

تأثیر کربوکسی متیل سلولز در ترکیب لعاب بر میزان جذب روغن، خصوصیات حسی و نیمرخ اسیدهای چرب میگوی وانامی سوخاری در طی سرخ کردن عمیق

سارا جرجانی^{۱*}، زهرا سادات حسینی جبلی^۲، افشین قلیچی^۳

۱- استادیار، گروه شیلات، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد صنایع غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر

۳- دانشیار، گروه شیلات، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر

(تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۴/۰۴)

چکیده

یکی از روش‌های کاهش جذب روغن در طی سرخ کردن محصولات غذایی استفاده از هیدروکلوئیدهای بی‌نظیر مشتقات سلولز می‌باشد. در تحقیق حاضر اثر افزودن غلظت‌های مختلف کربوکسی متیل سلولز (CMC) در ترکیب لعاب بر میزان جذب روغن، خصوصیات حسی و نیمرخ^۱ اسید چرب میگوی وانامی^۲ سوخاری طی فرآوری مورد مطالعه قرار گرفت. در این بررسی از ۴ تیمار، شاهد (بدون CMC)، تیمار A (۲ درصد CMC در لعاب)، تیمار B (۴ درصد CMC در لعاب) و تیمار C (۶ درصد CMC در لعاب) استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد که استفاده از سطوح مختلف کربوکسی متیل سلولز در مخلوط لعاب میگوی سوخاری، در مقایسه با تیمار شاهد، توانایی بیشتری در کاهش جذب روغن و حفظ رطوبت داشت. کمترین میزان چربی در نمونه‌ها به ترتیب مربوط به تیمار ۶، ۴، ۲ درصد CMC و نمونه شاهد به مقدار ۸/۴، ۹/۰۷، ۱۱/۵۷ و ۱۴/۲۱ درصد بود. بیشترین میزان رطوبت در نمونه‌ها به ترتیب مربوط به تیمار ۶، ۴، ۲ درصد CMC و نمونه شاهد به مقدار ۴۳/۷۷، ۴۲/۰۳، ۳۹/۰۲ و ۳۵/۸۱ درصد بود. بین نمونه‌های تیمار شده با کربوکسی متیل سلولز و نمونه شاهد از نظر نیمرخ اسیدهای چرب تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. بیشترین مقدار اسیدهای چرب امگا-۳، ایکوزاپنتانویک اسید، دکوزاهگزانویک اسید و مجموع دو اسید چرب ایکوزاپنتانویک اسید و دکوزاهگزانویک اسید و نیز نسبت اسیدهای چرب امگا-۳ به اسیدهای چرب امگا-۶ مربوط به تیمار حاوی ۶ درصد CMC در ترکیب لعاب بود که تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد داشت. کمترین مقدار اسیدهای چرب امگا-۳، ایکوزاپنتانویک اسید، دکوزاهگزانویک اسید، دکوزاهگزانویک اسید و مجموع دو اسید چرب ایکوزاپنتانویک اسید و دکوزاهگزانویک اسید و نیز نسبت اسیدهای چرب امگا-۳ به اسیدهای چرب امگا-۶ مربوط به نمونه شاهد بود. استفاده از CMC در ترکیب لعاب همچنین باعث کاهش معنی‌دار اکسیداسیون حرارتی (C22:6+C20:5/C16:0) در نمونه شد. در بررسی خصوصیات حسی، تمامی نمونه‌های تیمار شده با CMC از نظر ارزیابان مطلوب بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از CMC در تهیه میگوی سوخاری در ترکیب لعاب، به دلیل ویژگی ممانعت‌کنندگی، قابلیت خوبی در کاهش جذب چربی، حفظ رطوبت و حفظ اسیدهای چرب امگا-۳ میگو در طی سرخ کردن عمیق را دارد.

کلید واژگان: میگو سوخاری، سرخ کردن عمیق، نیمرخ اسید چرب، کربوکسی متیل سلولز

* مسئول مکاتبات: sarahjorjani@yahoo.com

۱- مقدمه

میگو یکی از لذیذترین غذاهای دریایی است که پروتئین زیادی دارد و حاوی اسید آمینه های ضروری بدن می باشد. پروتئین میگو همانند سایر جانوران دریایی به دلیل نداشتن بافت هم بند به راحتی هضم می شود. اسیدهای چرب گروه امگا-۳ در میگو به وفور یافت می شوند. این دسته از اسیدهای چرب می توانند در کاهش خطر بیماری های قلبی موثر واقع شود. این ویژگی ها باعث شده در سالهای اخیر، مصرف میگو و غذاهای دریایی افزایش یافته و تقاضا برای مصرف این غذای دریایی ارزشمند بالا باشد [۱].

فرآیند سرخ کردن یکی از روش های نگهداری مواد غذایی است که به طور گسترده ای در فرآوری مواد غذایی مورد استفاده قرار می گیرد. در هنگام سرخ کردن روغن داغ به داخل غذا نفوذ می کند. سرخ کردن باعث تردی پوسته شده در نتیجه باعث افزایش مقبولیت غذاهای سرخ کردنی می شود. محتوای روغن در غذاهای سرخ شده، به دلیل جذب روغن افزایش می یابد [۲]. میزان جذب روغن در غذا از ۴-۱۴ درصد وزن کل که با توجه به نوع غذا و نوع روش سرخ کردن، متغیر می باشد [۳]. با رشد آگاهی مصرف کنندگان، تقاضا برای محصولات غذایی با میزان روغن پایین تر افزایش پیدا کرده است.

هیدروکلوئیدها یا صمغ ها مجموعه گسترده و متنوعی از پلی مرهایی با زنجیره طولانی هستند که هنگام حل شدن در آب تشکیل دیسپرسیون های ویسکوز یا ژل می دهند [۴ و ۵]. بسیاری از ترکیبات هیدروکلوئیدی شناخته شده به عنوان صمغ، یکی از اجزای تشکیل دهنده لعاب می باشند. متیل سلولز^۳ و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز^۴ و کربوکسی متیل سلولز^۵ تنها صمغ هایی هستند که در اثر حرارت تشکیل ژل می دهند و هنگامی که سرد می شوند به ویسکوزیته اولیه خود باز می گردند.

این خصوصیات غیر معمول، باعث شده است که این صمغ ها برای استفاده در غذاهای سرخ شده مناسب باشند، زیرا به عنوان سدی در برابر جذب روغن عمل می کنند، آنها اتلاف رطوبت طبیعی محصول را کند کرده و موجب بهبود چسبندگی لعاب به محصول می شوند [۶].

