

استفاده از کیتوزان و کربوکسی متیل سلولز جهت افزایش تردی روکش ناگت ماهی پس از فرآیند پخت با مایکروویو

علیرضا عالیشاهی^{۱*}، سید مهدی اجاق^۲، بهاره شعبانپور^۳، سجاد ایزدی^۴

- ۱- استادیار گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
 ۲- دانشیار گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
 ۳- استاد گروه فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
 ۴- دانشجوی کارشناسی ارشد فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
 (تاریخ دریافت: ۹۳/۰۹/۰۸ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۳/۱۰)

چکیده

مایکروویو یکی از سریع‌ترین و آسان‌ترین روش‌های پخت مواد غذایی می‌باشد. ولی گرم کردن فرآورده‌های سوخاری مانند ناگت ماهی با مایکروویو به دلیل انتقال بخار آب داخلی به لایه سطحی موجب نرم شدن روکش ترد آن‌ها می‌شود. هدف از این پژوهش بررسی اثر محلول‌های هیدروکلونیدی شامل کیتوزان و کربوکسی متیل سلولز در غلظت‌های ۱ و ۲ درصد بر بافت و سایر خواص کیفی ناگت ماهی پس از پخت با مایکروویو بود. ناگت‌های ماهی در محلول‌های هیدروکلونیدی غوطه‌ور شدند و سپس به ترتیباً آرد گندم و لعاب پوشش دهی شدند. همه نمونه‌ها در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ دقیقه در روغن آفتابگردان سرخ شدند. پس از فرآیند سرخ کردن، نمونه‌ها بسته‌بندی و در فریزر ۲۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند و پس از یک هفته، در مایکروویو با فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز و توان ۷۰۰ وات به مدت ۲ دقیقه گرم شدند. نتایج نشان داد که پوشش دهی ناگت ماهی با محلول‌های هیدروکلونیدی باعث افزایش بازده محصول و افزایش چسبندگی روکش می‌گردد ($P < 0.05$). محلول کربوکسی متیل سلولز با غلظت ۲ درصد بیشترین تأثیر را در کاهش جذب روغن و بهبود بافت نهایی ناگت ماهی داشت ($P < 0.05$). پوشش دهی ناگت ماهی با محلول‌های هیدروکلونیدی در غلظت ۲ درصد اثر معنی‌داری بر افزایش میزان روشنایی روکش داشت ($P < 0.05$). نتایج ارزیابی حسی نشان داد که نمونه‌های پوشش دهی شده با محلول کربوکسی متیل سلولز در غلظت ۲ درصد بیشترین پذیرش کلی را داشتند.

کلید واژگان: تردی، کیتوزان، کربوکسی متیل سلولز، مایکروویو، ناگت ماهی

*مسئول مکاتبات: alishahi@gau.ac.ir

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر مصرف فرآورده‌های سوخاری به دلیل برخورداری از روکش ترد و رنگ و طعم جذاب در بین جوامع مختلف افزایش چشمگیری داشته است. ناگت ماهی دارای یک بخش درونی آبدار و یک روکش خارجی ترد و طلایی‌رنگ است که محبوبیت زیادی در بین مصرف‌کنندگان سراسر دنیا دارد [۱].

روش پخت با مایکروویو یکی از سریع‌ترین و آسان‌ترین روش‌های پخت مواد غذایی می‌باشد. مکانیسم پخت ماده غذایی درون مایکروویو بر اساس حرارت ایجاد شده در اثر چرخش مولکول‌های دو قطبی به‌ویژه مولکول آب در مجاورت امواج الکترومغناطیسی است [۲]. استفاده از روش سرخ کردن عمیق در روغن داغ رایج‌ترین روش گرم کردن ناگت ماهی توسط مصرف‌کنندگان است. از روش پخت با مایکروویو نیز می‌توان جهت گرم کردن ناگت ماهی و سایر فرآورده‌های سوخاری استفاده کرد اما مشکل اصلی این روش نرم شدن بافت نهایی فرآورده است [۳ و ۴]. در روش پخت با مایکروویو قسمت داخلی ناگت ماهی به دلیل آبدار بودن زودتر از قسمت سطحی گرم می‌شود. بنابراین با آزاد شدن بخارهای آب از قسمت داخلی و انتقال به لایه سطحی روکش ترد ناگت به تدریج نرم‌تر از هم گسسته می‌شود [۵ و ۶].

تعیین فرمولاسیون بهینه لعاب ناگت ماهی و استفاده از بسته‌بندی ساسپتور^۱ (بسته‌بندی مخصوص فرآورده‌های سوخاری) دو روش پیشنهادی توسط Albert و همکاران (۲۰۰۹) جهت بهبود تردی روکش ناگت ماهی پس از فرآیند پخت با مایکروویو می‌باشد [۳]. همچنین استفاده از پوشش‌های هیدروکلوئیدی در این فرآورده‌ها می‌تواند با ممانعت از انتقال بخارهای آب داخلی به روکش ترد موجب بهبود کیفیت محصولات سوخاری شود [۵، ۷ و ۸].

