

ترویج بسته‌بندی فیله ماهی پرورشی به روش *Sous vide*

مینا سیف زاده*، تورج رئوفی^۲

۱- مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان، پژوهشگاه آبی پروری آب های داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، انزلی، ایران

۲- انستیتو تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، رشت، ایران

چکیده

هدف از تهیه فرآورده‌های *Sous vide* افزایش طعم محصول و به حداقل رساندن خطرات ناشی از عوامل بیماری‌زای مواد غذایی است. تکنیک *Sous vide* متد منحصر به فرد از فرآیند ROP برای عمل‌آوری ترکیبات پخته یا خام می‌باشد، که در شرایط یخچال یا انجماد نگهداری می‌گردند. *Sous vide* کلمه فرانسوی به معنی تحت خلاء و روشی برای پخت فرآورده در کیسه‌های پلاستیکی تحت خلاء و کنترل دقیق دمای فرآوری است. نتایج به دست آمده از مطالعات مرتبط حاکی از این است که غذاهای *Sous vide* دارای مزایای متعددی مانند افزایش کیفیت حسی، غذایی و مدت زمان ماندگاری، کاهش نیاز به افزودنی‌ها، حذف خطر آلودگی بعد از بسته‌بندی، افزایش تنوع در تولید فرآورده‌ها، جلوگیری از رشد باکتری‌های هوازی، کاهش هزینه تولید، کاهش ضایعات مواد غذایی در مقایسه با روش پخت صنعتی، کاهش اکسیداسیون غذا و غیره می‌باشد، که این تکنیک از طریق ساز و کارهای متعددی سبب اعمال این ویژگی‌ها می‌شود. در حال حاضر اطلاعات خیلی کمی در مورد عمل‌آوری فیله ماهی‌های خاویاری به روش *Sous vide* وجود دارد. مقاله حاضر به بررسی عوامل منفی مؤثر بر کیفیت فرآورده‌های *Sous vide*، مزایا، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی فرآورده، محدودیت‌ها، ارزش غذایی، ایمنی و مطالعات انجام شده در مورد تاثیر روش بسته‌بندی *Sous vide* روی بهبود ویژگی‌های شیمیایی، حسی، میکروبی و زمان ماندگاری فرآورده می‌پردازد.

کلمات کلیدی: امنیت، بسته‌بندی *Sous vide*، ذخیره سرد، فیل ماهی پرورشی، کیفیت میکروبی

^۱- نویسنده مسئول: m_seifzadeh_ld@yahoo.com

بیان مسئله

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، که سبب گردید علاقه مصرف‌کنندگان به استفاده از غذاهای *Sous vide* و سایر غذاهای پخته و سرد افزایش یابد. به طوری که، در حال حاضر تولید کنندگان مواد غذایی با افزایش تقاضای مصرف‌کنندگان برای غذاهای مناسب، تازه و دارای کیفیت حسی بالا که در زمان اندک آماده می‌شوند، مواجه هستند. پروسه 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. اکثر متدهای 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 و سبب می‌شود که بروز تغییرات آهسته در محصولات غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار گردد. اما کنترل دقیق دمای پخت فیله امکان کنترل تغییرات سریع و کند را فراهم می‌کند. بنابراین، محققین تکنیک *Sous vide* را برای نیل به این هدف ابداع کردند. واژه *Sous vide* کلمه فرانسوی به معنی تحت خلاء می‌باشد. این روش متد 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).

پروسه پخت *Sous vide* در اوایل سال ۱۹۷۰ توسط یک محقق فرانسوی و دانشگاه علوم غذایی به عنوان متدی برای بهبود پخت *Foi grass* استفاده شد. اما تا اواسط دهه ۲۰۰۰ به گستردگی شناخته نشده بود. کاربرد این متد در اواخر دهه ۲۰۰۰ و اوایل سال ۲۰۱۰ با افزایش چشمگیری در رستوران‌ها و خانه‌ها مواجه گشت. این محصولات به ویژه در انگلستان و فرانسه حتی در خرده فروشی‌ها نیز به مصرف کنندگان عرضه می‌شوند (Iborra-Bernad et al., 2014).

طی دهه گذشته در صنعت غذایی تکنولوژی‌های جدیدی مانند *Reduced oxygen packaging (ROP)* (شامل بسته بندی تحت خلاء و اتمسفر تغییر یافته) گسترش یافت که بوسیله حذف اکسیژن از اتمسفر داخل بسته‌بندی عمل می‌کند.

