





دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گیلان

دانشکده شیلات و محیط زیست

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته
فرآوری محصولات شیلاتی

**اثر غلظت‌های مختلف نمک خالص و مخلوط بر مدت ماندگاری تخم نمک‌سود
قزل‌آلا رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) طی نگهداری در دمای یخچال**

پژوهش و نگارش:

گلنار قربانیان

استاد راهنما:

دکتر بهاره شعبان‌پور

اساتید مشاور:

دکتر سید مهدی اجاق

مهندس سید مصطفی عقیلی‌نژاد

پاییز ۱۳۹۳

تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه انجام فعالیت‌های پایان‌نامه‌های تحصیلی با بهره‌گیری از حمایت‌های علمی، مالی و پشتیبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان صورت می‌پذیرد، به منظور رعایت حقوق دانشگاه، نسبت به رعایت موارد زیر متعهد می‌شوم:

۱. این گزارش حاصل فعالیت‌های علمی- پژوهشی و دانش و آگاهی نگارنده است مگر آنکه در متن به نویسنده یا پدید آورنده اثر ارجاع داده شده باشد.
۲. چاپ هر تعداد نسخه از پایان‌نامه با کسب اجازه کتبی از مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه خواهد بود.
۳. انتشار نتایج پایان‌نامه به هر شکل (از قبیل کتاب، مقاله و همایش) با اطلاع و کسب اجازه کتبی از استاد راهنما خواهد بود. نام کامل دانشگاه:
به فارسی: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

و به انگلیسی: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

در بخش آدرس‌دهی درج خواهد شد.

۴. در انتشار نتایج پایان‌نامه در قالب اختراع، اکتشاف و موارد مشابه، نام کامل دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به عنوان عضو حقوقی در انتهای فهرست اسامی درج گردد.
۵. تعیین ترتیب اسامی نویسندگان در انتشار نتایج مستخرج از پایان‌نامه و هر گونه تفاوت احتمالی در آن با فهرست مصوب اسامی هیات راهبری پایان‌نامه با تایید استاد راهنمای اول خواهد بود.

اینجانب گلنار قربانیان دانشجوی رشته فرآوری محصولات شیلاتی مقطع کارشناسی ارشد تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی و امضاء

گلنار قربانیان

تقدیم بہ

پدر و مادر عزیزم

شکر و قدردانی

سپاس شایسته خداوندی است که همان را آفرید و در میان اجزای کوناگون آن، دنیای دیکری را بیافرید، و به انسان از دنیای دیگران علم و دانش خود برعهده ای راعطا کرد که جهانی را در پس جهانی دیگر بیایم تا در این وادی، به عظمت و شکوه و جلال ایزدمنان واقف گردیم. بر خود لازم می دانم که در انجام این تحقیق از زحمات و همکاری ها و مساعدت های بی شائبه استاد راهنمای ارجمندم، سرکار خانم دکتر بهاره شعبان پور و اساتید مشاور محترم جناب آقای دکتر سید مهدی اجاق و مهندس سید مصطفی عقیلی نژاد کمال شکر و قدردانی خویش را ابراز دارم. از اساتید کرامان قدر سرکار خانم دکتر پرستو پور عاشوری و دکتر معتمدی که در جزئی که زحمت داوروی را بر عهده داشتند و بارهای ارزشمندشان در ارائه هر چه بهتر پایان نامه یاریم نمودند، سپاسگزارم. همچنین از مسئولین محترم آزمایشگاه میکروبیولوژی مرکز عمل آوری خاویار استان گلستان و جناب آقای مهندس نعمتی مسئول آزمایشگاه شیمی دانسکده شیلات به دلیل همکاری و مساعدت شان شکر و قدردانی می کنم. از جناب آقای مهندس حجت میرصادقی و همچنین دوستان خوبم انیس جمشیدی و مانیه جوان دوست و تمامی کسانی که در طول انجام این پایان نامه پشتیبان من بودند، صمیمانه شکر می کنم.

و

سپاس از خواهرم که نگاه همیشه مهربانش آرامش بخش را هم بود.

