

کنسروسازی آبزیان یا Canning :

یکی از مهمترین روشهای آماده سازی یا فرآوری مواد خوراکی حرارت دادن آنها می باشد. استفاده از حرارت نه تنها سبب بهبود کیفیت خوراکی، Eating Quality، مواد غذایی می شود بلکه از طریق کاهش سرعت یا توقف فعالیت های شیمیایی، آنزیمی و باکتریایی قابلیت نگهداری آنها را نیز افزایش می دهد. هر چه درجه حرارت بالاتر و زمان فرایند حرارتی طولانی تر باشد، امکان نابودی میکروارگانیزم ها و غیر فعال شدن آنزیم ها بیشتر خواهد بود؛ ولی بدلیل بروز تغییرات کیفی احتمالی در محصول معمولاً محدودیتهایی وجود دارد. در حالیکه استفاده از دمای بالا و زمان کوتاهتر High Temperature Short Time (HTST) و یا دمای کمتر و زمان طولانی Low Temperature Long Time (LTLT) ضمن آن که هدف فوق را تأمین می کند می تواند از تغییرات کیفی جلوگیری کرده و ارزش غذایی آن را حفظ کند.

در مورد ماهی و دیگر فرآورده های دریایی نیز حرارت دادن آنها نخست به منظور بهبود کیفیت خوراکی و در مرحله بعد جهت متوقف ساختن فعالیت های میکروبی و شیمیایی انجام می گیرد.

حرارت دادن یا پختن Cooking این محصولات، طبیعت مواد سازنده آنها را تغییر داده و فرآورده های جدیدی بوجود می آورد که ترکیب شیمیایی آن با محصول تازه تفاوت دارد یعنی فرآیند حرارتی در ماهی سبب نرم شدن بافت ها و تغییر ماهیت پروتئین ها و کاهش رطوبت و بسیاری از تغییرات دیگر می شود ولی در عوض خصوصیات ارگانولپتیکی و ماندگاری آن را بهبود می بخشد.

فرآیند حرارتی ممکن است از طریق آب داغ، بخار، روغن داغ (سرخ کردن Frying)، حرارت خشک اعمال گردد. زمان و درجه حرارت برای هر یک از روش های فوق الذکر به طبیعت اولیه ماهی و خصوصیات فرآورده مورد علاقه بازار بستگی دارد.

بطور کل هرگاه در تهیه این محصولات فرآیندهای حرارتی ملایم در حد پاستوریزاسیون بکار ببریم قطعاً تأثیرات کمی روی کیفیت خوراکی محصول خواهد داشت (چون درجه حرارت پاستوریزاسیون بالا نیست و کمتر از 100°C است) ولی در عوض برای افزایش ماندگاری فرآورده ضروری است که از فرآیندهای دیگری مثل انجماد، سرد کردن یا بسته بندی هم استفاده کنیم. اما اگر لازم باشد فقط از فرآیند حرارت HTST استفاده شود؛ در آن صورت باید حرارت با شدت و در طول زمان مناسب اعمال شود و در عوض مدت زمان نگهداری طولانی خواهد بود و نیازی به استفاده از فرآیندهای تکمیلی دیگر مثل سرد کردن و انجماد نخواهد داشت و این فرآورده در قوطی کنسرو استریل و کنسرو شده است و قابلیت نگهداری آن تا دو سال است.

منظور از کنسرو نمودن ماهی نیز تهیه محصولی است که بتوان آن را به مدت طولانی حفظ نمود و در پایان مدت نگهداری نیز مطمئن بود که محصول سالم و قابل مصرف است. بر خلاف روشهای دیگر نگهداری، در کنسرو کردن ماهی سعی در نگهداری ماهی به صورت اولیه وجود ندارد و به همین جهت ماهی کنسرو شده محصولی است متفاوت با اختصاصات کیفی خاص خود که قابلیت نگهداری آن افزایش یافته است.

اصول نگهداری ماهی به صورت کنسرو یا (چرا ماهی و آبزیان را کنسرو می کنیم):

ماهی پس از مرگ در اثر فعالیت باکتریها و آنزیم ها به سرعت اختصاصات خود را از دست می دهد و پس از مدتی علایم فساد در آن ظاهر می شود و به همین جهت اگر بخواهیم ماندگاری آن را افزایش دهیم بر اساس اصول نگهداری مواد غذایی سه عمل عمده را در مورد آن باید انجام دهیم:

اول آنکه میکروارگانیزم های موجود را در حد امکان از بین برده یا از فعالیت آن جلوگیری نماییم. دوم آنکه با توقف یا کاهش سرعت فعالیت آنزیم ها و جلوگیری از دستیابی به O_2 از انجام واکنش های شیمیایی ممانعت به عمل آوریم و بالاخره آنکه با حفاظت از محصول مورد نظر از طریق بسته بندی از آلودگی مجدد آن یا دسترسی آن به عوامل مؤثر در فعل و انفعالات شیمیایی جلوگیری کنیم.

کنسرو نمودن ماهی در قوطی های کاملاً غیر قابل عبور برای میکروارگانیزم ها و گازها (Hermetically Sealed) همواره این اطمینان را می دهد که محصول پس از فرآیند حرارتی در صورت عدم آلودگی مجدد و نگهداری در شرایط معمول قادر خواهد بود برای مدت طولانی بدون تغییر باقی بماند.

برای تهیه یک کنسرو مطلوب با قابلیت های مورد نظر رعایت چند اصل اولیه ضروری است:

۱- محتویات قوطی در پایان مراحل تولید باید بر اساس استانداردهای پیش بینی شده استریل باشد.
۲- سطح داخل قوطی باید در مقابل هر یک از مواد درون قوطی و همچنین سطح خارجی در برابر خوردگی احتمالی مقاوم باشد.

۳- درب قوطی و قسمت انتهایی آن باید بصورتی به بدنه لحیم شوند که از ورود هوا، آب و یا آلودگیهایی که ممکن است از این طریق وارد شوند جلوگیری گردد.

اگر کنسرو آماده آبیان حداقل دو سال در شرایط معمولی نگهداری (درجات حرارت اتاق $20\text{ }^{\circ}\text{C}$) کیفیت خود را حفظ نموده و تغییری در آن حاصل نشود شرایط فوق حفظ شده است.

مراحل تهیه کنسرو ماهی:

برای تهیه کنسرو ماهی ضروری است با توجه به نوع محصول نهایی ابتدا یک سری عملیات آماده سازی اولیه بر روی محصول خام انجام شده و سپس محصول قوطی گذاری (در قوطی قرار داده شود) شود. لازم است که تمامی فرآورده های دریایی قبل یا بعد از قوطی گذاری (بدون درب بندی) مرحله پخت اولیه (Pre-Cooking) بگذرانند. این فرآیند به بهبود بافت و خروج مازاد آب و چربی از بدن ماهی کمک کرده و زمان فرآیند حرارت نهایی را کاهش می دهد (چون چربی از درون تکه های ماهی بماند و خارج نشود چون عایق است نمی گذارد حرارت به تمام نقاط محصول (ماهی) برسد و استریل بشود در مرحله بعد).

مهمترین مراحل تهیه کنسرو که به دنبال آماده سازی و قوطی گذاری طی می شود شامل:

۱- افزودن مواد طعم دهنده و موادی که به بهبود کیفیت محصول کمک می کند مثل روغن، سس.

۲- خارج نمودن هوا از طریق Vacuum خلأ یا تخلیه هوای قوطی یا با استفاده از بخار آب.

۳- درب بندی و فرآیند حرارتی نهایی (اتوکلاو نمودن Retorting)

عملیات بعد از صید ماهی و قبل از فرآیند حرارتی:

ماهیان چرب مثل هرینگ *Hering*، ساردین ماهیان (*Sprat, Pilchard*) و در مقیاس کمتر تون و سالمون بدلیل کوچکی جثه و فساد پذیری خاص آن (بدلیل چربی زیاد آنها) بندرت در دریا تخلیه شکمی می شوند و بنابراین باید عمل سرد کردن انجام شود زیرا حمل و نقل این ماهیان کوچک بدلیل آسیب دیدگی و له شدگی باید با دقت صورت گیرد در غیر این صورت باعث فساد آنها خواهد شد.

سرد کردن این ماهیان پرچرب از طریق آب سرد دریا *Chilled Sea Water* می تواند از بروز ضایعات جلوگیری کند اگر سرد کردن با سرعت و کنترل انجام گیرد می توان این ماهیان را تا ۵ روز با حفظ کیفیت برای تهیه کنسرو آماده کرد ولی سرد کردن ماهی به کمک آب دریا می تواند منجر به شور شدن ماهی و تسریع در اکسیداسیون چربی ها بشود. بنابراین باید نسبت آب و ماهی در تانک سرد کننده کنترل شود.

ولی هرگاه بخواهیم ماهیان (چرب) را قبل از کنسرو کردن بمدت طولانی نگهداری کنیم بهتر است منجمد کرده و در سردخانه ذخیره کنیم ولی اگر ماهیان را در هنگام انجماد در شرایط نامطلوب نگهداری کنیم بعد از انجماد زدایی (*Thawing*) شرایطی بمراتب بدتر پیدا خواهد نمود.

برای جلوگیری از بروز آسیب در ماهیان کوچک مثل *Sprat* پیشنهاد می شود که آنها درون کیسه و با استفاده از فریزرهای صفحه ای عمودی منجمد شوند. این کیسه ها را از آب پر کرده که با از بین بردن فضای بین ماهیان (آب به یخ تبدیل می شود) از بروز آسیب احتمالی جلوگیری می شود. اگر ماهیان را از این طریق منجمد کنیم دیگر یخ پوششی آنها ضروری نیست و مدت نگهداری هم افزایش خواهد یافت و به این طریق می توان ماهیان را بمدت ۶ ماه در دمای 30°C - نگهداری نمود. انجماد زدائی بسرعت انجام گیرد تا برای کنسروسازی آماده شود.

آماده سازی اولیه ماهی:

مراحل اولیه آماده سازی ماهی برای گونه های مختلف متفاوت است. در مورد ماهیان کوچک مثل ساردین ماهیان که تخلیه شکمی (*Cutting*) در کشتی انجام نمی شود، این ماهیان پس از تخلیه در ساحل بلافاصله به کارخانه فرستاده می شود و در صورتیکه عمل فلس گیری *Descaling* در مورد ماهی انجام نگیرد عملیات آماده سازی در کارخانه صرفاً شامل جدا کردن سر و تخلیه شکمی (مجموعاً جدا کردن سر و تخلیه شکمی *Nobbing*) است؛ البته در مورد ماهیان (*Deheading*) کوچک مثل *Sprat* فقط سر جدا شده و تخلیه شکمی هم انجام نمی شود.

Nobbing معمولاً بصورت مکانیکی و با سرعتی حدود ۳۰۰ ماهی در دقیقه انجام می گیرد. در این حالت ماهی ها روی نوار متحرک درون جایگاه خاصی (*Pockets*) قرار گرفته و بوسیله تیغه های برش سرشان قطع می شود. برای انجام دقیق عملیات و جلوگیری از ضایعات، ماهیان باید قبلاً بر اساس اندازه گروه بندی شده و سپس از طریق جهت دهی *Orientation* قبل از ورود به ماشین قطع سر، بصورت دستی و یا اتوماتیک در جهت صحیح قرار گیرند، برای مثال اکثر ماشین های قطع سر ماهیهایی را قبول می کنند که بین ۷۰-۳۰ cm یا بین ۱۱۰-۵۰ طول دارند. در بعضی از دستگاههای اتوماتیک که در آنها تیغه ها یا چنگک های تخلیه نیز تعبیه شده است. به دنبال قطع سر، چنگک به داخل بدن ماهی وارد و محتویات حفره شکمی را تخلیه می کند. در صورت استفاده از این ماشین باید کنترل شود حوزه شکمی ماهی بصورت کامل تخلیه شده باشد تا امکان آلودگی های بعدی به حداقل

کاهش یابد. در ادامه سر و محتویات حوزه شکمی به نقاله دیگری منتقل شده و بدن بر روی نقاله قبلی باقی می ماند تا به محل شستشو انتقال یابد.

ماهی پس از گذشتن از این مراحل (تخلیه شکم و قطع سر) باید در آب کلرینه شستشو شوند چون عبور از مراحل قبلی آماده سازی برای ماهی منبع بسیاری از آلودگی هاست و شستشو هم عاملی است تا آلودگی های سطحی مثل خون و ماده لزج سطح بدن یا Slime از آن پاک شوند.

نوعی از ماشین های شوینده وجود دارد که علاوه بر شستشو فلس گیری هم می کند و عمل فلس گیری Descaling در مورد بعضی از ماهیان که فلس های سخت و غیر خوراکی دارند ضروری است. این ماشین شوینده از یک تانک دوار تشکیل شده که برای اطمینان از حرکت و تماس ماهی با دیواره آن به دور خود گردش می کند. صفحات برجسته و ثابتی که در دیواره این تانک تعبیه شده اند سبب می شود که ماهی ها حین گردش تانک به دیواره و همینطور به یکدیگر ساییده شوند. این سایش و برخورد با برجستگی های دیواره فلس ها را از بدن ماهی جدا می کند و در همین حال از طریق اسپری کردن آب فلس ها شسته شده و از سطح بدن جدا می شوند.

فرایند آب نمک گذاری Brining:

در این مرحله ماهی برای مدت معینی در محلول غلیظی از نمک معمولی غوطه ور می گردد. نمک در طول مدت غوطه وری جذب گوشت شده و طعم مطبوعی در محصول ایجاد می نماید. همچنین نمک سبب محکم شدن پوست شده و مانع چسبیدن آن به قوطی می گردد و این عمل هم چنین ظاهر ماهی را درخشان کرده و باقیمانده ماده لزج را از سطح بدن پاک می کند.

مهمترین عامل مؤثر در این فرایند آب نمک گذاری، مدت زمان باقی ماندن ماهی در آب نمک است. در این مورد ماهیان بزرگ و ماهیان چرب به زمان بیشتری احتیاج دارند ولی فیله به زمان کمتر نیاز دارد. مدت زمان لازم برای روش ساکن حدود ۴۵-۱۵ دقیقه است ولی برای روش پیوسته مدت زمان لازم کمتر است. مقدار نمک باقی مانده در گوشت ماهی در پایان مدت عملیات به مدت زمان توقف ماهی در آب نمک و تعداد ماهی موجود در تانک، غلظت و درجه حرارت آب نمک و مقدار بهم زدن **Stirring** بستگی دارد. باید توجه داشت که ماهی همواره مقداری از این نمک جذب شده را در خلال مراحل پخت از دست می دهد که باید این عمل را از نظر مقدار نمک گیری نهایی در نظر گرفت.

برای اندازه گیری غلظت آب نمک معمولاً از **Brinometer** استفاده می شود. غلظت آب نمک باید در فواصل زمانی مختلف اندازه گیری شود تا از اشباع بودن آب نمک اطمینان حاصل گردد. البته بعضی از باکتریها قادرند حتی در آب نمک غلیظ بخصوص وقتی حاوی روغن، خون و قطعات روده است بخوبی تکثیر کنند به همین دلیل ضروری است آب نمک سرد نگهداشته شده و در فواصل مختلف و برحسب نیاز تعویض گردد.

نمک مورد استفاده باید خالص بخصوص فاقد مقدار زیاد کلرور منیزیم باشد زیرا کلرور منیزیم ماده ناخالص در نمک است و باعث تشکیل **Struvite** در محصول نهایی می گردد. این ماده آمونیوم منیزیم است که بعضی اوقات کریستالهایی شبیه خرده شیشه در داخل کنسرو ماهی ایجاد می کند.

برای بهبود طعم ماهی علاوه بر روش آب نمک گذاری می توان نمک را قبل از درب بندی قوطی کنسرو به محصول افزود و این نمک را می توان با ادویه جات مورد نظر مخلوط کرد مثل پودر سیر و قبل از ریختن روغن به اندازه مورد نظر به کنسرو افزود. افزودن روغن یا سس در مرحله بعد می تواند به توزیع نمک در قوطی کمک نماید. حدود ۳ روز طول می کشد تا نمک بتواند در گوشت ماهی نفوذ کند.

روش های آب نمک گذاری در کنسرو ماهی:

۱- روش ساکن یا **Batch brining**:

وزن معینی از ماهی درون تانکی از آب نمک ریخته می شود و برای مدتی در آن باقی بماند. محلول آب نمک بطور معمول محلول اشباع (حاوی ۲۵٪ نمک) بوده و لازم است زمان نگهداری به صورتی در نظر گرفته شود که مقدار نمک جذب شده در پایان عملیات بیشتر از ۲-۱٪ نباشد.

۲- روش مداوم یا متحرک **Continuous brining**:

ماهی ها بوسیله نوار نقاله مارپیچ از درون تانک آب نمک عبور داده می شوند. در این روش باید مدت زمان باقیماندن ماهی درون آب نمک بدقت تنظیم شود. تا نمک گیری در حد لازم انجام شود. برتری این روش بر روش قبلی این است که هزینه کارگر کمتر و کنترل بهتر فرآیند و کسب نتیجه یکنواخت و محصول مشابه در پایان فرآیند است. در این روش می توان با گردش مجدد آب و عبور آن از صافی از آب نمک تهیه شده به دفعات استفاده نمود.

مرحله بعد در کنسرو ماهی، پخت اولیه **Pre-Cooking**:

چرا پخت اولیه انجام می گیرد:

هنگامی که گوشت ماهی حرارت داده شود بستگی به گونه ماهی مقداری از آب خود را از دست می دهد و اگر این آب خارج شده بعد از پخت کردن قوطی درون آن باقی بماند سس اضافه شده را رقیق کرده و سبب می شود که کنسرو ماهی ظاهر نامطلوب پیدا کند و روغن در سطح شناور گردد به این دلیل ضروری است ماهی قبل از طی فرآیندهای بعدی، پخته شده و مایعات اضافی آن خارج گردد. مرحله پخت اولیه مرحله ای است بسیار حساس و باید محصول را به حدی حرارت داد تا در مرحله بعدی آب از دست ندهد و حرارت داده شده به محصول خیلی خشک **Over dried** نباشد و بنابراین بستگی به نوع محصول و درصد آب و چربی آن از روش های مختلفی استفاده می شود.

پخت اولیه را می توان به کمک بخار **Steam**، هوای داغ **Hot air** و یا دود انجام داد و انتخاب روش با توجه به درخواست بازار و گونه ماهی است.

