

تأثیر افزودن صمغ‌های کربوکسی‌متیل سلولز و کتیرا بر ویژگی‌های بافتی و حسی کوفته ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) سرخ شده

سحر السادات موسوی بنی^۱، سید مهدی اجاق^{۲*}، علیرضا عالیشاه^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۲- دانشیار، گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۳- استادیار، گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۳۰ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۰۳

*نویسنده مسئول مکاتبات: Mahdi_ojagh@yahoo.com

چکیده:

برای بهبود ویژگی‌های بافتی و کیفی کوفته سرخ شده از ماهی کپور نقره‌ای، صمغ‌های کربوکسی‌متیل سلولز و کتیرا در مقادیر ۰/۵ و ۱ درصد به کوفته افزوده شده و از نظر ترکیبات تقریبی متشکله، عوامل فیزیکی (درصد جذب لعاب، بازده محصول، چروکیدگی و کاهش جذب روغن)، رنگ‌سنجی، آنالیز حسی و ویژگی‌های بافتی با تیمار شاهد مقایسه شدند. تمامی تیمارها نسبت به تیمار شاهد مقدار چربی و میزان جذب روغن کمتری نشان دادند ($p < 0.05$). تیمار حاوی ۱ درصد صمغ کتیرا بالاترین مقادیر رطوبت، روشنایی، سختی و کشسانی را نشان داد، در حالی که تیمار حاوی ۱ درصد کربوکسی‌متیل سلولز بالاترین میزان بازده محصول و پایین‌ترین مقادیر رطوبت تحت فشار، چربی، روشنایی، جذب روغن و کشسانی را نشان داد ($p < 0.05$). به‌طور کلی عملکرد صمغ کتیرا بر ویژگی‌های بافتی مطلوب‌تر از صمغ کربوکسی‌متیل سلولز بود و تمامی شاخص‌های بافتی در تیمارهای حاوی ۱ درصد صمغ کاهش یافتند، از این‌رو کاربرد درصدهای پایین این صمغ‌ها توصیه می‌شود.

کلید واژگان: کوفته‌ی ماهی، کربوکسی‌متیل سلولز، کتیرا، ویژگی‌های بافتی، کپور نقره‌ای

مقدمه

فراورده‌های ارزش افزوده مجموعه محصولاتی است که با کمک انواع مختلف فراوری انسانی یا مکانیکی از ماده غذایی اولیه تهیه می‌شوند و از نظر ظاهر، بافت، طعم و بو با ماده اولیه خود متفاوت هستند (Razavi shirazi, 2002). از آنجا که مصرف ماهی به دلیل مزایایی که برای سلامت انسان دارد در حال افزایش است، محصولات ارزش افزوده متنوعی مانند ناگت ماهی، کوفته ماهی، برگر ماهی و غیره را می‌توان از ماهی تولید کرد (Akter et al., 2013). کوفته ماهی یکی از متداول‌ترین محصولات تولیدی از سوریمی در کشورهای جنوب شرقی آسیا است که کمترین مواد افزودنی را از نظر تنوع بین فراورده‌های خمیری دارد. نوع دیگر آن، کوفته ماهی روکش‌دار و سوخاری شده است که از مخلوط کردن گوشت چرخ شده ماهی همراه با مواد تشدیدکننده طعم و ترکیبات دیگر تهیه می‌شود. ایجاد بافت ترد، طعم و رنگ جذاب، افزایش ارزش تغذیه‌ای از طریق استفاده از ترکیبات مغذی در ترکیب لعاب و فراهم کردن ساختار مستحکم در سطح ماده غذایی از جمله مزایای کاربرد روکش و تولید محصولات لعاب‌دهی و سوخاری شده هستند که بخش گسترده‌ای از بازار غذاهای آماده مصرف را تشکیل می‌دهند. همان‌طور که حجم تجارت جهانی این قبیل محصولات نشان می‌دهد، طعم و راحتی آماده‌سازی این محصولات موردپسند اغلب مصرف‌کنندگان است (Venugopal, 2006).

مهم‌ترین ویژگی کوفته ماهی بافت الاستیکی، توانایی تشکیل ژل پروتئین‌های آن به‌ویژه پروتئین‌های میوفیبریل است. قدرت ژل محصول به عوامل درونی و

بیرونی متعددی بستگی دارد. روش‌های مختلف حرارت‌دهی، مدت زمان انعقاد، مدت زمان پخت و افزودن ترکیبات عملگر از جمله عوامل بیرونی و تازگی ماده اولیه، pH، غلظت پروتئین و نسبت وزنی میوزین/اکتین از جمله عوامل درونی هستند. به‌منظور بهینه‌سازی فرمولاسیون کوفته ماهی، کنترل عوامل مؤثر بر کیفیت محصول و قدرت تشکیل ژل به‌ویژه، نوع ترکیبات عملگر افزوده شده اهمیت فراوانی دارد (Muoi and Nguyen, 2005). هیدروکلونیدها از جمله ترکیبات عملگر بوده که کاربردهای گسترده‌ای در صنایع غذایی داشته و به‌عنوان پایدارکننده سوسپانسیون‌ها، غلیظ‌کننده، تشکیل‌دهنده ژل و امولسیفایر به‌منظور بهبود بافت محصول استفاده می‌شوند (Demirci et al., 2011). به‌کارگیری این ترکیبات زمینه‌ای را فراهم می‌آورد که بتوان فرمولاسیون یا اجزای تشکیل‌دهنده یک فراورده غذایی مشخص را به‌میزان بسیار زیادی تغییر داد. از آنجایی که کوفته ماهی در این بررسی از مینس (گوشت چرخ شده ماهی) تهیه می‌شود و قدرت تشکیل ژل مینس ضعیف‌تر از سوریمی است، بنابراین برای افزایش قدرت ژلی و بهبود بافت، از صمغ در فرمولاسیون کوفته استفاده شد. مشتقات سلولزی از جمله کربوکسی متیل سلولز، یکی از پرمصرف‌ترین صمغ‌های خوراکی هستند. کربوکسی متیل سلولز، صمغی سنتتیک با توانایی تشکیل ژل و حفظ شبکه ژلی خود در طول تمام فرایندهای حرارتی، می‌تواند به‌عنوان سدی در برابر خروج آب و ورود روغن به محصول عمل کند (Primo-Martin et al., 2010). کاربرد صمغ‌های طبیعی گیاهی و بومی کشور ایران، از جمله کنیرا - که در سال‌های اخیر کاربرد

آسیاب تیغه‌ای (IKA-WERKE, A10 Germany) پودر شد. نمونه‌های پودر شده نیز به‌منظور ایجاد پودرهایی با اندازه معین (۲۰۰ میکرون) الک شدند. کربوکسی‌متیل سلولز تجاری نیز از شرکت (Sc chemical, china) تهیه گردید. برای قسمت نهایی روکش از آرد سوخاری نارنجی رنگ و با اندازه ذرات متوسط (کارخانه آمون-ایران) استفاده شد.

آماده سازی ماهی و تولید کوفته

ماهیان کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) با وزن تقریبی یک کیلوگرم به‌صورت تازه از بازار ماهی‌فروشان شهر گرگان، خریداری شده و با یخ‌پوشی مناسب با نسبت ۱ به ۳ توسط یونولیت به آزمایشگاه فراوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انتقال داده شد. پس از شستشو با آب، ماهیان به‌ترتیب تحت مراحل جداکردن سر و دم، تخلیه امعاء و احشا، پوست‌گیری و فیله کردن به‌صورت دستی قرار گرفتند. فیله‌های حاصل پس از شستشو، به کمک دستگاه چرخ گوشت (Bocsh, MFW 1550 Germany) با قطر منافذ سه میلی‌متری چرخ شده و مینس ماهی (گوشت چرخ شده ماهی) تولید شد. کوفته حاوی ۶۵ درصد گوشت چرخ شده ماهی با سایر ترکیبات فرمولاسیون (Siddique et al., 2013) در غذاساز به‌خوبی مخلوط شد (جدول ۱)، سپس به‌صورت دستی به شکل گرد (وزن ۱۵ گرم) تهیه گردید.