کربوکسی متیل سلولز از جمله مشتقات سلولزی است که به دلیل دارا بودن خاصیت تشکیل فیلم در طی حرارت دهی

می‌تواند مانع خروج رطوبت در طی فرآیند حرارتی گردد [۸]. کیتوزان پس از سلولز فراوان‌ترین پلی ساکارید موجود در طبیعت است. کیتوزان تجاری اغلب از استیل‌زدایی کیتین موجود در پوسته سخت‌پوستان استخراج می‌شود [۹]. در سال‌های اخیر کیتوزان به دلیل ویژگی‌های منحصر به فردش کاربرد فراوانی در بخش‌های مختلف صنایع غذایی دارد، اما تاکنون هیچ تحقیقی روی اثر کیتوزان به‌عنوان یک پوشش هیدروکلوئیدی جهت بهبود کیفیت ناگت ماهی صورت نگرفته است.

هدف از این تحقیق بررسی اثر محلول‌های کیتوزان و کربوکسی متیل سلولز در غلظت ۱ و ۲ درصد بر بافت و سایر خواص کیفی ناگت ماهی پس از پخت با مایکروویو می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

ماهی فیتوفاگ (*Hypophthalmichthys molitrix*) به صورت تازه از بازار ماهی‌فروشان شهر گرگان خریداری شد و به آزمایشگاه فرآوری آبزیان گروه شیلات‌دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل گردید. پودر کربوکسی متیل سلولز و کیتوزان از شرکت سیگما خریداری شد. سایر مواد مورد نیاز شامل آرد گندم، آرد ذرت، بیکنینگ‌پودر، نمک و فلفل قرمز از فروشگاه‌های محلی تهیه شد.

۲-۱- آماده‌سازی گوشت چرخ شده ماهی

ابتدا ماهیان با آب شستشو داده شدند و به ترتیب عملیات سرزنی، پوست‌کنی، تخلیه شکمی و فیله کردن به صورت دستی انجام گرفت. فیله‌ها پس از شستشو، به کمک دستگاه چرخ‌گوشت با قطر منافذ ۲ میلی‌متری چرخ شده و مینسمایی (گوشت‌چرخشده‌ماهی) تولید شد.

۲-۲- آماده‌سازی لعاب

لعاب از مخلوطی شامل ۸۰ درصد آرد گندم، ۱۳ درصد آرد ذرت، ۳/۵ درصد نمک، ۳ درصد بیکنینگ پودر، ۰/۵ درصد فلفل

1. Susceptor

۲-۶- میزان چسبندگی روکش

نمونه‌های پخته شده با استفاده از یک چاقوی تیز از وسط دو نیم شد و توسط دوربین دیجیتالی (Sony, DSC-W730) در نور طبیعی آزمایشگاه و در یک مکانیک سان عکس‌برداری صورت گرفت. درصد لعاب یکه به سطح ناگت ماهی به صورت چسبیده باقی ماند از طریق فرمول زیر محاسبه گردید [۱۳].

رابطه ۳:

$100 \times \text{تعداد پیکسل متناظر با محیط کل ناگت ماهی} / \text{تعداد پیکسل متناظر با محیط لعاب چسبیده شده} = \text{درصد چسبندگی روکش}$

۲-۷- میزان رطوبت و چربی

میزان رطوبت ناگت‌های سرخ‌شده با در نظر گرفتن اختلاف وزن نمونه مشخص قبل و بعد از خشک‌کردن در آن با دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت محاسبه گردید. میزان چربی نمونه‌ها به کمک دستگاه سوکسله و با استفاده از حلال پترولیوم اتر به مدت ۶ ساعت اندازه‌گیری شد [۱۴].

۲-۹- درصد کاهش جذب روغن

درصد کاهش جذب روغن در ناگت‌های سرخ شده با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد [۱۵].

رابطه ۴:

$100 \times (\text{درصد چربی نمونه شاهد}) / (\text{درصد چربی نمونه تحت تیمار} - \text{درصد چربی نمونه شاهد}) = \text{درصد کاهش جذب روغن}$

۲-۱۰- اندازه‌گیری رنگ

رنگ ناگت‌های سرخ‌شده توسط دستگاه رنگ‌سنج Lovibond CAM-system, England 500) سنجیده شد. نتایج رنگ سنجی بر اساس مؤلفه‌های L, a* و b* ارائه گردید. شاخص L بیانگر میزان روشنایی (صفر (تاریک) تا ۱۰۰ (روشن))، شاخص a* بیانگر بعد قرمزی-سبزی (a*+ نشان‌دهنده قرمزتر و a*- نشان‌دهنده سبزتر) و شاخص b* بیانگر بعد زرد-آبی (b*+ نشان‌دهنده زردتر و b*- نشان‌دهنده آبی‌تر) می‌باشد.

