



دانشگاه گورگان و منابع طبیعی گورگان

بهره‌برداری و پرورش آبزیان

جلد دوم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۲

<http://japu.gau.ac.ir>

اثر دماهای مختلف سرخ کردن مقدماتی در روغن کانولا بر کیفیت و مقدار جذب روغن در قسمت‌های مختلف ناگت ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*)

*سید مهدی اجاق^۱، سعید کاظمی‌نیا^۲، انیسه جمشیدی^۳ و بهاره شعبان‌پور^۴

استادیار گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانش‌آموخته رشته فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشجوی دکتری رشته فرآوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی

و منابع طبیعی گرگان، استاد گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۲/۱۰

چکیده

در این پژوهش تأثیر دماهای مختلف سرخ کردن مقدماتی در روغن کانولا بر فاکتورهای فیزیکی، مقدار رطوبت و جذب روغن در ناگت ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) مطالعه شد. ناگت‌های ماهی پس از آماده‌سازی، در سه دمای ۱۵۰، ۱۷۰ و ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد، به صورت مقدماتی در روغن کانولا سرخ شد. آزمایش‌های فیزیکی (ویسکوزیته لعاب، جذب لعاب، چسبندگی و چروکیدگی)، ترکیب تقریبی، رنگ‌سنجی و آنالیز حسی در سه تکرار بر تیمارها انجام گرفت. به منظور بررسی مقدار رطوبت و جذب روغن، روکش ناگت‌ها جدا شد و مقدار رطوبت و روغن در ناگت، روکش و ناگت بدون روکش مورد بررسی قرار گرفت. در مینس ماهی، مقادیر بالاتر چربی و خاکستر و مقدار پایین‌تر رطوبت نسبت به ناگت‌های تولیدی مشاهده شد ($P < 0/05$)، در حالی که مقدار پروتئین میان این دو اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($P > 0/05$). با افزایش دمای سرخ کردن مقدماتی، مقادیر پروتئین، بازده محصول و چروکیدگی افزایش یافت ($P < 0/05$) و مقدار روشنائی کاهش یافت ($P < 0/05$). عدم وجود اختلاف معنی‌دار در مقادیر خاکستر، رطوبت، چربی، pH، ظرفیت نگهداری آب، شاخص‌های قرمزی و زردی و آنالیز حسی، طی افزایش دمای سرخ کردن

*مسئول مکاتبه: mahdi_ojagh@yahoo.com

مقدماتی مشاهده شد ($P > 0/05$). با افزایش دمای سرخ کردن مقدماتی، مقادیر چربی در روکش و ناگت بدون روکش کاهش یافت ($P < 0/05$), در حالی که مقدار چربی ناگت و مقادیر رطوبت روکش، ناگت بدون روکش و ناگت تغییرات معنی‌دار نداشت ($P > 0/05$). اعمال دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد در مرحله سرخ کردن مقدماتی ناگت ماهی کپور نقره‌ای، از نظر فاکتورهای فیزیکی، ترکیب تقریبی و شاخص رنگ‌سنجی نتایج بهتر نسبت به دماهای ۱۵۰ و ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد نشان داد.

واژه‌های کلیدی: ناگت ماهی، دمای سرخ کردن مقدماتی، روغن کانولا، کپور نقره‌ای، جذب روغن

مقدمه

یکی از مشکلات محصولات لعاب‌دهی و سوخاری شده از جمله ناگت ماهی، فینگر ماهی و برگر ماهی، جذب مقدار قابل توجه روغن طی مراحل سرخ کردن مقدماتی و سرخ کردن نهایی است (سازن و همکاران، ۲۰۰۴). این محصولات طی مرحله سرخ کردن مقدماتی ۱۵ تا ۳۰ درصد وزن خود روغن جذب می‌کنند که این مسئله مصرف‌کنندگان این قبیل محصولات را از نظر سلامتی، چاقی و بیماری‌های قلبی عروقی ناشی از وجود مقادیر زیادی روغن در این گونه محصولات دچار نگرانی کرده است، به طوری که این نگرانی‌ها می‌توانند بر بازاریابی محصولات لعاب‌دهی و سوخاری شده اثرات منفی داشته باشند (ونگوپال، ۲۰۰۶).