آن در صنایع غذایی در حال افزایش است- موجب کاهش استفاده از ترکیبات و صمغ‌های سنتتیک و کاهش هزینه تمام شده فراورده نهایی می‌شود. کتیرا صمغ خشک شده حاصل از نوعی گون از جنس آستراگالوس است که مرغوب‌ترین نوع آن، در ایران تولید می‌شود. این صمغ به لحاظ شیمیایی حاوی دو بخش محلول و نامحلول در آب است، که به‌ترتیب تراگاکانتین و باسورین نامیده می‌شوند. صمغ کتیرا از سوی سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA^۱) به‌عنوان یک افزودنی غذایی سالم (GRAS^۲) طبقه‌بندی شده که می‌توان از آن به‌عنوان پایدار کننده، امولسیفایر و قوام‌دهنده در صنایع غذایی استفاده کرد (Farahnaki et al., 2009). هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر صمغ‌های کربوکسی‌متیل سلولز (CMC) و کتیرا در دو غلظت ۰/۵ و ۱ درصد بر بافت کوفته ماهی تولیدی از ماهی کپور نقره‌ای است.

مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده

برای آردزنی اولیه از آرد گندم استفاده شد. فرمول لعاب طبق فرمولاسیون Chen و همکاران (2008) تهیه گردید که شامل ۵۵ درصد آرد گندم، ۳۰ درصد آرد نشاسته اکسید شده، ۱۰ درصد آرد گلوتن، ۲ درصد بیکینگ پودر و ۳ درصد نمک است (تمامی مواد استفاده شده در لعاب از شرکت گل‌ها- ایران تهیه شدند). صمغ (هیدروکلئید) کتیرای نواری از یکی از فروشگاه‌های عرضه گیاهان و محصولات دارویی شهر اصفهان تهیه شد. اشکال نواری شکل کتیرا به‌منظور تبدیل شدن به قطعات کوچک، ابتدا با هاون خرد و سپس به‌وسیله

1. Food and drug administration
2. Generally recognized as safe

جدول ۱ ترکیبات تیمارهای مختلف کوفته ماهی

ترکیبات (درصد)	تیمار شاهد	تیمار ۰/۵ درصد CMC	تیمار ۱ درصد CMC	تیمار ۰/۵ درصد کتیرا	تیمار ۱ درصد کتیرا
سیبزمینی	۲۰/۸	۲۰/۳	۱۹/۸	۲۰/۳	۱۹/۸
آرد سوخاری	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱
پودر سیر	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷
نمک	۲	۲	۲	۲	۲
ادویه/فلفل	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
صمغ	۰	۰/۵	۱	۰/۵	۱

کلدال با استفاده از دستگاه Kjeldtherm مدل 40 vap ساخت شرکت گرهارد آلمان انجام گرفت.

درصد جذب لعاب

برای تعیین مقدار لعاب چسبیده شده به سطح کوفته‌های ماهی، کوفته هر تیمار انجمادزدایی شده، جداگانه وزن شدند، سپس آردزنی اولیه، لعاب‌دهی شده و مجدد توزین گردیدند. درصد جذب لعاب طبق فرمول زیر محاسبه گردید (Chen et al., 2008):

$100 \times \left[\frac{\text{وزن کوفته لعاب‌دهی شده}}{\text{وزن کوفته}} - \text{وزن کوفته لعاب‌دهی شده} \right] = \text{درصد جذب لعاب}$

بازده محصول

کوفته ماهی هر تیمار پیش و پس از سرخ کردن نهایی توزین شد. مقدار بازده محصول طبق فرمول زیر به صورت درصد محاسبه گردید (Das et al., 2008):

$100 \times \left[\frac{\text{وزن کوفته سرخ شده مقدماتی}}{\text{وزن کوفته سرخ شده نهایی}} - \text{بازده محصول} \right] = \text{درصد}$

چروکیدگی

قطر کوفته هر تیمار پیش و پس از سرخ کردن نهایی اندازه‌گیری شد و به کمک رابطه زیر مقدار چروکیدگی کوفته‌های ماهی کپور نقره‌ای محاسبه گردید (Modi et al., 2007):

نمونه‌ها آردزنی اولیه شده، در لعاب غوطه‌ور شده و پس از چکیدن لعاب اضافی پس از مدت یک دقیقه، با آرد سوخاری صنعتی دانه متوسط پوشانده شدند. پس از کامل شدن روکش، کوفته‌ها با استفاده از روغن گیاهی آفتابگردان (مخصوص سرخ کردن، غنچه-ایران) به مدت ۳۰ ثانیه در سرخ‌کن تحت دمای 180 ± 5 درجه سانتی‌گراد به صورت مقدماتی به روش سرخ کردن عمیق سرخ شدند تا محصول شکل خود را حفظ کند و پس از خنک شدن در دمای محیط، تکرارهای هر تیمار جداگانه درون بسته‌های زیپ‌کیپ بسته‌بندی شده و در فریزر -20 درجه سانتی‌گراد منجمد گردیدند.

پس از گذشت سه روز برای انجام آنالیزها، کوفته‌های ماهی تولیدی از فریزر خارج شده و انجمادزدایی در دمای اتاق انجام گرفت. پس از انجمادزدایی، کوفته‌های ماهی در سرخ‌کن به مدت ۳ دقیقه تحت دمای 180 ± 5 درجه سانتی‌گراد به روش سرخ کردن عمیق سرخ شدند و مورد آنالیز قرار گرفتند.

اندازه‌گیری مقادیر رطوبت، چربی، خاکستر و پروتئین

میزان رطوبت کوفته‌های سرخ شده مقدماتی و نهایی براساس روش Parvaneh (2013) و مقادیر چربی (سرخ شده مقدماتی و نهایی)، خاکستر و پروتئین طبق روش AOAC (2002) محاسبه شد. اندازه‌گیری چربی با دستگاه Soxtec مدل 416 SE و اندازه‌گیری پروتئین به روش

$100 \times \left[\frac{\text{قطر کوفته سرخ شده مقدماتی}}{\text{قطر کوفته سرخ شده نهایی}} - 1 \right]$ (درصد)
 = چروکیدگی

میزان کاهش جذب روغن

برای محاسبه میزان کاهش جذب روغن در کوفته‌های ماهی کپور نقره‌ای سرخ شده از رابطه زیر استفاده شد (Daraei Garmakhany et al., 2009):

$100 \times \left[\frac{\text{مقدار روغن نمونه شاهد}}{\text{مقدار روغن نمونه تیمار شده}} - 1 \right]$ (درصد)
 = جذب روغن

ظرفیت نگهداری آب

مقدار رطوبت تحت فشار نسبت معکوسی با مقدار ظرفیت نگهداری آب (WHC) دارد و کمترین مقدار رطوبت تحت فشار به معنی بالاترین مقدار ظرفیت نگهداری آب است. به منظور اندازه‌گیری مقدار رطوبت تحت فشار در کوفته ماهی طبق روش Das و همکاران (2008)، ۵ گرم نمونه سرخ شده را در دو لایه کاغذ صافی واتمن شماره ۱ قرار داده و درون لوله‌های سانتریفیوژ ۵۰ میلی‌لیتر با دور ۱۵۰۰ rpm به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس نمونه گوشت از کاغذ صافی جدا شده و مجدداً توزین شد و با استفاده از رابطه زیر مقدار رطوبت تحت فشار محاسبه گردید:

$100 \times \left[\frac{\text{وزن اولیه}}{\text{وزن ثانویه}} - 1 \right]$ (درصد)
 = مقدار رطوبت تحت فشار

رنگ سنجی

رنگ تیمارهای مختلف کوفته‌های سرخ شده مقدماتی و نهایی به کمک دستگاه رنگ‌سنج (Lovibond CAM-system, England 500) آنالیز شدند. متغیر L^* برای بیان شاخص روشنایی گوشت از ۰ (بعد سیاهی) تا ۱۰۰ (بعد سفیدی)، شاخص a^* برای بیان بعد قرمزی-سبزی (a^* + نشان‌دهنده قرمزتر و a^* - نشان‌دهنده سبزتر) و شاخص b^*

برای بیان بعد زرد-آبی (b^* + نشان‌دهنده زردتر و b^* - نشان‌دهنده آبی‌تر) است (Masniyom et al., 2005).

