

اهمیت فرآوری سالم میگو در صنایع غذایی

بهاره معروف پور^۱، امان محمد ضیائی فر^{۲*}، حسن صباغی^۳

^۱ دانشجوی دکتری علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

^{۲*} استاد گروه مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران (نویسنده مسئول)

^۳ استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و دامپروری، مجتمع آموزش عالی تربت جام، خراسان رضوی، ایران

چکیده

میگو متعلق به خانواده خرچنگ است که یکی از منابع پروتئینی دریایی ارزشمند در تغذیه انسان محسوب می‌شود و سرشار از مواد مغذی مهم مانند اسیدهای چرب ضروری، پروتئین‌های با کیفیت بالا، مواد معدنی و استاکسانتین است که به دلیل حمایت آنتی اکسیدانی برای سیستم عصبی و سیستم اسکلتی عضلانی و ارزش تغذیه‌ای بالا و خواص مفید برای سلامت انسان، در سراسر جهان مورد توجه قرار گرفته است. همچنین گوشت میگو به دلیل قابلیت هضم آسان در مقایسه با بسیاری از منابع پروتئینی دیگر ارزش بیولوژیکی بالایی دارد. با این حال، روش‌های فرآوری میگو نقش مهمی در حفظ محتوای ریزمغذی‌ها و درشت‌مغذی‌ها، ارزش غذایی، ایمنی، کیفیت و فعالیت زیستی آن دارند. این مقاله مروری به بررسی انواع میگو، فرآوری سالم در صنایع غذایی و اثرات آن‌ها بر سلامت مصرف‌کنندگان می‌پردازد. در نهایت، راهکارهایی برای بهبود ایمنی غذایی و کیفیت این محصول دریایی ارائه خواهد شد.

واژگان کلیدی: میگو، تغذیه، فرآوری سالم، صنایع غذایی، ایمنی غذایی.

مقدمه

سخت‌پوستان^۱ متعلق به راسته ده‌پایان یا "دکاپودا"^۲ هستند و شامل میگوی بزرگ یا "پراون"^۳، میگوی کوچک یا "شریمپ"^۴، شاه میگو (درازچنگ) یا "لابستر"^۵، خارچنگ (خارچنگ خاردار) یا "کریفیش"^۶، خرچنگ یا "کرب"^۷ و خرچنگ هرمیت یا "هرمیت کرب"^۸ هستند. اگر چه در اصطلاحات زیستی واژه‌های "شریمپ" و "پراون" به زیر مجموعه‌های مختلفی از سخت‌پوستان اطلاق می‌شود ولی از نظر ظاهری بسیار شبیه به یکدیگر هستند. واژه‌های "شریمپ" و "پراون" در تجارت آبزیان اغلب به جای یکدیگر به کار می‌روند (Ayas et al., ۲۰۱۳).

"شریمپ" و "پراون" از نظر طعم و بافت بسیار شبیه به هم هستند. "پراون" کمی شیرین‌تر و گوشتی‌تر^۹ از "شریمپ" است، در حالی که "شریمپ" ظریف‌تر و نازک‌تر^{۱۰} است. همچنین این دو از نظر فواید غذایی بسیار شبیه به یکدیگر هستند و بنابراین، اغلب "شریمپ" و "پراون" به جای یکدیگر در دستور العمل‌های پخت استفاده می‌شوند. میگو به همراه ماهی قزل آلا^{۱۱} مهم‌ترین محصولات تجاری ماهی در دنیا هستند. میگو در حدود ۲۰ درصد از ارزش تجارت بین‌المللی ماهی را تشکیل می‌دهد که نزدیک به ۸۰ درصد از تولید آن در دنیا وارد بازار جهانی می‌شود. پرورش میگو در سطح جهان یک تجارت ۶/۹ میلیارد دلاری است و در سطح خرده‌فروشی^{۱۲} این ارزش به ۶۰-۵۰ میلیارد دلار می‌رسد. پیش‌بینی می‌شود تولید میگو طی سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۳۰ میلادی به بیش از ۵۰ درصد در دنیا افزایش یابد که پتانسیل بالای تولید این محصول را نشان می‌دهد (Dayal et al., ۲۰۱۳). غذاهای دریایی^{۱۳} شامل میگو، رژیم غذایی اصلی در بسیاری از کشورها هستند و در حال حاضر تقاضا برای این محصولات به عنوان منبع عالی اسیدهای چرب چند غیر اشباع^{۱۴} تحت عنوان امگا^{۱۵} و سایر اسیدهای چرب در حال افزایش است و در بسیاری از کشورها به‌عنوان یک ماده غذایی محبوب مصرف می‌شوند. با این حال، در مقایسه با پرورش سایر آبزیان، تولید میگو بسیار حساس^{۱۶} است، زیرا میگو ارگانیزم آسیب‌پذیری^{۱۷} است و تولید آن تحت تاثیر آب و هوا و بیماری‌ها قرار می‌گیرد که به دلیل ماهیت فسادپذیری بالای آن، فرآوری مناسب و سالم این محصول امری ضروری است. در فرآیند صید، نگهداری و فرآوری میگو خطراتی از جمله آلودگی‌های میکروبی، فلزات سنگین و استفاده نادرست از افزودنی‌های شیمیایی وجود دارد که می‌تواند سلامت مصرف‌کننده را تهدید کند. از این رو، فرآوری سالم و اصولی این محصول از اهمیت بالایی برخوردار است. فرآورده‌های مختلفی مانند انجماد، خشک‌کردن، سرخ‌کردن‌های نوین و فرآوری‌های صنعتی برای افزایش