سرخ کردن عمیق یک روش عمومی پخت است که در آن چربی به‌عنوان محیط انتقال گرما استفاده می‌شود و در طی آن غذاهایی با خصوصیات منحصر به فرد از نظر طعم، بافت و ظاهر تولید می‌شود میلما (۲۰۰۳). طی فرایند سرخ کردن، هم‌زمان با جابه‌جایی و انتقال دما، جابه‌جایی و انتقال مواد نیز رخ می‌دهد که از جمله آن می‌توان به انتقال روغن به درون محصول و خروج آب از آن اشاره نمود، به طوری که رطوبت موجود در ماده خام تبخیر و به‌طور جزئی توسط روغن جایگزین می‌شود. این مقدار جایگزینی که بیش از ۴۰ درصد وزن محصول نهایی را تشکیل می‌دهد، بر ویژگی‌های نهایی محصول از جمله طعم، بو و بافت مؤثر می‌باشد ریماک برنیک و همکاران (۲۰۰۴).

مقدار جذب روغن به عواملی مانند کیفیت روغن، مدت زمان سرخ‌کردن، دمای روغن و ماده غذایی، شکل ماده غذایی و به‌خصوص مقدار رطوبت اولیه محصول بستگی دارد فیزمن و سالوادور (۲۰۰۳). دمای سرخ کردن از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر مقدار جذب روغن است و به‌طور مستقیم بر

مدت زمان فرایند تأثیر می‌گذارد (میلما، ۲۰۰۳؛ دانا و ساگوی، ۲۰۰۶؛ کیتا و همکاران، ۲۰۰۷). در این زمینه دمای میان ۱۵۰ تا ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری نشان نداده است ریماک برنیک و همکاران (۲۰۰۴)، اگرچه به‌طور کلی، افزایش دمای سرخ کردن منجر به کاهش جذب روغن می‌شود. به‌طور کلی، محصولات سرخ شده در دمای ۱۷۵ تا ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد دارای خواص تردی خوبی هستند. کاربرد دماهای بالاتر، با تشکیل آکریلامید همراه است که یک ماده سرطان‌زا می‌باشد. در نتیجه کاربرد دمای کم‌تر در فرایند سرخ کردن عمیق، به‌منظور حفظ کیفیت محصول نهایی مطلوب می‌باشد کیتا و همکاران (۲۰۰۷).

نوع روغن مورد استفاده بر مقدار جذب روغن در محصول سرخ شده و ترکیب اسیدهای چرب آن مؤثر است مرادی و همکاران (۲۰۰۹). در صنعت از روغن مخصوص سرخ کردنی که به‌طور معمول ترکیبی از روغن‌های آفتابگردان، سویا و پالم است، استفاده می‌کنند کیتا و همکاران (۲۰۰۷). روغن کانولا در مقایسه با سایر روغن‌های مصرفی رایج مانند آفتابگردان، پایین‌ترین میزان اسید چرب اشباع (SFA) را دارد (۷/۱ درصد کل اسیدهای چرب روغن). این روغن به‌دلیل دارا بودن تعداد کمتر پیوند دوگانه در مقایسه با روغن آفتابگردان اثرات کمتری بر پراکسیداسیون و استرس اکسیداتیو دارد که از عوامل مهم ایجاد کننده بیماری‌های قلبی عروقی هستند (استارک و همکاران، ۲۰۰۰؛ سید ابراهیمی و همکاران، ۲۰۱۱).

با توجه به جایگاه ویژه کپور ماهیان در اقلام غذایی و تغذیه مصرف‌کنندگان، پژوهش‌های عمده‌ای در زمینه فراوری و وارد کردن هر چه بیشتر محصولات تولیدی از این ماهیان به سبد مصرفی خانوار، صورت گرفته است که از جمله آن می‌توان به تهیه سوسیس از ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) رحمانی‌فره (۲۰۰۹) و تولید فینگر ماهی از مینس و سوریمی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) الیاسی و همکاران (۲۰۱۰) اشاره نمود. ماهی کپور نقره‌ای *Hypophthalmichthys molitrix* از جمله کپور ماهیان می‌باشد که استفاده از آن به‌عنوان ماده اولیه فراورده‌های جنبی شیلاتی از نظر اقتصادی و در دسترس بودن مقرون به صرفه است.

