

## بسته بندی فیله فیل ماهی پرورشی به روش تحت خلاء (Sous vide)

مینا سیفزاده\*

\* مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان، پژوهشکده آبی پروری آب های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، بندر انزلی، ایران.

### چکیده

هدف از تهیه فرآورده های Sous vide افزایش طعم محصول و به حداقل رساندن خطرات ناشی از عوامل بیماری زای مواد غذایی است. فناوری تحت خلاء یا Sous vide، روش منحصر به فردی از فرآیند کاهش اکسیژن بسته بندی (ROP) برای عمل آوری ترکیبات پخته یا خام می باشد که در شرایط یخچال یا انجماد نگهداری می گردند. Sous vide کلمه فرانسوی به معنی تحت خلاء و روشی برای پخت فرآورده در کیسه های پلاستیکی به این روش و کنترل دقیق دما طی فرآوری است. نتایج به دست آمده از مطالعات مرتبط حاکی از این است که غذاهای با فناوری بسته بندی تحت خلاء دارای مزایای متعددی مانند افزایش کیفیت حسی، غذایی و زمان ماندگاری، کاهش نیاز به افزودنی ها، حذف خطر آلودگی بعد از بسته بندی، افزایش تنوع در تولید فرآورده ها، جلوگیری از رشد باکتری های هوازی، کاهش هزینه تولید، کاهش ضایعات مواد غذایی در مقایسه با روش پخت صنعتی، کاهش اکسیداسیون غذا و غیره می باشند. این فناوری از طریق ساز و کارهای متعددی سبب اعمال این ویژگی ها می شود. در حال حاضر، اطلاعات خیلی کمی در مورد عمل آوری فیله ماهی - های خاویاری به روش تحت خلاء وجود دارد. این مقاله به عوامل منفی مؤثر بر کیفیت فرآورده های تحت خلاء، مزایا، ویژگی های فیزیکی و شیمیایی فرآورده، محدودیت ها، ارزش غذایی، ایمنی و مطالعات انجام شده در مورد تأثیر این روش بسته بندی روی بهبود ویژگی های شیمیایی، حسی، میکروبی و زمان ماندگاری فرآورده می پردازد.

**کلمات کلیدی:** ایمنی غذایی، بسته بندی، فناوری تحت خلاء، ذخیره سرد، فیل ماهی پرورشی، کیفیت میکروبی

\* نویسنده مسئول: m\_seifzadeh\_ld@yahoo.com

## مقدمه

حتی در خرده فروشی‌ها نیز به مصرف‌کنندگان عرضه می‌شوند (Iborra-Bernad *et al.*, 2014).

طی دهه گذشته در صنعت غذایی، فناوری‌های نوینی مانند Reduced oxygen packaging (ROP) (شامل بسته‌بندی تحت خلاء و اتمسفر تغییر یافته) گسترش یافت که با حذف اکسیژن از اتمسفر داخل بسته‌بندی عمل می‌کند. ROP محیط بی‌هوازی ایجاد کرده که از رشد ارگانیزم‌های هوازی عامل فساد، کپک و مخمر، تغییرات رنگ و اکسیداتیو که مسئول بوی بد، تغییرات طعم و مزه و اسلایم در فرآورده بسته‌بندی شده به روش هوازی می‌باشند، جلوگیری می‌کند. فناوری تحت خلاء روش اختصاصی از فرآیند ROP برای عمل‌آوری ترکیبات پخته یا خام می‌باشد که در شرایط یخچال یا انجماد نگهداری می‌گردند (Da Silva *et al.*, 2017).

فرآورده‌های بسته‌بندی شده با این روش، غذاهای نسل جدید یخچالی نامیده می‌شوند. در این روش ماهی داخل کیسه‌های پلاستیکی از جنس لایمیت بسته‌بندی می‌گردد. پلاستیک لایمیت دارای پوشش پلی‌اتیلن، ۵ لایه، مقاوم به حرارت، نفوذناپذیر به آب و اکسیژن و ضخامت ۹۰ میکرون برای بسته‌بندی فرآورده‌های شیلاتی قابل استفاده است. در این فرآیند ماهی بعد از بسته‌بندی به روش تحت خلاء و پاستوریزاسیون سریعاً سرد و قبل از مصرف به مدت ۱۵ دقیقه حرارت داده می‌شود. بنابراین، این فناوری را می‌توان به عنوان تکنولوژی پاستوریزاسیون (فرآیند حرارتی تجاری برای تضمین ایمنی فرآورده که سبب کاهش استفاده از نگهدارنده‌های شیمیایی در صنعت غذایی می‌گردد) به کار برد (Jang and Lee, 2005).

تاکنون روش بسته‌بندی تحت خلاء برای فیله خام ماهی، تخم‌ها، خاویار، صدفداران، حلزون‌ها و ماهی دودی استفاده شده است. این روش برای آبیانی چون میگو، ماهی آزاد، کاد، ماکرل و ماهی تون مورد بررسی قرار گرفته است (سیف‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷).