چکیده

جهت استفاده بهینه از تخمک‌های با قابلیت باروری و بازماندگی پایین ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) و با توجه به کمبود و گرانی خاویار، تولید فراورده نمک‌سود شده از این ماهی مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا تاثیر غلظت‌های مختلف (۳/۵، ۴/۵ و ۵/۵ درصد) نمک خالص و مخلوط به منظور دستیابی به غلظت بهینه هر دو نوع نمک برای افزایش مدت ماندگاری تخم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی نگهداری در یخچال به طوریکه همزمان ویژگی‌های کیفی و حسی مطلوب حفظ شود، بررسی شد. آنالیز تقریبی نمونه‌ها در روزهای ۰، ۳۰ و ۶۰ و آزمایش‌های شیمیایی، باکتریایی و حسی (به استثنای شاخص حسی طعم) در روزهای ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ انجام شد. مقادیر pH، TVN، TBA، جذب نمک، بار میکروبی کل، بار میکروبی سرمادوست و کپک و مخمر طی دوره نگهداری افزایش یافت ($p < 0/05$). افزایش غلظت نمک از ۳/۵ به ۴/۵ و ۵/۵ درصد سبب افزایش میزان نمک، خاکستر، TBA و سبب کاهش رطوبت، پروتئین، TVN و pH شد ($p < 0/05$) ولی تفاوت معنی‌داری در میزان چربی بین تیمارها مشاهده نشد ($p > 0/05$). انجام فرایند نمک‌سود و افزایش غلظت نمک خالص از ۳/۵ به ۴/۵ درصد و نمک مخلوط از ۳/۵ به ۴/۵ و ۵/۵ درصد سبب کاهش بار باکتریایی کل، باکتری‌های سرمادوست و میزان کپک و مخمر شد ($p < 0/05$) اما کاهش بار باکتریایی کل، باکتری‌های سرمادوست و میزان کپک و مخمر با افزایش غلظت نمک خالص از ۴/۵ به ۵/۵ درصد معنی‌دار نبود ($p > 0/05$). همچنین افزایش غلظت نمک سبب بهبود امتیاز شاخص‌های حسی رنگ، بو، طعم و بافت طی دوره نگهداری گردید ($p > 0/05$). در این تحقیق بهترین تیمار نمک خالص و مخلوط به لحاظ مصرف به ترتیب تیمار ۴/۵ و ۵/۵ درصد می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، تخم نمک‌سود، خواص کیفی

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: کلیات

۲	۱-۱- مقدمه
۴	۲-۱- کلیات
۴	۱-۲-۱- معرفی محصولات تخم ماهی، ارزش تغذیه‌ای و جایگاه آن‌ها
۶	۱-۲-۱-۱- خاویار سرخ
۷	۲-۲-۱- نمک‌سود کردن تخم ماهی
۷	۱-۲-۲-۱- مکانیسم فرایند نمک‌سود
۸	۲-۲-۲-۱- کیفیت و نوع نمک
۸	۳-۲-۱- معرفی گونه ماهی
۹	۳-۱- هدف تحقیق
۹	۴-۱- سوال‌های تحقیق
۹	۵-۱- فرضیه‌های تحقیق

فصل دوم: سابقه تحقیق

۱۲	۱-۲- مطالعات داخل کشور
۱۴	۲-۲- مطالعات خارج از کشور

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۲۰	۱-۳- مواد
۲۰	۱-۱-۳- مواد مصرفی
۲۰	۲-۱-۳- مواد غیر مصرفی
۲۱	۲-۳- روش‌ها

