

اثرات هیدروکلوئیدهای مختلف بر ویژگی‌های بافتی و ریزساختاری ژل سوریمی ماهی شوریده دهان سیاه (*Atrobucca nibe*)

سید پژمان حسینی شکرابی^۱، سید ابراهیم حسینی^{۲*}، مهدی سلطانی^۳ و مهدی زجاجی^۴

تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۱ تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۱۵

^۱ استادیار گروه شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

^۲ استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

^۳ استاد گروه بهداشت و بیماری‌های آبزیان دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران

^۴ کارشناس آزمایشگاه علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

* مسئول مکاتبه: E-mail: ebhoseini@srbiau.ac.ir

چکیده

نخایر ماهی شوریده دهان سیاه در دریای عمان درحال بهره‌برداری تجاری است. بررسی خواص ژل شونده سوریمی ارتباط مستقیمی با کیفیت محصولات ساخته شده از آن دارد. باتوجه به وجود اطلاعات محدود در خصوص ویژگی‌های ژل سوریمی این گونه ماهی و اثرات هیدروکلوئیدهای مختلف بر آن، این مطالعه انجام شد. نمونه‌های ژل کامابوک سوریمی با افزودن هیدروکلوئیدهای کتیرای ایرانی (TG)، صمغ زانتان (XG)، کیتوزان (CS) و کنسانتره پروتئین آب پنیر (WPC) در سطح ۱ درصد (وزنی/وزنی) تهیه شدند. خصوصیات بافتی نمونه‌ها توسط دستگاه آنالیز بافت در دمای محیط و ویژگی‌های ریزساختار توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی و برنامه ImageJ تعیین شدند. تیمار TG (۵۵۵/۵۰ گرم) و WPC (۵۰۳/۰۰ گرم) به ترتیب بالاترین مقدار نیروی شکست ژل سوریمی را نشان دادند ($P \leq 0/05$). اکثر پارامترهای ساختار بافت در تیمار TG نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد ($P \leq 0/05$). درحالی‌که تمام پارامترهای ساختار بافت در تیمار XG کاهش یافت ($P \leq 0/05$). بیشترین و کمترین تعداد پلی‌گونال‌ها در ریز ساختار ژل سوریمی به ترتیب در تیمار TG (۱۳۳۷۱ عدد در میلی‌متر مربع) و XG (۷۲۴۷ عدد در میلی‌متر مربع) مشاهده شد ($P \leq 0/05$). بهترین نتیجه در بهبود خواص بافتی و ریز ساختار ژل سوریمی در تیمار TG مشاهده شد. در حالی‌که ضعیف‌ترین شبکه پروتئینی و قدرت تشکیل ژل در تیمار XG حاصل شد. پارامترهای نیروی شکست، تغییر شکل، سختی و ویژگی‌های ریز ساختار ژل سوریمی نشان داد که این گونه ماهی جزء مواد خام مناسب جهت تولید سوریمی با کیفیت بالا است.

واژگان کلیدی: هیدروکلوئید، ژل سوریمی، شوریده دهان سیاه، بافت، ریزساختار

مقدمه

سوریمی (واژه ژاپنی) به کنسانتره پروتئین‌های میوفیبریل بدست آمده از گوشت چرخ‌شده و شسته شده ماهی اطلاق می‌گردد که واجد ویژگی‌هایی شامل رنگ روشن، تعدیل محسوس در طعم و بوی طبیعی ماهی و چربی کم است (پارک و مورسی، ۲۰۰۰). با توجه به وجود مقدار بالایی از پروتئین‌های میوفیبریل، سوریمی دارای خصوصیات ژل‌شوندگی منحصربه‌فردی است که آن را به یک ماده غذایی پایه با عملکرد بسیار عالی برای تولید محصولات غذایی مانند برگر، سوسیس و غیره تبدیل نموده است (یون و همکاران ۲۰۰۴؛ بنجاکول و همکاران ۲۰۰۳). از طرفی کیفیت سوریمی با خواص فیزیکومکانیکی ژل آن ارتباط مستقیم داشته (پارک، ۱۹۹۴؛ ریمرز و همکاران ۲۰۱۱) و بر اساس آن سوریمی یا محصولات بر پایه آن (مثل انواع برگرها، سوسیس و غیره) درجه‌بندی می‌شود (پارک و لین ۲۰۰۵).

استفاده از افزودنی‌های مختلف به منظور افزایش خواص مکانیکی-بافتی سوریمی متداول بوده اما برخی از این افزودنی‌ها اثر منفی برعطر، طعم، بافت و رنگ ژل سوریمی می‌گذارند (ردکن و بنجاکول ۲۰۰۸). علاوه براین، استفاده از برخی افزودنی‌ها مثل سفیده تخم مرغ و پروتئین پلاسمایی گاو ممکن است باعث ایجاد مشکلات سلامتی برای مصرف‌کننده گردد (بلنگ و بنجاکول ۲۰۰۹). کیتوزان، فرم استیل‌زدایی شده کیتین است و به‌عنوان پلی ساکارید طبیعی از پوسته سخت پوستان و دیواره سلولی قارچ‌ها استخراج می‌شود (سلتوس و همکاران ۲۰۰۸؛ آرنز و همکاران ۲۰۰۹). کنسانتره پروتئین آب پنیر (WPC)^۱ در صنعت فرآوری مواد غذایی معمولاً به‌عنوان یک مکمل پروتئینی، تثبیت‌کننده کف، پرکننده، تغلیظ‌کننده، امولسیون‌کننده و عامل

ژل‌کننده کاربرد دارد (مر و فوگدینگ ۱۹۹۰). صمغ زانتان یک پلی‌ساکارید آنیون خارج سلولی بوده که از باکتری *Zantomonas کامپستریس* ساخته می‌شود (آچایوکاتن و سوفانتاریکا ۲۰۰۸). استفاده از صمغ کتیرا در مواد غذایی به‌عنوان عامل قوام‌دهنده، تغلیظ‌کننده و امولسیفایر دارای تاریخچه‌ای طولانی بوده و سازمان غذا و دارو آمریکا، کمیته کارشناسان مشترک مواد غذایی FAO/WHO و کمیته علمی محصولات غذایی جامعه اروپا استفاده از آن (۲/۰-۱/۳ درصد) در مواد غذایی را مجاز و سالم برشمرده اند (مایز ۲۰۱۰).