گرایش به شیوه زندگی مدرن و استفاده بهینه از زمان سبب شد که صنعت غذایی به دنبال فرآورده‌های آماده مصرف، جدید و سالم باشد. بنابراین، طی سال‌های اخیر، تقاضا برای محصولات آماده مصرف و کاربرد فناوری‌های جدید برای فرآوری فیله ماهی با افزایش مواجه شد و سبب افزایش علاقه مصرف‌کنندگان به استفاده از غذاهای بسته‌بندی *Sous vide* و سایر غذاهای پخته و سرد گردید. در حال حاضر، تولیدکنندگان مواد غذایی با افزایش تقاضای مصرف کنندگان برای غذاهای مناسب، تازه و دارای کیفیت حسی بالا که در مدت زمان اندک آماده می‌شوند، مواجه هستند. فرآیند پخت به معنی استفاده از گرما جهت تغییر مواد غذایی برای مصارف انسانی است. برخی از این تغییرات به سرعت و برخی دیگر به آرامی اتفاق می‌افتند. بیشتر روش‌های سنتی پخت بر پایه تغییرات سریع غذا استوار هستند، زیرا حفظ دمای مواد غذایی به روش سنتی برای مدت طولانی در دمای زیر جوش به سختی امکان‌پذیر بوده، سبب بروز تغییرات آهسته در محصولات غذایی می‌گردد. اما کنترل دقیق دمای پخت فیله امکان بررسی تغییرات سریع و کند را فراهم می‌کند. بنابراین، محققین فناوری تحت خلاء را برای نیل به این هدف ابداع کردند. تحت خلاء روشی منحصر به فرد و ملایم برای پخت فیله است که سبب می‌شود فیله دارای طعم، رنگ و بافت بهتر و مواد مغذی بیشتر در مقایسه با فیله‌های پخته شده به روش معمولی شود (Espinosa *et al.*, 2015).

فرآیند پخت *Sous vide* در اوایل سال ۱۹۷۰ توسط یک محقق فرانسوی و دانشگاه علوم غذایی به عنوان روشی برای بهبود پخت *Foi grass* استفاده شد. اما تا اواسط دهه ۲۰۰۰ به گستردگی شناخته نشده بود. کاربرد این روش در اواخر دهه ۲۰۰۰ و اوایل سال ۲۰۱۰ با افزایش چشمگیری در رستوران‌ها و خانه‌ها مواجه شد. این محصولات به ویژه در انگلستان و فرانسه

## مزایای محصولات تحت خلاء

غذاهای تحت خلاء دارای مزایای متعددی هستند. افزایش کیفیت حسی، غذایی و مدت زمان ماندگاری، کاهش نیاز به افزودنی‌ها، حذف خطر آلودگی بعد از بسته‌بندی، تنوع بیشتر در محصولات غذایی، افزایش میزان کنترل هنگام تولید فرآورده، جلوگیری از رشد باکتری‌های هوازی، کاهش هزینه تولید، جلوگیری از کاهش وزن فیله طی نگهداری، آسانی خرید، تولید متمرکز، کاهش ضایعات مواد غذایی (حدود ۱۰٪) در مقایسه با روش پخت صنعتی، کاهش اکسیداسیون غذا توسط حذف اکسیژن، کاهش تولید ترکیبات تغییر دهنده طعم ناشی از اکسیداسیون محصول، تسهیل انتقال حرارت از آب به فرآورده و پخت غذا در شیرابه به دلیل حذف هوا و جلوگیری از کاهش ترکیبات طعم دهنده غذا و رطوبت هنگام عمل‌آوری حرارتی از جمله مزایای غذاهای فرآوری شده به روش نحت خلاء می‌باشد. کنترل شرایط به میزان قابل توجهی به موفقیت فناوری تحت خلاء جهت دستیابی به مزایای این فناوری کمک می‌کند. به طوری که برخی از محققین عبارت آشپزی دقیق را برای این نوع عمل‌آوری مناسب‌تر از اصلاح *Sous vide* می‌دانند (Can and Harun, 2015). بسته‌بندی تحت خلاء از طریق مکانیسم‌هایی از جمله حذف هوای داخل بسته‌بندی از رشد باکتری‌های هوازی و افزودن نمک جهت نامساعد کردن شرایط برای رشد باکتری‌ها همانند نگهدارنده‌های بیولوژیک و غیر بیولوژیک از رشد باکتری‌های بی‌هوازی و بی‌هوازی اختیاری جلوگیری می‌نماید.

## ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی غذاهای تحت خلاء

عدم کاربرد افزودنی‌هایی که در تولید غذاهای سنتی مورد استفاده قرار می‌گیرند و مشابهت pH و فعالیت آبی این فرآورده‌ها به مواد اولیه از ویژگی‌های این محصولات است. فعالیت آبی بالا نیز از دیگر ویژگی‌های این فرآورده‌ها به حساب می‌آید و نشان می‌دهد که مقدار نمک مورد استفاده برای بهبود طعم این محصولات، در حد زیادی نبوده و منجر به تغییر جزئی

در فعالیت آبی فرآورده می‌شود که مقدار آن در محصول نهایی حفظ می‌گردد. در این فرآورده‌ها به دلیل حذف هوا و اکسیژن بسته‌بندی، شرایط کاملاً بی‌هوازی فراهم می‌شود یا مقدار کمی هوا و اکسیژن در بسته‌بندی باقی می‌ماند که از نظر تئوری باکتری‌های بی‌هوازی اختیاری یا بی‌هوازی مطلق در این شرایط قادر به رشد نیستند. اما ثابت شده است که در هنگام ذخیره، رشد و تکثیر باکتری‌های بی‌هوازی در شرایط بسته‌بندی تحت خلاء امکان‌پذیر است. با توجه به این ویژگی‌ها، بسته‌بندی‌های تحت خلاء برای رشد طیف گسترده‌ای از باکتری‌هایی که قادر به رشد در دمای پائین هستند، مناسب می‌باشند.

## ایمنی فرآورده‌های تحت خلاء

برای بیشتر محصولات عمل‌آوری شده به روش تحت خلاء که برای مدت طولانی نگهداری می‌شوند، محدوده دمایی ۶۰ - ۴ درجه سلسیوس، منطقه خطر باکتریولوژیک است. در چنین شرایطی امکان رشد و تکثیر عوامل بیماری‌زا برای ایجاد بیماری‌های ناشی از مواد غذایی فراهم می‌شود. ایمنی محصولات تحت خلاء به کنترل دمای پخت، سرعت خنک کردن و دمای ذخیره بستگی دارد. وجود باکتری‌های بیماری‌زا در محصولات نهایی به وجود میکروارگانیسم‌ها در مواد اولیه و زنده مانده آن‌ها در طی عمل‌آوری مرتبط است (Sanchez del Pulgar et al., 2012). باکتری‌های عامل ایجاد بیماری در غذاهای تحت خلاء را می‌توان به چهار گروه تقسیم کرد. گروه اول شامل باکتری‌های رویشی مانند اش‌ریشیاکلی، سالمونلا، ویبریو، استافیلوکوکوس اورئوس و کمپیلوباکتر است که قادر به رشد در دمای یخچال نیستند، این باکتری‌ها عمدتاً توسط پاستوریزاسیون غیرفعال می‌شوند. گروه دوم، شامل باکتری‌های رویشی مانند یرسینیا، لیستریا مونوسیتوزنژ و آئروموناس است که می‌توانند در دمای یخچال رشد کنند. اغلب این باکتری‌ها نسبت به درجه حرارت پاستوریزاسیون حساس هستند، اما بعضی از آن‌ها می‌توانند در حرارت خفیف زنده بمانند. گروه سوم

اجرای سیستم تجزیه و تحلیل خطر و نقطه کنترل بحرانی (HACCP) با برنامه‌های پیش نیاز آن بهترین اقدامات پیشگیرانه برای بیماری‌های ناشی از این فرآورده‌ها محسوب می‌شود. معیارهای ایمنی مواد غذایی مربوط به خطرات بیولوژیکی برای عمل‌آوری فرآورده‌های تحت خلاء عمدتاً بر پایه HACCP استوار است که در کلیه مراحل تولید، ذخیره‌سازی و توزیع این فرآورده‌ها برای کنترل خطرات میکروبیولوژیکی و سایر خطرات توصیه می‌شود. این برنامه شامل آموزش پرسنل و دستگاه‌های ویژه ثبت دما طی زمان نگهداری برای نظارت بر کنترل دما در کلیه مراحل تولید و ذخیره‌سازی می‌باشد. علاوه بر این، برای اطمینان از کیفیت و ایمنی محصول نهایی، استفاده از مواد اولیه دارای کیفیت بالا و اجرای HACCP مانند توزیع یکنواخت دما در حین فرآوری از نکات بحرانی است.

### عوامل منفی مؤثر بر کیفیت فرآورده‌های تحت خلاء

#### تأثیر ترکیب دما و زمان در دوره عمل‌آوری

ترکیب دما و زمان‌های متفاوت مانند ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه، ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ دقیقه و ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ دقیقه برای عمل‌آوری فرآورده‌های تحت خلاء سبب تغییر در طعم و پذیرش کلی محصول می‌شوند. محصولات عمل‌آوری شده در ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ دقیقه بیشترین پذیرش حسی و رطوبت را به خود اختصاص می‌دهند. نمونه‌های عمل‌آوری شده در ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ دقیقه بافت نرمی را دارا هستند که روی کاهش پذیرش حسی آن‌ها تأثیرگذار است. دماهای پائین‌تر از ۹۵ - ۶۵ درجه سلسیوس منجر به تغییرات آنزیماتیک می‌شوند که محصول را غیر قابل پذیرش توسط مصرف‌کننده می‌کند.