ROP محیط بی‌هوازی ایجاد کرده که از رشد ارگانیسم‌های هوازی عامل فساد، کپک و مخمر، تغییرات رنگ و اکسیداتیو که مسئول بوی بد، تغییرات طعم و مزه و اسلایم در فرآورده بسته بندی شده به روش هوازی می‌باشند، جلوگیری می‌کند. تکنیک *Sous vide* 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 بوسیله این روش *New generation refrigerated foods* نامیده می‌شوند. در این روش ماهی داخل کیسه‌های پلاستیکی از جنس لایمنت بسته بندی می‌گردد. پلاستیک لایمنت دارای پوشش پلی اتیلن، ۵ لایه، مقاوم به حرارت، نفوذناپذیر به آب و اکسیژن و ضخامت ۹۰ میکرون برای بسته بندی فرآورده‌های شیلاتی استفاده می‌شود. در پروسه *Sous vide* ماهی بعد از بسته‌بندی و کیوم پاستوریزه شده و سریعاً سرد می‌گردد. فرآورده تهیه شده به روش *Sous vide* قبل از مصرف به مدت ۱۵ دقیقه حرارت داده می‌شود. بنابراین، این تکنیک را می‌توان به عنوان استپ پاستوریزاسیون که پروسه حرارتی متد تجاری برای تضمین امنیت فرآورده می‌باشد و سبب کاهش استفاده از نگهدارنده‌های شیمیایی در صنعت غذایی می‌گردد، بکار برد (Jang and Lee, 2005).

روش بسته بندی *Sous vide* تاکنون برای فیله خام ماهی، تخم‌ها، خاویار، صدفداران، حلزون‌ها و ماهی دودی استفاده شده است. این متد روی *Roundnose*, *Blue ling*, *Orange roughy*, *Cardinal fish*, *grenadier*, *Horse-mackerel*, *Greenland halibut*, *salmon*, *cod*، ماکرل و تن مورد بررسی قرار گرفته است (سیف‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷).

مزایای محصولات *Sous vide*

شواهد به دست آمده از مطالعات مرتبط حاکی از این است که غذاهای *Sous vide* 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

برای اکثر محصولات عمل‌آوری شده به روش *Sous vide* که برای مدت طولانی نگهداری می‌شوند محدوده دمایی ۶۰ - ۴ درجه سلسیوس منطقه خطر باکتریولوژیک است. چنین شرایطی امکان رشد و تکثیر عوامل بیماری‌زا را برای ایجاد بیماری‌های ناشی از مواد غذایی فراهم می‌کند. ایمنی محصولات *Sous vide* به کنترل دمای پخت، خنک کردن سریع و دمای ذخیره بستگی دارد. توسط تعدادی از مطالعات نشان داده شده است، که وجود باکتری‌های بیماری‌زا در محصولات نهایی *Sous vide* به وجود میکروارگانیسم‌ها در مواد اولیه و زنده مانده آن‌ها در طی عمل‌آوری بستگی دارد (Sanchez del Pulgar et al., 2012).

باکتری‌های عامل ایجاد بیماری در غذاهای *Sous vide* را می‌توان به چهار گروه تقسیم کرد. گروه اول شامل باکتری‌های رویشی مانند اشیشیاکلی، 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 مونوسیتوژنز و آئروموناس است که می‌توانند در دمای یخچال رشد کنند. اکثر این باکتری‌ها نسبت به درجه حرارت پاستوریزاسیون حساس هستند، اما بعضی از آن‌ها می‌توانند در حرارت ملایم زنده بمانند. گروه سوم باکتری‌های بیماری‌زای تشکیل دهنده اسپور شامل کلستریدیوم بوتولینوم غیر پروتئولیتیک، اشیشیاکلی 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 کلستریوم 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 (بی-هوازی اختیاری) سبب نگرانی در امنیت فرآورده می‌شوند. این

حذف اکسیژن، کاهش تولید ترکیبات تغییر دهنده طعم حاصل از اکسیداسیون، 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 را می‌توان نام برد. کنترل شرایط به میزان قابل توجهی به موفقیت تکنیک *Sous vide* جهت دستیابی به مزایای این تکنیک 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 *Sous vide* از طریق حذف هوای داخل بسته‌بندی از رشد باکتری‌های هوازی جلوگیری کرده و از طریق افزودن نمک به بیش‌تر از مقدار مناسب برای رشد باکتری‌ها یا نگهدارند های بیولوژیک و غیر بیولوژیک می‌توان از رشد باکتری‌های بی‌هوازی و بی-هوازی اختیاری جلوگیری کرد.