تعدادی از مطالعات به بررسی خواص ژل‌شوندگی سوریمی ماهیان با افزودن کیتوزان (بنجاکول و همکاران ۲۰۰۲؛ آمیزا و کنگ ۲۰۱۳)، صمغ زانتان (سانتانا و همکاران ۲۰۱۲؛ منترو ۲۰۰۰؛ پیرز-ماتز و منترو ۲۰۰۰) و کنسانتره پروتئین آب پنیر (ردکن و بنجاکول ۲۰۰۸؛ پیچومکاوان و پتر ۱۹۹۵؛ وراسین و همکاران ۱۹۹۶) پرداخته‌اند. برای مثال، افزودن کنسانتره پروتئین آب پنیر هیچ اثر منفی بر ویژگی‌های حسی ژل تشکیل شده از سوریمی ماهی سفید اقیانوس آرام نداشته (وراسین و همکاران ۱۹۹۶) و همچنین سبب بهبود خصوصیات بافتی و ظرفیت نگهداری آب سوریمی ۶ گونه از ماهیان گرمسیری شده است (ردکن و بنجاکول ۲۰۰۸). کاتاکا و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که افزودن ۱/۵ درصد کیتوزان سبب افزایش دو برابری قدرت ژل سوریمی حاصل از ماهی آلاسکاپولاک می‌شود.

تقاضای مصرف جهانی سوریمی با توجه به خواص منحصر به فرد بافتی و ارزش تغذیه‌ای بالا همچنان روبه رشد است (ایمارد و همکاران ۲۰۰۵). گونه‌های جدید، از جمله ماهی‌های دریایی و ماهیان عمقزی، در حال حاضر جهت تأمین این نیاز مورد بررسی قرار می‌گیرند. ماهی شوریده دهان سیاه (*Atrubucca nibe*) از جمله ماهیان اقتصادی مهم ایران محسوب

^۱- Whey protein concentrate

استفاده از الک‌هایی با مش‌های مختلف، ذرات یک شکل (قطر ۲۰۰ میکرومتر) حاصل شد. صمغ کتیرا در کسپه‌های نایلونی غیرقابل نفوذ بسته‌بندی و در دسیکاتور نگهداری شد. سایر هیدروکلئیدها شامل صمغ زانتان از شرکت چینی (Fufeng Group, China)، کیتوزان با وزن ملکولی متوسط و با درجه داستیله ۸۵ درصد از شرکت سیگما (Sigma, UK) و کنسانتره پروتئین آب پنیر با ۳۶ درصد پروتئین (I.P.S., International Co., Thailand) خریداری شدند.

تولید سوریمی، ژل کامابوکو و افزودن هیدروکلئیدها

تولید سوریمی طبق روش لی (۱۹۸۴) با تغییرات انجام شد. ابتدا ماهی‌های به صورت دستی فیله شده و با آب سرد فیله‌ها شسته شدند. سپس پوست‌کنی و استخوان‌گیری نیز به صورت دستی انجام شده و گوشت سفید بدون استخوان توسط چرخ گوشت پاناسونیک (Panasonic, France) با مش ۳ میلی‌متر چرخ شد. گوشت چرخ شده دو مرحله با نسبت ۳:۱ گوشت به آب مقطر سرد (۴ درجه سانتی‌گراد) و یک بار با آب نمک رقیق سرد (۳/۳ درصد کلرید سدیم) شسته شد. هر مرحله شستشو به مدت ۳ دقیقه بطول انجامید. پس از هر مرحله شستشو، گوشت درون پارچه ابریشمی پیچیده شده و آب‌گیری به صورت دستی انجام شد. در نهایت در آخرین مرحله به خمیر آب‌گیری شده مواد محافظ سرمایی (۴ درصد ساکارز، ۴ درصد سوربیتول و ۰/۳ درصد سدیم‌تری‌فسفات وزنی/وزنی) توسط مخلوط‌کن (Berjaya mixer, Malaysia) اضافه شد. سوریمی تهیه شده داخل کیسه‌های غیرقابل نفوذ بسته‌بندی شد. هر بسته به صورت انفرادی به سرعت توسط فریزر مارپیچ (دما ۴۰- درجه سانتی‌گراد، سرعت جریان هوا ۵ میلی‌متر بر ثانیه) به مدت ۲ ساعت منجمد شده و به دنبال آن در شرایط انجماد (۲±۲۰- درجه سانتی‌گراد) تا قبل از

شده که اندازه‌های بزرگ آن، بیشتر به صورت فیله منجمد در بازار ایران مصرف می‌شود. درحالی‌که مصرف اندازه‌های کوچک این ماهی در ایران زیاد معمول نیست. همچنین علاوه بر وجود اطاعات محدود در خصوص اثرات کتیرای ایرانی بر خصوصیات ژل سوریمی ماهیان، ماهی شوریده دهان سیاه به عنوان یک گونه جدید در صنعت تولید سوریمی مطرح بوده که شناخت اثرات افزودنی‌های مختلف بر آن ضروری به نظر می‌رسد. از این رو هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثرات افزودن هیدروکلئیدهای مختلف (کتیرای ایرانی، صمغ زانتان، کیتوزان و کنسانتره پروتئین آب پنیر) بر ویژگی‌های بافتی و خصوصیات ریز ساختار ژل سوریمی تولید شده از این گونه ماهی است.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری و تهیه مواد

ماهیان شوریده دهان سیاه توسط کشتی تحقیقاتی فردوس-۱ مجهز به تور ترال از لایه‌های میانی تا اعماق دریای عمان صید شده و بلافاصله روی عرشه اندازه‌های غیر بازاری این ماهی جدا شده (۱۳۲/۹±۲۴/۴ گرم)، سپس با آب سرد شسته و درون جعبه‌های پلاستیکی با نسبت ۱:۲ (یخ:ماهی وزنی/وزنی) تا زمان رسیدن به آزمایشگاه (مدت زمان کمتر از ۱۰ ساعت) یخ‌پوشی شدند. صمغ کتیرا ایرانی از گیاه گون گونه *Astragalus verus* بومی پارک ملی گلستان (استان گلستان، ایران) استخراج شد. بدین نحو که برشی موازی با آوندهای آبکش ساقه گیاه گون توسط تیغ‌های تیز مخصوص ایجاد شد و شیره گون (کتیرا) پس از ۲-۳ روز به مرور به بیرون تراوش کرد. سپس صمغ در آون (Binder, Germany) با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد تا زمانی که به وزن ثابت رسید خشک شد. در نهایت، نمونه خشک‌شده با استفاده از آسیاب برقی (Bosch, Germany) به صورت پودر تبدیل و با

تجزیه و تحلیل بافت ژل

ارزیابی بافت ژل سوریمی شامل دو آزمون نفوذ و ارزیابی ساختار بافت بوده که توسط دستگاه آنالیز بافت (CT3-4500, Brookfield Engineering Laboratories, USA) و طبق روش بنجاکول و همکاران (۲۰۰۰) انجام شد. بدین نحو که ابتدا نمونه‌های ژل با اندازه 25×20 میلی‌متر توسط کولیس و تیغه تیز برش داده و قبل از انجام آزمایشات با دمای محیط (۲۶-۲۸ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۳۰ دقیقه هم‌دم شدند.

