٤/
١٥٥٤٩

٤٦٢٩٥

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده کشاورزی
گروه علوم و صنایع غذایی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی—علوم و صنایع غذایی

تغییرات کیفی برخی ماهی های دریای خزر طی نگهداری به حالت انجماد

نگارش

صفورا پیرستانی

۱۳۸۷ /۵/ ۲۵

استاد راهنما

دکتر محمد علی سحری

استاد مشاور

دکتر محسن برزگر

دی ۸۶

٤٦٢٩٥

تأئید اعضای هیأت داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

اعضای هیأت داوران نسخه ی نهائی پایان نامه خانم/ آقای صفورا پیرستانی

تحت عنوان: تغییرات کیفی برخی ماهی های دریای خزر طی نگهداری به حالت انجماد را از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد پیشنهاد می کنند.

اعضای هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر محمد علی سحری	دانشیار	
۲- استاد مشاور	دکتر محسن برزگر بفروئی	دانشیار	
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر محمد حسین عزیزی	دانشیار	
۴- استاد ناظر	دکتر محمد حسین عزیزی	دانشیار	
۵- استاد ناظر	دکتر حسن فاطمی	دانشیار	

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسان ها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح در مورد نتایج پژوهش های علمی که تحت عناوین پایان نامه، رساله و طرح های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه ها، رساله های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هر گونه بهره برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین نامه ها و دستورالعمل های مصوب دانشگاه باشد.

ماده۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی می باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما نویسنده مسئول مقاله باشند.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی به صورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان نامه و رساله منتشر می شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه، رساله و تمامی طرح های تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آیین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ٤- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره های ملی، منطقه ای و بین المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه، رساله و تمامی طرح های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸٤/٤/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری خواهد بود.

۱۳۸۴/۵

تقدیم به

نگاه پر مهر و قلب سرشار از محبت مادرم

او که صدف مرا در دل دریایی اش پرورش داد

و گرمی نگاهش عشق و محبت را به من آموخت

او که استواری گامهایش صلابت و انسانیت را برایم معنا بخشید

و مرا هرگز یارای سپاسگذاری ازمحبتها و فداکاریهایش نیست

سپاس و قدردانی

سپاس می گویم خالق مهربانم را که برایم راه علم آموزی را هموار گردانید و با الطاف بی دریغش، مرا درجهت نیل به اهدافم امیدوار نمود. او که با آفرینش پدر و مادرم ، مشوقینی دلسوز و آگاه را برای طی طریق زندگی به من هدیه کرد. از پدر و مادرم به خاطر تمام لحظاتی که نیازهایم را مهربانانه پاسخ داده اند سپاسگذاری می کنم.

اکنون که این پایان نامه را به پایان رسانده ام بر خود لازم می دانم که از استاد راهنمای بزرگوار و دلسوزم جناب آقای محمد علی سحری تشکر نموده و همچنین مراتب قدردانی خود را به حضور استاد مشاورم جناب آقای دکتر محسن برزگر تقدیم نمایم.

همچنین از آقایان فاضل، یوسف الهی و کلیه دوستانم در گروه صنایع غذایی کمال تشکر را دارم.

در پایان بر خود لازم میدانم از دوستان عزیزم خانم ها یاوری، معارفی، بیگی، رودباری و حسینی و آقای مجیدیان به خاطر تشویق و همراهی برای اتمام این پایان نامه تشکر نموده و برای ایشان آرزوی سلامتی و موفقیت نمایم.