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲۱	۳-۲-۱- تهیه تخم ماهی و تیمار کردن نمونه‌ها.....
۲۲	۳-۲-۲- نمونه‌برداری
۲۲	۳-۳- اندازه‌گیری فاکتورهای ارزیابی کیفیت
۲۲	۳-۳-۱- اندازه‌گیری pH
۲۳	۳-۳-۲- اندازه‌گیری رطوبت
۲۳	۳-۳-۳- اندازه‌گیری چربی
۲۳	۳-۳-۴- اندازه‌گیری پروتئین
۲۴	۳-۳-۵- اندازه‌گیری خاکستر
۲۵	۳-۳-۶- اندازه‌گیری نمک
۲۵	۳-۳-۷- اندازه‌گیری تیوباربتوریک اسید
۲۵	۳-۳-۸- اندازه‌گیری مجموع بازهای نیتروژنی فرار
۲۶	۳-۳-۹- اندازه‌گیری بار میکروبی
۲۶	۳-۳-۹-۱- آماده‌سازی محلول رقیق‌کننده
۲۶	۳-۳-۹-۲- آماده‌سازی محیط کشت
۲۷	۳-۳-۹-۳- نمونه‌گیری
۲۷	۳-۳-۱۰- رنگ‌سنجی
۲۸	۳-۳-۱۱- ارزیابی حسی
۲۸	۳-۳-۱۴- تجزیه و تحلیل آماری

فصل چهارم: نتایج

۳۰	۴-۱- نتایج حاصل از آزمایشات تیمارهای نمک‌سود تخم ماهی قزل‌آلا رنگین کمان
۳۰	۴-۱-۱- تغییرات pH

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳۰	۴-۱-۲- تغییرات رطوبت
۳۱	۴-۱-۳- تغییرات چربی
۳۲	۴-۱-۴- تغییرات پروتئین
۳۳	۴-۱-۵- تغییرات خاکستر
۳۴	۴-۱-۶- تغییرات جذب نمک
۳۵	۴-۱-۷- تغییرات تیوباربتوریک اسید
۳۶	۴-۱-۸- تغییرات مجموع بازهای نیتروژنی فرار
۳۷	۴-۱-۹- تغییرات بار میکروبی
۳۷	۴-۱-۹-۱- بار میکروبی کل
۳۸	۴-۱-۹-۲- بار میکروبی سرمدوست
۳۹	۴-۱-۹-۳- کپک و مخمر
۴۰	۴-۱-۱۰-۱- رنگ سنجی
۴۰	۴-۱-۱۰-۱-۱- روشنایی
۴۲	۴-۱-۱۰-۲- قرمزی
۴۴	۴-۱-۱۰-۳- زردی
۴۶	۴-۱-۱۱-۱- ارزیابی حسی
۴۶	۴-۱-۱۱-۱-۱- رنگ
۴۷	۴-۱-۱۱-۲- طعم
۴۷	۴-۱-۱۱-۳- بو
۴۸	۴-۱-۱۱-۴- بافت

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری
۵۰	۱-۵- بحث
۶۰	۲-۵- نتیجه گیری کلی
۶۱	۳-۵- پیشنهادات
۶۱	۱-۳-۵- پیشنهادات پژوهشی
۶۱	۲-۳-۵- پیشنهادات اجرایی
۶۴	منابع

