلف تغییر می‌یابد. در حالی که در سامانه‌های بسته‌بندی تحت اتمسفر کنترل شده [1](CAP) در طول زمان نگهداری، به روش‌های مختلف سعی در کنترل و تنظیم مجدد ترکیب و نسبت گازهای درون بسته می‌شود[۱۶].

گازهای N_2 , O_2 , CO_2 معمول‌ترین و عمده‌ترین گازهای مصرفی در بسته‌های (MAP) هستند، گرچه استفاده از گازهای دیگری مانند کربن‌منواکسید، نیتروس اکسید، سولفوردی اکسید، آرگون، زنون نیز برای بسته‌های محتوی انواع گوشت، میوه‌ها و سبزی‌ها مطرح شده است. در مخلوط گازهای مصرفی برای بسته‌های (MAP) محتوی ماهی، نقش گاز CO_2 از اهمیت بالاتری برخوردار است، زیرا این گاز دارای خاصیت ضد میکروبی بوده و از فعالیت بسیاری از باکتری‌های ایجادکننده فساد جلوگیری می‌کند. چنانچه غلظت گاز CO_2 درون بسته افزایش داده شود، تأثیر مذکور نیز افزایش می‌یابد. حلالیت CO_2 در آب و چربی زیاد است و این حلالیت با کاهش دما بیشتر می‌شود، لذا کارایی این گاز تحت تأثیر دمای پایین در نگهداری غذاها قرار می‌گیرد. حلالیت CO_2 در آب و چربی زیاد است و این حلالیت با کاهش دما بیشتر می‌شود، لذا کارایی این گاز تحت تأثیر دمای پایین در نگهداری غذاها قرار می‌گیرد. حلالیت CO_2 در آب و چربی، سبب حل شدن مقداری از CO_2 موجود در اتمسفر در آب و چربی مواد غذایی می‌شود، این واکنش به دلیل ایجاد حالت اسیدی، موجب کاهش pH غذا به ویژه در قسمت‌های سطحی ماده غذایی می‌شود[۱۴].

میزان CO_2 حل شده در غذا، به مقدار آب و چربی موجود در غذا و نیز به فشار و غلظت گاز CO_2 درون بسته وابستگی دارد. در برخی از تحقیقات بیان می‌شود که نقش ممانعت‌کننده CO_2 از فعالیت میکروبی در سامانه‌های بسته‌بندی (MAP) را می‌توان با میزان حل شدن CO_2 در محصول، مشخص کرد. گذشته از کاهش pH، اثر نگهدارنده گاز CO_2، به جایگزینی این گاز به جای همه یا بخشی از گاز O_2 لازم برای متابولیسم‌های درون باکتری‌ها مربوط می‌شود، که در نهایت رشد آن‌ها را کند می‌سازد. در غلظت ۲۵ درصد گاز CO_2 از رشد باکتری‌های (هوازی) به طور مشخصی جلوگیری می‌شود، همچنین در غلظت‌های بالاتر، در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤ روز رشدی از باکتری های مذکور مشاهده نمی‌شود. همان طور که بیان شد این تأثیر نه تنها به کاهش غلظت و فشار گاز O_2 بلکه به تأثیر گاز CO_2 در کاهش pH غذا نیز مرتبط است[۹].

چگونگی اثر CO_2 در کاهش رشد باکتری‌ها پیچیده است؛ اما به طور خلاصه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

- تغییر در عملکرد دیواره سلولی به ویژه تأثیر بر دریافت و جذب مواد مغذّی از طریق دیواره سلولی
- تأثیر مستقیم بر فعالیت آنزیم‌های میکروبی با کاهش سرعت واکنش‌های آنزیمی.
- تغییر pH درون سلول از طریق تأثیر بر نفوذپذیری دیواره سلول باکتریایی.
- بروز تغییرات مستقیم در ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی پروتئین‌های سلول باکتریایی.