^۱ Crustaceans

^۲ Decapoda

^۳ Prawn

^۴ Shrimp

^۵ Lobster

^۶ Crayfish

^۷ Crab

^۸ Hermit crab

^۹ Meatier

^{۱۰} Delicate

^{۱۱} Salmon

^{۱۲} Retail

^{۱۳} Seafood

^{۱۴} Polyunsaturated fatty acids

^{۱۵} Omega

^{۱۶} Volatile

^{۱۷} Vulnerable

ایمنی و حفظ کیفیت تغذیه‌ای این محصول استفاده می‌شوند. این مقاله به بررسی انواع میگو، تکنیک‌های مختلف فرآوری و تأثیر این فرآورده‌ها بر سلامت مصرف‌کننده می‌پردازد.

اهمیت مصرف میگو

انجمن قلب آمریکا^{۱۸} مصرف انواع ماهی، صدف و میگو را حداقل دو بار در هفته توصیه می‌کند (Czech et al., ۲۰۱۵). مطالعات اپیدمیولوژی^{۱۹} نشان داده است که در آن دسته از جوامعی که فرهنگ مصرف غذاهای دریایی را دارند، شیوع کم حملات قلبی مشاهده می‌شود (Akuamoah et al., ۲۰۱۸). بیش از ۸۰ درصد گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری از دریا سرچشمه می‌گیرند (Muniyappan et al., ۲۰۱۹). گوشت میگو علاوه بر لذیذ بودن، منبع اصلی مواد مغذی برای انسان است. همچنین گوشت میگو به دلیل قابلیت هضم آسان (۸۵٪) در مقایسه با بسیاری از منابع پروتئینی دیگر ارزش بیولوژیکی بالایی دارد. ارزش غذاهای دریایی برای انسان حفظ وضعیت مثبت سلامتی و عملکرد مطلوب با تامین تمام مواد مغذی ضروری در مقادیر کافی است تا از بیماری‌های ناشی از کمبود مواد مغذی و همچنین اختلالات مزمن مرتبط با رژیم غذایی جلوگیری نماید (Jeyasanthana and Patterson, ۲۰۱۷). میگو غنی از پروتئین با کیفیت بالا، کلسیم، ترکیبات معدنی و انواع مواد قابل استخراج برای بدن انسان است که کم کالری و کم چرب هستند. میگو دارای ترکیبات با کیفیتی شامل پروتئین و اسیدهای آمینه‌های هیستیدین^{۲۰}، پرولین^{۲۱} و آرژنین^{۲۲} است که حضور آن‌ها به عنوان شاخص وجود شرایط فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مطلوب در نظر گرفته می‌شود (Alfaris et al., ۲۰۲۲). چربی‌های جانوران آبی منابع خوبی از اسیدهای چرب ضروری هستند که نمی‌توانند در بدن انسان تولید شوند و برای حفظ رشد، تولید مثل و سنتز ویتامین‌ها مورد نیاز هستند (Ali et al., ۲۰۱۷; Dincer and Aydin, ۲۰۱۴; Dayal et al., ۲۰۱۳; Peralta et al., ۲۰۰۵).

میگوها شامل ۲۰-۱۲ درصد پروتئین، ۸۵-۷۰ درصد آب، چربی کم، مواد معدنی مانند سلنیوم^{۲۳}، مس^{۲۴}، روی^{۲۵} و کلسیم^{۲۶} به میزان مناسب و اسیدهای چرب چند غیر اشباع می‌باشند که برای بهبود سلامتی انسان ضروری هستند و غنی از آستاگزانتین^{۲۷} و ویتامین ب ۱۲ می‌باشند (Ajifolokun et al., ۲۰۱۸) که مشخص شده است که حمایت آنتی اکسیدانی برای سیستم عصبی^{۲۸} و سیستم اسکلتی عضلانی^{۲۹} فراهم می‌نمایند. به علاوه، برخی مطالعات نشان داده است که موجب کاهش خطر احتمال ابتلا به سرطان روده^{۳۰} با جذب آستاکسانتین و کاهش احتمال خطر برخی مشکلات مرتبط با دیابت می‌گردد. (Bernard and Bolatito, ۲۰۱۶; Rajesh et al., ۲۰۲۱). میگو طعم ملایم و متمایز و بافت لطیفی دارد (Yerlikaya et al., ۲۰۱۳). میگو همچنین از نظر محتوای کلسترول غنی است. مشخص شده است که تعادل اسیدهای چرب چند غیر اشباع برای کاهش کلسترول اهمیت دارد. مصرف میگو به اسیدهای چرب چند غیر اشباع اجازه می‌دهد که با کاهش جذب اسیدهای چرب اشباع موجب کاهش کلسترول گردند (Yerlikaya et al., ۲۰۱۳).