آزمون نفوذ

پیستون استوانه‌ای ضدزنگ (قطر ۵ میلی‌متر) با سرعت ۶۰ میلی‌متر در دقیقه، نیروی ماشه‌ای ۵ گرم و بار ۲۵ کیلوگرم در وسط نمونه‌های ژل سوریمی نفوذ کرده و فاکتورهای حداکثر نیروی شکست (قدرت ژل) بر حسب گرم و تغییر شکل (قابلیت ارتجاعی/قابلیت تغییرشکل) بر حسب میلی‌متر تعیین شدند.

ارزیابی ساختار بافت

نمونه‌های ژل روی یک صفحه صاف قرار گرفتند و دو بار به مقدار ۵۰ درصد از ارتفاع اصلی خود توسط پیستون استوانه‌ای اکریلیک شفاف (قطر ۵۰ میلی‌متر) با سرعت ۶۰ میلی‌متر در دقیقه، نیروی ماشه‌ای ۵ گرم و بار ۲۵ کیلوگرم فشرده شدند. پارامترهای پروفیل بافت نمونه‌ها شامل سختی-۱ (کیلوگرم نیرو)، سختی-۲ (کیلوگرم نیرو)، بهم‌پیوستگی، قابلیت جویدن (کیلوگرم نیرو در میلی‌متر)، قابلیت ارتجاعی (میلی‌متر) و خاصیت صمغی (کیلوگرم نیرو) توسط منحنی نیرو به زمان محاسبه شد (هایز و همکاران ۲۰۰۵) (شکل ۱).

ریز ساختار

مطالعه ریز ساختار ژل سوریمی طبق روش ردکن و بنجاکول (۲۰۰۸) با اندکی تغییرات انجام شد. بدین نحو که از داخل نمونه‌های ژل سوریمی قطعات مکعبی شکل (قطر ۲-۳ میلی‌متر) برای سنجش میکروسکوپی ساختار بافت نمونه‌ها تهیه شد. نمونه‌ها در بافر فسفات حاوی ۲

انجام آزمایشات نگهداری شدند (مدت زمان نگهداری کمتر از ۳ هفته بود). جهت آماده سازی ژل کامابوکو سوریمی منجمد در دمای یخچال انجمادزدایی شده، به قطعات کوچک برش داده و در مخلوطکن توسط آب یخ رطوبت آن تا ۸۰ درصد تنظیم شد. مقدار ۲/۵ درصد کلرید سدیم به مخلوط اضافه شد تا پروتئین‌های میوفیبریل محلول شوند و در نهایت سول سوریمی تهیه شد. در این مرحله هیدروکلیدهای مختلف مستقیماً به مقدار ۱ درصد (وزنی/وزنی) به سول اضافه شدند. عمل مخلوط شدن ۴ دقیقه بطول انجامید و جهت تعدیل دما تیغه و ظرف مخلوطکن از قبل به مدت ۳ ساعت در فریزر (2 ± -20 درجه سانتی‌گراد) قرار داده شده بودند. سپس خمیرها به داخل پوشش‌های پلی‌وینیلیدین سوسیس (قطر ۲ سانتی‌متر) پر شده و دو سر آنها کاملاً بسته شدند. نمونه‌ها در حمام آب‌گرم (Memmert, Germany) در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه و به دنبال آن در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه حرارت دیدند. نمونه‌های ژل پخته شده به سرعت در آب یخ (2 ± 0 درجه سانتی‌گراد) سرد شدند تا اثر دما بر آنها متوقف شود. سپس نمونه‌ها به مدت یک شب (2 ± 18 ساعت) در دمای یخچال (1 ± -4 درجه سانتی‌گراد) قبل از انجام آزمایشات نگهداری شدند (بنجاکول و همکاران ۲۰۰۰). به طور کلی، طرح آزمایشی این مطالعه شامل تیمار شاهد (C): نمونه‌های سول سوریمی فاقد مواد افزودنی، تیمار ۲ (TG): نمونه‌ها واجد ۱ درصد (وزنی/وزنی) کتیرا، تیمار ۳ (XG): نمونه‌ها واجد ۱ درصد (وزنی/وزنی) صمغ زانتان، تیمار ۴ (CS): نمونه‌ها واجد ۱ درصد (وزنی/وزنی) کیتوزان و تیمار ۵ (WPC): نمونه‌ها واجد ۱ درصد (وزنی/وزنی) کنسانتره پروتئین آب پنیر بودند.

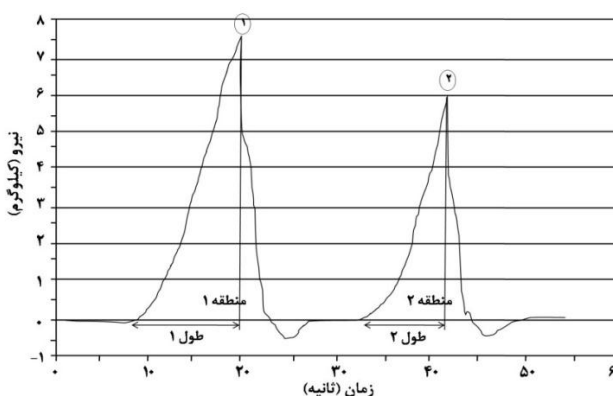
قرار گرفتند. میانگین داده‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD) مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج

ارزیابی قدرت تشکیل ژل

اضافه نمودن هیدروکلوئیدهای مختلف بجز صمغ زانتان سبب افزایش قدرت تشکیل ژل سوریمی نسبت به نمونه شاهد شد ($P \leq 0.05$) (شکل ۲). نیروی شکست و تغییر شکل نمونه ژل کامابوکو سوریمی فاقد مواد افزودنی به ترتیب $9/192 \pm 62/00$ گرم و $2/212 \pm 8/50$ میلی‌متر محاسبه شد (شکل ۲). بیشترین نیرو جهت نفوذ و در نهایت شکست بافت ژل سوریمی در تیمار TG ($29/698 \pm 555/50$ گرم) مشاهده شد ($P \leq 0.05$). در مقابل کم‌ترین نیروی شکست در نمونه XG مشاهده شد ($2/828 \pm 288/00$ گرم) ($P \leq 0.05$). اختلاف معنی‌داری بین مقدار نیروی شکست در نمونه‌های WPC و CS مشاهده نشد ($P \geq 0.05$). در حالی‌که این مقادیر بیشتر از نیروی شکست نمونه شاهد (C) بود. برخلاف نمونه TG، نمونه XG در مقایسه با سایر تیمارها کم‌ترین شاخص تغییر شکل را داشته ($1/148 \pm 5/84$ میلی‌متر) (شکل ۲؛ $P \leq 0.05$) که نشان دهنده شکست شبکه ژل آن در فاصله کمتر و در نتیجه خاصیت ارتجاعی به مراتب ضعیف‌تر است.