فهرست جدول‌ها

صفحه

عنوان

- جدول ۴-۱- تغییرات میزان pH تیمارهای مختلف تخم نمک‌سود قزل‌آلا رنگین‌کمان..... ۳۰
- جدول ۴-۲- تغییرات میزان رطوبت تیمارهای مختلف تخم نمک‌سود قزل‌آلا رنگین‌کمان..... ۳۱
- جدول ۴-۳- تغییرات میزان چربی تیمارهای مختلف تخم نمک‌سود قزل‌آلا رنگین‌کمان..... ۳۲
- جدول ۴-۴- تغییرات میزان پروتئین تیمارهای مختلف تخم نمک‌سود قزل‌آلا رنگین‌کمان..... ۳۳
- جدول ۴-۵- تغییرات میزان خاکستر تیمارهای مختلف تخم نمک‌سود قزل‌آلا رنگین‌کمان..... ۳۴
- جدول ۴-۶- تغییرات میزان جذب نمک تیمارهای مختلف تخم نمک‌سود قزل‌آلا رنگین‌کمان..... ۳۵
- جدول ۴-۷- تغییرات میزان تیوباریتوریک اسید تیمارهای مختلف..... ۳۶
- جدول ۴-۸- تغییرات مجموع بازهای نیتروژنی فرار تیمارهای مختلف..... ۳۷
- جدول ۴-۹-۱- تغییرات بار میکروبی کل تیمارهای مختلف..... ۳۸
- جدول ۴-۹-۲- تغییرات بار میکروبی سرمادوست تیمارهای مختلف..... ۳۹
- جدول ۴-۹-۳- تغییرات کپک و مخمر تیمارهای مختلف تخم نمک‌سود قزل‌آلا رنگین‌کمان..... ۴۰
- جدول ۴-۱۰-۱- تغییرات شاخص روشنایی تیمارهای مختلف تخم نمک‌سود قزل‌آلا رنگین‌کمان.. ۴۱
- جدول ۴-۱۰-۲- تغییرات شاخص قرمزی تیمارهای مختلف تخم نمک‌سود قزل‌آلا رنگین‌کمان.. ۴۳
- جدول ۴-۱۰-۳- تغییرات شاخص زردی تیمارهای مختلف تخم نمک‌سود قزل‌آلا رنگین‌کمان... ۴۵
- جدول ۴-۱۱-۱- تغییرات شاخص رنگ تیمارهای مختلف تخم نمک‌سود قزل‌آلا رنگین‌کمان..... ۴۶
- جدول ۴-۱۱-۲- تغییرات شاخص طعم تیمارهای مختلف تخم نمک‌سود قزل‌آلا..... ۴۷
- جدول ۴-۱۱-۳- تغییرات شاخص بو تیمارهای مختلف تخم نمک‌سود قزل‌آلا..... ۴۸
- جدول ۴-۱۱-۴- تغییرات شاخص بافت تیمارهای مختلف تخم نمک‌سود قزل‌آلا رنگین‌کمان..... ۴۸

فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

شکل ۱-۱ فزل‌آلا رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) ۸

فهرست رابطه‌ها

صفحه	عنوان
۲۳	رابطه ۳-۱- میزان رطوبت (درصد).....
۲۳	رابطه ۳-۲- میزان چربی (درصد).....
۲۴	رابطه ۳-۳- میزان پروتئین (درصد).....
۲۴	رابطه ۳-۴- میزان خاکستر (درصد).....
۲۵	رابطه ۳-۵- میزان نمک (درصد).....
۲۵	رابطه ۳-۶- میزان تیوباربیتوریک اسید (میلی‌گرم مالون در آلدهید در کیلوگرم نمونه).....
۲۶	رابطه ۳-۷- میزان بازهای نیتروژنی فرار (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه).....

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

گسترش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های انسانی، تخریب محل‌های تخم‌ریزی طبیعی و تغییر رژیم آبی رودخانه‌ای، صید بی‌رویه و غیرمجاز و عدم مدیریت صحیح صیادی موجب کاهش ذخایر ماهیان‌خاویاری دریای خزر و خاویار تولیدی از آن شده است (مرادی، ۱۳۸۶). بدین صورت که، میزان صید در دریای خزر و حوزه‌های آن از ۲۸۵۰۰ تن گوشت ماهیان‌خاویاری و ۳۰۰۰ تن خاویار در سال ۱۳۶۵ به کمتر از ۴۰۰ تن گوشت و حدود ۳۰ تن خاویار در سال ۱۳۸۹ رسیده است که این میزان تولید گوشت و استحصال خاویار جای بسی تأمل دارد. یکی از مهم‌ترین راه‌حل‌های حفظ نسل این ماهیان با ارزش جایگزینی سایر گونه‌های ماهیان است که طی آن تمام امور مولدسازی، تکثیر، پرورش و تولید گوشت و خاویار در مزارع پرورش ماهی صورت می‌گیرد. جایگزینی تخم سایر گونه‌های ماهیان و تولید تجاری ماهیان‌خاویاری در شرایط مصنوعی که می‌تواند نیاز بازارهای جهانی را به گوشت آن‌ها تأمین نماید، فشار وارده به ذخایر این ماهیان از طریق صید در دریا و محیط‌های طبیعی را کاهش داده و با پرورش مولدین سایر ماهیان، برقراری مقررات مناسب صیادی و اقدامات مؤثر در جهت بهبود شرایط زیستی ماهیان‌خاویاری امکان تجدید نسل و حفظ ذخایر ژنتیکی را در محیط طبیعی فراهم می‌آورد (جمال‌زاد فلاح و همکاران، ۱۳۹۱) که از جمله ماهیان دیگر می‌توان به ماهی پرنده، هرینگ (*Clupea harengus*)، قزل‌آلا رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، کفال خاکستری (*Mugil cephalus*)، کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، کاد (*Gadus morhua*)، پدل فیش (*Polyodon spathula*)، لامپ فیش (*Cyclopterus lumpus*) و... اشاره کرد (بلدزو و همکاران، ۲۰۰۳؛ کریزک و همکاران، ۲۰۱۱؛ تاقیوف^۱ و همکاران، ۲۰۱۲).