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی غذاهای *Sous vide*

از ویژگی‌های غذاهای *Sous vide* می‌توان به عدم کاربرد افزودنی‌هایی که در تولید غذاهای سنتی مورد استفاده قرار می‌گیرند، اشاره کرد. همچنین مشابهت pH و فعالیت آبی این فرآورده‌ها به مواد اولیه آن از سایر ویژگی‌های این محصولات است. فعالیت آبی بالای محصولات *Sous vide* نیز از ویژگی‌های این فرآورده‌ها به حساب می‌آید و نشان می‌دهد که مقدار نمک مورد استفاده برای بهبود طعم این محصولات، در حد زیادی نبوده و سبب تغییر جزئی در فعالیت آبی فرآورده شده و مقدار این فاکتور در محصول نهایی حفظ می‌گردد. در این فرآورده‌ها به دلیل حذف هوا و اکسیژن بسته‌بندی شرایط کاملاً بی‌هوازی فراهم می‌شود و 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 *Sous vide* امکان‌پذیر است، و با توجه به این ویژگی‌ها، غذاهای *Sous vide* برای رشد طیف گسترده‌ای از باکتری‌هایی که قادر به رشد در دمای پائین هستند، مناسب می‌باشند، بنابراین، اکثر تحقیقات مربوط به عمل‌آوری *Sous vide* بر ایمنی میکروبیولوژیکی این محصولات متمرکز شده است (Gomez et al., 2019; Roldan et al., 2014).

ایمنی فرآورده‌های *Sous vide*

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 عمل آوری فرآورده های *Sous vide* سبب تغییر در طعم و پذیرش کلی محصول می‌شوند. بر اساس مطالعات انجام شده توسط محققین 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. بررسی تأثیر دماهای متفاوت در مرکز فرآورده نشان داد که دماهای پایین‌تر از ۹۵ - ۶۵ درجه سلسیوس منجر به تغییرات آنزیماتیک می‌شود که محصول را غیر قابل پذیرش توسط مصرف‌کننده می‌کند (Gomez et al., 2019; Baldwin, 2012).

تأثیر زمان ذخیره روی کیفیت فرآورده‌های *Sous vide*

افزایش زمان نگهداری فرآورده *Sous vide* در یخچال روی کیفیت محصول موثر بوده و منجر به کاهش زمان ماندگاری می‌شود. اما زمان ماندگاری برای فرآورده‌های *Sous vide* به نوع گونه آبی به کار رفته برای تهیه فرآورده بستگی دارد و بر اساس تحقیقات انجام شده توسط سایر محققین ۲۱ - ۷ روز و در مورد بعضی از آبیان ۴۲ روز و حتی سه ماه نیز برای گونه هایی از غذاهای دریایی هنگام نگهداری در دمای ۳ - ۰ درجه سلسیوس قابل پیش بینی است (Roascio - Albistur and Gambaro, 2018).

محدودیت‌های فرآورده‌های *Sous vide*

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).

مروری بر مطالعات انجام شده

افزایش کیفیت حسی

از نظر مصرف‌کنندگان مواد غذایی تهیه شده با استفاده از تکنیک *Sous vide* به عنوان محصولات با کیفیت بالا هستند، بنابراین ارزیابی پارامترهای حسی این فرآورده‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. فرآورده‌های بسته‌بندی شده به

بakteriya ها در مقایسه با اکثر 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، اتحادیه اروپا حداقل عملیات حرارتی را برای پاستوریزاسیون این محصولات دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت دو دقیقه توصیه می‌کند (Roascio - Albistur and Gambaro, 2018).

لازم به ذکر است که غذاهای *Sous vide* می‌تواند با عفونت غیر باکتریایی یا مسمومیت ناشی از ویروس‌هایی مانند نوروالک، روتا ویروس و هپاتیت و انگل‌هایی مانند ژیاودییا، کریپتوسپوریوم، 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 (Stringer and Metris, 2018). به طور کلی طراحی مناسب و اجرای سیستم تجزیه و تحلیل خطر و نقطه کنترل بحرانی (HACCP) با برنامه‌های پیش نیاز آن (good manufacturing practice/good hygienic practice) بهترین اقدامات پیشگیرانه برای بیماری‌های ناشی از این فرآورده‌ها محسوب می‌شود. معیارهای ایمنی مواد غذایی مربوط به خطرات بیولوژیکی برای عمل‌آوری فرآورده‌های *Sous vide* 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 (Roascio - Albistur and Gambaro, 2018).

عوامل منفی مؤثر بر کیفیت فرآورده‌های *Sous vide*

تأثیر ترکیب دما و زمان در طی عمل‌آوری

کردند که عمل‌آوری فیله میگو در دمای ۹۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه موثرترین دما و زمان برای افزایش زمان ماندگاری میگو بود. همچنین این محققین ارتباط و همبستگی قوی بین ارزیابی حسی و کیفیت میکروبی فرآورده را تأیید کردند. Cropotova و همکاران (۲۰۱۹) بروز تغییر رنگ و رنگ متمایل به زرد را در فیله ماهی ماکرل آتلانتیک عمل‌آوری شده به روش *Sous vide* (عمل‌آوری در ۸۰ - ۷۰ درجه سلسیوس طی مدت زمان ۲۰ - ۱۰ دقیقه) در پایان دوره نگهداری نشان دادند. Molins و همکاران (۲۰۱۹) کاهش ویژگی‌های حسی شامل بو، طعم، رنگ و آبدار بودن بافت را طی ذخیره فیله سالمون بسته‌بندی شده به روش *Sous vide* (۸۰ درجه سلسیوس طی ۴۳ دقیقه) گزارش کردند و مدت زمان ماندگاری فیله را بر اساس این ویژگی‌ها ۱۸ روز بیان کردند.

