

پیشرفت های اخیر در روش ها و فنون تعیین کیفیت تازگی و ارزیابی ماهی و فیله ماهی:

یک مقاله مروری

چکیده:

کیفیت تازگی ماهی نقش مهمی در سلامت انسان و پذیرش مصرف کننده ها و نیز در تجارت بین المللی فرآورده های ماهی ایفا می کند. اخیرا ایمنی غذایی به یک مسئله حیاتی و بسیار مهم در دنیا تبدیل شده است و تعیین و ارزیابی تازگی ماهی اهمیت زیادی در تحقیق و توسعه پیدا کرده است. این مقاله مروری، به بررسی و تاکید بر پیشرفت های اخیر در روش های ارزیابی تازگی ماهی تحت تاثیر عوامل قبل از صید و پس از صید پرداخته و روش های تعیین را برای تازگی ماهی از جمله ارزیابی حسی، بررسی میکروبی، اندازه گیری شیمیایی مقدار رطوبت، ترکیبات فرار، تغییرات پروتئین، اکسایش لیپید و تجزیه آدنوزین تری فسفات (مقدار K)، اندازه گیری های فیزیکی و تشخیص آلودگی مواد خارجی می پردازد. به علاوه، مزیت ها و معایب این روش ها و فنون مقایسه شده و برخی دیدگاه ها در خصوص کار های فعلی و تغییرات آینده ارائه می شود.

لغات کلیدی: تازگی ماهی، ارزیابی حسی، بررسی میکروبی، ترکیبات فرار، تغییرات پروتئین اکسایش لیپید، تجزیه ATP، مقدار K، اندازه گیری رنگ، اندازه گیری بافت و تشخیص پارازیت

مقدمه

فرآورده های شیلاتی (ماهی) از نقطه نظر تغذیه ای بسیار حیاتی بوده و صنعت شیلات یک منبع اقتصادی مهم و یک صنعت مهم مربوط به تجارت بین المللی در بسیاری از مناطق و کشور های ساحلی است. گزارش اخیر سی امین کنفرانس کمیسیون شیلات سازمان خوارو و بار جهانی در روم در سال 2012، بیان داشته است که 128 میلیون فرآورده های ماهی هر ساله برای مصرف انسان در سرتاسر دنیا عرضه می شود که تقریبا 15 درصد مصرف پروتئین حیوانی برای 4.3 میلیارد نفر را شامل می شود. با این حال به طور کلی گفته می شود که ماهی یکی از آسیب پذیر ترین و فساد پذیر ترین اقلام غذایی است و تولید کننده ها توجه ویژه ای را به اطمینان از کیفیت این محصول مبذول می دارند. از این روی، صنعت کشاورزی و غذایی مدرن به دنبال فنون و روش های جدید نظیر خنک سازی (سان 1997، سان و برونزان 1999، سان و زنگ 2006، سان و هو 2003، وانگ و سانگ 2001، هو

و سان 2000)، منجمد سازی (دلگادو و همکاران 2009، زنگ و سان 2006)، خشک سازی (سان 1999، سان و بیرن 1998، سان و وودز 1993، 1994 الف، 1994 ب، 1994 ج، 1997، کای و همکاران 2004) و پوشش خوراکی (زو و همکاران 2001) به منظور بهبود کیفیت محصول بوده اند. برای محصولات ماهی و شیلاتی، تازگی مهم ترین ویژگی مربوط به کیفیت ماهی است که نقش مهمی در کیفیت محصولات شیلاتی و ایفا می کند. این مسئله به خوبی مشخص است که ویژگی های درونی و ذاتی نظیر بافت ماهیچه شکننده و فعالیت پروتئاز درون زا و روش های مدیریت نامناسب و شرایط ذخیره و نگه داری نامطلوب منجر به تغییرات و آلودگی های فیزیکی، شیمیایی، بیوشیمیایی و میکروبی در ماهی شده و در نهایت بر کیفیت تازگی اثر منفی می گذارد.

به منظور عرضه ماهی ها و فراورده های ماهی با کیفیت تضمینی، فنون و روش های مطمئن برای تعیین و ارزیابی کیفیت تازگی ماهی نیاز است. این روش ها بر اساس اندازه گیری های ابزاری و بیوشیمیایی (سریپتاوان و همکاران 2009)، روش های استفاده کننده از شاخص انکسار (گوکلو و یرلیکا 2004) یا شاخص های فساد یا تازگی (یوریتا-مونتی و همکاران 2004) و روش های بر اساس فناوری حسگر نظیر حسگر کالریمتری (هوانگ و همکاران 2011، کوسواندی و همکاران 2012)، حسگر اکسید فلزی نیمه رسانا (هوماند و همکاران 2002)، سنسور گاز (اماری و همکاران 2006، الباری و همکاران 2002) یا بینی الکترونیکی (EN) (کنل و همکاران 2001، ناتاله و همکاران 2001، الفادوتیر و همکاران 2004) است. از سوی دیگر، روش های طیف سنجی به طور فراوانی استفاده می شوند نظیر طیف سنج بازتاب مادون قرمز نزدیک (سیگرن و همکاران 1998، نیلزن و همکاران 2002، سیروسترن و همکاران 2011 ب، تروسینو و همکاران 2012)، طیف سنجی بازتاب مادون قرمز میانی (کاروی و همکاران 2007)، طیف سنج امپدانس الکترو شیمیایی (نیو و لی 2000). جدول 1 خلاصه ای از مطالعاتی را نشان می دهد که به ارزیابی و تعیین تازگی ماهی پرداخته اند.

Table 1 Nondestructive techniques in determination and evaluation of fish freshness

Fish/fillet	Technique	Effectiveness/accuracy	Reference
Sardine	Refractive index	Cheap, useful	Gokoglu and Yerlikaya (2004)
Chub	Colorimetric sensor	87.5%	Huang et al. (2011)
Milkfish	Colorimetric sensor	Inexpensive visual indicator	Kuswandi et al. (2012)
Atlantic salmon, haddock, cod	Metal-oxide sensor array	The chemical analysis method results correlated well with sensor results	Hammond et al. (2002)
Argentinean hake	EN	An increase of the signals with an increase in storage period	O'Connell et al. (2001)
Moroccan sardines	EN	93.75%	Amari et al. (2006); ElBarbri et al. (2007, 2008)
Fresh and frozen-thawed cod fillets	VIS/NIR	100%	Sivertsen et al. (2011b)
Cod and salmon	VIS/NIR	The correlation coefficient of prediction was 0.97 and 0.98, respectively	Nilsen et al. (2002)
Sea bass fillets	NIR	90%	Trocino et al. (2012)
Fresh and frozen-thawed whiting fillets	MIR	100%	Karoui et al. (2007)
Carp, herring, sea bass	EIS	A simple, rapid and in situ measurement of the onset of fish spoilage	Niu & Lee (2000)
Cod, whiting, mackerel	Fluorescence spectroscopy	High-speed on-line measurements	Dufour et al. (2003); Karoui et al. (2007)