در صورت استفاده از بخار برای پخت اولیه ضروری است که محصول بعد از پخت مدتی در معرض جریان هوای سرد قرار گیرد تا رطوبت سطحی آن کاهش یابد و در غیر این صورت حمل ماهی پخته با مشکل روبرو خواهد شد. در صورت استفاده از هوای داغ دقت شود تا رطوبت محصول بیش از حد لازم گرفته نشود. در غیر این صورت بافت ماهی خشک و سفت **Tough** شده و اختصاصات کیفی آن کاهش می یابد.

روش های پخت اولیه:

۱- **روش نیمه اتوماتیک:** در این روش فیله ها یا ماهی ها را پس از خارج شدن از آب نمک، روی سینی های مخصوص چیده و سپس آنها را به مدت لازم در داخل تونل بخار (اتو کلاو افقی) قرار می دهند و در ادامه این سینی ها را از درون تونل خشک کننده عبور می دهند تا ضمن کاهش رطوبت حرارت آنها گرفته شود و سپس به قسمت بسته بندی منتقل شود و در آنجا ماهی ها به کمک دست درون قوطی پر می شوند و می توان نیمی از سس یا روغن را قبل از پر کردن و باقی را در پایان عملیات به قوطی ها اضافه نمود.

۲- **روش اتوماتیک:** در این روش فیله ها روی یک زنجیر متحرک از درون کانال بخار عبور داده می شوند. لایه های فیله به اندازه عرض قوطی برش داده می شوند (بوسیله تیغه اتوماتیک) و درون قوطی قرار داده می شوند. فیله حین پخت حدود ۱۵٪ وزن خود را از دست می دهد. البته در پایان مرحله پخت برای کاهش درجه حرارت محصول پخته شده، ماهیان بوسیله اسپری آب شسته و خنک می شوند ولی آب اضافی این شستشو هم به کمک جریان هوای گرم گرفته می شوند و لذا تغییری در افت وزن حاصل از پخت اولیه بوجود نمی آید.

در روش نیمه اتوماتیک یا اتوماتیک می توان از دود گرم یا سرخ کن (Fryer) هم بصورت پیوسته استفاده نمود و ماهی را قبل از قرار دادن در قوطی دود داده و یا سرخ نمود. مدت زمان پخت اولیه حدود ۶۰-۵۵ دقیقه و دمای مورد استفاده حدود 100 °C است.

قوطی گذاری (پر کردن) و بسته بندی Packing:

در این مرحله، ماهی های پخته شده پس از قطعه بندی بوسیله کارگر یا ماشین، درون قوطی کنسرو قرار داده می شوند. انتخاب قوطی کنسرو بر اساس نوع محصول نهایی و اندازه ماهی صورت می گیرد. در گذشته عمدتاً از قوطی هایی استفاده می کردند که از ورق استیل ساخته شده بود و لایه ای بسیار نازک یا پوششی از قلع نیز سطح این ورق را می پوشانید ولی امروز تولید کنندگان به استفاده از مواد دیگر مانند شیشه یا Al و حتی پلاستیک رغبت بیشتری نشان می دهند. استفاده از قوطی های Al در کشورهای اسکانندیناوی توسعه زیادی پیدا کرده است. قوطی های Al از قوطی های قلعی نرم تر بوده و بیشتر برای کنسروهای کوچک و متوسط کاربرد دارد.

مزایای دیگر استفاده از قوطی های آلومینیم Al:

- ۱- مشکل تغییر رنگ و سیاه شدن (Sulfur blackening) که در قوطی های قلع اندود بود، دیده نمی شود.
- ۲- وزن قوطی Al سبک تر و باز کردن آسانتر دارند.

معایب: امکان رنگ بری Al در کنسرو میگو و تغییرات رنگ در آن مشاهده می شود که با کاهش PH تا حدود ۶ (به کمک اسید سیتریک یا آبلیمو) قابل پیشگیری است.

در ایران برای تهیه کنسرو ماهی عمدتاً از قوطی هایی از جنس ورق استیل استفاده می شود که هر دو سطح آن قلع اندود شده است و ضخامت لایه قلع در سطح داخلی بیشتر است و علاوه بر این سطح داخلی با لایه ای از لاک مخصوص آلی به نام اولئورزین پوشیده شده که در مقابل واکنش های احتمالی شیمیایی بین محتویات قوطی و بدنه قوطی پایدار است. این قوطی های گرد دو قسمتی (یا سه قسمتی) هستند.

قوطی‌هایی که امروزه برای تهیه کنسرو ماهی در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرند اندازه‌های متفاوتی دارند که بعضی از این اندازه‌ها در جدول ۱ - ۹ نشان داده شده است. برای ابعاد نشان داده شده، عدد اول نشانگر قطر داخلی قوطی و عدد دوم مشخص کننده ارتفاع داخلی آن است. رقم اول هر عدد ابعاد را به اینچ و رقم‌های دوم و سوم، کسره عدد را به شانزدهم اینچ نشان می‌دهد. برای مثال، قوطی کنسرو با ابعاد 211×109 یعنی قوطی کنسروی که قطر آن $2\frac{11}{16}$ اینچ و ارتفاع آن $1\frac{9}{16}$ اینچ است. باید توجه داشت هرگاه در مورد یک قوطی کنسرو سه بعد نشان داده میشود، منظور ابعاد قوطی‌های بیضی شکل است و اعداد نیز به ترتیب نشانگر طول و عرض داخل قوطی و ارتفاع کلی آن می‌باشد.

جدول ۱ - ۹ انواع قوطی‌های کنسرو و ابعاد آنها

انواع فرآورده	اندازه قوطی‌های کنسرو
ماهی تون	211×109
ساردین در روغن یا سوس	$405 \times 301 \times 114$
سالمون	307×200
ماکرل	202×308
	211×300
گوشت خرچنگ	307×200
	307×113
میگو	301×106

معایب این قوطی‌های گرد کنسرو ماهی:

مسئله تغییر رنگ محصول در اثر شکل‌گیری سولفید آهن FeS که از طریق واکنش ایجاد شده بین آهن و ترکیبات گوگرد دار بخصوص (H_2S) در عضلات ماهی بوجود آمده و منجر به سیاه شدن محصول می‌گردد. منبع اصلی آهن در این واکنش ورق استیل بکار رفته است البته ممکن است خود فرآورده کنسرو شده هم دارای مقدار زیادی آهن باشد یا آب مصرفی برای شستشو با تهیه کنسرو (کنسرو ماهی تن در آب نمک) حاوی آهن باشد. امروزه برای رفع این مشکل یا از قوطی‌های Al استفاده می‌شود یا با استفاده از پوشش‌های مقاوم در سطح داخل قوطی کنسرو امکان این تغییرات شیمیایی را کاهش می‌دهند. یکی از انواع این پوشش‌ها که برای فرآورده‌های دریایی پیشنهاد می‌گردد، به نام "C" Enamel که در ترکیب اولیه خود دارای ۱۵٪ اکسید روی است که این ترکیب ایجاد واکنش با سولفیدهایی است که طی مرحله استریلیزاسیون شکل می‌گیرد. این واکنش‌ها با ایجاد ترکیبات روی بدون رنگ یا رنگ سفید بدون ضرر می‌تواند مشکل فوق (تغییرات رنگ در کنسرو) را حل کند.

در ادامه خط تولید، قوطی های پر شده روی زنجیر متحرک قرار داده شده و به قسمت مخصوص ریختن روغن یا سس منتقل می گردند.

در یکی دیگر از طراحی های خط بسته بندی، با پیش بینی سه نوار متحرک، قوطی های خالی روی یک نوار مرکزی قرار داده می شوند و در همان حال دو نقاله دیگر هر کدام در یک طرف نقاله مرکزی و در همان مسیر حرکت می کند. در انتهای یکی از خطوط، ماهی وزن شده را روی نقاله های جانبی قرار می دهند. در طول خط ماهی و قوطی خالی از روی نوار متحرک برداشته شده و ماهی درون قوطی قرار داده می شود و مجدداً قوطی پر شده روی خط وسطی گذاشته می شود. در این مورد، عمل ریختن سس یا روغن را می توان قبل یا بعد از مرحله پر کردن در نظر گرفت. این روش بسیار انعطاف پذیر و سریع است. برای اطمینان از صحت عملیات می توان در فواصل زمانی، قوطی ها را از روی زنجیر نقاله برداشته و با توزین از پر بودن آنها اطمینان حاصل نمود.

مرحله هواگیری Exhausting:

در پایان مرحله پر کردن، قوطی های کنسرو کوچک پر شده بلافاصله باید درب بندی گردد ولی قوطی های بزرگ لازم است قبل از درب بندی حتماً هواگیری شود تا در پایان مرحله حرارتی (استریلیزاسیون) و پس از سرد شدن یک خلأ جزئی در قسمت خالی سر قوطی Head Space ایجاد شود.

چرا باید قوطی را قبل از درب بندی هواگیری نمود و خلأ را در آن ایجاد کرد:

وقتی سر قوطی باز است Head Space بوسیله مخلوطی از هوا و بخار آب پر می شود و پس از بستن درب قوطی فشار Head Space با فشار جو خارج برابر خواهد بود (چون هوا دارد). در اثر حرارت دادن قوطی درب بسته، مقداری از آب درون قوطی تبخیر شده و بصورت ذرات بخار در می آید و هوای درون قوطی منبسط شده و همراه با انبساط قسمت جامد و مایع درون قوطی، مقداری هم گازهای مختلف از ماهی متصاعد می شود. مجموعه این تغییرات در درون قوطی درب بسته سبب می گردد که در مجموع فشار کل درون قوطی کنسرو افزایش یابد و این افزایش فشار داخل کنسرو در حرارت 120°C (مرحله استریلیزاسیون) سبب وارد شدن فشار به قسمت سر و کف قوطی شده و ایجاد تورم و پیچش در قوطی (Distortion) می گردد که منجر به بروز کشیدگی در درزهای قوطی می گردد. (این تغییرات در قوطی های Al که از استحکام کمتری برخوردار است، بیشتر است). ایجاد کشیدگی در درزهای قوطی پس از سرد شدن قوطی (مرحله غوطه وری در آب سرد) منجر به نشت (Leak) شده و باعث ایجاد آلودگی در محتویات داخلی می گردد.

بنابراین به دلایل مذکور برای جلوگیری از آسیب های احتمالی ضروری است بخصوص در قوطی های بزرگ قبل از درب بندی یک خلأ جزئی (نسبی) ایجاد شود. ایجاد خلأ جزئی در قوطی های کنسرو ماهی علاوه بر کاهش احتمال بروز آسیب به درزهای قوطی، به شناخت بعدی قوطی های یاد کرده Blown Cans نیز کمک می کند زیرا دو انتهای قوطی هایی که در آنها خلأ جزئی وجود دارد در پایان مرحله آماده سازی و سرد شدن قوطی کمی مقعر است و به همین دلیل قوطی های متورم شده در انتهای آنها شناسایی و آزمایش می شوند چون ممکن است افزایش فشار داخل قوطی در اثر فساد محتویات آن باشد.

روشهای ایجاد خلأ نسبی در قوطی کنسرو:

- ۱- پر کردن مواد غذایی بصورت داغ و سپس درب بندی سریع قوطی Hot filling (و بخار آب هوا را خارج نموده و پس از درب بندی بخار آب تقطیر می شود و خلأ ایجاد می شود).
- ۲- پر کردن مواد غذایی بصورت سرد و سپس حرارت دادن قوطی تا حدود 80-95 °C در حالی که درب قوطی به مقدار کمی باز است تا هوا خارج شود. (پس از خروج هوا و درب بندی خلأ ایجاد می شود)
- ۳- خارج نمودن مکانیکی هوا به کمک پمپ خلأ.
- ۴- وارد نمودن بخار به داخل قوطی کنسرو و جایگزین نمودن آن با هوای موجود بلافاصله قبل از لحیم (پرچ) نمودن سر قوطی.

از میان روش های فوق بی شک روش ۴ استفاده از بخار (تخلیه کردن هوا با بخار Steam exhausting) مناسب ترین روش برای تخلیه هوای قوطی کنسرو است.

در این روش پس از پر کردن قوطی، درب قوطی را بصورتی به بدنه لحیم یا پرچ می کنیم که گازها بتوانند به آسانی از قوطی خارج شوند سپس قوطی را در حالیکه روی نوار نقاله قرار دارد از درون محفظه تخلیه هوا Exhaust box عبور می دهیم. این قسمت تشکیل شده از یک محفظه کاملاً عایق بندی شده که بوسیله بخار 95 °C گرم می شود. قوطی کنسرو حین عبور از فضای مورد نظر در معرض جریان بخار قرار می گیرد و در اثر تزریق بخار به درون قوطی هوای آن بوسیله بخار جایگزین می شود. زمان لازم حدود ۲۰-۳۰ دقیقه است و سپس بخار موجود در کنسرو متراکم و تقطیر شده و خلأ ایجاد می شود. در پایان مراحل و با خروج قوطی از تونل تخلیه هوا (Exhaust box) باید درب قوطی بسرعت روی بدنه لحیم شود در غیر اینصورت محتویات قوطی سرد شده و خلأ ایجاد نمی گردد.

بجای استفاده از تونل تخلیه هوا، می توان از روش درب بندی در خلأ (Vaaccum Seaming) نیز استفاده کرد در این روش هنگام بستن قوطی هوای آن تخلیه شده و از این طریق خلأ ایجاد می شود. این روش مشکلتر از روش قبلی است و سرعت عمل آن کمتر و فقط ۱۵ قوطی در دقیقه است ولی در روش قبلی ۶۰ قوطی در دقیقه خلأ ایجاد می کند. روش های دیگر ایجاد خلأ، تزریق بخار در قوطی قبل از درب بندی یا پر کردن قوطی با ماهی داغ و سس داغ است.

درب بندی قوطی (Can closing):

بطور معمول قوطی های کنسرو ماهی با روش لحیم مضاعف (Double Seaming) درب بندی می شوند و بصورتی درب بندی انجام می شود که پس از استریلیزاسیون محتویات قوطی از عبور مواد آلوده از طریق آب یا هوا جلوگیری شود.

در پایان مرحله درب بندی قوطی ها از درون دستگاه شستشو عبور می دهند. در این دستگاه آب داغ با فشار بر روی قوطی ها اسپری می شود. عمل شستشو را می توان از طریق عبور قوطی ها از حد چشمه های آب داغ که دارای مواد ضد عفونی کننده است، انجام می شود. عمل شستشو سبب پاک شدن روغن و مواد چسبیده به قوطی است چون اگر این مواد در طول مرحله حرارتی روی قوطی بماند خشک و سخت شده و جدا شدن بعداً مشکل است.

فرآیند حرارتی Heat Processing:

منظور از فرآیند حرارتی، پختن ماهی تا حد نرم شدن استخوانها و غیر فعال کردن تمام آنزیم ها و باکتری هایی است که ممکن است در قوطی وجود داشته باشد. البته در عمل درجه حرارت و زمان لازم برای غیر فعال کردن باکتری ها بیش از حدی است که برای پختن ماهی و غیر فعال کردن آنزیم ها بکار می رود.

فرآیند حرارتی بکار رفته در مورد مواد غذایی کنسرو شده از جمله کنسرو ماهی معمولاً با اصطلاح استریل‌زاسیون تجارتي "Commerual Sterility" بیان می گردد و آن عبارتست از فرآیندی که در پایان آن هیچ ارگانیسم بیماری زای زنده ای در کنسرو وجود نداشته باشد و تعداد میکروارگانیسم های دیگر باقی مانده عامل فساد بقدری کم باشد که در شرایط نگهداری کنسرو خارج از یخچال قادر به رشد و فعالیت نباشند.

انجام استریل‌زاسیون مطلق Absolute sterility برای کنسرو ماهی برای از بین بردن تمامی میکروارگانیسم های موجود امکان پذیر نیست زیرا نیازمند بکار بردن حرارتی بالا و زمان طولانی است که سبب ایجاد تغییرات نامطلوب بافتی، تغذیه ای و ارگانولپتیک در محصول می شود؛ بنابراین برای اینکه به اهداف فوق برسیم باید مقدار حرارت لازم برای کنسرو ماهی محاسبه شود و در این راه مقاومت حرارتی میکروارگانیسم های موجود (تعداد میکروارگانیسم ها و اسپورها و انواع میکروارگانیسم ها) ماهیت فیزیکی و شیمیایی ماده غذایی، چگونگی تعداد حرارت در محتویات قوطی از جمله عواملی هستند که در محاسبه میزان حرارت لازم برای استریل‌زاسیون قوطی مؤثر هستند. ماهی کنسرو شده بطور معمول در دمای $121-110^{\circ}\text{C}$ فرآیند می گردد و برای این کار از بخار آب استفاده می شود. در این رابطه قوطی های کنسرو پس از درب بندی درون اتوکلاو قرار می دهند. این اتوکلاوها می توانند بصورت ثابت (افقی و عمودی) باشند. اتوکلاوهایی که با بخار آب کار می کنند ممکن است به هوای فشرده متصل باشند که در هنگام سرد کردن قوطی ها برای جلوگیری از افزایش فشار داخلی آنها مورد استفاده قرار می گیرد. اندازه و شکل قوطی ها از جمله عواملی هستند که بر روی انتشار گرما (نفوذ حرارت) به داخل قوطی مؤثر است مثلاً هر چه اندازه قوطی بزرگتر باشد گرما دیرتر به مرکز قوطی می رسد. طبیعت و قوام ماده غذایی در سرعت انتشار حرارت مؤثر است بطوریکه هر چه ماده غذایی رقیق تر باشد گرما در آن سریع تر منتشر می شود.

روش های انتشار حرارت در ماده غذایی کنسرو شده:

اگر قوطی محتوی مواد غذایی مایع باشد انتشار حرارت بصورت جابجایی Convection صورت می گیرد. در این روش قسمت گرم شده سبکتر شده و بالا می رود و در نتیجه یک چرخش مواد (Circulation) در داخل قوطی بوجود می آید. ولی اگر محتویات قوطی جامد باشد انتشار حرارت بصورت Conduction یا بصورت هدایت حرارتی است که سرعت آن کمتر است در این روش انتقال حرارت به صورت مولکولی است.

تقریباً تمامی ماهی های کنسرو شده دارای مخلوطی از مواد جامد و مقادیر کمی از مایعات است و انتقال حرارت بصورت هدایت حرارتی و با محدودیت روبرو است. وقتی به کنسرو ماهی حرارت داده می شود ابتدا گرما از اتوکلاو به سطح قوطی منتقل و محتویات و جدار قوطی استریل می شوند. نقطه ای از قوطی که دیرتر از سایر نقاط به حرارت لازم استریل‌زاسیون می رسد نقطه سرد Cold Point نام دارد.