قرمز تشکیل شد. ترکیبات خشک به نسبت ۱ به ۱/۲ با آب به مدت ۲ دقیقه با همزن دستی مخلوط شدند [۱۰].

۲-۳- تولید ناگت ماهی

ابتدا با استفاده از گوشت چرخ‌شده ماهی و یک قالب مدور قطعات اولیه ناگت با وزن تقریبی ۲۵ گرم تهیه شدند. نمونه‌ها در محلول‌های هیدروکلئیدی غوطه‌ور شدند و سپس با استفاده از آرد گندم پوشش دهی شدند. این مرحله به منظور کاهش رطوبت سطح قطعات اولیه و افزایش چسبندگی لعاب صورت گرفت. سپس قطعات آرد زنی شده به مدت ۱ دقیقه در لعاب غوطه‌ور شدند. قطعات لعاب‌دهی شده به مدت ۱ دقیقه جهت چکیدن لعاب اضافی روی یک سینی مشبک قرار داده شدند و سپس در روغن آفتابگردان (کارخانه بهار، ایران) با دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ دقیقه سرخ شدند. ناگت‌های سرخ‌شده در دمای اتاق خنک شدند و پس از بسته‌بندی در نایلون‌های زیپ کیپ، درون فریزر ۲۰- درجه سلسیوس منجمد شدند. سرانجام پس از گذشت ۱ هفته، ناگت‌های منجمد بدون فرآیند انجماد زدایی در مایکروویو با فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز و توان ۷۰۰ وات به مدت ۲ دقیقه گرم شدند.

۲-۴- میزان جذب لعاب

میزان جذب لعاب قبل از فرآیند پخت از طریق فرمول زیر به صورت درصد محاسبه گردید [۱۱]:

رابطه ۱:

$100 \times (\text{وزن ناگت ماهی لعاب دهی شده}) / (\text{وزن اولیه ناگت ماهی} - \text{وزن ناگت ماهی لعاب دهی شده}) = \text{میزان جذب لعاب}$

۲-۵- میزان بازده محصول

ناگت ماهی قبل و بعد از فرآیند پخت توزین شد. میزان بازده محصول طبق فرمول زیر به صورت درصد محاسبه گردید [۱۲].

رابطه ۲:

$100 \times (\text{وزن ناگت ماهی قبل از پخت}) / \text{وزن ناگت ماهی پس از پخت} = \text{بازده محصول (درصد)}$

۲-۱۱- اندازه گیری بافت

بافت ناگت‌ها با استفاده از دستگاه بافت سنج (LFRA 4500, Brookfield, USA) اندازه‌گیری شد. یک پروب مخروطی شکل با قطر ۲ سانتی‌متر به دستگاه بافت سنج متصل شد و دستگاه جهت ۴۰ درصد نفوذ پروب به درون ناگت‌ها با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه تنظیم گردید [۱۶]. میزان تردی با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

رابطه ۵:

نیروی تغییر شکل^۱ - تانژانت نیروی برش^۲ = میزان تردی

۲-۱۲- ارزیابی حسی

شاخص‌های حسی شامل ظاهر، طعم، احساس روغن در دهان، بافت و پذیرش کلی توسط ۷ ارزیاب نیمه آموزش‌دیده از دانشجویان گروه فرآوری محصولات شیلاتی بر اساس روش هدونیک ۹ نقطه‌ای ارزیابی شد (بی‌نهایت بد: ۱ تا بی‌نهایت عالی: ۹) [۱۷].

۲-۱۳- تجزیه و تحلیل آماری

آنالیز داده‌های حاصل با استفاده از آزمون یک‌طرفه One-Way ANOVA و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد توسط نرم‌افزار SPSS19 انجام شد. جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و مقایسه میانگین نتایج ارزیابی حسی از آزمون غیر پارامتری Kruskal-Wallis استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- میزان جذب لعاب

میزان جذب لعاب در واقع مقدار لعابی است که به ناگت ماهی می‌چسبد. میزان جذب لعاب بر قیمت نهایی فرآورده مؤثر است و از نظر اقتصادی برای تولیدکنندگان بسیار مهم است [۱۸].