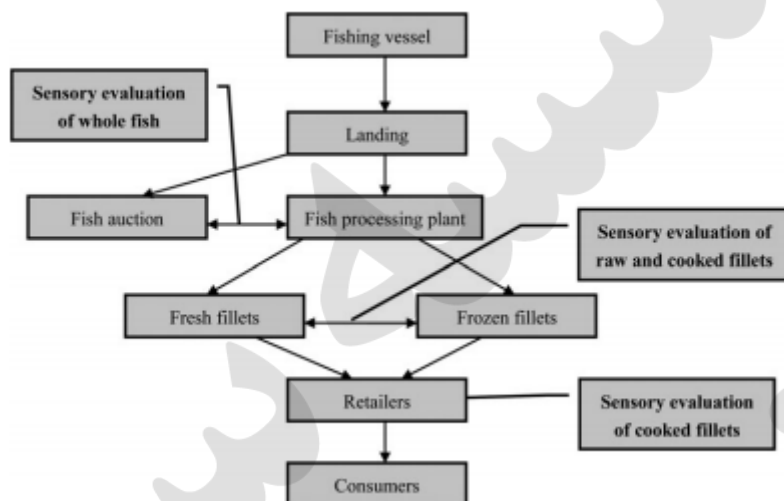
Table 1 Nondestructive techniques in determination and evaluation of fish freshness

Fish/fillet	Technique	Effectiveness/accuracy	Reference
Sardine	Refractive index	Cheap, useful	Gokoglu and Yerlikaya (2004)
Chub	Colorimetric sensor	87.5%	Huang et al. (2011)
Milkfish	Colorimetric sensor	Inexpensive visual indicator	Kuswandi et al. (2012)
Atlantic salmon, haddock, cod	Metal-oxide sensor array	The chemical analysis method results correlated well with sensor results	Hammond et al. (2002)
Argentinean hake	EN	An increase of the signals with an increase in storage period	O'Connell et al. (2001)
Moroccan sardines	EN	93.75%	Amari et al. (2006); ElBarbri et al. (2007, 2008)
Fresh and frozen-thawed cod fillets	VIS/NIR	100%	Sivertsen et al. (2011b)
Cod and salmon	VIS/NIR	The correlation coefficient of prediction was 0.97 and 0.98, respectively	Nilsen et al. (2002)
Sea bass fillets	NIR	90%	Trocino et al. (2012)
Fresh and frozen-thawed whiting fillets	MIR	100%	Karoui et al. (2007)
Carp, herring, sea bass	EIS	A simple, rapid and in situ measurement of the onset of fish spoilage	Niu & Lee (2000)
Cod, whiting, mackerel	Fluorescence spectroscopy	High-speed on-line measurements	Dufour et al. (2003); Karoui et al. (2007)

جدول 1: فنون غیر مخرب در تعیین و ارزیابی تازگی ماهی

علی رغم وجود فعالیت های پژوهشی گسترده نظیر فوق، مقالات منتشر شده در خصوص تعیین و ارزیابی تازگی ماهی محدود است. یک مقاله مروری منتشر شده در 1997 به بحث در مورد انواع روش های تعیین و ارزیابی کیفیت ماهی پرداخته است (الافدوتیر و همکاران 1997) و یک مقاله دیگر در 2004، نگاهی کلی به تعیین و ارزیابی کیفیت ماهی با یک روش چند حسگری بر اساس طیف سنج نور مرئی، تحلیل تصویر، EN و بافت داشته است (الافدوتیر و همکاران 2004). در سال 2007، هیدلیگ و نیلسون 2007، مروری بر روش های حسی برای ارزیابی بافت ماهیچه ماهی که ارتباط غیر مستقیم با تازگی ماهی دارد داشته است. از آن زمان به بعد، عباس و همکاران (2008)، PH را به عنوان یکی از شاخص های ساده و با اطمینان تازگی برای نمونه ماهی های منجمد در نظر گرفت و ماتیسان و همکاران (2011)، به بررسی کاربرد فناوری های تصویر برداری برای بررسی و تشریح ماهی و فراورده های ماهی پرداخت. اخیراً، دولتی و همکاران (2012) مروری بر کاربرد های ماشینی برای ارزیابی کیفیت تازگی ماهی پرداخته اند. با این حال، هیچ مقاله مروری در خصوص مقایسه روش های مختلف و فنون موجود برای تعیین تازگی ماهی منتشر نشده است. این مقاله مروری، به بررسی و تاکید بر پیشرفت های اخیر در روش های ارزیابی تازگی ماهی تحت تاثیر عوامل قبل از صید و پس از صید پرداخته و روش های تعیین را برای تازگی ماهی

از جمله ارزیابی حسی، بررسی میکروبی، اندازه گیری شیمیایی مقدار رطوبت، ترکیبات فرار، تغییرات پروتین، اکسایش لیپید و تجزیه آدنوزین تری فسفات (مقدار k)، اندازه گیری های فیزیکی و تشخیص آلودگی مواد خارجی می پردازد. به علاوه، مزیت ها و معایب این روش ها و فنون مقایسه شده و برخی دیدگاه ها در خصوص کار های فعلی و تغییرات آینده ارائه می شود.



شکل 1

روش های ارزیابی تازگی ماهی

این مسئله کاملاً مشخص شده است که تازگی یکی از مهم ترین ویژگی های کیفیت ماهی است. انتخاب روش های صحیح و موثر برای ارزیابی تازگی کیفیت ماهی، اهمیت زیادی در تحقیق و صنعت داشته و برخی از روش ها در زیر مورد بررسی قرار می گیرند.

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی یک رشته علمی می باشد که برای تجزیه تحلیل و تفسیر ویژگی های غذا از طریق بینایی، بویایی و چشایی به ترتیب در رابطه با رنگ، بو و بافت غذا استفاده می شود (الافادتیور و همکاران 1997). ارزیابی حسی یک ابزار مفید و رایج می باشد که کاربرد های فراوانی در ارزیابی تازگی ماهی و تفسیر آن توسط افراد آموزش دیده و مجرب دارد. امروزه، روش های رایج ارزیابی حسی شامل طرح اتحادیه اروپا و روش شاخص کیفیت می باشد که قادر به استاندارد سازی ارزیابی حسی برای هر گونه ماهی (گرین و همکاران 2010) می باشند.

طرح اتحادیه اروپا بر اساس مقوله تازگی (E-A-B) در کشور های اروپایی قابل قبول است. برخی از مثال های رایج استفاده از این روش ها به صورت زیر است. سمیدینو و همکاران (1997) از طرح درجه بندی تازگی برای ارزیابی چندین گونه ماهی مدیترانه ای ننگه داری شده در سرد خانه استفاده کرده و به این نتیجه رسیدند که ماهی های بوگو (شانک خال سیاه)، ساردین و کپور عمر ماندگاری بهتری داشتند. در مطالعه دیگر، ماهی خاردار اروپایی ننگه داری شده در یخ مذاب دارای درجه تازگی E اتحادیه اروپا برای بیش از 3 روز، A برای شش روز و B برای 5 روز بودند که از این مدت به صورت نامناسب درجه بندی شدند (کریناس و لاکویس 2002). طرح تازگی اتحادیه اروپا نیز برای ارزیابی حسی ماهی خام و آستانه قابل قبول بودن حسی استفاده شد و 8 تا 9 روز برای ماهی فیله ای و 12 تا 13 روز برای ماهی شکم خالی (تالیدورو و همکاران 2003) در نظر گرفته شد. با این حال، طرح درجه بندی تازگی اتحادیه اروپا تنها بر اساس یک ماهی کامل است و این روش یکسری معایبی نظیر ویژگی های حسی مختلف در درجه کیفیتی 1 و ناسازگاری های برخی از ویژگی های حسی با سایر توصیفات مربوط به درجه کیفیت را نشان نداد. از این روی، این روش به تدریج با روش QIM جایگزین شده است که می تواند بر معایب روش قبلی غلبه کرده و ارزیابی تازگی ماهی را بهبود بخشد. QIM به عنوان یک ابزار ضروری نقش مهمی در حفظ کیفیت ماهی در سطوح بالا در هر حلقه از زنجیره شیلاتی پیچیده ایفا می کند و از این روی یک روش مرجع پیشرو برای ارزیابی کیفیت ماهی تازه بر اساس ارزیابی هدف ویژگی ها و خصوصیات مربوطه ماهی خام با استفاده از سیستم رتبه بندی (0 تا 3) می باشد که یک امتیاز 0 را برای ماهی های بسیار تازه در نظر می گیرد و با کاهش کیفیت، مقدار این امتیاز بالا می رود.