باکتری‌های بیماری‌زای تشکیل دهنده اسپور شامل کلستریدیوم بوتولینوم غیر پروتئولیتیک، اشریشیاکلی توکسیژنیک و باسیلوس سرئوس هستند که قادر به زنده ماندن در دمای پاستوریزاسیون بوده، و می‌توانند در دمای کم ذخیره‌سازی، رشد و تکثیر کنند. گروه چهارم شامل باکتری‌های تشکیل دهنده اسپور مانند کلستریدیوم بوتولینوم مزوفیلیک و پروتئولیتیک، باسیلوس سرئوس و کلستریدیوم پرفرینجنز هستند که قادر به زنده ماندن در دمای پاستوریزاسیون بوده، اما توانایی رشد و تکثیر در دمای یخچال را ندارند (Kilibarda *et al.*, 2018). از طرف دیگر، محصولات پخته فریزری از محبوبیت زیادی در بین مصرف‌کنندگان برخوردار هستند و فرآورده‌هایی را در بر می‌گیرند که بعد از گذشت روزها یا هفته‌ها نگهداری در شرایط سرد گرم شده و قابلیت مصرف دارند. در این محصولات غذایی، باکتری‌های بیماری‌زای باسیلوس سرئوس (هوازی بی‌هوازی اختیاری)، کلستریدیوم بوتولینوم و لیستریا مونوسیتوژنز (بی‌هوازی اختیاری) سبب نگرانی در ایمنی فرآورده می‌شوند. این باکتری‌ها در مقایسه با بیشتر بیماری‌زاهای رویشی در برابر حرارت مقاوم‌تر هستند و در مواد غذایی دارای فعالیت آبی زیاد می‌توانند به صورت بی‌هوازی زیر ۴ درجه سلسیوس رشد کنند. به همین دلیل، پاستوریزاسیون نقطه کنترل بحرانی برای جلوگیری از رشد این باکتری‌ها در غذاهای سرد یا فرآورده‌های *Sous vide* منجمد است. بنابراین، حداقل عملیات حرارتی برای پاستوریزاسیون این محصولات دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت دو دقیقه توصیه می‌شود. لازم به ذکر است که غذاهای تحت خلاء می‌توانند با عفونت غیر باکتریایی یا مسمومیت ناشی از ویروس‌هایی مانند نوروالک، روتا ویروس و هپاتیت و انگل‌هایی مانند ژیاودییا، کریپتوسپوریدیوم، توکسوپلاسما و تریشنا همراه باشند. در نظر گرفتن دستورالعمل‌هایی برای تولید امن این محصولات در مکان‌هایی که شیوع بیماری‌های ویروسی و انگلی مشاهده می‌شود، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به طور کلی، طراحی مناسب و

های زرد مرتبط است. بسته‌بندی به روش تحت خلاء سبب بهبود طعم و مزه در این محصولات می‌گردد، و از گسترش اکسیداسیون و تشکیل ترکیبات فرار طعم-دهنده جلوگیری می‌کند. علاوه بر این، کاربرد تیمار حرارتی خفیف در مقایسه با سایر روش‌ها سبب حفظ ظاهر و طعم غذاهای تازه یا غذاهای بدون نگهدارنده فرآورده‌هایی مانند تحت خلاء می‌شود. همچنین در تولید این فرآورده از انواع مختلف ترکیبات طعم‌دهنده می‌توان استفاده کرد. بنابراین، این روش عمل‌آوری منجر به تولید فیله طعم‌دار از ماهی می‌شود. کیفیت بافت به ویژه سفتی و نرمی نیز در این فرآورده‌ها در مقایسه با فیله بسته‌بندی شده به روش هوازی بهبود می‌یابد که به حفظ رطوبت و پخت در دمای زیر ۱۰۰ درجه سلسیوس در عمل‌آوری فیله به این روش مربوط می‌شود. افزودن مقادیر کمی چربی به فیله قبل از بسته‌بندی تحت خلاء مانع از چسبندگی پروتئین‌های فیله به سطح پلاستیک شده و سبب بهبود بافت، آبدار شدن و افزایش طعم محصول نهایی می‌گردد. در روش تحت خلاء، طعم، مزه، بو و رنگ در فیله عمل‌آوری شده با سس در مقایسه با نمک خالص بهتر و بافت آن نیز نرم‌تر خواهد بود.