^{۱۸} American Heart Association

^{۱۹} Epidemiological studies

^{۲۰} Histidine

^{۲۱} Proline

^{۲۲} Arginine

^{۲۳} Selenium

^{۲۴} Copper

^{۲۵} Zinc

^{۲۶} Calcium

^{۲۷} Astaxanthin

^{۲۸} Nervous system

^{۲۹} Musculoskeletal system

^{۳۰} Colon cancer

انواع میگو

میگوها متعلق به خانواده خرچنگ^{۳۱} هستند و از مهم ترین غذاهای دریایی از نظر اقتصادی در سراسر جهان در نظر گرفته می شوند (Alfaris et al., ۲۰۲۲). میگوها بر اساس محل زیست و ارزش تغذیه ای به دو دسته اصلی میگوهای آب شور مانند میگو ببری، میگوی صورتی و میگوی سفید که در آب های شور و اقیانوسی زندگی می کنند و میگوهای آب شیرین که معمولاً در رودخانه ها و دریاچه ها یافت می شوند، تقسیم می شوند. رژیم غذایی و زیستگاه هر گونه، تأثیر بسیار بیشتری بر طعم و بافت دارد. میگوهای آب شور معمولاً دارای بافت محکم تر و میزان بالاتر امگا ۳ هستند در حالیکه میگوهای آب شیرین پروتئین بالایی دارند اما میزان امگا ۳ آنها نسبت به میگوهای آب شور کمتر است.

روبيان^{۳۲} یا میگوی ببری سبز^{۳۳} بخشی از رژیم غذایی معمول در خلیج فارس را شامل می شود و به عنوان یک غذای مفید به دلیل محتوی پروتئین بالا و مواد معدنی مانند مس، منیزیم، کلسیم، روی و فسفر در نظر گرفته می شود (Alfaris et al., ۲۰۲۲). میگوی ببری سیاه^{۳۴} یکی از بزرگ ترین و مهم ترین گونه های میگوی پرورشی در جهان است. این گونه به دلیل اندازه بزرگ و ارزش اقتصادی بالا در صنعت آبی پروری اهمیت زیادی دارد. این گونه شامل ۲۴/۵۸ درصد پروتئین، ۸/۳۲ درصد چربی، ۳/۶۵ درصد قند و ۳/۰۴ درصد خاکستر است. محتوی پروتئینی شامل اسیدهای آمینه ضروری ترئونین، والین، آرژنین، متیونین، ایزولوسین^{۳۵}، لوسین^{۳۶}، لیزین، فنیل آلانین^{۳۷} و محتوی چربی شامل اسیدهای چرب لوریک^{۳۸}، میریستیک^{۳۹}، پالمیتیک، استئاریک، بهنیک^{۴۰}، پالمیتولئیک^{۴۱}، اولئیک، نروئیک^{۴۲}، لینولئیک^{۴۳}، لینولنیک^{۴۴}، آراشیدونیک^{۴۵} اسید می باشد (Alfaris et al., ۲۰۲۲).

میگوی پا سفید اقیانوس آرام^{۴۶} بومی سواحل غربی آمریکای لاتین در اقیانوس آرام از پرو در جنوب تا مکزیک در شمال است. گونه پاسفید قادر به تحمل دامنه وسیعی از درجه حرارت و شوری نسبت به سایر گونه ها می باشد، به همین دلیل به عنوان گونه مهم تجاری صید و پرورش می باشد. میگوی پا سفید از گروه سخت پوستان دریایی حاوی آستاگزانتین است که بیشترین مصرف را در میان سخت پوستان دارد و میزان تولید آن برابر با ۵۳ درصد از کل سخت پوستان تولید شده در دنیای پرورش آبزیان است (García-Romo et al., ۲۰۲۰). آستاگزانتین به عنوان پادشاه کاروتنوئیدها شناخته شده است (Capelli and Cysewski, ۲۰۰۷) و قدرت آنتی اکسیدانی آن ۱۰ برابر بیشتر از سایر کاروتنوئیدها و ۱۰۰ برابر بیشتر از آلفاتوکوفرول

^{۳۱} Crustacean

^{۳۲} Rubian

^{۳۳} Penaeus semisulcatus

^{۳۴} Penaeus monodon

^{۳۵} Isoleucine

^{۳۶} Leucine

^{۳۷} Phenylalanine

^{۳۸} Lauric

^{۳۹} Myristic

^{۴۰} Behenic

^{۴۱} Palmitoleic

^{۴۲} Nervonic

^{۴۳} Linoleic

^{۴۴} Linolenic

^{۴۵} Arachidonic

^{۴۶} Litopenaeus vannamei

می‌باشد (Martínez et al., ۲۰۱۷). بنابراین آستاگزانتین، سوپر آنتی اکسیدان لقب گرفته‌است (Ushakumari and Ramanujan, ۲۰۱۳). میگوی سفید هندی^{۴۷} یکی از گونه‌های مهم میگوهای دریایی از خانواده پنائیده است که در آب‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری اقیانوس هند و بخش‌هایی از اقیانوس آرام یافت می‌شود. این میگو به دلیل رشد سریع، مقاومت به شرایط محیطی و طعم مطلوب محبوبیت زیادی در صنعت آبزی‌پروری دارد. مشخص شده است که میگوی ببری، میگوی سفید هندی و میگوی پا سفید اقیانوس آرام مقدار بیشتری پروتئین خام به ترتیب و به طور میانگین برابر با ۲۳/۶، ۲۲/۸۷ و ۱۹/۸ درصد دارند. میگوی صورتی^{۴۸} نوعی میگو است که به دلیل رنگ صورتی خود شناخته می‌شود. این رنگ معمولاً پس از پخت بیشتر نمایان می‌گردد زیرا در اثر حرارت، پیوند کاروتنوئیدهای میگو بخصوص آستاگزانتین‌ها با پروتئین کراستاسیانین می‌شکند و آستاگزانتین آزاد می‌شود که باعث دیده شدن رنگ قرمز آستاگزانتین زیرین می‌گردد. میگوی صورتی که از سه منبع آبی مختلف (دریا، رودخانه و تالاب) منشأ می‌گیرد شامل ۲۵/۹۳-۳۴/۴۲ درصد پروتئین، ۱۱/۸۵-۱۸/۲۵ درصد خاکستر، ۰/۷۶-۱/۸۳ درصد چربی و ۹/۲۲-۱۲/۷۲ درصد رطوبت است (Alfaris et al., ۲۰۲۲).

