

(مقاله پژوهشی)

اثر قوام‌یابی و افزودن صمغ‌های کربوکسی‌متیل سلولز و کتیرا بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کوفته تولیدی از ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*)

سید مهدی اجاق^{1*}، سحر السادات موسوی بنی²، علیرضا عالیشاهی³، انیسه جمشیدی⁴، عصمت محمدی²، معظمه کردجزی³

- 1-دانشیار، گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
 2-کارشناسی ارشد، گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
 3-استادیار، گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
 4- دانشجوی دکتری، گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ پذیرش: 1396/10/10

تاریخ دریافت: 1396/01/24

چکیده

در این مطالعه به منظور بهبود قدرت تولید ژل مینس ماهی ویژگی‌های بافتی کوفته تولیدی، از دو نوع صمغ CMC و کتیرا در غلظت 0/5 درصد و قوام‌یابی در دما (4، 25، 40 درجه سانتی‌گراد) و زمان‌های مختلف (16، 5، 3، 1، 0/5 ساعت) استفاده شد و آنالیزهای فیزیکی، شیمیایی و حسی روی کوفته ماهی کپور نقره‌ای انجام شد. تیمار حاوی 0/5 درصد صمغ CMC بیشترین میزان جذب لعاب، بازده محصول، محتوای پروتئین و ظرفیت نگهداری آب را از خود نشان داد در حالی که تیمار حاوی 0/5 درصد صمغ کتیرا بیشترین میزان شاخص‌های بافتی، رطوبت و خاکستر در دماهای متوسط و بالای قوام‌یابی از خود نشان داد. انعقاد در دمای 4 درجه سانتی‌گراد کمترین تاثیر را بر میزان چروکیدگی محصول داشته و میان سایر دماها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین میزان روشنایی، قرمزی و زردی در تیمارهای حاوی 0/5 درصد صمغ CMC پس از فرآیند سرخ کردن مقدماتی مشاهده شد در حالی که این شاخص‌ها پس از سرخ کردن نهایی، در نمونه‌های حاوی 0/5 درصد صمغ کتیرا بیشترین میزان را نشان داد. در نمونه‌های سرخ شده مقدماتی، تیمار شاهد و تیمار حاوی 0/5 درصد CMC و قوام یافته در دمای 25 درجه سانتی‌گراد به مدت 5 ساعت به ترتیب بیشترین و کمترین میزان چربی را نشان داد. از میان شاخص‌های حسی، تنها فاکتور تردی در کوفته ماهی حاوی 0/5 درصد CMC و قوام یافته در 25 درجه سانتی‌گراد به مدت 5 ساعت اختلاف معنی‌دار نشان داد ($P < 0/05$) و میان سایر شاخص‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. طبق نتایج این مطالعه، کاربرد صمغ کتیرا و قوام‌یابی در دمای بالا (40 درجه سانتی‌گراد) جهت بهبود شاخص‌های بافتی و کیفی کوفته ماهی توصیه می‌گردد.

واژه های کلیدی: کوفته ماهی، کربوکسی‌متیل سلولز، کتیرا، قوام‌یابی، ویژگی‌های بافتی

1- مقدمه

هیدروکلوئیدهای غذایی یا صمغ‌ها بیوپلیمرهای آبدوست با وزن مولکولی بالا می‌باشند که می‌توانند ویژگی‌های رئولوژیکی و بافتی سیستم‌های غذایی را بهبود بخشند و کاربرد گسترده‌ای در صنعت فرآوری مواد غذایی پیدا کرده‌اند و به عنوان مواد عملکردی در صنایع غذایی به کار گرفته می‌شوند (10). کربوکسی‌متیل سلولز از مشتقات سلولز بوده و صمغی سنتتیک با خاصیت تشکیل ژل و حفظ شبکه ژلی خود و در طی فرآیند حرارتی به عنوان سدی در مقابل خروج آب و ورود روغن به محصول عمل می‌کند (1). صمغ کتیرا از نوعی گیاه به نام گون به دست می‌آید که می‌توان از آن به عنوان پایدارکننده، امولسیفایر و قوام‌دهنده در صنایع غذایی مورد استفاده قرار داد (11). هدف از انجام این مطالعه بررسی اثر صمغ‌های کربوکسی‌متیل سلولز، کتیرا و قوام‌یابی بر قدرت تشکیل ژل و ویژگی‌های بافتی کوفته تولیدی از ماهی کپور نقره‌ای می‌باشد.

2- مواد و روش‌ها

این آزمایشات با تولید کوفته از ماهی کپور نقره‌ای و انجام آزمایشات فیزیکی، شیمیایی و حسی روی کوفته‌های تولیدی به اجرا در آمد. به منظور تولید کوفته، ماهیان کپور نقره‌ای با وزن تقریبی 1000 ± 20 گرم به صورت تازه از بازار ماهی فروشان شهر گرگان، خریداری شده و با یخ پوشی مناسب با نسبت 1 به 3 توسط یونولیت به آزمایشگاه فرآوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انتقال داده شد. پس از شستشو با آب، ماهیان به ترتیب تحت مراحل جدا کردن سر و دم، تخلیه امعا و احشا، پوست‌گیری و فیله کردن به صورت دستی قرار گرفتند. فیله‌های حاصل پس از شستشو، به کمک دستگاه چرخ گوشت با قطر منافذ سه میلی‌متری (Germany Bocsh, MFW 1550) چرخ شده و مینس ماهی تولید شد. کوفته حاوی 65 درصد گوشت چرخ شده ماهی (12) با سایر ترکیبات فرمولاسیون در غذا ساز به خوبی مخلوط شد (جدول 1)، سپس به صورت دستی به شکل گرد (وزن 15 گرم) تهیه گردید. نمونه‌ها آرد زنی شده، در لعاب غوطه ور شده و پس از چکیدن لعاب اضافی پس از مدت یک دقیقه،

ماهی منبع غنی از پروتئین با قابلیت هضم آسان و ارزش بیولوژیک بالا می‌باشد که قادر به فراهم‌سازی ویتامین‌ها، مواد معدنی و اسیدهای چرب ضروری مورد نیاز بدن بوده به همین دلیل از جایگاه خاصی برخوردار می‌باشد. ماهی کپور نقره‌ای از مهمترین گونه‌های آب شیرین است، که به علت هزینه پایین تولید، رشد سریع، مقاومت در برابر بیماری و استرس به میزان زیادی در سیستم پرورش توام ماهیان، پرورش می‌یابد (6). این ماهی دارای گوشت سفید با ارزش تغذیه‌ای بالا بوده اما به دلیل بوی نامناسب و وجود استخوان‌های ریز و بین عضله‌ای، جز ماهیان کم مصرف به شمار می‌روند (7). بنابراین تولید فرآورده‌های متنوع از این ماهی برای ترویج مصرف آن ضروری به نظر می‌رسد. یکی از مهمترین پیشرفت‌های سال‌های اخیر تهیه فرآورده‌های دارای ارزش افزوده از ماهیان کم مصرف است که این فرآورده‌ها به مجموع محصولاتی گفته می‌شود که به کمک انواع مختلف فرآوری انسانی یا مکانیکی از ماده غذایی اولیه تهیه می‌شوند و از نظر ظاهر، بافت، طعم و بو با مواد اولیه خود متفاوت هستند و در عین حال از ارزش تغذیه‌ای بالایی برخوردار می‌باشند. سوریمی یا خمیر ماهی از جمله محصولات ارزش افزوده می‌باشد که برای تولید فرآورده‌های متنوعی همچون ناگت ماهی، برگر ماهی، کوفته ماهی، و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد. کوفته ماهی به عنوان محصولی شیلاتی با ارزش تغذیه‌ای بالا، از مخلوط مینس ماهی به همراه نشاسته، ادویه و سبزیجات یا بدون آن‌ها تهیه شده که به صورت گرد شکل‌دهی می‌شود (8). قوام‌یابی ژل می‌تواند نتایج کاربردی در تولید فرآورده‌های حاصل از مینس و سوریمی داشته باشد و به عنوان روشی برای افزایش قدرت بافتی حالت ارتجاعی محصول نهایی مورد استفاده قرار گیرد. قوام‌یابی ژل می‌تواند در سه دوره حرارتی مختلف شامل: دمای پایین (0 تا 4 درجه سانتی‌گراد)، متوسط (25 درجه سانتی‌گراد) و بالا (40 درجه سانتی‌گراد) رخ دهد. متغیرهای حرارت و زمان در پدیده قوام‌یابی تاثیر زیادی دارند. همچنین گونه ماهی، دمای زیستگاه و شرایط قوام‌یابی نیز می‌توانند موثر باشند (9).