QIM یک روش دقیق و عینی برای تعیین تازگی ماهی بوده و در بسیاری از مطالعات در ارزیابی کیفیت تازگی ماهی استفاده می شود. با استفاده از امتیازات منفی QIM، ولیز و همکاران (2004) نشان دادند که درجه تازگی ماهی خفه شده (بدون اکسیژن) کم تر از درجه تازگی ماهی ذبح شده است. رابطه بین امتیازات ارزیابی حسی ماهی کولی خام و پخته شده و تعداد انتروباکتريا بررسی شده و منحنی های عملیاتی و کارکردی برای تایید مناسب بودن QIM ایجاد شد (پانز-سانچز و کاسکادو 2006). به علاوه، ارزیابی تازگی مار ماهی اروپایی با روش حسی تحت شرایط ذخیره ای و ننگه داری متفاوت با نتایج حاصل از امتیاز ظاهری (ضعیف/ضعیف تر)، امتیاز پوست (خشک/خشک تر)، امتیاز ظاهر چشم (تیره/تیره تر)، آستانه قابل قبول بودن (12-4÷ روز/5-7 روز) در یخ و

در جعبه بدون نگه داری در یخ بررسی شد. به علاوه نتایج QIM برای ایجاد همبستگی با اندازه گیری های ارزیابی استفاده شد. بر طبق امتیاز QIM، نیلسون و ازاینزن (2005) از روش طیف سنجی VIS برای پیش بینی تازگی ماهی کاد استفاده کرده و نتایج نشان داد که یک باند نسبتاً باریک در دامنه طیفی مرئی-میانی برای اندازه گیری تازگی ماهی کافی بود. به علاوه، ویژگی های حسی QIM در ارتباط با سیستم شاخص کیفیت مصنوعی جدید بر اساس سیگنال های روش های ابزاری مختلف استفاده شد. نتایج نشان داد که این سیستم جدید موثر تر بوده و بهتر قادر به پیش بینی تازگی ماهی است (ماکانگو و همکاران 2005، الازوار و همکاران 2010).

از سوی دیگر، QIM برای تعیین و پیش بینی عمر قفسه ای ماهی ایجاد شده است که عمر قفسه ای شاخصی از تازگی ماهی است. از زیور و همکاران (2009) به توصیف عمر قفسه ای شاه ماهی قرمز و شاه ماهی طلایی در حالت انجماد پرداخته و مشاهده کردند که درجه مقبولیت حسی و آستانه عمر قفسه ای آن ها به ترتیب 8 و 11 روز بود.

کرینا و لاگویس (2002) تغییرات بوی آبشش ماهی خام را گزارش کرد و ماهی نگه داری شده در حالت منجمد در طی 15-16 روز بر اساس بوی آبشش به صورت نامطلوب در نظر گرفته شد ولی ماهی پخته شده در طی 18 تا 19 روز قابل خوردن بود. در مطالعه دیگر، زمان نگه داری سالمون خام و پرورشی بعد از پخت با تحلیل توصیفی کمی (QDA) بر اساس QIM مشاهده شده و پیش بینی زمان نگه داری حداکثر برابر با 20-21 روز با دقت 1.5 روز بود (سیندوتر و همکاران 2003). به علاوه عمر قفسه ای ماهی خردار در شرایط نگه داری مختلف به طور مفصل توسط ازگول و همکاران (2005 الف) توضیح داده شده است و بهترین نتایج در 16 روز نگه داری در یخ، 8 روز نگه داری در فویل الومینیوم، هشت روز نگه داری در سلفون و چهار روز نگه داری در جعبه های بدون یخ حاصل شد. بر طبق گفته رودریگز و همکاران (2006)، اثرات نگه داری در یخ بدون کیفیت جسی و عمر قفسه ای ماهی سپر ماهی پرورشی بررسی شده و تجزیه تحلیل حسی با تغییرات میکروبی و شیمیایی مشاهده شده همبستگی خوبی نشان داد. اخیراً، زو و همکاران (2012) از روش تصویر برداری فرا طیفی مرئی و مادون قرمز همراه با مدل های طبقه بندی ناشین بردار پشتیبان و حداقل مربعات برای تمایز بین فیله های ماهی منجمد و منجمد-آب شده استفاده کردند. میزان طبقه بندی صحیح متوسط برای نمونه های پیش بینی 97.22 درصد بدست آمد. یافته های این تحقیق نشان داد که VIS/NIR-HSI می تواند به عنوان روشی آنلاین برای تمایز سریع و

غیر مخرب ماهی های تازه از ماهی های منجمد-آب شده می باشد و جایگزین خوبی برای روش های ارزیابی حسی است.

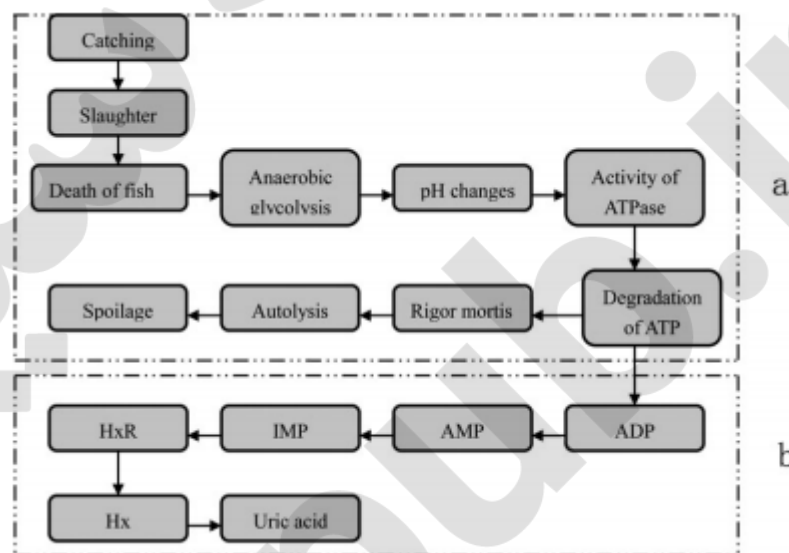
بر اساس این مطالعات، بدیهی است که ارزیابی حسی یکی از مهم ترین روش ها برای ارزیابی تازگی در بخش ماهی و خدمات بازرسی ماهی است. این روش در اندازه گیری ویژگی های نسبی و ادراک شده، یک ابزار مطمئن برای ارایه اطلاعات منحصر به فرد تازگی در خصوص فراورده های ماهی و ماهی است. بر این اساس QIM باید بخشی از سیستم کنترل کیفیت تازگی غذایی بوده و انتظار می رود که یک روش مرجع محبوب و پیشرو برای ارزیابی ماهی تازه در آینده باشد.