درصد گلو تار آلدئید ($pH=7/3$) به مدت ۲/۵ ساعت ثابت شدند. سپس نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت در آب مقطر، قبل از فرآیند آب‌گیری توسط غلظت‌های مختلف محلول اتانول (از ۵۰ تا ۱۰۰ درصد حجمی/حجمی) قرار داده شدند. نمونه‌های خشک شده روی پایه‌های مخصوص چسبیده شدند، با طلا سطح آن‌ها پوشش داده و در نهایت ریز ساختار آن‌ها در ولتاژ ۱۵ کیلووات توسط میکروسکوپ الکترونی (LEO 440i, Oxford, UK) با بزرگ‌نمایی $\times 50$ بررسی شدند. تصاویر میکروسکوپ الکترونی توسط نرم افزار ImageJ (ImageJ 1.48c, USA) جهت بررسی کمی و کیفی ساختارهای پلی‌گونال ژل سوریمی مورد پایش قرار گرفتند.



شکل ۱- منحنی تیپیک نیرو به زمان دو مرحله فشرده‌سازی ژل سوریمی ماهی شوریده دهان سیاه جهت تعیین پارامترهای ساختار بافت

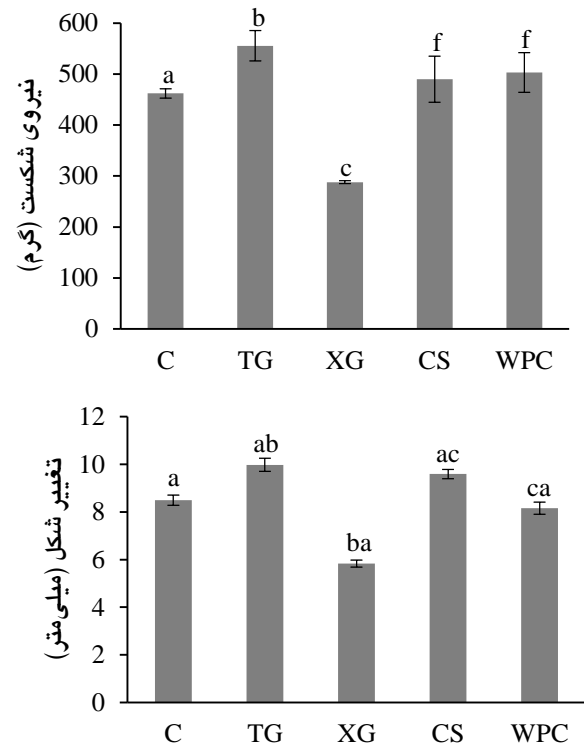
نقطه اوج اول: سختی-۱، نقطه اوج دوم: سختی-۲، بهم‌پیوستگی: سطح منطقه ۲/سطح منطقه ۱، خاصیت صمغی: سختی-۱×بهم‌پیوستگی، قابلیت ارتجاعی: مقدار طول ۱/طول ۲، قابلیت جویدن: سختی×قابلیت ارتجاعی×بهم‌پیوستگی.

تجزیه و تحلیل آماری

تمام آزمایش‌ها با ۳ بار تکرار انجام شد. تفاوت معنی‌دار میان میانگین نتایج آزمایشات توسط آنالیز یکطرفه واریانس (ANOVA) در سطح ۵ درصد با استفاده از برنامه SPSS (نسخه ۱۵/۰) مورد سنجش

ارزیابی ساختار بافت ژل

اثرات افزودن هیدروکلوئیدهای مختلف بر پارامترهای ساختار بافت ژل کامابوکو طبق شکل ۱ محاسبه شد و نتایج در جدول ۱ خلاصه شده است. بیشترین و کمترین پارامتر سختی-۱ و سختی-۲ (حداکثر نیرو در اولین و دومین مرحله فشرده‌سازی) به ترتیب در نمونه TG و XG مشاهده شد ($P \leq 0.05$) (جدول ۱). نتایج پارامتر بهم‌پیوستگی در نمونه‌ها بجز تیمار XG مشابه بوده و اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. خاصیت صمغی در تیمار XG بر خلاف تیمار TG کمترین مقدار را به خود اختصاص داد ($P \leq 0.05$). افزودن کیتوزان سبب تغییر خاصیت صمغی ژل سوریمی نشد. به طور کلی افزودن هیدروکلوئیدها بجز افزودن صمغ زانتان که اثر منفی داشت، سبب بهبود پارامترهای ساختار بافت ژل سوریمی نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۱). مقدار سختی-۱ از سختی-۲ در تمام نمونه‌ها بیشتر بود.



شکل ۲- نیروی شکست و تغییر شکل نمونه‌های مختلف

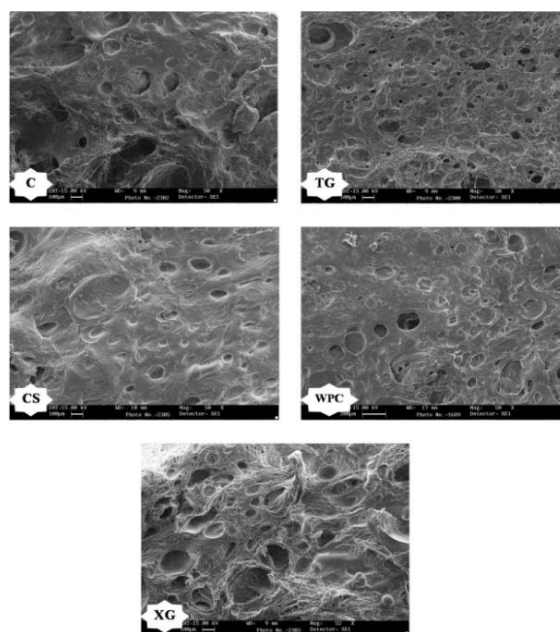
ژل حاصل از سوریمی ماهی شوریده دهان سیاه

حروف مختلف در بالای ستون‌ها نشان دهنده وجود تفاوت معنی داری است (میانگین \pm انحراف استاندارد؛ $P \leq 0.05$): تیمار شاهد، TG: ۱ درصد کتیرا، XG: ۱ درصد صمغ زانتان، CS: نمونه‌ها واجد ۱ درصد کیتوزان و WPC: ۱ درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر)

