نشریه پژوهشهای صنایع غذایی ایران، سال ۱۳۸۸، جلد۵، شماره۲، ص ۱۰۷ ـ ۹۷

مطالعه اثر تیمار پراکسید هیدروژن و pH برروی کیفیت رنگ و ریز ساختار بافت فیله ماهی کپور معمولی ماده و ژل سوریمی تهیه شده از آن

سید علی جعفرپور[۱*]- الیزابت گرسیکا[۲] برایان لئونارد [۳]

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۸۹/۵/۱۲

چکیده

یکی از مشکلات مربوط به استفاده از ماهی کپور معمولی جهت تهیه سوریمی (Surimi) رنگ متمایل به صورتی این فرآورده می‌باشد در حالیکه در صنعت سوریمی رنگ مورد پسند بازار رنگ سفید می‌باشد. در این مطالعه اثر تیمار پراکسید هیدروژن در غلظتهای ۳ ۱٪ و سطوح مختلف pH (۱۱/۵ – ۷/۰) در جهت بهبود کیفیت رنگ فیله‌های ماهی کپور معمولی مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور ضمن تزریق محلول تیمار به داخل بافت، آنرا داخل یک کیسه پلاستیکی دربسته در محلول تیمار غوطه‌ور نموده و با استفاده از تامبلر (Tumbler) فیله به مدت ۳۰ دقیقه دمای کمتر از 10ºC مورد ماساژ سطحی قرار گرفت. در اولین قدم مشخص گردیدکه سطوح pH به عنوان یک تیمار منفرد تأثیر معنی‌داری (0/05> p) در بهبود رنگ فیله ندارد. اما با افزایش غلظت H_2O_2 بخصوص در سطح ۳ درصد دو پارامترL^* و ΔE افزایش معنی داری را نشان دادند که بیانگر بهبود کیفیت رنگ در فیله‌های تیمار شده بود. در ادامه مقدار پارامتر رنگ سفید (Whiteness) خمیر سوریمی تهیه شده از فیله های تیمار شده قابل رقابت با سوریمی آلاسکاپولاک و بطور معنی داری(۰/۰۵> p) بالاتر از سوریمی ماهی سیم باله نخی بود.اما از سویی دیگر پارامتر ظرفیت نگهداری آب (WHC) فیله‌های تیمار شده و ژل ماهی تهیه شده از آن کاهش معنی داری (0/05> P) را نسبت به انواع تجاری و کنترل نشان داد. این امر توسط عکسهای SEM تهیه شده از بافت فیله و سوریمی و ژل پخته شده مورد کنکاش قرار گرفت و دلیل آن به تغییر ماهیت ساختار پروتئین‌های مایوفیبریل در اثر تیمار H_2O_2 با غلظت ۳درصد نسبت داده شد که منجر به تشکیل تعداد پلی گونهای کمتری در ریز ساختار سوریمی و ژل تهیه شده از فیله‌های تیمار شده گردید. در نهایت توصیه می‌گردد که جهت بهبود کیفیت رنگ سوریمی ماهی کپور با حفظ کیفیت بافت آن اثر تیمار H_2O_2 با غلظتهای پایین‌تر بروی قطعات خرد شده فیله و یا گوشت چرخ‌شده آن در مرحله شستشو مورد بررسی قرار گیرد.

واژه های کلیدی: پراکسید هیدروژن، خمیر ماهی، رنگ، قابلیت نگهداری آب، ریز ساختار

مقدمه

سوریمی (Surimi) عبارتست از گوشت چرخ شده ماهی که طی فرآیند خاصی با محلولهای نمکی – قلیایی شستشو داده شده و از قابلیت تشکیل ژل برخوردار می‌باشد. سوریمی قابلیت فرآوری محصولات خاصی را دارد که از لحاظ شکل ظاهری، طعم و بافت بسیار شبیه به انواع فرآورده‌های گرانقیمت از قبیل لابستر، میگو، اسکالپ، و بازوی خرچنگ می‌باشد.

بسته به نوع فرآیند عمل‌آوری سوریمی، فرآورده تولید شده دارای نامهای متنوعی می‌باشد، بعنوان مثال واژه‌های ژاپنی کامابوکو(Kamaboko)، چیکوا (Chikuwa) و

۱ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، دانشکده علوم دامی و شیلات، گروه شیلات. ساریﺞ ایران
(* نویسنده مسئول: Email: ali.jafarpour@rmit.edu.au)
۲ دانشگاه RMIT، دانشکده علوم کاربردی، گروه علوم و صنایع غذائی. ملبورﺞ استرالیا
۳ دانشگاه RMIT، دانشکده علوم کاربردی، گروه بیوتکنولوژی. ملبورﺞ استرالیا

ساتسومیج (Satsumage) که دارای شکل های مختلفی بوده و به ترتیب طی فرآیند های بخارپز کردن، پختن و سرخ کردن سوریمی حاصل می‌گردد. از سوریمی می‌توان در تهیه دیگر فرآورده‌ها از قبیل سوسیس، برگر و ژامبون ماهی نیز استفاده نمود (Venugopol, 2006).

در صنعت سوریمی از انواع گونه‌های ماهیان اعم از ماهیان آبهای سرد مانند ماهی آلاسکا پولاک(Alaska pollock)، ماهیان آبهای مناطق استوایی مانند ماهی سیم باله نخی (Threadfin bream) و ماهیان پلاژیک مانند ماکرل استفاده می‌گردد (Guenneugus & Morrisey, 2005). با توجه به تهدید گونه‌های فوق الذکر بدلیل افزایش روند صید فاقد مدیریت پایدار بخصوص در مورد ماهی آلاسکا پولاک که میزان صید آن از ۶/۵ میلیون تن در سال ۱۹۸۰ به کمتر از ۳ میلیون تن در سال ۲۰۰۰ رسید می‌توان از انواع ماهیان آب شیرین که بخش مهمی از آبزیان را بخود اختصاص داده‌اند به عنوان منبع جایگزین جهت تولید سوریمی بهره گرفت.