بازرسی میکروبی

فعالیت میکرو ارگانیسم ها، یکی از عوامل اصلی فساد ماهی است. تعداد کل باکتری ها به عنوان شاخص مناسب برای ارزیابی تازگی انواع مختلفی از محصولات و فراورده های آبزیان استفاده می شود. در عین حال بسیاری از کشور ها یک سری استاندارد ها، رهنمود ها و مشخصات ارزیابی تازگی ماهی را بر اساس شاخص TVC با شرایط مختلف دمایی، زمانی و جوی ارایه کرده اند. این شاخص برای تشخیص دقیق درجه تازگی ماهی و پیش بینی عمر قفسه ای ماهی مفید است. میکرو ارگانیسم های زیادی در فیله ماهی بعد از صید زندگی می کنند و تعداد اولیه TVC یا تعداد کل باکتری ها تقریباً 100 تا 10000 CFU/g می باشد (گرام و داگلارد 2002، استرینگر 2005، لیو و همکاران 2010).

فرایند تجزیه میکروبی، نقش مهمی در تغییرات ماهی پس از مرگ و عمر قفسه ای داشته و از این روی مقادیر TVC در مطالعات مختلف برای پیش بینی تازگی ماهی است. از کگول و همکاران (2005 ب) به مطالعه عمر قفسه ای مار ماهی بر اساس آستانه مقبولیت TVC برابر با 10^6 CFU/g پرداخته و نشان دادند که عمر قفسه ای مار ماهی حدود 13 تا 14 روز در یخ و شش تا هفت روز در جعبه بدون یخ است و ماهی بعد از 5 روز به دلیل فعالیت باکتریایی شروع به فساد کرد. از این روی، چانتراکوتی و همکاران (2006) اقدام به مقایسه تعداد کل باکتری های ماهی سالمون صورتی الاسکای نگه داری شده در دمای 14 درجه کرده و نتایج نشان می دهد که تعداد باکتری های هوازی برای ماهی نگه داری شده در 14 درجه از $3.4 \lg\text{CFU}/\text{cm}^2$ (روز صفر) تا $4.8 \lg\text{CFU}/\text{cm}^2$ و برای ماهی نگه داری شده در یخ از $3.4 \lg\text{CFU}/\text{cm}^2$ تا $5.5 \lg\text{CFU}/\text{cm}^2$ (16 روز) متغیر بود. در مطالعه

اخیر، سانگ و همکاران (2011) نشان داده است که تعداد کل باکتری ها برابر با 5.74 بوده و $4.66 \log \text{CFU/g}$ تحت شرایط نگه داری مختلف با نگه داری در شرایط سرد و انجماد نسبی بود مقادیر TVC برای همبستگی با ارزیابی حسی استفاده شد (ازیتورت و همکاران 2009، نوروتون و سان 2008). از سوی دیگر، مطالعات بر روی باکتری های خاصی که تولید بو می کنند انجام شده است. *Shewanellaputrefaciens* تولید کننده سولفید یک عامل اصلی در فساد ماهی خاردار دریای نبود ولی تعداد آن شاخصی برای تعیین زمان رد حسی است (میرنا و لاکویس 2002، لاکویس و همکاران 2003، 2008). مطالعه دیگر توسط تالیدورو و همکاران 2003 و رفتار باکتری های تولید کننده هیدروژن سولفید در ماهی خاردار فیله ای و شکم پر در طی نگه داری منجمد مطالعه شده و مقادیر TVC برای نمونه های ماهی خاردار فیله ای معمولا بیش از ماهی خاردار شکم پر بود.



شکل 2

روش TVC یا شمارش تعداد کل باکتری ها روشی سخت و زمان بر است. برای شمارش سریع، روش های جدید ارائه شده است. باربیری و همکاران (2009) یک روش EN را برای پیش بینی تازگی ماهی استفاده کرده و نتایج نشان داد که نمونه های ساردین را می توان در سه مرحله تازگی طبقه بندی کرد و این هم خوانی خوبی با نتایج تحلیل باکتریولوژیکی بر اساس مقادیر TVC داشت. به منظور ارائه اندازه گیری غیر مخرب و غیر تماسی، روش تصویر برداری فوق طیفی به صورت ابزار مناسب ارزیابی شده و نتایج نشان داد که روش HSI یک ابزار پیش بینی سریع برای کیفیت تازگی ماهی است (پنگ و همکاران 2011).

اندازه گیری های شیمیایی

اندازه گیری های شیمیایی در رابطه با تغییرات ترکیبی شیمیایی ماهی یک روش مهم برای تعیین و ارزیابی تازگی ماهی است. اندازه گیری های شیمیایی اشاره به اندازه گیری های رطوبت، اندازه گیری های ترکیبات فرار، تغییرات پروتینی، اکسایش لیپید، تجزیه ادنوزین تری فسفات و اندازه گیری مقدار K دارد.

اندازه گیری رطوبت

مقدار رطوبت برای کیفیت تازگی ماهی بسیار مهم است زیرا بر بافت و ماهیچه ماهی اثر می گذارد و از این روی روش های تعیین سریع و غیر مخرب ارائه شده اند. برای مثال، رطوبت با روش آون خشک تعیین می شود و از آنالیزور رطوبت الکترونیکی استفاده می شود در ماهی های تن و باله زرد به ترتیب روش های طیف سنجی مادون قرمز نزدیک استفاده می شود و شباهت خوبی بین نتایج روش های آون خشک و آنالیزور رطوبتی و نیز مقادیر کمی سازی شده با استفاده از روش طیف سنجی مادون قرمز حاصل شده است و از این روی روش طیف سنجی مادون قرمز نزدیک یک روش سریع و دقیق برای اندازه گیری رطوبت ماهی است (کودبکس و همکاران 2007).

مطالعه مشابه در ماهی سالمون اتلانتيک پخته شده توسط طیف سنجی بازتابش مادون قرمز نزدیک طول موج کوتاه با استفاده از رگرسیون حداقل مربعات و روش های واسنجی شبکه های عصبی مصنوعی برای تعیین رطوبت صورت گرفته است. مدل های PLS و ANN نتایج خوب و مشابه را برای تحلیل رطوبتی نشان دادند (هوانگ و همکاران 2003). به علاوه، تصویر برداری چند طیفی NIR برای تعیین آنلاین رطوبت در 70 ماهی پشت سیاه نمک سود شده استفاده شد. مدل های پیش بینی PLSR مقدار همبستگی خوب $R^2 = 0.92$ با 1.07 RMSEV درصد نشان دادند. فنون تصویر برداری طیفی اینتراکتانس NIR با منطقه طیفی 760-1040 نانومتر برای تعیین مقدار و توزیع آب در فیله های شش گونه ماهی در زمان واقعی بدست آمده است (ولد و همکاران 2006). نتایج نشان داد که این روش برای ارزیابی با سرعت بالای پارامتر های کیفی مقدار آب و توزیع در فیله های ماهی مناسب است (الماسری و ولد 2008).