بافت سنجی

آزمایش TPA با کمک دستگاه Texture analyzer LFRA 4500 (Brook field) برای آنالیز بافت کوفته ماهی انجام شد. برای این آزمایش نمونه‌ها به وسیله پروب مخصوص (۵۰/۸ میلی‌متر قطر، ۲۰ میلی‌متر ارتفاع) ۲ بار با سرعت ۲ میلی‌متر بر ثانیه فشرده شدند. نیروی شروع ۳۰ نیوتن و عمق نفوذ ۱۵ میلی‌متر بود. شاخص‌هایی که تعیین شد شامل سختی، چسبندگی، کشسانی، صمغی بودن و قابلیت جویدن بودند (Huda et al., 2010).

آنالیز حسی

به منظور ارزیابی شاخص‌های رنگ، بافت، تردی، طعم، بو، ظاهر و پذیرش کلی کوفته‌های ماهی تولیدی از روش Akter و همکاران (2013) با کمی تغییرات استفاده شد. کوفته‌ها به مدت ۳ دقیقه در سرخ‌کن تحت دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد در روغن آفتابگردان سرخ شدند و از سوی ۱۵ نفر از ارزیابان نیمه آموزش دیده شامل دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان ارزیابی شدند. ارزیابان به شاخص‌های حسی براساس جدول، از ۱ تا ۱۰ امتیاز دادند (ضعیف: ۱-۳، متوسط: ۴-۷، عالی: ۸-۱۰).

آنالیز آماری

نتایج حاصل با استفاده از برنامه SPSS و آزمون تجزیه واریانس یک طرفه (ANOVA) تجزیه و تحلیل شد. به منظور مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال $\alpha = 0.05$ استفاده شد. برای آنالیز داده‌های حسی از آزمون‌های ناپارامتری کروسکال-والیس (برای مقایسه چند گروه) و من ویتنی (برای مقایسه دو

گروه با یکدیگر) استفاده گردید. نمودارهای مربوطه در نرم افزار Excel رسم شدند.

نتایج

نتایج بررسی میزان رطوبت و چربی، خاکستر و پروتئین در کوفته‌های سرخ شده، میان تیمارهای مختلف تفاوت معناداری ($p < 0/05$) نشان داد (جدول ۲ و شکل ۱). نمونه‌های سرخ شده مقدماتی نسبت به تیمار شاهد مقادیر رطوبت بالاتری را نشان دادند و بیشترین میزان رطوبت در تیمار K۱ مشاهده شد. میزان رطوبت نمونه‌های سرخ شده نهایی در تیمار شاهد در مقایسه با تیمارهای CMC۱ و CMC۰/۵ تفاوت معناداری نشان نداد، درحالی‌که تیمارهای K۰/۵ و K۱ طی مرحله سرخ کردن، میزان رطوبت

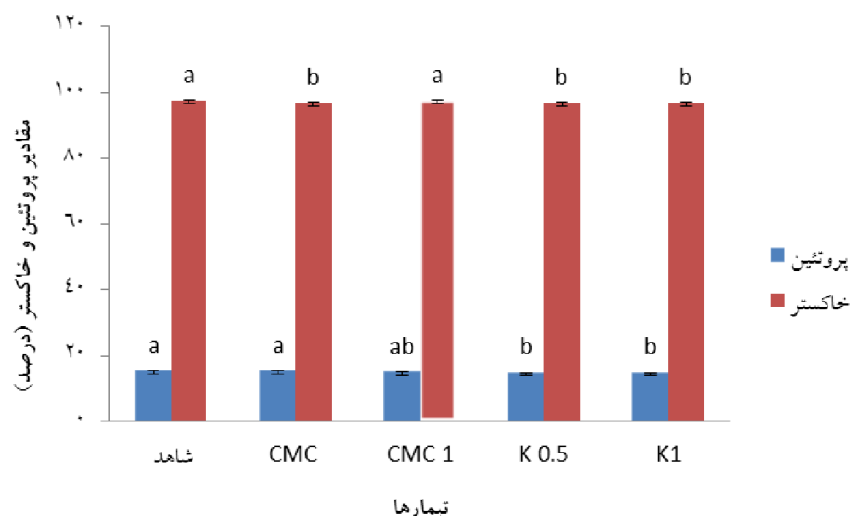
بالاتری را نسبت به تیمار شاهد حفظ کردند. میزان چربی در تیمارهای سرخ شده مقدماتی اختلاف معناداری نشان نداد ($p > 0/05$)، اما مقدار چربی محاسبه شده در تمامی تیمارهای سرخ شده نهایی نسبت به شاهد دچار کاهش شد، به‌طوری‌که کمترین میزان چربی در تیمار CMC۱ مشاهده شد.

طبق نتایج نشان داده شده در شکل ۱، بیشترین میزان خاکستر در تیمار شاهد و تیمار CMC۱ مشاهده شد و تیمارهای CMC۰/۵، K۰/۵ و K۱ نسبت به یکدیگر تفاوت معناداری نشان ندادند. تیمار شاهد و تیمار CMC۰/۵ بیشترین میزان پروتئین را نشان دادند. در سایر تیمارها میزان پروتئین کمتری نسبت به شاهد مشاهده شد.

جدول ۲ مقادیر درصد رطوبت و چربی طی سرخ کردن مقدماتی و نهایی تیمارهای مختلف کوفته ماهی حاوی صمغ CMC و کتیرا (۰/۵ و ۱ درصد)

تیمارها	سرخ کردن مقدماتی		سرخ کردن نهایی	
	رطوبت	چربی	رطوبت	چربی
شاهد	۵۷/۳۸±۰/۰۶ ^e	۱۰/۷۸±۰/۰۴ ^a	۵۱/۱۶±۰/۰۸ ^b	۱۴/۲۸±۰/۰۴ ^a
CMC ۰/۵	۵۷/۶۸±۰/۰۷ ^d	۱۰/۷۳±۰/۰۵ ^a	۵۱/۴۰±۰/۰۷ ^b	۱۳/۷۴±۰/۰۲ ^b
CMC ۱	۵۸/۰۶±۰/۰۶ ^c	۹/۲۸±۰/۰۴ ^b	۵۱/۱۶±۰/۰۹ ^b	۱۲/۳۷±۰/۰۸ ^c
K ۰/۵	۵۹/۱۲±۰/۰۵ ^b	۹/۴۱±۰/۰۳ ^{ab}	۵۲/۸۶±۰/۰۱ ^a	۱۳/۷۵±۰/۰۴ ^b
K ۱	۵۹/۳۶±۰/۰۵ ^a	۹/۴۵±۰/۰۳ ^{ab}	۵۲/۷۹±۰/۰۱ ^a	۱۳/۷۴±۰/۰۲ ^b

تیمارها شامل: CMC ۰/۵: کوفته ماهی حاوی ۰/۵ درصد صمغ کربوکسی متیل سلولز افزوده شده به بافت، CMC۱: کوفته ماهی حاوی ۱ درصد صمغ کربوکسی متیل سلولز افزوده شده به بافت، K۰/۵: کوفته ماهی حاوی ۰/۵ درصد صمغ کتیرای افزوده شده به بافت، K۱: کوفته ماهی حاوی ۱ درصد صمغ کتیرای افزوده شده به بافت. داده‌ها به‌صورت میانگین سه تکرار با $\pm$ انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنادار در مقادیر درصد رطوبت و چربی میان تیمارهای مختلف است.



شکل ۱ مقادیر درصد خاکستر و پروتئین طی سرخ کردن تیمارهای مختلف کوفته ماهی حاوی صمغ CMC و کتیرا (۰/۵ و ۱ درصد)

محصول را در مقایسه با تیمار شاهد نشان داد، درحالی‌که در سایر تیمارها اختلاف معناداری نسبت به تیمار شاهد مشاهده نشد. مقادیر درصد جذب لعاب در تمامی تیمارها نسبت به تیمار شاهد، دچار کاهش معناداری شد ($p < 0.05$). محاسبه مقدار چروکیدگی میان تیمارهای مختلف، اختلاف معناداری را نشان ندادند ($p > 0.05$). میزان کاهش جذب روغن در تیمارهای مختلف نسبت به تیمار شاهد دچار کاهش معناداری شد. کوفته‌های ماهی حاوی ۱ درصد کربوکسی‌متیل سلولز در بافت، بالاترین مقدار کاهش جذب روغن را نشان داد. مقدار کاهش جذب روغن در تیمارهای حاوی ۰/۵ درصد کربوکسی‌متیل سلولز و ۰/۵ و ۱ درصد کتیرا در یک اندازه بود.