فرآوری میگو و اهمیت آن در سلامت مصرف‌کننده

گوشت میگو با استفاده از چندین روش مختلف فرآوری می‌شود که راندمان فرآوری و کیفیت نهایی آن بستگی به نوع و شرایط فرآیند دارد (Rostini and Pratama, ۲۰۱۸). هر گونه نوسان در شرایط فرآیند می‌تواند منجر به تغییرات کیفی نامطلوب شود (Sabbaghi et al., ۲۰۱۷). پژوهشگران تاثیر فرآیندهای حرارتی (کباب کردن، سرخ کردن و جوشاندن)، انجماد و خشک کردن و پودر کردن را روی محتوی ریزمغذی‌ها و درشت‌مغذی‌های گوشت میگو و همچنین تاثیر بر ترکیبات فلزات سنگین و مواد معدنی بررسی کرده‌اند (Alfaris et al., ۲۰۲۲). برخی از فلزات سنگین مانند آرسنیک، سرب و کادمیوم حتی در مقادیر کم سمی هستند و حضور این فلزات در میگو برای سلامتی مضر است. به همین دلیل آلودگی فلزات سنگین در محیط‌های آبی از مهم‌ترین نوع آلودگی‌ها در نظر گرفته می‌شود زیرا این ترکیبات سمی در بدن موجودات دریایی مانند میگو تجمع می‌یابند. مشخص شده است که تغییر در روش‌های پخت بهترین راه حل برای کاهش فلزات سنگین خطرناک و افزایش جذب مواد مغذی مفید است (Musaiger and Souza, ۲۰۰۸).

میگوها پس از صید به دلیل محتوی رطوبت و پروتئین بالا به سرعت در معرض انواع تخریب هستند و باید در شرایط انبارش سرد نگهداری شوند (Ajifolokun et al., ۲۰۱۸). در روش انجماد سریع تک به تک^{۴۹} مواد غذایی حساس مانند میگو در مدت زمان کوتاهی و در دمای بسیار پایین منجمد می‌شوند. این روش باعث می‌شود که کریستال‌های یخ بسیار ریز تشکیل شوند و از تشکیل کریستال‌های یخ درشت که می‌توانند ساختار سلولی را تخریب کنند، جلوگیری شود. در نتیجه، کیفیت، بافت، طعم، رنگ و ارزش غذایی محصول حفظ می‌گردد و رشد میکروارگانیسم‌ها کاهش و ماندگاری محصول افزایش می‌یابد.

آبزدایی و خشک کردن همواره برای نگهداری مواد غذایی مورد استفاده قرار گرفته است. با کاهش سطح رطوبت مواد غذایی مانند میگو به سطح مورد اطمینان، برخی از مزایای فناوری^{۵۰} مانند افزایش مدت ماندگاری، سهولت جابه‌جایی و انتقال، ایجاد خصوصیات مطلوب مانند بو، طعم و مزه و رنگ میسر می‌گردد. از آنجایی که آب برای فعالیت همه ارگانیسم‌ها ضروری است، حذف آن موجب کاهش یا توقف فعالیت میکروبی و اتولیتیک^{۵۱} می‌گردد. بنابراین آبزدایی می‌تواند به عنوان یک روش موثر در

^{۴۷} Fenneropenaeus indicus

^{۴۸} Penaeus notialis

^{۴۹} Individually Quick Freezing

^{۵۰} Technological advantages

^{۵۱} Autolytic enzymes

نگهداری میگو به کار رود. میگوهای کامل خشک‌شده یا میگوهای پودر شده به طور وسیعی مورد پذیرش مصرف‌کنندگان هستند و به عنوان ادویه در سوپ یا طعم‌دهنده و یا به عنوان منبع پروتئین استفاده می‌شوند (Ajifolokun et al., ۲۰۱۸).