اندازه گیری های ترکیبات فرار

ترکیبات فرار، یکی از پارامتر های اصلی در تعیین تازگی ماهی است. اثرات فعالیت میکروبی و تجزیه آنزیم درون ریز می تواند ایجاد برخی از ترکیبات فرار مربوط به نیتروژن، آمین، آمونیاک، الکل، ترکیبات گوگردی و غیره کند. از این روی، پایش و تعیین تازگی یا فساد ماهی می تواند بر اساس اندازه گیری های ارزشمند ترکیبات فرار باشد.

در این میان، بوی یکی از مهم ترین خصوصیات ترکیبات فرار است و برای ارزیابی تازگی ماهی استفاده می شود (الافدوتیز و همکاران 2004).

ترکیبات فرار موثر بر بوی ماهی را می توان به سه گروه بر اساس منشا ترکیبات فرار در طی ننگه داری ماهی تقسیم کرد. اولین گروه، بوی ماهی تازه است که مربوط به الکل C6-C9 و ترکیبات کربونیل است و دومین گروه مربوط به بوی فساد میکروبی است که نقش اصلی در ارزیابی تازگی ماهی داشته و با آمونیاک، تری متیل الامین، سولفید هیدروژن و متیل ارتباط دارد و آخرین گروه، بوی اکسایش لیپید است که با هگزو دهید و 2-4-7- دکتاترینال ارتباط دارد.

استخراج اجزای فرار هنوز یک مسئله و مشکل اصلی به دلیل تنوع بالای ترکیبات فرار است. نتایج آزمایشی دقیق را نمی توان با یک روش اندازه گیری منفرد بدست آورد. در عین حال، این مشکل موجب شده است تا دانشمندان تحقیقات بیشتری انجام داده و روش ها و فنون ترکیبی نظیر تحلیل استخراج میکرووی فاز جامد، طیف سنجی وزنی کراماتوگرافی گازی، طیف سنج مادون قرمز فوریر و روش EN غیر مخرب را ایجاد کرده اند (الافداتیر و همکاران 2004، الیملی و همکاران 2007، لییمو و همکاران 2009، دینی و همکاران 2010).

از سوی دیگر، بسیاری از صنایع نیتروژن بازی فرار و TMA را برای تعیین تازگی ماهی در نظر گرفته اند. TMA یک بو از گروه دوم است که نشان دهنده درجه فساد ماهی می باشد. بن و همکاران 2001، ترکیبات فرار را از حیث TMA، دی متیل امین، هیستامین و دوپامین تعیین کرده و نتایج نشان داد که این ترکیبات فرار با سن ماهی در شرایط نگهداری منجمد همبستگی خوبی دارد و می تواند درجه تازگی ماهی را پیش بینی کند. در مطالعه ای دیگر، مقدار TMA در ماهی با طیف سنجی FT-IR در مقایسه با روش کروماتوگرافی گازی مقایسه شد. با این حال تغییرات مقدار TMA را نمی توان برای تشریح درجه فساد ماهی استفاده کرد. از این روی مطالعات بیشتر بر روی سطح TVB-N برای ارزیابی تازگی ماهی انجام شد. ازگول و همکاران (2005) نشان داد که آستانه مقبولیت سطح TVB-N می تواند حدود 10 میلی گرن TVB-N در هر 100 گرم فیله یا گوشت باشد. مطالعه ای دیگر نشان داد که حد مقبولیت برای ماهی فیله TVB-N حدود 26.77 میلی گرم بر هر 100 گرم فیله بود. به علاوه، کاسترو و همکاران (2006) به بررسی تغییرات سطح TVB-N در نگهداری ماهی پرداخته و نشان دادند که تغییرات معنی داری در ننگه داری ماهی در طی دوره ذخیره قابل خوردن قبل از 21 روز وجود داشت و تغییرات

افزایشی بعد از 21 روز ذخیره و نگه داری دیده شد. از همه مهم تر این که برای تشخیص غیر مخرب، سنسور شیمیایی را می توان برای تعیین ترکیبات فرار استفاده کرد زیرا الیملی و همکاران (2007) نشان دادند که تست تازگی شیمیایی روشی حساس و موثر برای ارزیابی فساد ماهی است. به علاوه، یک روش جدید با استفاده از الکتروود انتخابی یون امونیوم برای اندازه گیری تغییرات سیگنال ISE-NH₄ به دلیل تغییرات مقدار امونیوم ماهی ایجاد شده و نتایج همبستگی خوبی با مقدار امین های فرار در فیله های کاد داشت (هیزینک و همکاران 2012).

تغییرات پروتین در نگه داری پس از مرگ

پروتین ها اجزای مهم تغذیه ای گوشت ماهی بوده و 15-20 درصد ماهی را شامل می شود. پروتین ها در فیله ماهی شامل پروتین سارکوپلاسم محلول در آب، پروتین میوفیبریل محلول در نمک و پروتین های ماتریکس نامحلول می باشند. با این حال، پروتین ها به تجزیه توسط فراوری و نیز فعالیت های آنزیمی و میکرو ارگانیسم ها حساس هستند. از این روی ماهی پس از ذبح در دمای نسبتا پایین و یا یخ باقی می ماند تا تازگی آن حفظ شود. اگرچه دمای پایین موجب کاهش رشد میکروبی و انتشار میکروب می شود، برای کاهش فعالیت آنزیم و افزایش طول قفسه ای محصولات و فراورده های ماهی، خواص ساختاری فیزیکی، شیمیایی و زیستی پروتین ها تحت تغییراتی در طی نگه داری قرار گرفته و از این روی مزه و طعم آن ها تحت تاثیرات منفی قرار می گیرد.

از این روی، مطالعات در مورد رابطه بین کیفیت تازگی و فعالیت های پروتینی انجام شده است. هررو و همکاران 2008 از روش طیف سنج رامن برای شناسایی تغییرات ساختاری پروتین ها در زمان نگه داری استفاده کرده و به این نتیجه رسیدند که این تغییر در کاهش کیفیت تازگی ماهی نقش بسزایی دارد در حالی که سیورستن 2011 ب به بررسی درجه اکسایش پروتین های ماهی از طریق طیف سنجی مادون قرمز و مرئی در طی ذوب و انجماد و ذخیره سرد در یخ پرداخته و به این نتیجه رسیدند که این تغییر با تغییرات مشاهده شده در منطقه مرئی طیف همبستگی زیادی دارد و تغییرات پروتین را می توان با فناوری الکتروفورز ژل سدیم دو دوسیل سولفات پلی اکریلامید بررسی کرد.

مارتینز و همکاران (2007) از روش SDS-PAGE برای نشان دادن الگو های پروتین کاد پرورشی و طبیعی استفاده کرد و نتایج نشان داد که ماهیچه کاد دارای شیوه بیان پروتین متفاوت و الگوی تجزیه پس از مرگ متفاوتی نسبت به ماهی کاد پرورشی بود، در حالی که کادیسکن و همکاران 2009 بین شدت های باند پروتین و سختی فیله قزل

الای رنگین کمان را با روش های SDS-PAGE همبستگی ایجاد کردند. نتایج نشان داد که تغییرات بافتی قزل الا منجر به تجزیه ساختار پروتین می شود. از این روی روش SDS-PAGE یک روش جایگزین جدید برای نشان دادن تغییرات پروتینی و کیفیت تازگی ماهی است (اتوکسی و سادوک 2012).