### حفظ ارزش غذایی

در روش تحت خلاء بر خلاف روش پخت معمولی، فیله ماهی با آب تماس مستقیم ندارد. بنابراین، مواد مغذی فیله و مواد معدنی در آب حل نشده و کاهش این مواد در فیله رخ نمی‌دهد. علاوه بر این، روش عمل‌آوری تحت خلاء سبب حفظ ویتامین‌ها، به ویژه تیامین (ویتامین B1)، ریبوفلاوین (ویتامین B2) و اسید اسکوربیک (ویتامین C) که به درجه حرارت بالا، بخار آب و دمای جوش حساس هستند، در فیله می‌گردد. همچنین، محتوای آنتوسیانین‌ها و پلی‌فنول‌های گیاهی در فیله طعم‌دار شده با عصاره‌های گیاهی با گیاهان تازه قابل مقایسه است. شرایط فرآورده‌های تحت خلاء و دمای فرآوری خفیف و کنترل شده علاوه بر این که

### تأثیر زمان ذخیره بر کیفیت فرآورده‌های تحت خلاء و محدودیت عرضه آنها

افزایش زمان نگهداری فرآورده تحت خلاء در یخچال روی کیفیت محصول مؤثر بوده و منجر به کاهش زمان ماندگاری می‌شود. اما زمان ماندگاری برای این فرآورده‌ها به نوع گونه آبی به کار رفته برای تهیه فرآورده بستگی دارد و معمولاً ۲۱ - ۷ روز و در مورد بعضی از آبیان ۴۲ روز و حتی سه ماه نیز برای برخی از غذاهای دریایی هنگام نگهداری در دمای ۳ - ۰ درجه سلسیوس قابل پیش بینی است. خطرات میکروبیولوژی ناشی از بسته‌بندی تحت خلاء و عدم تحقیقات علمی وسیع روی کیفیت حسی فرآورده از عوامل محدود کننده عرضه این فرآورده‌ها هستند (Kilibarda et al., 2018).

### افزایش کیفیت حسی

از نظر مصرف‌کنندگان، مواد غذایی تهیه شده به روش تحت خلاء، محصولاتی با کیفیت بالا هستند. بنابراین، ارزیابی پارامترهای حسی این فرآورده‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. فرآورده‌های بسته‌بندی شده به روش تحت خلاء کیفیت حسی از جمله بافت، رنگ و طعم بالاتری را در مقایسه با فیله بسته‌بندی شده به روش هوازی به خود اختصاص می‌دهند که به دلیل تأثیر دما و زمان مناسب استفاده شده برای انجام فرآیند پاستوریزاسیون این فرآورده‌ها است. رنگ مواد غذایی به عنوان یکی از مطلوب‌ترین ویژگی‌های حسی و مرتبط با تازگی فرآورده به شمار می‌رود. کیسه‌های پلاستیکی مورد استفاده برای بسته‌بندی تحت خلاء از تماس مستقیم بین مواد غذایی و اکسیژن جلوگیری می‌کنند. بنابراین، اکسیداسیون فرآورده کاهش یافته و کیفیت رنگ محصول هنگام نگهداری حفظ می‌شود. اما به مرور زمان کیفیت رنگ در این فرآورده‌ها با کاهش مواجه شده، به سمت رنگ زرد متمایل می‌گردد که به دلیل اکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌ها و تشکیل پیگمان

## کاهش بار میکروبی و افزایش مدت زمان ماندگاری

کاربرد حرارت خفیف برای عمل‌آوری فرآورده به روش تحت خلاء امکان بقای میکروارگانیسم‌ها و باکتری‌ها را فراهم می‌آورد. همچنین بسته‌بندی فرآورده به روش تحت خلاء می‌تواند شرایط مطلوب را برای رشد و تکثیر باکتری‌های بی‌هوازی مهیا کند. بنابراین، چنین غذاهایی که معمولاً برای چند هفته قابلیت مصرف انسانی دارند، بایستی در یخچال نگهداری شوند. بقای باکتری‌ها و ماندگاری طولانی مدت این فرآورده‌ها، منجر به بروز نگرانی برای مصرف کنندگان در مورد ایمنی میکروبی غذاهای تحت خلاء شده است. در مورد این نوع محصولات احتمال وجود باکتری‌های بیماری‌زایی مانند سالمونلا و اشریشیاکلی پیش‌بینی می‌شود. زیرا نسبتاً در برابر حرارت مقاوم هستند و تعداد کمی از این باکتری‌های رویشی می‌توانند باعث ایجاد عفونت غذایی در افراد دارای نقص سیستم ایمنی شوند. علاوه بر این، باسیلوس سرئوس و کلسترییدیوم بونولینوم به دلیل توانایی آن‌ها در تولید اسپور و توکسین از مهم‌ترین باکتری‌های بیماری‌زا در گروه غذاهای گرما دیده محسوب می‌شوند. با توجه به توانایی رشد و تولید توکسین در دمای ۳ درجه سلسیوس توسط کلسترییدیوم بوتولینوم نوع E، دمای نگهداری غذاهای تحت خلاء، عامل بحرانی برای جلوگیری از رشد اسپورهای غیر پروتئولیتیک کلسترییدیوم بوتولینوم و تولید نوروئوکسین توسط آن‌ها به حساب می‌آید. بنابراین، زمان ماندگاری فرآورده‌های تحت خلاء، باید ۱۰ روز در نظر گرفته شود. اما چنانچه این فرآورده‌ها در دمای زیر ۲/۵ درجه سلسیوس نگهداری شوند، زمان ماندگاری آن‌ها باید به ۹۰ روز افزایش یابد.