قزل‌آلای رنگین‌کمان یکی از گونه‌های با ارزش تجاری است که با توجه به طعم، کیفیت مناسب گوشت و غنی بودن این ماهی از اسیدهای چرب غیراشباع، مصرف‌کنندگان بسیاری را به خود اختصاص داده است و در بین آزادماهیان تنها گونه‌ای است که به علت توانایی سازگاری خوب با شرایط پرورشی هم اکنون در اغلب نقاط دنیا پرورش داده می‌شود (صادقی، ۱۳۸۰). قزل‌آلای رنگین‌کمان با اختصاص ۲۵ درصد از کل تولید آزادماهیان پرورشی در جهان، نقش مهمی

^۱ Thaghiof

در تامین غذا و افزایش مصرف ماهی دارد. در ایران پرورش این گونه رونق خاصی داشته و در اغلب مناطق از بازارپسندی مناسبی برخوردار است به طوری که در سال ۲۰۰۸ با ۶۲/۶ هزار تن تولید بعد از کشور شیلی و نروژ، عنوان سومین کشور تولید کننده این ماهی پرورشی را در جهان داشت (عادلی و بقایی، ۲۰۱۳).

پرورش دهندگان این ماهی در زمان تکثیر به منظور اجرای برنامه به‌گزینی در جمعیت مولدین، پیش مولدین دارند که تخم‌های استحصالی از آن‌ها به دلیل پایین بودن بازده لقاح دور ریخته می‌شود و در مواردی نیز مواجه با تخم‌های رسیده مازاد هستند که می‌توانند با عمل‌آوری از آن‌ها تخم نمک‌سود تولید و به بازار مصرف عرضه کنند. بنابراین در این روش تخم‌هایی از ماهی قزل‌آلا که معمولاً به علت پایین بودن بازماندگی قابل استفاده نیستند، با روش فوق در چرخه تغذیه انسانی مورد استفاده قرار می‌گیرند (صادقی، ۱۳۸۰).

در تهیه تخم نمک‌سود اثر محافظتی نمک عمدتاً به علت کاهش فعالیت آب می‌باشد. همچنین از رشد تعداد زیادی از باکتری‌های ساپروفیت ممانعت کرده و با تشکیل یک غشای سطحی روی مواد، رشد میکروارگانسیم‌ها را محدود می‌کند (یاسمن^۱ و همکاران، ۲۰۰۵). اما از مهم‌ترین معایب این روش نگهداری غلظت بالای نمک مورد استفاده می‌باشد. برای کاهش میزان نمک با توجه به تقاضای مصرف‌کنندگان برای محصولات تخم ماهی با میزان نمک کمتر یا مالاسول^۲، نیاز به استفاده از روش‌های دیگر نگهداری مثل افزودن نگهدارنده می‌باشد. نگهدارنده رایج در تهیه تخم نمک‌سود اسید بوریک و بوراکس است که همراه نمک خالص تحت عنوان نمک مخلوط مورد استفاده قرار می‌گیرد (مجازی امیری و رضایی توابع، ۱۳۸۹).