احتمالاً تلفیق همه موارد فوق می‌تواند اثر ضدباکتریایی گاز CO_2 را تشدید کند. نسبت حجم گازهای درون بسته به حجم محصول موجود در بسته غالباً در حد ۲ به ۱ یا ۳ به ۱ در نظر گرفته می‌شود. دلیل بالا بودن میزان گاز آنست که چنانچه بخشی از گاز CO_2 موجود در فضای بسته در آب و چربی محصول حل شود، بروز پدیده نامطلوب چرکیدگی بسته در حد کمتری باشد. اگر مقدار زیادی از گاز CO_2 موجود در فضای بسته در آب و چربی محصول حل شود، گذشته از پدیده مذکور، ظرفیت نگهداری آب

1- Cellulose Acetate Propionate

محصول نیز به دلیل نزول pH، کاهش می‌یابد، این مسأله همچنین تراوش آب از محصول منجمد را به هنگام رفع انجماد، افزایش می‌دهد. قابل ذکر است که هر سه پدیده فوق، نامطلوب هستند[۱۶] . تحقیقات نشان داده است که اگر فیله‌های ماهی را قبل از بسته‌بندی و انجماد مدتی درون محلول نمک طعام قرار دهیم و سپس عملیات انجماد و بسته‌بندی تحت اتمسفر تغییر یافته (MAP) بر روی آن‌ها انجام داده شود، تراوش آب و مواد محلول از محصول، به هنگام انجمادزدایی در حد معنی‌داری کاهش می‌یابد. قابل ذکر است که اگر برای نگهداری محصول، به همراه سامانه بسته‌بندی (MAP) از دمای پایین نیز استفاده نشود، مزایای سامانه مذکور از دست می‌رود. دمای بالای نگهداری، سبب کاهش حلالیت گاز CO_2 در محصول شده و اثر ضدمیکروبی آن را کاهش می‌دهد، از طرف دیگر، دمای بالای نگهداری موجب رشد بیشتر میکروارگانیسم‌ها و افزایش فعالیت‌های آنزیمی می‌گردد[۸] .

N_2گازی بی‌اثر و بدون مزه است که در سامانه‌های بسته‌بندی (MAP) بکار می‌رود. این گاز برخلاف گازCO_2 ، مشکل حل شدن در آب و چربی محصول را ندارد. گاز N_2 در بسته‌های (MAP) غالباً جایگزین O_2 درون بسته می‌شود تا از آثار مضر آن از جمله اکسیداسیون چربی‌ها و رشد میکروب‌های هوازی ممانعت به عمل آورد. در واقع این شکل بسته‌بندی به جای بسته‌بندی تحت خلأ مطرح می‌شود. در بسته‌بندی‌های تحت خلأ به دلیل چسبیدن پوشش بسته‌بندی به سطح محصول، ظاهر مناسبی مشاهده نمی‌شود و حضور گاز بی‌اثر N_2 در فضای بسته این مشکل را ندارد[۱۱] .در بسته‌های (MAP) معمولاً برخلاف بسته‌بندی-های تحت خلأ، حداقلی از گاز O در مخلوط گازی موجود در فضای بسته، بکار می‌رود. این کار با هدف ممانعت از رشد باکتری بی‌هوازی و بسیار خطرناک کلستریدیوم بوتولینوم [1] صورت می‌گیرد که در حضور اکسیژن قادر به فعالیت نیست. گرچه تحقیقات نشان داده که در حضور حداقلی گاز O_2 نیز امکان بروز واکنش‌های اکسیداسیونی وجود دارد؛ اما به هر حال، با توجه به خطر میکروارگانیسم مذکور، برای برخی از محصولات از گاز O_2استفاده می‌شود[۱۲] . حضور اکسیژن با غلظت بالا در درون بسته‌ها برای ایجاد و حفظ رنگ قرمز مطلوب در گوشت قرمز (دام) و گوشت ماهی‌های قرمز (مانند ماهی تن) که به صورت تازه (غیرمنجمد) نگهداری می‌شود، توصیه می‌گردد. حضور اکسیژن در بسته‌های (MAP) که برای نگهداری ماهی تازه (غیر منجمد) بکار می‌رود، از احیاء تری متیل آمین اکسید[2](TMAO) به تری متیل آمین[3] (TMA)نیز جلوگیری می‌کند (جدول۲)[۶] .