تأثیر پوشش‌های هیدروکلوئیدی بر میزان جذب لعاب در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد پوشش دهی ناگت ماهی با محلول‌های هیدروکلوئیدی در غلظت ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر افزایش میزان جذب لعاب ندارد ($p > 0.05$). Albert و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش کردند که پوشش دهی ناگت ماهی بازانتان و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز تأثیری بر افزایش میزان جذب لعاب به ناگت ماهی ندارد ($p > 0.05$) [۱۳]. بیشترین میزان جذب لعاب در تیمار کیتوزان با غلظت ۲ درصد مشاهده شد که ممکن است به دلیل میزان چسبندگی بالا یا میزان بالای ویسکوزیته ظاهری محلول باشد. بسیاری از محققان گزارش کردند که میزان ویسکوزیته پوشش‌های هیدروکلوئیدی نقش مهمی در میزان جذب لعاب دارد [۲۰ و ۱۹ و ۱۱]. به‌طور کلی با افزایش غلظت هیدروکلوئیدها میزان جذب لعاب افزایش یافت که با نتایج مطالعات Amboon و همکاران (۲۰۱۲) و Daraei Garmakhany و همکاران (۲۰۱۲) بر روی خلال هویج و سیب زمینی مطابقت دارد [۲۱ و ۱۷].

Table 1 Effect of different hydrocolloid coatings on batter pick-up

Sample	Batter pick-up (%)
Control	32.59±1.46 ^c
1% Chitosan	37.84±2.13 ^{bc}
2% Chitosan	41.62±2.75 ^a
1% CMC	35.05±2.84 ^{bc}
2% CMC	38.2±3.36 ^b

Means with different small letters in the same column represent significant difference at 5 % level of significance ($p < 0.05$)

۳-۲- میزان بازده محصول

میزان بازده محصول از نظر اقتصادی برای مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان صنعت فرآورده‌های سوخاری بسیار مهم است [۱۸]. در تحقیق حاضر، پوشش دهی ناگت ماهی با محلول‌های هیدروکلوئیدی در سطح احتمال ۵ درصد تأثیر معنی‌داری بر افزایش میزان بازده محصول داشت که احتمالاً به دلیل افزایش

1. Deformation force
2. Tangent of break force

فرآیند حرارتی می‌شود [۱۳]. ولی برخلاف نتایج تحقیق آن‌ها، در تحقیق حاضر پوشش دهی ناگت ماهی با محلول‌های هیدروکلونیدی کیتوزان و کربوکسی متیل سلولز تأثیر معنی‌داری بر افزایش چسبندگی روکش نشان داد که احتمالاً به دلیل خاصیت تشکیل ژل چسبناک در طی فرآیند حرارتی باشد (جدول ۳).

Table 3 Effect of different hydrocolloid coatings on adhesion

Sample	Adhesion (%)
Control	53.23±1.74 ^d
1% Chitosan	56.43±2.04 ^c
2% Chitosan	62.95±1.63 ^b
1% CMC	60.7±1.53 ^b
2% CMC	72.38±1.16 ^a

Means with different small letters in the same column represent significant difference at 5 % level of significance ($p < 0.05$)

۴-۳- رطوبت، چربی و درصد کاهش جذب روغن

پوشش‌های هیدروکلونیدی به دلیل خاصیت تشکیل ژل در طی حرارت دهی قادرند از خروج رطوبت و نفوذ روغن به درون ماده غذایی جلوگیری نمایند [۱۶]. در تحقیق حاضر نیز پوشش‌های هیدروکلونیدی باعث افزایش معنی‌دار میزان رطوبت ناگت ماهی نسبت به تیمار شاهد شد که با نتایج بسیاری از مطالعات دیگر مطابقت دارد [۱۲ و ۲۳].

بسیاری از محققان گزارش کردند که یک رابطه معکوس بین میزان رطوبت و میزان روغن ماده غذایی در طی فرآیند سرخ کردن وجود دارد [۲۴، ۲۵ و ۲۶]. در تحقیق حاضر، نمونه‌های تیمار شاهد به دلیل افت رطوبت بالا بیشترین میزان روغن را داشتند. به عبارتی دیگر، پوشش‌های هیدروکلونیدی مورد استفاده موجب کاهش میزان چربی نسبت به تیمار شاهد گردید که با نتایج سایر مطالعات مطابقت دارد [۲۷ و ۲۸]. نمونه‌های مربوط به تیمار کربوکسی متیل سلولز ۲ درصد، بالاترین میزان رطوبت و کمترین میزان چربی را داشتند که می‌تواند به علت دارا بودن خاصیت تشکیل ژل در طی حرارت دهی باشد (جدول ۴).

میزان جذب لعاب و جلوگیری از افت رطوبت در حین فرآیند حرارتی می‌باشد (جدول ۲). Hepsag و Kilincceker (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند که پوشش دهی سیب زمینی سرخ شده با آرد نخود و گندم و سپس با محلول زانتان ۰/۱ درصد باعث افزایش معنی‌دار بازده محصول می‌گردد [۱۲]. Varela و Fiszman (۲۰۱۱) گزارش کردند که هیدروکلونیدها به دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب در فرآورده از افت رطوبت در طی فرآیند حرارتی جلوگیری نموده و بدین صورت موجب افزایش بازده محصول می‌گردند [۱۸]. کربوکسی متیل سلولز به دلیل خاصیت تشکیل ژل در طی حرارت تأثیر بیشتری بر افزایش بازده محصول نسبت به کیتوزان داشت.