پایش اکسایش لیپید

ماهی غنی از اسید چرب غیر اشباع بوده و دارای اسید چرب اشباع کمی است. اسید های چرب غیر اشباع دارای تترادسن اسید، چالمیتولیک اسید، ایکوزاپنتائونیک اسید و اسید دوکوساهکزانیک می باشد. چون این اسید های چرب در ماهی به آسانی با نور و دما اکسید می شوند و به تدریج به مواد با وزن مولکولی پایین تجزیه می شوند، نظیر الدهید ها، کتون ها و گروه های اسید کربوکسیلیک، به این ترتیب تغییراتی در بو، بافت، رنگ و ارزش غذایی ماهی ایجاد می شود (تروکسینکو و همکاران 2012). و اکسایش لیپید را می توان برای نشان دادن تازگی ماهی استفاده کرد. اکسایش لیپید یک واکنش اکسایشی مهم در رابطه با فعالیت لیپاز، گونه ماهی، و شرایط نکه داری بوده و مقدار اسید تیوبارابیتوریک یک شاخص مهم پیش بینی درجه اکسایش لیپید و ارزیابی تازگی ماهی است. مقدار TBA به صورت می لی گرم مالون الدهید در کیلو گرم ماهیچه بیان می شود و مطالعات بر روی اکسایش لیپیدی بر اساس ارزش TBA برای ارزیابی تازگی ماهی انجام شده است. در 2003، تالیادورو افزایش مقادیر TBA را در ماهی خاردار فیله ای و شکم پر در طی نکه داری مشاهده کردند و مقدار TBA از مقادیر اولیه 1.55 و 10.21 میلی گرم MDA کیلوگرم در ماهیچه به 8.15 و 26.27 میلی گرم بعد از 16 روز نکه داری افزایش یافت. به علاوه برخی از مقالات به این نتیجه رسیده اند که مقدار پروکسید یک شاخص مهم دیگر برای تعیین اکسایش لیپید است. برای مثال هررو 2008 و ازگول 2005 الف، مقدار پروکسید و ترکیب اسید چرب ماهی را با استفاده از روش های کیفیت ماهی تعیین کرده و گولین و روز 2004 به بررسی طیف های رزونانس مغناطیسی هسته ای H در لیپید سالمون پرداختند و اهمیت آن ها در تعیین نسبت های گروه های اسیل مختلف بررسی شد. به علاوه سرعت تجزیه گروه های اسیل مختلف و سرعت تولید ترکیبات اکسایشی هم زمان در سراسر فرایند اکسایش ارزیابی شد و این نشان می دهد که روش فوق برای مطالعه پایداری اکسایشی نمونه لیپید های ماهی مهم است. به علاوه، مقدار چربی ماهی نیز نقش مهمی در روند اکسایش دارد و کاربرد طیف سنج NIR در پیش بینی درجه اکسایش لیپیدی برای فیله هالیبوت اتلاننتیک بسیار موفق بود. مشابه با موفقیت طیف سنجی مادون قرمز، روش

تصویر برداری طیفی نیز در اندازه گیری کمی توزیع چربی مفید بوده است به طوری که ولد 2008 از این روش استفاده کرده و نتایج آن ها همبستگی خوب 0.91 را با اندازه گیری های مرسوم نشان داد.

شاخص مقدار K و تجزیه ATP

به طور کلی بعد از مرگ، گوشت ماهی تحت تغییرات پس از مرگ به دلیل تعدادی از واکنش های شیمیایی و فیزیکی خاص در ساختار و ترکیب ماهیچه ها قرار می گیرد. از این روی، درک تغییرات ماهیچه های ماهی بعد از مرگ برای حفظ تازگی ماهی مهم است. با توجه به همبستگی بین تغییرات ماهیچه ماهی و مقدار ATP، برخی مطالعات اولیه انجام شده اند و مقدار متابولیت متغیر تجزیه ATP گزارش شد (یوت و همکاران 2012). بر اساس تجزیه ATP فایرا و اکیما 1987 مقدار K را به صورت شاخص کیفیت تازگی ماهی عنوان کردند که به صورت درصد نسبت مقدار اینوزین و هیپوکسی انتین به ترکیبات ATP تعریف می شود

$$K - \text{value}(\%) = \frac{HxR + Hx}{ATP + ADP + AMP + IMP + HxR + Hx} \times 100,$$

که ATP به معنی اندوزین تری فسفات، ADP به معنی اندوزین دی فسفات و AMP اندوزین مونو فسفات است. IMP مونو فسفات اینوزین است و HxR به معنی اینوزین است و Hx به معنی هیپوکزانترین است. از یک سو، مقدار k شاخص مفیدی است که برای ارزیابی تازگی ماهی استفاده شده است و مقدار k بالاتر نشان دهنده سرعت تجزیه بالای Atp می باشد. برای تعیین مقدار k، روش طیف سنجی پایدار یونی را می توان استفاده کرد که یک روش موثر و مفید است. تژدا (2009) و الواسول (2010) جزییات محصول حاصل از ATP و تعیین مقدار K را نشان دادند. به علاوه، اکانگو و هیگارو (2011) نشان داد که مقدار K با مقدار اولیه 4.7 و مقداری 47.5 افزایش نمایی داشته و به ترتیب نشان دهنده تازگی و کاهش کیفیت است. برای آگاهی از SSQM، درک این که کدام یک از روش های حسی را باید در زنجیره فراوری غذای دریایی استفاده کرد و نیز آگاهی از این که روش ها را در کجا و به چه شیوه ای می توان در مراحل مختلف زنجیره به کار برد مهم است. انتخاب روش بستگی به یک سری عوامل از جمله دلیل انجام ارزیابی های حسی دارد. مروری بر عوامل مهم برای ارزیابی های حسی در زنجیره فراوری غذای دریایی را می توان در جدول 1 دید. این جدول شامل منابعی است که به شکل 2 استناد

کرده و مثال هایی از زنجیره فراوری غذای دریایی را نشان می دهد و دارای پیشنهاد هایی برای مکان استفاده از انجام ارزیابی های حسی می باشد (نقاط آزمایشی).

$$K_1 - \text{value (\%)} = \frac{HxR + Hx}{IMP + HxR + Hx} \times 100.$$

هامادا-ساتو و همکاران (2005) نشان دادند که K1 یک شاخص موثر تر از K برای ارزیابی تازگی ماهی است. بر اساس مقدار K1، برات و همکاران 2008 از سیستم تزریق جریان امپرومتریک با درجه سویچ 16 روزه استفاده کردند. ارزش تازگی بستگی به اطمینان پذیری و قابلیت اطمینان ارزیابی حسی انجام شده در هر مرحله از زنجیره فراوری غذای دریایی دارد. تقاضا های کیفیت تازگی باید تعریف شوند، مناسب ترین روش ها باید در ارزیابی ها استفاده شوند و ارزیابی های حسی باید بر اساس استاندارد ها، دستور العمل های تست تازگی (NMKL روش No 21, 2008; ISO استاندارد 8586-1, 1993; ISO استاندارد 8589, 1988) انجام شوند.