(17) و متغیر L^* برای بیان شاخص روشنایی گوشت از 0 (بعد سیاهی) تا 100 (بعد سفیدی)، شاخص a^* برای بیان بعد قرمزی-سبزی ($+a^*$ نشان دهنده قرمزتر و $-a^*$ نشان دهنده سبزتر) و شاخص b^* برای بیان بعد زرد-آبی ($+b^*$ نشان دهنده زردتر و $-b^*$ نشان دهنده آبی‌تر) می‌باشد. آزمون تجزیه نیم‌رخ بافت (TPA^4) با کمک دستگاه Texture analyzer LFRA 4500 (Brook field) برای آنالیز بافت کوفته ماهی انجام شد. میزان ظرفیت نگهداری آب به روش داس و همکاران (15)، انجام شد. 5 گرم نمونه کوفته ماهی، وزن شده و در کاغذ صافی واتمن پیچیده شد. نمونه درون لوله سانتریفیوژ 50 میلی‌متری گذاشته شد و به مدت 5 دقیقه با دور 1500 rpm سانتریفیوژ گردید. بلافاصله پس از سانتریفیوژ، گوشت از کاغذ صافی خارج شده و مجدداً توزین شد و مقدار آب آزاد (رطوبت تحت فشار) از فرمول زیر محاسبه گردید. مقدار آب آزاد با ظرفیت نگهداری آب نسبت معکوس داشته و کمترین مقدار آب آزاد، با بالاترین مقدار ظرفیت نگهداری آب برابر است.

رابطه 4

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

در ارزیابی حسی به منظور ارزیابی شاخص‌های رنگ، بافت، تردی، طعم، بو، ظاهر و پذیرش کلی کوفته‌های ماهی تولیدی از روش آکتیر⁵ و همکاران (18) با کمی تغییرات استفاده شد. کوفته‌ها به مدت 3 دقیقه در سرخ کن تحت دمای 180 درجه سانتی‌گراد در روغن آفتابگردان سرخ شدند و توسط 15 نفر از ارزیابان نیمه آموزش دیده شامل دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، مورد ارزیابی قرار گرفتند. ارزیابان به شاخص‌های حسی بر اساس جدول، از یک تا ده امتیاز دادند (ضعیف: 1-3، متوسط: 4-7، عالی: 8-10).

با آرد سوخاری صنعتی دانه متوسط پوشانده شدند. پس از کامل شدن روکش، کوفته‌ها با استفاده از روغن گیاهی آفتابگردان به مدت 30 ثانیه در سرخ کن تحت دمای 180 ± 5 درجه سانتی‌گراد به روش سرخ کردن عمیق سرخ شدند و مورد آنالیز قرار گرفتند. میزان رطوبت کوفته‌های سرخ شده مقدماتی و نهایی براساس روش پروانه (2) انجام شد. اندازه‌گیری محتوای پروتئین با دستگاه کجلدال انجام شد (13). اندازه‌گیری چربی به روش سوکسله با استفاده از حلال پترولیوم اتر صورت گرفت (12). درصد جذب لعاب به روش چن¹ و همکاران (14) انجام شد. برای تعیین مقدار لعاب چسبیده شده به سطح کوفته‌های ماهی، کوفته هر تیمار انجمادزایی شد، جداگانه وزن شدند، سپس آرد زنی اولیه، لعاب دهی شده و مجدداً وزن شدند. درصد جذب لعاب طبق فرمول زیر محاسبه گردید.

رابطه 1

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

بازده محصول به روش داس² و همکاران (15)، انجام شد. کوفته‌ها قبل و بعد از سرخ کردن نهایی توزین شد. مقدار بازده محصول طبق فرمول زیر به صورت درصد محاسبه گردید.

رابطه 2

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

میزان چروکیدگی به روش مودی³ و همکاران (16)، انجام شد. قطر کوفته هر تیمار قبل و بعد از سرخ کردن نهایی اندازه‌گیری شد و به کمک رابطه زیر مقدار چروکیدگی محاسبه گردید.

رابطه 3

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

آزمون رنگ سنجی تیمارهای مختلف کوفته‌های سرخ شده مقدماتی و نهایی به کمک دستگاه رنگ سنج (Lovibond CAM-system, England 500) مورد آنالیز قرار گرفتند

1- Chen

2- Das

3- Modi

4-Texture Profile Analysis

5-Akter

جدول 1- ترکیبات تیمارهای مختلف کوفته ماهی

تیمار 0/5 درصد کتیرا قوام یابی شده در										تیمار شاهد	ترکیبات (درصد)
تیمار 0/5 درصد CMC قوام یابی شده در											
40°C	25°C	25°C	25°C	4°C	40°C	25°C	25°C	25°C	4°C		
30	5	3	1	16	30	5	3	1	16		
دقیقه	ساعت	ساعت	ساعت	ساعت	دقیقه	ساعت	ساعت	ساعت	ساعت		
20/3	20/3	20/3	20/3	20/3	20/3	20/3	20/3	20/3	20/3	20/8	سیب زمینی
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	آرد سوخاری
0/7	0/7	0/7	0/7	0/7	0/7	0/7	0/7	0/7	0/7	0/7	پودر سیر
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	نمک
0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	ادویه/فلفل
0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0	صمغ

1-2- آنالیز آماری

برای انجام این تحقیق از طرح آماری فاکتوریل (دو نوع صمغ در پنج سطح دما و زمان انعقاد) با کمک نرم افزار SPSS استفاده شد. همچنین برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال $\alpha = 0/05$ استفاده شد. برای آنالیز داده‌های حسی از آزمون‌های ناپارامتری کروسکال‌والیس (برای مقایسه چند گروه) و من‌ویتنی (برای مقایسه دو گروه با یکدیگر) استفاده شد.

3- نتایج و بحث

درصد جذب لعاب، بازده محصول و میزان چروکیدگی در جدول 2 نشان داده شده است. افزودن صمغ و اعمال دما جهت قوام‌یابی بر میزان جذب لعاب تاثیر معنی‌دار داشت ($P < 0/05$). تیمار حاوی 0/5 درصد صمغ CMC و قوام یافته در دمای 40 درجه سانتی‌گراد بیشترین مقدار جذب لعاب را نشان داد. میان سایر تیمار صمغ‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین میزان جذب لعاب، در

تیمار حاوی 0/5 درصد صمغ کتیرا و قوام یافته در دمای 25 درجه سانتی‌گراد به مدت 3 ساعت مشاهده شد. نتایج بررسی میزان بازده محصول نشان داد که افزودن صمغ و عمل قوام‌یابی تاثیر معنی‌داری بر این فاکتور داشت ($P < 0/05$). بیشترین میزان بازده محصول در انعقاد در دمای 25 درجه سانتی‌گراد به مدت 1 ساعت و 0/5 درصد صمغ CMC مشاهده شد. میان صمغ‌ها اختلاف چندانی مشاهده نشد. تیمار دارای CMC و قوام یافته در دمای 25 درجه سانتی‌گراد به مدت 3 ساعت کمترین مقدار بازده را نشان داد که اختلاف معنی‌داری با شاهد ندارد. تاثیر صمغ‌های افزوده شده و قوام‌یابی بر میزان چروکیدگی کوفته ماهی پس از سرخ کردن نهایی نشان داد که انعقاد در دمای 4 درجه سانتی‌گراد کمترین تاثیر را بر میزان چروکیدگی محصول داشته و میان سایر دماها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در بررسی تاثیر متقابل صمغ و دما، تیمار حاوی کتیرا و قوام یافته در دمای 40 درجه سانتی‌گراد به مدت 30 دقیقه بیشترین میزان چروکیدگی را نشان داد.