در تحقیق حاضر، میزان بازده محصول با افزایش غلظت محلول‌های هیدروکلونیدی افزایش یافت. Maskat و همکاران (۲۰۰۵) نیز نشان دادند که بازده محصول به درصد هیدروکلونید بستگی دارد و غلظت زیر ۱ درصد بر بازده محصول تأثیر معنی‌داری ندارد [۲۲].

Table 2 Effect of different hydrocolloid coatings on product yield

Sample	Product yield (%)
Control	80.13±0.28 ^d
1% Chitosan	82.53±0.34 ^c
2% Chitosan	84.16±0.26 ^b
1% CMC	83.98±0.43 ^b
2% CMC	86.07±0.22 ^a

Means with different small letters in the same column represent significant difference at 5 % level of significance ($p < 0.05$)

۳-۳- میزان چسبندگی روکش

میزان چسبندگی روکش از عوامل مؤثر بر کیفیت فرآورده‌های سوخاری می‌باشد. کاهش میزان چسبندگی روکش به فرآورده منجر به ایجاد ظاهر نامناسب و شکستن روکش در طی انتقال فرآورده به بازار می‌گردد (۱۸). با این حال، نتایج مطالعات اندکی در این زمینه انجام شده است. Albert و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که افزودن هیدروکلونیدی پروپیل متیل سلولز و زانتان منجر به کاهش معنی‌دار میزان چسبندگی روکش ناگت ماهی پس از

Table 4 Effect of different hydrocolloid coatings on moisture, oil content and oil reduction

Sample	Moisture content (%)	Oil content (%)	Oil reduction (%)
Control	52.61±0.67 ^d	21.04±0.23 ^a	-
1% Chitosan	53.92±0.39 ^c	19.45±0.23 ^b	7.55 ^c
2% Chitosan	55.68±0.53 ^b	18.47±0.38 ^c	12.21 ^b
1% CMC	55.17±0.94 ^b	18.35±0.46 ^c	12.78 ^b
2% CMC	56.93±0.4 ^a	16.76±0.33 ^d	20.34 ^a

Means with different small letters in the same column represent significant difference at 5 % level of significance (p<0.05)

۳-۵- رنگ

روکش می‌گردد [۱۶]. بیشترین میزان قرمزی در روکش ناگت-های پوشش دهی شده با محلول کربوکسی متیل سلولز ۲ درصد مشاهده شد که ممکن است به دلیل افزایش واکنش قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی میلارد باشد زیرا پوشش دهی ناگت با این محلول مانع انتقال رطوبت داخلی به روکش خارجی می‌گردد و باعث افزایش نرخ واکنش میلارد می‌شود. Datta (۲۰۰۱) گزارش کرد که افزایش میزان رطوبت در فرآورده موجب کاهش واکنش میلارد و در نتیجه افزایش روشنایی فرآورده می‌گردد [۴]. تیمارهای مختلف از لحاظ میزان زردی اختلاف معنی‌داری باهم داشتند (p<۰/۰۵). بیشترین و کمترین میزان زردی به ترتیب در روکش ناگت‌های پوشش دهی شده با محلول کیتوزان ۱ درصد و محلول کربوکسی متیل سلولز ۲ درصد مشاهده شد.

رنگ روکش فرآورده‌های سوخاری از عوامل مؤثر بر میزان بازاری‌پسندی و جلب مشتری می‌باشد [۲۹]. نتایج رنگ سنجی ناگت‌های ماهی در جدول شماره ۵ ارائه شده است. پوشش دهی ناگت ماهی با محلول‌های هیدروکلوئیدی در غلظت ۲ درصد اثر معنی‌داری بر افزایش میزان روشنایی روکش نشان داد (p<۰/۰۵). افزایش میزان روشنایی روکش احتمالاً ناشی از کاهش جذب روغن توسط پوشش‌های هیدروکلوئیدی است. بر اساس عقیده پژوهشگران، میزان جذب روغن از عوامل تأثیرگذار بر رنگ فرآورده‌های سوخاری می‌باشد [۱۰]. Sahin و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که افزایش میزان جذب روغن توسط ناگت مرغ در طی فرآیند سرخ کردن باعث کدر شدن رنگ

Table 5 Effect of different hydrocolloid coatings on the color parameters of fried fish nuggets

Sample	L*	a*	b*
Control	64.67±0.45 ^b	17.59±0.32 ^b	22.48±0.67 ^b
1% Chitosan	63.75±0.38 ^b	16.35±0.51 ^c	24.63±0.5 ^a
2% Chitosan	68.53±0.74 ^a	18.23±0.38 ^b	20.95±0.42 ^c
1% CMC	61.85±0.87 ^c	15.63±0.31 ^d	23.44±0.79 ^b
2% CMC	67.83±0.58 ^a	19.0±0.29 ^a	18.06±0.53 ^d