صفورا پیرستانی

زمستان ۱۳۸۶

چکیده

مطالعه تغییرات کیفی ماهیان سفید (*Rutilus frisii kutum*)، کفال طلائی (*Liza aurata*)، کپور معمولی (*Caprinus carpio*)، سوف معمولی (*Sander lucioperca*) و کیلکا معمولی (*Clupeonella cutriventris caspia*) از سه ایستگاه مختلف دریای خزر (بنادر انزلی، بابلسر و ترکمن به نمایندگی از جنوب غربی، جنوب مرکزی و جنوب شرقی دریای خزر) طی نگهداری به حالت انجماد (-۲۴°C) با بررسی تغییرات ترکیب بیوشیمیایی (رطوبت، خاکستر، پروتئین، چربی و ترکیب اسیدهای چرب) و شاخص های فساد چربی و پروتئین (PV, FFA, TBA, TVN) طی دوره زمانی شش ماهه انجام گردید. نتایج نشان داد از بین ترکیبات بیوشیمیایی، درصد چربی بیشترین تغییرات (۱/۱۳-۱۰/۲۳ درصد) را در همه گونه ها داشت (p=۰/۰۱). در ارزیابی فساد آنزیمی دو شاخص مهم اسیدچرب آزاد (FFA؛ ۳/۰۲-۲۲/۴۷ درصد) و ازت فرار کل (TVN؛ ۱۲/۰۱-۵۸/۰۴ میلی گرم در ۱۰۰ گرم) مورد توجه قرار گرفت و روند افزایشی این دو شاخص گویای افزایش فساد آنزیمی چربی و پروتئین در این ماهیان بود. افزایش معنی دار پراکسید (PV؛ ۱/۳۳-۳۳/۱۳ میلی اکی والان اکسیژن در کیلو گرم روغن) و تیوباربیتوریک اسید (TBA؛ ۰/۰۱-۰/۱۳میلی گرم در کیلو گرم) نشان دهنده روند افزایشی فساد اکسیداسیونی است. کاهش اسیدهای چرب غیر اشباع به خصوص اسیدهای چرب چند غیر اشباع (۹/۲۵-۲۳/۰۳ درصد)، نسبت های ω3/ω6 (۲/۰۲-۶/۶۰ درصد) و EPA+DHA/C16 (۰/۲۱-۰/۶۵) نشان دهنده کاهش ارزش غذایی ماهیان است.

واژگان کلیدی: ماهیان سفید، کفال، کپور، سوف و کیلکا؛ تغییرات کیفی؛ نگهداری به حالت انجماد؛ دریای خزر

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: مقدمه و کلیات ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ کلیات ۴

۱-۲-۱ عوامل موثر بر فساد ماهی ۴

۱-۲-۲ اکسیداسیون چربی ۶

۱-۳ اهداف تحقیق ۸

۱-۴ فرضیه های تحقیق ۹

فصل دوم: مروری بر منابع ۱۰

۲-۱ مروری بر مطالعات انجام شده ۱۱

فصل سوم: مواد و روش ها ۲۱

۳-۱ مواد و وسایل مورد استفاده ۲۲

۳-۱-۱ مواد مصرفی ۲۲

۳-۱-۲ وسایل غیر مصرفی ۲۲

۳-۲ روش ها ۲۳

۳-۲-۱ تهیه و آماده سازی ماهی ۲۳

۳-۲-۲ آزمایش های شیمیایی ۲۶

۳-۲-۲-۱ اندازه گیری رطوبت ۲۶

۳-۲-۲-۲ اندازه گیری خاکستر ۲۶

۳-۲-۲-۳ اندازه گیری پروتئین ۲۶

۳-۲-۲-۴ استخراج چربی ۲۷

۳-۲-۲-۵ اندازه گیری چربی ۲۷

۳-۲-۲-۶ تعیین ترکیب اسیدهای چرب ۲۸

۳-۲-۲-۷ اندازه گیری پراکسید ۲۹

۳-۲-۲-۸ اندازه گیری تیوباربیتوریک اسید ۲۹
۳-۲-۲-۹ اندازه گیری اسید چرب آزاد ۳۰
۳-۲-۲-۱۰ اندازه گیری ازت فرار کل ۳۰
۳-۲-۲-۱۱ اندازه گیری عناصر معدنی ۳۰
۳-۲-۲-۱۲ اندازه گیری فلوئور ۳۱
۳-۲-۲-۱۳ اندازه گیری ید ۳۱
۳-۲-۲-۱۴ اندازه گیری انرژی ۳۲
۳-۲-۲-۱۵ اندازه گیری کلسترول ۳۲
۳-۲-۳ تجزیه و تحلیل آماری ۳۳
فصل چهارم: نتایج و بحث ۳۴
۴-۱ نتایج آزمون های آماری ۳۵
۴-۱-۱ آزمون حداقل تفاوت معنی دار ۳۵
۴-۱-۲ آزمون تجزیه همبستگی ۳۵
۴-۲ نتایج آزمایش های شیمیایی ۳۵
۴-۲-۱ رطوبت ۳۵
۴-۲-۲ خاکستر ۳۸
۴-۲-۳ پروتئین ۴۰
۴-۲-۴ چربی ۴۱
۴-۲-۵ اسیدهای چرب ۴۹
۴-۲-۵-۱ ترکیب اسیدهای چرب ۴۹
۴-۲-۵-۲ PUFA، نسبت PUFA/SFA، نسبت ω3/ω6 و نسبت DHA+EPA/C16 ۵۷
۴-۲-۶ پراکسید ۷۱
۴-۲-۷ اسیدهای چرب آزاد ۷۳
۴-۲-۸ تیوباربیتوریک اسید ۷۵
۴-۲-۹ ازت فرار کل ۷۶
۴-۲-۱۰ کلسترول، انرژی و عناصر معدنی ۷۹