فرآوری حرارتی میگو موجب کاهش تعداد میکروارگانیسم‌ها، تغییرات خصوصیات کیفی، تاثیر بر خواص حسی، فیزیکی، حرارتی و بافت (محتوی رطوبت، دانسیته، هدایت حرارتی، تغییرات حجم، چروکیدگی و غیره) و بازدهی تولید (به عنوان یک عامل اقتصادی مهم ناشی از تغییرات در محتوی رطوبت) می‌گردد. در واقع طی فرآوری حرارتی، پروتئین‌های میگو دچار دناتوراسیون می‌شوند و توانایی نگهداری آب خود را از دست می‌دهند که این امر می‌تواند موجب کاهش بازدهی تولید و تغییرات ابعادی شود. کاهش بار میکروبی و آفت بازدهی تولید دو معیار مهم در به کارگیری برنامه‌ریزی مناسب پخت برای میگو است. زمان‌های پخت طولانی و دماهای بالا محصول بهتری را از نظر ایمنی و سرعت بازدهی تولید و خواص حسی فراهم می‌نماید. پیش‌بینی کشندگی برای میکروارگانیسم‌ها و آفت بازدهی تولید در ترکیب‌های دما-زمان مختلف، اطلاعات مناسبی را جهت یک رویکرد آگاهانه در رابطه با بهینه‌سازی فرآیند پخت ایجاد می‌کند. این تغییرات با تاریخچه دمایی محصول و توزیع دمایی آن مرتبط هستند. تمام این موارد ممکن است با استفاده از مدل‌های ریاضی برای کمک به صنعت در بهینه‌سازی فرآوری حرارتی میگو و افزایش کیفیت، تخمین زده شوند و ساده‌سازی گردند. بنابراین "نمودارهای پخت^{۵۲}" برای انواع بزرگ، متوسط و کوچک میگو با دستیابی به سطح میکروبی هدف با استفاده از مدل‌های ریاضی توسعه یافته ایجاد شده است (Erdoğan et al., ۲۰۰۳). سرخ‌کردن^{۵۳} یک فرایند آب‌زدایی و پخت است که طی آن انتقال حرارت و جرم به صورت هم‌زمان اتفاق می‌افتد و خواص حسی منحصر به فردی در ماده غذایی از جمله عطر، طعم و رنگ ایجاد می‌کند (Krokida et al., ۲۰۰۰) که موجب مطلوبیت این محصولات در بین مصرف‌کنندگان شده است. میگو همانند سایر محصولات دریایی معمولاً به صورت سرخ شده مصرف می‌گردد و حفظ سلامت آن اهمیت دارد (Clark, ۲۰۰۳). سرخ‌کردن با هوای داغ به عنوان یک تکنولوژی نوین کیفیت تغذیه‌ای بهتری را فراهم می‌آورد و موجب فرآوری محصولات سالم به دلیل جذب کم روغن، تخریب کمتر چربی و کاهش اکسیداسیون می‌گردد. به علاوه، محصول سرخ شده توسط هوای داغ، روغن و محتوی آکریل آمید کمتری دارد (Heredia et al., ۲۰۱۴) و ذخیره ۷۰٪ انرژی و کاهش انتشار پساب‌های ناشی از سرخ‌کردن را به دنبال دارد (Giovannelli et al., ۲۰۱۷). سرخ‌کن‌های با هوای داغ، انتقال حرارتی یکنواخت بین هوا و محصول در حال سرخ‌شدن را فراهم می‌کنند (Santos et al., ۲۰۱۷) که در نتیجه تغییرات کیفی در سراسر محصول به صورت یکنواخت صورت می‌گیرد (Teruel et al., ۲۰۱۵). بنابراین، در مجموع سرخ‌کن‌های هوای داغ به عنوان یک تکنولوژی فرآوری حرارتی جایگزین برای سرخ‌کردن محصولات دریایی و یک روش پخت سالم‌تر در نظر گرفته می‌شوند.

نتایج تحقیقات و مطالعات موردی

بنجاکول^{۵۴} و همکاران (۲۰۰۸) تاثیر حرارت‌دهی بر اتلاف پخت، بافت، رنگ و ریزساختارهای میگوی ببری سیاه و میگوی سفید را در بخش‌های مختلف بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که اتلاف پخت هنگامی که نمونه‌ها برای مدت طولانی‌تری به ویژه بیش از ۱ دقیقه حرارت داده شدند، به شدت افزایش یافت. در بین تمام بخش‌ها، قسمت دُم هر دو میگو بیشترین افت پخت را داشت. نیروی برشی تمام نمونه‌ها هنگامی که نمونه‌ها برای مدت طولانی‌تری، به خصوص بیش از ۵/۰ دقیقه حرارت داده شدند، به طور قابل توجهی افزایش یافت. مقادیر روشنایی (L^*)، قرمزی (a^*) و زردی (b^*) با افزایش زمان حرارت‌دهی تا ۱ دقیقه زیاد شد. ریزساختارهای مشابهی در گوشت خام میگوی ببری سیاه و میگوی سفید یافت شد. گوشت‌های پخته‌شده از

^{۵۲} Cooking charts

^{۵۳} Frying

^{۵۴} Benjakul

هر دو گونه، آرایش فیبری فشرده‌تری با انقباض سارکومر^{۵۵} در مقایسه با گوشت خام خود داشتند. به طور کلی، بخش دم ساختار متراکم‌تری را نسبت به سایر قسمت‌ها نشان داد.

