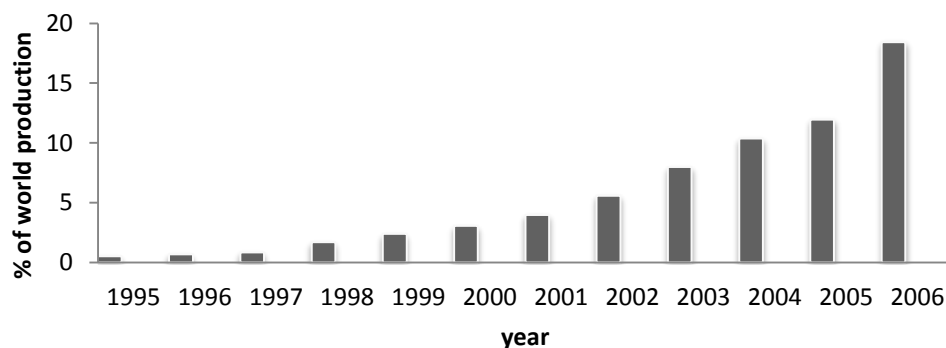


فصل اول : مقدمه

۱-۱- کلیات

هر ساله بیش از ۱۳۲ میلیون تن ماهی صید می شود که ۲۹/۵٪ آن به خوراک حیوانات^۱ تبدیل می شود (FAO., ۲۰۰۶) و به احتمال زیاد بیش از ۵۰٪ از بافت ماهیهای باقی مانده به مواد زائد و غیر قابل مصرف تبدیل خواهند شد. با افزایش روزافزون جمعیت جهان و صید جهانی ماهی بیش از ۱۰۰ میلیون تن در سال نیاز به مصرف هوشمندانه تر منابع دریایی وجود دارد (Kristinsson *etal.*, ۲۰۰۰). میزان تولید جهانی شیلات از طریق صید و آبی پروری در سال ۲۰۰۸ به ترتیب ۸۹۷۴۰۹۱۹ تن و ۵۲۵۴۶۲۰۵ تن و در کل ۱۴۲۲۸۷۱۲۴ تن بوده است و در این میان سهم ایران با تولید کل ۵۶۲۸۲۱ تن (صید: ۴۰۷۸۴۲، آبی پروری: ۱۵۴۹۷۹)، در تولید جهانی ۵/۹۸ درصد می باشد (نمودار ۱-۱) (FAO., ۲۰۰۸).



نمودار ۱-۱- نمودار تولید جهانی شیلات (FAO., ۲۰۰۸)

بر اساس آمار اداره کل شیلات ایران میزان تولید ماهی (آبزی پروری و صید) در سال ۸۷، در کل ۵۶۲۵۹۴ تن (صید در آبهای شمال ۳۶۹۶۷ تن، صید در آبهای جنوب ۳۴۱۹۸۰ تن و آبزی پروری ۱۸۳۶۴۷ تن) بوده است. میزان آبزی پروری به تفکیک پرورش ماهیان گرمابی و سردابی به ترتیب ۸۷۸۴۸ و ۶۲۶۳۰ تن در سال ۸۷ بوده است (سالنامه آماری سازمان شیلات، ۱۳۸۷).

در میان استان های مختلف ایران، استان فارس در سال ۲۰۰۶ با تولید حدود ۴۶۰۰ تن ماهی جایگاه چهارم کشور قرار دارد. میزان تولید ماهیان گرمابی و سردابی در استان به ترتیب ۴۳۵ تن و ۴۰۹۳ تن در سال ۱۳۸۷ بود (سالنامه آماری سازمان شیلات، ۱۳۸۷).

مصرف ماهی به دلیل محتوای غنی پروتئینی (با ارزش تغذیه‌ای بالا)، مواد معدنی، ویتامینها و لیپیدهای متمایزی که دارد، اثرات مثبتی را بر سلامتی انسان خواهد داشت. آمارهایی که براساس گزارشات کشورهای اصلی صید کننده ماهی در سال ۲۰۰۳ منتشر شده اند، نشان می دهند که حداقل ۲۰٪ متوسط دریافت پروتئین حیوانی در بیش از ۲/۶ میلیون نفر از جمعیت جهان طریق مصرف ماهی می باشد (Picot *etal*, ۲۰۰۶).

مقدار زیادی از پروتئین های با کیفیت بالا می توانند از طریق فراورده های دریایی در اختیار انسان قرار گیرند. نقش تغذیه ای این پروتئین ها را در رژیم غذایی انسان می توان با استفاده بهتر از فراورده های صید شده و تولید ماهیان پرورشی تقویت نمود. هر ساله میلیون ها تن ماهی صید می شود که تقریبا ۲۹/۵ درصد از آن تبدیل به خوراک دام می گردد. حدود ۵۰ درصد از مقادیر ذکر شده مربوط بهضایعات کارخانجات فراوری ماهی می باشد. (Bacael *etal*, ۱۹۹۱). با توجه به این که حدود ۵۰ درصد از ماهی دارای مصرف خوراکی است و در حال حاضر نیمی از گوشت قابل مصرف ماهی توسط انسان مصرف می شود، همواره قسمت قابل توجهی از گوشت خوراکی ماهی بدون استفاده باقی می ماند (Motamedzadegan *etal*, ۲۰۰۳). که در حال حاضر مقدار آن حدود ۳۰ میلیون تن می باشد (Kristinsson *etal*, ۲۰۰۰).

در حالی که میانگین مصرف سرانه ماهی در جهان ۱۶/۳ کیلوگرم در سال ۲۰۰۸ بوده است، مصرف سرانه کشورهای در حال توسعه در مقایسه با کشورهای توسعه یافته و صنعتی (به ترتیب ۲۳/۸ و ۲۷/۳ کیلوگرم در سال) ۱۴/۳ درصد بود. سرانه مصرف انواع آبزیان در خاورمیانه ۶ کیلوگرم در سال و در ایران ۶/۴ کیلوگرم در سال بوده است (FAO, ۲۰۰۸). بر اساس آمار منتشر شده از طریق اداره کل شیلات ایران میزان سرانه مصرف انواع آبزیان در سال ۱۳۸۷، ۷/۳۲ کیلوگرم در سال بوده است (سالنامه آماری سازمان شیلات، ۱۳۸۷).