اما مشکل موجود در استفاده از منابع ماهی آبهای شیرین جهت تهیه سوریمی، محدودیت بازار آنها بدلیل طعم و بو، رنگ نامطلوب و تشکیل ژل ضعیف‌تر نسبت به گونه‌های دریایی می‌باشد. یکی از عوامل عمده ایجاد رنگ نامطلوب در سوریمی ماهیان آبهای شیرین مربوط به قرمزتر بودن رنگ عضلات آنها در مقایسه با عضلات گونه‌های ماهیان دریایی می‌باشد که این امر بطور محسوسی باعث پایین آوردن پارامتر L به عنوان شاخص رنگ روشن(Lightness) در عضله بدلیل تراکم نسبتاً بالای پروتئینهای Heme در خون (در فرم هموگلوبین) و عضلات تیره (در فرم مایوگلوبین) می‌باشد، (۱۰).

فعالیت‌های پژوهشی قابل توجهی در جهت بهبود کیفیت رنگ فیله ماهیان مختلف با استفاده از عوامل گیاهی که در ساختار پایه خود دارای عامل چربی می‌باشند و کلوئیدهای آبدوست همچون شیر، هیدروکلوئید سقز و ترکیبی از شکر، جاذبهای سطحی(Surfactants) و چربی، صورت گرفته است. اما آنچه بیشتر مورد توجه بوده است استفاده از پراکسید هیدروژن(H_2O_2) جهت بهبود رنگ گوشت ماهی می‌باشد.

(Sims et al. 1975, Iames & Mc Crudden. 1976. Raksakulthai et al.1983. Brown et al. 1993, Himonides et al. 1993, Himonides et al. 1999)

هدف از انجام این پژوهش در مرحله اول برآورد غلظت مؤثر و مطلوب پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و عامل pH بصورت توأم در بهبود کیفیت رنگ فیله ماهی کپور معمولی (*Common carp*) جهت تولید سوریمی و کامابوکو بوده و در مرحله دوم خصوصیات کیفی این فرآورده‌ها از قبیل رنگ، قدرت نگهداری آب (WHC)و ریز ساختار (MicroStructure) آنها با انواع تجاری از قبیل سوریمی آلاسکا پولاک و سوریمی ماهی سیم باله نخی مقایسه گردد. دلیل استفاده از ماهی کپور در این مطالعه، غالب بودن این گونه ماهی در منابع آبی و رودخانه های ایالت ویکتوریا بوده که بنا بر آمار موجود بیش از ۹۰٪ از گونه های ماهی صید شده در رودخانه ها را تشکیل داده و از این رو به عنوان یک آفت زیست محیطی محسوب می گردد که باعث تخریب بستر و دیواره رودخانه ها، گل آلوده کردن آب بدلیل رفتار خاص تغذیه ای آن شده و رقیب گونه های ماهی بومی مانند ماهی باراموندی در این منابع آبی شناخته می شود.

مواد و روش ها

ماهی کپور معمولی (طول متوسط ۲cm ± ۶۵، وزن متوسط g ۱۷۵ ± ۲۸۵۰) که توسط شرکت K & C Fisheries در دریاچه GIPPS Land در ایالت ویکتوریا در

استرالیا صید شده بود به صورت بسته بندی شده در یخ به آزمایشگاه صنایع غذایی دانشگاه RMIT در شهر ملبورن منتقل گردید. تمامی نمونه‌ها در فاصله زمانی کمتر از ۲۴ ساعت بعد از صید فیله شده و هر فیله با یک برش عمودی به دو قطعه تقریبی ۱۰cm × ۱۵ تقسیم گردید و هر قطعه جهت برآورد اثر یک تیمار مختلف استفاده گردید.

تیمار pH

جهت تهیه محلول تیمار با pH های مختلف (خنثی تا قلیایی) از ترکیب آب مقطر و کربنات سدیم ($Na_2 Co_3$) استفاده شده و محلولهای با pHهای ۷/۰، ۸/۵، ۱۰/۵، ۱۱/۵ تهیه گردید.

تیمار H_2O_2

محلول پراکسید هیدروژن (. 35% , Sigma Aldrich co) در سه غلظت ۱٪، ۲٪ و ۳٪ تهیه شد.

کارآیی هر سطح از غلظت H_2O_2 در ۴ سطح pH از طریق تزریق محلول تیمار به فیله‌ها، غوطه وری آنها در محلول تیمار و ماساژ سطح فیله‌ها به روش تامبلینگ (Tumbling) مورد بررسی قرار گرفت. روش اجرا بدین صورت بود که نمونه ها در ابتدا به فاصله ۰/۵ cm به ۰/۵ cm مورد تزریق محلول تیمار قرار گرفته و در ادامه در داخل کیسه های نایلونی حاوی محلول تیمار غوطه ور گردیده و بلافاصله داخل دستگاه تامبلر به مدت ۲۰ دقیقه قرار داده شد. در مرحله بعد، نمونه‌های تیمار شده با آب شسته شده و برای مدت ۳۰ دقیقه داخل حمام آب سرد ($< 10^{\circ}C$) حاوی آنزیم کاتالاز قرار داده شدند تا مقادیر باقیمانده H_2O_2 در بافت فیله نیز تجزیه گردیده و حذف گردد.

اندازه گیری فاکتور رنگ

رنگ نمونه‌ها با استفاده از دستگاه رنگ سنج Minolta chromometr (CR-100) که فاکتور رنگ را در قالب پارامترهای L^*، a^*، b^* ارائه می‌دهد اندازه‌گیری شد. با توجه به اینکه هر تیمار دارای ۵ تکرار بوده و رنگ هر تکرار ۲ بار اندازه‌گیری شد، لذا در غایت ۱۰ بار اندازه‌گیری برای هر تیمار صورت گرفت. میزان کارآیی هر تیمار در بهبود رنگ نمونه‌ها با اندازه‌گیری پارامتر میزان سفیدی(Whiteness) و پارامتر ΔE (Color deviation) که بیانگر میزان تغییر در رنگ نمونه‌ها نسبت به رنگ نمونه کنترل می‌باشد مشخص گردید (۱۱).

$$\text{Whiteness} = L^* - 3b^*$$
$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

ظرفیت نگهداری آب (WHC):

پارامترWHC بعد از یکسری اصلاحات جزئی، با استفاده از روش هیموندس و همکارانش (۴) مطابق فرمول زیر بدست آمد.

$$\text{WHC g/kg} = \left[\left(1 - \frac{M_w}{M_s}\right) \times 1000\right]$$

که

Mw= وزن آب خارج شده از نمونه به گرم بعد از سانتریفیوژ کردن.