جهت اطمینان از استریل‌زاسیون صنعتی، زمان کافی برای رسیدن نقطه سرد به درجه استریل‌زاسیون و باقی ماندن در آن درجه حرارت در فاصله زمانی معین باید مورد توجه قرار گیرد.

روشهای افزایش قابلیت نفوذ حرارت در کنسرو ماهی:

با این روش ها می توان زمان فرآیند حرارتی را کاهش داد و به حداقل رساند. این روشها شامل انتخاب قوطی ها با ابعاد کوچکتر، افزایش مقدار سس نسبت به ماهی، تکان دادن قوطی ها با استفاده از اتوکلاو چرخان می باشد. استریلزاسیون صنعتی مواد غذایی عمدتاً بوسیله بخار تحت فشار انجام می گیرد. در فشارهای حدود ۱۰ و ۱۵ و ۲۰ Psi (پوند بر اینچ مربع)، درجات حرارتی معادل $116^{\circ}C$ و $121^{\circ}C$ و $127^{\circ}C$ ایجاد می شود. در اتوکلاو در صورتی که بخار آب داخل اتوکلاو با هوا مخلوط باشد درجه حرارت مورد نظر بدست نمی آید. پس از رسیدن درجه حرارت اتوکلاو به حد مورد نظر زمان استریلزاسیون شروع می شود. زمان استریلزاسیون عبارتست از فاصله زمانی بین رسیدن اتوکلاو به حرارت مطلوب و بستن شیر بخار. در این فاصله زمانی مراحل زیر طی می شود:

۱- زمان گرم شدن:

در این مرحله محتویات قوطی از درجه حرارت اولیه به درجه حرارت ماکزیمم Max (درجه حرارت داخل اتوکلاو) می رسد. طول این مدت بستگی به نوع غذا و شکل و اندازه قوطی و درجه حرارت اولیه دارد.

۲- زمان حرارت ثابت:

فاصله زمانی است که در طی آن کلیه محتویات قوطی در درجه حرارت Max نگهداری می شود.

۳- زمان سرد شدن:

مدت زمانی است که پس از ورود آب سرد به داخل اتوکلاو، محتویات قوطی ها به درجه حرارت $102^{\circ}C$ می رسند.

چرا قوطی های کنسرو در اثر تغییرات فشار داخل و خارج قوطی، متورم و تغییر شکل می یابد:

قوطی کنسرو کاملاً بسته هنگامی که حرارت داده می شود فشار داخلی آن افزایش می یابد حتی هنگامی که در داخل قوطی خلأ نسبی هم ایجاد شده باشد باز هم ممکن است اختلاف فشار داخل و خارج قوطی صدمات مکانیکی به آن وارد نماید و معمولاً سعی می شود که در داخل اتوکلاو همواره تعادل فشار بین داخل و خارج قوطی برقرار شود. اما اگر در پایان فرآیند حرارتی، ورود بخار آب بطور ناگهانی قطع شود و فشار فوراً پایین بیاید امکان دارد که فشار نسبی درون قوطی بطور ناگهانی افزایش یافته و باعث ایجاد آسیب در محل لحیم قوطی گردد. برای جلوگیری از تغییر فرم قوطی از روش Pressure Cooling استفاده می شود. در این روش هنگامی که در پایان عملیات بخار آب تخلیه شده و دیگر فشار خارجی باقی نماند، مقداری فشار هوا جایگزین فشار بخار می گردد و سپس قوطی ها را به کمک آب $40^{\circ}C$ سرد می نماید و در همان حال فشار هوا را آزاد می کند.

با سرد شدن قوطی کنسرو فشار به سرعت تغییر می کند و حتی درزهای قوطی که کاملاً لحیم شده اند ممکن است مقداری آب را از خود عبور دهند که اگر آب آلوده باشد باعث ایجاد آلودگی در کنسرو در طول نگهداری می شود.

سرد کردن قوطی نباید به حدی باشد که آب باقی مانده در سطح آنها باعث زنگ زدن قوطی ها شود و باید به حدی باشد که گرمای نهایی بتواند آب سطحی را تبخیر و سطح قوطی را خشک کند. در پایان مرحله سرد کردن، به قوطی ها برچسب زده می شود و جعبه گذاری می شود. جعبه های آماده به انبارهای دائم یا موقت جهت طی دوره قرنطینه و کسب اجازه مصرف، فرستاده می شود تا اگر مواردی آلوده باشند، از بقیه کنسروها جدا شوند. این قوطی ها تا پایان مراحل آزمایشگاهی نمونه های ارسالی در قرنطینه نگهداری خواهند شد.

تشخیص فساد در قوطی های کنسرو شده:

معمولاً دو نوع فساد در قوطی های کنسرو ماهی قابل جستجو است: فساد باکتریایی و فساد شیمیایی. فساد باکتریایی به چند دلیل ممکن است بروز نماید از جمله عدم کفایت فرآیند حرارتی **Under Processing** و بوجود آمدن آلودگی ثانویه **Post-Processing Contamination** در اثر استفاده از آب آلوده در مرحله سرد کردن یا نشت قوطی (**Leakage**) در مراحل نگهداری. فساد باکتریایی فرآورده های کنسرو شده ماهی را می توان به دو گروه تقسیم نمود:

اول فسادى که عمدتاً با تورم قوطی همراه بوده و عامل آن باکتری های بی هوازی مولد اسپور می باشد و دلیل تورم نیز تولید گاز H_2 و یا CO_2 است.

دوم فسادى که بدون ایجاد تورم در کنسرو همراه است ولی محتویات قوطی بو و طعم نامطبوع پیدا می کند و به **Flat Sour** (ترشیدگی بدون تورم) موسوم است. یک قوطی کنسرو سالم معمولاً در دو انتها مسطح و یا کمی فرو رفته است و به همین دلیل تولید هر گونه گاز یا افزایش فشار داخلی در آن منجر به باد کردگی (تورم) **Swelling** و بروز تغییراتی در ظاهر آن می شود.

انواع حالات تورم در قوطی کنسرو:

اگر در اثر فشار یک طرف قوطی، طرف دیگر آن برآمده شود ولی پس از برطرف شدن علت (فشار)، انتهای برآمده به حالت اول برگردد این تغییر حالت را **Flipper** (تورم تحریکی گویند).

در صورتی که فشار درون قوطی بیش از حالت قبلی باشد و فشردن یک انتهای برآمده به طرف داخل، منجر به تورم طرف دیگر شود در این حالت تورم را تورم فنری یا **Springer** گویند.

در حالتی که هر دو انتهای قوطی متورم باشند و بتوان با فشار انگشت برآمدگی را به داخل برگرداند حالت **Soft Swell** (تورم نرم) گویند ولی اگر نتوان با فشار انگشت آنرا به داخل برگرداند یعنی شدت فشار داخلی مانع برگشت شود حالت **Hard Swell** (تورم سخت) گویند.

اگر چه تغییرات فوق در قوطی کنسرو نشانه ای از فساد باکتریایی است ولی بروز این تغییرات بخصوص حالات اولیه (مثل **Swelling**) در اثر کمبود خلأ یا پر کردن بیش از حد قوطی است.

تست تعیین استریلیتی تجارتي کنسروهای ماهی:

قوطی های کنسرو را در درجات حرارت معین و برای مدت زمان معین در انکوباتور (گرم خانه) می گذاریم تا به میکروارگانیزم های احتمالی باقی مانده از مرحله حرارتی استریلیزاسیون تجارتي، فرصت داده شود تا رشد نموده و

تکثیر یابد (اگر در کنسرو وجود داشته باشد). در صورتی که در پایان این آزمایش، تغییری در ظاهر قوطی کنسرو ایجاد شود نشانه عدم انجام استریلیزاسیون تجارتي در قوطی می باشد و نمونه ها باید برای تعیین نوع آلودگی باکتریایی احتمالی مورد آزمایش تکمیلی قرار گیرند.

برای انجام تست تعیین استریلیتی تجارتي نمونه های مورد نظر را به دو گروه تقسیم می کنند:
گروه اول به مدت ۷-۵ روز در درجه حرارت 55°C و گروه دوم به مدت ۱۰ روز در درجه حرارت 35°C -
۳۰ نگهداری می کنند و در پایان مدت، نمونه ها را از انکوباتور خارج و تغییرات ظاهری (تورم) در آنها بررسی می شود. وجود هر گونه تغییرات ظاهری نشانه زنده ماندن احتمالی باکتری در قوطی است و عدم وجود هر تغییر ظاهری نشانه عدم وجود آلودگی نبوده و لازم است تعدادی از قوطی ها را بطور تصادفی انتخاب نموده و پس از باز کردن محتویات آنها از نظر فساد احتمالی حاصل از Flat Sour بررسی شود.

فساد شیمیایی در قوطی های کنسرو:

قوطی هایی که در حال حاضر برای تهیه کنسروهای مختلف بکار می روند عمدتاً از جنس Al یا Tin Plate هستند که این نوع اخیر (Tin Plate) از ورقه های فولاد سبک ساخته شده که بوسیله لایه نازکی از قلع پوشانده شده است. این لایه قلع برای بسیاری از فرآورده های کنسرو شده به تنهایی در مقابل خوردگی مقاوم بوده و نیازی به محافظت بیشتر ندارد ولی ماهی ها و بسیاری از فرآورده های گوشتی که دارای سس اسیدی هستند نیازمند قوطی می باشند که یک لایه محافظت کننده اضافی (لاک Laquer) بر روی ورق های اولیه کشیده شده باشد.
قوطی های کنسروی که دارای سس اسیدی هستند در مقابل حمله اسید آسیب پذیرند لذا در صورتی که به هر دلیل در لاک قوطی ترک خوردگی بوجود آمده باشد اسید به قلع حمله کرده و ممکن است خوردگی ایجاد شده تا لایه فولاد (Tin Plate) نفوذ کند در این صورت به دلیل تأثیر اسید بر دیواره قوطی گاز H_2 ایجاد شده و منجر به تورم قوطی می شود.

بعضی از فرآورده های دریایی بخصوص سخت پوستان (خرچنگ) در خلال فساد، ترکیبات فرار گوگردی ایجاد می کنند در نتیجه سیاه شدن سولفوری قوطی کنسرو Dark Sulfur Staining در اثر تشکیل سولفید آهن یا سولفید قلع باشد و برای جلوگیری از این عمل، در این قوطی از لاک مخصوص حاوی اکسید روی استفاده می کنند.

روشهای دیگر نگهداری :

نگهداری فرآورده های دریایی از طریق سرد کردن، انجماد و کنسرو کردن روشهای معمولی است که تقریباً در تمامی نقاط دنیا مورد استفاده قرار می گیرد ولی بجز روشهای فوق، تکنیکهای دیگری هم برای نگهداری این فرآورده ها بکار گرفته می شود که استفاده از آنها از زمانهای دور و قبل از استفاده از انجماد و حرارت معمول بوده و هنوز هم در بعضی از کشورها بصورت متفاوت معمول است؛ مثل شور کردن Salting، خشک کردن Drying، دود دادن Smoking، تخمیر Fermentation. البته روشهای دیگری در دو دهه اخیر برای نگهداری فرآورده های دریایی معمول شده و هنوز بصورت تجارتي متداول نشده مانند نگهداری در اتمسفر تغییر یافته Modified atmosphere storage. دو دلیل عمده فساد فرآورده های دریایی، شامل فعالیت باکتریها و آنزیم های اتولیتیک است. نحوه اثر هر یک از روشهای نگهداری بر پایه ایجاد تغییر در شرایط محیطی و جلوگیری از فعالیت باکتری ها و آنزیم هاست.

می دانیم که آب جزء اصلی تمام مواد خوراکی محسوب می گردد. اگرچه مقدار آن در مواد غذایی متفاوت است ولی قسمتی از آن که بصورت آب در دسترس **Available water**، در اختیار میکروارگانیزم ها قرار دارد زمینه را برای فساد مهیا می کند. در نتیجه غذاهایی که مقدار آب در دسترس در آنها زیاد باشد (شیر، گوشت، ماهی) سریع تر فاسد می شوند و برعکس گروهی از مواد غذایی که مقدار آب در دسترس در آنها محدود است (آرد و عسل) قادرند برای مدت طولانی حتی در دمای اتاق بدون تغییر باقی بمانند. مقدار آب در دسترس (آب آزاد) در مواد غذایی از طریق اندازه گیری فعالیت آب (**Activity Water (aw)** تعیین می گردد. فعالیت آب در یک ماده غذایی نشانه مقدار آبی است که برای انجام واکنش های متابولیک و انتقال متابولیت ها در اختیار میکروارگانیزم ها قرار دارد. آب خالص دارای حدود $aw=1$ و در نتیجه هر چه مقدار aw در یک ماده غذایی به یک نزدیک تر باشد فعالیت میکروبی و فعل و انفعالات شیمیایی در آن به نسبت بهتری انجام می گیرد.

نمک و شکر دو ماده ای هستند که با اتصال به آب آنرا از اختیار میکروارگانیزم ها خارج می کنند. به همین جهت می توان از طریق اضافه کردن نمک به ماده غذایی و در نتیجه کاهش aw اثر تخریبی باکتری ها را کاهش داد. نمک قادر است از طریق فشار اسمزی، رطوبت را از بافت ماهی خارج نموده و مقدار آب در دسترس را کاهش دهد که این خود نشانه کاهش فعالیت آب خواهد بود و چون اکثر باکتری ها برای رشد خود نیازمند فعالیت آب حدود ۹۵٪ یا بیشتر می باشند لذا هر گونه کاهش در aw تواند بر فعالیت آنها اثر مستقیم داشته باشد. فعالیت آب در ماهی نزدیک به ۱ است اما پس از شور کردن و خشک کردن مقدار فعالیت آب در آن کاهش یافته و به حدود ۰/۷-۰/۸ می رسد که برای رشد باکتری ها مناسب نیست. از این خاصیت برای نگهداری ماهی استفاده می شده است. و در حال حاضر استفاده از این روشها برای نگهداری ماهی بصورت جداگانه کمتر معمول است. در عوض مجموعه ای از سه فرآیند شور کردن، خشک کردن و دود دادن با هم بکار گرفته می شود و محصول نهایی نیز عمدتاً بصورت فرآورده دودی **Smoking Fish** به بازار عرضه می شود و محصولی با ماندگاری قابل قبول به مصرف کننده ارائه می گردد.

اصول تهیه فرآورده های دودی

انتخاب و آماده سازی اولیه

نمک زدن یا شور کردن ماهیان (**Salting**):

یکی از مهمترین مراحل تهیه ماهی دودی، نمک زدن به محصول و حصول اطمینان از توزیع یکنواخت نمک در تمامی قسمت های محصول است. نمک قادر است سرعت رشد میکروارگانیزم های عامل فساد و بعضی از باکتری های عامل مسمومیت غذایی را کاهش دهد. بهر حال کلرور سدیم علاوه بر بهبود طعم محصول، دارای خواص نگهدارندگی محصول به دلایل زیر است:

۱- بالا بودن غلظت نمک در اطراف ماهی باعث می شود که آب بر اساس فشار اسمزی به خارج و نمک به داخل عضله نفوذ کند و خروج آب رشد باکتریها و فعالیت آنزیم ها را محدود نموده و از این طریق ماندگاری محصول را افزایش می دهد.

۲- با توجه به اینکه باکتریهای معمولی عامل فساد قابلیت تحمل غلظت ۸-۶٪ نمک یا بیشتر را ندارند لذا بالا بودن غلظت نمک در محیط می تواند از رشد این باکتریها جلوگیری کند. البته باکتری های نمک دوست (هالوفیلین Halophiles) فقط در حضور غلظت بالای نمک رشد می کنند و حتی این باکتریها قادرند غلظت نمک ۱۳-۱۲٪ را تحمل کنند بنابراین در فرآیند نمک سود سبک (Light coring) فلور طبیعی باکتری ها از بین رفته و رشد باکتری های نمک دوست بر حسب زمان و درجه حرارت دچار وقفه می شود. در حالیکه اگر میزان نمک به کار برده شده زیاد باشد، مقدار آب خارج شده بیشتر بوده و حتی ممکن است رشد باکتریهای نمک دوست را نیز محدود سازد.

روشهای نمک زدن محصول:

انتخاب هر روش بر حسب گونه ماهی، مقدار چربی، نوع کشور و بازار مصرف و شرایط آب و هوایی و عادات محلی انجام می شود. البته مهمترین هدف این است که نمک بطور یکنواخت در عضله نفوذ کامل کند بطوری که مقدار نمک نهایی محصول آماده بحدی باشد که بتواند محصول را در مدت نگهداری و تحت شرایط محیطی (درجه حرارت و رطوبت) حفظ نماید. در حال حاضر دو روش کلی برای نمک زدن محصول وجود دارد :

۱- روش نمک زدن خشک:

در این روش ماهیان روی هم انباشته شده و در فواصل آنها لایه هایی از نمک قرار می دهند. نفوذ نمک و فشار ایجاد شده سبب خروج آب از عضله گردیده و آب خارج شده از طریق کانالهای خاصی به بیرون هدایت می شود. این روش قدیمی بدلیل سهولت اجرا و امکان اجرای آن با حداقل تجهیزات، هنوز در بسیاری از نقاط ساحل برای نمک سود کردن و نگهداری آن برای مدت نسبتاً طولانی بکار برده می شود.

برای آماده سازی اولیه، ابتدا سر ماهی تازه را قطع و سپس حفره شکمی را تخلیه می نمایند. در مرحله بعد ضروری است ماهی دو نیمه شوند. هدف از این عمل باز کردن حفره شکمی و آزاد کردن یک طرف از قسمت گوشتی بدن در فاصله بین برانشی ها و مخرج است. انجام این مرحله کمک می نماید تا بدن ماهی به صورت دو نیمه گوشتی بهم پیوسته و مسطح در آید. در این حال لایه ای از نمک بر سطح گوشتی بدن ریخته شده و سپس ماهیان آماده شده به ترتیب بر روی هم قرار داده می شوند. این عمل تکرار می شود تا توده ای به ارتفاع یک متر به وجود آید.

نفوذ نمک و فشار ایجاد شده سبب خروج آب از عضله گردیده و آب خارج شده از طریق کانالهای خاصی به بیرون هدایت می شود. به جهت انجام هر چه یکنواخت تر عملیات و نمک گیری کامل ماهی ها بهتر است در فواصل زمانی معین، ماهی هایی که در لایه های بالایی قرار دارند به پایین آورده شوند تا بدین ترتیب با ایجاد فشار بیشتر خروج مایعات بهتر انجام شود.