جدول 2- مقادیر درصد بازده محصول، میزان جذب لعاب و چروکیدگی طی سرخ کردن تیمارهای مختلف کوفته ماهی قوام یافته و حاوی صمغ کربوکسی‌متیل سلولز و کتیرا (0/5 درصد).

تیماها	درصد جذب لعاب	بازده محصول	چروکیدگی
شاهد	12/20±0/36 ^{bcd}	89/03±0/17 ^d	1/12±0/05 ^{defg}
0/5 CMC قوام‌یابی در 4°C، 16 ساعت	11/54±0/70 ^{cdef}	90/33±0/19 ^{bc}	1/27±0/32 ^{bcdefg}
0/5 CMC قوام‌یابی در 25°C، 1 ساعت	12/86±0/48 ^{abc}	92/59±0/09 ^a	2/24±0/44 ^{abcd}
0/5 CMC قوام‌یابی در 25°C، 3 ساعت	8/92±0/93 ^{hi}	88/35±0/05 ^d	1/53±0/47 ^{bcdefg}
0/5 CMC قوام‌یابی در 25°C، 5 ساعت	11/89±0/66 ^{cde}	88/59±0/17 ^d	1/30±0/30 ^{bcdefg}
0/5 CMC قوام‌یابی در 40°C، 30 دقیقه	14/09±0/47 ^a	91/51±0/48 ^{ab}	1/15±0/21 ^{cdefg}
0/5 کتیرا قوام‌یابی در 4°C، 16 ساعت	11/64±0/36 ^{cdef}	90/18±0/19 ^c	0/55±0/21 ^g
0/5 کتیرا قوام‌یابی در 25°C، 1 ساعت	8/97±0/24 ^{ghi}	90/92±0/30 ^{bc}	1/87±0/45 ^{abcdef}
0/5 کتیرا قوام‌یابی در 25°C، 3 ساعت	8/22±0/49 ⁱ	90/61±0/11 ^{bc}	0/98±0/21 ^{fg}
0/5 کتیرا قوام‌یابی در 25°C، 5 ساعت	12/83±0/67 ^{abc}	90/66±0/23 ^{bc}	1/84±0/21 ^{abcdef}
0/5 کتیرا قوام‌یابی در 40°C، 30 دقیقه	11/30±0/40 ^{cdef}	91/25±0/18 ^{bc}	2/27±0/35 ^{abc}

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است. داده‌هایی که در یک ستون با حروف مختلف نشان داده شده‌اند اختلاف معنی‌دار دارند (P<0/05).

حاوی صمغ کتیرا بیشترین میزان را نشان داد. از لحاظ دما، بیشترین میزان روشنایی و قرمزی در تیمارهای سرخ شده مقدماتی قوام یافته در 4 درجه سانتی‌گراد مشاهده شد اما تیمار قوام یافته در 40 درجه سانتی‌گراد بیشترین میزان زردی را نشان داد. در میان تیمارهای سرخ شده نهایی، دمای 25 درجه سانتی‌گراد به مدت 3 ساعت کمترین میزان روشنایی و زردی و بیشترین مقدار قرمزی را نشان داد.

افزودن صمغ و اعمال دما جهت قوام‌یابی بر شاخص‌های رنگ سنجی تاثیر معنی‌دار داشت (P<0/05). نتایج رنگ سنجی کوفته‌های ماهی پس از فرآیند سرخ کردن مقدماتی و نهایی در جدول 3 و 4 ارائه شده است. بیشترین میزان روشنایی، قرمزی و زردی در تیمارهای حاوی صمغ CMC پس از فرآیند سرخ کردن مقدماتی مشاهده شد در حالیکه این شاخص‌ها پس از سرخ کردن نهایی، در نمونه‌های

جدول 3 - تغییرات شاخص‌های رنگ سنجی طی سرخ کردن مقدماتی و نهایی تیمارهای مختلف کوفته ماهی قوام یافته و حاوی صمغ کربوکسی‌متیل سلولز و کتیرا (0/5 درصد)

سرخ کردن مقدماتی			تیماها
b	a	L	
31/04±0/14 ^{abc}	13/92±0/18 ^{ghi}	58/29±0/31 ^{ghij}	شاهد
30/94±0/39 ^{abcd}	14/45±0/23 ^{bcde}	62/23±0/33 ^{ijkl}	0/5 CMC قوام‌یابی در 4°C، 16 ساعت
30/15±0/30 ^{abcdef}	14/63±0/23 ^{abc}	63/28±0/65 ^{cde}	0/5 CMC قوام‌یابی در 25°C، 1 ساعت
28/22±0/52 ^{ijk}	13/74±0/23 ^{ab}	60/04±0/68 ^{bc}	0/5 CMC قوام‌یابی در 25°C، 3 ساعت
29/27±0/33 ^{efghij}	14/19±0/34 ^{cdefg}	68/94±0/45 ^{fghi}	0/5 CMC قوام‌یابی در 25°C، 5 ساعت
31/30±0/30 ^{ab}	14/45±0/19 ^{bcd}	62/83±0/53 ^a	0/5 CMC قوام‌یابی در 40°C، 30 دقیقه
27/98±0/50 ^{jk}	13/83±0/23 ^{hij}	64/30±0/41 ^{hijk}	0/5 کتیرا قوام‌یابی در 4°C، 16 ساعت
28/41±0/55 ^{hijk}	13/83±0/48 ^{bcdef}	62/59±0/50 ^b	0/5 کتیرا قوام‌یابی در 25°C، 16 ساعت
28/67±0/60 ^{fghijk}	13/39±0/21 ^{bcdef}	61/32±0/44 ^{bcde}	0/5 کتیرا قوام‌یابی در 25°C، 3 ساعت
30/07±0/27 ^{bcdefg}	14/10±0/27 ^{defgh}	60/83±0/48 ^{def}	0/5 کتیرا قوام‌یابی در 25°C، 5 ساعت
31/64±0/41 ^a	15/08±0/26 ^{bcd}	62/98±0/47 ^{efg}	0/5 کتیرا قوام‌یابی در 40°C، 30 دقیقه

جدول 4- تغییرات شاخص های رنگ سنجی طی سرخ کردن مقدماتی و نهایی تیمارهای مختلف کوفته ماهی قوام یافته و حاوی صمغ کربوکسی متیل سلولوز و کتیرا (0/5 درصد)