Ms = وزن ابتدایی نمونه به گرم

در این روش، ابتدا ۵ گرم نمونه را جدا نموده و توسط ترازوی آنالتیکال (Analytical) توزین، سپس ۲ عدد کاغذ صافی را نیز وزن می کنیم. برای اینکه کاغذ صافی و نمونه، رطوبت دست و هوا را جذب نکنند از دستکش استفاده می کنیم و تمام این مراحل را سریعا انجام می‌دهیم.

در مرحله‌ی بعد، ۵ گرم نمونه را در داخل ۲ عدد کاغذ قرار داده و کاغذ صافی به دور نمونه پیچیده می شود (یک

لایه بالای کاغذ و یک لایه پایین کاغذ). در ادامه کاغذ صافی و نمونه را درون لوله‌ی پلاستیکی قرار داده و آن را داخل سانترفیوژ دارای تنظیم دما گذارده و دستگاه را بر روی دور ۳۶۰۰rpm و مدت زمان ۳۰ دقیقه در دمای ۸ °C تنظیم می‌نماییم. بعد از ۳۰ دقیقه نمونه را بیرون آورده و کاغذ را از دور آن باز کرده و با پنس نمونه را از درون کاغذ برداشته و سپس هم کاغذ و هم نمونه بطور جداگانه وزن شده و از طریق فرمول بالا، WHC محاسبه می گردد.

فرآیند تهیه ژل سوریمی و کامابوکو

سوریمی‌های آلاسکا پولاک و ماهی سیم باله نخی بصورت قطعات منجمد از شرکت .Austrimi Co واقع در ایالت ویکتوریا – استرالیا تهیه گردیده و در دمای 20°C- نگهداری شدند. جهت تهیه سوریمی از فیله‌های تیمار نشده و تیمار شده ماهی کپور معمولی، آنها را با یک چرخ گوشت دستی با صفحه‌ای به قطر چشمه ۳ mm چرخ نموده و فرآیند تهیه سوریمی مطابق دستورالعمل شیمیزو و همکارانش(۱۹۹۲) در داخل آزمایشگاه به صورت دستی صورت گرفت. سپس سوریمی تهیه شده بعد از اضافه کردن شکر(۴٪)سوربیتول (۴٪) و سدیم تری فسفات(۰/۳ ٪)، در کیسه‌های نایلونی به ابعاد ۲cm×۲۰×۱۵ بسته بندی شده به مدت یک هفته در دمای 20°C- نگهداری شدند. جهت تهیه سوریمی، بعد از انجماد زدایی میزان ۳٪ نمک به آن اضافه گردید، و میزان رطوبت آن نیز در ۸۰٪ تنظیم گردید، سپس آنرا به داخل لوله‌های فولادی به ابعاد طول ۲۰cm و قطر داخلی ۲/۵ cm منتقل کرده و بعد از بستن درب دو طرف لوله‌ها، آنها را داخل یخچال قرار داده تا سوریمی در دمای ۴°C به مدت تقریبی ۱۸ ساعت فرآیند قوام یابی (Setting) را تکمیل نماید (۹).

در روز بعد، لوله‌های حاوی ژل سوریمی را جهت پختن و تهیه کامابوکو در دمای ۹۰±۲ °C به مدت ۳۰ دقیقه به ظرف Steam jacketed kettle منتقل نموده و بعد از تکمیل فرآیند پختن، لوله‌ها را به مدت ۱۵ دقیقه در حمام آب سرد (۴°C) قرار داده و بعد از خروج ژل پخته شده یا کامابوکو، آنها را درون یخچال منتقل کرده تا جهت انجام آزمایشهای بعدی از آنها استفاده گردد.

تهیه عکس با استفاده از دستگاه میکروسکوپ الکترونی (SEM[1]):

جهت مشاهده و مطالعه ریز ساختار بافت فیله‌های تیمار شده و مقایسه آن با فیله‌های تیمار نشده و در نهایت پیگیری هرگونه تغییر احتمالی در ریز ساختار بافت سوریمی و ژل پخته تهیه شده از آنها از دستگاه میکروسکوپ الکترونی مجهز به سیستم Cryo – transfer استفاده گردید. جهت جزئیات بیشتر راجع به این تکنیک به منبع(۶) مراجعه گردد.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های حاصل از آزمایشهای مختلف همچون اندازه گیری رنگ، WHC، و خصوصیات کمی عکسهای الکترونیک توسط برنامه‌نرم افزاری SPSS از طریق ANOVA یک طرفه مورد بررسی قرار گرفته و معنی دار بودن اختلاف بین مقادیر میانگین‌ها از طریق آزمون LSD برآورد گردید.