مقدار نمک بکار برده شده در فواصل هر لایه ماهی نشانگر مقدار نمکی است که توسط ماهی جذب می گردد ضخامت لایه های ماهی، درجه حرارت، میزان چربی و بسیاری متغیرهای دیگر عواملی هستند که بر سرعت نفوذ نمک اثر دارند. معمولاً دو نیمه ماهی در این روش حدود ۹-۶٪ آب از دست می دهد.

۲- شور کردن به کمک آب نمک (Brine Salting):

اساس این روش مثل روش نمک زنی خشک است با این اختلاف که در این روش توده های ماهی درون تانک‌هایی از آب نمک آماده قرار می دهند. آب استخراج شده از بدن ماهی به تدریج در تانک جمع شده و در مدت کوتاهی تمامی توده ماهی را می پوشاند. مدت نگهداری ماهی در آب نمک تا زمانی است که عضله به حد مورد نظر، نمک را جذب و به قسمت عمقی برساند (۱۲-۸٪). بدیهی است که اگر مدت نگهداری افزایش یابد مقدار نمک در ماهی و آب نمک به حد تعادل می رسد.

قابلیت جذب نمک و توزیع آن در عضله ماهی بستگی دارد به عوامل متفاوت مانند اندازه ماهی، میزان چربی، غلظت آب نمک، درجه حرارت آب نمک، مدت زمان آب نمک گذاری و نسبت ماهی به آب نمک و بسیاری عوامل دیگر. روش آب نمک گذاری عمدتاً برای شور کردن ماهیان چرب مانند ساردین و هرینگ بکار می رود. زیرا غوطه ور شدن این ماهیان در آب نمک، دسترسی عضلات ماهی به اکسیژن را محدود ساخته و در نتیجه اکسیداسیون چربی ها با کندی صورت می گیرد.

اگر هدف از آب نمک گذاری ماهی صرفاً نمک گیری و بهبود طعم باشد (تهیه ماهی دودی) مدت زمان نگهداری کوتاه است ولی اگر آب نمک گذاری برای تهیه ماهی شور یا خشک باشد، از بروز طعم تندی اکسیداتیو جلوگیری می کند.

بدون شک مهمترین مرحله در این فرآیند، تهیه آب نمک است که نیاز به توجه و دقت زیادی دارد. برای نیل به این مقصود معمولاً با کمک نمک خالص با کیفیت خوب یک آب نمک اشباع تهیه می کنند که در رابطه با تهیه این آب نمک لازم است توضیحاتی داده شود تا از بروز اشتباهات احتمالی جلوگیری کرد:

به طور کلی یک گالن آب نمک (۳,۷۸۵ لیتر) کاملاً اشباع در $C 15$ دارای ۲,۹۸۵ پوند (۱,۳۵۴ کیلوگرم) نمک است که در عمل به آن آب نمک با غلظت ۱۰۰ درجه سالومتر ($S 100^{\circ}$) می گویند. سالومتر درجه شناوری است که وقتی در آب نمک خالص قرار میگیرد بر پایه شناوری خود غلظت آب نمک را اندازه گیری می نماید و در این راه هر چه محلول غلیظ تر باشد شناوری سالومتر بیشتر خواهد بود. بر روی سالومتر اعدادی بین صفر تا ۱۰۰ دیده می شود که $S 0^{\circ}$ برای آب خالص و $S 100^{\circ}$ برای آب کاملاً اشباع دیده شده است. به طور معمول خواندن درجه سالومتر در دمای ۱۵ درجه سانتیگراد انجام میگیرد و در صورتیکه درجه حرارت از ۱۵ کمتر یا بیشتر باشد لازم است بر اساس جدول موجود نسبت به تصحیح عدد خوانده شده اقدام گردد. در این راه به ازای هر ۵,۶ درجه اختلاف، یک درجه از سالومتر کم یا زیاد می شود.

معمولی ترین آب نمک که برای شور کردن ماهی استفاده می شود ۳۰ تا ۵۰ سالومتر می باشد که بر حسب نیاز میتوان از غلظت های بالاتر نیز استفاده کرد.

نکات مورد توجه برای تهیه آب نمک:

۱- برای اینکه نمک بطور سریع نفوذ کند باید خالص باشد. کلسیم و منیزیم معمولی ترین ناخالصی های نمک هستند. می توانند از نفوذ نمک به داخل بافت ماهی جلوگیری کنند. ناخالصی های نمک در خصوصیات کیفی محصول اثر نامطلوب دارند و عدم نفوذ نمک به داخل بافت باعث فساد ماهی می شود.

۲- نمک مصرفی برای ساختن آب نمک باید دارای بافت ریز و نرم باشد تا سرعت حل شود. نمک خوراکی معمولی بافت مناسبی دارد.

۳- بهم زدن آب نمک می تواند سرعت حل شدن نمک را افزایش دهد.

۴- بهترین روش حل کردن نمک در آب گرم (حلالیت بالا) و سپس سرد کردن آن است چون برای حفظ کیفیت بهداشتی ماهی ضروری است آب را قبل از وارد کردن ماهی تا حدود $4,5^{\circ}\text{C}$ سرد کرد.

- وقتی ماهی (درسته یا فیله) را داخل آب نمک بگذاریم بتدریج آب از بافت عضلانی خارج شد که دلیل آن تغییر فشار اسمزی است. این کاهش آب سبب کاهش وزن ماهی می شود ولی اگر ماهی بیش از مدت زمان لازم در آب نمک باقی بماند بدلیل جذب بیش از اندازه نمک، غیر خوراکی می شود پس باید زمان غوطه وری در آب نمک کنترل شود.

- در طی فرآیند، تدریجاً نمک به وسیله ماهی جذب و اب موجود در عضله وارد آب نمک می شود. این تغییر سبب رقیق شدن آب نمک و کاهش غلظت آن می گردد، به همین دلیل لازم است در فواصل معین نسبت به کنترل غلظت آب نمک اقدام شود.

عوامل مؤثر در سرعت جذب نمک توسط ماهی:

۱- وجود یا عدم وجود پوست در ماهی و فیله:

جذب نمک از پوست کند تر است لذا پوست از نفوذ کامل نمک به داخل بافت ماهی می کاهد ولی در فیله که پوست ندارد برعکس است.

۲- مقدار چربی:

بالا بودن چربی عضله، نفوذ نمک را در عضله می کاهد بنابراین غلظت آب نمک را با توجه به گونه ماهی و مقدار چربی آن در نظر گرفت.

۳- اندازه و شکل ماهی:

هر چه ماهی یا برش آن نازکتر باشد نفوذ نمک سریعتر است. بنابراین ماهیان هم اندازه را با هم نمک سود می کنند.

۴- بهم زدن آب نمک:

بهم زدن آب نمک در فواصل زمانی معین باعث بهبود قابلیت نفوذ نمک می شود و همچنین کمک به یکنواخت شدن محلول می کند. در نتیجه نمک گیری محصول به صورت یکنواخت انجام می شود.

۵- غلظت آب نمک:

هر چه غلظت آب نمک بیشتر باشد زمان نگهداری ماهی در آب نمک کوتاهتر بوده و سرعت و بازده عملیات افزایش می یابد.

۶- غوطه وری:

برای اینکه ماهی بطور یکنواخت نمک سود شود باید بطور کامل در آب نمک غوطه ور شود ولی شناور شدن ماهی در سطح آب نمک (عدم غوطه وری کامل در آب نمک) از نفوذ کامل نمک به داخل عضله جلوگیری کرده و مانع تهیه محصول با درصد نمک مورد نظر می گردد.

۷- نسبت وزن:

با افزایش نسبت آب نمک به ماهی، باید مقدار نمک را به ازاء وزن ماهی افزایش داد. به همین جهت طولانی تر بودن زمان آب نمک گذاری (۱۸-۳۶ ساعت) در آب نمک رقیق از نظر یکنواخت بودن نمک در محصول نهایی بهتر از زمانی خواهد بود که ماهی در آب نمک غلیظ به مدت کوتاهتری (۶-۲ ساعت) نگهداری شود.

۸- کنترل دما:

در آغاز عملیات آب نمک گذاری دمای ماهی و آب نمک از 15°C تجاوز نکند. اگر دمای مورد نظر بیشتر از حد لازم باشد باید عملیات را طوری تنظیم نمود که در مدت ۱۲ ساعت دما به تدریج کاهش یافته و در نهایت به 3°C برسد.

اگر دما در آغاز عملیات ۱۵-۱۰ $^{\circ}\text{C}$ باشد باید تدریجاً در دو ساعت اول به کمتر از 10°C برسد و در زمان باقیمانده به 3°C کاهش یابد و تا پایان عملیات در همین حد حفظ شود.

محاسبه میزان نمک در فرآورده آماده مصرف:

غوطه ور شدن عضله ماهی در آب نمک رقیق منجر به جذب آب توسط عضله از آب نمک و در نتیجه عضله متورم می شود. در حالیکه اگر عضله در آب نمک غلیظ قرار گیرد اب از دست داده و در نتیجه کاهش رطوبت، تغییراتی در پروتئین های آن به وجود می آید. در نتیجه غلظتی وجود دارد به عنوان غلظت بحرانی که کمتر از آن، جذب آب و تورم و بالاتر از آن، کاهش رطوبت رخ میدهد. مقدار این غلظت بحرانی را در صنعت حدود ۸ درصد نمک (بر پایه وزن مرطوب) در نظر میگیرند که کلاً کمترین غلظت نمکی است که در فرایند تجارتي برای نمک سود سبک به کار برده می شود.

به طور کلی مقدار نمکی که به ماهی اضافه میگردد را میتوان به سه حد سبک، متوسط و سنگین محدود نمود که اختلاف هر یک صرفاً در مقدار نمک اضافه شده به محصول است.

۱- اگر مقدار نمک در حد نمک سود کردن سبک باشد (۸ تا ۱۰ درصد نمک)، معمولاً این مقدار نمک در حد مناسب برای جلوگیری از رشد باکتریهای عامل فساد نبوده و لازم استن محصول تا شروع عملیات بعدی در سرما نگهداری شود. این محصول بعد از خشک شدن دارای ۳۵ درصد رطوبت، بافتی محکم و رنگ زرد کهربایی می باشد.

۲- محصولاتی که در حد متوسط نمک سود می گردند دارای ۱۲ تا ۱۶ درصد نمک هستند و در مقایسه با گروه قبلی پایدار تر بوده و ماندگاری بالاتری دارند، زیرا رشد باکتریهای معمولی عامل فساد در آنها متوقف گردیده است. مقدار نمک در عضله این ماهیان در پایان مرحله نمک سود کردن و قبل از خشک کردن به حد اشباع نمی رسد ولی بعد از خشک کردن یک لایه نازک از نمک در سطح بدن باقی می ماند که یک رنگ روشن به ماهی می دهد که آنرا برای مصرف کننده مطلوب میکند.

۳- ماهیانی که به صورت سنگین نمک سود می شوند معمولاً ۱۸ تا ۳۰ درصد نمک دارند. عضلات آنها در همان مرحله اولیه و قبل از خشک شدن از نظر نمک اشباع است. سطح بدن این ماهیان پس از خشک شدن کاملاً حالت سوختگی نمک را نشان می دهد. رنگ عضله قبل از خشک کردن سفید مایل به خاکستری و بعد از خشک شدن، سفید برفی است. در این نوع از ماهیان فقط باکتریهای نمک دوست مشکل ساز بوده و باکتریهای معمول عامل فساد معمولاً اجازه رشد پیدا نمیکنند.

برای این کار معمولاً میزان نمک را در عضله میان پشتی (Loin) در ماهی اندازه گیری نموده و آنرا بصورت درصد نمک در فاز آبی بیان می کنند. برای این کار ابتدا عضله مذکور را جدا کرده سپس مقدار رطوبت نمک را در آن تعیین می کنند.

$$\text{درصد نمک} = \frac{\text{درصد نمک در فاز آبی}}{\text{درصد نمک} + \text{درصد رطوبت}} \times 100$$

در فرآیند نمک سود کردن ماهی به کمک آب نمک، افزودن بعضی از مواد نظیر شکر، مواد طعم دهنده، رنگ های مجاز و نیتريت سدیم به آب نمک معمول است.

خشک کردن آبزیان:

نمک زدن ماهی به تنهایی قادر به نگهداری محصولات دریایی بمدت طولانی نیست لذا اکثر محصولات را بعد از نمک زدن خشک می کنند. منظور از خشک کردن گرفتن رطوبت از محصول است که به طرق مختلف صورت می گیرد مانند افزودن نمک، اعمال فشار مکانیکی و تبخیر رطوبت از سطح محصول.

خشک کردن فرآورده های دریایی بعنوان یکی از روشهای نگهداری در پاره ای موارد به تنهایی به کار گرفته می شود ولی به کارگیری توان آن همراه با نمک سود کردن یا دود دادن بازده بیشتر داشته و ماندگاری محصول را افزایش میدهد. ماهی حدوداً دارای ۷۵ تا ۸۵ درصد آب است و در شرایط یبعی در مای حدود ۵ درجه یا بالاتر، به سرعت مورد هجوم میگروارگانيسم ها قرار میگیرد. از این رو خشک کردن یا گرفتن آب از محصول یا دور کردن آب در دسترس میکروارگانيسم های عامل فساد و جلوگیری از انجام واکنش های آنزیمی، پایداری محصول در برابر تغییرات نامطلوب را افزایش می دهد.

استفاده از روش مکانیکی برای گرفتن آب از ماهی نمک سود و کاهش رطوبت آن یکی از معمولی ترین روشهای خشک کردن ماهی به شمار میرود. در این روش، ابتدا مایه دو نیمه شده و قبلا و یا در همین مرحله نمک زده شده است، بروی سطح ساف قرارداده شده و ماهیان دیگر به همین ترتیب بر روی آن قرار میگیرد تا توده ای به ارتفاع یک متر به دست آید. در برخی موارد به وزن خود توده ماهی بسنده نکرده و بر روی کپه ماهی وزنه قرار داده میشود تا با افزایش فشار آب اضافه را از ماهی خارج نماید. استفاده از روش مکانیکی و فشار قادر به خارج نمودن رطوبت در حد لازم و ایجاد محصول پایدار نمی شود لذا این روش را با روش تبخیر همراه می کنند تا رطوبت به اندازه کافی خارج گردد.

قدیمی ترین روش خشک کردن ماهی (شاید بهترین آن) تبخیر آب از سطح محصول است که به دو صورت طبیعی و مصنوعی انجام می شود. در روش طبیعی، محصول را روی آویزهای مخصوص در معرض آفتاب قرار می دهند که در اثر گردش هوا در اطراف محصول و تبخیر رطوبت اضافی، محصول خشک می شود. این روش کم هزینه و آسان است ولی مطمئن نیست و در نواحی مخصوص که درجه حرارت بین ۱۰ تا ۲۰ درجه است قابل اجراست. رطوبت نسبی بالای محیط نیز یکی از محدودیت های استفاده از این روش است زیرا اگر رطوبت نسبی هوا بالاتر از ۷۵٪ باشد ماهی نمک سود رطوبت را به خود جذب می کند.

در روش مصنوعی، محصول را در خشک کن سربسته قرار می دهند و چون هوایی که وارد خشک کن می شود از نظر درجه حرارت و رطوبت تنظیم می گردد لذا شرایط محیطی (رطوبت و حرارت محیط) تأثیری بر کاهش رطوبت محصول ندارد. سرعت خشک کردن در این روش به دو صورت قابل کنترل است:

۱- از طریق کنترل سرعت تبخیر سطحی.

۲- کنترل سرعت نفوذ آب از قسمت های داخلی به سطح محصول.

هنگامیکه تبخیر سطحی انجام می شود سرعت جدا شدن آب از سطح بیشتر بوده و رطوبت محصول سریعتر کاهش می یابد. کاهش سریع و مداوم رطوبت منجر به تشکیل قشر نمکی Salt Crust در سطح ماهی می گردد که باعث کاهش سرعت خشک کردن و ظاهر نامطلوب محصول می گردد.

تئوری خشک شدن ماهی:

ماهی فقط در صورتی از طریق تبخیر آب از دست می دهد که فشار بخار آب در هوای اطراف آن کمتر از فشار بخار رطوبت خود ماهی باشد در این حالت در طول خشک کردن ماهی، آب در طی دو مرحله از آن گرفته می شود: در طی مرحله اول، تبخیر آب از سطح مرطوب ماهی یا نزدیک به سطح انجام می گیرد و سرعت خشک شدن فقط به وضعیت هوای اطراف ماهی بستگی دارد و این سرعت خشک شدن تابعی از سرعت جریان هوای گرم، وسعت سطح محصول و مقدار گرمایی که در واحد زمان از هوا به محصول منتقل می شود.

در صورت ثابت بودن شرایط مؤثر، سرعت خشک شدن در این مرحله ثابت است لذا به این مرحله دوره کاهش رطوبت با سرعت ثابت (Constant Rate Period) می گویند.

مرحله دوم زمانی آغاز می گردد که اکثر رطوبت سطح ماهی تبخیر شده باشد و در این حالت آب موجود در عضله باید به سطح برسد و چون نفوذ آب از عمق به سطح آهسته تر از تبخیر سطحی انجام می گیرد لذا این مرحله نفوذ، سرعت خشک شدن را کاهش می دهد و در این شرایط سرعت نفوذ آب از داخل عضله ماهی به سطح ماهی تابعی از ساختمان بافتی محصول، درجه حرارت، طول مسیر انتقال رطوبت است. مشخصه این مرحله بطور کلی کاهش بطئی سرعت خشک شده است، که دلیل آن خشک شدن هر چه بیشتر محصول و نتیجتاً مسط طولانی تری است که آب برای رسیدن به سطح باید طی نماید. به این مرحله دوره خشک شدن با سرعت کاهش Falling Rate Period گویند.

مرحله اول - خشک کردن سطح ماهی با سرعت ثابت:

سرعت خشک شدن محصول در این مرحله بستگی به سرعتی دارد که مولکولهای آب از سطح ماهی جدا می شوند. هنگامی که ماهی در معرض یک جریان هوا، خشک می شود، مولکولهای آب بصورت بخار از سطح بدن ماهی جدا می شوند و اگر این هوا خود از بخار آب اشباع باشد دیگر قادر به نگهداری آب بیشتر نبوده در نتیجه ماهی هم خشک نمی شود. سرعت خشک شدن به سرعت جریان هوای گرم اطراف ماهی بستگی مستقیم دارد. زمان لازم برای خشک شدن یک ماهی با ضخامت زیاد Thick Fish بیشتر از ماهی که با همان وزن ضخامت کمتری دارد؛ زیرا یک ماهی با ضخامت کم Thin Fish سطحی بیشتر از یک ماهی ضخیم دارد در نتیجه تبخیر از سطوح وسیعتر بیشتر انجام گرفته و رطوبت ماهی با ضخامت کم سریعتر کاهش می یابد. طول مدت خشک کردن ماهی در این دوره به سرعت کاهش آب از محصول بستگی دارد. اگر در این دوره خشک شدن به آهستگی انجام گیرد، مقدار آب تبخیری بیشتر از زمانی است که سرعت خشک شدن زیاد است. این وضعیت بخصوص با تغییر مقدار چربی در بدن ماهی پیچیده تر می شود. طول مدت دوره خشک شدن با سرعت ثابت در شرایط یکسان برای ماهی Herring (ماهی چرب) کوتاهتر از زمان لازم برای ماهی Cod کاد است.