سرخ کردن نهایی			
b*	a*	L*	تیمارها
26/94±0/34 ^{ef}	14/63±0/19 ^{defg}	59/87±0/36 ^h	شاهد
26/78±0/27 ^f	14/99±0/28 ^{cde}	62/10±0/50 ^{efg}	CMC 0/5 قوام یابی در 16.4°C ساعت
26/88±0/26 ^f	14/63±0/19 ^{defg}	62/91±0/44 ^{ef}	CMC 0/5 قوام یابی در 1.25°C ساعت
26/88±0/12 ^f	16/41±0/34 ^a	52/80±0/37 ^j	CMC 0/5 قوام یابی در 3.25°C ساعت
27/90±0/25 ^{bcd}	14/99±0/21 ^{cde}	57/52±0/60 ⁱ	CMC 0/5 قوام یابی در 5.25°C ساعت
28/41±0/36 ^{bc}	14/19±0/25 ^{fgh}	60/70±0/66 ^{gh}	CMC 0/5 قوام یابی در 40.30°C دقیقه
27/29±0/31 ^{def}	14/72±0/22 ^{defg}	62/53±0/51 ^{ef}	0/5 کتیرا قوام یابی در 16.4°C ساعت
27/40±0/15 ^{def}	15/17±0/13 ^{bcd}	62/95±0/28 ^{def}	0/5 کتیرا قوام یابی در 1.25°C ساعت
27/48±0/18 ^{def}	14/81±0/16 ^{cdef}	65/88±0/62 ^a	0/5 کتیرا قوام یابی در 3.25°C ساعت
29/35±0/23 ^a	15/17±0/33 ^{bcd}	63/53±0/60 ^{bcd}	0/5 کتیرا قوام یابی در 5.25°C ساعت
29/35±0/27 ^a	15/79±0/21 ^{ab}	64/40±0/45 ^{bcd}	0/5 کتیرا قوام یابی در 30.40°C دقیقه

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است. داده هایی که در یک ستون با حروف مختلف نشان داده شده اند اختلاف معنی دار دارند (P<0/05).

سختی، افزودن صمغ به تیمارها اختلاف معنی دار نشان داد اما قوام یابی و تاثیر همزمان صمغ و دما اختلاف معنی داری نداشتند (P>0/05). تیمارهای حاوی صمغ کتیرا و قوام یافته در دمای 40 درجه سانتی گراد بیشترین میزان را در شاخص های بافت سنجی نشان دادند.

جدول 5 نتایج بررسی تاثیر صمغ و دما روی پارامترهای سختی¹، چسبندگی²، فنریت³، صمغی بودن⁴ و مقاومت به جویدن⁵ را نشان می دهد. افزودن صمغ و اعمال دما جهت قوام یابی بر شاخص های بافت سنجی به استثنای شاخص سختی تاثیر معنی دار داشت (P<0/05). در مورد میزان

- 1-Hardiness
- 2-Adhesiveness
- 3-Springiness
- 4-Gumminess
- 5-Chewiness

جدول 5- تغییرات پارامترهای بافت سنجی طی سرخ کردن تیمارهای مختلف کوفته ماهی قوام یافته و حاوی صمغ CMC و کتیرا (0/5).

تیمارها	سختی	چسبندگی	فنریت	صمغی بودن	مقاومت به جویدن
شاهد	2/32±0/22 ^{def}	0/22±0/00 ^h	9/65±0/30 ^{defgh}	0/47±0/00 ^j	4/59±0/16 ^g
0/5 CMC قوام‌یابی در 16, 4°C ساعت	3/12±0/43 ^{bcde}	/33±0/00 ^{ab}	11/19±0/40 ^{ab}	1/16±0/07 ^c	11/55±0/17 ^c
0					
0/5 CMC قوام‌یابی در 25°C، 1 ساعت	2/95±0/31 ^{bcdef}	0/27±0/01 ^e	9/18±0/07 ^{fgh}	0/80±0/10 ^{fgh}	7/36±0/83 ^{de}
0/5 CMC قوام‌یابی در 25°C، 3 ساعت	3/08±0/29 ^{bcde}	0/25±0/01 ^f	9/87±0/31 ^{cdefg}	0/78±0/11 ^{fgh}	7/69±0/88 ^d
0/5 CMC قوام‌یابی در 25°C، 5 ساعت	2/86±0/20 ^{cdef}	/30±0/01 ^{cd}	9/66±0/23 ^{defgh}	0/84±0/04 ^{efg}	8/16±0/50 ^d
0					
0/5 CMC قوام‌یابی در 40°C، 30 دقیقه	3/39±0/32 ^{bc}	0/32±0/00 ^b	10/49±0/10 ^{abcd}	1/09±0/10 ^c	11/41±0/96 ^c
0/5 کتیرا قوام‌یابی در 16, 4°C ساعت	2/97±0/24 ^{bcdef}	/29±0/01 ^{de}	9/60±0/30 ^{defgh}	0/75±0/02 ^{fgh}	8/10±0/83 ^d
0					
0/5 کتیرا قوام‌یابی در 25°C، 1 ساعت	3/44±0/20 ^{bc}	/33±0/00 ^{ab}	10/50±0/14 ^{abcd}	1/10±0/03 ^c	11/58±0/42 ^c
0					
0/5 کتیرا قوام‌یابی در 25°C، 3 ساعت	3/58±0/30 ^{bc}	/30±0/00 ^{cd}	/34±0/11 ^{abcde}	1/06±0/10 ^{cd}	11/01±0/15 ^c
0			10		
0/5 کتیرا قوام‌یابی در 25°C، 5 ساعت	3/85±0/17 ^{ab}	0/35±0/00 ^a	11/16±0/10 ^{ab}	1/35±0/04 ^b	15/05±0/42 ^b
0/5 کتیرا قوام‌یابی در 40°C، 30 دقیقه	4/44±0/13 ^a	0/34±0/00 ^a	11/34±0/03 ^a	1/58±0/02 ^a	17/94±0/24 ^a

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است. داده‌هایی که در یک ستون با حروف مختلف نشان داده شده‌اند اختلاف معنی‌دار دارند (P<0/05).

دمای 25 درجه سانتی‌گراد به مدت 5 ساعت به ترتیب بیشترین و کمترین میزان چربی را نشان داد. در تیمارهای سرخ شده نهایی، نمونه حاوی صمغ کتیرا و CMC قوام یافته در دمای 4 درجه سانتی‌گراد به مدت 16 ساعت بیشترین میزان چربی را نشان دادند. میان دماهای مختلف اختلاف قابل توجهی مشاهده نشد. میزان پروتئین، خاکستر و ظرفیت نگهداری آب نمونه‌های مختلف در جدول 7 قابل مشاهده است. میزان پروتئین کوفته‌های حاوی صمغ و قوام یافته اختلاف معنی‌داری داشتند (P<0/05). بیشترین میزان پروتئین، در تیمار حاوی CMC و منعقد شده در دمای 25 درجه سانتی‌گراد به مدت 3 ساعت مشاهده شد. کوفته ماهی دارای کتیرا و قوام یافته در دمای 40 درجه سانتی‌گراد کمترین مقدار پروتئین را نشان داد. نتایج نشان داد که

نتایج بررسی میزان رطوبت کوفته‌های سرخ شده مقدماتی و نهایی در جدول 6 نشان داده شده است. تاثیر صمغ و قوام‌یابی بر این فاکتور معنی‌دار می‌باشد (P<0/05). در نمونه‌های سرخ شده مقدماتی و نهایی بیشترین میزان رطوبت در تیمار حاوی صمغ کتیرا و قوام یافته در دمای 40 درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. تیمار حاوی CMC و قوام یافته در دمای 25 درجه سانتی‌گراد به مدت 3 ساعت، در میان نمونه‌های سرخ شده مقدماتی و نهایی کمترین میزان رطوبت را نشان داد که این تیمار در مقایسه با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد. قوام‌یابی و افزودن صمغ بر میزان رطوبت کوفته‌های سرخ شده مقدماتی و نهایی تاثیر معنی‌دار داشت (P<0/05) (جدول 6). در نمونه‌های سرخ شده مقدماتی، تیمار شاهد و تیمار حاوی CMC و قوام یافته در

در درمای 40 درجه سانتی گراد، بیشترین تاثیر را بر این فاکتور داشته است. بررسی نتایج مقادیر ظرفیت نگهداری آب میان تیمارهای مختلف کوفته ماهی، تفاوت معنی داری نشان داد ($P < 0/05$). بالاترین میزان ظرفیت نگهداری آب در تیمار حاوی صمغ CMC و منعقد شده در دمای 25 درجه سانتی گراد به مدت 5 ساعت مشاهده شد. کمترین مقدار رطوبت تحت فشار به معنی بالاترین مقدار ظرفیت نگهداری آب است.