نتایج و بحث

تأثیر محلول تیمار H_2O_2 بر روی رنگ فیله

در این مطالعه از فیله تیمار نشده ماهی کپور معمولی ماده بعنوان کنترل استفاده گردید تا براساس داده‌های مربوط به

1 Scanning Electronic Microscopy

پارامترهای L^*, a^*, b^*، میزان فاکتور ΔE محاسبه گردد. براساس نتایج بدست آمده، روش تزریق، غوطه‌وری و تامبلینگ فیله در محلول حاوی H_2O_2 در سطوح مختلف pH سبب بهبود کیفیت رنگ فیله‌ها گردید، (جدول ۱). بر اساس نتایج این مطالعه، میزان پارامتر L^* در فیله‌ها تیمار نشده معادل ۳۳ بوده که بطور معنی داری ($P< 0/05$) کوچکتر از مقدار این پارامتر برای فیله‌های تیمار شده با محلول تیمار فاقد H_2O_2 در سطوح pH ۷/۰، ۸/۵، ۱۰/۵ و ۱۱/۵ بود (داده ها نشان داده نشده است). از سویی با توجه به مقدار نسبتاً یکسان بهبود رنگ فیله توسط تیمار فوق الذکر نتیجه گیری گردید که فاکتور pH در این مطالعه فاقد تأثیر معنی‌داری ($P> ۰/۰۵$) در بهبود رنگ فیله‌ها بوده است و بهبود مشاهده شده در کیفیت رنگ فیله‌ها تنها مربوط به فرآیند شسته شدن فیله‌ها با محلول تیمار و حذف باقیمانده خون از سطح آنها بوده است. بعبارتی حذف رنگدانه‌های هموگلوبین و مایوگلوبین، به ترتیب از فضای بینابینی و داخل سلولی فیله‌ها با این نوع تیمار امکان پذیر نمی‌باشد. لازم به ذکر است که pH ارائه شده در این جا pH ظاهری می باشد، زیرا بعد از اضافه کردن محلول تیمار به فیله ها بدلیل خاصیت بافری فیله، pH محلول تیمار کاهش یافت. برای توضیح بیشتر در این مورد به منبع (۶) مراجعه شود.

از سویی دیگر، محلول تیمار حاوی H_2O_2 (۳ ۱٪) بطور معنی‌داری($P< ۰/۰۵$) پارامتر L^* فیله‌های تیمار شده را افزایش داد و باعث گردید که پارامتر ΔE از میانگین ۸/۶ در مورد فیله‌های تیمار شده با فقط محلول pH به میزان ۱۲، ۱۹ و ۲۶ به ترتیب برای محلول تیمار دارای ۱، ۲ و ۳ درصد H_2O_2 افزایش یابد (جدول ۱). با افزایش سطح این دو فاکتور در محلول تیمار، میزان روند بهبود رنگ یک سیر نزولی را طی نمود.

در مطالعه‌ای که توسط جیمز و امسی کرادن در سال ۱۹۷۶ برروی بررسی اثر H_2O_2 در جهت بهبود رنگ فیله ماهی کاد صورت گرفت، غلظت مؤثر H_2O_2 معادل ۰/۸درصد و pH مطلوب معادل ۱۰/۵ گزارش گردید. در سال ۱۹۷۹، یانگ و همکارانش (۱۹) که سطوح مختلف pH را در محلولهای بافری حاوی ۰/۷۵ درصد H_2O_2 برروی کیفیت رنگ فیله و گوشت چرخ شده ماهی بررسی می‌کردند عنوان نمودند که میزان بهبود رنگ فیله در ارتباط با افزایش میزان حلالیت رنگدانه‌های هموگلوبین و مایوگلوبین بخصوص در سطح قلیایی pH می‌باشد. البته لازم به ذکر است که بدلیل جایگاه متفاوت هموگلوبین و مایوگلوبین در بافت، میزان کارآیی فرآیند در حذف آنها نیز متفاوت می باشد. به عبارتی، هموگلوبین که در فضای بین سلولی قرار گرفته نسبت به مایوگلوبین که در داخل سلول بوده و از طریق لیگاند پنجم با ملکول پروتئین (آمینو اسید هیستدین) و توسط لیگاند ششم با ملکول آب مرتبط است به میزان بیشتری طی فرآیند شستشو حذف می گردد. البته این موضوع در این مطالعه مورد بررسی دقیق قرار نگرفت.

برون و همکارانش (۲) گزارش کردند که بالاترین میزان بهبود رنگ (پارامتر L) در عضلات تیره ماهی آلاسکا پولاک توسط تیمار حاوی ۲٪ H_2O_2 و ۱٪ STP در سطح pH=10/5 بدست آمد. در ادامه هیموندس و همکارانش (۴) غلظت 8 g/L از H_2O_2 را بعنوان دز مؤثر در بهبود کیفیت رنگ فیله ماهی کاد گزارش کردند. ضمناً ایشان افزایش پارامتر سفیدی رنگ (Whiteness) فیله را به کاهش در پارامتر قرمزی (a* value) نسبت دادند و در ادامه عنوان نمودند که فرمول L*-3b* بطور مؤثر و دقیق‌تری بیانگر تغییرات رنگ فیله تیمار شده در مقایسه با پارامترهای L* و ΔE می‌باشد.

جدول ۱. مقادیر مربوط به پارامترهای سه گانه *L*, *a*, *b* و پارامتر سفیدی رنگ (whiteness) نمونه های کامابوکوی تهیه شده از فیله های تیمار نشده و تیمار شده ماهی کپور با ۳٪ پراکسید هیدروژن، ماهی سیم باله نخی و ماهی آلاسکا پولاک

نوع کامابوکو	مقادیر پارامترهای رنگ			سفیدی رنگ
	*L**	*a**	*b**	(whiteness)
ماهی کپور تیمار نشده	۷۱/۲۱ ± ۱/۷۰^{z}	۲/۵۵ ±۰/۳۲^{z}	۰/۰۹ ± ۰/۴۷^{z}	۷۰/۹۴ ± ۱/۶۴^{z}
ماهی کپور تیمار شده	۷۰/۸۳ ± ۰/۸۸^{z}	۱/۹۷ ±۰/۲۹^{y}	۵/۰۳ ± ۰/۲۶^{y}	۸۵/۹۲ ± ۰/۸۰^{y}
ماهی آلاسکا پولاک	۷۰/۲۵ ±۲/۰۴ ^{z}	۲/۵۱ ± ۰/۶۵^{z}	۵/۰۰ ± ۰/۴۰^{y}	۸۵/۳۲ ± ۰/۸۵^{y}
ماهی سیم باله نخی	۶۵/۷۸ ±۱/۵۲ ^{y}	۱/۸۴± ۰/۲۳^{y}	۴/۱۱ ± ۰/۵۷^{x}	۷۸/۱۱ ± ۱/۰۴^{x}

میانگین های موجود در ستونهای مشابه که دارای حرف نشانه متفاوت هستند، مطابق آنالیز واریانس یکطرفه و آزمون LSD دارای اختلاف معنی داری ($P < 0/05$) میباشند.