جدول ۲- مهم‌ترین اجزای تشکیل‌دهندهٔ اتمسفر تغییریافته در بسته‌بندی و اثرات آن‌ها

گاز	اثرات	ویژگی‌های گاز مورد استفاده
N_2	ممانعت از اکسیداسیون چربی‌ها و رشد میکروب های هوازی، حفظ ظاهر بسته‌بندی	بی‌اثر و بدون مزه
O_2	ممانعت از رشد باکتری‌های بی هوازی، ایجاد و حفظ رنگ مطلوب گوشت در بسته‌بندی، جلوگیری از احیای TMAO به TMA	عامل رخداد اکسیداسیون، بسیار فعال از نظر شیمیایی
CO_2	دارای خاصیت ضدمیکروبی، کاهش pH،	حلالیت زیاد در آب و چربی

۵- باکتری‌های متداول موجود در مواد غذایی بسته‌بندی شده

باکتری‌ها، فراوان‌ترین دسته از میکروارگانیسم‌ها هستند که از طریق مصرف ماهیان آلوده سبب ایجاد عفونت در انسان‌ها می‌شوند که مهم‌ترین آن‌ها لیستریا مونوسیتوجنس[4]، آئرومونادس[5]، سودوموناس[6]، انتروکوکوس فکالیس[7]، استرپتوکوکوس[8] می‌باشند. در سال‌های اخیر باکتری‌هایی مانند انتروکوکوس، استرپتوکوکوس و همچنین لیستریا از طریق مصرف غذاهای دریایی آلوده به

1- *Cholestridium botulimum*

2- Trimethyl Amin Oxide
3- Trimethyl Amin
4- *Listeria Monocytogenes*
5- *Aeromonas Spp*
6- *Pesudomonas Spp*
7- *Enterococcus Faecalis*
8- *Streptococcus*

این باکتری‌ها، سبب اپیدمی‌های گسترده‌ای در مصرف‌کنندگان شده‌اند که عمده آن‌ها در طی عمل‌آوری ماهیان اتّفاق افتاده‌اند. مطالعه بیش‌تر بر چنین باکتری‌هایی نشان داده است که قادرند به انسان منتقل شده و تولید بیماری کنند[۸]. گونه‌های مختلف جنس استرپتوکوکوس در اکثر ماهیان توانایی بیماری‌زایی دارند، از بین باکتری‌های این جنس گونهٔ استرپتوکوکوس آگالاکتیه یکی از مهم‌ترین پاتوژن‌هاست که سبب بیماریزایی در گونه‌های مختلف ماهی، گاو و انسان می‌شود. این باکتری درگونه‌های پرورشی در اقلیم‌های گرم تولید بیماری می‌کند و عمدتاً توانایی بیماریزایی در گونه‌های آب شیرین، آب‌های دریایی و آب های مصبی را دارد[۱۶]. باکتری سودموناس و شوانلا پوتری فسینس[1] ابتدا در عضله ماهی به رسمیت شناسایی شد و بعد از آن درگونه‌های مختلف ماهی‌ها دریایی و آب شیرین و همچنین در غذاهای دیگر یافت شد. سالمونلا از باکتری‌های مهم خانواده انتروباکتریاسه هستند که در طبیعت انتشار وسیعی دارند و گونه‌ای از آن‌ها به نام‌های سالمونلا تیفیموریوم[2] و سالمونلا اینتریتیدیس[3] می‌باشد و مهم‌ترین راه انتقال این ارگانیسم به بدن از طریق تغذیه می‌باشد. سالمونلا قادر به رشد در تمامی مواد غذایی و البته گوشت قرمز، گوشت ماکیان و غذاهای دریایی مانند میگو و ماهی را آلوده می‌کند[۱۵].

ویبریو پاراهمولیتیکوس در محیط‌های دریایی فراوانی بالایی دارد و موجب گاستروانتریت در اثر مصرف اغذیه‌ی دریایی آلوده می‌گردد. علائم کلینیکی عفونت‌های ویبریوپاراهمولیتیکوس شامل اسهال، دردهای شکمی، تهوع و استفراغ می‌باشد[۸].