مرحله دوم - خشک شدن با سرعت کاهش (Falling rate drying):

پس از آنکه رطوبت سطحی تبخیر گردید، سرعت تبخیر سطحی آب به سرعت حرکت آب از لایه های عمقی و زمان رسیدن آن ها به سطح بستگی دارد در نتیجه تبخیر در این شرایط مستقل از وضعیت هوای موجود در اطراف ماهی است زیرا هوا در این حالت از بخار آب اشباع نمی باشد. در این مرحله سرعت نفوذ آب از درون عضله ماهی به سطح آن و به تبع سرعت خشک شدن ماهی بستگی دارد و به عواملی مانند طبیعت ماهی (چربی دارد یا نه)، ضخامت و دمای آن.

هنگام دود دادن ماهیان کم چرب، هیچگاه کاهش رطوبت به مرحله سرعت کاهش (Falling rate) نخواهد رسید زیرا کاهش رطوبت در این ماهیان معمولاً کم است (۱۲٪) و این رطوبت در همان اول از ماهی تبخیر می گردد.

خشک کردن طبیعی

در این روش ماهی های نمک سود یا شور، روی شبکه های چوبی یا تورهای سیمی و در ارتفاع ۷۵ سانتی متری یا بالاتر قرار داده می شوند. در این حال هوا در اطراف آنها گردش نموده و آب را از سطح بدن ماهی تبخیر می کند. قراردادن ماهی در آفتاب مستقیم باعث بالا رفتن دما تا ۲۵ درجه سانتیگراد می شود. لازم است که در روزهای آفتابی ماهی ها در سایبان قرار داده شوند تا از بروز سوختگی در آنها جلوگیری شود. در روزهایی که رطوبت بالا است ماهی ها روی هم کپه کرده و برای جلوگیری از جذب رطوبت محیط روی آنها را با پلاستیک می پوشانند.

خشک کردن مصنوعی

استفاده از روش خشک کردن مصنوعی یا مکانیکی این امکان را فراهم می سازد که فرآیند در محیطی بسته و تحت کنترل انجام شود. درجه حرارت خشک کن ها معمولاً روی ۲۵-۲۶ درجه سانتیگراد تنظیم می شود. این بالاترین درجه حرارتی است که ماهیان بدون آسیب باقی می ماند.

به طور کلی سه روش برای آویزان کردن ماهی در هنگام خشک کردن به کار برده می شود

۱- میله ای از سر، آبشش ها یا دهان عبور داده میشود، اصطلاحاً ماهی را به سیخ می کشند. در این حالت ماهی در حالیکه دم آنها به سمت پایین است در خشک کن آویزان می شوند. این روش برای ماهیان کوچک و ماهیانی که از وسط شکاف داده شده اند مناسب است.

۲- ماهی را به کمک چنگک یا قلاب آویزان میکنند. معمولاً چنگک یا قلاب را از سر عبور میدهند تا قسمت های عضلانی و قسمت خوراکی ماهی آسیب کمتری ببیند. باید توجه شود در این حالت فضای کافی برای عبور هوا بین ماهی ها وجود داشته باشد.

۳- برای آویزان کردن قطعات یا برش های بزرگ ماهی که فاقد پوست یا اسکلت پایدار هستند معمولاً از قفسه ها یا چهارچوب مخصوص استفاده میکنند. این قفسه ها دارای صفحات سوراخ دار بزرگ هستند که گردش هوا و دود در آنها بخوبی انجام می گیرد.

در خلال مدتی که ماهی ها برای خشک شدن آویزان شده اند، پروتئین های حل شده در محلول نمکی بروی سطح بدن خشک شده و به پوست ظاهری براق و درخشان می دهند که یکی از شاخص های کیفی این محصولات است. بدون آب نمک گذاری و خشک کردن کامل این لایه درخشان تشکیل نخواهد شد.

عوامل مؤثر در خشک کردن محصول:

۱-گردش هوا: هوای داخل اتاقک خشک کن همواره باید سرعت و حجم مشخصی داشته باشد زیرا حجم هوا عاملی مؤثر در توزیع حرارت و رطوبت است. هوای گرم در اطراف محصول باید جریان داشته باشد تا باعث جابجایی رطوبت از اطراف محصول و افزایش سرعت خشک شدن گردد.

۲-درجه حرارت: اثرات درجه حرارت بر سرعت خشک شدن مربوط به اثراتی است که بر انتقال حرارت و رطوبت نسبی دارد. هوای گرم نسبت به هوای سرد قابلیت بیشتری برای نگهداری رطوبت در خود دارد. هرچه درجه حرارت بالاتر باشد انتقال حرارت در ماهی بیشتر و خروج رطوبت بیشتر از ماهی و انتقال رطوبت به هوای اطراف می گردد و باعث خشک شدن بیشتر می گردد.

مقدار گرمایی که به محصول منتقل می شود متناسب با اختلاف درجه حرارت موجود بین هوا و محصول است. اگر این اختلاف درجه حرارت زیاد باشد (محصول، سرد و هوا گرم باشد) سرعت خشک شدن بیشتر می شود. افزایش زیاد درجه حرارت ممکن است به پختن محصول منجر شود. قرار دادن مستقیم عامل گرم کننده در داخل اتاق، مانع از به هدر رفتن گرما شده و تمامی گرما مورد استفاده قرار می گیرد. در این رابطه هرچه فاصله بین عامل گرمازا و محصول کمتر باشد، هوای گرم فاصله کمتری را طی می کند و در نتیجه بازده سیستم هم بیشتر می شود.

۳- رطوبت: مقدار آب موجود در هوا را رطوبت نسبی هوا *Relative humidity* گویند. هرچه رطوبت نسبی هوا بالا باشد، جذب رطوبت توسط آن هوای مرطوب کمتر صورت می گیرد و در نتیجه کمتر آب از ماهی جدا و به این هوای مرطوب وارد می شود و سرعت خشک شدن کمتر است. خشک شدن در محیط بدون رطوبت (خشک شدن سریع) منجر به کاهش کیفیت محصول می شود.

بدلیل اینکه فرآورده های دریایی دارای درصد بالایی از آب هستند، لذا تأثیر محصول بر روی هوا به همان حد اثرات هوا بر محصول دارای اهمیت است و محصول با سرعت معینی رطوبت جذب نموده یا از دست می دهد که این سرعت بستگی به درجه حرارت محصول دارد.

گاهی ضرورت پیدا می کند که در طی فرآیند خشک کردن، رطوبت هوای خشک کن، کاهش یابد. ساده ترین و اقتصادی ترین راه برای کاهش رطوبت وارد نمودن هوای تازه با دمای محیط به داخل اتاق و خارج نمودن مقداری از هوای اتاق است تا حدی که رطوبت به نقطه مورد نظر برسد.

دود دادن Smoking:

دود دادن مثل نمک سود کردن روشی قدیمی است. دود دادن در گذشته برای بهبود طعم و افزایش مدت نگهداری ماهیان نمک سود (Cured Fish) استفاده می شده است و در حال حاضر از دود صرفاً برای ایجاد رنگ و طعم خاص دودی (Smoky Flavor) استفاده می شود.

فرآیند دودی دادن مجموعه ای از خشک کردن، حرارت دادن و تجمع سطحی یا رسوب مواد شیمیایی که از تجزیه حرارتی مواد آلی و عمدتاً انواع چوب ساخته می شود. از این رو دود دادن را نمی توان یک فرآیند ساده محسوب نمود بلکه مجموعه ای از فرآیندهاست که پس از آماده سازی اولیه محصول، به ترتیب انجام می گیرد.

اولین مرحله پس از آمادگی اولیه، نمک زدن یا شور کردن ماهی Salting است. فرآیند شور کردن، ممکن است از طریق نمک زدن خشک (Dry Salting) و یا به کمک آب نمک گذاری (Brining) انجام گیرد. غلظت آب نمک و مدت زمان آب نمک گذاری بر حسب نوع محصول و مقدار نمک مورد نظر در محصول آماده، متفاوت بوده و تحت تأثیر متغیرهای زیادی قرار دارد. در حال حاضر مقدار نمک نهایی در محصول حدود ۲-۵٪ (Light Salting) در نظر می گیرد.

پس از نمک سود کردن محصول برای مدت چند ساعت در معرض جریان هوا قرار می گیرد تا خشک شود. ماهیانی که بصورت غلیظ نمک سود شده اند (در آب نمک غلیظ)، می توان قبل از خشک کردن اولیه در آب شیرین فرو برد تا نمک اضافی آن گرفته شود. این عمل از رسوب نمک اضافی در سطح خارجی ماهی هنگام خشک شدن جلوگیری می کند.

محصول در مرحله بعد به اتاق یا سالن دود Smoking house انتقال داده می شود. عمل دود دادن ممکن است بلافاصله آغاز گردد و یا در صورت لزوم پس از خشک شدن محصول و یا کاهش رطوبت آن انجام گیرد. به همین جهت باید دود دادن را ترکیبی از خشک کردن و دود دادن دانست.

روشهای دود دادن بر حسب نوع ماهی، طعم مطلوب مورد نظر، بافت دلخواه، روش پخت و عادات غذایی هر کشور متفاوت است. امروزه بین ماهی دودی (Smoking fish) و ماهی دارای طعم دودی (Smoked-Flavor fish) و ماهیان دود داده شده با دود سرد یا گرم و همینطور بین ماهیانی که به طرق متفاوت به آنها ترکیبات دود اضافه می شود، کاملاً اختلاف وجود دارد.

دود حاصل از سوخت ناقص چوب سخت (Hard Woods) برای دود دادن ماهی بطریق سنتی و امروزه از دود مایع (Liquid Smoke) بصورت مختلف استفاده می شود.

در حال حاضر سه نوع افزودنی با طعم دود استفاده می شود: ۱- دود طبیعی ۲- دود سنیتیک ۳- موادی دارای طعم و بوی مشابه مانند موادی که از مخمرها بدست می آید و هیچگونه ارتباطی با دود ندارد. ماهیانی که فقط طعم دودی دارند معمولاً از دود مایع تهیه می شوند. برای این منظور یا عصاره دود را به آب نمک اضافه می کنند یا ماهی را پس از آب نمک گذاری در محلول دود فرو می کنند، و یا آنرا در اتاق های مخصوص دود بطور اتوماتیک روی ماهی اسپری می کنند. این روش به دلیل امکان کنترل بیشتر طعم، نسبت به دو روش دیگر مناسب تر است البته باید پس از افزودن طعم، محصول خشک شود تا از نظر کیفیت ظاهری و بافت با محصول سنتی قابل مقایسه باشد.

روش دیگری که در سالهای اخیر در برخی کشورها از آن استفاده می شود، دود دادن الکترواستاتیک است. در این روش ذرات دود از طریق عبور از یک میدان با ولتاژ زیاد بار الکتریکی به دست می آورد که این بار معمولاً بار مثبت است. در این حال به محصول بار منفی داده میشود و در نتیجه ذرات دود با بار مثبت جذب محصول شده و روی سطح آن رسوب می نمایند. روش الکترواستاتیک روشی است سریع که سرعت دود دادن را افزایش می دهد ولی از آن جهت که در این روش کلیه ذرات در سطح محصول رسوب می نمایند درمورد بی خطر بدن تمامی این ذرات هنوز اطمینان کامل وجود ندارد

دود دادن سنتی به دو صورت گرم و سرد انجام می شود:

در دود سرد، ماهی پخته نمی شود زیرا درجه حرارت معمولاً حدود $30^{\circ}C$ بوده و از $45^{\circ}C$ تجاوز نمی کند. در این روش بخاطر حفظ درجه حرارت و اطمینان از خشک شدن یکنواخت محصول و رنگ مطلوب، لازم است برای حرارت دادن و دود دادن محصول از منبع حرارتی غیر مستقیم استفاده شود. در این روش دود دادن کامل معمولاً کمتر از ۲۴ ساعت طول می کشد ولی چون در این روش محصول نهایی پخته نمی شود لذا فساد پذیر بوده و برای نگهداری آن باید از سرما استفاده شود یا از غلظت بالا (۱۲٪) نمک استفاده شود.

در فرآیند دود سرد، نمک سود کردن کمی با دود گرم تفاوت دارد ولی در هر دو روش نمک سود کردن خشک و مرطوب بکار می رود. در روش دود سرد، کسب نتیجه مطلوب معمولاً مشکلتر از دود گرم است زیرا خشک کردن که مهمترین مرحله است باید به آهستگی صورت گیرد تا رطوبت به دقت کنترل شده و کیفیت بافت در سطح محصول بصورت مطلوب حفظ شود. مدت زمان لازم برای دود سرد و خشک کردن حدود ۱۸-۲۴ ساعت است.

درجه حرارت و زمانی که معمولاً در فرآیند دود سرد بکار می رود برای تکثیر و فعالیت بسیاری از باکتری های عامل فساد و مسمومیت های غذایی شرایط مطلوب بشمار می آید به همین جهت رعایت نکات بهداشتی در طول عملیات، آب نمک گذاری کامل، کنترل فرآیند و سرد کردن محصول در پایان عملیات باید دقیقاً کنترل شود.

دود گرم Hot-Smoking:

دود گرم فرآیندی است که در تهیه بسیاری از فرآورده های ماهی بکار می رود. این فرآورده ها کاملاً پخته هستند و دمای آنها در طول عملیات به $82^{\circ}C$ می رسد. به دلیل استفاده از درجه حرارت بالاتر، مدت عملیات در این روش در مقایسه با روش دود سرد کوتاه تر است، ولی به هر حال مدت زمان لازم به درجه حرارت نهایی داخلی ترین قسمت محصول بستگی دارد ولی چون مقاومت بافت نسبت به حرارت در ماهیان مختلف فرق دارد، لذا فرآیند در مورد تمامی ماهیان یکسان نخواهد بود.

با توجه به اینکه هدف اصلی در این فرآیند دود گرم، علاوه بر دود دادن، پختن محصول نیز است، لذا درجه حرارت بکار رفته برای ماهیان مختلف متفاوت است ولی کنترل درجه حرارت مثل دود سرد است و با استفاده از یک دماسنج دمای سردترین قسمت بدن ماهی باید کنترل شود زیرا درجه حرارت در طول عملیات بالاست و ماهی هم بطور معمول نزدیک به منبع گرما قرار دارد.

تعیین حداقل درجه حرارت برای داخلی ترین قسمت بدن ماهی به منظور اطمینان از فرآیند دقیق، باید توجه نمود. هنگامی که در طی عملیات زمان و درجه حرارت مورد نظر باشد، لازم است مقدار نمک فاز آبی، استفاده یا عدم استفاده از نیتريت سدیم، بسته بندی بدون هوا مورد توجه قرار دارد. ماهیانی که به روش دود گرم تهیه می شوند معمولاً در پایان عملیات مرطوب و آبدار هستند و به همین جهت باید حتماً سرد و خشک شوند.

در این روش ها معمولاً سیکل اصلی شامل فرآیند خشک کردن، دود دادن و پختن است. اگر ماهی در آغاز عملیات کمی بیشتر خشک شده و رطوبت در مرحله دود دادن کمی افزایش یابد، نیاز به تخلیه دود برای کاهش رطوبت درون دود داریم. در خلال پخت، اگر نیازی به افزایش درجه حرارت در داخل ماهی وجود داشته باشد، باید رطوبت هوا را افزایش داد. در انتهای سیکل نیز دود را به آرامی از طریق دودکش تخلیه نمود چون اینک از نظر آلودگی هوا مشکل بوجود آید.

عوامل مؤثر در دودی کردن ماهیان:

عمل اصلی ترکیبات دود ایجاد رنگ، طعم و بوی مطلوب در فرآورده های دودی و در مرتبه بعد، افزایش زمان ماندگاری محصول، بدلیل دارا بودن خواص ضد باکتری و عمل آنتی اکسیدانی است. نوع و مقدار ترکیبات شیمیایی موجود در دود به نوع چوب، مقدار آب آن، درجه حرارت تولید و روش ایجاد دود بستگی دارد (مثلاً دود جاصل از خاک اره با درجه حرارت کم و یا حرارت بالا، فرق دارد).

ترکیبات شیمیایی فراری که در دود چوب وجود دارد تا حد زیادی دارای خواص ضد باکتری است ولی شدت اثر آن بستگی به غلظت دود و درجه حرارت دارد. اثر این ترکیبات حاصل از دود بر باکتری ها بیشتر از کپک هاست. طعم و بوی دود، حاصل از اختلاط ترکیبات شیمیایی آن است. تأثیر نوع چوب بر روی طعم دود نتیجه ترکیباتی است که در طی مراحل مختلف تجزیه حرارتی چوب تشکیل می شوند. هر نوع چوب طعم و کیفیت خاصی به محصول می دهد و حتی بعضی از آنها می توانند محصول را غیر خوراکی نمایند. به همین دلیل اصولاً Soft Woods (چوب های نرم) برای دود استفاده می شود.

مقدار و ترکیب شیمیایی دود تا حد زیادی تحت تأثیر درجه حرارت تولید و تکنولوژی آن قرار دارد. استفاده از روشهای سنتی تولید دود می تواند ترکیبات دود را در سطح محصول متمرکز کند و لذا نفوذ آنها به داخل محصول فقط حدود چند میلی متر mm خواهد بود، در حالیکه استفاده از روش دود مایع، می تواند این ترکیبات را تا مرکز محصول وارد نماید.

عوامل مؤثر در فرآیند دود دادن، نگهداری محصول در درجه حرارت معین و رطوبت مناسب و کنترل دقیق غلظت دود است. از آنجایی که دود دارای خاصیت اسیدی است و محصول را خشک می کند لذا اگر دود دادن محصول در درجه حرارت معین انجام نشود محصول داناتوره می شود و عدم کنترل درجه حرارت و افزایش آن باعث ایجاد طعم و بوی سوخته در محصول می شود.