در مطالعه حاضر همانند پژوهش انجام شده توسط هیموندس و همکارانش(۴)، مشاهده گردید که اثر H_2O_2 برروی بهبود رنگ فیله های تیمار شده بدون توجه به غلظت مورد استفاده، بصورت سطحی می‌باشد زیرا حتی در غلظت ۳٪ نیز رنگ فیله‌های تیمار شده در عمق بصورت دست نخورده باقی مانده بود و حتی تکنیک تزریق محلول تیمار و تامبلینگ فیله‌ها نیز فاقد کارآیی لازم در این زمینه بوده است.

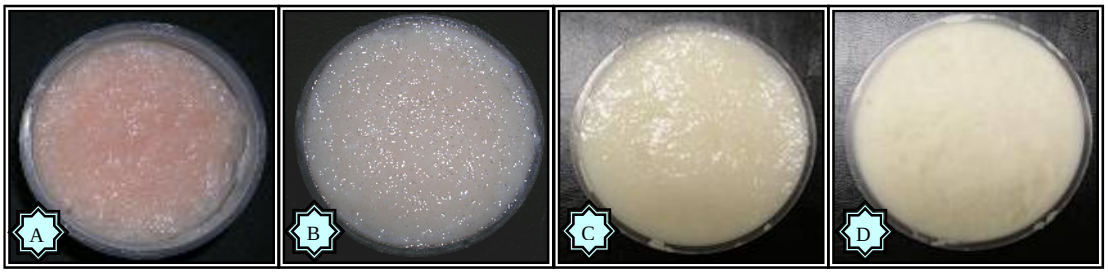
در ادامه با توجه به اینکه بالاترین رقم در خصوص پارامتر سفیدی رنگ فیله‌های تیمار شده، در سطح ۳٪ H_2O_2 بدست آمد لذا از این نوع فیله‌ها جهت تهیه سوریمی استفاده گردید. رنگ سوریمی تهیه شده از فیله‌های تیمار نشده ماهی کپور معمولی متمایل به صورتی روشن بوده در حالیکه سوریمی تهیه شده از فیله‌های تیمار شده ماهی کپور و سوریمی های آلاسکا پولاک و ماهی سیم باله نخی دارای رنگ سفید تا سفید متمایل به کرمی بود (شکل ۱).

مطابق داده‌های جدول۲، علاوه بر مشاهده روند افزایشی پارامتر L^* در کامابوکوی حاصل از فیله‌های تیمار شده ماهی کپور در مقایسه با سایر کامابوکوی های مورد آزمایش ، یک روند معنی‌دار ($P< 0/05$) کاهشی در مورد پارامتر b^* نیز ثبت گردید که این پارامتر در مجموع در فرمول L^*-3b^* بطور معنی‌داری ($P< 0/05$) باعث افزایش رنگ سفید این نوع سوریمی گردید. چنین روندی مطابق با یافته های هاتلین و کلر (۵) می‌باشد که بهبود رنگ سوریمی تهیه شده از عضلات روشن ماهی ماکرل را مربوط به کاهش یافتن پارامتر b^* از ۷/۲ به ۲/۰ دانستند.

اثر محلول تیمار بر روی WHC

ظرفیت نگهداری آب در گوشت به معنای قابلیت گوشت در نگهداری آب در مرحله بعد از جمود نعشی بوده که حتی اعمال فشار خارجی نیز قادر به خارج کردن آن از عضله نمی باشد و از آن به عنوان یک خاصیت مهم کیفیت و بازدهی فرآورده نام برده می شود.

براساس داده‌های جدول۳، فاکتور pH به تنهایی و بدون وجود فاکتور H_2O_2 باعث افزایش پارامتر WHC کامابوکاهای تهیه شده از 816 g/kg در pH=7 به 832g/kg در pH=11/5 گردید که این روند بیانگر نقش مثبت pH قلیایی برروی پارامتر WHC بافت فیله می‌باشد. در توجیه این پدیده می توان چنین اظهار نظر کرد که افزایش pH عضله از نقطه ایزوالکتریک به pH خنثی در قدم اول باعث انحلال یکسری از پروتئین هایی به نام " پلی پپتید های جلوگیری کننده از انحلال احتمالی" یا " پلی پپتیدهای PSI" می گردد که در تثبیت ساختار فیلامنت های ضخیم و Z دیسک نقش دارند. انحلال این پروتئین ها منجر به حذف مقاومت پروتئین های مایوفیبریلار در برابر گسترده شدن می شود.



شکل ۱. عکسهای مربوط به خمیر ماهی تهیه شده از شده از فیله تیمار نشده کپور(A) ، فیله تیمار شده با ۳٪ پراکسید هیدروژن (B)، ماهی سیم باله نخی (C) و ماهی آلاسکا پولاک (D)

در نتیجه، پروتئین های مایوفیبریلار در اثر نیروی الکترواستاتیک دافعه بین خود از همدیگر فاصله گرفته و این امر به اتصال هر چه بیشتر آب به پروتئین منتهی می شود. بنابراین افزایش هر چه بیشتر pH عضله به سمت قلیایی شدن باعث می گردد تا میزان بیشتری از پلی پپتیدهی PSI حل شده و با حذف محدودیت گسترده شدن پروتئین های مایوفیبریلار و تسهیل هر چه بیشتر نیروی دافعه بین آنها، مولکول های آب بیشتری جذب پروتئین شده و از این طریق میزان ظرفیت نگهداری آب عضله افزایش می یابد.

از سویی با افزودن H2O2 در غلظتهای مختلف (۳ ۱ درصد) به محلول تیمار، میزان WHC بطور دراماتیک و معنی داری (P<0/05) کاهش یافت (جدول ۲). در خصوص اثر متقابل دو فاکتور pH و H2O2 برروی پارامتر WHC اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید.