افزودن صمغ و اعمال دما جهت قوام یابی، تاثیر معنی داری بر میزان خاکستر نمونه های سرخ شده نهایی داشت ($P < 0/05$). اثر صمغ بر میزان خاکستر در نمونه های سرخ شده مقدماتی، اختلاف معنی داری نشان نداد ($P > 0/05$). بیشترین میزان خاکستر در نمونه های سرخ شده مقدماتی و نهایی در کوفته دارای کتیرا و قوام یافته در 40 درجه سانتی گراد مشاهده شد. بدین ترتیب نتایج نشان می دهد قوام یابی

جدول 6- مقادیر درصد رطوبت و چربی طی سرخ کردن مقدماتی و نهایی تیمارهای مختلف کوفته ماهی قوام یافته و حاوی صمغ CMC و کتیرا (0/5 درصد)

سرخ کردن نهایی		سرخ کردن مقدماتی		تیمارها
چربی	رطوبت	چربی	رطوبت	
14/28±0/04 ^{ab}	51/16±0/08 ^{efgh}	10/78±0/42 ^a	57/38±0/06 ^j	شاهد
14/76±0/27 ^a	51/37±0/59 ^{efgh}	8/98±0/19 ^{def}	58/30±0/06 ^{ghi}	CMC 0/5 قوام یابی در 4°C، 16 ساعت
13/19±0/19 ^{cd}	52/15±0/26 ^{cdef}	8/07±0/43 ^{gh}	57/94±0/17 ⁱ	CMC 0/5 قوام یابی در 25°C، 1 ساعت
12/46±0/14 ^{de}	49/16±0/13 ⁱ	9/37±0/10 ^{cde}	57/41±0/17 ^j	CMC 0/5 قوام یابی در 25°C، 3 ساعت
13/95±0/09 ^{abc}	50/59±0/48 ^h	8/06±0/35 ^{gh}	59/82±0/05 ^b	CMC 0/5 قوام یابی در 25°C، 5 ساعت
13/73±0/11 ^{abc}	52/41±0/28 ^{bcde}	10/18±0/04 ^{ab}	58/38±0/11 ^{efgh}	CMC 0/5 قوام یابی در 40°C، 30 دقیقه
14/70±0/18 ^a	51/16±0/30 ^{efgh}	8/54±0/06 ^{fg}	59/72±0/00 ^{bc}	0/5 کتیرا قوام یابی در 4°C، 16 ساعت
14/46±0/34 ^a	50/81±0/27 ^{gh}	9/98±0/03 ^{bc}	58/02±0/43 ^{hi}	0/5 کتیرا قوام یابی در 25°C، 1 ساعت
13/98±0/21 ^{abc}	51/85±0/21 ^{cdefg}	8/81±0/01 ^{ef}	59/26±0/06 ^d	0/5 کتیرا قوام یابی در 25°C، 3 ساعت
13/38±0/18 ^{bcd}	52/39±0/18 ^{bcde}	10/17±0/17 ^{ab}	59/76±0/16 ^b	0/5 کتیرا قوام یابی در 25°C، 5 ساعت
14/26±0/19 ^{ab}	52/91±0/20 ^{bc}	10/07±0/05 ^b	59/86±0/11 ^b	0/5 کتیرا قوام یابی در 40°C، 30 دقیقه

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است. داده هایی که در یک ستون با حروف مختلف نشان داده شده اند اختلاف معنی دار دارند ($P < 0/05$).

جدول 7- مقادیر درصد پروتئین، ظرفیت نگهداری آب و خاکستر طی سرخ کردن مقدماتی و نهایی تیمارهای مختلف کوفته ماهی قوام یافته و حاوی صمغ کربوکسی‌متیل سلولز و کتیرا (0/5 درصد)

تیمارها	پروتئین	خاکستر پیش سرخ	خاکستر سرخ شده نهایی	رطوبت تحت فشار (عکس WHC)
شاهد	15/26±0/23 ^{bcde}	97/30±0/23 ^{efg}	147±0/09 ^{bcdef}	8/11±0/21 ^{cdef}
97				
0/5 CMC قوام‌یابی در 4°C، 16 ساعت	14/71±0/05 ^{efgh}	98/13±0/09 ^{abcde}	97/63±0/20 ^{abcd}	6/57±0/22 ^{fgh}
0/5 CMC قوام‌یابی در 25°C، 1 ساعت	14/62±0/00 ^{fghij}	96/50±0/08 ^g	97/30±0/17 ^{def}	8/42±0/56 ^{cde}
0/5 CMC قوام‌یابی در 25°C، 3 ساعت	16/11±0/05 ^a	98/20±0/35 ^{abcd}	97/40±0/11 ^{cdef}	6/61±0/39 ^{efgh}
0/5 CMC قوام‌یابی در 25°C، 5 ساعت	14/82±0/23 ^{cdefg}	97/60±0/11 ^{bcdef}	97/27±0/26 ^{def}	5/76±0/73 ^{gh}
0/5 CMC قوام‌یابی در 40°C، 30 دقیقه	14/04±0/28 ^{jk}	97/97±0/14 ^{abcdef}	97/80±0/06 ^{abc}	7/03±0/78 ^{defgh}
0/5 کتیرا قوام‌یابی در 4°C، 16 ساعت	14/65±0/13 ^{fghi}	97/43±0/20 ^{def}	97/30±0/06 ^{def}	10/39±0/64 ^{ab}
0/5 کتیرا قوام‌یابی در 25°C، 1 ساعت	15/09±0/38 ^{cdef}	97/30±0/06 ^{efg}	97/40±0/11 ^{cdef}	7/18±0/19 ^{defg}
0/5 کتیرا قوام‌یابی در 25°C، 3 ساعت	15/32±0/00 ^{bcd}	97/50±0/06 ^{def}	97/30±0/17 ^{def}	9/33±0/06 ^{bc}
0/5 کتیرا قوام‌یابی در 25°C، 5 ساعت	14/27±0/10 ^{ghijk}	97/33±0/09 ^{ef}	97/10±0/17 ^f	7/86±0/40 ^{cdef}
0/5 کتیرا قوام‌یابی در 40°C، 30 دقیقه	13/77±0/38 ^k	98/40±0/06 ^{ab}	98/00±0/00 ^a	6/90±0/33 ^{efgh}

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است. داده‌هایی که در یک ستون با حروف مختلف نشان داده شده‌اند اختلاف معنی‌دار دارند (P<0/05).