۴-۳ نتیجه گیری کلی..... ۸۴
۴-۴ پیشنهادها..... ۸۵
۴-۴-۱ پیشنهادهای پژوهشی و اجرایی..... ۸۵
منابع..... ۸۶
ضمائم

فهرست جداول

جدول ۴-۱ ضرایب همبستگی ترکیبات دوگانه شاخص های فساد ماهی سفید و سطح معنی داری آنها..... ۴۴
جدول ۴-۲ ضرایب همبستگی ترکیبات دوگانه شاخص های فساد ماهی کفال و سطح معنی داری آنها..... ۴۵
جدول ۴-۳ ضرایب همبستگی ترکیبات دوگانه شاخص های فساد ماهی کپور و سطح معنی داری آنها..... ۴۶
جدول ۴-۴ ضرایب همبستگی ترکیبات دوگانه شاخص های فساد ماهی سوف و سطح معنی داری آنها..... ۴۷
جدول ۴-۵ ضرایب همبستگی ترکیبات دوگانه شاخص های فساد ماهی کیلکا و سطح معنی داری آنها..... ۴۸
جدول۴-۶ مقایسه میانگین اسیدهای چرب طی زمان نگهداری به حالت انجماد ماهی سفید..... ۵۲
جدول۴-۷ مقایسه میانگین اسیدهای چرب طی زمان نگهداری به حالت انجماد ماهی کفال..... ۵۳
جدول۴-۸ مقایسه میانگین اسیدهای چرب طی زمان نگهداری به حالت انجماد ماهی کپور..... ۵۴
جدول۴-۹ مقایسه میانگین اسیدهای چرب طی زمان نگهداری به حالت انجماد ماهی سوف..... ۵۵
جدول۴-۱۰ قایسه میانگین اسیدهای چرب طی زمان نگهداری به حالت انجماد ماهی کیلکا..... ۵۶
جدول۴-۱۱ مقایسه میانگین SFA، MUFA، PUFA ، PUFA/SFA ، ω3/ω6 و EPA+DHA/C16 طی زمان نگهداری به حالت انجماد ماهی سفید..... ۶۱
جدول۴-۱۲ مقایسه میانگین SFA، MUFA، PUFA ، PUFA/SFA ، ω3/ω6 و EPA+DHA/C16 طی زمان نگهداری به حالت انجماد ماهی کفال..... ۶۲
جدول۴-۱۳ مقایسه میانگین SFA، MUFA، PUFA ، PUFA/SFA ، ω3/ω6 و EPA+DHA/C16 طی زمان نگهداری به حالت انجماد ماهی کپور..... ۶۳
جدول۴-۱۴ مقایسه میانگین SFA، MUFA، PUFA ، PUFA/SFA ، ω3/ω6 و EPA+DHA/C16 طی زمان نگهداری به حالت انجماد ماهی سوف..... ۶۴
جدول۴-۱۵ مقایسه میانگین SFA، MUFA، PUFA ، PUFA/SFA ، ω3/ω6 و EPA+DHA/C16 طی زمان نگهداری به حالت انجماد ماهی کیلکا..... ۶۵
جدول ۴-۱۶ ضرایب همبستگی ترکیبات دوگانه اسیدهای چرب ماهی سفید و سطح معنی داری آنها..... ۶۶
جدول ۴-۱۷ ضرایب همبستگی ترکیبات دوگانه اسیدهای چرب ماهی کفال و سطح معنی داری آنها..... ۶۷
جدول ۴-۱۸ ضرایب همبستگی ترکیبات دوگانه اسیدهای چرب ماهی کپور و سطح معنی داری آنها..... ۶۸
جدول ۴-۱۹ ضرایب همبستگی ترکیبات دوگانه اسیدهای چرب ماهی سوف و سطح معنی داری آنها..... ۶۹
جدول ۴-۲۰ ضرایب همبستگی ترکیبات دوگانه اسیدهای چرب ماهی کیلکا و سطح معنی داری آنها..... ۷۰