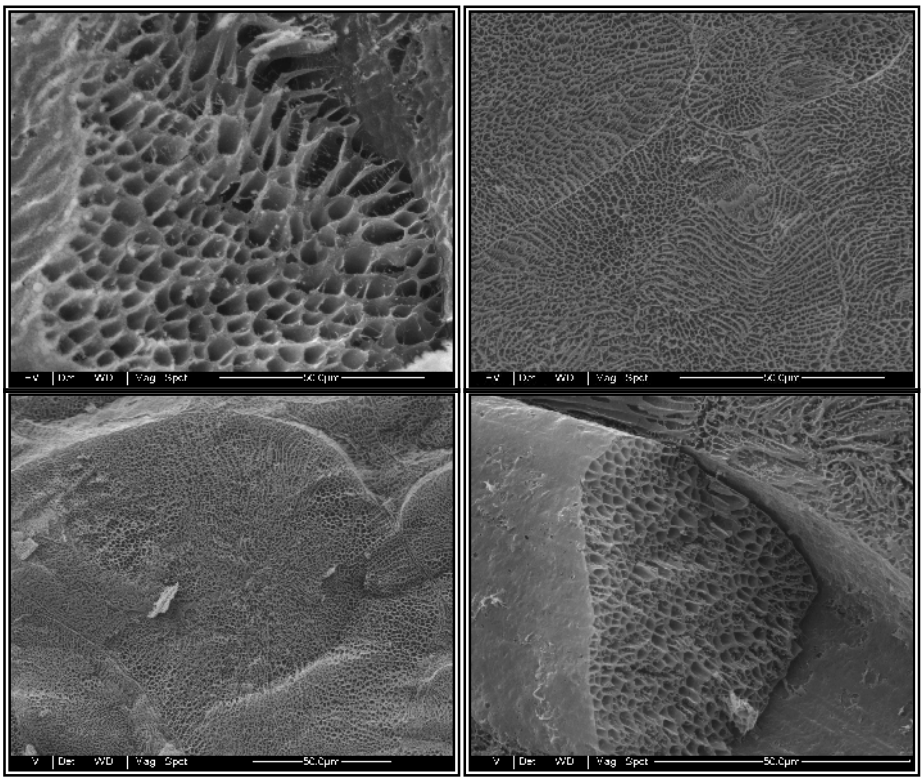
همانطور که انتظار می‌رفت پارامتر WHC در مورد کامابوکوی تهیه شده با غلظت ۳٪ H2O2 بطور نسبی اما معنی داری (P< 0/05) پایین‌تر از سایر کاموبوکاهای مورد آزمون در این مطالعه بود (جدول ۲). بنابراین استفاده از غلظت ۳٪ H2O2، جدای از بهبود رنگ سوریمی حاصله، چون که باعث کاهش کیفیت بافت محصول نهایی یعنی کامابوکو می گردد از این رو می‌بایست مورد تجدید نظر قرار گیرد.

در نگاه اول بنظر می‌رسد که چنین تأثیر منفی فاکتور H_2O_2 برروی بافت کامابوکو، ناشی از مختل کردن کارآیی (Functionality) پروتئینهای مایوفیبریل بوده که از قدرت لازم جهت پیوند به یکدیگر و حبس ملکولهای آب در فضای بینابینی اتصالات حاصله برخوردار نمی‌باشند. لذا جهت بررسی این فرضیه از ریز ساختار فیله‌های تیمار نشده و تیمار شده، سوریمی و کامابوکوی تهیه شده از این دو نوع فیله عکسهای SEM تهیه گردید که در بخش بعدی به آن پرداخته می‌شود.

عکسهای SEM

در طول انجام آزمایشات در این مطالعه مشاهده گردید که بعد از تیمار فیله‌ها با محلول تیمار بخصوص در سطوح بالای pH و غلظتهای ۲ و ۳ درصد H_2O_2، بافت فیله از حالت طبیعی خارج شده و فرم اسفنجی و متورم به خود می گیرد که این حالت بعد از شستشوی فیله تیمار شده با آب و قرار دادن آن در حمام آب سرد حاوی آنزیم کاتالاز، مرتفع گردیده و فرم فیله ضمن تنظیم pH سطح آن به حد خنثی، به حالت اولیه برگردانده می‌شود.

از سویی با توجه به عکسهای SEM تهیه شده از فیله‌های تیمار شده در سطوح ۳ – ۱ درصد فاکتور H_2O_2 مشخص گردید که تکنیک شستشوی فیله‌ها با آب سردبعد از تیمار کردن آنها درجهت حفظ کیفیت ظاهری بافت فیله مؤثر بوده است، زیرا در ریز ساختار بافت فیله‌ها تغییر فیزیکی محسوسی مشاهده نگردید (شکل ۲).



شکل ۲. عکسهای میکروسکوپ الکترونی از ریز ساختار فیله های ماهی کپور تیمارنشده(A1) و تیمار شده با پراکسید هیدروژن به ترتیب در غلظتهای ۱٪ (A2)، ۲٪(A3) و ۳٪ (A4).

جدول ۲. مقادیر مربوط به ظرفیت نگهداری آب (WHC) نمونه های ژل خمیر ماهی بعد از پخته شدن تهیه شده از فیله های تیمار نشده و تیمار شده ماهی کپور با ۳٪ پراکسید هیدروژن، ماهی سیم باله نخی و ماهی آلاسکا پولاک

نوع ژل پخته شده ماهی	WHC (g/kg)
ماهی کپور تیمار نشده	$880 \pm 3/5^{Z}$
ماهی کپور تیمار شده	$874 \pm 2/5^{Y}$
ماهی آلاسکا پولاک	$883 \pm 3/2^{Z}$
ماهی سیم باله نخی	$880 \pm 2/6^{Z}$

میانگین های موجود در ستونهای مشابه که دارای حرف نشانه متفاوت هستند، مطابق آنالیز واریانس یکطرفه و آزمون LSD دارای اختلاف معنی‌داری ($P < 0/05$) میباشند.