حفظ ارزش غذایی

اصطلاح *Sous vide* به معنی تحت خلاء و برای توصیف یک روش عمل‌آوری است که طی آن غذاهای تازه به طور جداگانه تحت خلاء بسته بندی می‌شوند بر خلاف روش پخت معمولی، از آنجا که فیله ماهی با آب تماس مستقیم ندارد، مواد مغذی فیله و مواد معدنی در آب حل نشده و کاهش از دست دادن مواد مغذی اتفاق نمی‌افتد. علاوه بر این، عمل‌آوری *Sous vide* فیله سبب حفظ ویتامین‌ها، به ویژه تیامین (ویتامین B1)، ریبوفلاوین (ویتامین B2) و اسید اسکوریک (ویتامین C) که به درجه حرارت بالا، بخار آب و دمای جوش حساس هستند، می‌گردد. همچنین، محتوای آنتوسیانین‌ها و پلی فنول‌های گیاهی در فیله طعم‌دار شده با عصاره‌های گیاهی با گیاهان تازه قابل مقایسه است. شرایط فرآورده‌های *Sous vide* و دمای فرآوری خفیف و کنترل شده علاوه بر این که سبب جلب رضایت مصرف‌کنندگان می‌شود، منجر به حفظ ارزش غذایی و به حداقل رساندن 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 بنزوپیرن هستند، که در هنگام کباب کردن و دودی کردن فیله تشکیل می‌شوند. اما در فرآورده *Sous vide* تشکیل نمی‌شود. علاوه بر این، اثرات پلاستیک بسته‌بندی برای جلوگیری از انتشار اکسیژن به فیله و متعاقب آن محدودیت در اکسیداسیون لیپیدها منجر به اعمال

روش *Sous vide* از کیفیت حسی مانند بافت، رنگ و طعم بالاتری در مقایسه با فیله بسته بندی شده به روش هوازی برخوردار هستند که به دلیل تأثیر دما و زمان مناسب استفاده شده برای انجام پروسه پاستوریزاسیون این فرآورده‌ها است. رنگ مواد غذایی به عنوان یکی از مطلوب‌ترین ویژگی‌های حسی و مرتبط با تازگی فرآورده است. با توجه به اینکه کیسه‌های پلاستیکی مورد استفاده برای بسته بندی *Sous vide* از تماس مستقیم بین مواد غذایی و اکسیژن جلوگیری می‌کنند، اکسیداسیون فرآورده کاهش یافته و کیفیت رنگ محصول هنگام نگهداری حفظ می‌شود. اما بر اساس مطالعات انجام شده به مرور زمان کیفیت رنگ در این فرآورده‌ها با کاهش مواجه شده و به سمت رنگ زرد متمایل می‌گردد که به دلیل اکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌ها و تشکیل پیگمان‌های زرد مرتبط است. بسته بندی به روش تحت خلاء سبب بهبود طعم و مزه در این محصولات می‌گردد، و از گسترش اکسیداتیو طعم و تشکیل ترکیبات فرار طعم دهنده جلوگیری می‌کند. علاوه بر این، کاربرد تیمار حرارتی ملایم در مقایسه با سایر روش‌ها سبب حفظ ظاهر و طعم غذاهای تازه یا غذاهای بدون نگهدارنده در فرآورده‌هایی مانند *Sous vide* می‌شود. همچنین در تولید این فرآورده از انواع مختلف ترکیبات طعم دهنده می‌توان استفاده کرد، بنابراین، این روش عمل‌آوری منجر به تولید فیله طعم دار از ماهی می‌شود. کیفیت بافت به ویژه سفتی و آبداری در این فرآورده‌ها در مقایسه با فیله بسته بندی شده به روش هوازی بهبود می‌یابد که به حفظ رطوبت و پخت در دمای زیر ۱۰۰ درجه سلسیوس در فیله عمل‌آوری شده به این روش مربوط می‌شود. مطالعات نشان داده است که 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 بودن و افزایش طعم محصول نهایی می‌گردد (Iborra-Bernad et al., 2014).