با توجه به مضرات بالا بودن روغن در محصولات سرخ شده و تأثیر مواد هیدروکلوئیدی بر کاهش میزان جذب روغن، هدف از این تحقیق، بررسی افزودن غلظت های مختلف کربوکسی متیل سلولز به مخلوط لعاب بر میزان جذب روغن و نیم رخ اسید چرب و خصوصیات حسی میگوی سوخاری می باشد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- تهیه میگوی سوخاری

میگوی تازه و پاک شده از بازار خریداری و در دمای ۴ درجه سانتی گراد به آزمایشگاه منتقل و تا زمان استفاده در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد نگهداری گردید. برای تهیه میگوی سوخاری، میگوهای منجمد دو ساعت قبل از استفاده، از فریزر خارج شد و انجمادزدایی در معرض هوا صورت گرفت. در مرحله آردزنی اولیه از آرد گندم استفاده گردید. لعاب طبق فرمول فیزمان و سالوادور (۲۰۰۳) تهیه گردید که حاوی ۷۵ درصد آرد گندم، ۲۴/۵ درصد آرد ذرت تولید شرکت گل) و ۰/۵ درصد نمک (تولید شرکت شورآوران گرمسار) می باشد [۷]. مواد خشک و آب به نسبت ۱ به ۱/۴ و به مدت ۳ دقیقه توسط دستگاه همزن با یکدیگر مخلوط شدند. به منظور سوخاری کردن از پودر سوخاری نارنجی رنگ پانکو (تولید شرکت سومی مونو ویتنام) استفاده شد.

در این بررسی از ۴ تیمار استفاده شد. در تهیه نمونه های شاهد از صمغ استفاده نگردید. در تیمار A از ۲ درصد CMC در تهیه لعاب، در تیمار B از ۴ درصد CMC در تهیه لعاب و در تیمار C از ۶ درصد CMC در تهیه مخلوط لعاب استفاده شد (جدول ۱).

3. Methylcellulose
4. Hydroxypropyle Methylcellulose
5. Carboxy Methyl Cellulose

Table 1 Percentage of ingredients in batter

Ingredients (%)	Control	A	B	C
Wheat flour	75	73	71	69
Corn flour	24.5	24	24.5	24.5
Salt	0.5	0.5	0.5	0.5
CMC	0	2	4	6

Control (without CMC in batter), A (with 2% CMC in batter), B (with 4% CMC in batter) and C (with 6% CMC in batter).

بوده است. برنامه دمایی آون دستگاه گاز کروماتوگراف بدین صورت بود: دمای ابتدایی آون ۱۶۰ درجه سانتیگراد بوده که به مدت ۶ دقیقه در این دما باقی ماند. سپس دمای آون با سرعت ۲۰ درجه سانتیگراد در دقیقه افزایش یافته و به مدت ۹ دقیقه در این دما باقی ماند. در نهایت دمای آون دوباره با سرعت ۲۰ درجه سانتیگراد در دقیقه افزایش یافته و به ۲۰۰ درجه سانتیگراد رسیده و تا پایان در این دما باقی ماند. دمای دستگاه آشکارساز ۲۸۰ درجه سانتیگراد بود. گاز هلیوم به عنوان گاز حامل استفاده شد. از مقایسه زمان بازداری کروماتوگرام‌های نمونه مجهول با کروماتوگرام‌های به دست آمده در محلول استاندارد اسیدهای چرب متیل استر، اسیدهای چرب موجود روغن نمونه‌ها شناسایی شد.

۲-۴- ارزیابی حسی

برای ارزیابی حسی از روش هدونیک^۶ پنج امتیازی استفاده گردید [۱۰]. میگوهای سوخاری شده پس از سرخ شدن در روغن مخصوص سرخ کردنی، توسط ۸ نفر پانلیست آشنا شده با نحوه ارزیابی، مورد ارزیابی قرار گرفتند. ارزیابان به شاخص‌های رنگ، بو، مزه، بافت، ظاهر و پذیرش کلی از ۵ تا ۱ امتیاز دادند (۵=بسیار خوب، ۴=خوب، ۳=متوسط، ۲=بد، ۱=غیر قابل مصرف). برای جلوگیری از تداخل طعم در زمان ارزیابی، ارزیابان قبل از هر آزمایش چشائی، دهان خود را با آب شستشو دادند.

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ انجام شد. ابتدا بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف-اسمیرنوف و سپس همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون صورت پذیرفت که نتایج این آزمون‌ها جهت آنالیز آماری داده‌های مربوط به تیمارهای آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. جهت تعیین اختلاف معنی دار بین تیمارها از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه (One way

در تهیه میگوی سوخاری، در هر تیمار نمونه‌ها ابتدا آردزنی و سپس لعاب‌زنی شدند و پس از چکیدن لعاب اضافی به مدت ۳۰ ثانیه، در پایان توسط آرد سوخاری پوشانده شدند. پس از کامل شدن روکش، نمونه‌ها توسط روغن گیاهی آفتابگردان (لادن طلایی) و در دستگاه سرخ کن، در دمای ۱۹۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ ثانیه به روش سرخ کردن عمیق سرخ شدند تا محصول شکل خود را حفظ نماید. سپس به منظور چکیدن روغن اضافی، نمونه‌ها به مدت ۲ دقیقه به صورت معلق نگه داشته شدند. پس از خنک شدن نمونه‌ها در دمای محیط، تکرار هر تیمار به صورت جداگانه درون بسته‌های زیپ‌کیپ بسته‌بندی شده و تا زمان انجام آزمایشات در فریزر ۱۸- درجه سانتیگراد نگهداری شدند. پس از سرخ کردن تکرار هر تیمار، روغن تعویض و ظرف درونی سرخ‌کن برای سرخ کردن بعدی شسته و کاملاً خشک شد. هر یک از آزمایشات در سه تکرار انجام شد.

۲-۲- آزمایشات انجام شده

محتوای رطوبت

محتوای رطوبت میگوهای سوخاری با استفاده از روش AOAC (۲۰۰۵) انجام شد [۸].

میزان چربی

برای اندازه‌گیری میزان چربی میگوهای سوخاری، از روش سوکسله استفاده شد، به این منظور مقدار مشخصی از میگوها (۵ گرم) توزین و استخراج چربی با استفاده از حلال پترولیوم‌تر به مدت ۶ ساعت انجام گردید [۸].