تیمارها شامل: CMC ۰/۵: کوفته ماهی حاوی ۰/۵ درصد صمغ کربوکسی‌متیل سلولز افزوده شده به بافت، CMC ۱: کوفته ماهی حاوی ۱ درصد صمغ کربوکسی‌متیل سلولز افزوده شده به بافت، K ۰/۵: کوفته ماهی حاوی ۰/۵ درصد صمغ کتیرای افزوده شده به بافت، K ۱: کوفته ماهی حاوی ۱ درصد صمغ کتیرای افزوده شده به بافت. داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار با $\pm$ انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنادار در مقادیر درصد خاکستر و پروتئین میان تیمارهای مختلف است.

در جدول ۳، مقادیر بازده محصول، درصد جذب لعاب و چروکیدگی در تیمارهای مختلف کوفته ماهی نشان داده شده است. تیمار K ۱ کمترین مقدار بازده

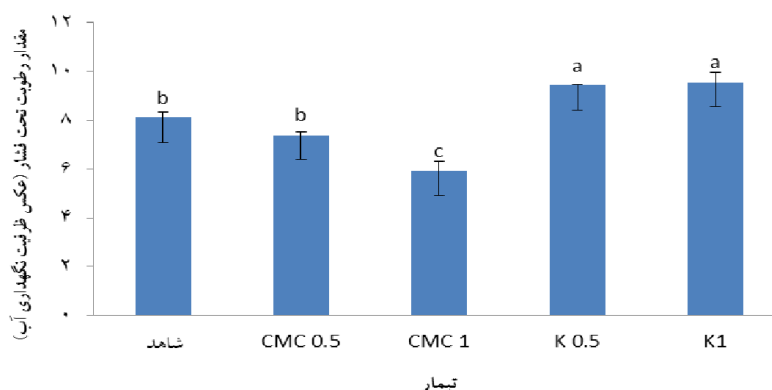
جدول ۳ مقادیر درصد بازده محصول، میزان جذب لعاب، چروکیدگی و میزان کاهش جذب روغن طی سرخ کردن تیمارهای مختلف کوفته ماهی حاوی صمغ CMC و کتیرا (۰/۵ و ۱ درصد)

تیمارها	بازده محصول (درصد)	درصد جذب لعاب	چروکیدگی (درصد)	کاهش جذب روغن (درصد)
شاهد	۸۹/۰۳±۰/۱۷ ^a	۱۲/۲±۰/۳۶ ^a	۱/۱۲±۰/۰۵ ^{ab}	-
CMC ۰/۵	۸۹/۴۰±۰/۰۹ ^a	۱۱/۲۳±۰/۲۷ ^{ab}	۰/۹۴±۰/۱۹ ^b	۳/۷۳±۰/۳۲ ^b
CMC ۱	۸۹/۴۴±۰/۰۹ ^a	۱۰/۶۱±۰/۳۰ ^b	۱/۲۲±۰/۲۸ ^{ab}	۱۳/۳۶±۰/۸۱ ^a
K ۰/۵	۸۹/۳۹±۰/۲۴ ^a	۱۰/۴۶±۰/۶۸ ^b	۱/۰۳±۰/۲۸ ^b	۳/۷۲±۰/۵۳ ^b
K ۱	۸۸/۰۹±۰/۵۱ ^b	۱۰/۷۵±۰/۱۷ ^b	۱/۶۴±۰/۰۷ ^a	۳/۷۶±۱/۷۴ ^b

تیمارها شامل: CMC ۰/۵: کوفته ماهی حاوی ۰/۵ درصد صمغ کربوکسی متیل سلولز افزوده شده به بافت، CMC ۱: کوفته ماهی حاوی ۱ درصد صمغ کربوکسی متیل سلولز افزوده شده به بافت، K ۰/۵: کوفته ماهی حاوی ۰/۵ درصد صمغ کتیرای افزوده شده به بافت، K ۱: کوفته ماهی حاوی ۱ درصد صمغ کتیرای افزوده شده به بافت.

داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار با $\pm$ انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنادار در مقادیر درصد بازده محصول، جذب لعاب و چروکیدگی میان تیمارهای مختلف است.

بررسی نتایج مقادیر ظرفیت نگهداری آب میان تیمارهای مختلف کوفته ماهی، تفاوت معناداری نشان داد (شکل ۲). بالاترین میزان ظرفیت نگهداری آب در تیمار CMC ۱ مشاهده شد.



شکل ۲ درصد رطوبت تحت فشار طی سرخ کردن تیمارهای مختلف کوفته ماهی حاوی صمغ CMC و کتیرا (۰/۵ و ۱ درصد)

تیمارها شامل: CMC ۰/۵: کوفته ماهی حاوی ۰/۵ درصد صمغ کربوکسی متیل سلولز افزوده شده به بافت، CMC ۱: کوفته ماهی حاوی ۱ درصد صمغ کربوکسی متیل سلولز افزوده شده به بافت، K ۰/۵: کوفته ماهی حاوی ۰/۵ درصد صمغ کتیرای افزوده شده به بافت، K ۱: کوفته ماهی حاوی ۱ درصد صمغ کتیرای افزوده شده به بافت.

به بافت. داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار با $\pm$ انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنادار در درصد ظرفیت نگهداری آب میان تیمارهای مختلف است.

نتایج بررسی مقادیر شاخص‌های روشنایی، قرمزی و زردی در تیمارهای مختلف کوفته‌های ماهی سرخ شده مقدماتی و نهایی در جدول ۴ نشان داده شده است. میزان قرمزی و زردی در نمونه‌های سرخ شده مقدماتی اختلاف معناداری نشان ندادند ($p > 0.05$). کمترین میزان روشنایی در

نمونه‌های سرخ شده مقدماتی، در تیمار شاهد مشاهده شد. در کوفته‌های سرخ شده نهایی، مقدار قرمزی و زردی در تمامی تیمارها نسبت به تیمار شاهد، دچار کاهش شد. میزان روشنایی در کوفته‌های ماهی حاوی مقادیر ۰/۵ درصد صمغ‌ها، اختلاف معناداری با تیمار شاهد نشان نداد، درحالی‌که در کوفته‌های حاوی ۱ درصد صمغ کتیرا روشنایی بالاتر و کوفته‌های حاوی ۱ درصد صمغ کربوکسی‌متیل سلولز روشنایی پایین‌تری نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد.

جدول ۴ تغییرات شاخص‌های رنگ‌سنجی طی سرخ کردن مقدماتی و نهایی تیمارهای مختلف کوفته ماهی حاوی صمغ CMC و کتیرا (۰/۵ و ۱ درصد)

تیمارها	سرخ کردن مقدماتی			سرخ کردن نهایی		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
شاهد	۵۸/۲۹±۰/۳۱ ^b	۱۳/۹۲±۰/۱۸ ^b	۳۱/۰۴±۰/۱۴ ^a	۵۹/۸۷±۰/۳۶ ^b	۱۴/۶۳±۰/۱۹ ^a	۲۶/۹۴±۰/۳۴ ^a
CMC ۰/۵	۶۱/۹۵±۰/۶۰ ^a	۱۴/۵۴±۰/۲۷ ^a	۳۱/۲۰±۰/۴۸ ^a	۶۰/۴۳±۰/۶۶ ^{ab}	۱۳/۴±۰/۳۳ ^b	۲۵/۴۵±۰/۴۴ ^b
CMC ۱	۶۰/۸۷±۰/۶۰ ^a	۱۴/۲۸±۰/۱۸ ^{ab}	۳۰/۷۸±۰/۳۵ ^a	۵۶/۹۳±۰/۳۵ ^c	۱۳/۴۸±۰/۲۲ ^b	۲۶/۱۷±۰/۳۳ ^{ab}
K ۰/۵	۶۰/۸۸±۰/۳۹ ^a	۱۴/۴۵±۰/۱۴ ^{ab}	۳۰/۶۰±۰/۲۳ ^a	۶۰/۰۹±۰/۲۵ ^b	۱۴/۰۱±۰/۱۶ ^{ab}	۲۷/۰۴±۰/۲۳ ^a
K ۱	۶۱/۸۸±۰/۸۲ ^a	۱۴/۲۸±۰/۱۸ ^{ab}	۳۰/۶۸±۰/۶۵ ^a	۶۱/۴۴±۰/۴۱ ^a	۱۳/۷۴±۰/۱۹ ^b	۲۵/۷۲±۰/۲۲ ^b

تیمارها شامل: CMC ۰/۵: کوفته ماهی حاوی ۰/۵ درصد صمغ کربوکسی‌متیل سلولز افزوده شده به بافت، CMC ۱: کوفته ماهی حاوی ۱ درصد صمغ کربوکسی‌متیل سلولز افزوده شده به بافت، K ۰/۵: کوفته ماهی حاوی ۰/۵ درصد صمغ کتیرا افزوده شده به بافت، K ۱: کوفته ماهی حاوی ۱ درصد صمغ کتیرا افزوده شده به بافت.

داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار با $\pm$ انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنادار در میزان شاخص‌های روشنایی، قرمزی و زردی میان تیمارهای مختلف است.

نتایج حاصل از آنالیز آماری شاخص‌های ارزیابی حسی طعم، بو، رنگ، تردی، بافت، آبداری، خمیری، میزان سختی، قابلیت جویدنی و پذیرش کلی نشان داد که میان تیمارهای مختلف کوفته‌های ماهی سرخ شده،

هیچ‌یک از عوامل حسی مورد سنجش، در مقایسه با هم و نیز با تیمار شاهد، اختلاف معناداری نشان ندادند ($p > 0.05$) (جدول ۵).

جدول ۵ تغییرات شاخص های ارزیابی حسی طی سرخ کردن تیمارهای مختلف کوفته ماهی حاوی صمغ CMC و کتیرا (۰/۵ و ۱ درصد)

شاهد	CMC ۰/۵	CMC ۱	K ۰/۵	K ۱	
طعم	۸/۱۷±۰/۳۶ ^a	۸/۱۰±۰/۴۴ ^a	۷/۴۷±۰/۳۹ ^a	۸/۰۰±۰/۴۰ ^a	۸/۵۰±۰/۳۹ ^a
بو	۷/۸۳±۰/۴۲ ^a	۷/۶۳±۰/۴۸ ^a	۷/۴۳±۰/۴۶ ^a	۷/۵۰±۰/۵۳ ^a	۷/۵۳±۰/۵۴ ^a
رنگ	۸/۹۰±۰/۲۶ ^a	۸/۳۰±۰/۲۷ ^a	۸/۴۷±۰/۳۲ ^a	۸/۳۷±۰/۳۱ ^a	۸/۶۰±۰/۳۲ ^a
تردی	۶/۷۳±۰/۵۳ ^b	۷/۴۷±۰/۳۵ ^{ab}	۷/۴۳±۰/۵۸ ^{ab}	۷/۶۳±۰/۳۷ ^{ab}	۸/۴۰±۰/۳۲ ^a
بافت	۷/۳۷±۰/۴۱ ^a	۶/۹۰±۰/۳۱ ^a	۷/۰۰±۰/۴۰ ^a	۷/۶۰±۰/۴۴ ^a	۷/۸۷±۰/۳۸ ^a
آبداری	۷/۱۰±۰/۴۵ ^{ab}	۶/۶۰±۰/۴۰ ^b	۷/۱۷±۰/۳۴ ^{ab}	۷/۵۰±۰/۴۷ ^{ab}	۷/۹۷±۰/۳۸ ^a
خمیری	۴/۶۷±۰/۵۷ ^a	۵/۸۰±۰/۶۵ ^a	۵/۴۰±۰/۶۶ ^a	۵/۹۷±۰/۵۴ ^a	۶/۱۷±۰/۴۹ ^a
قابلیت جویدنی	۸/۵۳±۰/۵۰ ^a	۷/۴۳±۰/۳۱ ^a	۷/۷۳±۰/۴۳ ^a	۷/۹۳±۰/۳۱ ^a	۸/۴۳±۰/۳۷ ^a
پذیرش کلی	۸/۳۰±۰/۳۱ ^a	۷/۱۷±۰/۴۱ ^a	۷/۶۰±۰/۴۰ ^a	۸/۱۷±۰/۴۱ ^a	۸/۳۰±۰/۲۷ ^a

تیمارها شامل: CMC ۰/۵: کوفته ماهی حاوی ۰/۵ درصد صمغ کربوکسی متیل سلولز افزوده شده به بافت، CMC ۱: کوفته ماهی حاوی ۱ درصد صمغ کربوکسی متیل سلولز افزوده شده به بافت، K ۰/۵: کوفته ماهی حاوی ۰/۵ درصد صمغ کتیرا افزوده شده به بافت، K ۱: کوفته ماهی حاوی ۱ درصد صمغ کتیرا افزوده شده به بافت. داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار با $\pm$ انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنادار میزان شاخص‌های حسی میان تیمارهای مختلف است.

جدول ۶، نتایج بررسی شاخص‌های سختی، چسبندگی، کشسانی، صمغی بودن و قابلیت جویدن را بر روی تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. شاخص‌های اندازه‌گیری شده در تمامی تیمارها در مقایسه با تیمار شاهد، تفاوت معناداری نشان دادند ($p < 0.05$). با افزودن صمغ‌های کربوکسی متیل سلولز و کتیرا میزان سختی بافت نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت و بالاترین میزان سختی بافت در کوفته‌های حاوی ۰/۵ درصد صمغ کتیرا مشاهده شد. میزان چسبندگی و صمغی بودن بافت در تمامی تیمارها بالاتر از شاهد بود. تیمار حاوی ۱ درصد کربوکسی متیل سلولز در بافت، میزان کشسانی و قابلیت جویدن کمتری نسبت به تیمار شاهد نشان داد.

جدول ۶، نتایج بررسی شاخص‌های سختی، چسبندگی، کشسانی، صمغی بودن و قابلیت جویدن را بر روی تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. شاخص‌های اندازه‌گیری شده در تمامی تیمارها در مقایسه با تیمار شاهد، تفاوت معناداری نشان دادند ($p < 0.05$). با افزودن صمغ‌های کربوکسی متیل سلولز و کتیرا میزان سختی بافت نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت و بالاترین میزان سختی بافت در کوفته‌های حاوی ۰/۵ درصد صمغ کتیرا مشاهده شد. میزان چسبندگی و صمغی بودن بافت در تمامی تیمارها بالاتر از شاهد بود. تیمار حاوی ۱ درصد کربوکسی متیل سلولز در بافت، میزان کشسانی و قابلیت جویدن کمتری نسبت به تیمار شاهد نشان داد.

جدول ۶ تغییرات پارامترهای بافت سنجی طی سرخ کردن تیمارهای مختلف کوفته ماهی حاوی صمغ CMC و کتیرا (۰/۵ و ۱ درصد)

تیمار	سختی (N)	چسبندگی	کشسانی	صمغی بودن	قابلیت جویدن
شاهد	۲/۳۲±۰/۲۲ ^c	۰/۲۲±۰ ^c	۹/۶۵±۰/۳۰ ^b	۰/۴۷±۰ ^d	۴/۵۹±۰/۱۶ ^c
CMC ۰/۵	۳/۲۶±۰/۰۹ ^{ab}	۰/۲۷±۰ ^c	۱۱/۱۱±۰/۳۱ ^a	۰/۸۴±۰/۰۶ ^{bc}	۹/۳۲±۰/۴۰ ^b
CMC ۱	۲/۷۸±۰/۰۵ ^{bc}	۰/۲۴±۰ ^d	۸/۰۷±۰/۳۲ ^c	۰/۶۸±۰/۰۲ ^c	۵/۴۶±۰/۲۶ ^c
K ۰/۵	۳/۸۷±۰/۲۵ ^a	۰/۳۳±۰ ^a	۱۱/۴۰±۰/۱۷ ^a	۱/۲۷±۰/۰۷ ^a	۱۴/۴۱±۰/۶۶ ^a
K ۱	۳/۲۰±۰/۳۱ ^{ab}	۰/۲۹±۰/۰۱ ^b	۱۰/۸۵±۰/۱۷ ^a	۰/۹۴±۰/۰۹ ^b	۱۰/۲۲±۰/۹۵ ^b

تیمارها شامل: CMC ۰/۵: کوفته ماهی حاوی ۰/۵ درصد صمغ کربوکسی‌متیل سلولز افزوده شده به بافت، CMC ۱: کوفته ماهی حاوی ۱ درصد صمغ کربوکسی‌متیل سلولز افزوده شده به بافت، K ۰/۵: کوفته ماهی حاوی ۰/۵ درصد صمغ کتیرا افزوده شده به بافت، K ۱: کوفته ماهی حاوی ۱ درصد صمغ کتیرا افزوده شده به بافت. داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار با $\pm$ انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنادار در میزان شاخص‌های بافتی میان تیمارهای مختلف است.