این تحقیق به منظور تهیه تخم نمک‌سود از ماهی قزل‌آلا رنگین کمان و دستیابی به غلظت بهینه نمک خالص و مخلوط برای افزایش مدت ماندگاری آن طی نگهداری در یخچال جهت حفظ همزمان ویژگی‌های کیفی و حسی مطلوب انجام گردید.

¹ Yasemen

² Malasol

۲-۱- کلیات

۱-۲-۱- معرفی محصولات تخم ماهی، ارزش تغذیه‌ای و جایگاه آن‌ها

دسترسی به غذای کافی و مطلوب و سلامت تغذیه‌ای از محورهای اصلی توسعه و سلامت در هر جامعه است. در این راستا افزایش سرانه مصرف آبزیان به لحاظ تأثیر بر اقتصاد و سلامتی انسان دارای اهمیت است (اینانلی^۱ و همکاران، ۲۰۱۱).

تخم ماهی به عنوان یکی از فراورده‌های حاصل از آبزیان منبع غنی اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه، به ویژه اسیدهای چرب امگا-۳، خصوصاً دو اسید چرب دوکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) و ایکوزاپنتانوئیک اسید (EPA) می‌باشد (هدایتی‌فرد و نعمتی، ۱۳۸۸؛ بلدزو^۲ و همکاران، ۲۰۰۳؛ آل سید محمود^۳ و همکاران، ۲۰۰۸؛ بنجاکول^۴ و همکاران، ۲۰۱۱؛ کریزک^۵ و همکاران، ۲۰۱۱). آزمایشات انجام شده نشان می‌دهند که دو اسید چرب EPA و DHA، کلسترول خون را کاهش داده و از تشکیل لخته‌های خون در رگ‌ها جلوگیری می‌کنند و در کاهش فشار خون، درمان و کاهش ابتلا به برخی از سرطان‌ها مانند سرطان سینه، لوزالمعده، پروستات و روده بزرگ، افزایش قدرت یادگیری و کاهش التهاب مغز موثر هستند (هدایتی‌فرد و نعمتی، ۱۳۸۸؛ بنجاکول و همکاران، ۲۰۱۱). تخم ماهی دارای مقدار تقریبی ۳۲-۲۴ درصد پروتئین با نسبت بالای اسید آمینه‌های ضروری همچون، متیونین، تریپتوفان، لیزین، آرژنین و... است که در تشکیل و ترمیم بافت‌ها و افزایش ایمنی بدن نقش دارند. ویتامین‌های A، D، B کمپلکس و مواد معدنی کلسیم، فسفر، آهن، منیزیم، منگنز، پتاسیم، مس و روی جزء ویتامین‌ها و مواد معدنی موجود در تخم ماهی می‌باشند (هدایتی‌فرد و نعمتی، ۱۳۸۸؛ بلدزو و همکاران، ۲۰۰۳).

در سال‌های اخیر تقاضا برای محصولات تخم ماهی به علت ارزش حسی و تغذیه‌ای در بازارهای داخلی و بین‌المللی افزایش یافته است (بلدزو و همکاران، ۲۰۰۳). در ژاپن تخم‌های خام ماهی پولاک