سیف‌زاده و همکاران (۱۳۸۷)، تأثیر عمل‌آوری با استفاده از نمک خالص و سس را روی کیفیت میکروبی و شیمیایی فیله فیل ماهی پرورشی بسته بندی شده به روش *Sous vide* طی نگهداری در یخچال بررسی کردند. این محققین طعم و مزه، بو و رنگ را در تیمار عمل‌آوری شده با سس در مقایسه با تیمار نمک خالص بهتر ارزیابی کردند. همچنین این محققین یافتند که بافت در تیمار سس در مقایسه با تیمار نمک خالص نرم تر بود. Çaklı و همکاران (۲۰۱۶)، با توجه به نتایج حسی بیان

همکاران نیز (۱۳۸۷) نتایج مشابهی به دست آوردند. این محققین بیان کردند که تغییرات pH در فیله فیل ماهی پاستوریزه شده به روش HTST در مقایسه با روش LTTLT معنی دار نبود. علاوه بر این، این محققین یافتند که مقادیر pH، بازهای نیتروژنی فرار و پراکسید در فیله فیل ماهی پرورشی عمل-آوری شده با سس در مقایسه با فیله عمل آوری شده با نمک خالص بیشتر بود. [Kumari](#) و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که مقادیر مواد واکنش گر تیوباربیتوریک اسید و بازهای نیتروژنی فرار در استیک گاو کوسه (*Pangasius*) عمل آوری شده به روش *Sous vide* (۷۱ درجه سلسیوس طی مدت زمان ۱۶/۴۸ دقیقه) طی ۴۰ روز نگهداری در یخچال سیر کاهشی داشت.

کاهش بار میکروبی و افزایش مدت زمان ماندگاری

کاربرد حرارت ملایم برای عمل آوری فرآورده به روش *Sous vide* امکان بقای میکروارگانیسمها و باکتریها را فراهم می آورد. همچنین بسته بندی فرآورده به روش تحت خلاء می تواند شرایط مطلوب را برای رشد و تکثیر باکتریهای بی هوازی مهیا کند، بنابراین این غذاها بایستی در یخچال نگهداری شوند، که معمولاً برای چند هفته قابلیت مصرف انسانی دارند. بقای باکتری ها و ماندگاری طولانی مدت این فرآورده ها، منجر به بروز نگرانی برای مصرف کنندگان در مورد امنیت میکروبی غذاهای *Sous vide* شده است (Carlin, 2014). در مورد این نوع محصولات احتمال وجود باکتری های بیماری زایی مانند سالمونلا و اشریشیاکلی پیش بینی می شود. زیرا نسبتاً در برابر حرارت مقاوم هستند و تعداد کمی از این باکتری های رویشی می توانند باعث ایجاد عفونت غذایی در افراد دارای نقص سیستم ایمنی شوند. علاوه بر این، باسیلوس سرئوس و کلستریدیوم بونولینوم به دلیل توانایی آن ها در تولید اسپور و توکسین از مهم ترین باکتری های بیماری زا در گروه غذاهای گرما دیده محسوب می شوند. با توجه به این که کلستریدیوم یوتولینوم نوع E قادر به رشد و تولید توکسین در دمای ۳ درجه سلسیوس است ([Kumari et al., 2016](#)). و همچنین بر اساس گزارش Baldwin (۲۰۱۲) دمای نگهداری غذاهای *Sous vide* فاکتور بحرانی برای جلوگیری از رشد اسپورهای غیر پروتئولیتیک کلستریدیوم بوتولینوم و تولید نوروتوکسین توسط آن ها به حساب می آید. بنابراین، زمان ماندگاری فرآورده های *Sous vide* ۱۰ روز در نظر گرفته شده است، اما چنانچه این فرآورده ها در دمای زیر ۲/۵ درجه سلسیوس نگهداری شوند، زمان ماندگاری آن ها به ۹۰ روز افزایش می یابد.

مزایای سلامتی چربی های اشباع، غیر اشباع و اسیدهای چرب امگا ۳ که در تغذیه انسان بسیار مهم تلقی می گردند، می شود. بسیاری از محققین گزارش کرده اند که کاربرد این روش بسته بندی برای ماهی سبب حفظ سلامت و ارزش غذایی فرآورده در مقایسه با ماهی پخته شده به روش سنتی می گردد (Rondanelli et al., 2017).

افزایش کیفیت شیمیایی

بر اساس مطالعات انجام شده فیله عمل آوری شده به روش *Sous vide* در مقایسه با فیله بسته بندی شده به روش هوازی کیفیت شیمیایی بهتری را دارا هست، که مرتبط به متابولیسم میکروارگانیسم های تولید کننده متابولیت های قلیایی مشابه آمین های تولید شده توسط دامیناسیون اسیدهای آمینه است. اما افزایش pH در این فرآورده ها طی زمان نگهداری مشاهده می شود که تحت تاثیر پخت ماهیچه و جداسازی پروتئین های میوفیبریلار است (Kosewski et al., 2018).

Mohan و همکاران (۲۰۱۶)، بسته بندی *Sous vide* را روی کیفیت شیمیایی میگوی سفید هندی بررسی کردند و کاهش اکسیداسیون لیپیدها و بازهای نیتروژنی فرار را نتیجه گرفتند. Crotova و همکاران (۲۰۱۹) تأیید کردند، که دما و زمان پخت بالاتر سبب افزایش اکسیداسیون چربی و مواد واکنش گر تیوباربیتوریک اسید در فیله ماهی ماکرل آتلانتیک عمل آوری شده به روش *Sous vide* شد. سیف زاده و همکاران (۱۳۸۷) نیز نتایج مشابهی با این مطالعات به دست آوردند و همچنین بیان کردند که فیله فیل ماهی پرورشی بسته بندی شده به روش *Sous vide* در مقایسه با فیله بسته بندی شده به روش هوازی اکسیداسیون کمتری داشت.