فهرست نمودارها

نمودار ۴-۱ تغییرات درصد رطوبت ماهیان در زمان های مختلف نگهداری به حالت انجماد..... ۳۶

نمودار ۴-۲ مقایسه مقادیر میانگین درصد رطوبت بین ماهیان در زمان صفر نگهداری به حالت انجماد..... ۳۶

نمودار ۴- ۳تغییرات درصدخاکستر ماهیان در زمان های مختلف نگهداری به حالت انجماد..... ۳۸

نمودار ۴-۴ مقایسه مقادیر میانگین درصد خاکستر بین ماهیان در زمان صفر نگهداری به حالت انجماد..... ۳۹

نمودار ۴-۵ تغییرات درصد پروتئین ماهیان در زمان های مختلف نگهداری به حالت انجماد..... ۴۰

نمودار ۴-۶ مقایسه مقادیر میانگین درصد پروتئین بین ماهیان در زمان صفر نگهداری به حالت انجماد..... ۴۰

نمودار ۴-۷ تغییرات درصد چربی ماهیان در زمان های مختلف نگهداری به حالت انجماد..... ۴۲

نمودار ۴-۸ مقایسه مقادیر میانگین درصد چربی بین ماهیان در زمان صفر نگهداری به حالت انجماد..... ۴۲

نمودار ۴-۹ ترکیب اسیدهای چرب ماهی سفید در زمان صفر نگهداری به حالت انجماد..... ۴۹

نمودار ۴-۱۰ ترکیب اسیدهای چرب ماهی کفال در زمان صفر نگهداری به حالت انجماد..... ۴۹

نمودار ۴-۱۱ ترکیب اسیدهای چرب ماهی کپور در زمان صفر نگهداری به حالت انجماد..... ۵۰

نمودار ۴-۱۲ ترکیب اسیدهای چرب ماهی سوف در زمان صفر نگهداری به حالت انجماد..... ۵۰

نمودار ۴-۱۳ ترکیب اسیدهای چرب ماهی کیلکا در زمان صفر نگهداری به حالت انجماد..... ۵۰

نمودار ۴-۱۴ تغییرات درصد PUFA ماهیان در زمان های مختلف نگهداری به حالت انجماد..... ۵۷

نمودار ۴-۱۵ تغییرات درصد نسبت PUFA به SFA ماهیان در زمان های مختلف نگهداری به حالت انجماد..... ۵۷

نمودار ۴-۱۶ تغییرات نسبت $\omega 3/\omega 6$ ماهیان در زمان های مختلف نگهداری به حالت انجماد..... ۵۸

نمودار ۴-۱۷ تغییرات نسبت DHA+EPA/C16 ماهیان در زمان های مختلف نگهداری به حالت انجماد..... ۵۸

نمودار ۴-۱۸ تغییرات پراکسید ماهیان در زمان های مختلف نگهداری به حالت انجماد..... ۷۱

نمودار ۴-۱۹ تغییرات اسیدهای چرب آزاد ماهیان در زمان های مختلف نگهداری به حالت انجماد..... ۷۳

نمودار ۴-۲۰ تغییرات تیوباربیتوریک اسید ماهیان در زمان های مختلف نگهداری به حالت انجماد..... ۷۵

نمودار ۴-۲۱ تغییرات ازت فرار کل ماهیان در زمان های مختلف نگهداری به حالت انجماد..... ۷۷

نمودار ۴-۲۲ مقایسه مقادیر میانگین کلسترول بین ماهیان در زمان صفر نگهداری به حالت انجماد..... ۷۹

نمودار ۴-۲۳ مقایسه مقادیر میانگین انرژی بین ماهیان در زمان صفر نگهداری به حالت انجماد..... ۷۹

نمودار ۴-۲۴ ترکیب عناصر معدنی ماهی سفید در زمان صفر نگهداری به حالت انجماد..... ۸۰