۱-۲- ماهی کپور

خانواده کپور ماهیان آسیایی جنس فیتوفاگ، از بزرگترین خانواده ماهیانی است که در محیط های آبی شیرین سراسر دنیا پراکنش دارند. ماهیان این خانواده در سطح وسیعی گسترش یافته و به حالت بومی این مناطق در آمده اند (سرپناه، ۱۳۸۸).

این ماهی به عنوان یکی از مهمترین ماهیان پرورشی گرم آبی دنیا معرفی شده است. پرورش ماهی کپور از آسیای شرقی به اغلب نقاط دنیا انتشار یافته است و تولید گوشت آن بسیار بالاست. نژادهای مختلفی از این ماهی نظیر کپور آئینه ای و کپور چرمی مورد پرورش قرار می گیرند. انواع کپور پرورشی پس از چند سال اصلاحات ژنتیکی به صورت امروزی درآمدی که دارای رشد مناسب، ضخامت کافی گوشت و قدرت تولید نسل بالا بوده و در مقابل امراض و سایر شرایط محیطی مقاوم می باشند. بدن این ماهی از فلس های درشت سیکلوئیدی پوشیده شده و خط جانبی آن مشخص است. باله پشتی ممتد و دندان های حلقی سه ردیفی از وجوه مشخصه آن است. پشت این ماهی تیره رنگ، (قهوهای متمایل به سبز تند) و شکم آن سفید مایل به زرد است. این ماهیبه طول ۸۰ سانتی متر و وزن ۱۵ کیلو گرم می رسد. در حرارت بین ۱۸ تا ۲۲ درجه سلسیوس تخم ریزی کرده و حرارت مناسب زیستی آن ۲۰ تا ۲۸ درجه سلسیوس می باشد. در ۵ درجه سلسیوس رشد

و تغذیه ماهی به کلی متوقف می گردد (قلی زاده، ۱۳۷۳). ماهی کپور معمولی با نام علمی *Cyprinus carpio* یکی از مهمترین ماهیان پرورشی به شمار می رود (فریدپاک، ۱۳۶۵).

۱-۳- ساختمان عضلات ماهی

فراورده های آبزیان یکی از مهمترین منابع موجود برای تامین پروتئین مورد نیاز جامعه اند و استفاده از آن نقش مهمی در سلامت مصرف کننده دارد. پروتئینهای ماهی قابلیت هضم بالایی دارند و کیفیت آنها با توجه به اسیدهای آمینه ضروری برابر با گوشت قرمز است. پروتئینهای ماهی از نظر حساسیت به تجزیه پروتئولیتیکی (در اثر آنزیمها) دارای ارزشی معادل یا حتی بیشتر از گوشت قرمز می باشد که بدین ترتیب هضم آنها را تسهیل می کند (Nosadetal., ۱۹۹۱).

در نیم قرن گذشته تلاش های زیادی برای افزایش قابلیت استفاده از منابع محدود دریایی انجام گرفته است یکی از این موارد استخراج پروتئین از ماهی کامل، ماهی تمیز شده و فیله ماهی بوسیله حلال می باشد که منجر به تولید کنسانتره پروتئینی ماهی با درصد پروتئین بالا می گردد. همچنین تلاش های زیادی برای اصلاح آنزیمی پروتئین ها انجام شده است (Kristinssonetal., ۲۰۰۰).

عضلات حاوی آب، لیپید، کربوهیدرات، مواد معدنی (خاکستر)، ویتامینها و اسیدهای نوکلئیک می باشند (Lawrie., ۱۹۹۱). عضلات ماهی، قسمت خوراکی بدن ماهی را تشکیل می دهند و از نظر ساختمان، ترکیب شیمیایی، عمل و نحوه تبدیل به گوشت مشابه عضلات دام های کشتاری (گاو و گوسفند) بوده و از این نظر اختلاف عمده ای بین آنها وجود ندارد. در بدن ماهی سه نوع عضله وجود دارد: عضلات مخطط^۱ که قسمت اصلی گوشت ماهی و دیگر حیوانات گوشتی را تشکیل می دهند، عضلات صاف^۲ که عمدتاً در ساختمان روده ها و بدن نرم تنان وجود دارند و بالاخره عضله قلب^۳ که کم و بیش حد فاصل آن دو محسوب می گردد (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶). در بیشتر ماهیان ساختار ماهیچه ای میوتومال از دو گروه هموزن فیبرماهیچه ای، ماهیچه اسکلتی سفید و

۱-Striated muscle

۲-Smooth muscle

۳-Cardiac muscle

ماه‌یچه تیره در زیر خط جانبی تشکیل شده است (Aminlari *etal.*, ۲۰۰۹). برعکس عضلات سفید که در تمام بدن گسترده شده اند، عضله تیره عمدتاً در زیر پوست و بخصوص در دو طرف بدن کشیده شده است. مقدار عضله تیره از گونه ای به گونه دیگر متفاوت می باشد (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶).

عضله سفید یا قسمت خوراکی بدن ماهی از مجموعه بلوک‌هایی مجزا تشکیل شده است که به آنها میوتوم^۱ یا میومر^۲ می گویند. این بلوکها خود بوسیله صفحاتی از بافت پیوندی به نام میوکوماتا^۳ یا میوسپتا^۴ از یکدیگر جدا گردیده اند. این عضلات همچنین در چندین نقطه بوسیله بافت پیوندی به استخوان پشت متصل هستند. عضلات در ماهی زنده منقبض و منبسط شده و انتقال نیروی حاصل از انقباض و انبساط در طول بدن سبب حرکت ماهی درون آب می شود (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶).

عضلات ماهی ساختمانی نیمه شفاف و لاستیک مانند دارند و از میلیون ها سلول عضلانی^۵ ساخته شده اند. این سلول ها رشته های نازکی بوده که در سطح برش عرضی یک فیله با چشم غیر مسلح قابل رویت هستند. این رشته ها به طور کلی به موازات یکدیگر و در جهت سر به دم کشیده شده اند. الیاف عضلانی در سر تا سر بدن بوسیله صفحاتی از بافت پیوندی به نام اندومیزیوم^۶ پوشیده شده و مجموعه آنها بوسیله بافت پیوندی^۷ احاطه گردیده اند. البته به طور کلی در بدن ماهی قطر الیاف عضلانی در قسمتهای ضخیم بدن زیادتاً در ناحیه سر و دم کمتر است (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶).