۶- خطرات ناشی از آلودگی میکروبی آبزیان خوراکی

عفونت های غذایی[4] عبارتند از: بیماری‌های عفونی که در اثر مصرف غذای آلوده به انسان منتقل می‌گردد. مانند سالمونلوز[5]، کمپیلوباکتریوز[6]، ویبریوز[7]، کلی باسیلوز[8] و برخی از بیماری‌های ویروسی.

مسمومیت‌های غذایی در اثر سموم مترشحه از باکتری‌ها مانند کلستریدوم بوتولینوم[9]، اشریشیاکولای[10]، شیگلا[11]، باسیلوس سرئوس[12] و استافیلوکوک پاتوژن[13] به وجود آمده و یا در اثر سموم مترشحه از کپک‌ها و مخمرها (مایکوتوکسین‌ها[14]) مانند آفلاتوکسین[15] به وجود می‌آیند.

عوارض حاصله از انگل‌ها عبارتند از بیماری‌هایی که توسط انگل‌هایی که در مواد غذایی مختلف وجود دارند، به انسان منتقل می‌گردد مانند: توکسوپلاسموز[16]، ژیاردیوز[17]، تریشینوز[18] و تنیازیس[19](جدول ۳)[۸].

1-Shewanella Putrefaciens
2- Salmonella Typhimurium
3- Salmonella Enteritidis

4- Food Infestation
5- Salmonellosis
6- Campylobacteriosis
7- Vibriosi
8- Colibacillosis
9- Clostridium Botulinum
10- Escherichia Coli
11- Shigella
12- Bacillus Cereus
13- Staphylococcus Pathogen
14- Mycotoxins
15- Aflatoxin
16- Toxoplasmosis
17- Giardiosis
18- Trichinosis
19- Teniasis

جدول۳- مهم‌ترین بیماری‌های ناشی از مصرف مواد غذایی آلوده به عوامل میکروبی و عوامل ایجادکنندهٔ آن‌ها

بیماری ایجاد شده	نوع بیماری	عامل ایجاد کننده
گاستروانتریت	باکتریایی	ویبریوپاراهمولیتیکوس، انتروباکتر
توکسی‌پلاسموز	انگلی (تک یاخته)	توکسی‌پلاسما
ژیاردیوز	انگلی (تک یاخته)	ژیاردیا لامبلیا
تریشیوز	انگلی (کرم)	تریشین
نیاریس	انگلی (کرم)	تنیا
مسمومیت غذایی	باکتریایی، قارچی، مخمرها	کلستریدیوم بوتولینوم، اشریشیاکولای، شیگلا، باسیلوس سرئوس و استافیلوکوک، کپک‌های ترشح کننده ی آفلاتوکسین
عفونی (سالمونلوز، کمپیلوباکتریوز، ویبریوز، کلی باسیلوز)	باکتریایی	سالمونلا، کمپیلوباکتر، ویبریو، کلی فرم‌ها

۷- نتیجه گیری

ماهیان و محصولات منجمد شده سایر آبزیان در دریا به علت دستکاری‌های بیش از حد، حمل و نقل طولانی مدت یا پختن ماهی در عرشه می‌توانند منابع اصلی انتقال آلودگی میکروبی باشند. دما و pH دو عامل مهم محدودکننده رشد باکتری‌ها در محصولات غذایی دریایی به شمار می‌روند[٦].

در طی عمل‌آوری ماهی باکتری استافیلوکوکوس اورئوس و اشریشیاکلی بسیار مورد توجّه هستند. این دو باکتری در ماهیان تازه صید شده وجود ندارند، اما در حین دستکاری و عمل‌آوری به وفور دیده می‌شوند[۱۲] . در ژاپن و بلژیک موارد بیماری با گونه‌هایی از اشریشیاکلی که تولید سم می‌کنند، از طریق خوردن ماهی آلوده گزارش شده است. ثابت شده است که حتّی انجماد نیز نتوانسته از رشد چنین باکتری‌هایی جلوگیری کند[۱۶] .