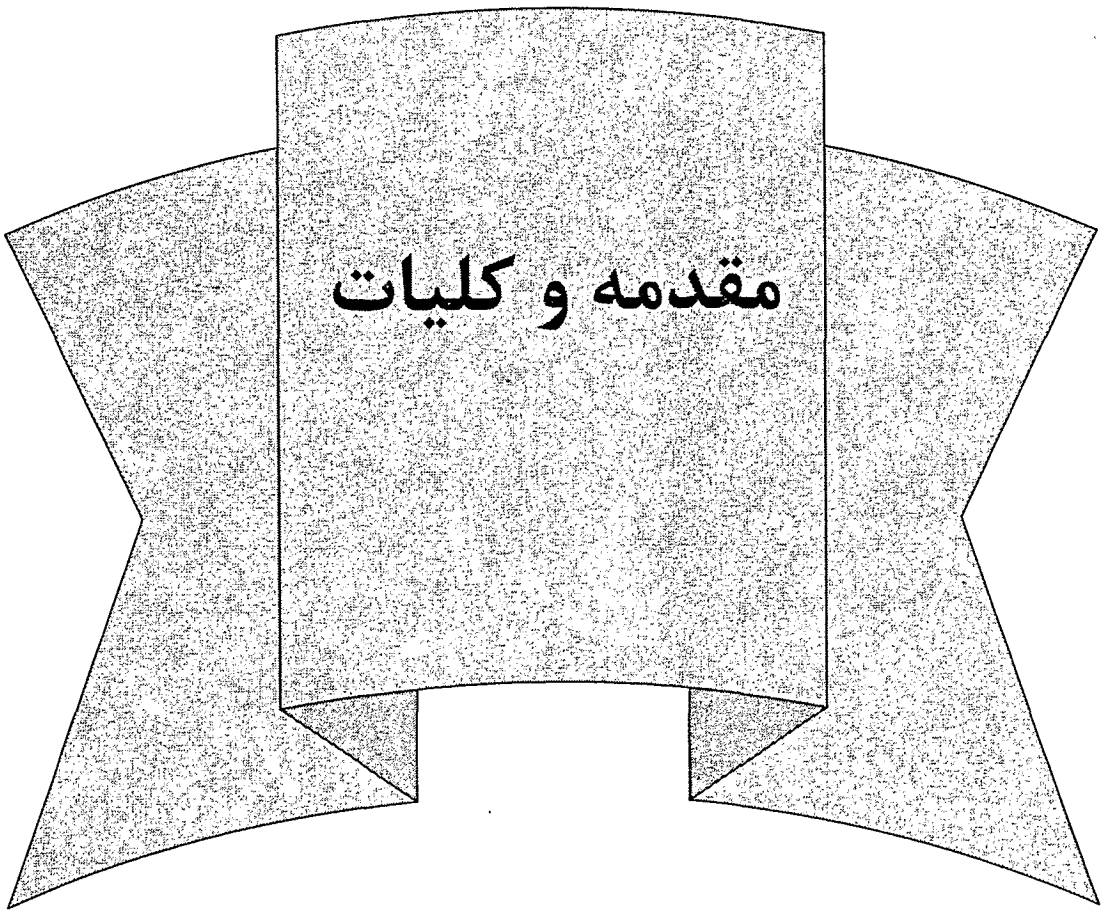
نمودار ۴-۲۴ ادامه ترکیب عناصر معدنی ماهی سفید در زمان صفر نگهداری به حالت انجماد..... ۸۰

نمودار ۴-۲۵ ترکیب عناصر معدنی ماهی کفال در زمان صفر نگهداری به حالت انجماد..... ۸۱
نمودار ۴-۲۵ ادامه ترکیب عناصر معدنی ماهی کفال در زمان صفر نگهداری به حالت انجماد..... ۸۱
نمودار ۴-۲۶ ترکیب عناصر معدنی ماهی کپور در زمان صفر نگهداری به حالت انجماد..... ۸۱
نمودار ۴-۲۶ ادامه ترکیب عناصر معدنی ماهی کپور در زمان صفر نگهداری به حالت انجماد..... ۸۲
نمودار ۴-۲۷ ترکیب عناصر معدنی ماهی سوف در زمان صفر نگهداری به حالت انجماد..... ۸۲
نمودار ۴-۲۷ ادامه ترکیب عناصر معدنی ماهی سوف در زمان صفر نگهداری به حالت انجماد..... ۸۲
نمودار ۴-۲۸ ترکیب عناصر معدنی ماهی کیلکا در زمان صفر نگهداری به حالت انجماد..... ۸۳
نمودار ۴-۲۸ ادامه ترکیب عناصر معدنی ماهی کیلکا در زمان صفر نگهداری به حالت انجماد..... ۸۳

فهرست شکل ها

شکل ۳-۱ ماهی سفید دریای خزر..... ۲۳
شکل ۳-۲ ماهی کفال طلایی دریای خزر..... ۲۴
شکل ۳-۳ ماهی کپور معمولی دریای خزر..... ۲۴
شکل ۳-۴ ماهی سوف معمولی دریای خزر..... ۲۵
شکل ۳-۵ ماهی کیلکا معمولی دریای خزر..... ۲۵