علی‌رغم فعالیت باکتری‌های فاسدکننده غذا در دمای منفی ۵ درجه سلسیوس، ثابت شده است که بیماری‌زاهای غذایی می‌توانند در دمای بین ۵۲/۳ - ۱/۳ -

سبب جلب رضایت مصرف‌کنندگان می‌شود، منجر به حفظ ارزش غذایی و به حداقل رسیدن تولید مواد شیمیایی مانند آمین‌های هتروسیکلیک و هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای در مواد غذایی عمل‌آوری شده به این روش و جلوگیری از اثرات مضر آنها بر سلامتی انسان می‌شود. هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای از ترکیبات سرطان‌زا در گروه بنزوپیرین هستند، که در هنگام کباب‌کردن و دودی کردن فیله تشکیل می‌شوند. اما در فرآورده نحت خلاء این مواد تشکیل نمی‌شوند. علاوه بر این، اثرات پلاستیک بسته‌بندی برای جلوگیری از انتشار اکسیژن به فیله و متعاقب آن محدودیت در اکسیداسیون لیپیدها منجر به اعمال مزایای سلامتی چربی‌های اشباع، غیر اشباع و اسیدهای چرب امگا ۳ که در تغذیه انسان بسیار مهم تلقی می‌گردند، می‌شود. کاربرد این روش بسته‌بندی برای ماهی سبب حفظ سلامت و ارزش غذایی فرآورده در مقایسه با ماهی پخته شده به روش سنتی می‌گردد.

## افزایش کیفیت شیمیایی

فیله عمل‌آوری شده به روش تحت خلاء در مقایسه با فیله بسته‌بندی شده به روش هوازی از کیفیت شیمیایی بهتری برخوردار است که به متابولیسم میکروارگانیسم‌های تولید کننده متابولیت‌های قلیایی مشابه آمین‌های تولید شده توسط دامیناسیون اسیدهای آمینه و افزایش pH این فرآورده‌ها طی زمان نگهداری تحت تأثیر پخت ماهیچه و جداسازی پروتئین‌های میوفیبریلار مرتبط است. باید توجه داشت که دما و زمان پخت بالاتر سبب افزایش اکسیداسیون چربی و مواد واکنش‌گر تیوباربتوریک اسید در فیله فیل‌ماهی فرآوری شده به روش تحت خلاء خواهد شد. همچنین فیله فیل‌ماهی پرورشی بسته‌بندی شده به روش تحت خلاء در مقایسه با فیله بسته‌بندی شده به روش هوازی اکسیداسیون کمتری خواهد داشت.

باکتری به ندرت اتفاق افتاده و در فرآورده‌های تحت خلاء ماهیان خاوباری پرورشی این باکتری خطری برای مصرف‌کنندگان ایجاد نمی‌کند. تعداد کلی باکتری‌ها در فیله فیل ماهی عمل‌آوری شده با سس در مقایسه با فیله فرآوری شده با نمک خالص در بسته‌بندی به روش تحت خلاء طی نگهداری در یخچال بیشتر اما ماندگاری کمتر خواهد بود.

### نتیجه‌گیری

تمایل مصرف‌کنندگان برای مواد غذایی با کمترین تغییرات در هنگام فرآوری در مقایسه با محصولات منجمد و کنسروی رو به افزایش است. فرآیندهای سنتی و اعمال روش‌های حداقل مانند سرما برای حفاظت فرآورده سبب کاهش زمان ماندگاری محصول می‌شود، که برای غلبه بر این محدودیت می‌توان از روش عمل‌آوری تحت خلاء استفاده کرد. عمل‌آوری تحت خلاء مواد غذایی مزایای زیادی همچون حفظ ترکیبات مغذی مواد غذایی و افزایش ویژگی‌های حسی مانند رنگ و طعم محصول نهایی را به همراه داشته و تا حد قابل توجهی درخواست مصرف‌کنندگانی را که خواستار مواد غذایی با کیفیت و با ارزش افزوده بالا و خواص حسی مشابه مواد غذایی خام هستند، تأمین می‌کند. در زمینه ایمنی مواد غذایی تحت خلاء بایستی توجه ویژه‌ای به کیفیت مواد اولیه، کنترل مداوم دما هنگام فرآوری و ذخیره‌سازی، زمان فرآوری و زمان مناسب ماندگاری محصول نهایی شود. در حالی که، مصرف محصولات غذایی تحت خلاء را می‌توان برای مصرف‌کنندگان ایمن دانست، اما بیماری‌های ناشی از این فرآورده‌های غذایی را نمی‌توان نادیده گرفت، به ویژه هنگامی که ویژگی‌های اختصاصی عمل‌آوری این روش، یعنی عملیات حرارتی خفیف و عدم کاربرد نگهدارنده‌ها مد نظر قرار گرفته باشند. بنابراین، رعایت دقیق الزامات و برنامه‌های پیش‌نیاز شامل تولید و بهداشت مناسب و معیارهای ایمنی بر اساس HACCP بسیار مهم به نظر می‌رسند. روش تحت خلاء به عنوان یکی از روش‌های مدرن آماده‌سازی مواد غذایی، فرصت‌هایی را برای توسعه رستوران‌ها و صنایع غذایی فراهم کرده است. بنابراین،