حدود ۸۰ درصد حجم سلول عضلانی بوسیله دستگاه انقباضی یا میوفیبریل ها احاطه گردیده‌است. میوفیبریل ها رشته هایی بسیار نازک و ظریف هستند که به موازات هم در سلول عضلانی قرار گرفته اند. اطراف این رشته های نازک را یک حوضچه آنزیمی به نام سارکوپلاسما^۸ گرفته که درون آن اجزاء سلولی مانند هسته، میتوکندری و... قرار دارند (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶).

۱-Myotom	۵ - Fibers
۲-Myomer	۶- Endomysium
۳-Myocommata	۷-Myocommata
۴-Myosepta	

اگرچه گوشت بدن اکثر ماهیان تجاری سفید رنگ است، ولی در بعضی از این ماهیان مثل ماهی تون یا ماهی آزاد سالمون، علاوه بر عضلات سفید در دو طرف بدن و بلافاصله در زیر پوست، عضلاتی تیره رنگ به صورت دو نوار باریک وجود دارند که در اصطلاح عضله تیره یا عضله قرمز نامیده می شوند. مقدار این عضله در بدن ماهی از گونه ای به گونه دیگر متفاوت است و در این میان ماهیان تون علاوه بر دو نوار کناری دارای یک بلوک اضافی در نزدیک استخوان پشت نیز می باشند (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶).

مقدار این عضلات در ماهیانی که فعال بوده و به طور مستمر در آبهای سطحی شنا می کنند بیشتر از ماهیان عمق زی یا کف زی است. زیرا در این ماهیان مثل کاد میزان فعالیت بسیار کم و یا در ماهیان پهن مثل سول^۱ تقریباً هیچ است. دلیل این امر به کارگیری عضلات تیره برای شنای بی وقفه و طولانی است. در حالی که ذخیره عضلات سفید در همان حال برای تعقیب یا فرار ناگهانی حفظ می گردد. تحقیقات نشان داده که در میان ماهیان یک گونه هم، ماهیانی که بیشتر از دیگر ماهیان شنا می کنند دارای عضلات قرمزتری هستند (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶). متابولیسم اکسیداتیو فعال در عضله تیره برای انقباض آهسته و مداوم این عضله در طی شنای ثابت مناسب به نظر می رسد (Hashimoto *et al.*, ۱۹۷۹).

وجود عضلات تیره از لحاظ تکنولوژیکی هم دارای اهمیت خاصی است، زیرا این عضلات در مقایسه با عضلات سفید دارای چربی بیشتری هستند که مقدار آن گاهی تا دو برابر هم می رسد. بعلاوه از نظر طعم نیز متفاوت بوده و نسبت به تند شدن^۲ حساستر هستند. این امر خود بهترین دلیل است که ماهیان چرب مثل هرینگ^۳ حتی در حالت انجماد علائم تند شدن چربی را به سرعت نشان دهند. به همین علت پیشنهاد می گردد که عضلات تیره در مراحل اولیه عمل آوری از بدن ماهی جدا شده تا ماندگاری محصول در حالت انجماد بیشتر شود. البته این کار در صنعت کمتر انجام می گیرد (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶). محتوای بالای لیپید و ویتامین این فرضیه را در ذهن ایجاد می کند که این عضله می تواند به عنوان مکمل کبد عمل کرده و متابولیت ها را به ماهیچه

۱- Sole

۲-Rancidity

۳-Herring

سفید مجاور انتقال دهد. پروتئین های ماهیچه تیره و سفید متفاوت هستند و به عنوان مثال عضله تیره دارای پروتئین های محلول در قلیای بیشتری در مقایسه با عضله سفید است و همچنین پروتئین های میوفیبریلار آن پایداری بیشتری داشته و به فاکتورهای تجزیه کننده مانند نگهداری انجمادی حساستر می باشند (Hashimoto *etal.*, ۱۹۷۹). پروتئین های ماهی حساس به حرارت بوده و با افزایش دما تمایل آنها به تجزیه شدن افزایش می یابد (Feng *etal.*, ۱۹۹۷) و حلالیت آنها در مقایسه با پروتئینهای مشابه در پستانداران تمایل بیشتری به تغییر سریعتر دارد (Hashimoto *etal.*, ۱۹۷۹).

ترکیب شیمیایی بدن ماهی از گونه ای به گونه دیگر متفاوت است. این تفاوت حتی در میان ماهیان یک گونه هم ممکن است دیده شود که دلیل اصلی آن تفاوت در سن، جنس، شرایط محیطی و فصل می باشد (جدول ۱-۱). اما بی شک اختلاف اصلی در ترکیب شیمیایی بدن ماهی را باید در ارتباط با غذای دریافتی یا تغذیه ماهی دانست. به همین علت زمانی که ماهی دسترسی کافی به مواد غذایی داشته باشد ابتدا پروتئین عضله یک افزایش نسبی را نشان داده و به دنبال آن چربی به سرعت شروع به افزایش می کند و برعکس در دوره هایی که ماهی با کمبود غذا روبروست مثل دوره مهاجرت یا تخم ریزی، ضمن کاهش ذخایر، باز به تدریج تغییراتی در ترکیب شیمیایی عضلات رخ می دهد. در این رابطه بخصوص ماهیانی که از پلانکتون تغذیه می کنند به دلیل عدم دسترسی به آن در بعضی از فصول، اختلافاتی را در ترکیب شیمیایی بدن خود ظاهر می سازند (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶).