این مطالعه با هدف بررسی اثر دماهای مختلف سرخ کردن مقدماتی در روغن کلزا بر کیفیت و مقدار جذب روغن در قسمت‌های مختلف ناگت ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) انجام گردید.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی ماهی و تولید ناگت ماهی: در اواخر اردیبهشت ۱۳۹۱ تعدادی ماهی کپور نقره‌ای با وزن متوسط ۱۲۰۰-۱۱۵۰ گرم و مجموع وزن ۵۰ کیلوگرم از مزرعه پرورش ماهی سد و شمشگیر استان گلستان خریداری و پس از یخ پوشی مناسب در یونولیت، به آزمایشگاه فراوری گروه شیلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شدند. پس از شستشو و جداکردن سر و دم، تخلیه امعاء و احشا، فیله‌کردن و جداسازی گوشت‌های تیره از ماهی‌ها، پوست و استخوان فیله‌های حاصل توسط دستگاه استخوان‌گیر^۱ جداسازی شد و مینس ماهی^۲ به‌دست آمد. به‌منظور تولید ناگت ماهی، ۸۷ درصد مینس ماهی با ترکیبات افزودنی و طعم‌دهنده شامل، ۵ درصد آرد سوخاری، ۵ درصد پیاز، ۱ درصد سیر، ۱/۵ درصد نمک و ۰/۵ درصد ادویه (شامل ۰/۲ درصد دارچین، ۰/۲ درصد ادویه کاری و ۰/۱ درصد فلفل قرمز) مخلوط شد. مخلوط حاصل در قالب‌های گرد با قطر پنج سانتی‌متر و ارتفاع حدود یک سانتی‌متر قالب‌گیری شد و در لعاب با فرمول ۵۵ درصد آرد گندم، ۳۰ درصد نشاسته، ۱۰ درصد آرد گلوتن، ۲ درصد بیکینگ پودر و ۳ درصد نمک (دمای آب مورد استفاده در تهیه لعاب ۱۰ درجه سانتی‌گراد به نسبت یک مواد خشک و یک و نیم آب) غوطه‌ور گردید چن و همکاران (۲۰۰۸) و پس از چکیدن لعاب اضافی بعد از مدت یک دقیقه، توسط آردسوخاری صنعتی دانه متوسط (شرکت آمون-ایران) پوشانده شدند.

پس از کامل شدن روکش، ناگت‌های تولیدی با استفاده از روغن گیاهی کانولا (مخصوص سرخ کردن، اوپلا-ایران) به‌مدت ۳۰ ثانیه در سرخ‌کن (Moulinex Toucan ADR2) تحت دماهای ۱۵۰، ۱۷۰ و ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد به‌صورت مقدماتی به روش سرخ کردن عمیق سرخ و پس از خنک شدن در دمای محیط، بسته‌بندی شد. به‌منظور جبران شوک حرارتی وارد شده، ناگت‌ها پس از بسته‌بندی، در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد منجمد گردید. پس از یک هفته نگهداری، با خروج ناگت‌های تولیدی از فریزر و انجمادزدایی در دمای محیط، آزمایش‌های مربوطه بر ناگت‌های ماهی انجام گردید. به‌منظور بررسی مقدار رطوبت و میزان جذب روغن، روکش ناگت‌ها جدا شد (شکل ۱) و مقادیر رطوبت و روغن در قسمت‌های روکش، ناگت بدون روکش و ناگت مورد بررسی قرار گرفت. برای آزمایش‌های

1- Deboner

2- Fish mince

فیزیکی و آنالیز حسی، ناگت‌ها به مدت ۳ دقیقه در سرخ‌کن تحت دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به صورت عمیق در روغن کانولا سرخ شدند.



شکل ۱. جداسازی روکش در تیمارهای روکش، ناگت بدون روکش و ناگت

اندازه‌گیری ترکیب تقریبی متشکله: مقادیر پروتئین، خاکستر، رطوبت و چربی نمونه‌ها بر اساس روش AOAC (۱۹۹۰) محاسبه شدند.

ویسکوزیته لعاب: اندازه‌گیری ویسکوزیته لعاب با استفاده از دستگاه ویسکومتر (Brook Field LVDV) با اسپیندل شماره ۶ و سرعت چرخش ۱۰۰rpm در زمان ۲۰ ثانیه و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد صورت گرفت.