Means with different small letters in the same column represent significant difference at 5 % level of significance (p<0.05)

۳-۶- بافت

DaraeiGarmakhany و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که پوشش دهی خلال سیب زمینی با محلول کربوکسی متیل سلولز ۰/۵ و ۱ درصد باعث کاهش معنی‌دار میزان سختی بافت نهایی شد [۲۱]. ولی، Albert و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند که استفاده از زانتان، نشاسته اکسید شده و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز به عنوان آرد زنی اولیه به جای آرد گندم بر میزان سختی بافت ناگت ماهی تأثیر ندارد [۱۳]. کمترین میزان سختی در بافت نمونه‌های پوشش دهی شده با محلول کیتوزان ۲ درصد مشاهده

میزان سختی و تردی بافت روکش فرآورده‌های سوخاری از عوامل مؤثر بر پذیرش محصول از سوی مصرف‌کننده می‌باشند [۶ و ۱۸]. در تحقیق حاضر پوشش دهی ناگت ماهی با محلول‌های هیدروکلوئیدی موجب کاهش میزان سختی بافت گردید. نتایج تحقیق Kim و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان داد که پوشش دهی دونات با محلول هیدروکسی پروپیل متیل سلولز موجب نرم شدن بافت دونات می‌گردد [۲۷]. همچنین،

تردی روکش ناگت پوشش دهی شده با محلول کیتوزان ۱ درصد نسبت به سایر نمونه‌ها ممکن است به دلیل وجود رطوبت بیشتر در روکش باشد. درحالی‌که، میزان تردی روکش ناگتپوشش دهی شده با محلول کربوکسی متیل سلولز ۲ درصد به دلیل احتمالی جلوگیری از انتقال رطوبت داخلی به روکش خارجی بالاتر از سایر نمونه‌ها بود (جدول ۶).

شد که ممکن است به دلیل بالا بودن میزان جذب لعاب یا میزان رطوبت بالا و بافت آبدار آن‌ها باشد. Altunakar و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که هیدروکلئیدها به دلیل خاصیت نگهداری آب موجب کاهش تبخیر رطوبت و در نتیجه نرم شدن بافت ناگت مرغ می‌شوند و همچنین دریافتند که افزایش میزان جذب لعاب موجب نرم شدن بافت ناگت می‌گردد [۳۰]. پایین بودن میزان

Table 6 Effect of different hydrocolloid coatings on the texture of fried fish nuggets

Sample	Hardness (N)	Crispness (%)
Control	7.65±0.27 ^b	21.06±0.39 ^d
1% Chitosan	7.39±0.33 ^a	20.57±0.4 ^d
2% Chitosan	6.05±0.24 ^c	24.23±0.47 ^c
1% CMC	7.15±0.36 ^a	25.61±0.23 ^b
2% CMC	6.39±0.45 ^b	26.5±0.37 ^a

Means with different small letters in the same column represent significant difference at $p < 0.05$.

که پوشش دهی دونات و ناگت مرغ با محلول متیل سلولز و هیدروکسی متیل سلولز باعث بهبود بافت فرآورده نهایی می‌گردد (۲۷ و ۳۱). تیمار کربوکسی متیل سلولز ۲ درصد کمترین میزان روغنی بودن را نشان داد که با نتایج سنجش چربی مطابقت داشت. در شاخص ظاهر و طعم اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌ها مشاهده نشد. در مجموع، ارزیابان ناگت ماهی پوشش دهی شده با کربوکسی متیل سلولز ۲ درصد را به عنوان بهترین تیمار انتخاب کردند که ممکن است به دلیل میزان روغن کمتر و تردی بیشتر روکش ناگت باشد.

۳-۷- ارزشیابی حسی

تأثیر پوشش‌های هیدروکلئیدی کیتوزان و کربوکسی متیل سلولز بر شاخص‌های حسی ناگت ماهی در جدول ۷ ارائه شده است. این نتایج نشان داد که محلول‌های هیدروکلئیدی مورد استفاده در غلظت ۲ درصد تأثیر بسزایی در بهبود شاخص بافت ناگت ماهی دارند که احتمالاً به دلیل نقش پوشش‌های هیدروکلئیدی در جلوگیری از انتقال رطوبت از بخش داخلی ناگت به روکش خارجی باشد. نتایج ارزیابی حسی در مطالعات Kim و همکاران (۲۰۱۴) و Mallikarjunan و همکاران (۱۹۹۷) نیز نشان داد

Table 7 Effect of different hydrocolloid coatings on the sensory parameters of fried fish nuggets