جدول ۱-۱- ترکیب شیمیایی بدن گونه هایی از آبزیان (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶)

آب	پروتئین	چربی	کربوهیدرات	خاکستر	گونه ها
					<u>Fish</u>
۸۲/۸	۱۵/۸	۰/۴	۰/۱	۲/۱	Cod
۷۱/۰	۲۲/۰	۵/۳	۰/۳	۴/۱	Pink salmon
۸۷/۰	۱۹/۱	۲/۱	۰/۱	۱/۶	Flat fish
۶۸/۲	۲۲/۵	۸/۰	۰/۳	۱/۰	Yellow tail
					<u>Mackerel</u>
۷۵/۸	۲۳/۶	۰/۸	-	۴/۱	With muscle
۷۳/۶	۱۹/۴	۴/۹	-	۱/۱	Dark muscle
۷۰/۴	۲۵/۸	۲/۰	۰/۴	۴/۱	Skipjack
					Sardine
۷۲/۰	۲۳/۱	۲/۹	-	۴/۱	With muscle
۷۰/۰	۱۵/۹	۱۲/۸	-	۱/۰	Dark muscle
					<u>Shellfish</u>
۸۱/۹	۹/۷	۱/۸	۵/۰	۱/۶	Oyster
۷۷/۲	۲۰/۵	۰/۷	۰/۱	۶/۱	Tiger shrimp
۸۲/۸	۱۴/۸	۰/۵	۰/۱	۱/۸	Lobster

بدن ماهی پس از تخلیه حفره شکمی از سه قسمت عمده یعنی پوست، استخوان وعضله یا گوشت تشکیل می شود. از این سه قسمت پوست با حدود ۸۰ درصد آب و ۱۶ درصد پروتئین و استخوان با ترکیب حدود ۷۵ درصد آب و ۹ درصد پروتئین از نظر خوراکی از اهمیت کمتری نسبت به گوشت ماهی برخوردارند. هر چند به طور معمول پس از طی فرایند های حرارتی بخصوص تهیه کنسرو، در اثر نرم شدن استخوان ها این قسمت ها هم تا حدی خورده می شوند(رضوی شیرازی، ۱۳۸۶).

قسمت خوراکی بدن ماهی یا همان عضلات به طور متوسط حدود ۴۵ تا ۵۰ درصد وزن بدن را تشکیل می دهند، که این درصد ممکن است تحت تاثیر پاره ای از عوامل از جمله: سن، زمان صید و بخصوص شکل ماهی تغییر نماید. برای مثال در ماهیان بیضی شکل مانند سالمون این مقدار بیش از ۶۰ درصد است. در حالی که در ماهیانی که سر یا شکم بزرگی دارند مثل کاد^۱ و همچنین ماهیان پهن مثل حلوا، این مقدار ممکن است تا حد ۳۰-۴۰ درصد هم کاهش یابد. در جدول ۱-۲ ضمن مقایسه ترکیب شیمیایی گوشت گاو و ماهی، درصد اجزاء اصلی تشکیل دهنده آنها نیز نشان داده شده است (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶).

جدول ۱-۲- درصد اجزاء اصلی در عضله ماهی و گاو (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶)

ترکیب شیمیایی	ماهی (فیله)		گوشت گاو (عضله خالص)
	حداقل	حد متوسط	
پروتئین	۶	۱۶-۲۱	۲۰
چربی	۰/۱	۰/۲-۲۵	۳
کربوهیدرات		< ۰/۵	۱
خاکستر	۰/۴	۱/۲- ۱/۵	۱/۵
آب	۲۸	۶۶-۸۱	۷۵

همانگونه که از جدول مشهود است، تغییرات میزان چربی در بدن ماهی بر میزان آب تاثیر مستقیم دارد. به طوری که همواره مجموعه آب و چربی در عضله در حدود ۸۰ درصد می باشد و این بدین معناست که در گونه های بدون چربی مثل کاد ، آب حدود ۸۰ درصد وزن عضله را تشکیل میدهد. در حالی که این مقدار در ماهیان چرب و بر حسب فصل ممکن است تا ۵۰ درصد هم کاهش یابد (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶).

۱- Cod

۴-۱- پروتئین های عضله ماهی

پروتئینهای ماهیچه ای نه تنها از ترکیبات آلی بافت ماهیچه ای تشکیل شده اند بلکه مسئول ویژگیهای ساختاری و بیولوژیکی ماهیچه در حیوانات زنده می باشند (Bandman *etal.*, ۱۹۸۷). پروتئینهای ماهیچه همچنین تحت تاثیر تغییرات جمود نعشی در طی تبدیل شدن به گوشت^۱ قرار میگیرند. علاوه بر این پروتئینهای ماهیچه ای ترکیبات عملکردی و ساختاری عمده در سیستمهای گوشت فرایند شده می باشند (Smyth *etal.*, ۱۹۹۹).

پروتئین های ماهی خصوصیات رئولوژیکی جالبی را نشان می دهند و می توانند در فرایندهایی مانند تولید سوریمی و غنی سازی پروتئینی فیله مفید واقع شوند (Picot *etal.*, ۲۰۰۶). مقدار پروتئین در عضلات در یک ماهی سالم در حدود ۲۰-۱۶ درصد است که در هنگام عدم دستیابی به مواد غذایی برای مدت طولانی^۲ یا در پایان دوره تخم ریزی، این مقدار ممکن است تا حد زیادی کاهش یافته و به حدود ۱۵ درصد هم برسد. در این حالت در بدن ماهیان بدون چربی^۳ میزان آب به حداکثر میزان خود (بیش از ۸۰ درصد) خواهد رسید. البته باید توجه داشت که این مقدار پروتئین بر پایه ازت اندازه گیری شده است و نشان دهنده مقدار حقیقی پروتئین نمی باشد. لذا در مواردی که پروتئین بیشتر از معمول عنوان گردد مثل ماهی تون (بیش از ۲۰ درصد) باید توجه داشت که دلیل آن وجود مقدار زیاد ترکیبات ازت دار غیر پروتئینی است که در بعضی ماهیان وجود دارد (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶).

غلظت اسیدهای آمینه ضروری در رژیم غذایی یکی از عوامل اساسی می باشد که از طریق آن ارزش تغذیه ای پروتئین های غذا سنجیده می شود. عضله ماهی دارای ترکیب خوبی از اسیدهای آمینه است می باشد و منبع عالی پروتئین های مغذی با قابلیت هضم آسان است (Foh *etal.*, ۲۰۱۰). علاوه بر کیفیت بالای پروتئین های ماهی، غلظت اسید های آمینه لیزین و متیونین نیز در آن قابل توجه می باشد (Ando *etal.*, ۱۹۹۱). اگرچه بیشتر تحقیقات بر روی ماهیان آبهای شور انجام شده، ولی نتایج تحقیقات نشان داده که بین ترکیب اسیدهای آمینه این ماهیان و ماهیان

۱-Meat

۲- Starvation

۳-Lean fish

آبهای شیرین اختلاف معنی داری وجود ندارد. به طور کلی پروتئین فرآورده های خوراکی حاصل از آبزیان از جمله ماهی از کیفیت بالایی برخوردار است . به عبارت دیگر پروتئین ماهی، پروتئینی است کامل که دارای تمام اسیدهای آمینه لازم به مقدار مورد نیاز و تناسب مطلوب می باشد(جدول ۱-۳)(رضوی شیرازی،، ۱۳۸۶).