درجه سلسیوس فعالیت کنند، دمای بهینه رشد بیشتر باکتری‌های بیماری‌زا بین ۳۰ تا ۵۰ درجه سلسیوس است، در حالی که، دمای مورد نیاز برای مهار رشد و تکثیر باکتری‌ها بالاتر (۵۲/۳ درجه سلسیوس) می‌باشد. بنابراین، درجه حرارت غذاهای تحت خلاء در طی عمل‌آوری را نمی‌توان کمتر از ۵۴/۴ درجه سلسیوس در نظر گرفت و بایستی حداقل ۶ ساعت این دما را طی عمل‌آوری حفظ کرد. در حالی که، میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا را می‌توان با اسید، پرتوهای یونیزان، نمک و برخی از ادویه‌ها کنترل کرد، اما روش تحت خلاء به کنترل دما وابسته است. با در نظر گرفتن بسته‌بندی تحت خلاء برای جلوگیری از تولید توکسین توسط باکتری‌های باسیلوس سرئوس و کلستریدیوم بوتولینوم و آلودگی مجدد، ذخیره در دمای مناسب مانند یخچال یا فریزر برای نگهداری این فرآورده‌ها توصیه می‌گردد. هنگامی که غذاهای آماده تحت خلاء بلافاصله پس از عمل‌آوری حرارتی مصرف شوند، خطر رشد باکتری‌های بیماری‌زا حذف می‌گردد. اما، چنانچه محصول منجمد شود، برای جلوگیری از بروز خطرات مانند تولید توکسین توسط کلستریدیوم پرفرینجنز، بایستی انجماد بلافاصله بعد از روش حرارتی انجام گیرد.

با توجه به دمای پخت ماهی که در دمای ۴۹ - ۴۶ درجه سلسیوس رخ می‌دهد، امکان از بین بردن عوامل بیماری‌زای آنها بسیار پایین است. با این حال، در این شرایط دمایی، همه بیماری‌زاهای فاقد اسپور، انگل‌ها و ویروس هپاتیت A یا عفونت نورو ویروس منتقله از طریق صدف‌داران کاهش می‌یابند. همچنین دمای ۹۰ درجه سلسیوس طی ۹۰ ثانیه منجر به کاهش تعداد ویروس هپاتیت A و سایر آلودگی‌های ویروسی می‌گردد. ولی اسپورهای کلستریدیوم بوتولینوم غیر پروتئولیتیک با پاستوریزاسیون غیرفعال نمی‌شوند. بنابراین، فرآورده آلوده به این اسپور بایستی طی حداکثر ۴ هفته نگهداری در دمای زیر ۳/۳ درجه سلسیوس مصرف شود. اما با در نظر گرفتن این که باکتری کلستریدیوم خاک‌زی ولی استخرهای پرورش آنها بتنی هستند، امکان آلودگی ماهیان خاوباری به این

سیف‌زاده م.، شجاعی آرانی، ا. و امیر مظفری، ن. ۱۳۸۷. بررسی وضعیت میکروبی و شیمیایی در فیله فیل- ماهی پرورشی بسته‌بندی شده به روش Sous vide. مجله پژوهش و سازندگی، ۲۱: ۱۷۹ - ۸۶.

سیف‌زاده م.، شجاعی آرانی، ا. و امیر مظفری، ن. ۱۳۸۶. مقایسه و بررسی وجود باکتری‌های سرمادوست در فیله فیل ماهی پرورشی بسته‌بندی شده به روش Sous vide در یخچال و انجماد. مجله علوم و فنون دریایی، ۶: ۵۰ - ۳۹.

Botinestean, C., Keenan, D.F., Kerry, J.P. and Hamill, R.M. 2016. The effect of thermal treatments including sous vide, blast freezing and their combinations on beef tenderness of M. Semitendinosus steaks targeted at elderly consumers. LWT – Food Science and Technology, 74: 154–159.

Çaklı, S., Dincer, T.O. and Yılmaz, E.B.S. 2016. Influence of sous-vide cooking on physical, chemical, sensory and microbiological quality in deep water pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*). Journal of food Safety and Food Quality, 67: 29- 60.