Sample	Appearance	Flavors	Oiliness	Texture	Overall acceptance
Control	6.4±1.43 ^a	5.78±1.17 ^a	6.83±1.08 ^{ab}	4.87±1.62 ^{bc}	5.73±1.06 ^{ab}
1% Chitosan	6.22±1.73 ^a	6.31±2.1 ^a	5.64±1.22 ^{ab}	5.27±0.79 ^{abc}	6.0±1.37 ^{ab}
2% Chitosan	6.03±2.05 ^a	5.92±1.28 ^a	6.7±0.75 ^{ab}	6.9±1.05 ^{abc}	6.75±1.26 ^{ab}
1% CMC	5.71±1.47 ^a	5.57±1.33 ^a	7.04±1.23 ^a	4.66±1.27 ^c	4.9±1.64 ^b
2% CMC	6.95±1.54 ^a	6.49±0.82 ^b	5.2±0.94 ^b	7.3±1.02 ^a	7.43±1.13 ^a

Means with different small letters in the same column represent significant difference at $p < 0.05$.

crispy properties. *Food Hydrocolloid*. 24(8): 702-708.

- [9] Alishahi, A., and Aïder, M. (2012). Applications of Chitosan in the Seafood Industry and Aquaculture: A Review. *Food and Bioprocess Technology*. 5: 817-830.
- [10] Baixauli, R., Salvador, A., Fiszman, S. M., and Calvo, C. (2002). Effect of the addition of corn flour and colorants on the colour of fried, battered squid rings. *European Food Research and Technology*. 215: 457-461.
- [11] Chen, H. H., Kang, H. Y., and Chen, S. D. (2008). The effects of ingredients and water content on the rheological properties of batters and physical properties of crusts in fried foods. *Journal of Food Engineering*. 88: 45-54.
- [12] Kilinceker, O., and Hepsag, F. (2012). Edible Coating Effects on Fried Potato Balls. *Food and Bioprocess Technology*. 5: 1349-1354.
- [13] 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 prebatters using three cooking procedures. *Food Hydrocolloids*. 23: 1443-1448.
- [14] AOAC. (2005). Official methods of analysis, 18th. Association of Official Analytical Chemists, Washington.
- [15] Sakhale, B. K., Badgajar, J. B., Pawar, V. D., and Sananse, S. L. (2011). Effect of hydrocolloids incorporation in casing of samosa on reduction of oil uptake. *Journal of Food Science and Technology*. 48: 769-772.
- [16] Sahin, S., Sumnu, G., and Altunakar, B. (2005). Effects of batters containing different gum types on the quality of deep-fat fried chicken nuggets. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 85: 2375-2379.
- [17] Amboon, W., Tulyathan, V., and Tattiyakul, J. (2012). Effect of hydroxypropyl methylcellulose on rheological properties, coating pick-up, and oil content of rice flour-based batters. *Food Bioprocess Technology*. 5: 601-608.
- [18] Varela, P., and Fiszman, S. M. (2011). Hydrocolloids in fried foods. A review. *Food Hydrocolloid*. 25: 1801-1812.
- [19] Dehghan-Nasiri, F., Mohebbi, M., Tabatabaee, Y. F., and Haddad, M. H. K. (2010). Effects of soy and corn flour addition

۴- نتیجه گیری کلی

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که پوشش دهی ناگت ماهی با محلول‌های کیتوزان و کربوکسی متیل سلولز باعث کاهش میزان چربی کل و کاهش سختی بافت نسبت به تیمار شاهد می‌گردد. محلول کربوکسی متیل سلولز با غلظت ۲ درصد بیشترین تأثیر را در کاهش جذب روغن و بهبود بافت نهایی ناگت ماهی داشت که می‌تواند جهت بهبود کیفیت ناگت ماهی در طی فرآیند پخت با مایکروویو مورد استفاده قرار گیرد.

۵- منابع

- [1] Fiszman, S. M., and Salvador, A. (2003). Recent developments in coating batters. *Trends in Food Science and Technology*. 14: 399-407.
- [2] Sumnu, G. (2001). A review on microwave baking of foods. *International Journal of Food Science and Technology*. 36: 111-127.
- [3] Albert, A., Varela, P., Salvador, A., and Fiszman, S. M. (2009). Improvement of crunchiness of battered fish nuggets. *European Food Research Technology*. 228: 923-930.
- [4] Datta, A. K. (2001). Fundamentals of heat and moisture transport for microwaveable food product and process development. *Handbook of microwave technology for food applications*. New York, 116 pp.
- [5] Albert, A., Salvador, A., Fiszman, S.M. (2012). A film of alginate plus salt as an edible susceptor in microwaveable food. *Food Hydrocolloids*. 27: 421-426.
- [6] Kang, H.Y., and Chen, H.H. (2014). Improving the Crispness of Microwave-Reheated Fish Nuggets by Adding Chitosan-Silica Hybrid Microcapsules to the Batter. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.04.029.
- [7] Chen, C.-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.
- [8] Primo-Martín, 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