فصل اول



۱-۱ مقدمه

ماهی منبع غذایی مهمی برای بشر است و فراهم کننده مقدار کافی از پروتئین های حیوانی در رژیم غذایی بسیاری از کشورهاست. در مقایسه با گوشت قرمز، گوشت ماهی به سرعت قابل هضم است، چون دارای رشته های ماهیچه ای بلند می باشد. از طرفی خوردن ماهی مزایای زیادی به لحاظ سلامتی به همراه دارد از جمله کاهش خطر بیماری های قلبی- عروقی که به وجود اسیدهای چرب چند غیر اشباعی[1] مربوط می شود. علاوه براین، اثر پیشگیرانه یا درمانی بر پیشرفت سرطان های سینه، پروستات و روده باریک، آسم، اختلالات سیستم ایمنی و بیماری های التهابی دارد ، به جلوگیری از پیری مغز و آلزایمر کمک می کند، کاهش دهنده بروز دیابت بوده، در تسکین درد مفاصل به کار می رود، نقش حیاتی در رشد و عملکرد سیستم عصبی (مغز)، بینایی و سیستم تولید مثل بازی می کند. بسیاری متخصصین بهداشت مصرف ۲ تا ۳ بار در هفته غذاهای دریایی را برای رسیدن به سطح توصیه شده اسیدهای چرب ضروری برای کودکان، زنان باردار و افراد مسن توصیه می کنند.

با وجود این در صورت نگهداری نامناسب، کیفیت و ارزش غذایی گوشت و چربی ماهی به سرعت کاهش می یابد (Mazorra *et al.*, 2000). بدین منظور روش های متفاوتی جهت حفظ کیفیت این محصولات به کار می رود که از بین آنها، انجماد به عنوان یکی از بهترین روش های نگهداری محصولات دریایی معرفی شده است (Vidya and Srikar, 1996; Badii and Howell, 2002; Obuz and Dikeman, 2003).

هر چند نگهداری ماهی به حالت انجماد موجب متوقف شدن رشد باکتری ها شده و با توجه به درجه برودت، سرعت فعالیت های آنزیمی و شیمیایی کاهش می یابد، اما با وجود این، ادامه فرآیندهای اکسیداسیون و هیدرولیز چربی که عامل مهمی در پیشرفت تندشدگی، غیر طبیعی شدن پروتئین و تغییرات بافتی است باعث تولید بو و طعم نا مطلوب شده، که منجر به کاهش کیفیت محصول می شود (Shewfelt, 1981; Hultin *et al.*, 1992; Joseph *et al.*, 1998; Aubourg, 1999; Saeed and Howell, 2001).

[1] Poly Unsaturated Fatty Acid (PUFA)

ترکیبات فرار حاصل از شکسته شدن و فرآیند های اکسیداسیون و هیدرولیز چربی ها (هیدروپراکسیدها، آلدئیدها، کتون ها، اسیدهای چرب و ...) بو، طعم، رنگ، بافت، ارزش غذایی و به طور کلی کیفیت محصول را دستخوش تغییر کرده و باعث عدم مطلوبیت این منبع مهم غذایی می شود (Tall and Harris, 1995; Hras *et al.*, 2000; Sakanaka *et al.*, 2005).