¹ Inanli

² Docosahexaenoic acid

³ Eicosapentaenoic acid

⁴ Bledsoe

⁵ Al-Sayed Mahmoud

⁶ Benjakul

⁷ Krizek

Theragra chalcogramma) با نام تاراگو^۱، ماهیان پرنده^۲ با نام توبیکو^۳ و تخم شگ‌ماهیان^۴ با نام کازونوکو^۵ مورد استفاده قرار می‌گیرد (شیرای^۶ و همکاران، ۲۰۰۴). همچنین در این کشور تخم خام توتیا که به صورت خشک، نمک‌سود، تازه و یا مخلوط با سایر غذاها استفاده می‌گردد، یونی^۷ نامیده می‌شود (بلدزو و همکاران، ۲۰۰۳). در ایتالیا تخم شور و خشک شده کفال بوتارگا^۸ نامیده می‌شود که به صورت تخمدان کامل با بسته بندی و کیوم عرضه می‌شود (رزاق^۹ و همکاران، ۲۰۰۹). در انگلستان تخم خام ماهی کاد، یکی از مهم‌ترین منابع غذایی دریایی است که به صورت منجمد، یخ‌زده، تازه، دودی، نمک‌سود، کنسرو شده و حتی در ترکیب نوعی سوسیس مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از پرفرودارترین انواع تخم، تخم درشت تون ماهیان^{۱۰} می‌باشد. تقریباً تخمک تمام گونه‌های تون‌ماهیان بر حسب فراوانی آن‌ها در منطقه مورد نظر، مصرف می‌شود (هدایتی‌فرد و نعمتی، ۱۳۸۸؛ بلدزو و همکاران، ۲۰۰۳؛ پریاگو^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۳). در ایران نیز از تخم ماهی تون هوور (*Thunnus tonggol*) به طور آزمایشی، اقدام به تهیه ماریناد گردید. در سواحل جنوبی دریای خزر، تخمک ماهیان استخوانی به ویژه ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) و ماهی کفال طلایی (*Liza aurata*) با استفاده از آب نمک مورد فرآوری قرار می‌گیرد که در زمره محصولات مطلوب و بازارپسند محلی محسوب می‌شود. این موارد جدای از عمل‌آوری تخم ماهیان خاویاری^{۱۲} موجود در این دریا است (هدایتی‌فرد و نعمتی، ۱۳۸۸).

خاویار با ارزش‌ترین محصول تخم ماهی است که از گونه‌های مختلف ماهیان خاویاری طی جداسازی تخم ماهی از بافت پیوندی تخمدان، نمک‌زنی و اضافه نمودن افزودنی‌ها به دست می‌آید. ۲۴ گونه متفاوت ماهیان خاویاری در سراسر دنیا شناخته شده است که از این تعداد ۵ گونه ذخایر

¹ Tarako

² Exocoetidae

³ Tobiko

⁴ Clupedae

⁵ Kazunoko

⁶ Shirai

⁷ Uni

⁸ Bottarga

⁹ Rosa

¹⁰ Scomberidae

¹¹ Periago

¹² Acipenseridae

دریای خزر را تشکیل می‌دهد (مجازی امیری و رضایی توابع، ۱۳۸۹). شاید فراوری شور تخمک آزادماهیان^۱ شناخته‌شده‌ترین محصول پس از خاویار باشد که به خاویار سرخ^۲ نیز مشهور است (هدایتی فرد و نعمتی، ۱۳۸۸).

۱-۱-۲-۱- خاویار سرخ

اولین بار، خاویار از آزادماهیان در دهه ۱۸۳۰ تولید شد. تولید خاویار آزادماهیان چند سال بعد از جنگ جهانی دوم با ۳۰۰۰ تن تولید به اوج خود رسید که این مقدار بیشتر از ماهیان قزل‌آلای صورتی (*Oncorhynchus gorbusha*) و قزل‌آلای چام (*Oncorhynchus keta*) به دست آمد. این دو گونه ماهی مناسب‌ترین گونه‌های آزادماهیان برای تولید خاویار محسوب می‌شوند چرا که تخم‌های درشت‌تر و روش‌های صید راحت‌تری دارند که امکان صید انبوه این ماهیان را فراهم می‌کند. قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، چینوک (*Oncorhynchus tshawytscha*) و کوهو (*Oncorhynchus kisutch*) هم از دیگر منابع تولید خاویار آزادماهیان محسوب می‌شوند. از مهم‌ترین کشورهای تولیدکننده خاویار آزادماهیان می‌توان کشورهای ژاپن، روسیه، ایالت متحده و کانادا را نام برد (مجازی امیری و رضایی توابع، ۱۳۸۹). در سال ۲۰۱۱ تولید سالانه خاویار قرمز در روسیه ۱۱۰۰۰ تا ۱۳۰۰۰ تن بود. همچنین، در این سال تولید خاویار در روسیه بیشتر بر تولید خاویار از آزادماهیان متمرکز بود و سهم سایر ماهیان استخوانی در تولید خاویار ۱۸ درصد بود (گروه تحقیقاتی ایتسکو، ۲۰۱۲). در ژاپن نمک‌سود کردن تخم آزادماهیان به صورت تخمدان کامل سوجیکو^۳ و به صورت تخم‌های مجزا ایکورا^۴ نامیده می‌شود که تولید این دو محصول سالانه ۴۰۰۰ تن برآورد شده است (مانفرت^۵، ۲۰۰۲). همچنین، خاویار آزادماهیان به صورت تازه، پاستوریزه یا محافظت شده با مواد نگهدارنده شیمیایی به بازار عرضه می‌شود (مجازی امیری و رضایی توابع، ۱۳۸۹).