۲-۳- تعیین نیرخ اسیدهای چرب

جهت استخراج چربی از نمونه‌های مورد مطالعه از روش بلایت و دایر (۱۹۵۹) استفاده شد [۹]. جهت تعیین نیرخ اسید چرب نمونه‌ها از دستگاه گاز کروماتوگرافی (Unicam-4600) با آشکارساز FID استفاده شد. ستون مورد استفاده از نوع (30 mm×0.25 mm, Film Tekness-0.22 μl)

6. Hedonic method

۳- نتایج و بحث

۳-۱- میزان رطوبت و محتوای چربی میگوهای

سوخاری

میزان رطوبت و محتوای چربی کل میگوهای سوخاری شاهد و تیمار شده با غلظت‌های مختلف CMC در ترکیب لعاب، در جدول (۲) نشان داده شده است.

(ANOVA) استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌ها در مواردی که اثر کلی تیمارها معنی‌دار شناخته شد از آزمون دانکن استفاده شد. لازم به ذکر است که در تمامی مراحل تجزیه و تحلیل خطای مجاز برای رد H_0 ، ۵ درصد در نظر گرفته شد. همچنین به منظور بررسی اثر تیمارها بر خصوصیات حسی نمونه‌ها از آزمون کوروسکال والیسو آزمون من‌ویتنی یوبرای مشخص شدن اختلاف معنی‌دار در بین نتایج حاصل از آزمون‌های حسی تیمارهای مورد آزمایش استفاده گردید.

Table 2 Fat and moisture content (%) of breaded shrimp with different levels of Carboxymethyl Cellulose (CMC) in batter

	Moisture (%)	Lipid (%)
Control	35.81±0.59 ^c	14.21±0.61 ^a
A	39.02±0.41 ^b	11.57±0.32 ^b
B	42.03±0.85 ^a	9.07±0.51 ^c
C	43.77±0.25 ^a	8.40±0.32 ^c

Different superscript letters in the same column indicate significant differences between values, $P \geq 0.05$. Control (without CMC in batter), A (with 2% CMC in batter), B (with 4% CMC in batter) and C (with 6% CMC in batter).

متیل سلولوز، هیدروکسی پروپیل متیل سلولوز و کربوکسی متیل سلولوز تنها صمغ‌هایی هستند که در اثر حرارت تشکیل ژل می‌دهند و هنگامی که سرد می‌شوند، به ویسکوزیته اولیه خود باز می‌گردند. این خصوصیات غیرمعمول باعث شده است که این صمغ‌ها برای استفاده در غذاهای سرخ شده مناسب باشند، زیرا به عنوان سدی در برابر جذب روغن عمل می‌کنند و اتلاف رطوبت طبیعی محصول را کند می‌کنند [۶]. در تحقیق حاضر نیز کاربرد غلظت‌های مختلف CMC در ترکیب لعاب منجر به حفظ رطوبت میگو سوخاری شد.

در تحقیق انجام شده توسط Jamshidi و Shabanpour (۲۰۱۳) [۱۱]، استفاده از ۲ درصد HPMC در مخلوط لعاب، ۲ درصد HPMC در آرد اولیه و ۱ درصد HPMC در مخلوط لعاب + ۱ درصد HPMC در آرد اولیه تاگت تالنگ شاه ماهی، باعث حفظ محتوای رطوبت بیشتر در مقایسه با نمونه شاهد شد. در تحقیق آنها، بالاترین محتوای رطوبت در نمونه حاوی ۲ درصد HPMC در مخلوط لعاب و کمترین محتوای رطوبت در نمونه شاهد به دست آمد. در بررسی حاضر نیز استفاده از درصدهای مختلف CMC در مخلوط لعاب میگوی سوخاری، باعث حفظ بیش‌تر محتوای رطوبت در مقایسه با نمونه شاهد شد که با نتایج Jamshidi و Shabanpour (۲۰۱۳) [۱۱]، هماهنگ می‌باشد.

نتایج نشان داد که کلیه تیمارها در مقایسه با نمونه شاهد به طور معنی‌داری رطوبت بیشتری داشتند ($P \leq 0/05$). بالاترین محتوای رطوبت در نمونه تیمار C (۶ درصد CMC در لعاب) با مقدار ۴۳/۷۷ درصد و کمترین محتوای رطوبت در نمونه شاهد با مقدار ۳۵/۸۱ به دست آمد. تیمار B و تیمار C از نظر محتوای رطوبت اختلاف معنی‌داری نداشتند.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که، استفاده از غلظت‌های مختلف هیدروکلئید CMC در ترکیب لعاب باعث کاهش معنی‌دار جذب روغن در میگوهای سوخاری در مقایسه با نمونه شاهد (بدون CMC) شد ($P \leq 0/05$). کمترین مقدار چربی در نمونه‌های تیمار شده با ۶ درصد CMC در ترکیب لعاب مشاهده شد. البته میزان چربی در نمونه‌های حاوی ۴ و ۶ درصد CMC در ترکیب لعاب در مقایسه با هم معنی‌دار نبود ($P > 0/05$). نمونه شاهد (بدون CMC)، بالاترین محتوای چربی کل را دارا بود (۱۴/۲۱ درصد).

نتایج نشان داد که کلیه نمونه‌های تیمار شده با غلظت‌های مختلف CMC در مقایسه با نمونه شاهد به طور معنی‌داری رطوبت بیشتری داشتند ($P \leq 0/05$). بالاترین محتوای رطوبت در تیمار C (۶ درصد CMC در لعاب) و کمترین محتوای رطوبت در نمونه شاهد به دست آمد.

سرخ کردن می‌کند [۲۳]. خاصیت تشکیل فیلم و توانایی ژلاتیناسیون یکنواخت در اثر حرارت هیدروکلوئیدها، منجر به کاهش موفقیت آمیز جذب روغن می‌گردد. این امر به دلیل دهیدراتاسیون مناسب پلی‌مر و واکنش‌های بین پلی‌مرها و ایجاد سدی در برابر روغن می‌باشد [۱۲].

در تحقیق حاضر نیز علت کاهش محتوای چربی در میگوهای تیمار شده با غلظت‌های مختلف CMC را می‌توان به تشکیل شبکه ژل توسط کربوکسی متیل سلولز به کار رفته در پوشش محصول و حفظ این شبکه، طی فرآیند سرخ کردن مرتبط دانست که جذب روغن را در زمان سرخ کردن کاهش می‌دهد، لذا می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که نمونه‌های حاوی کربوکسی متیل سلولز قادر است در هنگام سرخ کردن رطوبت بیشتری را نسبت به نمونه شاهد (بدون CMC) حفظ کند و به همین نسبت روغن کمتری را در زمان سرخ کردن جذب نماید. مطالعه حاضر ارتباط معکوس میزان رطوبت و جذب چربی را در نمونه‌های میگوی سوخاری نشان داد. در این تحقیق کمترین مقدار چربی در نمونه‌های تیمار شده با ۶ درصد CMC در ترکیب لعاب مشاهده شد. البته میزان چربی در نمونه‌های حاوی ۴ و ۶ درصد CMC در ترکیب لعاب در مقایسه با هم معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). احتمالاً شبکه ژلی که با غلظت ۶ درصد تشکیل شده با وجود کاهش میزان جذب روغن نتوانست نسبت به غلظت ۴ درصد اختلاف معنی‌داری ایجاد نماید.