ارزیابی های حسی را می توان به صورت بازرسی های چشمی، اندازه گیری بو، بافت و مزه انجام داد. بازرسی چشمی را می توان بر روی کل ماهی و یا فیله خام یا حرارت دیده انجام داد. احتمال تازه بودن ماهی بر ظاهر ماهی اثر داشته و بنا بر این بازرسی چشمی می تواند به صورت بخشی از ارزیابی تازگی باشد. بازرسی چشمی هم چنین می تواند برای تشخیص ویژگی های دیگر نظیر گونه ماهی، آسیب های فیزیکی و وجود برخی از بیماری ها در ماهی انجام شود.

آسیب فیزیکی و بدنی به ماهی می تواند موجب کاهش عمر مفید یا عمر قفسه ای آن شود. به علاوه این می تواند بر ظاهر محصول نهایی نیز اثر داشته باشد (هیدلیک و همکاران 2007). دیگر هدف بازرسی چشمی کنترل محصول از نظر افزوده شدن مواد خارجی به آن است. این مواد خارجی می تواند شامل شن، جلبک، مواد بسته بندی، استخوان یا پارازیت ها باشد. هم چنین، کیفیت شست و شو، بسته بندی، روده پاک کنی، خون و فیله بندی و نیز مقدار یخ بسته بندی شده با ماهی را می توان با تست های چشمی بازرسی کرد. به علاوه، رنگ گوشت، پارگی عضله ها و همگنی گوشت را می توان با بازرسی چشمی بررسی کرد که هم روی ماهی خام و هم روی ماهی پخته صورت می گیرد. به طور کلی، در زنجیره فراوری غذای دریایی اهداف مختلفی برای بازرسی چشمی دنبال می شود. بازرسی چشمی می تواند در همه نقاط آزمایشی نشان داده شده در شکل 2 به کار گرفته شود.

Evaluation method	Fish/fish fillets	Parameter	Technique	Reference
Sensory evaluation	Ungutted European sea bass, European eel, red mullet, gold-band goatfish	Skin, eyes, gills, abdomen	EU scheme, QIM	Kyranas and Lougevois (2002); Özogul et al. (2005b)
Microbial inspection	Tilapia, eel, sea bass	TVC	EN, HSI	Song et al. (2011); Peng et al. (2011)
Volatile compounds	Cod	TMA, TVB-N	NH ₄ ⁺ -ISE	Heising et al. (2012)
Protein changes	Rainbow trout fillets	—	VIS/NIR, SDS-PAGE	Sivertsen et al. (2011b); Godiksen et al. (2009)
Lipid oxidation	Tuna fish and yellow fin	PV, TBA	Raman spectroscopy, ¹ H-NMR	Khodabux et al. (2007)
ATP decomposition	Sea bass, sashimi	K-value, K ₂ -value	ORP	Watanabe et al. (2005)
Color measurement	Atlantic salmon, salmon fillets	Color	Colorimeter, HSI	Yagiz et al. (2009); Wu et al. (2012a)
Texture measurement	Atlantic salmon	Texture	VIS/NIR spectroscopy	Coppes-Petricorena (2010); Wu et al. (2012b)
Contaminants detection	Marine fish, cod fillets	Parasites	HSI	Sivertsen et al. (2011a); Sivertsen et al. (2012)

جدول 2

دیگر نوع ارزیابی حسی، ارزیابی بو می باشد که این کار می تواند بر روی نمونه های گوشت خام یا پخته ماهی صورت گیرد اگرچه ارزیابی مزه در محصولات فراوری شده با دما و یا محصولات نمک سود شده صورت می گیرد نظیر سوشی و ماهی های دریایی. در صنایع غذا هایی دریایی، آزمون ها یا تست های حسی مزه به طور طبیعی بر روی محصول نهایی شرکت صورت نمی گیرد (مارتیندور و همکاران 2008). ارزیابی بو و مزه غذای دریایی می تواند به صورت بخشی از ارزیابی تازگی ماهی باشد مثلاً با بررسی و کنترل وجود بو یا طعم فاسد شدگی. ارزیابی بو و مزه می تواند برای کنترل بوی گل الودگی یا خاک الودگی (هاوتگ و همکاران 2004) و یا چاشنی ها وادویه های اضافه شده به محصولات تولید شده صورت گیرد.

هم چنین ، بافت را می توان در هر دو نمونه های خام یا پخته شده اندازه گیری کرد و ارزیابی های بافت می توانند به صورت بخشی از ارزیابی تازگی باشند زیرا برای مثال سفتی گوشت ماهی در طی ذخیره و انبار با یخ کاهش می یابد (اسویندتور و همکاران 2002). سایر ابعاد بافت را که می توان اندازه گیری و بازرسی کرد شامل آبدار بودن و سفتی فیله های پخته است.

روش های حسی مختلف را می توان در ارزیابی های حسی مورد استفاده قرار داد. لازم به ذکر است که روش های مورد استفاده دارای دقت کافی در اندازه گیری ویژگی های معین و خصوصیات خاص مورد استفاده قرار داد (کاستل 2002). به علاوه، این روش ها هم از نظر اجرا و هم از نظر تجزیه تحلیل داده های بعدی سرعت بالایی دارند. مناسب ترین

روش ها، تست های توصیفی و رتبه بندی های کیفی می باشند که امکان اندازه گیری درجات تغییرات بین محصول و تقاضای کیفیت تازگی را می دهد. در برخی از موارد می توان از روش های داخلی یا خارجی استفاده کرد (مانوز و همکاران 1992).

در تست های توصیفی، شدت یک پارامتر حسی در یک مقیاس ارزیابی می شود (لاولس و هیمن 1998). نتایج حاصل از تست های توصیفی باید به سطوح کیفیتی مختلف ترجمه شود. مزیت اصلی استفاده از تست های توصیفی در زنجیره تولید این است که نتایج بدست آمده یک تصویر کلی از خصوصیات و شدت آن ها در اختیار می گذارد. معایب اصلی تست های توصیفی این است که آموزش ارزیاب ها و تجزیه تحلیل داده ها نسبتا زمان بر است (مانز و همکاران 1992).

در امتیاز بندی و رتبه بندی کیفیت، خصوصیات و ویژگی ها نیز بر اساس مقیاس ها ارزیابی می شوند. با این حال این مقیاس ها، شامل مقیاس های کیفی با امتیازات نهایی نظیر "کیفیت بسیار ضعیف" و "کیفیت عالی" می باشند. رتبه بندی کیفیت دارای معایبی در مقایسه با تست های توصیفی می باشند زیرا تست های توصیفی، شدت هر یک از ویژگی ها و صفات را می دهد. این بدین معنی است که داده های دقیق تری را می توان از تست های توصیفی بدست آورد. به علاوه رتبه بندی کیفیت نیز نیاز به یک برنامه آموزشی بلند مدت برای ارزیاب ها در مقایسه با تست توصیفی دارد (مانوز و همکاران 1992) زیرا مهم است که ارزیاب ها سطوح کیفیتی مختلف را درک کنند.