موساگر^{۵۶} و سوزا^{۵۷} (۲۰۰۸) بررسی کیفی میگو و ماهی کبابی‌شده، عمل‌آوری شده^{۵۸}، سرخ‌شده و پخته‌شده را انجام دادند. نتایج نشان داد که محتوی انرژی در نمونه‌های سرخ‌شده بالاتر بود و حدود ۸۹۴/۲ کیلوژول در ۱۰۰ گرم برآورد شد. محتوی مواد معدنی شامل سدیم، پتاسیم، فسفر، منیزیم و روی نیز در نمونه‌ها بالا بود و سایر مواد معدنی در مقادیر کمتری یافت شد. نتایج مشخص کرد که روش‌های سنتی پخت ماهی و میگو روی ترکیب مغذی و فلزات سنگین موثر هستند. جلوگیری از سرخ کردن بیش از حد و کاربرد حداقل نمک و انتخاب روش کبابی کردن برای کنترل چربی مازاد و سدیم مفید خواهد بود. این عوامل در کنترل چاقی، بیماری عروق قلب که تحت تاثیر الگوی مصرف مواد غذایی هستند، اهمیت دارد.

چک^{۵۹} و همکاران (۲۰۱۵) تاثیر سرخ کردن بر محتوای مواد مغذی و ترکیب اسیدهای چرب ماهیچه‌های غذاهای دریایی منجمد شامل میگو سفید، صدف^{۶۰}، ماهی مرکب ژاپنی^{۶۱} و اختاپوس^{۶۲} را بررسی کردند. سرخ کردن در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶-۸ دقیقه انجام شد. سرخ کردن موجب کاهش اسیدهای چرب اشباع و اسیدهای چرب n-۳ شد و محتوی اسیدهای چرب چند غیر اشباع و اسیدهای چرب n-۶ را افزایش داد. کاهش در شاخص‌های آتروژنیک^{۶۳} و ترومبوژنیک^{۶۴} اسیدهای چرب و افزایش قابل توجهی در نسبت هیپوکلسترولمیک^{۶۵} (h) به هیپرکلسترولمیک^{۶۶} (H) مشاهده شد که از نظر پژوهشگران از جنبه تغذیه‌ای مفید است. مطابق بیوسوا^{۶۷} و همکاران (۲۰۲۰) شاخص آتروژنیک و ترومبوژنیک نشان‌دهنده احتمال بروز بیماری قلبی و عروقی و ایجاد لخته در خون است و ارتباط بین اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع را نشان می‌دهد که هر چه کمتر باشد بهتر است. همچنین، مطابق ولوسزاین^{۶۸} و همکاران (۲۰۲۰) نسبت (h/H) اثرات اسیدهای چرب خاص بر متابولیسم کلسترول را نشان می‌دهد. مقادیر بالاتر آن از نظر تغذیه‌ای برای سلامت انسان مفیدتر در نظر گرفته می‌شود.

روستینی^{۶۹} و پراتاما^{۷۰} (۲۰۱۸) تاثیر فرآیند بخاردهی را بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میگوی سفید بررسی کردند. آزمایش شامل دو تیمار میگوی تازه و بخارپز شده در سه سطح بدون سر، پوست‌گیری شده به همراه دُم و پوست‌گیری نشده انجام شد. آزمون‌های فیزیکی (بازده، افت پخت، رنگ) و آزمون‌های شیمیایی (رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر) بررسی گردید. نتایج نشان داد که بازدهی میگوی سفید تازه بعد از پوست‌گیری به طور کامل برابر با ۶۱/۹۲ درصد و بازدهی میگوی کامل بخارپز شده برابر با ۹۲/۷۶ درصد بود. بازدهی میگوی بخارپز شده پوست‌گیری نشده نسبت به سایرین کمتر بود و برابر با

^{۵۵} Sarcomere

^{۵۶} Musaiger

^{۵۷} Souza

^{۵۸} Curried

^{۵۹} Czech

^{۶۰} Clams

^{۶۱} Japanese squid

^{۶۲} Octopus

^{۶۳} Atherogenic

^{۶۴} Thrombogenic

^{۶۵} Hypocholesterolemic

^{۶۶} Hypercholesterolemic

^{۶۷} Bušová

^{۶۸} Wołoszyn

^{۶۹} Rostini

^{۷۰} Pratama

۵۴/۷۸ درصد محاسبه گردید. افت پخت در طول فرآیند بخارپز کردن میگو برابر ۷/۲۴ درصد بود. تجزیه شیمیایی میگوی سفید بعد از بخارپز کردن، کاهش محتوی رطوبت را مشخص نمود در حالی که میزان پروتئین، چربی و خاکستر افزایش یافت. الفاریس^{۷۱} و همکاران (۲۰۲۲) ارزیابی تاثیر روش‌های مختلف فرآوری بر ترکیب مواد مغذی میگو و فعالیت آنتی اکسیدانی پودر میگو را انجام دادند. گوشت میگو با استفاده از چهار فرآیند مختلف (نمک سود کردن، سرخ کردن، کباب کردن و جوشاندن) تحت تیمار قرار گرفت و در نهایت، محتوای ترکیبات درشت مغذی، اسیدهای چرب، ویتامین‌ها و مواد معدنی آن اندازه گیری شد. همچنین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های پودر میگو ارزیابی شد. نتایج نشان داد که فرآیند پخت تاثیر زیادی روی ارزش غذایی و فعالیت آنتی اکسیدانی گوشت میگو دارد که حداکثر کاهش به ترتیب در میگوی کبابی، میگوی آب پز و میگوی سرخ‌شده مشاهده شد.