Jezek و Buchtova (۲۰۱۵)، یافتند که در فیله ماهی قزل-آلای بسته بندی شده به روش تحت خلاء اکسیداسیون، تشکیل متابولیت های ثانوی اکسیداسیون و مقادیر مواد واکنش گر تیوباربیتوریک اسید در مقایسه با فیله بسته بندی شده به روش هوازی کاهش یافته، و pH نمونه ها طی ۲۶ روز ذخیره افزایش نشان داد. Rashidi و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که ارزش pH میگوی بسته بندی شده به روش تحت خلاء هنگام نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس افزایش یافت. Çaklı و همکاران (۲۰۱۶)، بیان کردند که تفاوت در زمان و دمای پخت روی تغییرات pH تاثیر معنی داری نداشت. سیف زاده و

در این فرآورده، محصول بسته بندی شده تحت زمان و دمای مناسب برای از بین بردن بیماری‌زاهای رویشی پاستوریزه می‌شوند سیف زاده و خانی پور (۱۳۹۲) تاثیر متدهای مختلف پاستوریزاسیون مانند HTST و LTLT را روی فیله فیل ماهی پرورشی بسته بندی شده به روش *Sous vide* در دمای یخچال بررسی کردند و یافتند که فیله پاستوریزه شده به روش LTDT (۱۲ هفته) در مقایسه با فیله بسته بندی شده به روش HTST (۱۰ هفته) مدت زمان ماندگاری بیشتری داشت. همچنین این محققین گزارش کردند که تعداد کلی باکتری‌ها، باکتری‌های استافیلوکوکوس و سودوموناس در تیمار HTST در مقایسه با تیمار LTLT بیشتر بود.

علیرغم باکتری‌های فاسد کننده غذا که قادر به فعالیت در ۵ - درجه سلسیوس هستند، ثابت شده است که بیماری‌زاهای غذایی می‌توانند بین ۵۲/۳ - ۱/۳ - درجه سلسیوس فعالیت کنند، و دمای بهینه رشد اکثر باکتری‌های بیماری‌زا بین ۳۰ تا ۵۰ درجه سلسیوس است، در حالی که دمای مورد نیاز برای مهار رشد و تکثیر باکتری‌ها بیشتر از این دما (دمای ۵۲/۳ درجه سلسیوس) است. بنابراین، درجه حرارت غذاهای *sous vide* 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 (Botinestean et al., 2016).

در حالی که میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا را می‌توان با اسید، پرتوهای یونیزان، نمک و برخی از ادویه‌ها کنترل کرد، اما متد *sous vide* به کنترل دما وابسته است. با در نظر گرفتن بسته‌بندی تحت خلاء برای جلوگیری از تولید توکسین توسط باکتری‌های باسیلوس سرئوس و کلوستریدیوم بوتولینوم و آلودگی مجدد ذخیره در دمای مناسب مانند یخچال یا فریزر برای نگهداری این فرآورده‌ها توصیه می‌گردد (Baldwin, 2012). هنگامی که غذاهای آماده *sous vide* 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 کلوستریدیوم پرفرینجنز، بایستی انجماد بلافاصله بعد از روش حرارتی انجام گیرد (Carlin, 2014).

دمای پخت ماهی که در دمای ۴۹ - ۴۶ درجه سلسیوس اتفاق می‌افتد. برای از بین بردن عوامل بیماری‌زای مواد غذایی بسیار پایین است. با این حال، در این شرایط دمایی همه پاتوژن‌های

فاقد اسپور، انگل‌ها و ویروس هپاتیت A یا عفونت نورو ویروس منتقله از طریق صدف داران کاهش می‌یابند. همچنین دمای ۹۰ درجه سلسیوس طی ۹۰ ثانیه منجر به کاهش در تعداد ویروس هپاتیت A می‌شود، بنابراین، این روش بسته بندی سبب کاهش آلودگی بیماری‌های ویروسی می‌گردد. ولی اسپورهای کلوستریدیوم 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 کلوستریدیوم حاک زی می‌باشد و استخرهای پرورش این ماهیان از نوع بتنی هستند. بنابراین، آلودگی ماهیان خاویاری به این باکتری به ندرت اتفاق افتاده و تهیه فرآورده به روش *sous vide* از ماهیان خاویاری پرورشی از نظر وجود این باکتری خطری برای مصرف‌کنندگان ایجاد نمی‌کند (Can and Harun, 2015). در مطالعه‌ای سیف‌زاده و همکاران (۱۳۸۷) وجود باکتری‌های بی‌هوازی را در فیله فیل‌ماهی پرورشی بسته‌بندی شده به روش *sous vide* منفی گزارش کردند.