بحث

میزان رطوبت فراورده‌های گوشتی لعاب‌دهی و سوخاری شده پس از سرخ کردن، متأثر از ظرفیت نگهداری آب پروتئین است (Dogan et al., 2005). نتایج نشان می‌دهد نمونه‌های حاوی صمغ کتیرا رطوبت محصول را به خوبی حفظ کرده درحالی‌که تیمارهای حاوی صمغ CMC در مقایسه با شاهد اختلاف معناداری نداشتند. در نمونه‌های سرخ شده مقدماتی و نهایی، کوفته‌های ماهی حاوی ۱ درصد صمغ کتیرا بیشترین میزان رطوبت را نشان دادند. احتمالاً علت افزایش رطوبت، قابلیت بالای نگهداری آب به دلیل حضور گروه‌های هیدروکسیل موجود در ساختار کتیرا است.

میزان رطوبت و چربی در مواد غذایی نسبت معکوس دارند، در نتیجه در صورت ظرفیت نگهداری بالای آب، ماده غذایی طی سرخ شدن چربی کمتری جذب می‌کند. در میان نمونه‌های سرخ شده نهایی، تیمار حاوی ۱ درصد صمغ کربوکسی‌متیل سلولز دارای بالاترین میزان ظرفیت نگهداری آب و کمترین مقدار چربی بود. درصد چربی همه نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد کمتر بود به طوری‌که، نمونه شاهد با میزان چربی ۱۴/۲۸ درصد

به طور معناداری بیشتر از سایر نمونه‌ها محاسبه شد. هیدروکلوئیدها علاوه بر افزایش ظرفیت نگهداری آب، با حبس کردن مولکول‌های آب و از تبخیر رطوبت و جایگزینی آن با روغن در فرایند سرخ کردن جلوگیری می‌کنند. به طور کلی صمغ‌های کربوکسی‌متیل سلولز و کتیرا، با تشکیل پیوند هیدروژنی و ایجاد ژل حرارتی، سدی مقابل خروج رطوبت و ورود روغن طی فرایند سرخ کردن ایجاد می‌کنند که به حفظ و نگهداری آب منجر می‌شوند و در نتیجه با حفظ رطوبت بافت کوفته‌ی ماهی، از خروج آن و جایگزینی رطوبت خارج شده توسط روغن حین سرخ کردن، ممانعت می‌کنند. طبق نتایج حاصل از کاهش میزان جذب روغن، با افزایش درصد صمغ کربوکسی‌متیل سلولز، قدرت و استحکام ژل حرارتی تشکیل شده نیز افزایش می‌یابد، به طوری‌که کوفته‌های ماهی حاوی ۱ درصد صمغ کربوکسی‌متیل سلولز جذب روغن کمتری نشان می‌دهند. این مورد درباره صمغ کتیرا صادق نیست. Gibis و همکاران (2015)، تأثیر درصدهای مختلف دو نوع صمغ کربوکسی‌متیل سلولز و میکرو کریستالین سلولز (MCC) را بر روی کلوچه ماهی^۱ سرخ شده بررسی کردند. نتایج

1. pattie

این بررسی نشان داد با افزایش غلظت کربوکسی متیل سلولز میزان رطوبت افزایش و میزان چربی کاهش می یابد. کاهش چربی در غلظت های بالای CMC مشهودتر گزارش شد، که در این مطالعه روند کاهش میزان چربی با افزایش درصد صمغ افزوده شده با تحقیق حاضر هم راستا است.

با توجه به اینکه بخشی از میزان خاکستر به دست آمده مربوط به سایر مواد تشکیل شده کوفته های ماهی از قبیل ادویه، نمک و آرد سوخاری است، بالاترین میزان خاکستر در تیمار یک درصد کربوکسی متیل سلولز مشاهده شد. خاکستر مواد غذایی مجموعه ای از مواد معدنی موجود در غذا نظیر سدیم، فسفر و آهن است که در گوشت به عنوان ماده خام و یا در سایر مواد تشکیل شده نظیر نمک و ادویه موجود است (Fernandez et al., 2006). تغییرات میزان خاکستر و پروتئین محصولات غذایی برآیند و تابعی از تغییراتی است که در میزان رطوبت و چربی این محصولات رخ می دهد. علاوه بر این، تغییرات میزان خاکستر و پروتئین در این تحقیق می تواند ناشی از تشکیل پوسته روکش دار محکمی باشد که طی مرحله سرخ کردن مقدماتی در اطراف محصول تثبیت شده و منجر به ایجاد نتایج متفاوت این دو شاخص در تیمارهای مختلف شده است.

بازده محصول یکی از شاخص های مهم در محصولات لعاب دهی و سوخاری شده است که با کمیت و مقدار نهایی آنها، ارتباط مستقیم دارد (Das et al., 2008). کمترین میزان بازده محصول در تیمار حاوی ۱ درصد کتیرا مشاهده شد اما به طور کلی، تفاوت چندانی در میان تیمارهای مختلف در مقایسه با شاهد دیده نشد. Das و همکاران (2008) با مطالعه اثر خمیر سویا و گرانول سویا بر کیفیت ناگت خوک بیان کردند که میزان بازده در تیمارهای آزمایشی، مشابه یا بالاتر از تیمار شاهد بود که

دلیل آن ظرفیت نگهداری آب بالا طی فرایند پخت بود. در مطالعه حاضر نیز به استثنای کوفته های ماهی حاوی ۱ درصد صمغ کتیرا، میزان بازده تیمارهای حاوی صمغ مشابه میزان بازده تیمار شاهد بود. شاید بتوان دلیل این امر را پایین بودن میزان ظرفیت نگهداری آب این تیمار دانست که این امر نیز باعث خروج پروتئین های محلول طی سرخ کردن و کاهش میزان پروتئین شد. همان طور که نتایج بررسی تغییرات میزان پروتئین نشان داد، تیمارهای حاوی صمغ کربوکسی متیل سلولز در مقایسه با شاهد اختلاف معناداری نشان ندادند، اما در تیمارهای حاوی کتیرا کاهش میزان پروتئین مشاهده شد. در اثر فرایند سرخ کردن، با کاهش مقدار رطوبت کوفته ها، ظرفیت نگهداری آب کاهش یافته و با خروج پروتئین های محلول، مقدار پروتئین نیز کاهش می یابد. با توجه به میزان ظرفیت نگهداری پایین نمونه های حاوی صمغ کتیرا نسبت به سایر تیمارها، نتایج به دست آمده قابل توجه است.

درصد جذب لعاب به مقداری است که به سطح ماده غذایی می چسبد و عامل مهمی برای محصولات لعاب دهی و سوخاری شده است. ظاهر، تردی و ضخامت روکش سرخ شده نهایی محصول، عوامل تعیین کننده در علاقه و میل حسی به غذاهای روکش دار سرخ شده است و تمام این ویژگی ها ارتباط نزدیکی با درصد جذب لعاب دارند (Varela and Fiszman, 2011). نتایج به دست آمده نشان می دهد تیمار شاهد بیشترین درصد جذب لعاب را داشته است. از آنجایی که تیمارهای حاوی کتیرا میزان رطوبت بالاتری نسبت به سایر تیمارها حفظ کردند، کوفته های ماهی با سطح لغزنده تری ایجاد کرده و در نتیجه میزان جذب لعاب کمتری را نشان دادند. مقدار چروکیدگی بین تیمارهای مختلف اختلاف معناداری نشان نداد که احتمالاً به دلیل افزودن مقادیر ثابت ترکیبات مختلف در فرمولاسیون

لعب و زمان و دمای یکسان سرخ کردن کوفته‌های ماهی کپور نقره‌ای بود.