آئرومونا‌س‌ها بیشتر از ۲۰ سال است که به عنوان باکتری‌های بیماری‌زای انسان که از طریق غذا منتقل می‌شوند، شناخته شده‌اند. در برزیل ۲۰ درصد نمونه‌های ماهیان صید شده و فیله‌های آن‌ها به استافیلوکوکوس اورئوس مبتلا بودند. در آلاسکا این باکتری‌ها در طی عمل خشک کردن مارماهیان و سپس محصولات دودی شده آن‌ها نیز جدا شدند[۸].

گزارش‌ها حاکی از آن است که روش صید ماهیان با بار باکتریایی رابطه مستقیم داشته و نشان داده شده که روش ترال در رسوبات کف دریا برای مدّت زمان طولانی ماهیان را در معرض آلودگی باکتریایی قرار می‌دهد. ضمن اینکه شوریده و حلوا سفید ماهیان از آلودگی بیشتری برخوردار بودند که تعداد و تنوع ابزار صیادی و صید فراوان مربوط به این دو گونه در این مسأله دخالت داشته است. عوامل متعدّدی در عفونت‌های ناشی از باکتری‌ها در ماهیان نسبت داده می‌شوند که از جمله آن‌ها می‌توان کیفیت ضعیف آب، تراکم زیاد، شرایط انتقال، صید و تغذیه را نام برد[۱۶] .

انواع و تعداد باکتری‌ها در ماهیان صید شده در دریا به عوامل متعدّدی وابسته است. مهم‌ترین آن‌ها منبعی است که ماهی از آن‌جا صید می‌شود. آلودگی‌های ابزار و ادوات صیادی، دمای نگهداری ماهیان، آلودگی کارگران و فروشندگان ماهی را نیز باید در نظر گرفت. در مطالعه‌ای ثابت شد که باکتری استافیلوکوکوس اورئوس از کارگران آلوده به ماهیان منتقل شده است [۱۵] .

باکتری اشریشیاکلی زمانی که در تعداد اندک باشد، به عنوان شاخص آلودگی به کار می‌رود. در حالی که به تعداد زیاد به عنوان شاخص مدیریت بهداشتی ضعیف تلقی می‌گردد. پس مدیریت صحیح بهداشتی در زمان صید و بعد از آن در کنترل بار باکتریایی نقش مهمی دارد. باکتری اشریشیاکلی جدا شده از ماهیان دریایی صید شده که منجمد شده بودند، ناشی از آلودگی مدفوع بوده است[۸] .

مدیریت بهداشتی صحیح، باید بتواند کنترل همه جانبه عوامل باکتریایی را در سرلوحه کار خود قرار دهد. تحقیقات بیش‌تری در این زمینه احساس می‌شود تا بتوان منبع اصلی آلودگی را تشخیص داد و در سراسر فرآیند فرآوری محصولات شیلاتی آن را کنترل کرد.

۸- منابع

۱. اعتمادیان، ی.، شعبانپور، ب.، صادقی ماهونک، ع.، شعبانی، ع.، یحیایی، م.، دوردیثی، خ. (۱۳۹۰). «اثر بسته‌بندی تحت خلأ بر ویژگی‌های شیمیایی، میکروبی و حسی فیله‌های ماهی سفید (*Rutilus frissii*) *kutum* نگهداری شده در یخ». نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران. ۷ (٤): ۲۹۸-۳۰٤.

۲. رزاقی منش، م.، قاسمی، ا.، رحیمی، ا.، شاکریان، ا.، دادار، م. (۱۳۹۲). «مطالعه آلودگی به سروتیپ-های سالمونلا در میگو، لابستر و ماهی‌های عرضه شده در بازار اصفهان». نشریه دامپزشکی. ۹۹: ۱۹-۱۵.