با این وجود از آنجائیکه خصوصیات کیفی بافت سوریمی و کامابوکو تهیه شده از قبیل خصوصیات رئولوژیک[1]، میزان استحکام ژل[2] و دیگر پارامترهای پروفیل بافت آن (TPA) (داده ها نشان داده نشده است) از مقادیر کمتری نسبت به ژل ماهی تهیه شده از فیله‌های تیمار نشده برخوردار بود، لذا ریز ساختار سوریمی و کامابوکو نیز مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۳).

از نکات قابل توجه در عکسهای SEM ، وجود تفاوت آشکار در ساختار پلی‌گونهای موجود در ماتریس ژلهای نامبرده بود بطوریکه در ریز ساختار ژل سوریمی تهیه شده از فیله تیمار شده در بسیاری نقاط پیوندهای بین پروتئینهای مایوفیبریل تکمیل نگردیده و بعبارتی ساختار پلی‌گونهای کاملی را تشکیل نداده‌اند(شکل۳، B2) . مطابق عکسهای

1 Rheological Characteristics

2 Gel Strength

SEM ریز ساختار ژل ماهی تهیه شده از سوریمی آلاسکا پولاک از لحاظ کمی دارای تعداد بیشتری پلی گون نسبت سایر نمونه ها بوده(شکل۳، B4) که این امر بیانگر قابلیت بالای پروتئین های مایوفیبریل این نوع سوریمی در ایجاد پیوند با یکدیگر و تشکیل یک ساختار متراکم تر و مستحکم تر در مقایسه با دیگر انواع سوریمی میباشد.

در خصوص بررسی ریز ساختار سوریمی و کامابوکو مطالعات محدودی صورت گرفته است. در سال ۱۹۹۹، آلوارز و همکارانش بعد از مطالعه ریزساختار سطح ژل سوریمی ساردین، مطلوب ترین کیفیت بافت را در ارتباط با وجود نواحی بزرگ لخته شده معرفی کردند. در مطالعه دیگری، لیو و همکارانش(۱۲)، بیان کردند که بافت سوریمی‌های آلاسکاپولاک و کپور در بهترین حالت دارای یک ساختار متراکم ناشی از پیوندهای پروتئینی می‌باشد. در مجموع می‌توان بیان نمود که در خصوص ارائه یک شاخص واحد به عنوان کیفیت مطلوب بافت سوریمی و کامابوکو با استفاده از عکسهای SEM نیاز به مطالعات و آزمایشات بیشتری می‌باشد.

نتیجه گیری

طی فرآیند پژوهش انجام شده مشخص گردید که تیمار کردن فیله ماهی کپور معمولی از طریق تزریق محلول ۳٪ H_2O_2 در بافت، غوطه وری آن در محلول تیمار و تامبلینگ فیله به مدت ۳۰ دقیقه در دمای کمتر از $10^{\circ}C$ سبب بهبود کیفیت رنگ فیله مربوطه می‌گردد. اما با مطالعه دیگر خصوصیات کیفی فیله تیمار شده از قبیل قدرت نگهداری آب (WHC)، میزان استحکام ژل و مشاهده عکسهای SEM چنین نتیجه گیری می‌گردد که تیمار ۳٪ H_2O_2 دارای تأثیر منفی برروی بافت سوریمی و ژل ماهی تهیه شده از فیله‌های تحت تیمار می‌گردد.

بدین منظور استفاده از دیگر راهکارهای جایگزین جهت بهبود کیفیت رنگ و بافت، از قبیل بکارگیری غلظتهای پایین‌تر H_2O_2 برروی فیله‌های خرد شده به ابعاد کوچکتر (2×2 cm) و یا گوشت چرخ شده ماهی طی فرآیند شستشو پیشنهاد می‌گردد.

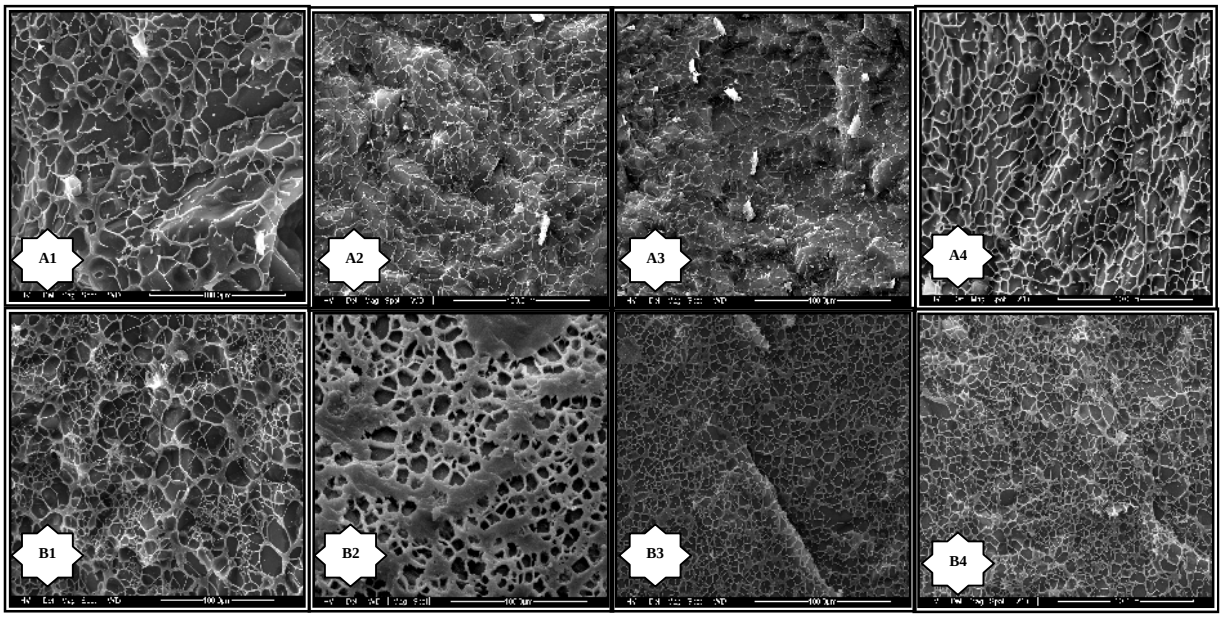
تشکر و قدردانی

از افراد ذیل که هر یک به نحوی در پیشبرد این پروژه همکاری نمودند تشکر و قدردانی میگردد:

آقای Keith Bell، مدیر شرکت. K & C Fisheries CO بدلیل تهیه ماهی کپور برای این پروژه

آقای Shinji Narasaki، مدیر شرکت. Austrimi CO بخاطر راهنمایی ایشان در خصوص روش سنتی تهیه سوریمی و در اختیار گذاشتن نمونه‌های تجاری سوریمی.