جدول ۱-۳- اسیدهای آمینه لازم در پروتئین های مختلف(رضوی شیرازی،، ۱۳۸۶)

اسید آمینه	ماهی	شیر	گوشت قرمز	تخم مرغ
لیزین	۸/۸	۸/۱	۹/۳	۶/۸
تریپتوفان	۱/۰	۱/۶	۱/۱	۱/۹
هیستیدین	۲/۰	۲/۶	۳/۸	۲/۲
فنیل آلانین	۳/۹	۵/۳	۴/۵	۵/۴
لوسین	۸/۴	۱۰/۲	۸/۲	۸/۴
ایزولوسین	۶/۰	۷/۲	۵/۲	۷/۱
ترئونین	۴/۶	۴/۴	۴/۲	۵/۵
متیونین - سیستئین	۴/۰	۴/۳	۲/۹	۸/۱
والین	۶/۰	۷/۶	۵/۰	۸/۱

پروتئینهای ماهیچه به طور گسترده ای می توانند بر اساس حلالیت خود به سه دسته، پروتئینهای سارکوپلاسمیک، پروتئینهای متابولیکی که در آب یا محلولهای نمکی رقیق محلول می باشند، پروتئینهای میوفیبریلار، پروتئینهای انقباضی که در محلولهای نمکی غلیظ محلول می باشند و پروتئینهای استروما، پروتئینهای بافت پیوندی که در هر دو محلول نمی باشند (Lawrie., ۱۹۹۱).

۱-۴-۱- پروتئین های میوفیبریلار^۱

این پروتئین ها که به پروتئین های ساختمانی موسومند، تشکیل دهنده سیستم انقباض و انبساط بوده و در حدود ۷۰-۵۰ درصد از کل پروتئین های عضله را شامل می شوند. از این رو اختصاصات آنها بر کیفیت عضله به عنوان یک منبع پروتئینی تاثیر زیادی خواهد داشت. این پروتئین ها در محلول های نمکی غلیظ (محلول هایی با غلظت یونی بالا > 0.5) محلول بوده و مهمترین خواص تکنولوژیکی عضله مثل ظرفیت نگهداری آب^۲ در ارتباط با این پروتئین ها می باشد (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶). پروتئین های میوفیبریلار فراوانترین پروتئین در ماهیچه بوده و قابلیت مختلفی نظیر جذب آب، جذب روغن، امولسیون کنندگی، ژل کنندگی، کف کنندگی و غیره دارند. از این پروتئین ها استفاده زیادی در صنایع می شود (Motamedzadegan *et al.*, ۲۰۰۴).

پروتئینهای میوفیبریلار مسئول ویژگیهای بافتی محصولات فرایند شده گوشتی می باشند (Asghar *et al.*, ۱۹۸۵). استخراج پروتئینهای میوفیبریلار برای القای تولید ژل در محصولات گوشتی مهم است (Li-chon., ۱۹۸۷).

میوفیبریل عضله پستانداران توسط محلولهای نمکی رقیق استخراج می شود. در صورت کوتاه بودن زمان استخراج، پروتئین استخراج شده (عمدتا میوزین) در مقایسه با استخراج طولانی مدت (اکتو میوزین) دارای ویسکوزیته کمتری خواهد بود. در حالی که در عضله ماهی اکتین و میوزین به طور همزمان استخراج و اکتومیوزین در حلال مرحله استخراج شکل می گیرد (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶).

پروتئینهای میوفیبریلی عامل واکنشهای پیچیده انتقال انرژی شیمیایی ATP به انرژی حرکتی است. تعداد نسبتا کم پروتئینهای مورد نیاز برای حرکت کاملا محسوس بوده، به ویژه اگر با تعداد پروتئین مورد نیاز برای دیگر فرآیندهای بیوشیمیایی مقایسه شود. با حل کردن میوفیبریلها در سدیم دودسیل سولفات و جداسازی پروتئینهای میوفیبریلی روی ژلهای SDS-PAGE اطلاعات

۱-Myofibrillar proteins

۲-Water binding capacity

زیادی در مورد ترکیب پروتئینهای میوفیبریلی به دست آمده است (Marshall *et al.*, ۱۹۷۵). زنجیره های پلی پپتیدی تشکیل دهنده پروتئین های میوفیبریلی با وزن های مختلف را می توان با استفاده از الکتروفورز جدا نمود. استفاده از این روش امروزه برای بررسی پروفیل پروتئین مواد غذایی بسیار معمول می باشد. در عین حال هنگامی که از الکتروفورز برای مطالعه ترکیب پروتئین میوفیبریلها استفاده می شود لازم است که میوفیبریلها کاملا شسته شده و عاری از پروتئینهای غشایی و آلوده کننده شوند. از آنجا که پروتئینهای غشاء سارکوپلاسمیک به شدت به میوفیبریلها متصل شده اند و حتی گاهی تا ۱۴ بار شستشو در محلولهای کلرید پتاسیم ۱۰۰ میلی مولار جداسازی نشده اند. بنابراین ۲ بار شستشو با محلول تریتون ۱۰۰-X که کاملا آلودگی غشاء رتیکولار را بدون آسیب به دستگاه میوفیبریلی حذف می کند، توصیه می شود. انجام الکتروفورز غشاء میوفیبریل ها قبل و بعد از شستشو با تریتون ۱۰۰-X وجود پلی پپتید ۱۰۵۰۰۰ دالتون را نشان می دهد که عمده ترین پروتئین در غشاء سارکوپلاسمیک رتیکولوم بوده و کمی بالاتر از پلیمر آلفا-کتنین ۱۰۰۰۰۰ دالتونی قرار می گیرد. تیمار تریتون ۱۰۰-X هیچگونه زنجیره پلی پپتیدی را به جز پلی پپتید سارکوپلاسمیک رتیکولار ۱۱۰۰۰۰-۱۰۵۰۰۰ دالتونی از مجموعه پروتئینهای میوفیبریلهای عضله خارج نمی کند (Goll *et al.*, ۱۹۸۸).