جدول‌های 8- تغییرات شاخص‌های ارزیابی حسی طی سرخ کردن تیمارهای مختلف کوفته ماهی قوام یافته و حاوی صمغ کربوکسی‌متیل سلولز و کتیرا (0/5 درصد)

تیمارها	طعم	بو	رنگ	تردی	بافت
شاهد	8/17±0/36 ^a	7/83±0/42 ^{ab}	8/90±0/26 ^a	6/73±0/53 ^c	7/37±0/41 ^{ab}
0/5 CMC قوام‌یابی در 4°C، 16 ساعت	6/67±0/37 ^{bc}	7/07±0/49 ^{ab}	8/27±0/34 ^{ab}	7/20±0/49 ^{abc}	6/87±0/40 ^{abc}
0/5 CMC قوام‌یابی در 25°C، 1 ساعت	6/83±0/38 ^{abc}	7/77±0/38 ^{ab}	8/80±0/24 ^{ab}	7/17±0/32 ^{abc}	6/93±0/38 ^{abc}
0/5 CMC قوام‌یابی در 25°C، 3 ساعت	7/40±0/39 ^{abc}	7/27±0/47 ^{ab}	8/87±0/24 ^{ab}	7/67±0/41 ^{abc}	7/53±0/32 ^a
0/5 CMC قوام‌یابی در 25°C، 5 ساعت	6/90±0/41 ^{abc}	7/13±0/57 ^{ab}	8/47±0/31 ^{ab}	8/33±0/32 ^a	7/13±0/52 ^{ab}
0/5 CMC قوام‌یابی در 40°C، 30 دقیقه	6/93±0/46 ^{abc}	7/00±0/38 ^{ab}	8/47±0/32 ^{ab}	7/13±0/42 ^{abc}	7/07±0/38 ^{abc}
0/5 کتیرا قوام‌یابی در 4°C، 16 ساعت	7/23±0/53 ^{abc}	7/13±0/39 ^{ab}	7/83±0/42 ^b	7/37±0/26 ^{abc}	7/00±0/41 ^{abc}
0/5 کتیرا قوام‌یابی در 25°C، 1 ساعت	7/60±0/36 ^{abc}	7/33±0/43 ^{ab}	8/60±0/27 ^{ab}	7/60±0/31 ^{abc}	7/20±0/35 ^{ab}
0/5 کتیرا قوام‌یابی در 25°C، 3 ساعت	7/67±0/41 ^{abc}	7/33±0/45 ^{ab}	8/27±0/31 ^{ab}	7/07±0/45 ^{abc}	7/07±0/30 ^{abc}
0/5 کتیرا قوام‌یابی در 25°C، 5 ساعت	7/20±0/27 ^{abc}	7/27±0/57 ^{ab}	8/40±0/30 ^{ab}	6/93±0/43 ^{bc}	7/33±0/21 ^{ab}
0/5 کتیرا قوام‌یابی در 40°C، 30 دقیقه	7/37±0/41 ^{abc}	7/13±0/53 ^{ab}	8/40±0/32 ^{ab}	6/67±0/61 ^c	7/20±0/34 ^{ab}

جدول 9- تغییرات شاخص های ارزیابی حسی طی سرخ کردن تیمارهای مختلف کوفته ماهی قوام یافته و حاوی صمغ کربوکسی- متیل سلولز و کتیرا (0/5 درصد)

تیمارها	آبداری	خمیری	قابلیت جویدنی	پذیرش کلی
شاهد	7/10±0/45 ^a	4/67±0/57 ^{bcde}	8/53±0/50 ^a	8/30±0/31 ^a
CMC 0/5 قوام یابی در 4°C، 16 ساعت	7/13±0/50 ^a	4/47±0/54 ^{cde}	8/20±0/37 ^{ab}	7/23±0/36 ^{abc}
CMC 0/5 قوام یابی در 25°C، 1 ساعت	7/07±0/42 ^a	4/47±0/60 ^{cde}	8/20±0/40 ^{ab}	7/43±0/37 ^{abc}
CMC 0/5 قوام یابی در 25°C، 3 ساعت	7/33±0/42 ^a	5/10±0/28 ^{abcde}	8/20±0/31 ^{ab}	7/97±0/26 ^{ab}
CMC 0/5 قوام یابی در 25°C، 5 ساعت	7/00±0/35 ^a	4/43±0/61 ^{cde}	7/83±0/41 ^{ab}	7/00±0/49 ^{abc}
CMC 0/5 قوام یابی در 40°C، 30 دقیقه	7/20±0/47 ^a	4/77±0/55 ^{bcde}	7/27±0/46 ^{ab}	7/17±0/40 ^{abc}
0/5 کتیرا قوام یابی در 4°C، 16 ساعت	6/90±0/42 ^a	4/90±0/52 ^{bcde}	7/57±0/39 ^{ab}	7/03±0/41 ^{abc}
0/5 کتیرا قوام یابی در 25°C، 1 ساعت	6/90±0/32 ^a	6/17±0/48 ^{abc}	7/63±0/32 ^{ab}	7/77±0/36 ^{abc}
0/5 کتیرا قوام یابی در 25°C، 3 ساعت	7/17±0/34 ^a	5/97±0/50 ^{abcd}	7/77±0/32 ^{ab}	7/53±0/23 ^{abc}
0/5 کتیرا قوام یابی در 25°C، 5 ساعت	6/63±0/41 ^a	6/33±0/28 ^{ab}	7/60±0/25 ^{ab}	7/60±0/29 ^{abc}
0/5 کتیرا قوام یابی در 40°C، 30 دقیقه	7/03±0/30 ^a	5/70±0/42 ^{abcde}	6/93±0/31 ^b	7/03±0/32 ^{abc}

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است. داده هایی که در یک ستون با حروف مختلف نشان داده شده اند اختلاف معنی دار دارند ($P < 0/05$).

داد. این نتیجه برای شاخص های فنریت و مقاومت به جویدن نیز صدق می کند. فنریت یکی از ویژگی های مهم و شناخته شده کوفته ماهی می باشد و به معنای توانایی محصول در بازگشتن به حالت اولیه هنگام فشردن است (19). تیمارهای دارای صمغ کتیرا به دلیل حفظ رطوبت بالاتر و تشکیل شبکه ژلی میزان فنریت و مقاومت به جویدن بالاتری از تیمارهای حاوی صمغ کربوکسی متیل سلولز دارا بودند. هرچه میزان چسبندگی ژل تولیدی بیشتر باشد، میزان فنریت نیز افزایش می یابد (20). آنتونو¹ و همکاران (21) در تحقیقی که روی ناگت مرغ سرخ شده انجام دادند، نشان دادند که ارتباط مستقیمی میان قدرت تشکیل ژل و شاخص های رئولوژی محصول مانند سختی، نیروی برشی و فنری بودن وجود دارد. جانو² و همکاران (22) ذکر کردند کاراژینان و ایزوله پروتئین سویا تاثیر قابل توجهی بر فنریت و چسبندگی کلوچه تهیه شده از گوشت خوک نداشت که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت ندارد که می تواند

نتایج نشان داد که تاثیر اعمال دما و تاثیر توام قوام یابی و صمغ بر شاخص سختی اختلاف معنی داری نداشت ($P > 0/05$). چسبندگی به معنی تغییر شکل رخ داده طی گاز زدن محصول می باشد (19). تیمارهای حاوی صمغ، شاخص های چسبندگی و صمغی بودن بالاتری نسبت به تیمار شاهد دارا بودند و عملکرد صمغ کتیرا نسبت به صمغ کربوکسی متیل سلولز در این شاخص ها بهتر بود. به نظر می رسد این نتیجه ناشی از وجود مقادیر بالاتر رطوبت در تیمارهای دارای صمغ کتیرا نسبت به تیمارهای دارای صمغ کربوکسی متیل سلولز بود. دمای بهینه قوام یابی در گونه های مختلف ماهی متفاوت است. عمدتاً به دلیل میوزین یا اکتومیوزین که بستر واکنش را فراهم می کنند، بسته به گونه ماهی ثبات حرارتی متفاوتی وجود دارد (20). با افزایش دمای قوام یابی، هر دو شاخص چسبندگی و صمغی بودن افزایش یافت بنابراین انعقاد در دمای بالا (40 درجه سانتی گراد) بیشترین میزان چسبندگی و صمغی بودن را نشان