ترکیب دود:

وقتی چوب حرارت داده می شود و ترکیبات شیمیایی کمپلکس تشکیل دهنده آن شکسته می شوند و به تعداد زیادی ترکیبات کوچکتر تبدیل می شوند. تاکنون حدود ۲۰۰ ترکیب شیمیایی مختلف در دود شناخته شده که مهمترین آنها عبارتند از: اسیدهای آلی، الکل ها، کربونیل ها، فنل ها و هیدروکربن ها و گازهای CO₂ و CO و O₂ و N₂ و N₂O.

وجود این مجموعه از ترکیبات در دود باعث می گردد که خواص زیادی به آن نسبت داده شود از جمله: خاصیت ایجاد رنگ و طعم خاص، خاصیت آنتی اکسیدانی، خاصیت باکتريو استاتیک و ضد باکتری که هر کدام از نظر مصرف کننده و در جهت افزایش قابلیت نگهداری محصول دودی، اهمیت زیادی دارد.

۱- خواص تشکیل رنگ مطلوب در محصولات دود داده شده:

فرآیند تشکیل رنگ در فرآورده های دودی، فرآیندی کمپلکس است که عمدتاً بر پایه وجود کربونیل در دود و واکنش آنها با گروههای آمین آزاد حاصل از پروتئین های گوشت قرار دارد. البته وجود ترکیبات فنل و نیز تشکیل سیستم های غیر اشباع مزدوج (Conjugated unsaturated systems) که به آنها گروههای هیدروکسی متصل بوده و بصورت ترکیبات قهوه ای رنگ متراکم می یابند تا حدودی در تشکیل رنگ و ایجاد واکنش های رنگی بین اجزاء دود و گروههای آمین مؤثرند. این واکنش های رنگی بسیار شبیه به واکنش میلارد Millard reaction هستند با این تفاوت که در واکنش رنگ در دود در تولید دود واکنش کربوهیدرات ها صورت گرفته پس فرآورده های (عوامل) فعال خاص از تجزیه (عوامل کربونیل) در تماس مستقیم با گروههای آمین قرار می گیرند. رنگ حاصل از ترکیب کربونیل ها با گروههای آمین آزاد در حین دود، رنگ قهوه ای است که همان رنگ فورفورال ها (Furfurals) در فرآورده است و تغییرات رنگ در محصولات دودی نشانه تشکیل آنهاست. البته افزودن هایی مانند نیترات و نیتريت بر شدت تغییر رنگ محصول مؤثر بوده و رنگ محصول را به قرمز مایل به قهوه ای تغییر می دهد.

۲- خواص طعم محصولات دودی:

طعم مخصوص فرآورده های دودی یا Smoky Flavor عمدتاً در رابطه با فنل هاست. البته عوامل کربونیل و بعضی از اسیدهای آلی نیز در طعم محصولات دودی نیز مؤثرند. اکثر ترکیبات طعم دهنده دود قابل تقطیر هستند و می توان در دود مایع وارد نمود.

ایجاد طعم و بوی مخصوص محصولات دودی نیازمند وجود رطوبت کافی در محصول است و هرچه درجه حرارت دود پایین تر باشد برای ایجاد طعم بیشتر و بوی تندتر مناسب تر است زیرا خشک شدن آهسته تر صورت می گیرد و درجه حرارت پایین مانع از جذب فنل هایی با نقطه جوش بالا شده و در نتیجه محصول دارای طعم و بوی ملایم تری هستند.

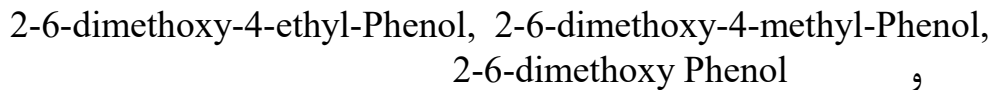
۳- خواص آنتی باکتریال دود:

خاصیت آنتی باکتریال دود نتیجه توأم ترکیب اثر فرآیندهای مختلف مانند حرارت دادن، خشک کردن، نمک سود کردن و حضور اجزاء شیمیایی مختلف در دود است.

وجود ترکیبات دود مانند آلدئید فرمیک، اسید استیک در سطح محصول مانع از رشد اسپورها و باکتری ها و قارچ ها و ویروس ها می شود. وجود فنل ها بخصوص فنل هایی با نقطه جوش بالا خاصیت ضد میکروبی قوی دارند چون ترکیبات دود به کندی در عمق عضله نفوذ می کنند قاعداً خواص ضد میکروبی آنها محدود به سطح محصول است.

۴- خاصیت آنتی اکسیدانی دود:

این خاصیت عمدتاً در اثر فنل هایی است که نقطه جوش بالا دارند مانند:



۵- ترکیبات سرطان زا در فرآورده های دودی مانند هیدروکربن های آروماتیک پلی سیکلیک که در اثر ایجاد رادیکالهای متیلن تولید شده در اثر حرارت بوجود می آیند و در محصولات دودی تا ۵۸-۱ PPb (قسمت در میلیون) قابل جستجو است.

مهمترین هیدروکربن ها در ماهی دودی بنزوپیرن Benzo Pyrene و دی نیزو آنتراسن است Dibenzo anthracene. مقدار این ترکیبات سرطان زا تحت تأثیر روش تولید دود، ترکیبات دود (بخار یا مایع) زمان و درجه حرارت فرآیند دودی است. هیدروکربن های حلقوی در درجات حرارت بالا تشکیل می شوند. بکار بردن دود مایع مانع از تشکیل این مواد است.

از دیگر مواد سرطان زا نیتروآمین ها در ماهی دودی است که در اثر تشکیل اکسید نیترو Nitrous Oxide در فاز بخار دود بوجود می آیند.

انجماد آبزیان:

انجام کلیه فعل و انفعالات شیمیایی و فعالیت های بیولوژیکی نیازمند دو فاکتور اصلی یعنی گرما و آب می باشد لذا کاهش درجه حرارت تا زیر صفر و پایین تر از آن یا عدم دسترسی به آب آزاد در اثر انجماد (تشکیل کریستالهای یخ) هر دو از جمله عواملی هستند که می توانند بر سرعت و شدت فعل و انفعالات شیمیایی و فعالیت های بیولوژیکی مؤثر بوده و در شرایطی آنها را متوقف نماید.

اصول انجماد:

برای منجمد کردن مواد غذایی، ضروری است که ابتدا گرمای محسوس *Sensible heat* و سپس گرمای نهان (*Latent heat*) از آن ماده غذایی گرفته شود. نخست درجه حرارت به نقطه انجماد رسیده و سپس کریستالهای یخ شروع به تشکیل شدن می کنند ولی تشکیل بلورهای یخ همیشه در نقطه انجماد آغاز نمی شود، بلکه ابتدا درجه حرارت تا پایین تر از نقطه انجماد سرد شده و سپس با آزاد شدن گرمای نهان تبلور یخ، مجدداً به نقطه انجماد برمی گردد. البته نقطه انجماد در انواع مواد غذایی به علت داشتن ترکیبات مختلف و درصد آب متفاوت یکسان نیست به همین جهت برای انجماد دو ماده غذایی با درجه حرارت یکسان، به زمانهای متفاوت نیاز است.

رشد کریستالهای یخ در فضاهای سلولی و اندازه و شکل آنها از مهمترین عوامل مؤثر بر کیفیت نهایی محصول ارائه شده است. بطور کلی، اگر انجماد بصورت کند انجام شود، تشکیل هسته بلور یخ معمولاً محدود به فضاهای خارج سلولی خواهد بود و با ادامه رشد کریستالها، اندازه آنها به حدی افزایش می یابد که سبب بروز آسیب در سلولها می گردد ولی در صورتی که سرعت انجماد زیاد باشد تمایل به هسته دار شدن کریستالهای یخ در خارج سلول کم بوده و هسته ها بصورت یکنواخت در سراسر نمونه ظاهر می شود.

در این حالت بلورهایی که تشکیل می شوند عمدتاً کوچک و داخل سلولی هستند؛ بنابراین سرعت انجماد مهمترین عامل کنترل کننده اندازه بلورهای یخ می باشد.

کاربرد انجماد ماهی:

منظور از انجماد ماهی بدست آوردن محصولی است که بدون تغییر باقی مانده و کیفیت نهایی آن پس از چندین ماه نگهداری در سردخانه در حد مطلوب حفظ شود. وقتی ماهی منجمد در دمای زیر صفر نگهداری می شود رشد باکتری ها متوقف می گردد و سرعت فعالیتهای آنزیمی و شیمیایی کاهش و گاهی متوقف می شد. انجماد در مقایسه با دیگر روشهای نگهداری مانند خشک کردن (*drying*)، دود دادن (*smoking*) و نمک سود کردن (*curing*) از مزایای بیشتری برخوردار است؛ زیرا در این روش محصول کمترین تغییر می یابد بطوری که پس از انجماد زدائی (*Thawing*) به سختی قابل تشخیص از ماهی تازه است. کاربرد روش انجماد در فصلی که صید فراوان است یا در موقعی که دسترسی به بازار در کوتاه مدت امکان پذیر نیست، ماهی در شرایط مناسب نگهداری شده و در فرصت مناسب به بازار عرضه شود. انجماد بطور طبیعی قادر است ۹۰٪- ۵۰٪ باکتری ها را نابود سازد و در طول نگهداری ماهی در سردخانه زیر صفر تعدادی از باکتری ها به کندی می میرند که بستگی به دمای نگهداری و گونه باکتری دارد.

هرچند که بعضی از باکتری‌ها در طول انجماد و نگهداری در سردخانه زنده می‌مانند و پس از انجماد زدائی فعال شده و تکثیر می‌یابند و اگر این ماهیان در دمای بالاتر از نقطه انجماد نگهداری شوند. فعالیت آنها منجر به فساد می‌شود اما در هر صورت این ماهیان سریعتر از ماهیان تازه فاسد نمی‌شوند.

روش های انجماد:

برای انجماد ماهی در حال حاضر از ۳ روش عمده استفاده می‌شود که شامل انجماد کند (Slow freezing) و انجماد سریع (Quick freezing) و انجماد فوق سریع (Ultra rapid freezing) می‌باشد.

انجماد کند در هوای ساکن صورت می‌گیرد و چون هوای ساکن از نظر انتقال حرارت بسیار ضعیف عمل می‌کند لذا سرعت انجماد بسیار کم است. در این روش اگر دمای اتاق انجماد به حد کافی هم پایین نباشد و بخصوص اگر ضخامت ماهی نیز زیاد باشد، محصول برای مدت طولانی در منطقه بحرانی باقی خواهد ماند. (تا ۱۹ ساعت) بی‌شک مهمترین مرحله در طول انجماد ماهی، مرحله عبور از منطقه بحرانی و نحوه تشکیل بلورهای یخ است. اگر سرعت انجماد پایین باشد کریستالهای یخ تشکیل شده کم ولی اندازه آنها بزرگ خواهد بود و باعث بروز آسیب به سلولهای بافت ماهی می‌گردد و اثرات نامطلوب این آسیب‌ها در مرحله انجماد زدائی به صورت نشانه آب است و در این حالت آنزیم‌های درون سلولی آزاد شده با سوبسترا ترکیب شده و تغییرات قابل توجهی در کیفیت محصول و طعم و بافت آن خواهد شد.

از دیگر تغییرات که در اثر انجماد داخل سلولی رخ می‌دهد، تراکم املاحی است که در سلول وجود دارند و در قسمت مایع منجمد نشده سلول باقی می‌مانند. این محلول و املاح تغلیظ شده بدلیل کاهش PH به پروتئین‌ها آسیب رسانده و باعث کاهش نفوذ پذیری سلول و در نهایت کاهش ظرفیت نگهداری آب در ماهی می‌گردد که نشانه آن خروج مقدار زیادی آب از ماهی منجمد پس از انجماد زدائی یا در مرحله پخت است که منجر به کاهش مواد مغذی و تغییر در طعم محصول می‌شود و بافت ماهی را سفت (Tough)، رشته‌ای (Stringy) و خشک می‌کند. بنابراین برای حفظ کیفیت بافت خوراکی ماهی لازم است که دمای عضله هر چه سریعتر از منطقه بحرانی انجماد (فاصله صفر تا 50°C -) عبور کند تا از تشکیل کریستالهای یخ بزرگ جلوگیری کند و همچنین فرصت کافی برای تغلیظ مواد معدنی و کاهش PH و تخریب پروتئین‌ها نخواهد داشت.

انجماد سریع:

روشی که در آن دمای درونی محصول طی مدت کمتر از ۲ ساعت از منطقه بحرانی (زمان تشکیل کریستال یخ) عبور نماید. در این روش از طریق افزایش سرعت عبور هوای سرد از تونل انجماد، حرارت به سرعت از محصول گرفته شده و ماهی منجمد می‌گردد. قرار دادن محصول در تماس مستقیم یا غیر مستقیم با ماده سرمازا، مهمترین روش های انجماد سریع محسوب می‌گردد.

در این روش، برخلاف انجماد کند، تمایل به تشکیل کریستالهای یخ خارج سلولی کم بوده و هسته‌ای کریستالی بصورت یکنواخت در سراسر نمونه ظاهر می‌گردد. در این حالت بلورهایی که تشکیل می‌شوند عمدتاً کوچک و داخل سلولی و چون فرصت کمتری برای رشد و بزرگ شدن ندارند، تغییری در ساختار سلول ایجاد نمی‌گردد.

انجماد فوق سریع:

در این روش که انجماد بوسیله گازهای سرمازای مایع انجام می‌گیرد، محصول را در مدت چند دقیقه منجمد می‌کنند. غوطه ور کردن محصول در مواد سرمازا یا اسپری نمودن این مواد مثل نیتروژن مایع و دی اکسید کربن مایع، فرئون ۱۲ بر روی ماهی می‌تواند این محصول را در حداقل زمان منجمد کرد. حسن این روش حفظ کیفیت بافت و طعم محصول منجمد در حد محصول تازه است ولی از لحاظ اقتصادی کاربرد آن برای تمامی فرآورده‌های دریایی مقرون به صرفه نیست.

روش های صنعتی انجماد ماهی:

در صنعت از سه روش برای انجماد ماهی استفاده می‌شود: ۱- انجماد در هوای سرد (ساکن و متحرک). ۲- انجماد از طریق تماس غیر مستقیم با مواد سرمازا. ۳- انجماد به کمک غوطه وری در محیط‌های سرمازا.

۱- **روش اول - انجماد در هوای سرد:** که به دو روش الف- هوای ساکن و ب- هوای متحرک بیان می‌شود و اختلاف آنها مربوط به سرعت جریان هوا است.

الف- هوای ساکن: قدیمی ترین روش انجماد، تکنیک هوای ساکن Still air است که محصول درون یک اتاق ایزوله (عدم تبادل حرارت از درون به بیرون و بالعکس) بر روی قفسه‌ها و صفحات آلومینیومی قرار می‌گیرد که از لوله‌های پیچ خورده ای تشکیل شده که در درون آنها ماده سرمازا جریان دارد. این نوع فریزرها برای انجماد فرآورده‌های دریایی بکار می‌رود و چون سرعت انجماد در آنها کم است به انجماد آن Slow freezing گویند که در دمای $29^{\circ}\text{C} - 21^{\circ}\text{C}$ حدود ۱۴-۱۶ ساعت وقت لازم است تا بسته‌های فیله به ضخامت ۴/۶-۵ cm از دمای $10^{\circ}\text{C} +$ به $18^{\circ}\text{C} -$ برسد. این روش علاوه بر کندی انجماد، بارگیری و تخلیه آن پر هزینه است و به کارگران زیادی نیاز دارد و این تخلیه و بارگیری باعث ورود هوای گرم به داخل اتاق شده و روی قفسه‌ها برفک می‌زند که همه این عوامل باعث افزایش زمان انجماد می‌گردد.

ب- **انجماد در هوای متحرک Air blast freezing:** این سیستم معمولی ترین روش انجماد مواد غذایی است. زیرا هم سرعت انجماد بالاست و هم برای انواع فرآورده‌ها در ابعاد و حجم‌های مختلف قابل استفاده است. در این روش قابلیت تغییر جهت و چرخش هوا این امکان را می‌دهد که تا انواع فرآورده‌های دریایی بخصوص ماهیان بزرگ از طریق تماس با هوا در تمامی سطوح مجاور، بسرعت گرما را از دست بدهند. اشکال این روش کاهش رطوبت محصول است که این هم از طریق بسته بندی مناسب و یخ پوششی برطرف می‌گردد.

برای انجماد با هوای متحرک روشهای مختلفی وجود دارد که اصول کلی فرآیند در تمامی آنها مشابه ولی نحوه جریان هوا، روش بارگیری، سرعت و ظرفیت در آنها متفاوت است. یکی از متداولترین روشها، انجماد پیوسته Continuous blast freezing است که این روش برای انجماد حجم‌های زیاد محصول بکار می‌رود. محصول آماده پس از چیده شدن روی سینی‌های مخصوص بوسیله نوار نقاله به درون اتاق یا تونل کاملاً ایزوله منتقل و در پایان عملیات به صورت منجمد از آنجا خارج می‌گردد. جهت حرکت هوا در تونل می‌تواند همسو با جهت حرکت محصول یا غیر همسو باشد ولی سرعت آن باید دقیقاً تحت کنترل باشد. در فرم دیگر این روش انجماد در هوای متحرک، انجماد ناپیوسته Batch blast freezing گویند. محصول مانند روش پیوسته در سینی‌های مخصوص در روی قفسه‌های ثابت و در درون اتاقک انجماد چیده شده و سپس منجمد می‌گردد. اختلاف این روش با روش

پیوسته در این است که در این روش محصول به یکباره و در یک مرحله در فریزر قرار می دهند و در پایان عملیات نیز به یکباره از فریزر تخلیه می شود. در این سیستم نیز استفاده از جریان همسو یا غیر همسو امکان پذیر است.

۲- انجماد از طریق تماس غیر مستقیم با ماده سرمازا (انجماد صفحه ای) Plate Freezing :

انجماد در این روش از طریق تماس غیر مستقیم محصول با ماده سرمازا که در داخل صفحات فلزی تو خالی جریان دارد انجام می گیرد. در این حال از طریق فشاری که توسط صفحات فریزر به دو طرف محصول وارد می گردد، ضمن ایجاد تماس بیشتر و کامل تر، ضریب انتقال حرارت بین محصول و صفحات افزایش می یابد. این نوع فریزرها به دو شکل افقی Horizontal و عمودی Vertical ساخته می شوند و عمدتاً برای محصولاتی که قبلاً بسته بندی شده اند یا محصولاتی که بصورت بلوک های بزرگ آماده شده اند قابل استفاده اند. این روش در ظرفیت های بالا مقرون به صرفه نیست و عدم تماس کافی بین محصول و صفحات منجر به کاهش سرعت انجماد می گردد که علاوه بر مسئله کیفیت، مدت زمان انجماد را طولانی و کارائی دستگاه را کاهش می دهد. عدم تماس بین محصول و صفحات بدلائل زیر هستند:

۱- پر نشدن کارتن از محصول و وجود فضای خالی Air space بین محصول و کارتن (پوشش) که وجود در داخل بسته به عنوان یک لایه عایق عمل نموده و زمان انجماد را سه برابر افزایش می دهد.