۳. مشایخی، ف.، مرادی، ی.، گوهری اردبیلی، ا.، محمدزاده میلانی، ج.، زارع گشتی، ق.، رضوانی گیل کلاتی، ع.، (۱۳۹۱). «اثر بسته‌بندی‌های مختلف بر روی ویژگی‌های میکروبی، شیمیایی و حسی فیله ماهی تیلاپیا نیل (*Oreochromis niluticus* Linnaeus, 1758) نگهداری شده در دمای یخچال». مجلّه علمی شیلات ایران. ۲۲: ۸۵-۱۰۰.

4.Arashisar, S., Hisar, O., Kaya, M., Yanik, T. (2004). **"Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbilogical and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets."** Journal of food microbiology. 97: 209-214.

5.Bagge-Ravn, D., Ng, Y., Hjelm, M., Christiansen, J.N., Johansen, C. and Gram, L. (2003). **"The microbial ecology of processing equipment in different fish industries—analysis of the microflora during processing and following cleaning and disinfection."** International journal of food microbiology. 87(3): 239–250.

6.Erdogan, H.M., Cripps, P.J., Morgan, K.L. (2002). **'Optimization of a Culture Technique for the Isolation of *Listeria monocytogenes* from Faecal Samples."** J Vet Med B Infect Dis Vet public health. 49(10):502-6.

7.Etemadi, H., Rezaei, M., Abedian Kenari, A. M. Hosseini, S. F. (2013). **"Combined Effect of Vacuum Packaging and Sodium Acetate Dip Treatment on Shelf Life Extension of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) during Refrigerated Storage."** J. Agr. Sci. Tech. 15: 929-939.

8.Gram, L. (2009). **'Microbiological Spoilage of Fish and Seafood Products."** Compendium of the microbiological spoilage of foods and beverages. 87–119.

9.Irianto a; austin B. (2002). **"Use of probiotics to contral furnculosis in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (walbaum).,"** Journal of fish diseases. 25: 333-342.

10. Lalitha, K.V., Sonaji, E. R., Manju, S., Jose, L., Gopal, T. K. S. Ravisankar, C.N. (2005). **'Microbiological and biochemical changes in pearl spot (*Etroplus suratensis* Bloch) stored under modified atmospheres."** Journal of applied microbiology. 99(5): 1222–8.

11.Maktabi, S., Fazalra, A., Ebrahimian, S. (2011). **'Incidence of Listeria species in Farmed—tropical fish in Khuzestan, Iran."** World journal of fish and marine sciences. 3(3): 206-209.

12.Perez-Alonso, F., Aubourg, S.P., Rodriguez, O., Barros-Velazquez, J. (2004). **"Shelf life extension of Atlantic pomfret (*Brama brama*) fillets by packaging under a vacuum-skin system."** Journal of food research technological. 218: 313-317.

13.Sahoo, J., Kumar, N. (2005). **"Quality of vacuum packaged muscle foods stored under frozen cinditions : A review."** Journal of Food Science and Technology. 42: 209-213.

14.Shakila, R., Jeyasekaran, G., Vijayalakshmi, S. (2005). **"Effect of vacuum packaging on the quality characteristics of seer fish (*Scomberomorus commersonii*) chunks during refrigerated storage."** Journal of food science and technology. 42: 438-443.

15. Tavakoli, H.R., Soltani, M., Bahonar, A. (2012). **"Isolation of some human pathogens from fresh and smoked shad (*Alosa kessleri*) and silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*)."** Iranian journal of fisheries sciences. 11 (2): 424- 429.

16.Yassoralipour, A., Bakar, J., Rahman, R. A., Fatimah, A., Bakar, B., Özogul, F. (2016). **"Effects of modified atmosphere packaging on microbiological load and physico-chemical properties of barramundi (*Lates calcarifer* Bloch) fillets at 8°C."** Iranian journal of fisheries sciences. 15(1): 457- 469.

17.Zhu D., Li A., Wang J., Li M., Cai T. Hu, J. (2007). **"Correlation between the distribution pattern of virulence genes and virulence of *Aeromonas hydrophila* strains."** Frontiers of biology in China, Volume 2, Issue 2, April, pp: 176-179.

آدرس نویسنده

خوزستان - دزفول - کوی آزادگان - بلوار دانشگاه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول - گروه زیست شناسی.