کاهش کیفیت حسی به علت سفت شدن، چقر شدن، لاستیکی شدن و بافت های رشته ای چند گونه ماهی طی نگهداری به حالت انجماد با کاهش ویژگی های کاربردی پروتئین های عضله؛ اساساً حلالیت، ظرفیت نگهداری آب، خاصیت ژله ای شدن و خصوصیات امولسیون کنندگی چربی، که ناشی از کاهش تدریجی فعالیت های آنزیمی است، همراه است. این تغییرات در نتیجه فرآیند هایی اتفاق می افتد که به عنوان فساد پروتئین در اثر انجماد شناخته می شود و معمولاً شامل غیر طبیعی شدن می باشد که به صورت واکنش پروتئین های غیر طبیعی شده با ترکیبات مختلف بافت ماهی همراه است. میزان غیر طبیعی شدن انجمادی پروتئین ها در ماهی های گونه های مختلف تحت تأثیر محتوا و توزیع چربی در بافت، نسبت تجمع فرمالدئید، آمینو اسیدهای مختلف و محصولات کاتابولیسمی نوکلئوتیدها می باشد. از جمله عواملی که باعث غیر طبیعی شدن انجمادی می شوند، اثرات یون ها و بلورهای یخ، واکنش های شیمیایی پروتئین ها با فرمالدئید حاصل از تری متیل آمین اکسید (Natseba *et al.*, 2005) و اتصال اسیدهای چرب و محصولات اکسیداسیون چربی می باشند (Shahidi and Botta, 1994). با تشکیل بلور های یخ طی انجماد، غلظت نمک و ترکیبات آلی در فاز مایع افزایش یافته و در نتیجه ممکن است منجر به غیر طبیعی و آبگیری شدن پروتئین های عضله و یا تخریب غشای سلولی گردد (Haard, 2000; Love, 1988).با توجه به این نکته که مطالعه کیفیت چربی به عنوان مهم ترین جنبه کیفیت غذاهای دریایی (Medina *et al.*, 1995) و در عین حال مهم ترین عامل افت کیفیت (Ackman, 1980) حائز اهمیت است، لذا در مورد فساد چربی و در ادامه فساد پروتئین لازم است توضیحات جامع تری بیان شود.

۱-۲ کلیات

عوامل موثر بر فساد ماهی

- *روش صید*: شرایط صید و عمل آوری از مهم ترین عوامل موثر در فساد ماهیان منجمد می باشد. هرگاه مدت زمان صید طولانی شود ممکن است ذخایر انرژی ماهی کاهش یافته و شرایط استرس آوری بر ماهی ایجاد شود (Hedges *et al.*, 2001).

- *گونه ماهی*: گونه های پلاژیک عضلات تیره بیشتری در مقایسه با گونه های کفزی دارند و اگرچه میزان چربی عضلات تیره از چربی عضلات روشن بیشتر است اما به نظر می رسد این مسأله تنها دلیل تفاوت در سرعت اکسیداسیون این گونه ها نباشد بلکه عضلات تیره توان پراکسیدانی بیشتر و آنتی اکسیدانی کمتری را نسبت به عضلات روشن دارند (Slabjy and Hultin, 1983).

- *شرایط فیزیولوژیکی ماهی*: مقدار چربی کل ماهی تنها به گونه مرتبط نیست بلکه در طول سال تفاوتهایی را نشان می دهد، این تفاوتها به واسطه موجودیت غذا و زمان تخم ریزی ماهی است. در هنگام تخم ریزی بیشتر چربی ها به سمت بافت های تولید مثلی می روند. در ماهی هرینگ آتلانتیک (*Clupea harrengus*) تغییرات فصلی میزان چربی می تواند از ۱ تا ۲۵ درصد باشد (Tall and Harris, 1995).

- *اندازه ماهی*: ماهیان بزرگتر، چربی بیشتری در مقایسه با ماهیان کوچکتر دارند (Silva and Ammerman,1995).

- *خون ماهی*: هموگلوبین موجود در خون باعث تسریع اکسیداسیون چربی می گردد (Hultin *et al.*, 1992). خون برخی از ماهیان حاوی آنزیم های ATPase بیشتری نسبت به عضلات روشن می باشد بنابراین خون ممکن است به صورت کاتالیزور فساد تری متیل آمین به فرمالدهید و دی متیل آمین عمل نماید (Rehbein, 1988).

- *ترکیبات غذایی*: فراوانی مقدار اسیدهای چرب PUFA به ویژه EPA و DHA متأثر از نوع تغذیه ماهیان می باشد. ماهی ساردین که از پلانکتون تغذیه مـی کنـد مقـادیر PUFA بیـشتری را نـسبت بـه ماهیانی که از بی مهرگان کفزی تغذیه می کنند دارا می باشد (Arrayid *et al.*, 1999).

- *شیوه حمل ماهی*: در یک شـیوه مناسـب حمـل، مـاهی تـازگی خـود را تـا حـداکثر ممکـن حفـظ می نماید زیرا کیفیت و قابل قبول بودن محصول نهایی ارتباط خیلی نزدیکی با کیفیـت مـواد خـام دارد (Balachandran, 2001).