Mohan و همکاران (۲۰۱۶) بسته بندی *sous vide* را روی کیفیت میگوی سفید هندی بررسی کردند و کاهش در تعداد باکتری‌ها را نتیجه گرفتند و همچنین ۲۸ روز افزایش در زمان ماندگاری میگوها را گزارش کردند. [Kumari](#) و همکاران (۲۰۱۶) سیر کاهشی تعداد کلی باکتری‌ها را در استیک گاو کوسه (*Pangasius*) عمل‌آوری شده به روش *sous vide* (۷۱ درجه سلسیوس طی مدت زمان ۱۶/۴۸ دقیقه) طی ۴۰ روز نگهداری در یخچال گزارش کردند. Çaklı و همکاران (۲۰۱۶) با توجه به نتایج میکروبیولوژیکی بیان کردند که تیمار ۹۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه موثرترین تیمار برای افزایش زمان ماندگاری میگو بود. تیمارهای ۷۵ درجه سلسیوس طی ۱۰ دقیقه، ۷۵ درجه سلسیوس طی ۱۵ دقیقه، ۹۵ درجه سلسیوس طی ۱۵ دقیقه و ۹۵ درجه سلسیوس طی ۲۳، ۹ و ۲۶ روز زمان ماندگاری داشتند. Çaklı و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که تیمار حرارتی منجر به کاهش در تعداد میکروارگانیسم‌ها می‌شود، همچنین این محققین بیان کردند که افزایش دما و زمان حرارت سبب افزایش مدت زمان ماندگاری فرآورده می‌گردد.

سیف‌زاده و همکاران (۱۳۸۷) یافتند که تعداد کلی باکتری‌ها در تیمار عمل‌آوری شده با سس در مقایسه با تیمار فرآوری

شده با نمک خالص در فیله فیل ماهی پرورشی بسته بندی شده به روش Sous vide طی نگهداری در یخچال بیشتر بود. علاوه بر این، این محققین بیان کردند که تیمار عمل آوری شده با نمک خالص (۱۲ هفته) در مقایسه با تیمار عمل آوری شده با سس (۱۰ هفته) مدت زمان ماندگاری بیشتری داشت. در مطالعه دیگری سیف زاده و همکاران (۱۳۸۶) یافتند که تعداد گونه های سرمادوست باکتری های سراشیا و سودوموناس در تیمار HTST در مقایسه با تیمار LTTL بیشتر بود.

جمع بندی و نتیجه گیری

تمایل مصرف کنندگان برای مواد غذایی که کمترین تغییرات را هنگام فرآوری دریافت می کنند، در مقایسه با محصولات منجمد و کنسروی رو به افزایش است. فرآیندهای سنتی و اعمال روش های حداقل برای حفاظت فرآورده مانند سرما سبب کاهش زمان ماندگاری محصول می شود، که برای غلبه بر این محدودیت می توان از روش عمل آوری Sous vide استفاده کرد. عمل آوری Sous vide مواد غذایی مزایای متعددی مانند حفظ ترکیبات مغذی مواد غذایی و همچنین افزایش ویژگی های حسی مانند رنگ و طعم محصول نهایی را به همراه داشته و تا حد قابل توجهی درخواست مصرف کنندگانی را که به دنبال مواد غذایی با کیفیت و با ارزش افزوده بالا و دارای خواص حسی مشابه مواد غذایی خام هستند، تأمین می کند. در مورد ایمنی مواد غذایی sous vide بایستی توجه ویژه ای به کیفیت مواد اولیه، کنترل مداوم دما و زمان فرآوری، کنترل دما در حین ذخیره سازی و زمان مناسب ماندگاری محصول نهایی شود. در حالی که مصرف محصولات غذایی Sous vide را می توان برای مصرف کنندگان ایمن دانست، اما بیماری های ناشی از این فرآورده های غذایی را نمی توان نادیده گرفت، به ویژه هنگامی که ویژگی های اختصاصی عمل آوری Sous vide، یعنی عملیات حرارتی ملایم و عدم کاربرد نگهدارنده ها مد نظر قرار گرفته باشند. بنابراین، رعایت دقیق الزامات و برنامه های پیش نیاز شامل Good manufacturing practice/good hygienic و معیارهای ایمنی بر اساس HACCP بسیار مهم به نظر می رسد. روش Sous vide به عنوان یک روش مدرن آماده سازی مواد غذایی، فرصتهایی را برای توسعه رستوران ها و صنایع غذایی فراهم کرده، و بنابراین سود چشمگیری را برای صاحبان این فرآورده به همراه داشته و منجر به افزایش رقابت تولید کنندگان در بازار مصرف می شود. طراحی بازار مناسب

برای مصرف فرآورده های غذایی Sous vide، این امکان را برای عمل آورندگان مواد غذایی میسر می سازد تا مصرف کنندگانی را که به دنبال رژیم های غذایی سالم و تجربیات غذایی جدید هستند، به دست آورند. بنابراین، بسته بندی به روش Sous vide فیله ماهی های خاوباری پرورشی برای تهیه فرآورده آماده مصرف و دستیابی به ویژگی های حسی بالاتر از این ماهی پیشنهاد می شود.