۲-۳- ترکیب نیم‌رخ اسیدهای چرب میگوهای سوخاری

نتایج آنالیز ترکیب نیم‌رخ اسیدهای چرب میگوهای سوخاری شاهد و تیمار شده با CMC و گروه‌های مهم اسیدهای چرب آنها در جدول (۳) آورده شده است. در این بررسی ۱۹ نوع اسید چرب از گروه‌های مختلف اسیدهای چرب اشباع (SFA)، اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه (MUFA) و اسیدهای چرب چند غیر اشباعی (PUFA) در میگوهای سوخاری شاهد و تیمار شده با CMC، شناسایی گردید.

در مطالعه انجام شده توسط Shabanpour و Jamshidi (۲۰۱۳) که به بررسی تأثیر فیلم خوراکی (محلول ۱ درصد) هیدروکلوئیدهای مختلف ایزوله پروتئین سویا، کاراگینان، زانتان، آلژینات و HPMC بر روی فیله‌های ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرداختند، مشاهده شد که تمامی نمونه‌های تیمار شده به غیر از نمونه تیمار شده با صمغ زانتان، باعث حفظ بیش‌تر محتوای رطوبت در مقایسه با نمونه شاهد شدند. بالاترین محتوای رطوبت در نمونه تیمار شده با محلول ۱ درصد HPMC به دست آمد [۱۲].

Usawakesmanee همکارانش در سال ۲۰۰۵ اثر پوشش‌های خوراکی و غلظت‌های مختلف آنها بر محتوای رطوبت و چربی سیب‌زمینی سوخاری سرخ شده را بررسی کردند. در این بررسی MC، HPMC و گلوتن گندم در غلظت‌های ۳، ۶، ۹ و ۱۲ درصد با مخلوط آرد زنی اولیه ترکیب شدند. مشخص شد که HPMC و MC نسبت به گلوتن گندم قادر به کاهش میزان از دست دادن رطوبت و میزان جذب روغن می‌باشند. نتایج آنها نشان داد که استفاده از غلظت‌های مختلف تمامی انواع هیدروکلوئیدها، در مقایسه با نمونه شاهد، منجر به حفظ بیش‌تر محتوای رطوبت گردید. مخلوط آرد زنی اولیه با ۶ درصد MC، بیشترین اثر را در حفظ رطوبت و کاهش جذب چربی نشان داد که با نتایج این تحقیق هماهنگ می‌باشد [۱۳].

استفاده از غلظت‌های مختلف هیدروکلوئید CMC در ترکیب لعاب باعث کاهش معنی‌دار جذب روغن در میگوهای سوخاری در مقایسه با نمونه شاهد شد ($P \leq 0.05$). کمترین مقدار چربی در نمونه‌های تیمار شده با ۶ درصد CMC در ترکیب لعاب و بیشترین مقدار چربی در نمونه شاهد (بدون CMC) مشاهده شد.

فرآورده‌های سرخ شده به دلیل فرآیند سرخ شدن و جذب روغن، محتوای چربی بالایی دارند. مطالعات گوناگونی نشان می‌دهد که استفاده از هیدروکلوئیدهای مختلف (HPMC، CMC، کاراگینان، زانتان، ژلان، آلژینات، پکتین، نشاسته، MC، WG، ...) منجر به کاهش جذب روغن و حفظ بیش‌تر رطوبت در طی سرخ کردن عمیق محصولات مختلفی مانند ناگت مرغ، فیله ماهی‌های سوخاری، سیب زمینی، حبوبات و میگوی سوخاری، غذاهای خمیری نشاسته‌ای و ... می‌شود [۱۱، ۲۲]. توانایی تشکیل ژل هیدروکلوئیدها همراه با طبیعت هیدروفیلک، آنها را قادر به جذب کمتر روغن در طی

Table 3 Fatty acid composition (g/100 g of total fatty acids) of breaded shrimp with different levels of Carboxymethyl Cellulose (CMC) in batter

Fatty Acids	Control	A	B	C
C14:0	0.057±0.007 ^a	0.049±0.002 ^b	0.047±0.001 ^b	0.041±0.003^c
C15:0	0.023±0.002 ^a	0.023±0.002 ^a	0.022±0.001 ^b	0.022±0.001^b
C16:0	7.812±0.231 ^a	8.450±0.210 ^a	8.510±0.302 ^a	8.620±0.218^a
C17:0	0.060±0.003 ^a	0.060±0.007 ^a	0.061±0.009 ^a	0.060±0.081^a
C18:0	4.211±0.031 ^b	4.820±0.071 ^{ab}	4.921±0.061 ^{ab}	5.231±0.071^a
C20:0	0.241±0.006 ^b	0.271±0.003 ^a	0.282±0.002 ^a	0.281±0.003^a
C22:0	0.708±0.029 ^b	0.719±0.031 ^b	0.821±0.019 ^a	0.832±0.018^a
C24:0	0.220±0.004 ^a	0.230±0.002 ^a	0.220±0.003 ^a	0.231±0.001^a
C16:1	0.09±0.00 ^a	0.10±0.10 ^a	0.09±0.00 ^a	0.09±0.00^a
C17:1	0.02±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	0.02±0.00 ^a	0.02±0.00^a
C18:1-cis	25.55±0.06 ^a	26.80±0.48 ^a	26.10±0.18 ^a	26.00±0.04^a
C18:1 trans	0.22±0.00 ^a	0.11±0.05 ^b	0.09±0.01 ^b	0.04±0.00^c
C20:1	0.13±0.00 ^a	0.13±0.00 ^a	0.12±0.01 ^a	0.14±0.12^a
C18:2 ω-6	60.94±0.13 ^a	56.23±0.16 ^b	52.01±0.18 ^c	49.25±0.11^d
C18:3 ω-3	0.13±0.01 ^c	0.19±0.01 ^c	0.30±0.02 ^b	0.35±0.01^a
C20:2 ω-6	0.06±0.04 ^a	0.05±0.00 ^a	0.04±0.00 ^a	0.04±0.00^a
C20:3 ω-3	0.11±0.00 ^a	0.13±0.02 ^a	0.22±0.38 ^a	0.12±0.01^a
C20:5 ω-3(EPA)	0.53±0.03 ^d	1.36±0.07 ^c	1.68±0.02 ^b	2.30±0.01^a
C22:6 ω3(DHA)	1.42±0.01 ^d	2.40±0.02 ^c	3.44±0.03 ^b	5.41±0.01^a
SFAΣ	13.60±0.14 ^b	15.06±0.23 ^a	14.88±0.13 ^a	15.31±0.12^a
MUFAΣ	26.01±0.83 ^a	27.17±0.30 ^a	26.42±0.39 ^a	26.29±0.56^a
PUFAΣ	60.23±0.13 ^a	60.36±0.14 ^b	57.69±0.13 ^c	57.47±0.20^c
ω-3Σ	2.53±0.09 ^d	4.08±0.14 ^c	5.64±0.11 ^b	8.81±0.10^a
ω-6Σ	61.04±1.11 ^a	56.28±1.12 ^b	52.05±1.13 ^c	49.29±1.15^d
PUFA/SFA	4.74±0.01 ^a	4.00±0.02 ^b	3.8±0.01 ^b	3.74±0.02^b
DHA/EPA	1.63±0.02 ^c	1.76±0.04 ^c	2.04±0.03 ^b	3.35±0.02^a
ω-6Σ/ω-3Σ	0.04±0.01 ^d	0.07±0.01 ^c	0.10±0.01 ^b	0.17±0.01^a
EPA+DHAΣ	2.29±0.09 ^d	3.79±0.11 ^c	5.13±0.08 ^b	7.71±0.12^a
C22:6+C20:5/C16:0	0.29±0.03 ^d	0.44±0.01 ^c	0.60±0.07 ^b	0.89±0.02^a