۲- وجود برفک روی سطح خارجی صفحات که در اثر متراکم شدن رطوبت موجود در هوا بصورت برفک در روی صفحات می باشد.

۳- انجماد به روش غوطه وری Immersion freezing:

در این روش ماده غذایی بصورت مستقیم در ماده سرمازا غوطه ور گردیده و یا ماده سرمازا روی محصول اسپری می گردد. تماس بیشتر بین محصول و ماده سرمازا باعث می شود که انتقال حرارت به بهترین وجه صورت گیرد. در این حالت باید ماده سرمازا از قابلیت انتقال حرارت بالائی برخوردار باشد و ویسکوزیته آن در درجات حرارت پایین کم باشد و در محصول بو و طعم خاصی ایجاد نکند و رنگ و بافت و ظاهر محصول را تغییر ندهد. مواد سرمازایی مورد استفاده در روش غوطه وری به دو گروه تقسیم می شوند:

۱- مواد سرمازای با برودت کم که محصول در آن غوطه ور می گردد و در تماس مستقیم با محصول است مانند محلول کلور سدیم و محلولهای قندی.

۲- مواد سرمازای با برودت زیاد یا Cryogen: که در ابتدا بصورت گاز بوده و در اثر فشار از حالت گاز به مایع تبدیل می شوند (توسط کمپرسور) و این مواد با جذب گرما از ماده غذایی در حال انجماد، مجدداً تغییر حالت داده و تبخیر می گردد (بدلیل پایین بودن نقطه تبخیر) و در این حالت برودت مورد نظر را فراهم می آورند مانند CO₂(جامد یا مایع)، ازت مایع و فرئون ۱۲ (دی کلرو-دی فلورو متان).

انیدرید کربنیک یا CO₂: در صنایع ماهی معمولاً از CO₂ برای سرد کردن، انجماد و بسته بندی در اتمسفر تحت کنترل استفاده می شود. این گاز در فشار اتمسفر و درجه حرارت معمولی در همان حالت گاز است و اگر آنرا کمپرسی کنیم و سرد کنیم بصورت مایع یا جامد در می آید.

انیدرید کربنیک معمولاً به دو شکل استفاده می شود:

۱- در شکل خشک (جامد) که ایندريد کربنیک در 79°C - بصورت پودر و بصورت مکانیکی با ماده غذایی مخلوط و تصعيد می گردد و در فرم مایع آن که به سطح ماده غذایی اسپری می گردد و هنگام مجاورت به شکل گاز تغییر حالت می دهد.

در انجماد فرآورده های دریایی از شکل مایع CO_2 بصورت اسپری بر روی محصول استفاده شده که در فشار اتمسفر منبسط شده و یه شکل گاز در می آید. CO_2 مایع تحت فشار حدود 300Psi بر روی محصول که روی نوار نقاله در حال حرکت است پاشیده می شود و CO_2 با جذب مقدار زیادی گرما از حالت مایع به گاز تبدیل می شود و در این حالت محصول بسرعت سرد شده و سپس منجمد می شود. در فشار اتمسفر و درجه حرارت اتاق، CO_2 جامد (یخ خشک) بطور مستقیم از حالت جامد به بخار تبدیل می شود (گرمای لازم برای تبدیل CO_2 جامد به بخار به گرمای نهان تصعيد (Latent heat of Sublimation) موسوم است) که این عمل در دمای $5/78^{\circ}\text{C}$ - انجام می شود به همین جهت استفاده از CO_2 جامد درجه برودت را تا 75°C - کاهش می دهد ولی درجه حرارت لازم برای نگهداری فرآورده های دریایی 3°C - است.

ازت مایع:

ازت مایع در حال حاضر معمولی ترین ماده سرمازایی است که برای انجماد فوق سریع مواد غذایی بکار می رود که بجای غوطه وری از روش اسپری ازت مایع در سیستم های جدید بکار می رود. چون ازت مایع در فشار اتمسفر در دمای 196°C - به جوش می آید لذا بلافاصله پس از اسپری ماده غذایی، ازت مایع بصورت گاز تبدیل می شود و در این حال گرمای محصول گرفته شده آنرا سرد و در نهایت منجمد می کند. استفاده از گاز ازت سرد در مراحل اولیه ورود ماده غذایی به تونل انجماد این حسن را دارد که از طریق کاهش تدریجی درجه حرارت، از بروز شدت حرارتی و در نتیجه ایجاد ترک و آسیب های دیگر در مواد غذایی جلوگیری کند بخصوص وجود فن های (پنکه) تعبیه شده در تونل انجماد، با گردش مجدد هوای سرد، سرعت انتقال گرما بهبود می یابد. غوطه وری ماده غذایی در ازت مایع مانع از کاهش وزن محصول شده و با افزایش چشمگیر در سرعت انجماد، از بروز آسیب های ناشی از انجماد کند در محصول جلوگیری می کند.

فرئون مایع:

ماده ای به نام دی کلرو دی فلئوئورو متان به عنوان ماده سرمازا (فرئون مایع) در صنایع غذایی و با قابلیت تماس مستقیم با آنها (غوطه وری یا اسپری) بکار می رود. قسمت عمده این ماده سرمازا پس از مصرف قابل بازیابی است و میزان اتلاف آن محدود است. با بکارگیری فرئون مایع معمولاً هزینه عملیات بیشتر از روش هوای متحرک و بدلیل امکان بازیابی آن، هزینه آن کمتر از ازت مایع است. این ماده سرمازا دارای نقطه جوش 30°C - بوده لذا نگهداری محصول منجمد در انبار 30°C - دیگر نیاز به عملیات بعدی ندارد.

منحنی انجماد در ماهی:

در خلال فرآیند انجماد، حرارت در سه مرحله مجزا از ماهی گرفته می شود.

در مرحله اول، درجه حرارت عضله به سرعت به کمتر از صفر درجه می رسد (AB). البته به دلیل وجود املاح مختلف و دیگر ترکیبات محلول در آب که در عضله وجود دارند نقطه آغاز انجماد ماهی پایین تر از این نقطه است.

در مرحله دوم، ضروری است که گرمای بیشتری از ماهی گرفته شود تا قسمت عمده آب تبدیل به یخ شود (BC). این مرحله که در بین دمای 0°C / 5°C - قرار دارد به منطقه بحرانی **Critical Zone** موسوم بوده و در این مرحله تغییر دما محدود است و حداکثر کریستالهای یخ تشکیل می شوند. مدت زمان لازم برای اینکه دمای عضله از این منطقه عبور کند مهمترین عامل تشکیل اندازه کریستالهای یخ است و در کیفیت نهایی محصول اثر دارد. هر چه سرعت عبور از این مرحله بیشتر باشد تغییرات نامطلوب کمتر است.

مرحله سوم، که تقریباً هنگامی آغاز می شود که در حدود ۷۵٪ آب بافت عضلانی تبدیل به یخ گردد (نقطه C) در این هنگام درجه حرارت مجدداً کاهش یافته و لازم است مقدار کمی حرارت گرفته شود تا عمده آب باقیمانده تبدیل به یخ شود.

محاسبه زمان انجماد بستگی به مدت زمان لازم برای رسیدن منحنی انجماد از نقطه A به D است.

شرایط نگهداری آبی منجمد شده در سردخانه:

حتی اگر ماهی بلافاصله پس از صید با دقت و سرعت لازم منجمد شده و تحت شرایط مطلوب از نظر برودت و رطوبت در سردخانه نگهداری شود باز هم نمی توان مطمئن بود که محصول برای مدت نامحدود خصوصیات کیفی خود را حفظ می کند زیرا اگر چه فعالیت باکتریها در دمای حدود 10°C متوقف می شوند ولی واکنش های شیمیایی (آنزیمی و غیر آنزیمی) حتی در 30°C به آهستگی ادامه دارند و در دراز مدت باعث تغییرات نامطلوب ارگانولپتیکی در محصول می شوند و همچنین مسئله کاهش رطوبت (Dehydration) در طول نگهداری محصول باعث کاهش وزن و اثرات حرارت نامطلوب دریافت محصول و کیفیت آن می شود.

عوامل زیادی بر ماندگاری ماهی منجمد در طول نگهداری و در کیفیت نهایی محصول مؤثرند که مهمترین آن دمای سردخانه است. برای نگهداری کوتاه مدت فرآورده های دریایی دمای 18°C پیشنهاد می شود که این دما برای حفظ کیفیت محصول در دراز مدت کافی نبوده و برای نگهداری طولانی ماهی منجمد از دمای 30°C پیشنهاد می گردد.

تعیین مدت زمان ماندگاری با کیفیت ماهیان مختلف در دماهای مختلف در انبار سردخانه مشکل است چون علاوه بر عامل دمای سردخانه، عوامل دیگری مؤثرند مانند فصل صید، گونه ماهی منجمد، محل صید، شکل محصول (ماهی کامل یا فیله)، کیفیت ماهی هنگام انجماد، سرعت انجماد، رطوبت محیط، نحوه بسته بندی.

اثر سردخانه روی کیفیت ماهی:

نوع ماهی، نحوه صید و چگونگی آماده سازی آنها در فاصله زمانی قبل از انجماد بر مدت ماندگاری و کیفیت ماهیان منجمد در پایان دوره نگهداری مؤثر است. اگر کیفیت اولیه ماهی در حد مطلوب نباشد قطعاً ماندگاری محصول در سردخانه و همینطور کیفیت نهایی آن در حد مورد نظر نخواهد بود. پایداری و حفظ کیفیت یک ماهی منجمد را در پایان مدت نگهداری در سردخانه تحت تأثیر عوامل متعددی است که شامل تغییر ماهیت پروتئین (دناتوراسیون پروتئین)، اکسیداسیون یا تند شدن Rancidity چربی ها، تغییر رنگ محصول و میزان کاهش رطوبت می باشد.

۱- تغییرات پروتئین:

در مورد علت ایجاد تغییرات در پروتئین های عضله در طول انجماد و نگهداری ماهی منجمد دلایل متعددی است. بطور کلی عوامل متعددی مانند حرارت، برودت و مواد شیمیایی می تواند به ساختار فضایی خاص پروتئین اثر گذارد که اگر شدت اثر این عوامل زیاد باشد دناتوراسیون پروتئین غیر قابل برگشت است.

هم چنین اثرات مخرب نگهداری ماهی منجمد بر کیفیت آن عمدتاً در نتیجه تغییر ماهیت پروتئین ناشی از کاهش رطوبت است که کاهش میزان آب محصول باعث افزایش غلظت املاح درون بافتی و ضایعات بافتی حاصل از تشکیل کریستالهای یخ می گردد که منجر به دناتوراسیون پروتئین می گردد.

بدلیل تغییرات در پروتئین های عضله بخصوص میوفیبریل ها در اثر انجماد که به آن Freeze denaturation گویند عضله خشک و سفت Tough شده و بسیاری از خواص تکنولوژیکی خود از جمله ظرفیت نگهداری آب را از دست می دهد. این تغییرات باعث می شود که ماهی پس از انجماد زدائی (Thawing) عضلات آن مات، بیرنگ و کدر شده و بافت حالت اسفنجی پیدا کند و ماهی به آسانی مایع بافتی خود را از دست می دهد (اصطلاحاً به آن Drip

گویند) که این عمل منجر به خشک و رشته ای شدن آن پس از پخت و از دست دادن طعم می شود و در شرایط مطلوب مقدار Drip حدود ۱۰٪ وزن ماهی را تشکیل می دهد.

۲- تغییرات چربی:

چربی ماهی در طول نگهداری در سردخانه تغییراتی را نشان می دهد. این چربی ها در حضور لیپازهای مقاوم به سرما و در حضور اکسیژن، ایجاد طعم و بوی نامطبوع نموده و چربی آن چسبناک شده و با ایجاد رنگ زرد تیره در عضله به ظاهر آن حالت زنگ زدگی (Rusty) می دهد. این تغییرات با افزایش دمای نگهداری و وجود کم نمک تسریع می شود و بنابراین ماهیان چرب را نباید قبل از انجماد در آب نمک قرار داد. بطور کلی ماهیان چرب مانند هرینگ و یا ماکرل زمان ماندگاری کمی در حالت انجماد دارند زیرا چربی موجود در عضله آنها تمایل به تند شدن (Rancidity) دارند یعنی چربی اکسید شده و طعم و بوی تند و تیزی به محصول می دهد.

۳- تغییر رنگ و طعم:

در هموگلوبین خون و میوگلوبین سلولهای عضلانی وجود دارد که با گذشت زمان به متمیوگلوبین Methemoglobin (قرمز مایل به قهوه ای) می شود. اگر ماهی منجمد شود تغییر رنگ کاملاً مشخص در طول استخوان پشت و حفره شکمی آن مشاهده می شود. ماهیان تون که عضلات تیره دارند در عضلاتشان مقدار زیادی رنگ دانه میوگلوبین وجود دارد که پس از صید بدلیل اکسیداسیون تغییر رنگ می دهند. بعضی ماهیان مانند سالمون در عضلات خود علاوه بر میوگلوبین دارای رنگ دانه کاروتنوئید هستند. مطالعات روی طعم ماهی Fishy Flavor نشان می دهد که تری متیل آمین (زرد) و مواد حاصل از اکسیداسیون چربی غیر اشباع (PUFA) عامل اصلی ایجاد طعم مخصوص در ماهی و آبزیان است. تری متیل آمین و دی متیل آمین مهمترین ترکیبات ایجاد کننده بو (Aroma) در فرآورده های دریایی هستند. علت اصلی Fish-off-flavor (بوی بد ماهی) تشکیل ترکیب C-heptenal است. طعم ماهیان تازه آب شیرین علاوه بر کربونیل هایی با ۶ و ۸ کربن شامل ۲-۶ nonadienal و ۳ و ۶-nonadienal و ۳ و ۶-nonadienol است.

طعم تندی و تیزی نگهداری در سردخانه گوشت ماهی بدون طعم مرور زمان طعم ماهی تازه
Bland taste (Metallic taste)

مراحل تهیه پودر ماهی:

تقریباً تمامی ماهیان برای تبدیل به پودر ماهی برای پختن Cooking ، پرس Pressing ، خشک کردن Drying و آسیاب Grinding را طی می نمایند. هر چند در ظاهر و با توجه به مراحل محدود تهیه محصول، این فرآیندها به نظر ساده می آید، ولی بازده مطلوب و فرآورده ای با کیفیت قابل قبول زمانی حاصل می گردد که در کلیه مراحل تهیه، مهارت کافی وجود داشته و دقت لازم مبذول گردد.

مراحل عمل آوری:

برای درک بهتر اصول ساخت پودر و روغن ماهی، ضروری است ابتدا سه جزء اصلی ماده خام، یعنی قسمت جامد (ماده خشک بدون چربی)، روغن، و آب را به خوبی شناخته و سپس با منظور اصلی فرآیند که همانا جدا کردن کامل این اجزاء از یکدیگر است، بخوبی آشنا شویم. امروزه تبدیل ماهی به پودر ماهی یا روغن آن به روشهای مختلف از جمله: روشهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی قابل انجام است. اما معمولی ترین روشی که در حال حاضر در تمامی نقاط دنیا از آن استفاده می گردد، روش پرس مرطوب "Wet pressing" است که مشتمل بر مراحل زیر می باشد.

۱- **حرارت دادن ماده خام:** که در طی آن، پروتئین منعقد شده و با گسسته شدن ذخائر چربی موجود، روغن آزاد گردیده، و آبی که در شرایط طبیعی بصورت متصل با پروتئین ها قرار دارد بصورت آب آزاد قابل استخراج در می آید.

۲- **پرس یا سانتریفوژ:** که در طی آن، قسمت عمده مایعات موجود بوسیله فشار حاصل از پرس یا سانتریفوژ از توده پخته شده جدا می گردد.

۳- **جدا سازی محیط مایع به دو قسمت اصلی یعنی روغن و آب "Stick water"**. این مرحله در مورد ماهیانی که کمتر از ۳ درصد چربی دارند حذف می گردد.

۴- **تبخیر محلول آبی "Stick water"** و تهیه کنسانتره از مواد انحلال پذیر ماهی "Fish soluble".

۵- **خشک کردن مواد جامد "Press cake"** و مواد انحلال پذیر، از طریق جدا کردن مقدار مناسب آب از مواد مرطوب و شکل دهی ترکیبی خشک و پایدار.

۶- **خرد کردن ماده بدست آمده به ذراتی با اندازه های مورد نظر.**

شکل زیر شمائی ساده از مراحل تولید پودر و روغن ماهی را نشان می دهد همانگونه که در شکل مشخص گردیده ماهی از مخزن نگهداری اولیه بوسیله نوار متحرک به دستگاه پخت و اردو از این مرحله عمل آوری اصلی آغاز می گردد.

مراحل تولید پودر و روغن ماهی

روغن ماهی Fish oil:

حدود یک چهارم وزن بعضی از گونه های ماهیان را چربی Fat تشکیل می دهد. این چربی، فرآورده با ارزشی است که به عنوان یک محصول جنبی در هنگام تهیه پودر ماهی یا دیگر محصولات مثل کنسانتره پروتئین ماهی Fish protein concentrate، بصورت روغن oil قابل جداسازی و تصفیه می باشد. در گذشته روغن بدن ماهی مهمترین فرآورده حاصل از مواد خام اولیه بشمار می رفت، در حالیکه در حال حاضر در مقابل دیگر فرآورده ها به

عنوان یک محصول درجه دوم شناخته می شود. البته باید توجه داشت که این محصول هنوز هم واجد ارزش فراوان بوده و جدای از موارد کاربرد صنعتی، در صورت تصفیه کامل، قابلیت مصرف خوراکی نیز پیدا می نماید.

روغن بدن ماهی عمدتاً از تری گلیسریدها یعنی ترکیب گلیسرول و اسید چرب (سه اسید یکسان یا اسیدهای متفاوت) به همراه مقادیر متفاوتی از فسفولیپیدها و دیگر ترکیبات تشکیل شده است. با توجه به اینکه اسیدیته اسیدهای چرب موجود در مولکول تری گلیسرید از طریق خواص بازی مولکول گلیسرول خنثی گردیده است، لذا روغن دارای PH خنثی می باشد. از اختصاصات مورد توجه این روغن ها داشتن مجموعه گسترده ای از اسیدهای چرب با زنجیر طویل است که تعداد کربن آنها بین ۲۲-۱۴ متفاوت می باشد. در این اسیدهای چرب ممکن است تا شش اتصال مضاعف هم در هر مولکول وجود داشته باشد.