1-Antonova

2- Gao

ناشی از اختلاف در نوع ترکیب مورد استفاده باشد. حق شناس و همکاران (3). با بررسی تاثیر افزودن بتاگلوکان و کربوکسی‌متیل سلولز بر ویژگی‌های حسی و فیزیکی ناگت میگوی فراسودمند دریافتند نمونه‌های حاوی این دو نوع هیدروکلونید کمترین میزان سختی را نشان دادند که در مطالعه حاضر عکس این حالت مشاهده شد که می‌تواند به دلیل اختلاف در نوع هیدروکلونید و مواد مورد استفاده باشد. میزان رطوبت فرآورده‌های گوشتی لعاب‌دهی و سوخاری شده پس از سرخ کردن، متأثر از ظرفیت نگهداری آب پروتئین می‌باشد (23). نتایج نشان می‌دهد نمونه‌های حاوی صمغ کتیرا رطوبت محصول را به خوبی حفظ کرده در حالیکه تیمارهای حاوی صمغ CMC در مقایسه با شاهد اختلاف معنی داری نداشتند. در نمونه‌های سرخ شده مقدماتی و نهایی، کوفته‌های ماهی حاوی 0/5 درصد صمغ کتیرا بیشترین میزان رطوبت را نشان داد. احتمالاً علت افزایش رطوبت، قابلیت بالای نگهداری آب به دلیل حضور گروه‌های هیدروکسیل موجود در ساختار کتیرا است. مویدی و همکاران (4). تاثیر افزودن سطوح مختلف صمغ کتیرا به نان را بررسی کردند و دریافتند افزودن کتیرا و افزایش سطوح آن باعث افزایش رطوبت نان‌ها شد. بررسی میزان رطوبت تیمارهای قوام یافته نشان داد که دمای 40 °C بیشترین مقدار رطوبت را در میان سایر تیمارها دارد که احتمالاً به دلیل قرار گرفتن در آب جهت انعقاد و جذب آب توسط محصول می‌باشد. 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 0/5 درصد صمغ کربوکسی‌متیل سلولز دارای بالاترین میزان ظرفیت نگهداری آب و کمترین مقدار چربی بود. درصد چربی کلیه نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد کمتر بود به طوریکه، نمونه شاهد با میزان چربی 14/28

درصد بطور معنی‌داری بیشتر از سایر نمونه‌ها محاسبه شد. هیدروکلونیدها علاوه بر افزایش ظرفیت نگهداری آب، با حبس کردن مولکول‌های آب، از تبخیر رطوبت و جایگزین شدن آن با روغن در فرایند سرخ کردن، جلوگیری می‌کنند. بطور 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 کرده که منجر به حفظ و نگهداری آب شده و در نتیجه با حفظ رطوبت بافت کوفته‌ی ماهی، از خروج آن و جایگزینی رطوبت خارج شده توسط روغن حین سرخ کردن، ممانعت کردند. تغییرات میزان خاکستر و پروتئین محصولات غذایی برآیند و تابعی از تغییراتی است که در میزان رطوبت و میزان چربی این محصولات رخ می‌دهد. علاوه بر این، تغییرات میزان خاکستر و پروتئین در این تحقیق می‌تواند ناشی از تشکیل پوسته‌ی روکش‌دار 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 گردیده است. تیمارهای قوام یافته در دمای 25 °C بیشترین میزان پروتئین را نشان دادند و بهترین زمان انعقاد، 3 ساعت مشخص شد. طبق نتایج بدست آمده، قوام‌یابی در دمای بالا موجب کاهش میزان پروتئین می‌شود که با نتایج مورالس¹ و همکاران (24) مطابقت دارد. همانطور که نتایج بررسی تغییرات میزان پروتئین نشان داد، تیمارهای حاوی صمغ کربوکسی‌متیل سلولز در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان ندادند، اما در تیمارهای حاوی کتیرا کاهش میزان پروتئین مشاهده شد. در اثر فرایند سرخ کردن، با کاهش مقدار رطوبت کوفته‌ها، ظرفیت نگهداری آب کاهش یافته و با خروج پروتئین‌های محلول، مقدار پروتئین نیز کاهش می‌یابد. با توجه به میزان ظرفیت نگهداری پایین نمونه‌های حاوی صمغ کتیرا نسبت به سایر تیمارها، نتایج حاصله قابل

در دمای 40 درجه سانتی گراد دادند. آلبرت² و همکاران (27) در تحقیقی با اضافه کردن سه نوع هیدروکلونید به ناگت ماهی دریافتند که هیدرو کلونیدهای زانتان، نشاسته اکسید شده و مشتقات متیل سلولز بر مزه ناگت ماهی تأثیری نداشتند. حسینی و همکاران (5) نیز با بررسی تأثیر میکرو کریستالین سلولز بر روی همبرگر به این نتیجه رسیدند که تیمارها از نظر پذیرش کلی تفاوت معنی داری با نمونه شاهد نداشتند.

4- نتیجه گیری

طبق نتایج بدست آمده، افزودن صمغ‌ها به بافت کوفته ماهی کپور نقره‌ای اثر مثبتی بر کاهش میزان چربی و حفظ رطوبت داشت. صمغ کربوکسی متیل سلولز بر فاکتورهای کیفی کوفته ماهی مانند ظرفیت نگهداری آب، کاهش میزان جذب روغن، بازده محصول و درصد جذب لعاب تأثیر مطلوب تری داشت، در حالیکه صمغ کتیرا بر ویژگی‌های بافتی کوفته ماهی تأثیر مثبتی نشان داد. تأثیر دمای بالا (40 درجه سانتی گراد) بر ویژگی‌های بافتی محصول مطلوب تر بود. در مورد فاکتورهای بازده محصول، چروکیدگی، چربی و پروتئین، قوام‌یابی در دمای متوسط و پایین نتایج بهتری نشان داد. طبق نتایج حاصل از رنگ سنجی، کوفته قوام یافته در دمای متوسط و حاوی 0/5 درصد کتیرا روشنایی بیشتری داشته است. طبق نتایج این مطالعه، هیدروکلونیدها بخصوص صمغ کتیرا را می‌توان به عنوان ترکیبات بهبود دهنده شاخص‌های بافتی و کیفی در کارخانجات فرآوری محصولات شیلاتی مورد استفاده قرار داد.

5- منابع

1. مقصودی، ش. 1381. فرمولاسیون و تولید فرآورده‌های کم چرب گوشتی و کره گیاهی. نشر علوم کشاورزی تهران، 120 ص.
2. پروانه، و. 1392. کنترل کیفی و آزمایش‌های شیمیایی مواد غذایی. انتشارات دانشگاه تهران. 332 ص.