نتیجه‌گیری

محصولات دریایی مانند میگو از منابع مهم و ارزشمند غذایی هستند که به دلیل ترکیبات مغذی مفید، نقش مهمی در سلامت انسان دارند. با این حال، برای حفظ کیفیت و ایمنی آنها، روش‌های فرآوری سالم باید مورد توجه قرار گیرند. توسعه روش‌های نوین و پایدار در فرآوری میگو مانند فرآیند سرخ کردن هوای داغ، مطالعه تاثیر پیش‌تیمارهای مختلف فرآیند، کنترل دقیق آلودگی‌ها و یافتن شرایط مناسب برای فرآوری در مقیاس صنعتی و خانگی این محصول دریایی می‌تواند تاثیر بسزایی در افزایش کیفیت و ایمنی مواد غذایی، کاهش خطرات احتمالی و افزایش سلامت مصرف‌کنندگان داشته‌باشد.

منابع

- Ajifolokun, O. M., Basson, A. K., Osunsanmi, F. O., & Zharare, G. E. (۲۰۱۸). Effects of drying methods on quality attributes of shrimps. *Journal of Food Processing and Technology*, ۱۰(۷۷۲), ۲.
- Akuamoa, F., Odamtten, G. T., & Kortei, N. K. (۲۰۱۸). Nutritional and shelf-life studies of dry smoked and gamma irradiated shrimps (*Penaeus notialis*) from three different water sources in Ghana. *Cogent Food & Agriculture*, ۴(۱), ۱۵۰۵۸۰۳.
- AlFaris, N. A., Alshammari, G. M., AlTamimi, J. Z., AlMousa, L. A., Alagal, R. I., AlKehayez, N. M., ... & Yahya, M. A. (۲۰۲۲). Evaluating the effects of different processing methods on the nutritional composition of shrimp and the antioxidant activity of shrimp powder. *Saudi Journal of Biological Sciences*, ۲۹(۱), ۶۴۰-۶۴۹.
- Ali, S. S. R., Ramachandran, M., Chakma, S. K., & Sheriff, M. A. (۲۰۱۷). Proximate composition of commercially important marine fishes and shrimps from the Chennai coast, India. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, ۵(۵), ۱۱۳-۱۱۹.
- Ayas, D., Ozogul, Y., & Yazgan, H. (۲۰۱۳). The effects of season on fat and fatty acids contents of shrimp and prawn species. *European Journal of Lipid Science and Technology*, ۱۱۵(۳), ۳۵۶-۳۶۲.
- Benjakul, S., Visessanguan, W., Kijroongrojana, K., & Sriket, P. (۲۰۰۸). Effect of heating on physical properties and microstructure of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) and white shrimp (*Penaeus vannamei*) meats. *International journal of food science & technology*, ۴۳(۶), ۱۰۶۶-۱۰۷۲.
- Bernard, E., & Bolatito, A. Y. (۲۰۱۶). Comparative study on the nutritional composition of the pink shrimp (*Penaeus notialis*) and tiger shrimp (*Penaeus monodon*) from Lagos lagoon, Southwest Nigeria. *Cogent Food & Agriculture*, ۲(۱), ۱۲۰۱۸۹۱.
- Capelli, B. & Cysewski, G. (۲۰۰۷). Natural astaxanthin: king of the carotenoids. *Cyanotech Corporation. USA*, ۴-۱۹.
- Clark, J. P. (۲۰۰۳): Happy birthday, potato chips! And other snack development. *Food Technology*, ۱۲, ۱-۹.