تست توصیفی و رتبه بندی کیفیت را می توان برای هر دو اهداف در خصوص زنجیره فراوری غذا عای دریایی استفاده کرد. این شامل تعیین تازگی، ظاهر (از جمله بو و همگنی)، بو، مزه و بافت می باشد. تست توصیفی و رتبه بندی کیفیت از روش های مناسب در بسیاری از نقاط آزمایشی نشان داده شده در شکل 2 است.

در روش های عمومی، ارزیاب ها تصمیم می گیرند که آیا محصول بر اساس استاندارد مورد نظر است یا نه. هم چنین ارزیاب ها باید آموزش کافی را در استفاده از استاندارد ها و معیار های معین دیده باشند. با این حال آموزش به اندازه روش های توصیفی گسترده و وسیع نیست. دیگر مزیت این است که نتایج فوراً مشخص می شود. روش های عمومی را در صورتی می توان استفاده کرد که طبقه بندی ساده نمونه ها، رضایت بخش باشد (مانوز و همکاران 1992). روش عمومی به خصوص در رابطه با ارزیابی های آنلاین اهمیت زیادی دارد. برای مثال روش

های عمومی را می توان در ارزیابی ظاهر، آسیب فیزیکی، مواد ناخواسته، پارازیت ها، استخوان ها، مقدار یخ موجود در بسته، پارگی عضله و کیفیت پاک سازی روده، شست و شو، بسته بندی و فیله بندی استفاده کرد. همان طور که توصیف شد، اندازه گیری تازگی ماهی در زنجیره فراوری غذایی مهم است. در مثال شکل 2، اندازه گیری تازگی در نقاط آزمایشی 3، 4، 7، 9 و 10 مهم است. روش های حسی ویژه از جمله طرح EU (آنون 1996)، روش شاخص کیفیت (QIM)، (برمر 1985، هیدلیک و کرین پترسنت 2004) و مقیاس توری (هاوگت و همکاران 1992) برای ارزیابی تازگی ماهی توسعه یافته اند. همان طور که در این مثال گفته شد، ارتباط کیفیت تازگی مزیتی برای افرادی که تست تازگی را انجام می دهند و نیز شرکای قبلی و بعدی در طول زنجیره فراوری است. به علاوه، ارتباط کیفیت تازگی را می توان برای بهینه سازی تولید در مراحل مختلف زنجیره مورد استفاده قرار داد. هم چنین ارتباط در رابطه با تعیین شیوه بهینه انجام ارزیابی های حسی ارزش مند است. اولاً همان طور که در مثال بالا گفته شد، ارتباط موجب کاهش ارزیابی های حسی می شود. دوماً، ارتباط و رابطه کیفیت بین نقاط آزمایشی مختلف را می توان برای ارزیابی اندازه گیری های مربوطه انجام داد. علی رغم وجود فعالیت های پژوهشی گسترده نظیر فوق، مقالات منتشر شده در خصوص تعیین و ارزیابی تازگی ماهی محدود است. یک مقاله مروری منتشر شده در 1997 به بحث در مورد انواع روش های تعیین و ارزیابی کیفیت ماهی پرداخته است (الافدوتیر و همکاران 1997) و یک مقاله دیگر در 2004، نگاهی کلی به تعیین و ارزیابی کیفیت ماهی با یک روش چند حسگری بر اساس طیف سنج نور مرئی، تحلیل تصویر، EN و بافت داشته است (الافدوتیر و همکاران 2004). در سال 2007، هیدلیگ و نیلسون 2007، مروری بر روش های حسی برای ارزیابی بافت ماهیچه ماهی که ارتباط غیر مستقیم با تازگی ماهی دارد داشته است. از آن زمان به بعد، عباس و همکاران (2008)، PH را به عنوان یکی از شاخص های ساده و با اطمینان تازگی برای نمونه ماهی های منجمد در نظر گرفت و ماتیسان و همکاران (2011)، به بررسی کاربرد فناوری های تصویر برداری برای بررسی و تشریح ماهی و فراورده های ماهی پرداخت. اخیراً، دولتی و همکاران (2012) مروری بر کاربرد های ماشینی برای ارزیابی کیفیت تازگی ماهی پرداخته اند. با این حال، هیچ مقاله مروری در خصوص مقایسه روش های مختلف و فنون موجود برای تعیین تازگی ماهی منتشر نشده است.

نتیجه گیری و روند تغییرات آینده

پیشرفت های اخیر در ارزیابی کیفیت تازگی ماهی در تحقیق و صنعت مرور شده است که در برگیرنده طیف وسیعی از ارزیابی های حسی، بازرسی میکروبی، اندازه گیری فیزیوشیمیایی و برخی از روش های مخرب و غیر مخرب نظیر QIM, EN, SDS-PAGE، طیف سنجی و تصویر برداری فرا طیفی است. ارزیابی حسی یک روش مفید برای ارزیابی تازگی ماهی می باشد که در شرایط آزمایشگاهی به فراوانی استفاده می شود. بازرسی میکروبی بر اساس مقدار TVC قادر به پیش بینی عمر قفسه ای ماهی و تازگی و درجه فساد ماهی می باشد. اندازه گیری مواد شیمیایی یک روش غیر مستقیم و ارزشمند است که برای تعیین تازگی ماهی استفاده می شود مقدار K1 یک شاخص موثر برای ارزیابی تازگی ماهی است. اندازه گیری های فیزیکی با اندازه گیری های رنگ و بافت ارتباط دارند و روشی موثر برای اندازه گیری تازگی ماهی محسوب می شوند

از سوی دیگر علی رغم تحقیقات زیاد در خصوص تعیین تازگی ماهی، هنوز چالش های زیادی برای بهبود سطح ارزیابی تازگی ماهی وجود دارد. تحقیقات بیشتری برای تقویت عینیت و کاربرد عملی ارزیابی حسی نیاز است. به علاوه مشاهده می شود که بازرسی میکروبی و اندازه گیری شیمیایی نیز روش های ارزشمندی برای ارزیابی تازگی ماهی هستند. با این حال برخی از وظایف سخت را می توان با بازرسی مخرب آن ها انجام داد که فرصت های زیادی را برای کشف ایده های جدید برای بهبود سطح بررسی میکروبی و اندازه گیری های شیمیایی ارائه کرده و از این روی سرعت و سخت ارزیابی تازگی ماهی را بالا می برد. به علاوه، انجام تحقیقات طیف سنجی و کامپیوتری به عنوان فناوری های بالغ برای اندازه گیری خواص فیزیکی ماهی در نظر گرفته شده است. این موجب بهبود تکرار پذیری و سخت تعیین پیش بینی تازگی ماهی می شود. به علاوه، تصویر برداری طیفی به عنوان یک روش نوظهور و غیر مخرب است که ترکیبی از طیف سنجی و روش های کامپیوتری است. با این حال هنوز در رابطه با انتخاب طول موج های بهینه برای سیستم های تصویر برداری چند طیفی و ایجاد مدل های پیش بینی قوی که نشان دهنده تازگی ماهی و تحقق تشخیص آنلاین صنعتی باشند مطالعات زیادی نیاز است. به طور کلی، تحقیق و توسعه باید بر تثبیت روش های استاندارد برای تعیین و ارزیابی کیفیت تازگی ماهی متمرکز باشد.