Different superscript letters in the same row indicate significant differences between values, $P \geq 0.05$. Control (without CMC in batter), A (with 2% CMC in batter), B (with 4% CMC in batter) and C (with 6% CMC in batter).

بین نمونه‌های شاهد و تیمار شده، از نظر محتوای لینولئیک اسید (C18:2 cis) تفاوت معنی‌داری دیده شد ($P \leq 0.05$). بیشترین میزان لینولئیک اسید در نمونه شاهد (۶۰/۹۴ درصد) و کمترین میزان آن در تیمار C (۴۹/۲۵ درصد) به دست آمد (جدول ۳).

نمونه‌های تیمار شده با غلظت‌های مختلف CMC از نظر محتوای ایکوزاپنتانوئیک اسید (EPA) با نمونه شاهد، تفاوت معنی‌داری داشت ($P \leq 0.05$). بیشترین میزان EPA در تیمار C (۶ درصد CMC) و کمترین میزان EPA در نمونه شاهد مشاهده شد که به ترتیب ۲/۳۰ و ۰/۸۷ درصد بود (جدول ۳).

در تحقیق حاضر، محتوای دوکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) در نمونه شاهد و نمونه‌های تیمار شده با غلظت‌های مختلف CMC، اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P \leq 0.05$). به طوری که

فراوان‌ترین اسید چرب از گروه SFA در تمامی نمونه‌ها، پالمیتیک اسید بود. از نظر محتوای پالمیتیک اسید بین نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($P \leq 0.05$). اما بین تیمارهای A، B و C تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($P > 0.05$). بالاترین محتوای پالمیتیک اسید در تیمار C و کمترین میزان آن در نمونه شاهد اندازه‌گیری شد (جدول ۳).

از نظر اسیدهای چرب C16:1، C17:1، C20:1 و C18:1cis تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف و نیز نمونه شاهد مشاهده نشد ($P > 0.05$) (جدول ۳). اما محتوای اسیدهای چرب C18:1trans در نمونه‌های شاهد و تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری داشتند ($P \leq 0.05$).

مقدار آن در تیمار ۶ درصد CMC در ترکیب لعاب ملاحظه شد.

محتوای ω -۳ در نمونه شاهد و تیمارهای مختلف CMC، اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P \leq 0/05$). بالاترین میزان ω -۳ در تیمار C با مقدار ۸/۸۱ درصد و سپس به ترتیب در تیمار B، تیمار A و شاهد به ترتیب ۵/۶۴، ۴/۰۸ و ۲/۵۳ درصد بود. در واقع با افزایش مقدار CMC در ترکیب لعاب مقدار محتوای اسیدهای چرب ω -۳ افزایش یافت. لذا CMC استفاده شده در فرمول لعاب، به همراه کاهش معنی‌دار جذب روغن در مرحله سرخ کردن عمیق، در حفظ اسیدهای چرب مفید ω -۳ در میگو سوخاری بسیار مؤثر بوده است.

محتوای اسیدهای چرب ω -۶ در میگوهای سوخاری تیمار شده باغلظت‌های مختلف CMC در مقایسه با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری داشت ($P \leq 0/05$). کمترین میزان ω -۶ در تیمار C و بیشترین آن در نمونه شاهد اندازه‌گیری شد. با افزایش مقدار CMC در ترکیب لعاب مقدار محتوای اسیدهای چرب ω -۶ کاهش یافت. یعنی اسیدهای چرب کمتری از گروه ω -۶ از محیط سرخ‌کردنی به داخل میگوهای سوخاری نفوذ کرده بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از CMC در تهیه میگوی سوخاری و به ویژه در ترکیب لعاب، خاصیت ممانعت‌کنندگی لازم در برابر نفوذ اسیدهای چرب ω -۶ روغن و حفظ اسیدهای چرب ω -۳ میگو را دارا می‌باشد.

در مطالعه حاضر نسبت ω -3/ ω -6، در کلیه تیمارها نسبت به شاهد تفاوت معنی‌دار نشان داد ($P \leq 0/05$). بالاترین میزان این نسبت در تیمار C (۶ درصد CMC در لعاب) با مقدار ۰/۱۷ درصد و کمترین میزان آن در نمونه شاهد با مقدار ۰/۰۴۱ درصد اندازه‌گیری شد.

اسیدهای چرب غیراشباع ω -3 و ω -6 تحت تأثیر آنزیم‌های مشابه قرار می‌گیرند، از این رو بین این دو گروه در بدن در استفاده آنزیم از آنها رقابت وجود دارد. هر گروه از این اسیدهای چرب اثر متفاوتی بر سلامت انسان دارند بنابراین یک نسبت مناسب از هر دوی آنها ضروری است. جذب ω -6 منجر به افزایش خطر بیماری‌های قلبی عروقی می‌شود، در حالی‌که جذب ω -3 اثر بازدارندگی دارد. در حقیقت عدم تعادل آنها منجر به گسترش این بیماری‌ها می‌شود و هر چه

کمترین میزان DHA در نمونه شاهد و بیشترین مقدار آن در تیمار ۶ درصد CMC در ترکیب لعاب ملاحظه شد. به طوری که با افزایش غلظت CMC در ترکیب لعاب میزان DHA در میگوی سوخاری بیشتر حفظ شد (جدول ۳).