توجیه می‌باشد. با توجه به اینکه بخشی از میزان خاکستر به دست آمده مربوط به سایر مواد متشکله کوفته‌های ماهی از قبیل ادویه، نمک و آرد سوخاری می‌باشد، بالاترین میزان خاکستر در تیمار یک درصد کربوکسی متیل سلولز مشاهده شد. همچنین دمای 40 درجه سانتی گراد بیشترین تأثیر را بر میزان خاکستر نشان داد. خاکستر مواد غذایی مجموعه‌ای از مواد معدنی موجود در غذا نظیر سدیم، فسفر و آهن بوده که در گوشت به عنوان ماده خام و یا در سایر مواد متشکله نظیر نمک و ادویه موجود می‌باشد (25). ظرفیت نگهداری آب، توانایی یک ژل پروتئین برای حفظ آب در برابر نیروی گرانشی تعریف می‌شود (26). طبق مطالعات انجام شده، هیدروکلونیدها در جذب و نگهداری آب نیز نقش دارند. تیمار حاوی 1 درصد صمغ CMC نقش بیشتری در نگهداری آب داشته است. مشتقات سلولزی به دلیل داشتن طبیعت پلیمری، توانایی به دام انداختن مقدار زیادی آب (مانند اسفنج) را دارا هستند (20). حرارت‌دهی بالا و یا حرارت‌دهی طولانی مدت باعث جدایی آب و کاهش ظرفیت نگهداری آن می‌شود. در بررسی اثر متقابل صمغ و قوام‌یابی، نتایج نشان می‌دهد تیمار حاوی 1 درصد صمغ CMC و قوام یافته در دمای 4 درجه سانتی گراد بیشترین میزان ظرفیت نگهداری آب را دارد. داس¹ و همکاران (15) گزارش کردند واکنش‌های پروتئین- پروتئین و پروتئین-آب می‌تواند ظرفیت نگهداری محصولات گوشتی را تحت تأثیر قرار دهد. براساس ارزیابی حسی انجام گرفته، مقادیر شاخص‌های حسی به استثنای تردی در نمونه‌های قوام یافته، یکسان بودند و اختلاف معنی داری نشان ندادند. هیدروکلونیدهای کربوکسی متیل 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 دلپذیری و مقبولیت تیمارها در میان ارزیابان شد و تفاوتی نیز در پذیرش حسی رنگ نمونه‌ها دیده نشد. در مورد تردی نمونه‌ها، ارزیابان امتیاز کمتری به کوفته حاوی 0/5 درصد کتیرا و منعقد شده

- international (16th edition). Gaithersburg, MD, USA: AOAC International.
14. 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.
 15. Das, A. K., Anjaneyulu, A. S. R., Gadekar, Y. P., Singh, R. P. and Pragati, H. 2008. Effect of fullfat soy paste and textured soy granules on quality and shelf-life of goat meat nuggets in frozen storage. *Meat Science*, 80: 607–614.
 16. 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.
 17. 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.
 18. 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.
 19. Noordin, W. N., Shunmugam, N. and Huda, N. 2014. Application of salt solution and vacuum packaging in extending the shelf life of cooked fish balls for home and retail uses. *Journal of Food Quality*, 13(6): 444-452.
 20. Park, J. W. 2005. *Surimi and surimi seafood* (second edition). CRC Press, Taylor and Francis Group. 923p.
 21. 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.
 22. Gao, X. Q., Zhang, W. G. and Zhou, G. H. 2015. 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*, 95(14), 2832-2837.
 23. 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: 127-130
 3. حق شناس، م.، حسینی، ه.، نایب‌زاده، ک.، راشدی، ح. ر. و رحمت‌زاده، ب. 1392. تأثیر افزودن بتاگلوکان و کربوکسی‌متیل سلولز بر ویژگی‌های حسی و فیزیکی ناگت میگوی فراسودمند. *مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*، 3: 65-72.
 4. مویدی، س.، صادقی ماهونک، ع.، عزیزی، م. ح. و مقصدلو، ی. 1392. بررسی اثر صمغ کتیرا بر ویژگی‌های کیفی نان حجیم. *فصلنامه علوم و صنایع غذایی*، 38 (10): 103-112.
 5. حسینی، ف.، میلانی، الف. و بلوریان، ش. 1390. تأثیر میکروکریستالین سلولز به عنوان جایگزین چربی بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی، بافتی و حسی همبرگر کم چرب. *نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی*، 3: 371-378.
 6. Barrera, A. M., Ramirez, J. A., Gonzalez-Cabriales, J. J. and Vazquez, M. 2002. Effect of pectins on the gelling properties of surimi from silver carp. *Journal of Food Hydrocolloids*, 16: 441-447.
 7. Váradi, L. 1995. Equipment for the production and processing of carp. *Aquaculture*, 129(1): 443-466.
 8. Tee, E. T. and Siow, L. F. 2014. Physical and sensory properties of frozen Spanish mackerel (*Scomberomorus guttatus*) fish balls added with cryoprotectants. *Food Bioprocess Technol*, 7: 3442–3454.
 9. Benjakul, S., Visessanguan, W. and Chantarasuwan, C. 2003. Effect of medium temperature setting on gelling characteristic of surimi from some tropical fishes. *Journal of Food Chemistry*, 82: 567–574.
 10. Kohajdová, Z. and Karovičová, J. 2009. Application of hydrocolloids as baking improvers. *Chemical Papers*, 63(1): 26-38.
 11. Farahnaki, A., Majzobi, M. and Mesbahi, G. h. 2009. Properties of hydrocolloids in food and pharmaceutical applications. *Publication of Iran Agricultural Sciences*, 230p.
 12. 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.
 13. AOAC International. 2002. In: P. Cunniff (Ed.), *Official methods of analysis of AOAC*

Sensory attributes of haddock balls affected by added fish protein isolate and frozen storage. *Journal of Sensory Studies*, 25: 316–331.

27. Albert, A., Perez-Munuera, I., Quiles, A., Salvador, A., Fiszman, S. M. and Hernando, I. 2009. Adhesion in fried battered nuggets: performance of different hydrocolloids as predest using three cooking procedures. *Journal of Food Hydrocolloids*, 23: 1443-1448.

24. Morales, O., Demian, I. and Ramirez, J. 2001. Surimi of fish species from the Gulf of Mexico: evaluation of the setting phenomenon. *Journal of Food Chemistry*, 75: 43-48

25. 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.

26. Shaviklo, G. R., Arason, S., Thorkelsson, G., Sveinsdottir, K. and Martinsdottir, E. 2009.

(Original Research Paper)

The Effect of Setting, Carboxymethyl Cellulose and Tragacanth Gums on Physicochemical and Sensorial properties of Silver Carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) Ball

Seyyed Mehdi Ojagh^{1*}, Sahar Mousavi Beni², Alireza Alishahi³, Anise Jamshidi⁴, Esmat mohammadi², Moazzameh Kordjazi³

1-Associate Professor, Department of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

2-MSc. Student of Department of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

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

4-Ph.D Student of Department of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Received:13/04/2017

Accepted:31/12/2017

Abstract

In this study, in order to improve the strength of producing minced gel and textural characteristics of its ball, two kind of gums including carboxymethyl cellulose and tragacanth gum at 0.5 % level and setting at different temperatures (4°C, 25°C, 40°C) and times (0.5, 1, 3, 5, 16 h) and then physical, chemical and sensorial analyses were conducted on silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) balls. The treatment containing 0.5% CMC gum showed the highest levels of glazing absorption, product yield, protein content and water-holding capacity, while the treatment containing 0.5% tragacanth gum showed the highest levels of textural indicators, moisture and ash at moderate and high temperatures setting. Coagulation at 4°C showed the lowest effect on shrinkage and no significant difference among the other temperatures. The highest levels of lightness, redness and yellowness was observed at the treatment containing 0.5% CMC gum after pre-fried, while these indicators after final frying in the treatment containing 0.5% tragacanth gum showed the highest levels. In pre-fried samples, control and treatment containing 0.5% CMC and coagulated at 25°C for 5 hours showed the highest and the lowest of fat. Among the sensorial indicators, the only factor of brittleness in the fish ball containing 0.5% CMC and coagulation at 25°C for 5 hours showed a significant difference ($P < 0.05$) and no significant difference among other indicators. According to the results, the use of tragacanth gum and coagulation at high temperature (40°C) to improve the textural and qualitative indicators of the fish ball is recommended.

Keywords: Fish ball, Carboxymethyl Cellulose, Tragacanth, Setting, Textural Characteristics

*Corresponding Author: Mahdi_ojagh@yahoo.com