Can, O.P. and Harun, F. 2015. Shelf life of chicken meat balls submitted to sous vide treatment. Brazilian Journal of Poultry Science, 17: 137-144.

سود چشمگیری را برای صاحبان این فرآورده به همراه داشته و منجر به افزایش رقابت تولیدکنندگان در بازار مصرف می‌شود. طراحی بازار مناسب برای مصرف فرآورده‌های غذایی تحت خلاء این امکان را برای عمل آوردن مواد غذایی میسر می‌سازد تا مصرف‌کنندگانی را که به دنبال رژیم‌های غذایی سالم و تجربیات غذایی جدید هستند، به دست آورند. بنابراین، بسته‌بندی به روش تحت خلاء فیله ماهیان خاویاری پرورشی برای تهیه فرآورده آماده مصرف و دستیابی به ویژگی‌های حسی بالاتر، پیشنهاد می‌شود.

### دستورالعمل ترویجی

بسته‌بندی به روش تحت خلاء دارای مزایای زیادی می‌باشد و از غذاهای آماده مصرف با ارزش غذایی بالا، بی خطر برای مصرف، فاقد مواد افزودنی و نگهدارنده، مقرون به صرفه و دارای ویژگی‌های حسی مشابه مواد خوراکی خانگی محسوب می‌گردد. برای این روش بسته‌بندی به دستگاه و تجهیزات خاصی نیاز نبوده و پتانسیل تولید آن در کشور وجود دارد. همچنین بسیاری از مصرف‌کنندگان ترجیح می‌دهند که ماهی‌های غیر منجمد را در برنامه غذایی خود بگنجانند. بنابراین با توجه به موارد یاد شده و نیز ماندگاری بالای این فرآورده در یخچال و نیز عدم تولید فیله ماهیان خاویاری به صورت غذاهای آماده مصرف، روش بسته بندی تحت خلاء برای عمل‌آوری فیله ماهیان خاویاری بویژه فیل ماهی پرورشی توصیه می‌شود.

### منابع

سیف‌زاده، م. و خانی‌پور، ع. ا. ۱۳۹۲. تأثیر متد پاستوریزاسیون روی مدت زمان ماندگاری فیله فیل ماهی پرورشی بسته بندی شده به روش Sous vide. پژوهش های سلولی مولکولی، ۴: ۵۰۷ -



- storage. *Acta Veterinaria Brno*, 83: S51-S58.
- Kilibarda, N., Brdar, I., Baltic, B., Markovic, V., Mahmutovic, H., Karabasil, N. and Stanisic, S. 2018. The safety and quality of sous vide food. *Meat Technology*, 59: 1 – 5.
- Kumari, N., Singh, C.B., Kumar, R., Xavier, K. A.M., Lekshmi, M., Venkateswarlu, G. and Balange, A.K. 2016. Development of Pangasius steaks by improved sous-vide technology and its process optimization. *Journal Food Science Technology*, 53: 4007–4013.
- Mohan, C.O., Ravishankar, C.N. and Gopal, T.K.S. 2016. Effect of vacuum packaging and Sous Vide processing on the quality of Indian white shrimp (*Fenneropenaeus indicus*) during chilled storage. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 4: 1 -31.
- Molins, P.D., Nieto, G., Banon, S. and Garrido, M.D. 2019. Determination of shelf life of Sous Vide Salmon (*Salmo salar*) based on sensory attributes. *Journal of Food Science*, 74: S371-6.
- Rashidi, V., Javaheri Baboli, M. and Askary Saly, A. 2014. Effect of vacuum packaging on quality changes of refrigerated Jinga shrimp *Melapenae Lis a/finis* muscle. *AAFL Bioflux*, 7: 311-319.
- Carlin, F. 2014. Microbiology of Sous-vide Products. *Encyclopedia of Food Microbiology*, 2: 621 – 626.
- Cropotova, J., Mozuraityte, R., Standal, I.B. and Rustad, T. 2019. Assessment of lipid oxidation in Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) subjected to different antioxidant and sous-vide cooking treatments by conventional and fluorescence microscopy methods. *Food Control*, 14: 1-8.
- Da Silva, F.L.F., de Lima, J.P.S., Melo, L.S., da Silva, Y.S. M., Gouveia, S.T., Lopes, G.S. and Matos, W.O. 2017. Comparison between boiling and vacuum cooking (sous vide) in the bio accessibility of minerals in bovine liver samples. *Food Research International*, 100: 566–571.
- Espinosa, M.C., Dhaz, P., Linares, M.B., Teruel, M.R. and Garrido, M.D. 2015. Quality characteristics of sous vide ready to eat Sea bream processed by high pressure. *LWT - Food Science and Technology*, 64: 657–662.
- Jang, J.O. and Lee, O.S. 2005. Development of a sous-vide packaging process for Korean seasoned beef. *Food Control*, 6: 285-291.
- Jezeq, F. and Buchtova, H. 2015. The effect of vacuum packaging on physicochemical changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during cold