آقای Philip Francis بخاطر آموزش روش SEM در حالت – Cryo برای تهیه عکسهای الکترونیک و دپارتمان فیزیک دانشگاه RMIT ملبورن – استرالیا.



شکل ۲. عکسهای میکروسکوپ الکترونی (۱۲۰۰ ×بزرگنمائی) از ریز ساختار خمیر ماهی تهیه شده از فیله تیمار نشده کپور ، فیله تیمار شده با ۳٪ پراکسید هیدروژن، ماهی سیم باله نخی و ماهی آلاسکا پولاک قبل از پختن (به ترتیب A1، A2، A3 و A4) و بعد از پختن و تشکیل ژل یا کامابوکو (به ترتیب B1، B2، B3 و B4).

منابع

1) Benjakul, V. W. and Y. Kwalumtharn. 2004. The effect of whitening agents on the gel-forming ability and whiteness of surimi. International Journal of Food Science and Technology, 39**,** 773-781.
2) Brown, P., B. A. Rasco and M. Borhan 1993. Colour Removal from the Dark Muscle of Alaska Pollock (*Theragra chalcogramma*) Fillets and Minces Using Peroxide. Journal of Aquatic Food Products Technology, 2**,** 125-133.
3) Esturk, O. 2003. Characterization of Rheological Properties and Thermal Stability of Fish Myofibrillar Proteins. PhD Thesis. Oregon State University. 147 p.
4) Himonides, A. T., K. A. Taylor, and M. J. Knowles. 1999.The improved whitening of cod and haddock flaps using hydrogen peroxide. Journal of the Science of Food and Agriculture, 79**,** 845-850.
5) Hultin, H. O. and Kelleher, S. D. 2000. Surimi processing from dark muscle fish. In PARK, J. W. (Ed.) Surimi and Surimi Seafood. Marcel Dekker Inc. New York, NY.
6) Jafarpour, A., F., Sherkat B., Leonard and E. M. Gorczyca. 2008. Colour Improvement of Common carp (*Cyprinus carpio*) fillets by hydrogen peroxide for making surimi International Journal of Food Science and Technology, ٤٣, .١٦٠٢ ١٦٠٩.
7) James, A. L. and J. E. Mccrudden. 1976. Whitening of fish with hydrogen peroxide. The Production and Utilisation of Mechanically Recovered Fish Flesh (Minced Fish). Torry Research Station, Aberdeen, UK.
8) Jiang S.-T., Ho, M.-L., Jiang S.-H., Lo, L. and Chen H.-C. 1998. Colour and quality of mackerel surimi as affected by alkaline washing and ozonation. Journal of Food Science, 63**,** 652-655.
9) Lanier, T. C. 1992 Measurement of Surimi Composition and Functional Properties. In LANIER, T. C. & LEE, C. M. (Eds.) Surimi Technology. Marcel Dekker, Inc. New York, NY,
10) Lanier, T. C. 2000 Surimi Gelation Chemistry. IN PARK, J. W. (Ed.) Surimi and Surimi Seafood. Marcel Dekker Inc. New York, NY.
11) Lauro, G. J., Inami O., and Johnson C. 2005. Color Measurments and Colorants for Surimi Seafoods. In IN PARK, J. W. (Ed.), Surimi and Surimi *Seafoods* (pp. 749-803): Taylor & Francis.

12) Luo Y. K., R., Kuwahara, M., Kaneniwa, Y. Murata and M. Yokoyama. 2004. Effect of soy protein isolate on gel properties of Alaska pollock and common carp surimi at different setting conditions. Journal of the Science of Food and Agriculture, 84**,** 663-671.
13) Munday, W. H. 1957. Report on Hydrogen Peroxide in Milk. Journal of AOAC International, 40**,** 789-792.
14) Park, J. W. 1994. Functional protein additives in surimi gels. Journal of Food Science, 59**,** 525-527.
15) Park, J. W. and M. T. Morrissey. 2000. Manufacturing of surimi from light muscle fish. In PARK, J. W. (Ed.) Surimi and Surimi Seafood. Marcel Dekker, Inc. New York, NY.
16) Raksakulthai, N., A. Aksnes, and L. R. Njaa. 1983. Effects of Hydrogen Peroxide and of Sulphite and Humidity on Amino Acid Composition and Digestibility of Fish Protein. Journal of Science of Food and Agriculture, 24**,** 619-626.
17) Sims, G. G., C. E. Cosham, and W. E. Anderson. 1975. Hydrogen peroxide bleaching of marinated herring. Journal of Food Technology, 10**,** 497-505.
18) Wang, X., Y., Fukuda, S., Chen, M., Yokoyama, Y., C., Cheng Yuan, Y. Qu and M. Sakaguchi. 2002. Development of an intermediate foodstuff from freshwater fish in China. 9th JIRCAS International Symposium 2002, Value- Addition to Agricultural Products'.
19) Young, K. W., S. L., Neumann, A. S. Mc Gill, and A. Hardy. 1979. The use of dilute solutions of hydrogen peroxide to whiten fish flesh. In J., C. J. & FARNHAM (Eds.) Advances in Fish Science and Technology. Fishing New Books Ltd. Aberdeen, UK.