اسیدهای چرب موجود در روغن ماهی از اتصال مجموعه ای از اتم های کربن تشکیل گردیده است. تعداد اتم های کربن موجود در زنجیر اسید چرب نشانگر اختصاصات آن اسید می باشد. وجود اتصالات اشباع بین اتم های کربن نشانه پایداری اسید چرب و وجود اتصالات غیر اشباع فعال، نشانه ناپایداری بوده و در اثر مجاورت طولانی با هوا به سرعت اکسیده می شود. این اکسیداسیون اغلب سبب تغییر بو، طعم و تغییرات نامطلوب دیگر در روغن می گردد.

هرگاه اتصال بین اسید چرب و گلیسرول به دلیلی شکسته شود، حاصل آن اسیدهای چرب آزاد خواهد بود که مقادیر غیر طبیعی آن نشانه کهنه بودن ماهی یا عدم کنترل روغن در مراحل تولید می باشد. در همین رابطه اگر وضعیت فیزیولوژیکی ماهی در هنگام فرآیند نیز مطلوب نباشد، روغن بدست آمده دارای مقادیر نسبتاً زیادی اسیدهای چرب آزاد و سولفور خواهد بود که وجود آنها علاوه بر کاهش ارزش اقتصادی روغن، ارزش کاربردی آن را نیز کاهش می دهد. بعلاوه بعضی از ترکیبات سولفوردار قادرند کاتالیزور نیکل را که برای هیدروژناسیون بکار می رود غیر فعال سازند.

گونه ماهی مورد استفاده در تولید روغن تأثیر قابل توجهی در ترکیب اسیدهای چرب آن دارد. برای مثال، روغن بدست آمده از ماکرل و هرینگ دارای درصد بیشتری از اسیدهای چرب با زنجیر طویل (۲۲-C) می باشد، در حالیکه روغن ماهی پیلچارد یا آنچوی بیشتر دارای اسیدهای چرب با ۱۶ اتم کربن است.

مراحل تهیه روغن ماهی:

مراحل اولیه تهیه روغن ماهی کاملاً همان مراحل اولیه است که قبلاً در رابطه با تولید پودر ماهی بیان گردید. از این رو در این قسمت صرفاً مراحل تولید از مرحله جداسازی ماهی به دو قسمت جامد و مایع توضیح داده شده و سپس مراحل آماده سازی قسمت مایع پیگیری می شود.

همانگونه که قبلاً بیان گردید، دو محصول واسطه ای که در حین عملیات پرس تولید می شوند، مایع پرس Press lique و پرس کیک Press cake می باشند. مایع پرس یا قسمت اصلی در تهیه روغن ماهی بطور طبیعی دارای ذرات بزرگ، مواد استخوانی و دیگر ناخالصی هایی است که باید در ابتدای این مرحله جدا شوند. در روش های جدید سیستم بصورتی طراحی شده که مایع هنگام خروج از پرس بوسیله توری یا فیلتر صاف شده و ذرات جامد بزرگ شناور در آن، همراه پرس کیک باقی می مانند. ولی در کارخانجاتی که سیستم تولید آنها قدیمی است، ذرات موجود در مایع پرس از طریق غربالهای ارتعاشی گرفته می شوند. این مواد گرفته شده در مرحله بعد به پرس کیک اضافه شده و تبدیل به پودر ماهی می گردند.

در کارخانجاتی که تولید آنها به روش سنتی صورت می گیرد فرآوری بعدی مایع حاصل از پرس در سه مرحله صورت می گیرد:

۱- جداسازی مواد جامد معلق ۲- جداسازی روغن از آب ۳- خالص سازی نهایی یا Polishing، بجهت جداسازی ناخالصی های باقیمانده و رطوبت موجود روغن.

جدا کردن جامدات معلق از مایع پرس همانگونه که قبلاً گفته شد به کمک دکانتور Decantor انجام می گیرد. بدیهی است هر چه شدت تغییرات پس از صید در ماهی خام بیشتر باشد، مقدار ماده لجنی Sludge در مایع پرس بیشتر و جداسازی آن نیازمند دقت فراوانتری خواهد بود. در این رابطه برای کسب نتیجه، لازم است مایع پرس بصورت هموزن باشد، که این هدف از طریق گردش مجدد مایع یا بکارگیری بهم زن در تانک قابل حصول است.

مرحله جداسازی روغن از آب مرحله بسیار مهمی است که اگر کیفیت ماهی خوب بوده و مراحل پخت و پرس بخوبی انجام شده باشد در آن صورت بازده فرآیند به درجه حرارت، روش تغذیه ماشین و نحوه کار آن بستگی پیدا خواهد کرد. در این رابطه باید توجه شود درجه حرارت مواد ورودی تا حد ممکن بالا باشد ($95^{\circ}C$) تا جداسازی بدرستی صورت گیرد. گرم کردن مایع پرس را می توان با تزریق مستقیم بخار و یا از طریق غیر مستقیم انجام داد که در مقام مقایسه روش غیر مستقیم بهتر است.

جداسازی بوسیله سانتریفوژ انجام می گیرد و حاصل آن جدا شدن مایع پرس به سه فاز، روغن، آب چسبناک (استیک واتر) و قسمت جامد (لجن Sludge) می باشد. در این راه بازده روغن هنگامی حداکثر خواهد بود که استیک واتر کمترین مقدار روغن را داشته باشد.

خالص سازی یا Polishing که آخرین مرحله عملیات است در یک جداساز Separator دیگر انجام می گیرد و در پایان، روغن به تانک ذخیره سازی پمپ می شود. برای سهولت عمل، معمولاً به نسبت ۱۰ درصد حجم روغن به آن آب جوش اضافه می گردد تا از این طریق ناخالصی های آن جدا گردند. درجه حرارت آب در این مرحله حائز اهمیت بوده و باید با روغن برابر باشد. سرعت سانتریفوژ معمولاً در مرحله خالص سازی در حدود ۵۰۰۰ دور در دقیقه تنظیم می شود.

در پایان مرحله جداسازی، روغن خالص شده "Crude fish oil" به تانک نگهداری، و فاز آبی برای عملیات بعدی به تانک استیک و اتر پمپ می شوند. روغن پس انجام آزمایشات لازم و تأیید پارامترهای مربوطه، برای ارسال به بازار مصرف به تانک ذخیره سازی فرستاده می شود.

موارد مصرف روغن ماهی:

خواص فیزیکی و تغذیه ای روغن ماهی تصفیه شده جامد، سبب شده که این روغن نقش تازه ای در رژیم غذایی انسان پیدا نماید. این روغن بخصوص در اروپا پس از هیدروژنه شدن در تهیه مارگارین Margarine و روغن مخصوص پخت Cooking Oil بکار برده می شود. مارگارین هایی که از روغن های گیاهی تهیه می شوند بعضی از اوقات در طول نگهداری کریستاله می گردند و این امر سبب سفت شدن و خرد شدن مارگارین می شود. در حالیکه مارگارین های تهیه شده از روغن ماهی بدلیل طول زنجیر اسیدهای چرب آن دارای قوام پلاستیکی خیلی خوب بوده و اختصاصاتی متفاوت با دیگر مارگارین ها دارند.

امروزه معتقدند روغن ماهی بدلیل داشتن چربی های غیر اشباع قادر است میزان کلسترول خون را کاهش دهد. این اعتقاد سبب گردیده تا با توجه به ارتباط بین بالا بودن میزان کلسترول و ترومبوز عروق کرونر Coronary thrombosis، روغن ماهی نقش و جایگاه مهمی را در تغذیه جوامع صنعتی پیدا نماید. بخصوص آنکه مصرف روغن ماهی سبب تولید پروستاگلاندین Prostaglandins نیز می شود که به عنوان یک تنظیم کننده فیزیولوژیکی، این توانائی را دارند که از ذخیره شدن چربی ها در دیواره عروق جلوگیری نمایند. از دیگر موارد مصرف روغن ماهی، استفاده از آن در ساخت رنگ و روان کننده های صنعتی "Lubricant" است. بعلاوه روغن ماهی هیدروژنه به عنوان ماده خام اولیه، برای تهیه اسید استئاریک، گلیسرین، صابون و همینطور شمع مورد استفاده قرار می گیرد. روغن ماهی غالباً در صنعت چرم سازی نیز بکار برده می شود. بوی کفش های نو غالباً نتیجه بکارگیری روغن ماهی رقیق شده است که در صنعت دباغی مورد مصرف قرار می گیرد. ترکیبات صابون که از روغن ماهی تهیه و بوسیله انواع فلزات خنثی گردند، بطور معمول در ساخت انواع خاصی از گریس بکار برده می شوند که دارای دمای ذوب بالایی هستند.

میگو Shrimp:

میگو بی شک شناخته شده ترین و پر مصرف ترین غذای دریایی بوده و صنایع وابسته به آن بصورت تجارتی یکی از مهمترین صنایع فرآورده های خوراکی دریایی بشمار می روند. برای عنوان میگو معمولاً هر دو لغت Shrimp و Prawn بکار برده می شود. البته در گذشته لغت Prawn عمدتاً برای گونه های بزرگتر و Shrimp برای میگوهای کوچکتر مورد استفاده قرار می گرفت ولی امروزه هر کشوری روش خاصی را در این زمینه بکار می برد. برای مثال، در آمریکا تمام اندازه هایمیگو با لغت Shrimp شناخته می شوند در حالیکه در استرالیا حتی میگوهای خیلی کوچک را نیز با عنوان Prawn می شناسند.

در حال حاضر بیش از هشتاد گونه میگوی خوراکی صید می گردد که اگرچه دارای نام های علمی مختلف هستند ولی از نظر بازار عمدتاً با سه عنوان تجارتی White shrimp (در آمریکا با نام علمی Penaeus setiferus)، Pink shrimp (در انگلستان با نام علمی Pandalus montagui) و Brown shrimp (در آمریکا با نام علمی Penaeus aztecus) شناخته می شوند. البته در این رابطه عناوین و اصطلاحات دیگری نیز برحسب بازارهای مختلف وجود دارند مانند: Deepwater shrimp یا Rock shrimp، ولی سه عنوان تجارتی قبلی بیشتر از بقیه عناوین مورد استفاده قرار می گیرند و در تجارت بین المللی بخصوص در آمریکا و اروپا شناخته شده تر هستند.

عمل آوری میگو:

جدا کردن سر و شستشوی میگوها که نخستین مرحله آماده سازی در عرشه است از اهمیت خاصی برخوردار می باشد. زیرا اگر چه در این مرحله ظاهراً فقط سر میگوها جدا می شود، ولی در اصل کارگران همراه با سر، تمامی سفالوتراکس را که شامل برانشی ها و قسمت عمده ارگانهای وابسته به مجرای گوارش است را خارج می نمایند. مطالعات نشان داده است که خارج کردن ارگانهای فوق سبب تخلیه قسمت عمده ای از باکتریها و آنزیم هایی می شود که در شرایط طبیعی فساد را تسریع می نمایند. بعلاوه شستشوی کامل محصول نیز کمک می نماید تا آلودگی باکتریها تا حد قابل توجهی کاهش یابد.

با آمادگی اولیه محصول، برای نگهداری آن می توان بر حسب امکانات در دسترس و طول مدت نگهداری از روشهای مختلفی استفاده نمود از جمله:

انجماد در آب نمک **Brine freezing**، پخت در آب و یا نگهداری در یخ **Icing**.

روش انجماد در آب نمک روشی است ساده و با کارایی زیاد، منتهی باید به دقت انجام شود. می دانیم محلول آب نمک با غلظت معین قادر است میگو را بسرعت منجمد نموده و یا دمای آنرا به نزدیک نقطه انجماد برساند. در این راه، تهیه یک محلول رقیق از نمک، شربت ذرت **Corn syrup** و بی سولفیت سدیم یا "**Dip powder**" می تواند بطور مؤثری از شکل گیری لکه سیاه "**Black spot**" جلوگیری نموده، کاهش رطوبت را به حداقل برساند. در این رابطه محلول نمک با غلظت ۲۳ درصد نقطه انجماد تانک آب نمک را تا 21°C - پائین می آورد و شربت ذرت موجود در مخلوط با پوشش دادن به میگو و ایجاد یک پوسته الاستیک در سطح بدن، از شکل گیری لکه سیاه یا کاهش رطوبت جلوگیری می نماید. علاوه بر این، شربت ذرت به مانند یک ماده احیا کننده، با گرفتن اکسیژن، دسترسی آنزیم های عامل لکه سیاه را محدود نموده و از کامل شدن واکنش جلوگیری می نماید. شربت ذرت همچنین با پوشش دادن به میگو، رطوبت را درون پوسته حفظ نموده، سرعت کاهش رطوبت را کم می نماید. بی سولفیت سدیم نیز در همین رابطه به عنوان یک احیا کننده، بطور مؤثری به اکسیژن متصل شده دسترسی آنزیم های نیازمند به اکسیژن را به آن غیر ممکن ساخته، از بروز لکه سیاه جلوگیری می نماید.

در عمل برای دستیابی به اهداف فوق، حدود ۵۰ پوند میگو بدون سر را درون یک سبد یا کیسه سوراخ دار قرار داده و آنرا در داخل تانک حاوی محلول مورد نظر فرو می کنند. باید توجه شود میگوها بیشتر از ۲۰-۱۵ دقیقه در داخل تانک باقی نمانند، در غیر این صورت میگوها شور شده، بافت آنها سفت می گردد. در انتهای عملیات، محصولات منجمد را در سردخانه نگهداری می نمایند.

کیسه های حاوی میگوی منجمد پس از رسیدن به ساحل و انتقال به کارخانه تخلیه و به درون تانکهای مخصوص انجماد زدائی **Thawing** منتقل می گردند. میگوها برای مدت ۱۰-۵ دقیقه در این تانکها باقی مانده و پس از انجماد زدائی از یکدیگر جدا می شوند. از این مرحله به بعد بر حسب اینکه در نظر باشد میگوها در یخ نگهداری شوند یا مجدداً منجمد گردند، فرآیند عمدتاً مشابه خواهد بود. در نخستین قدم میگوها را بر اساس اندازه آنها درجه بندی می نمایند. این درجه بندی بر اساس تعداد بیان می گردد و عبارتست از، میانگین تعداد میگوهای که مجموعاً یک پوند وزن داشته باشند: کمتر از ۱۰ عدد، ۱۵-۱۰ عدد، ۲۰-۱۶ عدد، ۲۵-۲۱ عدد، ...، ۷۰-۶۱ عدد و بیشتر از ۷۰ عدد.

بعد از درجه بندی، میگوها در جعبه های ۵ پوندی (۲/۳ kg کیلوگرم) بسته بندی شده و به روش انجماد صفحه ای یا انجماد با هوای متحرک، مجدداً منجمد می گردند. پس از کامل شدن انجماد، محصول از فریزر خارج شده و با باز کردن قسمت فوقانی جعبه حدود ۲۳۷ میلی لیتر آب روی میگوها اسپری گردیده و دوباره جعبه را بسته و آنرا معکوس می نمایند. این عمل سبب می شود تا بلوک جامدی از یخ و میگو ایجاد و در نتیجه آن، میگو از سوختگی حاصل از انجماد **freezer burn** محافظت شود.

پخت در آب:

هرگاه به دلیل عدم وجود امکانات برودتی در نظر باشد محصول پس از صید در کشتی پخته شود، این کار باید بلافاصله پس از صید انجام گردد. تسریع در پخت این حسن را دارد که محصول طعم اصلی خود را حفظ خواهد کرد. البته باید توجه شود برای کسب راندمان بهتر و کیفیت مطلوب تر، زمان پخت باید هرچه ممکن است کوتاه تر باشد. به جهت رسیدن به این هدف، لازم است سعی شود مخزن پخت بیشتر از ظرفیت، پر نشده و آب کاملاً جوش باشد. بعلاوه باید میگو بتواند در طول پخت آزادانه در آب جوش حرکت کند تا پخت در تمامی محصول بصورت یکنواخت انجام گیرد. مدت زمان پخت بعد از برگشت آب به نقطه جوش حدود ۳ دقیقه خواهد بود.

پس از پخت، میگوها باید خنک شوند. این کار بوسیله پخش کردن آنها درون سینی های مخصوص و یا قرار دادن آنها در کیسه های سوراخ دار و فرو بردن در آب دریا انجام می شود. البته چون هر دو روش می تواند سبب آلودگی محصول شود، لذا بهتر است پس از پخت، میگوها در کیسه های پلی اتیلن بسته بندی شده و درون یخ نگهداری شوند. میگوها بهتر است پس از آماده شدن و ترجیحاً در همان روز صید در ساحل تخلیه گردند. این میگوها معمولاً پس از رسیدن به ساحل پوست کنده شده و در صورت لزوم مجدداً منجمد می شوند.

همانگونه که قبلاً گفته شد میگوها را می توان بدون هیچگونه فرآیند اولیه و فقط از طریق نگهداری در یخ به ساحل منتقل نمود. در این حالت، لازم است میگوها در جعبه هایی که عمق آنها بیشتر از ۲۰ سانتی متر نباشد در مجاورت یخ قرار داده شوند. در این روش معمولاً لایه ای از یخ خرد شده "Crushed ice" در کف جعبه ریخته شده و سپس میگوها بصورت لایه به لایه در مجاورت یخ قرار می گیرند. باید توجه شود که جعبه ها هیچگاه از حد معین پر نشوند چون در این صورت ممکن است حین حمل و نقل سبب بروز فشار به میگوها و آسیب به آنها شود. میگوها را می توان در صورت نیاز برای مدت ۴ روز درون یخ (مخلوط آب و یخ) نگهداری نمود به شرط آنکه عمل سرد کردن آنها بلافاصله پس از صید انجام گرفته و در طول مدت نگهداری نیز همواره مقدار کافی یخ برای حفظ دمای مناسب به جعبه ها اضافه شود. در این رابطه باید توجه شود کوچکترین تأخیر در سرد کردن میگوها حتی برای مدت یکساعت، بخصوص در هوای گرم، می تواند منجر به بروز تغییرات آنزیمی نامطلوب بسیار قابل توجهی در محصول گردیده ارزش آن را تا حد زیادی کاهش دهد. بی شک یکی از مهمترین این تغییرات از نظر بازار، بروز ملانوز Melanosis یا "Black spot" در میگو است که یک تغییر آنزیمی است و دلیل اصلی آن نگهداری طولانی صید در عرشه بدون سرد کردن آن است.