جدول ۱- پارامترهای ساختار بافت نمونه‌های مختلف ژل کامابوکو سوریمی ماهی شوریده دهان سیاه

نمونه‌ها	سختی-۱ (کیلوگرم نیرو)	سختی-۲ (کیلوگرم نیرو)	بهم‌پیوستگی	قابلیت جویدن (کیلوگرم نیرو/میلی‌متر)	قابلیت ارتجاعی (میلی‌متر)	خاصیت صمغی (کیلوگرم نیرو)
شاهد	۲/۰۱ \pm ۰/۲۳ ^a	۱/۸۵ \pm ۰/۲۳ ^a	۰/۷۳ \pm ۰/۰۱۴ ^a	۲/۵۹ \pm ۰/۲۳ ^a	۱/۰۱ \pm ۰/۰۸۵ ^a	۲/۳۹ \pm ۰/۱۲۰ ^a
TG	۲/۶۱ \pm ۰/۱۱۷ ^b	۲/۴۴ \pm ۰/۱۰۰ ^b	۰/۷۴ \pm ۰/۰۱۴ ^a	۲/۹۳ \pm ۰/۲۳ ^b	۱/۱۲ \pm ۰/۰۳۵ ^b	۲/۶۷ \pm ۰/۱۲۰ ^b
XG	۱/۸۲ \pm ۰/۰۸۰ ^c	۱/۴۸ \pm ۰/۰۵۷ ^c	۰/۶۷ \pm ۰/۰۰۷ ^b	۱/۹۷ \pm ۰/۲۳ ^c	۰/۷۱ \pm ۰/۰۷۱ ^c	۱/۸۶ \pm ۰/۱۲۰ ^c
CS	۲/۱۴ \pm ۰/۰۷۴ ^f	۱/۹۷ \pm ۰/۰۷۸ ^f	۰/۷۵ \pm ۰/۰۰۷ ^a	۲/۵۹ \pm ۰/۲۳ ^a	۱/۱۳ \pm ۰/۰۴۹ ^f	۲/۳۴ \pm ۰/۱۲۰ ^a
WPC	۲/۴۰ \pm ۰/۲۰۵ ^g	۲/۲۵ \pm ۰/۲۰۹ ^g	۰/۷۶ \pm ۰/۰۱۳ ^a	۲/۸۳ \pm ۰/۲۳ ^f	۱/۱۲ \pm ۰/۰۴۸ ^b	۲/۵۱ \pm ۰/۱۲۰ ^f

حروف مختلف در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت معنی داری است (میانگین \pm انحراف استاندارد؛ $P \leq 0.05$).



شکل ۳- تصاویر میکروسکوپ الکترونی نمونه‌های مختلف ژل سوریمی شوریده دهان سیاه (بزرگنمایی $\times 50$)
 (C: تیمار شاهد، TG: ۱ درصد کتیرا، XG: ۱ درصد صمغ زانتان، CS: نمونه‌ها واجد ۱ درصد کیتوزان و WPC: ۱ درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر)

جدول ۲- پارامترهای اندازه‌گیری شده تصاویر میکروسکوپ الکترونی نمونه‌های مختلف ژل سوریمی شوریده دهان سیاه

نمونه‌ها	تعداد پلی‌گونال‌ها (تعداد در میلی‌متر مربع)	مساحت پلی‌گونال‌ها (میکرومتر مربع)
شاهد	$10722 \pm 60/3^a$	$35/9 \pm 1/44^a$
TG	$13371 \pm 63/5^b$	$42/0 \pm 3/60^b$
XG	$7247 \pm 19/1^c$	$111/9 \pm 5/49^c$
CS	$16470 \pm 44/2^f$	$31/2 \pm 2/21^a$
WPC	$11117 \pm 12/9^g$	$81/2 \pm 4/61^f$

حروف مختلف در هرستون نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌داری است (میانگین \pm انحراف استاندارد؛ $P \leq 0/05$).

بحث

ارتباط بین خصوصیات بافتی ژل کامابوکو سوریمی با ویژگی‌های ریز ساختاری آن‌ها توسط محققین متعددی بیان شده است (تاگوچی و همکاران ۱۹۸۷؛ سانو و همکاران ۱۹۸۸ و ۱۹۹۰). در این مطالعه نیز همبستگی مثبت و قوی بین پارامترهای بافت ژل سوریمی و ریز ساختار آن مشاهده شد. به طوری که تیمار XG که کمترین سطوح پارامترهای آنالیز بافت را به خود

اختصاص می‌دهد ($P \leq 0/05$ ، جدول ۱) از نظر ریز ساختاری نیز واجد شبکه پروتئینی ضعیف دربرگیرنده تعداد پلی‌گونال‌های کمتر و بزرگ‌تر بود (شکل ۳، جدول ۲؛ $P \leq 0/05$).

بر اساس نتایج، افزودن صمغ زانتان سبب کاهش ۶۲ درصدی نیروی شکست و ۱۸ درصد تغییر شکل ژل سوریمی نسبت به تیمار شاهد شده و این نتیجه بدان معنی است که ژل حاصل از این تیمار در فاصله کمتری