باندی که با کمترین سرعت حرکت می کند (۲۰۰۰۰۰ دالتون) زنجیره سنگین مولکول میوزین است که ۴۵-۴۲ درصد کل پروتئینهای بارگذاری شده روی SDS-PAGE را تشکیل می دهد. زیر زنجیره سنگین ۲۰۰۰۰۰ دالتونی دو باند پروتئینی کم رنگ با وزن مولکولی ۱۷۰۰۰۰ و ۱۶۰۰۰۰ دالتون قرار می گیرند. باند ۱۶۰۰۰۰ دالتونی پلی پپتید پروتئین M و باند ۱۷۰۰۰۰ دالتونی باند پپتیدی ناشناخته شده است. پائینتر از پلی پپتید پروتئین M دو باند پروتئینی واقع شده، باند ۴۰۰۰۰ دالتونی پلی پپتید پروتئین C و باندی که بلافاصله بالای پروتئین C قرار دارد، پلی پپتید ناشناخته است. سومین پروتئین ناشناخته در مجموعه میوفیبریل ها یک باند پروتئین بسیار کم رنگ در محدوده ۵۴۰۰۰-۵۶۰۰۰ دالتون می باشد و باند حاصل آن در مجموعه میوفیبریل های عضله اسکلتی به سختی قابل تشخیص است. دیگر مطالعات نشان داده است که فیلامانهای حد

واسط با قطر ۱۰ نانومتر، ممکن است در بخشی از پلی پپتید ۶۰۰۰۰-۵۵۰۰۰ دالتون شرکت کنند (Goll *etal.*, ۱۹۸۸).

باند ۴۲۰۰۰ اکتین زیر باند ۵۵۰۰۰ دالتون قرار می گیرد و زیر این باند سه باند پروتئینی بسیار نزدیک در محدوده وزن مولکولی ۳۷۰۰۰-۳۴۰۰۰ دالتون وجود دارد که به سختی از یکدیگر جدا می شوند. دو باند انتهایی (۳۲۷۵۸ و ۳۵۰۰۰ دالتون) دو زیر واحد تروپومیوزین هستند. باند فوقانی اکتین با کمترین سرعت جابجایی، در مجموعه باندهای سه گانه، تروپونین T است که بزرگترین زیر واحد تروپونین، شناخته شده است. اگر چه توالی های اسیدآمینو های آن نشان می دهد که وزن مولکولی واقعی تروپونین T، ۳۰۵۰۳ دالتون است. این زیر واحد تروپونین روی SDS-PAGE به گونه ای حرکت می کند که به نظر می رسد وزن مولکولی آن ۳۷۰۰۰ دالتون است. چهار باند پروتئینی پائینتر از زیر واحد ۳۳۰۰۰ دالتونی تروپومیوزین، زنجیره سبک ۱ میوزین (۲۵۰۰۰ دالتون)، تروپونین I (۲۳۰۰۰ دالتون)، تروپونین C (باند ۱۹۰۰۰ دالتون) و زنجیره سبک ۲ میوزین (۱۶۵۰۰ دالتون) می باشد. مقایسه وزن مولکولی بدست آمده توسط الکتروفورز با وزن مولکولی حاصل از محاسبه وزن مولکولی اسیدهای آمینو سازنده پلی پپتید نشان می دهد که زنجیره سبک ۱، تروپونین I و تروپونین C همگی به آرامی حرکت می کنند. تروپونین I، pH ایزوالکتریک بالایی دارد که حدود ۹/۳ می باشد و سرعت حرکت آهسته آن ممکن است به خاطر متصل شدن به SDS باشد که باعث افزایش جرم پلی پپتید می شود (Goll *etal.*, ۱۹۸۸).

پروتئین های میوفیبریلار تشکیل شده اند از: اکتینو میوزین که دو پروتئین اصلی در انقباض عضله هستند و چندین پروتئین دیگر که پروتئین های تنظیم کننده^۱ نامیده می شوند و عمل آنها کنترل ارتباط بین اکتین و میوزین در هنگام انقباض و انبساط است که از جمله آنها می توان تروپومیوزین و تروپونین ها را نام برد (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶).

۱-۱-۴-۱- میوزین^۱

میوفیلامنت نازک سارکومرها به طور عمده از میوزین تشکیل شده است که ۴۳-۴۵ درصد از پروتئینهای میوفیبریلار را در ماهیچه پستانداران، پرندگان و ماهیان تشکیل می دهد (Robson., ۱۹۹۵). میوزین مولکولی بزرگ (حدود ۵۰۰ کیلو دالتون) و رشته ای است که از دو زیر واحد بزرگ ، زنجیره سنگین میوزین^۲ و دو زیر واحد کوچک، زنجیره سبک میوزین^۳، تشکیل شده است (Bechtel., ۱۹۸۵).

میوزین در موجودات زنده سه ویژگی زیستی مهم را بر عهده دارد. مولکولهای میوزین فیلامنتهای ضخیم را شکل می دهند. سر میوزین دارای جایگاه کاتالیتیکی برای فعالیت ATPase می باشد که انرژی مورد نیاز برای انقباض ماهیچه را تامین می کند. میوزین و اکتین ایجاد کمپلکسهایی کرده که سازنده اصلی فیلامنتهای نازک می باشند (Stryer., ۱۹۹۵).

میوزین را می توان با استفاده از محلولهای نمکی (مانند NaCl, KCl) با غلظت بالای ۰/۱۵ مولار استخراج نمود. برای جلوگیری از استخراج همزمان اکتین، $MgCl_2$ ، ATP و یا پیروفسفات را می توان به محلول اضافه نمود. مولکولهای میوزین به دلیل اکسیداسیون گروههای تیول تمایل به تجمع دارند و با افزودن اتیلن دی آمین اتر استیک اسید^۴ و مرکاپتواتانول می توان از تجمع آنها جلوگیری کرد (Kijowski., ۲۰۰۱). مولکول میوزین تحت تاثیر سدیم دو دسیل سولفات^۵ به زیرواحدهایی با وزن مولکولی بالا و پائین تقسیم می شوند که می توانند توسط تکنیکهای الکتروفورزی جداسازی شوند (Weeds., ۱۹۸۰).