در تحقیق حاضر، نسبت PUFA/SFA در نمونه شاهد و تیمارهای مختلف، اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P \leq 0/05$). بالاترین میزان این نسبت در نمونه شاهد و کمترین میزان این نسبت در نمونه ۶ درصد CMC در لعاب به دست آمد که مقادیر آنها به ترتیب ۴/۷۴ و ۳/۷۵ درصد بود ($P \leq 0/05$) (جدول ۳).

محتوای اسیدهای چرب ω -۳ در نمونه شاهد و تیمارهای مختلف CMC، اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P \leq 0/05$). بالاترین میزان ω -۳ در تیمار C با مقدار ۸/۸۱ درصد و سپس به ترتیب در تیمار B، تیمار A و شاهد به ترتیب ۵/۶۴، ۴/۰۸ و ۲/۵۳ درصد بود. در واقع با افزایش مقدار CMC در ترکیب لعاب، محتوای اسیدهای چرب ω -۳ در میگوهای سوخاری افزایش یافت (جدول ۳).

محتوای اسیدهای چرب ω -۶ در میگوهای سوخاری تیمار شده باغلظت‌های مختلف CMC در مقایسه با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری داشت ($P \leq 0/05$). کمترین میزان ω -۶ در تیمار C و بیشترین آن در نمونه شاهد اندازه‌گیری شد (جدول ۳).

در مطالعه حاضر نسبت ω -3/ ω -6، در کلیه تیمارها نسبت به شاهد تفاوت معنی‌دار نشان داد ($P \leq 0/05$). بالاترین میزان این نسبت در تیمار C (۶ درصد CMC در ترکیب لعاب) با مقدار ۰/۱۷ درصد و کمترین میزان آن در نمونه شاهد با مقدار ۰/۰۴۱ درصد اندازه‌گیری شد (جدول ۳).

محتوای EPA+DHA، تیمارهای A، B و C در مقایسه با نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری داشت ($P \leq 0/05$). بیشترین میزان EPA+DHA در تیمار C و کمترین مقدار آن در نمونه شاهد اندازه‌گیری شد و سهم آنها ۷/۷۱ و ۲/۲۹ درصد بود. نتایج تحقیق نشان داد که با افزایش میزان CMC در ترکیب لعاب میزان EPA+DHA به طور معنی‌داری افزایش یافت.

بین نمونه شاهد و تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری از نظر نسبت C22:6+C20:5/C16:0 به دست آمد ($P \leq 0/05$) (جدول ۳). به طوری که کمترین نسبت C22:6+C20:5/C16:0 در نمونه شاهد و بیشترین

شاهد و بیشترین مقدار آن در تیمار ۶ درصد CMC در ترکیب لعاب ملاحظه شد.

نسبت C22:6+C20:5/C16:0 یا شاخص پلی‌ان در مطالعات مختلفی به عنوان شاخص اندازه‌گیری اکسیداسیون چربی استفاده شده است [۳۱ و ۳۲]. کاهش مقدار این شاخص‌ها بیانگر وقوع فرآیند اکسیداسیون در خلال پخت می‌باشد. دلیل کاهش شاخص C22:6+C20:5/C16:0 را می‌توان به کاهش مقادیر EPA و DHA در نتیجه اکسیداسیون در طی سرخ کردن نسبت داد. در مطالعات مختلفی مشخص گردید که اسیدهای چرب چندغیراشباع به-خصوص EPA و DHA طی فرآیند حرارتی آسیب می‌بینند [۳۱ و ۳۳]. بنابراین نتایج مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از هیدروکلوئید CMC در ترکیب لعاب میگوی سوخاری می‌تواند اکسیداسیون حرارتی اسیدهای چرب مفید را به طور معنی‌داری کاهش دهد و باعث تولید محصولی با کیفیت‌تر نسبت به نمونه شاهد شود.

۳-۳- ارزیابی حسی میگوهای سوخاری

بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی حسی بین میگوهای سوخاری شاهد و تیمار شده با غلظت‌های مختلف CMC، از نظر رنگ، بو مزه و پذیرش کلی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P > 0.05$). بین نمونه شاهد و تیمارهای A و B، اختلاف معنی‌داری از نظر بافت و ظاهر مشاهده نشد ($P > 0.05$). ولی از نظر بافت و ظاهر نمونه شاهد و تیمارهای C اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند ($P \leq 0.05$) (جدول ۴).

Table 4 Sensory evaluation of breaded shrimp with different levels of Carboxymethyl Cellulose (CMC) in batter

-----	Control	Treatment A	Treatment B	Treatment C
Color	4.6±0.412 ^a	4.4±0.236 ^a	4.6±0.223 ^a	4.6±0.132 ^a
Odour	4.5±0.515 ^a	4.5±0.315 ^a	4.4±0.172 ^a	4.5±0.413 ^a
Flavor	4.2±0.114 ^a	4.4±0.321 ^a	4.2±0.412 ^a	4.2±0.461 ^a
Texture	4.5±0.123 ^a	4.6±0.315 ^a	4.4±0.321 ^a	4.1±0.126 ^a
Appearance	4.8±0.216 ^a	4.7±0.266 ^a	4.7±0.166 ^a	4.6±0.251 ^a
Overall acceptability	4.1±0.431 ^a	4.2±0.271 ^a	4.1±0.611 ^a	4.0±0.311 ^a

Different superscript letters in the same row indicate significant differences between values, $P \geq 0.05$. Control (without CMC in batter), A (with 2% CMC in batter), B (with 4% CMC in batter) and C (with 6% CMC in batter).

اختلاف معنی‌داری از نظر بافت و ظاهر مشاهده نشد ($P > 0.05$), ولی از نظر بافت و ظاهر بین نمونه شاهد و تیمار C اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند ($P \leq 0.05$). لذا می‌توان برای پوشش‌دهی محصولات از CMC استفاده نمود که از نظر

نسبت ۳-۳/۳-۶-۳ بیشتر باشد، در کاهش این خطرات مؤثرتر است [۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷ و ۲۸].

در زمان تماس مشتقات سلولزی همچون متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز با حرارت، یک لایه مقاوم به نفوذ را تشکیل می‌دهند و جذب روغن را از محیط سرخ‌کردنی کاهش داده و منجر به حفظ اسیدهای چرب مفید میگو به ویژه اسیدهای چرب گروه امگا ۳ می‌شود، لذا نسبت ۳-۳/۳-۶-۳ افزایش می‌یابد.

میزان EPA+DHA در تغذیه و سلامت انسان بسیار مهم است. EPA و DHA به طور معمول در ترکیب اسیدهای چرب ماهی وجود دارد، در صورتی‌که این اسیدهای چرب در روغن گیاهی حضور ندارد [۲۹]. سرخ کردن به طور معنی‌داری روی محتوای EPA و DHA تأثیر گذاشته و مقادیر آن را کاهش می‌دهد. میزان EPA+DHA نقش مهمی در رشد و عملکرد سیستم‌های عصبی (مغز)، بینایی و تولیدمثلی دارد [۳۰]. محتوای EPA+DHA، تیمارهای A، B و C در مقایسه با نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری داشت ($P \leq 0.05$). بیشترین میزان EPA+DHA در تیمار C و کمترین مقدار آن در نمونه شاهد اندازه‌گیری شد. نتایج تحقیق نشان داد که با افزایش میزان CMC در ترکیب لعاب میزان EPA+DHA به طور معنی‌داری افزایش یافت.

بین نمونه شاهد و تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری از نظر نسبت C22:6+C20:5/C16:0 به دست آمد ($P \leq 0.05$). به طوری که کمترین نسبت C22:6+C20:5/C16:0 در نمونه

بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی حسی بین میگوهای سوخاری شاهد و تیمار شده با غلظت‌های مختلف CMC، از نظر رنگ، بو مزه و پذیرش کلی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P > 0.05$). بین نمونه شاهد و تیمارهای A و B،

- & Food Technology, 10(4), 75-82[in Persian].
- [3] Ghidurus M, Turtoi M, Boskou G, Niculita P, Stan V. (2010). Nutritional and health aspects related to frying (i).Romanian Biotech Letters.15(6).
- [4] Bench, A. (2007). Water Binders for Better Body: Improving Texture and Stability with Natural Hydrocolloids. Food & Beverage Asia.Pp.32-35.
- [5] Loewe R. Role of ingredients in batter systems. J Cereal Food World 1993; 38:673.
- [6] Dziezak JD. A focus on gums. Food Technology's Special Report 1991.
- [7] Fiszman, S. M., Salvador, A. (2003).Recent Developments in Coating Batters. Trends in Food Science and Technology, 14(10), 399-407.
- [8] AOAC. (2005). Official Method of Analysis.18 thd. Washington, DC. Association of Official Analytical Chemists 2002.
- [9] Bligh, E.G., Dyer, W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian Journal of Physiology and Pharmacology, 37, 911-917.
- [10] ASTM. Manual on sensory testing methods.American Society for Testing and Materials, 1916 Race Street, Philadelphia, Pa. 19103, USA 1969.P. 33-42.
- [11] Jamshidi, A., Shabanpour, B. (2013). The effect of hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) gum added to predust and batters of talang queen fish (*Scomberoides commersonianus*) nuggets on the quality and shelf life during frozen storage (-18°C). World Journal of Fish and Marine Sciences, 5(4), 382-391.
- [12] Shabanpour, B., Jamshidi, A. (2013). Quality characteristics of fried rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets coated with different hydrocolloids edible films. World Journal of Fish and Marine Sciences, 5(4), 398-404.
- [13] Usawakesmanee, W., Wuttijumngong, P., Chinnan, M., Jangchud, A., Raksakulthai, N. (2005).The effects of edible coating ingredient as a barrier to moisture and fat of fried breaded potato.Kasetsart Journal (Natural Science),39, 98-108.
- [14] Jorjani S, Hamrahi V,. (2016). Effect of Guar and xanthan hydrocolloids on uptake of oil in eggplant rings during deep frying. Journal of Food Research, 25(2), 231-238[in Persian].
- [15] DaraeiGarmakhany, A., Mirzaei, H., Maghsodlu, Y., Kashaninejad, M., Jafari, M. (2012). Production of low fat french-fries

ارزیاب ها اختلافی مشاهده نگردید. در بررسی انجام شده توسط شعبانپور و جمشیدی (۲۰۱۳) نیز استفاده از هیدروکلئیدهای مختلف زانتان، کاراگینان، آلژینات و ایزوله پروتئین سویا در تهیه فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، در مقایسه با نمونه‌های شاهد، تأثیری بر روی رنگ، بو، بافت، آبدار بودن و پذیرش کلی نداشت [۱۲].

۴- نتیجه گیری کلی

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از غلظتهای مختلف هیدروکلئید کربوکسی متیل سلولز در ترکیب لعاب باعث کاهش معنی دار جذب روغن و افزایش رطوبت در میگوهای سوخاری در مقایسه با نمونه شاهد شد ($P \leq 0/05$). کمترین مقدار چربی و بیشترین مقدار رطوبت در نمونه‌های تیمار شده با ۶ درصد CMC در ترکیب لعاب مشاهده شد. تمامی نمونه‌های تیمار شده با CMC مورد قبول مصرف‌کنندگان بودند. استفاده از CMC در تهیه میگوی سوخاری در ترکیب لعاب، خاصیت ممانعت کنندگی لازم در برابر نفوذ اسیدهای چرب ۶-۵ و روغن و حفظ اسیدهای چرب ۳-۵ میگو را دارا بود. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که با استفاده از هیدروکلئید کربوکسی متیل سلولز به ویژه با غلظت‌های ۴ و ۶ درصد در ترکیب لعابی توان میگوهای سوخاری فراسودمند با ویژگی‌های حسی قابل پذیرش، چربی کمتر و نیز مقادیر بیشتر اسیدهای چرب مفید نظیر EPA، DHA، ۳-۵ تولید کرد. علاوه بر آن با تولید محصولات متنوع با خواص حسی مطلوب و فراسودمند می‌توان سرانه مصرف فرآورده‌های دریایی را افزایش داده و سلامت جامعه را ارتقا داد.