دچار تغییر شکل شده و نیروی کمتری جهت تغییر شکل و نفوذ آن نیاز است. منترو و همکاران (۲۰۰۰) گزارش نمودند که در میان افزودن هیدروکلئیدهای مختلف در سطح ۱ درصد به سول سوریمی ماهی روغن *Micromesistius poutassou* صمغ زانتان سبب کاهش نیروی شکست، تغییر شکل و همچنین پارامترهای آنالیز ساختار بافت آن نسبت به تیمار شاهد می‌شود. احتمالاً بالا بودن وزن ملکولی زانتان مانع از تشکیل شبکه پروتئینی ژل شده و در نتیجه حفرات نسبتاً بزرگی در ریز ساختار ژل سوریمی ایجاد نموده که سبب افت کیفیت بافتی آن می‌گردد (منترو و همکاران ۲۰۰۰؛ پیرز-ماتز و منترو ۲۰۰۰). نتایج مشابه‌ای در خصوص کاهش کیفیت بافت ژل سوریمی ماهیان با افزودن صمغ زانتان در غلظت‌های مختلف توسط پیرز-ماتز و منترو (۲۰۰۰) و حسن‌پور و همکاران (۲۰۱۲) بیان شده است. در این مطالعه، بالاترین نیروی شکست و تغییر شکل در ژل سوریمی TG و به دنبال آن WPC ثبت شد (شکل ۲). اثر صمغ کتیرا برخواص رئولوژیک مواد غذایی مختلف توسط محققین متعددی بررسی شده است. درحالی‌که اطلاعاتی در خصوص اثر کتیرا روی خوی رئولوژیک سوریمی جهت مقایسه با نتایج این مطالعه وجود ندارد. با اینحال، افزایش خواص بافتی ژل سوریمی تیمار TG احتمالاً به دلیل افزایش در تعداد گروه‌های هیدروکسیل و پیوندهای هیدروژنی بیش‌تر صمغ کتیرا با مولکول‌های آب در جهت افزایش جذب و کاهش کشش سطحی آب (مایز ۲۰۱۰؛ گاردا و همکاران ۲۰۰۴) بوده که با کاهش آب میان‌بافتی ژل، ساختار متراکمی از شبکه پروتئین تشکیل شده که در نتیجه قدرت تشکیل ژل را افزایش می‌دهد. البته خواص رئولوژیک صمغ کتیرا به عنوان یک پلی‌ساکارید آنیونی اسیدی بسیار منشعب (ونگ ۲۰۰۰)، بسته به گونه‌های مختلف گیاه گون متفاوت است (بلاغی و همکاران ۲۰۱۰). در خصوص کنسانتره پروتئین آب پنیر، ردکن و بنجاکول (۲۰۰۸) نشان دادند که افزودن

۰/۵ تا ۲٪ WPC موجب افزایش پارامترهای قدرت ژل سوریمی درجه B تایلند به درجه AA شده و افزودن بیش از ۲٪ WPC تغییر معنی‌داری در خواص بافتی ژل ایجاد نمی‌کند. دلیل بهبود بافت ژل سوریمی حاوی WPC احتمالاً به دلیل اثر مهارکنندگی آن بر فعالیت آنزیم پروتئیناز گزارش شده است (بنجاکول و همکاران ۲۰۰۴؛ کینوشیتا و همکاران ۱۹۹۰). به‌طوری‌که وراسین و همکاران (۱۹۹۶) اثبات نمودند که افزودن WPC اثر مهارکنندگی بر آنزیم پروتئیناز سرین و سیستئین سوریمی داشته و سبب بهبود کیفیت ژل سوریمی می‌گردد. هرچه مقدار پارامتر بهم‌پیوستگی به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد، بافت نمونه گرایش بیشتری به برگشت به حالت اولیه خود پس از اولین مرحله از فشرده‌شدن، نشان می‌دهد (منیزاگا و کانواس ۲۰۰۴). بر اساس نتایج تنها افزودن صمغ زانتان سبب کاهش این پارامتر شده که در نتیجه بافت این نمونه پس از اولین مرحله فشرده‌سازی قدرت لازم برای برگشت کامل به حالت اولیه خود را نداشته و از پارامتر سختی-۲ به مراتب کم‌تری برخوردار بود (جدول ۱). در حقیقت پارامتر قابلیت ارتجاعی اشاره به برگشت آن مقدار از ارتفاع نمونه در فاصله زمانی پایان مرحله اول و شروع مرحله دوم فشرده‌سازی بوده که در این مطالعه مقدار این پارامتر با افزودن هیدروکلئیدهای مختلف بجز XG که اثر منفی داشت، نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. به‌طورمشابه، افزودن ۱ درصد صمغ CMC سبب افزایش قابلیت ارتجاعی و بهم‌پیوستگی ژل کاماباکو سوریمی ماهی سیم سر طلایی شد (اندرز-بلو و همکاران ۲۰۱۱). سانتانا و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که افزودن هیدروکلئیدهای مختلف در سطح ۰/۵ درصد، در تیمار حاوی صمغ زانتان قدرت تشکیل ژل و سختی ژل سوریمی ماهی *Nemipterus japonicus* نسبت به تیمار شاهد کاهش می‌یابد. پارامتر تغییر شکل ژل کاماباکو سوریمی ماهی شوریده دهان سیاه فاقد مواد افزودنی از ماهی شوریده دهان سفید $(\pm 0.08/0.68/0.8)$

ژل تیمار CS نسبت به تیمار شاهد همسو با نتایج بنجاکول و همکاران (۲۰۰۰) مشاهده شد. اثر مثبت افزودن کیتوزان در افزایش پارامتر قدرت شکست ژل سوریمی ماهی کپور معمولی (حاجی‌دون و جعفرپور ۲۰۱۳) و گربه ماهی (کانگسوان و همکاران ۲۰۰۲) گزارش شده است.

نتیجه‌گیری

با بررسی نتایج ویژگی‌های بافت و ریز ساختار ژل سوریمی ماهی شوریده دهان سیاه حاوی هیدروکلوئیدهای مختلف (۱ درصد وزنی/وزنی) و فاقد آن مشخص شد که بجز تیمار واجد صمغ زانتان، کیفیت ژل سوریمی سایر نمونه‌ها نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. بهترین نتیجه مربوط به تیمار حاوی کتیرای ایرانی حاصل شد که بالاترین مقادیر پارامترهای آنالیز بافت را به خود اختصاص داد. شبکه پروتئین ژل سوریمی این تیمار نیز نسبت به سایرین متراکم‌تر و منسجم‌تر مشاهده شد. علاوه بر این، ژل سوریمی این گونه ماهی واجد پارامترهای نیروی شکست، تغییر شکل و سختی بالایی بوده و می‌تواند در صنعت تولید سوریمی و یا محصولات بر پایه آن استفاده شود.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از همکاری‌های صمیمانه خانم مهندس عشقی و آقایان مهندس عصاره، مهندس توتونچی و مهندس فتحعلیان، کارشناسان آزمایشگاه‌های مختلف دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران تشکر و قدردانی می‌شود.