از آنجایی که میوزین پروتئین پیچیده بزرگی است که تمایل به تجمع دارد، مطالعاتی جهت شکستن مولکولهای میوزین به اجزاء کوچکتر صورت گرفته است. روشی که به صورت گسترده برای شکستن میوزین به کار می رود استفاده از تریپسین، پاپائین و یا کیموتریپسین می باشد (Weeds and Pope., ۱۹۹۷). میوزین حاوی مقدار زیادی زیرواحدهای آسپارتیک اسید و گلوتامیک اسید و همچنین اسید آمینه بازی هیستیدین، لیزین و آرژنین می باشد (Harrington., ۱۹۷۹). نقطه

۱- Myosin

۴- Ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA)

۲- Myosin heavy chain (MHC)

۵- Sodium dodecyl sulfate (SDS)

۳- Myosin light chain (MLC)

ایزوالکتریک میوزین حدود ۵/۳ می باشد، بدین معنا که تحت شرایط فرایند گوشت که pH در حدود ۶ می باشد، میوزین دارای بار منفی بوده و توانایی اتصال به آب را دارد (Harrington., ۱۹۷۹). نمک توانایی میوزین را در اتصال به آب از طریق افزایش موثر بار منفی و شکستن پیوندهای یونی که سبب بادکردن و جذب آب می شوند، افزایش می دهد (Acton et al., ۱۹۸۳).

نقش میوزین در رابطه با انقباض عضلات ماهی کاملاً قابل مقایسه با عضلات پستانداران است و تنها مورد قابل توجه در رابطه با عدم پایداری و توقف فعالیت ATPase در هنگام دناتوراسیون در اثر حرارت و عوامل بیوشیمیایی می باشد. در این رابطه باید توجه داشت که اصولاً میوزین ماهی در مقایسه با میوزین دامهای کشتاری پایداری کمتری داشته و در برابر تغییرات فیزیکی و شیمیایی حساسیت زیادی نشان می دهد که همین امر در نهایت سبب تغییرات قابل توجه در اختصاصات فیزیکیوشیمیایی بافت عضلانی در خلال نگهداری و فراوری می گردد. البته به نظر می رسد که پایداری حرارتی میوزین و ثبات آن در برابر دناتوره شدن در گونه های مختلف یکسان نبوده و به درجه حرارت آب بستگی داشته باشد. میوزین در گونه هایی که در آب سرد زندگی می کنند در برابر دناتوره شدن حرارتی پایداری کمتری دارند (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶).

تحقیقات نشان داده اند که استخراج میوزین از گوشت ماهی بدون استخراج اکتین بسیار مشکل است. زیرا سهولت استخراج اکتین سبب تشکیل اکتومیوزین گردیده و جداسازی میوزین خالص را مشکل می سازد و حتی در زمانی که از روشهای ساده استخراج استفاده می شود، عمده ترین جزء محلول در نمک ماهی، اکتومیوزین است. تهیه میوزین با خلوص بالا از گوشت ماهی مشکل است زیرا این پروتئین به راحتی دناتوره می شود و به صورت غیر قابل برگشت به مولکولهای دیگر می چسبد (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶).

۱-۴-۱-۲-اکتین^۱

اکتین جزء اصلی فیلامنتهای نازک است و ۲۲ درصد پروتئینهای میوفیبریلار را شامل می شود (Yates and Grease., ۱۹۸۳). اکتین پروتئینی کروی بوده و حاوی ۳۷۶ زیرواحد اسید آمینه با وزن مولکولی ۴۲ کیلودالتون می باشد (Kijowski., ۲۰۰۱).

این پروتئین نسبت به میوزین دارای حلالیت کمتری است زیرا که در خط Z به هم متصل است (Forrest *etal.*, ۱۹۷۵). مولکول اکتین سرشار از اسیدآمینه پرولین است. این اسیدآمینه با عامل ایمین خود موجب تاخوردگی بین زنجیره های پلی پپتید شده و شکل کروی این پلی پپتید را ایجاد می کند و به همین دلیل G-actin نام گذاری شده است. قطر این پروتئین در حدود ۲/۵ نانومتر بوده و از ۳۷۵ اسیدآمینه تشکیل شده است (Foegeding *etal.*, ۱۹۹۶). این پروتئین در حضور نمکها با Mg^{+2} و ATP به ADP هیدرولیز می شود که متصل به اکتین باقی می ماند)، خودبه خود پلیمریزه شده و اکتین رشته ای^۲ را می سازد. اکتین رشته ای در فیلامانها به شکل مارپیچ دو رشته ای است که در آن دانه های G-actin بوسیله دو رشته تروپومیوزین پایدار شده اند (Forrest *etal.*, ۱۹۷۵). در اثر آرایش مارپیچی قطر اکتین به ۶ تا ۸ نانومتر افزایش می یابد (Foegeding *etal.*, ۱۹۹۶). تحت شرایط فیزیولوژیکی، مولکولهای G-actin به فرمهای دو رشته ای F-actin پلیمریزه می شوند (Huxley., ۱۹۶۳, Steiner., ۱۹۵۲).

۱-۴-۱-۳- تروپومیوزین^۱

تروپومیوزین مولکولی بسیار طویل (۴۵×۲ میلی متر) با وزن مولکولی حدود ۷۰ کیلو دالتون است، که حدود ۵ درصد از پروتئینهای میوفیبریلار عضله را تشکیل می دهد (Forrest *etal.*, ۱۹۷۵). تروپومیوزین در فیلامنتهای نازک بر روی سطح هر دو زنجیره به هم پیچیده از اکتین به گونه ای قرار می گیرد که هر مولکول آن با هفت مولکول G-actin بر هم کنش دارد. pH ایزوالکتریک این مولکول حدود ۵/۱ است (Foegeding *etal.*, ۱۹۹۶).