۵- منابع

- [1] Mohebbi, F., Esmaili, L., Negarestan, H., and Ahmadi, R. (2009). Dynamics of phytoplankton population in Urmia Lake: Consequences on Artemia density. Proceeding of International Symposium/Workshop on Biology and Distribution of Artemia. Urmia, Iran.
- [2] Avazkhajeh, H., Jorjani, S. (2016). Effect of Adding Hydroxypropyl Methylcellulose (HPMC) in Breaded Shrimp on Oil Uptake and Sensory Characteristics during Deep Oil Frying. Iranian Journal of Nutrition Sciences

- [24] Nikoo, M., Ghomi, M. R. (2013). Influence of Frying Oil Type and Chill Storage on the Nutritional Quality of Farmed Great Sturgeon (Husohuso). *Revista Nutricao, Campinas*, 26(1), 67-74.
- [25] Simopoulos, A.P. (2002). The Importance of the Ratio of omega-6/omega-3 Essential Fatty Acids. *Biomed Pharmacother*, 56, 365-379.
- [26] Simopoulos, A.P. (2008). The Importance of the omega-6/omega-3 Fatty acid Ratio in Cardiovascular Disease and other Chronic Diseases. *Experimental Biology and Medicine*, 233, 674-688.
- [27] Gebauer, S.K., Psota, T.L., Harris, W.S., Kris-Etherton, P.M. (2006). n-3 Fatty Acid Dietary Recommendations and Food Sources to Achieve Essentiality and Cardiovascular Benefits. *American Journal of Clinical Nutrition*, 83, 1526s-1535s.
- [28] Wijendran, V., Hayes, K.C. (2004). Dietary n-6 and n-3 Fatty Acid Balance and Cardiovascular Health. *Annul Review of Nutrition*, 24, 597-615.
- [29] Weber, J., Bochi, V.C., Ribeiro, C.P., Victorio, A.M., Emanuelli, T. (2008). Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhadiaquelen*) filets. *Food Chemistry*, 106, 140-146.
- [30] Pirestani, S., Sahari, M.A., Barzegar, M. (2010). Fatty acid changes during frozen storage in several fish species from south Caspian Sea. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 12, 321-329.
- [31] ZakipourRahimabadi, E., Bakar, J. (2011). Effects of four cooking methods (microwave, grilling, steaming and shallow fat frying) on lipid oxidation and fatty acid composition of *Scomberomorous commerson*. *Journal of Food Science and Technology*, 8(31), 53-61[in Persian].
- [32] Garcia, M.A., Ferrero, C., Zaritzky, N., (2002). Edible coating from cellulose derivatives to reduce oil uptake in fried products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 3, 391-397.
- with single and multi-layer hydrocolloid coating. *J. Food Sci. Technol.*, DOI: 10.1007/s13197-012-0660-9.
- [16] Al-abdullah, B.M., Angora, M.M., Al-ismail, M.K.H., Ajo, Y.R. (2011). Reducing fat uptake during dee-frying of minced chicken meat-balls by coating them with different materials, either alone or in combination. *Italian Journal of Food Science*, 23, 331-337.
- [17] Singthong, J., Thongkaew, C.H. (2009). Using hydrocolloids to decrease oil absorption in banana chips .*LWT - Food Science Technology*, 42, 1199-1203.
- [18] Pranoto, Y., WisesoMarseno, D., Haryadi. (2009). Methylcellulose and hydroxypropyl methylcellulose-based coatings on partially defatted peanut to reduce frying oil uptake and enhance oxidative stability. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 2(04), 891-900.
- [19] Vongsawasdi, P., Nopharatana, M., Srisuwatree, W., Pasukcharoenying, S., Wongkitcharoen, N. (2008). Using modified starch to decrease the oil absorption in fried battered chicken. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 1(03) 174-183.
- [20] Usawakesmanee, W., Chinnan, M., Wuttijumnong, P., Jangchud, A., Raksakulthai, N. (2008). Effect of edible coating ingredients incorporated into pre-dusting mix on moisture content, fat content and consumer acceptability of fried breaded product. *Songklanakarin J Sci Technol.*, 30 (Suppl 1), 25-34.
- [21] Ninan, G., Joseph, A.C., Zynudheen, A.A., Abbas, A.R., Ravishankar, C.N. (2010). Effect of hydrocolloids as an ingredient of batter mix on the biochemical, physical and sensory properties of frozen stored coated shrimp. *Fishery Technology*, 47(1), 57-64.
- [22] Kan Pan, G., Wu Ji, H., Cheng Liu, S., Ming Su, W., Yu Lu, H. (2013). Effect of soy protein isolate addition on quality of deep-fat fried breaded shrimp. *Journal of Food and Nutrition Research*, 1(6), 174-180.
- [23] Venugopal, V. (2006). *Seafood Processing*. CRC Press. P. 485.

Effects of different levels of Carboxymethyl Cellulose (CMC) gum added to batter of breaded shrimp on oil uptake, sensory characteristics and fatty acid profile during deep-oil frying

Jorjani, S. ^{1*}, Hosseini- Jebeli, Z. S. ², Ghilichi, A. ³

1. Ph.D., Assistant Prof., Dept. of Fisheries, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran.
2. M.Sc., Dept. of Fisheries, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran.
3. Ph.D., Associate Prof., Dept. of Fisheries, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran.

(Received: 2017/02/10 Accepted:2018/06/25)

In this study, effect of carboxymethyl cellulose (CMC) gum added to batter of breaded shrimp on oil uptake, sensory characteristics and fatty acid profile were evaluated during deep-oil frying. The treatments consisted of control (without CMC), treatment A (with 2% CMC in batter), and treatment B (with 4% CMC in batter) and treatment C (with 6% CMC in batter). Result of this study indicated that adding different levels of CMC in batter, compared to control sample, was more effective in reducing of oil uptake and retention of moisture. The effect of using different concentration of CMC in batter showed that the lowest amount of fat and maximum amount of moisture were related to treatments C, B, A and control, respectively. There was significantly difference between treated breaded shrimps with control one from fatty acid profiles ($p < 0.05$). Results showed a higher ω -3 fatty acid, EPA, DHA, \sum EPA+DHA, ω -3/ ω -6 ratio content in treatment C with 6% CMC in batter. The lowest amount of ω -3 fatty acid, EPA, DHA, \sum EPA+DHA, ω -3/ ω -6 ratio was related to control samples. Adding CMC to batter showed significantly reduction on thermal oxidation ($C_{22:6} + C_{20:5} / C_{16:0}$) in samples ($p < 0.05$). In sensory evaluation, all CMC treated samples were accepted with all panelists. Result of this research showed that using CMC in batter formula for producing breaded shrimp was so effective in reduction of fat uptake and retention of moisture and ω -3 fatty acid with the best barrier properties during deep fat frying.

Key words: Breaded Shrimp, Deep frying, Fatty acid profile, Carboxy Methyl Cellulose.

* Corresponding Author E-Mail Address: sarahjorjani@yahoo.com