¹ Salmonidae

² Red caviar

³ Sujiko

⁴ Ikura

⁵ Monfort

۱-۲-۲- نمک‌سود کردن تخم ماهی

تخم تازه ماهی به علت فسادپذیری به صورت خشک شده، ماریناد، دودی شده، سرخ شده، پاستوریزه شده، فشرده یا نمک‌سود برای فروش عرضه می‌شود (کریزک و همکاران، ۲۰۱۱). نمک‌سود کردن یک روش نگهداری سنتی است که در اکثر کشورها برای افزایش عمر ماندگاری محصولات غذایی استفاده می‌شود (رضوی شیرازی، ۱۳۸۵). اثر نگهدارندگی نمک عمدتاً ناشی از کاهش فعالیت آبی یا کاهش آب آزاد غذا، پلاسمولیز^۱، ایجاد یون کلر، کاهش قابلیت حل اکسیژن در غذا، تداخل در فعالیت آنزیم‌های پروتئولیتیک و اثر مهارکنندگی رشد بر بسیاری از باکتری‌های عامل فساد است که اثرات ضد میکروبی آن در غلظت‌های مختلف، شرایط حرارتی و نوع میکروب متفاوت است (رضوی‌لر و همکاران، ۱۳۸۰؛ هدایتی‌فرد و نعمتی، ۱۳۸۸). مقدار نمک مورد استفاده در تهیه تخم نمک‌سود فاکتوری تأثیرگذار بر طول دوره نگهداری و طعم محصول است به این ترتیب که کاهش میزان نمک منجر به کاهش مدت زمان ماندگاری و نمک‌زنی بیش از اندازه باعث ایجاد طعم نامطلوب و مشکلات گوارشی می‌شود که بر بازارپسندی آن مؤثر است (اینانلی و همکاران، ۲۰۱۰).

تخم نمک‌سود ماهیان به علت محتوای پروتئین و چربی بالا و بافت ویژه ترکیبات تشکیل‌دهنده در طی عمل‌آوری پاستوریزه نمی‌شود بنابراین مستعد فساد شیمیایی و میکروبی است و در طول نگهداری، کیفیت آن بر اثر فساد کاهش می‌یابد. فساد باعث ایجاد بوی نامطوبوع، تغییرات نامطلوب در طعم، تغییر در ساختمان مواد مغذی، کاهش ارزش غذایی محصول و ایجاد خطرات جدی در سلامت غذایی مصرف‌کننده می‌شود. بنابراین کنترل دمای ذخیره‌سازی، میزان نمک مصرفی و استفاده از نگهدارنده‌ای مناسب با فعالیت آنتی‌سپتیک به منظور حفظ کیفیت، افزایش عمر ماندگاری و در عین حال جلوگیری از ضررهای اقتصادی ضروری و مفید می‌باشد (صفری و یوسفیان، ۲۰۰۶).

۱-۲-۲-۱- مکانیسم فرایند نمک‌سود

در فرایند نمک‌سود دو جریان اصلی به طور همزمان اتفاق می‌افتد، خروج آب و ورود نمک. انتشار مهم‌ترین عامل در انتقال مواد و مسئول انتقال یون‌های سدیم و کلرید است. مواد محلول در آب به دلیل اختلاف در غلظت و فشار اسمزی بین تخم ماهی با محیط اطرافشان مبادله می‌شوند و زمانی

¹ Plasmolysis