(کورتز-وگا و همکاران ۲۰۱۲) بیشتر، از ماهی روغن ($9/3 \pm 0/7$ میلی‌متر) کمتر و تقریباً مشابه ماهی شوریده چشم درشت (بنجاکول و همکاران ۲۰۰۳) بود. پارامترهای سختی-۱ ($1/9$ کیلوگرم) و سختی-۲ ($1/1$ کیلوگرم) گزارش شده از ماهی شوریده *Johnius gangeticus* (دی و دورا ۲۰۱۱) از نتایج این تحقیق به مراتب کمتر بود. تعداد پلی‌گونال‌های ژل کاماباکو نمونه شاهد از ماهی کپور معمولی (9500 ± 20) عدد در میلی‌متر مربع (جعفرپور و گرسیکا ۲۰۰۹) بیشتر بوده که نشانه شبکه پروتئینی متراکم‌تر و در نتیجه کیفیت تشکیل ژل بالاتر سوریمی شوریده دهان سیاه است. با توجه به جدول ۲ و شکل ۳، کم‌ترین تعداد و بیشترین اندازه و مساحت پلی‌گونال‌ها در تیمار XG ثبت شد که دارای خواص بافتی ضعیفی بود. همسو با این نتایج، آلوارزو همکاران (۱۹۹۹) با بررسی ریز ساختار ژل ماهی ساردین گزارش نمودند که نمونه‌های واجد پلی‌گونال‌هایی با تعداد کم و اندازه بزرگ از کیفیت بافتی پایینی برخوردار هستند. بیشترین تعداد پلی‌گونال‌ها در تیمار TG ثبت شد که دارای شبکه پروتئینی قوی و منسجم بود. به‌طور مشابه، لو و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که بهترین کیفیت ژل سوریمی ماهی آلاسکاپولاک با افزودن ۱۰ درصد پروتئین ایزوله سویا حاصل شده که از نظر ویژگی‌های ریز ساختاری واجد شبکه پروتئینی متراکم بود. کیتوزان در pH خنثی محلول نبوده و به شکل ذره‌ای وجود دارد (موزارلی و همکاران ۱۹۸۶) از این رو کیتوزان احتمالاً به عنوان یک پرکننده در ماتریس ژل سوریمی در تبادلات یونی بین گروه‌های کاتیونی کیتوزان و گروه‌های آنیونی پروتئین سوریمی نقش ایفا کرده و سبب انسجام شبکه پروتئینی ژل سوریمی می‌شود (بنجاکول و همکاران ۲۰۰۳؛ بنجاکول و همکاران ۲۰۰۲؛ کاتاکا و همکاران ۱۹۹۸). در این مطالعه نیز افزایش کیفیت ریز ساختار و قدرت تشکیل

منابع مورد استفاده

- Achayuthakan P and Suphantharika M, 2008. Pasting and rheological properties of waxy corn starch as affected by GG and xanthan gum. *Journal of Carbohydrate Polymers* 71(1): 9-17.
- Alvarez C, Couso I and Tejada M, 1999. Microstructure of suwari and kamaboko sardine surimi gels. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 79(6): 839-844.
- Amiza MA and Kang WC, 2013. Effect of chitosan on gelling properties, lipid oxidation, and microbial load of surimi gel made from African catfish (*Clarias gariepinus*). *Food Research International* 20(4): 1585-1594.
- Andres-Bello A, Garcia-Segovia P, Ramirez JA and Martinez-Monzo J, 2011. Production of cold-setting restructured fish products from gilthead sea bream (*Sparus aurata*) using microbial transglutaminase and regular and low-salt level. *Journal of Food Bioprocess Technology* 9(2): 121-125.
- Aranaz I, Mengibar M, Harris R, Paños I, Miralles B and Acosta N, 2009. Functional characterization of chitin and chitosan. *Current Chemical Biology* 3: 203-230.
- Balaghi S, Mohammadifar MA and Zargaraan A, 2010. Physicochemical and rheological characterization of gum tragacanth exudates from six species of Iranian *Astragalus*. *Food Biophysics* 5: 59-71.
- Balange AK and Benjakul S, 2009. Effect of oxidized tannic acid on the gel properties of mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) mince and surimi prepared by different washing processes. *Food Hydrocolloids* 23: 1693-1701.
- Benjakul S, Visessanguan W and Srivilai C, 2002. Porcine plasma protein as proteinase inhibitor in bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*) muscle and surimi. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81: 1039-1046.
- Benjakul S, Visessanguan W, Phatchrat S and Tanaka M, 2003. Chitosan affects transglutaminase-induced surimi gelation. *Food Biochemistry* 27: 53-66.
- Benjakul S, Visessanguan W, Tanaka M, Ishizaki S, Suthidham R and Sungpech O, 2000. Effect of chitin and chitosan on gelling properties of surimi from barred garfish (*Hemiramphus far*). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81: 102-108.
- Benjakul S, Visessanguan W, Tueksuban J and Tanaka M, 2004. Effect of some protein additives on proteolysis and gel-forming ability of lizardfish (*Saurida tumbil*). *Food Hydrocolloids* 18: 395-401.
- Cortez-Vega WR, Fonseca GG and Prentice C, 2012. Comparisons of the Properties of Whitemouth Croaker (*Micropogonias furnieri*) Surimi and Mechanically Deboned Chicken Meat Surimi-Like Material. *Journal of Nutrition and Food Sciences* 3(11): 1480-1483.
- Dey SS and Dora KC, 2011. Suitability of chitosan as cryoprotectant on croaker fish (*Johnius gangeticus*) surimi during frozen storage. *J Food Science Technology* 48(6): 699-705.
- Eymard S, Carcouët E, Rochet MJ, Dumay J, Chopin C and Genot C, 2005. Development of lipid oxidation during manufacturing of horse mackerel surimi. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85: 1750-1756.
- Guarda A, Rosell CM, Benedito C and Galotto MJ, 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids* 18: 241-247.
- Hajidoun HA and Jafarpour A, 2013. The Influence of Chitosan on Textural Properties of Common Carp (*Cyprinus carpio*) Surimi. *Journal of Food Process Technology* 4: 226.
- Hasanpour F, Hoseini E, Motalebi AA and Darvish F, 2012. Effects of Soy protein concentrate and Xanthan gum on physical properties of Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) surimi. *Iranian Journal of Fisheries Science* 11(3): 518-530.
- Hayes JE, Desmond EM, Troy DJ, Buckley DJ and Mehra R, 2005. The effect of whey protein-enriched fractions on the physical and sensory properties of frankfurters. *Meat Science* 71: 238-243.
- Jafarpour J and Gorczyca EM, 2009. Rheological characteristics and microstructure of common carp (*Cyprinus carpio*) surimi and kamaboko gel. *Food Biophysics* 4: 172-179.