^{۷۱} AlFaris

- Czech, A., Grela, E. R., & Ognik, K. (۲۰۱۵). Effect of frying on nutrients content and fatty acid composition of muscles of selected freezing seafoods. *Journal of Food and Nutrition Research*, ۳(۱), ۹-۱۴.
- Dayal, J. S., Ponniah, A. G., Khan, H. I., Babu, E. M., Ambasankar, K., & Vasagam, K. K. (۲۰۱۳). Shrimps—a nutritional perspective. *Current science*, ۱۴۸۷-۱۴۹۱.
- Dincer, M. T., & Aydin, I. (۲۰۱۴). Proximate composition and mineral and fatty acid profiles of male and female jinga shrimps (*Metapenaeus affinis*, H. Milne Edwards, ۱۸۳۷). *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, ۳۸(۴), ۴۴۵-۴۵۱.
- Erdoğan, F., Balaban, M. O., & Otwell, W. S. (۲۰۰۳). Construction of shrimp cooking charts using previously developed mathematical models for heat transfer and yield loss predictions. *Journal of food engineering*, ۶۰(۱), ۱۰۷-۱۱۰.
- García-Romo, J. S., Noguera-Artiaga, L., Gálvez-Irqui, A. C., Hernández-Zazueta, M. S., Valenzuela-Cota, D. F., González-Vega, R. I., ... & Burgos-Hernández, A. (۲۰۲۰). Antioxidant, antihemolysis, and retinoprotective potentials of bioactive lipidic compounds from wild shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) muscle. *CyTA-Journal of Food*, ۱۸(۱), ۱۵۳-۱۶۳.
- Giovanelli, G., Torri, L., Sinelli, N., & Buratti, S. (۲۰۱۷). Comparative study of physico-chemical and sensory characteristics of French fries prepared from frozen potatoes using different cooking systems. *European Food Research and Technology*, ۲۴۳(۹), ۱۶۱۹-۱۶۳۱.
- Heredia, A., Castelló, M. L., Argüelles, A., & Andrés, A. (۲۰۱۴). Evolution of mechanical and optical properties of French fries obtained by hot air-frying. *LWT-Food Science and Technology*, ۵۷(۲), ۷۵۵-۷۶۰.
- Jeyasantha, K. I., & Patterson, J. (۲۰۱۷). Effect of formulated feed on the biochemical composition of cultured shrimp, *Penaeus monodon* (Fabricius, ۱۷۹۸). *International Journal of Fisheries and Aquatic Research*, ۲, ۱۵-۲۲.
- Krokida, M. K., Oreopoulou, V., & Maroulis, Z. B. (۲۰۰۰a). Effect of frying conditions on shrinkage and porosity of fried potatoes. *Journal of food engineering*, ۴۳(۳), ۱۴۷-۱۵۴.
- Krokida, M.K., Oreopoulou, V., and Maroulis, Z.B. (۲۰۰۰b). Water Loss and Oil Uptake as a Function of Frying Time, *Journal of Food Engineering*, ۴۴: ۳۹-۴۶.
- Martínez-Delgado, A. A., Khandual, S. & Villanueva-Rodríguez, S. J. (۲۰۱۷). Chemical stability of astaxanthin integrated into a food matrix: Effects of food processing and methods for preservation. *Food Chemistry*, ۲۲۵, ۲۳-۳۰.
- Muniyappan, J., Varadharajan, V., & Namadevan, P. (۲۰۱۹). Biochemical screening and determination of bioactive components of commercially cultured pacific white shrimp *Penaeus vannamei*. *Pharmacognosy Research*, ۱۱(۲).
- Musaiger, A. O., & D Souza, R. (۲۰۰۸). The effects of different methods of cooking on proximate, mineral and heavy metal composition of fish and shrimps consumed in the Arabian Gulf. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, ۵۸(۱), ۱۰۳-۱۰۹.
- Peralta, E. M., Hatate, H., Watanabe, D., Kawabe, D., Murata, H., Hama, Y., & Tanaka, R. (۲۰۰۵). Antioxidative activity of Philippine salt-fermented shrimp and variation of its constituents during fermentation. *Journal of Oleo Science*, ۵۴(۱۰), ۵۵۳-۵۵۸.
- Rajesh, M., Dhanaraj, T. S., & Noorjahan, A. (۲۰۲۱). Comparative studies on antioxidant properties of wild and cultured shrimps. *Survey in Fisheries Sciences*, ۷(۲), ۱۹۹-۲۰۸.
- Rostini, I., & Pratama, R. I. (۲۰۱۸). Effect of steaming on physical and chemical characteristics White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) from Indramayu Waters. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. ۱۷۶, No. ۱, p. ۰۱۲۰۴۶). IOP Publishing.
- Sabbaghi, H., Ziaifar, A. M., & Kashani-Nejad, M. (۲۰۱۷). Analysis of heat and mass transfer during frying process of potato strips. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, ۱۳(۲), ۳۷۹-۳۹۲.
- Santos, C. S., Cunha, S. C., & Casal, S. (۲۰۱۷). Deep or air frying? A comparative study with different vegetable oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, ۱۱۹(۶), ۱۶۰۰۳۷۵.

- Teruel, M. D. R., Gordon, M., Linares, M. B., Garrido, M. D., Ahromrit, A., & Niranjana, K. (۲۰۱۵). A comparative study of the characteristics of french fries produced by deep fat frying and air frying. *Journal of Food Science*, ۸۰(۲), E۲۴۹-E۳۵۸.
- Ushakumari, U. N. & Ramanujan, R. (۲۰۱۳). Isolation of astaxanthin from marine yeast and study of its pharmacological activity. *International Current Pharmaceutical Journal*, ۲(۳), ۶۷-۶۹.
- Yerlikaya, P., Topuz, O. K., Buyukbenli, H. A., & Gokoglu, N. (۲۰۱۳). Fatty acid profiles of different shrimp species: effects of depth of catching. *Journal of aquatic food product technology*, ۲۲(۳), ۲۹۰-۲۹۷.

The Importance of Healthy Processing of Shrimp in the Food Industry

Bahareh Maroufpour¹, Aman Mohammad Ziaifar^{2*}, Hassan Sabbaghi³

¹ Ph.D. student of food industry science and engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

^{2*} Professor, Department of Food Industry Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran (corresponding author)

³ Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture and Animal Science, University of Torbat-e Jam, Razavi Khorasan Province, Iran

Abstract

Shrimp belong to the crustacean family and are considered one of the valuable marine protein sources in human nutrition. They are rich in essential nutrients such as essential fatty acids, high-quality proteins, minerals, and astaxanthin, which is known for its antioxidant support for the nervous and musculoskeletal systems. Due to their high nutritional value and beneficial health properties, shrimp have gained global attention. Additionally, shrimp meat has high biological value due to its easy digestibility compared to many other protein sources. However, shrimp processing methods play a crucial role in preserving micronutrient and macronutrient content, nutritional value, safety, quality, and bioactivity. This review article examines different types of shrimp, healthy processing in the food industry, and their effects on consumer health. Finally, strategies for improving food safety and the quality of this marine product will be presented.

Keywords: Shrimp, Nutrition, Healthy processing, Food industry, Food safety.