۱-Actin

۲-F-actin

۳-Tropomyosin

۱-۴-۱-۴- ترپونین^۱

ترپونین حدود ۵ درصد از پروتئین های میوفیبریلی را تشکیل می دهد و به دلیل داشتن مقادیر نسبتا بالای پرولین، یک پروتئین کروی است. واحدهای ترپونین در فواصل معینی در طول فیلامان اکتین تکرار می شوند. به طور کلی برای هر مولکول ترپونین ۸-۷ مولکول G-actin وجود دارد (Kristenssen *etal.*, ۲۰۰۱). ترپونین بر روی فیلامانهای اکتین قرار گرفته و تماس بین فیلامانهای اکتین و میوزین را به هنگام انقباض عضله از طریق تغییر ایجاد شده در غلظت یون کلسیم کنترل می کند. این پروتئین کمپلکس سه ترکیب T، I و C است. ترپونین T از زنجیره پلی پپتیدی با ۲۵۹ اسیدآمینو تشکیل شده است و به ترپومیوزین متصل می شود. ترپونین I (۷۲ اسیدآمینو) به اکتین متصل شده و از فعالیتهای آنزیمی مختلف (ATPase) جلوگیری می کند. ترپونین C (۱۵۸ اسیدآمینو) به یونهای کلسیم متصل یا جدا شده و عامل تغییرات قابل برگشت در انقباض یا انبساط عضله است (Forrest *etal.*, ۱۹۷۵).

به جزء اکتین و میوزین که ترکیبات اصلی سارکومرها به شمار می آیند، مجموعه ای از پروتئینهای اسکلتی نیز وجود دارند که عامل پایداری ساختار سارکومرها می باشد (Forrest *etal.*, ۱۹۷۵) و شامل پروتئینهای زیر است:

۱-۴-۱-۵- کانکتین^۲

از نظر مقدار سومین پروتئین میوفیبریلار (حدود ۱۰ درصد از پروتئینهای میوفیبریلار) می باشد، که غیر محلول بوده و وزن مولکولی بین ۷۰۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰۰ دالتن است. این پروتئین از خط Z شروع شده و از بین فیلامانهای ضخیم سارکومرهای مجاور می گذرد تا به خط M برسد. این مولکول با آلفا-اکتین، پروتئین M و میوزین برهم کنش دارد (Forrest *etal.*, ۱۹۷۵) و تصور می شود که نقش آن تنظیم طول فیلامان ضخیم و حفظ استحکام ساختاری میوفیبریل ها و اتصال فیلامان ضخیم به دیسک Z می باشد (Foegeding *etal.*, ۱۹۹۶).

۱-Troponin

۲-Conectin

۱-۴-۱-۶- میومزین^۱

دیگر پروتئین اسکلت سلولی، میومزین یا پروتئین M با وزن مولکولی ۱۶۵۰۰۰ دالتون و ترکیب اصلی خط M بوده که ۳ درصد پروتئینهای میوفیبریلار را تشکیل می دهد (Forrest, *etal.* ۱۹۷۵). میومزین در استحکام میوفیبریلهای ضخیم باند A و در اتصال میوفیبریلهای مجاور شرکت دارد. چون میومزین به شدت به میومزین متصل می شود، احتمالاً در متراکم کردن و چسبندگی مولکولهای میومزین در فیلامانهای ضخیم نقش دارد (Forrest *etal.*, ۱۹۷۵).

۱-۴-۱-۷- آلفا-اکتینین^۲

آلفا-اکتینین دارای وزن مولکولی حدود ۲۰۰۰۰۰ دالتون بوده و از دو زیر واحد پلی پپتیدی با وزن مولکولی مشابه تشکیل شده است که حدود ۲ درصد از پروتئینهای میوفیبریلار را تشکیل می دهد. پروتئینی کروی بوده و از نظر مقدار پرولین با اکتین قابل مقایسه است. آلفا-اکتینین یکی از اعضاء خانواده پروتئین های اتصال دهنده اکتین بوده و نقش سیمان را در فیلامنتهای Z بر عهده دارد (Forrest *etal.*, ۱۹۷۵).

۱-۴-۱-۸- بتا-اکتینین^۳

بتا-اکتینین یک پروتئین دimer از پلی پپتیدهایی با وزن مولکولی معادل ۵۵۰۰۰ و ۳۱۰۰۰ دالتون است. این پروتئین به G-actin متصل شده و از پیوستگی مجدد قطعات F-actin تجزیه شده، جلوگیری می کند. این پروتئین در انتهای فیلامانهای اکتین واقع شده و تصور می شود که در تنظیم طول آنها نقش دارد (Forrest *etal.*, ۱۹۷۵).

۱-Myomesin

۲- α -Actinin

۳- β -Actinin

۱-۴-۱-۹- دسمین^۱

پروتئینی با وزن مولکولی حدود ۵۵۰۰۰ دالتونمی باشد که فیلامانهای با طول تقریبی ۱۰ نانومتر را تشکیل می دهد. این پروتئین جزئی از ساختار شبکه سلولی معروف به سیتواسکت است. فیلامانهای دسمین پیرامون دیسکهای Z دیده شده و با اتصال آنها به یکدیگر میوفیبریلهای مجاور را به هم وصل می کنند (Forrest *etal.*, ۱۹۷۵).

۱-۴-۱-۱۰- تیتین^۲

پروتئینی با وزن مولکولی بالا (۱۰۰۰۰۰۰ دالتون) است. تیتین مولکولی الاستیک و طولی است که حدود ۱۰ درصد از پروتئینهای میوفیبریلار را تشکیل می دهد. تصور می شود که نقش آن تنظیم طول فیلامنت ضخیم و حفظ استحکام ساختاری میوفیبریل ها و اتصال فیلامنت ضخیم به دیسک Z است (Forrest *etal.*, ۱۹۷۵).

۱-۴-۱-۱۱- نبولین^۳

مولکولی بزرگ با وزن مولکولی ۷۰۰۰۰۰ تا ۹۰۰۰۰۰ دالتون است. که حدود ۵ درصد از پروتئینهای میوفیبریلار عضله را تشکیل می دهد. این مولکول دارای چندین جایگاه اتصال با اکتین است (Forrest *etal.*, ۱۹۷۵).

۱-Desmin

۲-Titin

۳-Nebolin