نتایج رنگ‌سنجی در نمونه‌های سرخ شده مقدماتی و نهایی نشان داد که تغییرات عوامل قرمزی و زردی در راستای هم و تغییرات عوامل روشنایی در جهت عکس آنها رخ داد. طی فرایند سرخ کردن مقدماتی میزان قرمزی و زردی در همه تیمارها اختلاف معناداری با تیمار شاهد نداشتند، اما طی فرایند سرخ کردن نهایی، میزان قرمزی و زردی در تمام تیمارها نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. تغییرات میزان روشنایی در تیمارهای سرخ شده مقدماتی روند کاهشی را نشان داد و کمترین میزان روشنایی در تیمار شاهد مشاهده شد. در تیمارهای سرخ شده نهایی، کوفته‌های حاوی ۰/۵ درصد صمغ‌ها میزان روشنایی مشابهی نسبت به تیمار شاهد نشان دادند درحالی‌که، تیمارهای حاوی ۱ درصد صمغ کربوکسی‌متیل سلولز و تیمارهای حاوی ۱ درصد صمغ کتیرا به‌ترتیب میزان روشنایی پایین‌تر و بالاتری در مقایسه با تیمار شاهد به نمایش گذاشتند.

Lauritzsen و همکاران (2004) ذکر کردند که کاهش مقدار رطوبت می‌تواند منجر به کاهش میزان روشنایی (L^*) گردد. در تحقیق حاضر نیز تیمارهای سرخ شده مقدماتی نسبت به تیمار شاهد مقدار روشنایی بیشتری نشان دادند که ناشی از مقادیر بالاتر رطوبت این تیمارها نسبت به تیمار شاهد بود. در ادامه این روند، میزان قرمزی و زردی که ناشی از رخ دادن واکنش میلارد است نیز، در کوفته‌های ماهی سرخ شده نهایی نسبت به تیمار شاهد دچار کاهش شدند. کوفته‌های حاوی ۱ درصد صمغ کتیرا به‌دلیل حفظ رطوبت بالاتر، دارای میزان روشنایی بالاتری نسبت به تیمار شاهد بودند. از آنجا که تیمارهای حاوی ۱ درصد صمغ کربوکسی‌متیل سلولز، ژل حرارتی تشکیل داده و از

جابه‌جایی و جایگزینی رطوبت و چربی ممانعت به‌عمل می‌آورد، تغییرات رنگ کمتری بروز داده و میزان روشنایی آنها از تیمار شاهد کمتر بود. علت افزایش در میزان قرمزی نمونه‌ها را می‌توان به قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی و فرایند کاراملیزاسیون در روکش طی عمل سرخ کردن عمیق نسبت داد. غیرطبیعی شدن پروتئین‌ها، ژلاتینه شدن نشاسته و واکنش قهوه‌ای شدن لعاب و پوشش آرد سوخاری از جمله تغییرات شیمیایی است که طی فرایند سرخ کردن، باعث ایجاد تغییرات پیچیده در رنگ می‌شوند (Shabanpour and Jamshidi, 2013).

بر اساس ارزیابی حسی انجام گرفته، مقادیر شاخص‌های حسی میان تیمارها یکسان بودند و اختلاف معناداری نشان ندادند. هیدروکلوئیدهای کربوکسی‌متیل سلولز و کتیرا بدون بو و رنگ بوده و از این نظر اثری بر تغییر بو و رنگ تیمارهای کوفته ماهی نداشتند. از طرفی همه نمونه‌ها دارای پوشش سوخاری بودند، که منجر به افزایش دلبذیری و مقبولیت تیمارها در میان ارزیابان شد و تفاوتی نیز در پذیرش حسی رنگ نمونه‌ها دیده نشد. Albert و همکاران (2009) در تحقیقی با افزودن سه نوع هیدروکلوئید به ناگت ماهی دریافتند که هیدرو کلوئیدهای زانتان، نشاسته اکسید شده و مشتقات متیل سلولز بر مزه ناگت ماهی تأثیری نداشتند.

نتایج نشان می‌دهد که نمونه‌های کوفته ماهی حاوی کربوکسی‌متیل سلولز و کتیرا نسبت به شاهد میزان سختی بیشتری را نشان دادند. تحقیقات گذشته ثابت کردند که با افزایش میزان رطوبت ماده غذایی، میزان سختی آن کاهش می‌یابد و کمترین میزان شاخص سختی در محصولی دیده می‌شود که بالاترین مقدار رطوبت را دارد. به‌طور کلی رابطه معکوسی میان میزان رطوبت ماده غذایی و میزان شاخص سختی دیده شده بود. نتایج شاخص میزان سختی

در تحقیق حاضر، بر خلاف نتایج تحقیقات گذشته بود و میان میزان شاخص سختی و مقدار رطوبت محصول رابطه خطی وجود داشت. افزایش میزان سختی در این تیمارها ناشی از حفظ رطوبت بیشتر محصول توسط صمغ‌ها بود و از آنجا که کوفته‌های ماهی حاوی صمغ کتیرا بالاترین مقدار رطوبت را داشتند، بالاترین میزان سختی را نیز به نمایش گذاشتند.

تیمارهای حاوی صمغ، دارای شاخص‌های چسبندگی و صمغی بالاتری نسبت به تیمار شاهد بودند و عملکرد صمغ کتیرا نسبت به صمغ کربوکسی‌متیل سلولز در این شاخص‌ها بهتر بود. به نظر می‌رسد این نتیجه ناشی از وجود مقادیر بالاتر رطوبت در تیمارهای دارای صمغ کتیرا نسبت به تیمارهای دارای صمغ کربوکسی‌متیل سلولز بود. از طرف دیگر، افزایش درصد هر دو صمغ از ۰/۵ درصد به ۱ درصد اثر مثبتی بر شاخص‌های چسبندگی و صمغی بودن بافت کوفته‌های ماهی کپور نقره‌ای نشان نداد.

تیمارهای دارای صمغ کتیرا به دلیل حفظ رطوبت بالاتر و تشکیل شبکه ژلی دارای میزان کشسانی و قابلیت جویدن بالاتری از تیمارهای حاوی صمغ کربوکسی‌متیل سلولز بودند. از آنجا که ویژگی تشکیل ژل قوی و حفظ شبکه ژلی در تیمار حاوی ۱ درصد کربوکسی‌متیل سلولز در بافت بیشتر از سایر تیمارها بود، این تیمار میزان کشسانی و قابلیت جویدن کمتری نشان داد. هر چه میزان ویژگی تشکیل ژل قوی‌تر و شبکه ژلی تشکیل شده مستحکم‌تر باشد، به دلیل ایجاد بافت ژلی در محصول میزان قابلیت جویدن و کشسانی بافت کاهش می‌یابد، که تیمار حاوی ۱ درصد کربوکسی‌متیل سلولز در بافت این مورد را به خوبی نشان داد. Antonova و همکاران در تحقیقی که در سال ۲۰۰۳ روی ناگت مرغ سرخ شده انجام دادند، نشان دادند که ارتباط مستقیمی میان قدرت تشکیل ژل و شاخص‌های رئولوژی محصول مانند سختی،

نیروی برشی و کشسانی وجود دارد. Gao و همکاران (۲۰۱۴) ذکر کردند افزودن ایزوله پروتئین سویا و کاراژینان باعث افزایش سختی بافت کلوچه تهیه شده از گوشت خوک می‌شود که نتایج فوق با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. همچنین آنها اعلام کردند کاراژینان و ایزوله پروتئین سویا تأثیر قابل توجهی بر کشسانی و چسبندگی ندارد که با نتایج تحقیق حاضر یکسان نیست. Haghshenas و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی تأثیر افزودن بتاگلوکان و کربوکسی‌متیل سلولز بر ویژگی‌های حسی و فیزیکی ناگت میگوی فراسودمند دریافتند نمونه‌های حاوی این دو نوع هیدروکلوئید کمترین میزان سختی را نشان دادند که در مطالعه حاضر عکس این حالت مشاهده شد. طبق نتایج به دست آمده، افزودن صمغ‌ها به بافت کوفته ماهی کپور نقره‌ای اثر مثبتی بر کاهش میزان چربی و حفظ رطوبت داشت. صمغ کربوکسی‌متیل سلولز بر عوامل رطوبت تحت فشار و کاهش میزان جذب روغن تأثیر مطلوب‌تری داشت، درحالی‌که صمغ کتیرا بر ویژگی‌های بافتی کوفته ماهی تأثیر مثبتی نشان داد. از طرف دیگر، با افزایش نسبت صمغ‌ها، همه شاخص‌های بافتی دچار کاهش شدند در نتیجه، کاربرد درصد‌های پایین این صمغ‌ها برای بهبود شاخص‌های بافتی و کیفی کوفته ماهی توصیه می‌شود.