دستورالعمل ترویجی

بسته بندی به روش Sous vide با این که دارای مزایای زیادی می باشد و از غذاهای آماده مصرف و دارای ارزش غذایی بالا، بی خطر برای مصرف، فاقد مواد افزودنی و نگهدارنده، مقرون به صرفه و دارای ویژگی های حسی مشابه مواد خوراکی خانگی محسوب می گردد، اما تا کنون در ایران برای بسته بندی مواد غذایی مخصوصا غذاهای دریایی و فیله ماهی های خاوباری مورد استفاد قرار نگرفته است.

با در نظر گرفتن این که برای این روش بسته بندی به دستگاه و تجهیزات خاصی نیاز نبوده و پتانسیل تولید آن در کشور وجود دارد، و همچنین با توجه به این که بسیاری از مصرف کنندگان ترجیح می دهند که ماهی های غیر منجمد را در برنامه غذایی بگنجانند و این فرآورده دارای زمان ماندگاری بالایی در یخچال می باشد و تا کنون از ماهی های خاوباری غذاهای آماده مصرف تهیه نشده است، بنابراین روش بسته بندی Sous vide برای عمل آوری فیله آبزیان مخصوصا ماهی های خاوباری توصیه می شود.

منابع

- سیف زاده، م. و خانی پور، 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 - ۴۹۹.
- سیف زاده، م.، شجاعی آرانی، ا. و امیر مظفری، ن.، ۱۳۸۷. بررسی وضعیت میکروبی و شیمیایی در فیله فیل ماهی پرورشی بسته بندی شده به روش Sous vide. مجله پژوهش و سازندگی، ۲۱: ۱۷۹ - ۸۶.
- سیف زاده، م.، شجاعی آرانی، ا. و امیر مظفری، ن.، ۱۳۸۶. مقایسه و بررسی وجود باکتری های سرمادوست در فیله فیل ماهی پرورشی بسته بندی شده به روش Sous vide در یخچال و انجماد. مجله علوم و غنوم دریایی، ۶: ۵۰ - ۳۹.

- Jang, J. O. and Lee, O. S., 2005. Development of a sous-vide packaging process for Korean seasoned beef. *Food Control*, 6: 285-291.
- Jezek, F. and Buchtova, H., 2015. The effect of vacuum packaging on physicochemical changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during cold storage. *Acta Veterinaria Brno*, 83:S51-S58.
- Kilibarda, N., Brdar, I., Baltic, B., Markovic, V., Mahmutovic, H., Karabasil, N. and Stanasic, 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., Venkateshwarlu, 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 Sal'y, A., 2014. Effect of vacuum packaging on quality changes of refrigerated Jinga shrimp *Metapenaeus* *Lis a*/finis muscle. *AACL Bioflux*, 7: 311-319.
- Roascio - Albistur, A. and Gámbaro, A., 2018. Consumer perception of a non-traditional market on Sous-Vide dishes. *International Journal Gastronomy Food Science*, 11: 20–24.
- Roldan, M., Antequera, T., Hernveez, A. and Ruiz, J., 2014. Physicochemical and microbiological changes during the refrigerated storage of lamb loins sous-vide cooked at different combinations of time and temperature. *Food Science and Technology International*, 1: 1-11.
- Rondanelli, M., Daglia, M., Meneghini, S., Di Lorenzo, A., Peroni, G., Faliva, M. A. and Perna, S., 2017. Nutritional advantages of sous vide cooking compared to boiling on cereals and legumes: Determination of ashes and metals content in ready-to-eat Products. *Food Science and Nutrition*, 5: 827–833.
- Stringer, S. C. and Metris, A., 2018. Predicting bacterial behavior in sous vide food, *International Journal of Gastronomy and Food Science*, article in press.
- Baldwin, D. E., 2012. Sous vide cooking: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1: 15–30
- 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, Ö. P. and Harun, F., 2015. Shelf life of chicken meat balls submitted to sous vide treatment. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 17: 137-144.
- 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., Díaz, 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.
- Gómez, I., Ibañez, F. C. and Beriain, M. J., 2019. Physicochemical and sensory properties of sous vide meat and meat analog products marinated and cooked at different temperature-time combinations, *International Journal of Food Properties*, 22: 1693-1708.
- Iborra-Bernad, C., Tarrega, A., Garcia-Segovia, P. and Martínez-Monzo, J., 2014. Comparison of sous vide treatments and traditional cooking using instrumental and sensory analysis. *Food Analytical Methods*, 7: 400–408.