- *جمود نعشی*: برای تولید محصولاتی با کیفیت بالا می توان ماهی ها را تا مرحلـه قبـل و یـا بعـد از جمود نعشی فرآوری نمود (Boknaes et al., 2001; Erikson, 2001). در صورتی که ماهی قبل از آغاز مرحله جمود منجمد گردد، ممکن است فرآیند جمود در مرحله انجماد پیشرفت کرده و در نهایـت از بین برود ولی اگر مرحله جمود در هنگام انجماد زدایی خاتمه یابـد در ایـن هنگـام ممکـن اسـت شـیرابه گوشت (Drip) با سرعت و شدت بیشتری خارج شود و همچنین گسستگی عضلات و سفت شـدن بافـت صورت گیرد (Torrissen, 2001).

- *نـوع محـصول*: گوشـت ماهیـان کامـل (Whole) بـه وسـیله پوشـش طبیعـی آن حفـظ می شود. پوست ماهی از کاهش رطوبت و نفوذ اکسیژن می کاهد اما از طـرف دیگـر لایـه هـای چربـی و عضلات قرمز مجاور پوست ممکن است باعث افزایش فساد چربی گوشت شود (Undeland, 2001). در هنگام چرخ کردن، اکسیژن به داخل گوشت نفوذ می کند، از طرف دیگر عمل چرخ کردن سبب می شود تا آنزیم های آنتی اکسیدانی فعال شود. در جریان فیلـه کـردن و چـرخ کـردن مـاهی، سـاختمان عـضله تخریب شده، سپس آنزیم های خاصی رها شده و ممکن است با برخی از ترکیبات سـلول واکـنش دهنـد. واکنش های آنزیمی لیپولیتیـک و پروتئولیتیـک و آنـزیم هـای دیگـر (مثـل آنـزیم هـای تجزیـه کننـده نوکلئوتیدها یا تری متیل آمین اکسید) در ماهی چرخ شده به سرعت افـزایش مـی یابـد (Grantham, 1981).

- *شرایط نگهداری*: دما و زمان نگهداری ماهیان منجمد تأثیر زیادی روی ماندگاری آنها دارد. دما باید تا حد اقتصادی ممکن پایین آورده شود. پیشنهاد شده است که برای نگهداری ماهیان کوچک کم چرب کفزی از دمای ۲۴- تا ۳۰- درجه سانتی گراد جهت کاهش تغییرات اکسیداسیون استفاده گردد با وجود این دمای خیلی پایین نگهداری به لحاظ افزایش قیمت نهایی محصول نمی تواند همواره مورد استفاده قرارگیرد (Hedges *et al.*, 2001).

- *شرایط انجماد*: سرعت انجماد تأثیر زیادی روی خواص محصول دارد. در انجماد آهسته، بلورهای بزرگ یخ تشکیل می شوند که سبب آسیب بافتی و غیر طبیعی شدن پروتئین می گردند (Grathwaite, 1997).

اکسیداسیون چربی

اکسیداسیون چربی از طریق واکنش های زنجیره ای انجام گرفته و دارای سه مرحله آغازین، انتشار و خاتمه می باشد. شروع واکنش اکسیداسیون با تولید یک رادیکال آزاد همراه است. این مرحله نیازمند انرژی فعال سازی بوده و تحت اثر نور، حرارت، تابش های یونیزه و فلزات کمیاب آسان تر انجام می پذیرد (فاطمی، ۱۳۷۸). با تشکیل رادیکال آزاد، واکنش های مرحله انتشار آغاز می شود که طی آن رادیکال های آزاد با اکسیژن ترکیب می شوند و رادیکال پراکسی را بوجود می آورند. برای کامل شدن ساختار الکترونی، با اسید چرب دیگر وارد واکنش گردیده و هیدروپراکسید و رادیکال آزاد تولید می شود. این مرحله که به صورت یک سیکل می تواند دایماً تکرار گردد، مرحله انتشار گفته می شود. واکنش اتواکسیداسیون ممکن است آن قدر ادامه یابد تا تمام روغن به مصرف رسیده و یا اکسید شود اما این احتمال هم وجود دارد که با ترکیب شدن بنیان های آزاد با یکدیگر و شکل گیری محصولات غیر فعال، واکنش خاتمه پیدا کند. هیدروپراکسیدهای تولید شده در جریان اکسیداسیون، اساساً موادی ناپایدار و فاقد مزه و بو هستند که تحت تأثیر عواملی چون حرارت بزودی تجزیه می شوند. مواد حاصل از این تجزیه خود دستخوش تغییراتی می گردند که در نتیجه، ترکیباتی با مزه و بوی خاص از جمله آلدئیدها، کتون ها و الکل ها در ماده غذایی ایجاد می نمایند.