- [26] Adedeji, A. A. and Ngadi, M. O. (2011). Porosity determination of deep-fat-fried coatings using pycnometer (Fried batter porosity determination by pycnometer). *International Journal of Food Science and Technology*. 46: 1266-1275.
- [27] Kim, J., Choi, I., Shin, W. K., and Kim, Y. (2014). Effects of HPMC (Hydroxypropyl methylcellulose) on oil uptake and texture of gluten-free soy donut. *LWT-Food Science and Technology*. 58: 1-8.
- [28] Marquez, R. G., Pierro, P. D., Esposito, M., Mariniello, L., Porta, R. (2014). Application of transglutaminase-crosslinked whey protein/pectin films as water barrier coatings in fried and baked foods. *Food Bioprocess Technol.* 7:447-455.
- [29] Chen, S. D., Chen, H. H., Chao, Y. C., and Lin, R. S. (2009). Effect of batter formula on qualities of deep-fat and microwave fried fish nuggets. *Journal of Food Engineering*. 95: 359-364.
- [30] Altunakar, B., Sahin, S., and Sumnu, G. (2006). Effects of hydrocolloids on apparent viscosity of batters and quality of chicken nuggets. *Chemical Engineering Communications*. 193: 675-682.
- [31] Mallikarjunan, P., Chinnan, M. S., Balasubramaniam, V. M., and Phillips, R. D. (1997). Edible coating for deep-fat frying of starchy products. *Food Science and Technology-Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*. 30: 709-714.
- on batter rheology and quality of deep fat-fried shrimp nuggets. *Food and Bioprocess Technology*. 5: 1238-1245.
- [20] 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.
- [21] Daraei Garmakhany, A., Mirzaei, H. O., Maghsudlo, Y., KashaniNejad, M., and Jafari, M. (2012). Production of low fat french-fries with single and multi-layer hydrocolloid coatings. *Journal of Food Science and Technology*. 51: 1334-1341.
- [22] Maskat, M. Y., Yip, H. H., and Mahali, H. M. (2005). The performance of a methyl cellulose-treated coating during the frying of a poultry product. *International Journal of Food Science and Technology*. 40: 811-816.
- [23] Soorgi, M., Mohebbi, M., Mousavi, M., and Shahidi, F. (2012). The effect of methylcellulose, temperature, and microwave pretreatment on kinetic of mass transfer during deep fat frying of chicken nuggets. *Food and Bioprocess Technology*. 5: 1521-1530.
- [24] Mellema, M. (2003). Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends Food Science Technology*. 14: 364-373.
- [25] Akdeniz, N., Sahin, S., and Sumnu, G. (2006). Functionality of batters containing different gums for deep-fat frying of carrot slices. *Journal of Food Engineering*. 75: 522-526.

The use of Chitosan and Carboxy methyl cellulose to Crispness enhancement of microwave-reheated fish nugget

Alishahi, A. R.^{1*}, Ojagh, S. M.², Shabanpour, B.³, Izadi, S.⁴

1. Associate prof., Dept. of Seafood Processing, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources

2. Associate prof., Dept. of Seafood Processing, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources

3. Prof., Dept. of Seafood Processing, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources

4. M. Sc. Student, Dept. of Seafood Processing, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources

(Received: 2014/10/31 Accepted: 2015/04/31)

Microwave is one of the fastest and easiest methods of food cooking. However, heating of coated products like fish nugget by microwave due to transfer of internal water vapor to surface layer causes softening of their crispy crust. The aim of this research was to evaluate the effects of hydrocolloid solutions including Chitosan and Carboxy methyl cellulose (CMC) at concentration of 1 and 2% on texture and other quality properties of fish nugget after microwave cooking. Fish nuggets were immersed in the hydrocolloid solutions and then were coated with wheat flour and batter, respectively. All samples were fried at 180 °C for 3min in sunflower oil. After frying process, the samples were packaged and stored at -20 °C and after a week, were reheated in microwave oven at 2450MHz/700 W for 2 min. The results showed that coating of fish nugget with hydrocolloid solutions causes increasing of product yield and adhesion of crust ($P < 0.05$). CMC solution at concentration of 2% had highest effect on reduction of oil uptake and improvement of final texture of fish nugget. The coating of fish nugget with hydrocolloid solutions at concentration of 2% had significant effect on increasing of lightness of crust ($p < 0.05$). Sensory evaluation indicated that the coated samples with CMC solution at concentration of 2% had highest overall acceptability.

Keywords: Crispness, Chitosan, Carboxy methyl cellulose, Microwave, Fish nugget

* Corresponding Author E-Mail Address: alishahi@gau.ac.ir