- Kataoka J, Ishizaki S and Tanaka M, 1998. Effects of chitosan on gelling properties of low quality surimi. *Journal of Muscle Foods* 9: 209-220.
- Kinoshita M, Toyohara H and Shimizu Y, 1990. Purification and properties of a novel latent proteinase showing myosin heavy chaindegrading activity from threadfin bream. *Journal of Biochemistry* 107: 587-591.
- Kungsuwan A, Ittipong B, Jongrittiporn S, Kongpan O and Limsooksomboon S, 2002. Effect of chitosan on gelling properties of Thai catfish (*Pangasius sutchi*) surimi. pp. 311-320. 2th International Seafood Byproduct Conference. Alaska, USA.
- Lee C, 1984. Surimi process technology. *Journal of Food Technology* 38(11): 69-80.
- Luo YK, Kuwahara R, Kaneniwa M, Murata Y and Yokoyama, M, 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(7): 663-671.
- Mayes JM, 2010. Gum Tragacanth. pp. 167-170. In: Imeson A (eds). *Food stabilisers, thickeners and gelling agents*. Wiley-Blackwell.
- Montero P, Hurtado J and Pérez-Mateos M, 2000. Microstructural behaviour and gelling characteristics of myosystem protein gels interacting with hydrocolloids. *Food Hydrocolloids* 14: 455-461.
- Morr CV and Foegeding EA, 1990. Composition and functionality of commercial whey and milk protein concentrates and isolates: A status report. *Journal of Food Technology* 44(4): 100-112.
- Munizaga GT and Canovas GVB, 2004. Colour and textural parameters of pressurized and heat treated surimi gels as affected by potato starch and egg white. *International Food Research* 37: 767-775.
- Muzzarelli RAA, Jeuniaux C and Gooday GW, 1986. *Chitin in nature and technology*. pp. 435-442. Plenum Press, New York.
- Park J, and Lin T, 2005. Surimi: manufacturing and evaluation. pp. 33-106. In: Park JW (eds). *Surimi and surimi seafood*. Taylor and Francis Boca Raton, UK.
- Park JW and Morrissey MT, 2000. Manufacturing of surimi from light muscle fish. pp. 23-58. In: Park JW (eds). *Surimi and Surimi Seafood*. Marcel Dekker, New York.
- Park JW, 1994. Functional protein additives in surimi gels. *Journal of Food Science* 59: 525-527.
- Pérez-Mateos M and Montero P, 2000. Contribution of hydrocolloids to gelling properties of blue whiting muscle. *European Journal of Food Research and Technology* 210: 383-390.
- Piyachomkwan K and Penner MH, 1995. Inhibition of Pacific whiting surimi-associated protease by whey protein concentrate. *Journal of Food Biochemistry* 18: 341-353.
- Ramirez JA, Uresti RM, Velazquez G and Vázquez M, 2011. Food hydrocolloids as additives to improve the mechanical and functional properties of fish products: A review. *Food Hydrocolloids* 25: 1842-1852.
- Rawdkuen S and Benjakul S, 2008. Whey protein concentrate: Autolysis inhibition and effects on the gel properties of surimi prepared from tropical fish. *Food Chemistry* 106: 1077-1084.
- Sano T, Noguchi SF, Matsumoto JJ and Tsuchiya T, 1988. Dynamic viscoelastic behavior of natural actomyosin and myosin during thermal gelation. *Journal of Food Science* 53(3): 924-928.
- Sano T, Noguchi SF, Matsumoto JJ and Tsuchiya T, 1990. Effect of ionic strength on dynamic viscoelastic behavior of myosin during thermal gelation. *Journal of Food Science* 55(1): 51-54.
- Santana P, Huda N and Yang TA, 2012. Gel characteristic of urimi powder added with hydrocolloids. pp. 509-513. 11th International Annual Symposium on Sustainability Science and Management. UMT, Malaysia.
- Soultos N, Tzikas Z, Abraham A, Georgantelis D and Ambrosiadis I, 2008. Chitosan effects on quality properties of Greek style fresh pork sausage. *Meat Science* 80: 1150-1156.
- Taguchi T, Ishizaka H, Tanaka M, Nagashima Y and Amano Y, 1987. Protein-protein interaction of fish myosin fragments. *Journal of Food Science* 52 (4): 1103-1104.

- Wang W, 2000. Tragacanth and karaya. pp. 231-246. In: Phillips GO and Williams PA (eds). Handbook of Hydrocolloids. CPC Press, UK.
- Weerasinghe VC, Morrissey MT, Chung YC and An H, 1996. Whey protein concentrate as a proteinase inhibitor in Pacific whiting surimi. Journal of Food Science 61: 367-371.
- Yoon WB, Gunasekaran S and Park JW, 2004. Characterization of thermorheological behavior of Alaska Pollock and Pacific Whiting surimi. Journal of Food Science 69: 338-343.

Effects of various hydrocolloids on textural and microstructural properties of black mouth croaker (*Atrubucca nibe*) surimi gel

SP Hosseini-Shekarabi¹, SE Hosseini^{2*}, M Soltani³ and M Zojaji⁴

Received: October 23, 2013 Accepted: May 05, 2014

¹Assistant Professor, Department of Fisheries Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

²Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

³Professor, Department of Aquatic Animal Health, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran

⁴Expert, Laboratory of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

*Corresponding Author: Email: ebhoseini@srbiau.ac.ir

Abstract

Commercial exploitation of black mouth croaker stocks in the Oman Sea is currently in progress. Gelling properties of surimi has a direct correlation with the quality of the products made from it. Due to limited information on surimi gel properties of this fish species and effects of different hydrocolloids, this study was conducted. Kamabako gel samples with the addition of Iranian tragacanth gum (TG), xanthan gum (XG), chitosan (CS) and whey protein concentrate (WPC) in 1% (w/w) were prepared. Textural characteristics of the samples were carried out by texture analyzer device and the microstructure features were determined using electronic scanning electron microscope and ImageJ software. TG treatment (555.50 g) and WPC (503.00 g) showed the highest breaking force among other surimi gels, respectively ($P \leq 0.05$). Most parameters of texture profile analysis were higher than control treatment ($P \leq 0.05$). However, all parameters of texture profile analysis in XG treatment was reduced ($P \leq 0.05$). Maximum and minimum number of polygonal in the microstructure surimi gels were observed in TG (13371 per mm^2) and XG treatments (7247 per mm^2) ($P \leq 0.05$). Best result in enhancing of the textural and microstructural properties of surimi gels were achieved in TG treatment. However, weakest protein network and gel strength were obtained in XG treatment. Breaking force, deformation, hardness parameters and microstructure attributes of the surimi gel showed that this fish species is an appropriate raw material for the production of high quality surimi.

Key words: Hydrocolloid, Surimi gel, Black mouth croaker, Texture, Microstructure