منابع

Akter, M., Islami, S.N., Reza, M.S., Shikha, F.H. and Kamal, M. 2013. "Quality evaluation of fish ball prepared from frozen stored striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*)". *Journal of Agroforestry and Environment*, 7(1): 7-10.

Albert, A., Perez-Munuera, B.I., Quilesb, A., Salvadora, A., Fiszmana, S.M. and Hernandob, I. 2009. "Adhesion in fried battered nuggets: Performance of different hydrocolloids as preducts using three cooking procedures". *Food Hydrocolloids*, 23(5):1443-1448.

- Gibis, M., Schuh, V. and Weiss, J. 2015.** "Effects of carboxymethyl cellulose (CMC) and microcrystalline cellulose (MCC) as fat replacers on the microstructure and sensory characteristics of fried beef patties". *Journal of Food Hydrocolloids*, 45: 236-246.
- Haghsheenas, M., Hosseini, H., Nayebzadeh, K., Rashedi, H.R. and Rahmatzadeh, B. 2013.** "Effect of β -glucan and carboxymethyl cellulose on sensory and physical properties of processed shrimp nuggets". *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 8(3): 65-72. (Abstract in English)
- Huda, Nurul., Shen, Yap Hui., Lin Huey, Yong. and Sari Dewi, Ratna. 2010.** "Ingredients, proximate composition, colour and textural properties of commercial Malaysian fish balls". *Pakistan Journal of Nutrition*, 9(12): 1183-1186.
- Lauritszen, K., Akse, L., Gundersen, B. and Olsen, R.L. 2004.** "Effects of calcium, magnesium and pH during salt curing of cod (*Gadus morhua*)". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84: 683-692.
- Masniyom, P., Benjakul, S. and Visessanguan, W. 2005.** "Combination effect of phosphate and modified atmosphere on quality and shelf-life extension of refrigerated seabass slices". *Journal of Food Science and Technology*, 38: 745-756.
- Modi, V.K., Sachindra, N.M., Nagegowda, P. Mehendrakar, N.S. and Rao, D.N. 2007.** "Quality changes during the storage of dehydrated chicken kebab mix". *International Journal of Food Science and Technology*, 42: 827-835.
- Parvaneh, V. 2013.** Quality control and chemical testing of food. Tehran University Press. 354p. (in Persian)
- Primo-Martin, C., Sanz, T., Steringa, D.W., Salvador, A., Fiszman, S.M. and Van Vliet, T. 2010.** "Performance of cellulose derivatives in deep-fried battered snacks: Oil barrier and crispy properties". *Food Hydrocolloids*, 24(8):702-8.
- Razavi Shirazi, H. 2002.** Seafood Technology: Principles handling and Processing. Naghshe Mehr Publications. 292p. (in Persian)
- Shabanpour, B. and Jamshidi, A. 2013.** "Salting and pre-drying effect of treatment on physical properties and the amount of oil uptake in nugget rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)". *Journal of Food Hygiene*, 4(12): 41-53. (in Persian)
- Antonova, I., Mallikarjunan, P. and Duncan S.E. 2003.** "Correlating objective measurements of crispness in breaded fried chicken nuggets with sensory crispness". *Journal of Food Science*, 68(4): 1308-15.
- AOAC International. 2002.** In: P. Cunniff (Ed.), Official methods of analysis of AOAC international (16th edition). Gaithersburg, MD, USA: AOAC International.
- Chen, Ch.L., Li, P.Y., Hu, W.H., Lan, M.H., Chen, M.J. and Chen, H.H. 2008.** "Using HPMC to improve crust crispness in microwave-reheated battered mackerel nuggets: Water barrier effect of HPMC". *Food Hydrocolloids*, 22: 1337-1344.
- Daraei Garmakhany, A., Mirzaei, H., Kashani Nejad, M. and Maghsodlu, Y. 2009.** "Use of hydrocolloids as edible covers, to produce low fat potato chips". *Journal of Agriculture Science and Natural Resource*, 15(6): 170-175. (Abstract in English)
- Das, A.K., Anjaneyulu, A.S.R., Gadekar, Y.P., Singh, R.P. and Pragati, H. 2008.** "Effect of full-fat soy paste and textured soy granules on quality and shelf-life of goat meat nuggets in frozen storage". *Meat Science*, 80: 607-614.
- Demirci, Z.O., Yilmaz, I. and Demirci, A.S. 2011.** "Effects of xanthan, guar, carrageenan and locust bean gum addition on physical, chemical and sensory properties of meatballs". *Journal of Food Science and Technology*, 51(5): 936-942.
- Dogan S.F., Sahin S. and Sumnu G. 2005.** "Effects of soy and rice flour addition on batter rheology and quality of deep-fat fried chicken nuggets". *Journal of Food Engineering*, 71: 127-132.
- Farahnaki, A., Majzobi, M. and Mesbahi, Gh. 2009.** Properties of hydrocolloids in food and pharmaceutical applications. Publication of Iran Agricultural Sciences, 230p. (in Persian)
- Fernandez-Lopez, J., Jimenez, S., Sayas-Barbera, E., Sendra, E. and Perez-Alvarez, J. A. 2006.** "Quality characteristics of ostrich (*Struthio camelus*) burgers". *Meat Science*. 73(2): 295-303.
- Gao, X., Zhang, W. and Zhou, G. 2014.** "Emulsion stability, thermo-rheology and quality characteristics of ground pork patties prepared with soy protein isolate and carrageenan". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, doi: 10.1002/jsfa.7023.

Varela, P. and Fizman, S.M. 2011. "Review: Hydrocolloids in fried food". *Journal of Food Hydrocolloids*, 25: 1801-1812.

Venugopal, V. 2006. Seafood Processing. CRC Press, 485p.

Siddique, M.A., Nowsad, A.A.K.M., Islam, M.N., Uddin, M.S., Faroque, M.A.A. and Yeasmine, S. 2013. "Quality and shelf life of fish sausage and fish ball prepared from Bombay duck". *Bangladesh Research Publications Journal*, 8: 41-48.

Effects of adding different percentages of carboxymethyl cellulose and tragacanth gum on textural and sensory characteristics of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fried fish ball

Sahar Mousavi Beni¹, Seyed Mehdi Ojagh^{*2}, Alireza Alishahi³

1-M.Sc. Student, Department of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

2-Associate Professor, Department of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

3- Assistant Professor, Department of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received : 21.08.2015 Accepted : 24.11.2015

*Corresponding Author: Mahdi_ojagh@yahoo.com

Abstract:

Carboxymethyl cellulose (CMC) and tragacanth gums at 0.5 and 1% levels % were added to the fish balls from silver carp to improve the its texture and sensory characteristics. The proximate composition, physical factors (batter pick-up, product yield, shrinkage and oil absorption reduction), sensory analysis and textural properties of fried balls were compared with the control treatment. All treatments showed less fat and oil absorption rate ($p > 0.05$) compared to the control treatment. Treatment containing 1% tragacanth gum showed the highest levels of wet, lightness, hardness and springiness, while treatment containing 1% CMC showed the highest product yield and lowest amounts of expressible water, fat, lightness, oil absorption and springiness ($p > 0.05$). Overall, the performance of tragacanth gum on the texture characteristics was more desirable than CMC gum. All textural index decreased in treatments containing 1% gum. Hence, the use of low levels of the gums is recommended.

Keywords: Fish balls, Carboxymethyl cellulose, Tragacanth, Textural characteristics, Silver carp