بازده محصول: نمونه‌های هر تیمار قبل و بعد از سرخ کردن نهایی توزین شدند. مقدار بازده محصول طبق فرمول زیر به صورت درصد محاسبه گردید داس و همکاران (۲۰۰۸).

$$A (\%) = (W_F / W_P) \times 100$$

A = بازده محصول (درصد)

W_F = (گرم) وزن نمونه سرخ شده نهایی

W_P = (گرم) وزن نمونه سرخ شده مقدماتی

چروکیدگی: قطر و ضخامت نمونه‌های هر تیمار قبل و بعد از سرخ کردن نهایی اندازه‌گیری شد و به کمک رابطه زیر مقدار چروکیدگی محصولات محاسبه گردید مودی و همکاران (۲۰۰۷).

$$A (\%) = [(T_P - T_F) + (D_P - D_F)] / (D_P + T_P) \times 100$$

A = چروکیدگی (درصد)

T_P = سانتی‌متر) ضخامت نمونه سرخ شده مقدماتی

T_F = سانتی‌متر) ضخامت نمونه سرخ شده نهایی

D_P = سانتی‌متر) قطر نمونه سرخ شده مقدماتی

D_F = سانتی‌متر) قطر نمونه سرخ شده نهایی

درصد چسبندگی روکش: نمونه‌های ناگت سرخ شده مقدماتی توسط چاقوی تیز از وسط دو نیم شده و توسط دوربین دیجیتالی (SONY, DSC-T77) عکس‌برداری صورت گرفت آلبرت و همکاران (۲۰۰۹). درصد لعابی که به سطح تکه ناگت به صورت چسبیده باقی ماند از طریق فرمول زیر محاسبه گردید:

$$A (\%) = (P / T) \times 100$$

A = چسبندگی روکش (درصد)

P = تعداد پیکسل متناظر با محیط لعاب چسبیده شده

T = تعداد پیکسل متناظر با محیط کل تکه ماهی

ظرفیت نگهداری آب: مقدار ظرفیت نگهداری آب (WHC) طبق روش داس و همکاران (۲۰۰۸) به کمک سانتی‌فیوژ طبق فرمول زیر محاسبه گردید:

$$A (\%) = ((W1 - W2) / W1) \times 100$$

A = مقدار رطوبت تحت فشار (درصد)

W1 = وزن اولیه نمونه (گرم)

W2 = وزن ثانویه نمونه (گرم)

اندازه‌گیری pH: مقدار pH نمونه‌ها به کمک دستگاه pH متر (pH Lat Stirrer Metrohm 728)، اندازه‌گیری شد، سوانیچ و همکاران (۲۰۰۰).

رنگ‌سنجی: رنگ نمونه ناگت‌های سرخ‌شده مقدماتی توسط دستگاه رنگ‌سنج (Lovibond CAM-500 system, England) مورد آنالیز قرار گرفتند (فاگان و همکاران، ۲۰۰۳). متغیر L^* برای بیان شاخص روشنایی از ۰ (بعد سیاهی) تا ۱۰۰ (بعد سفیدی)، شاخص a^* برای بیان بعد قرمزی-سبزی ($+a^*$ نشان‌دهنده قرمزتر و $-a^*$ نشان‌دهنده سبزتر) و شاخص b^* برای بیان بعد زرد-آبی ($+b^*$ نشان‌دهنده زردتر و $-b^*$ نشان‌دهنده آبی‌تر) می‌باشد.

آنالیز حسی: طبق روش داس و همکاران (۲۰۰۸) نمونه‌ها به مدت ۳ دقیقه در سرخ‌کن تحت دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد در روغن آفتابگردان سرخ شدند و توسط ۱۰ نفر مورد ارزیابی قرار گرفتند. ارزیابان (آموزش دیده غیر ماهر) به شاخص‌های حسی بر اساس جدول ۱، از یک تا هشت امتیاز دادند (بی‌نهایت بد: ۱، بی‌نهایت عالی: ۸).

جدول ۱- نمونه جدول ارزیابی آنالیز حسی ناگت ماهی کپور نقره‌ای سرخ شده

نام و نام خانوادگی:	تاریخ:	نام تیمار:
کیفیت	نمره	رنگ
بی‌نهایت عالی	۸	بافت
عالی	۷	تردی
خیلی خوب	۶	طعم
خوب	۵	بو
متوسط	۴	ظاهر
بد	۳	پذیرش کلی
خیلی بد	۲	
بی‌نهایت بد	۱	

توضیحات:

روش تجزیه و تحلیل: تجزیه و تحلیل داده‌های این پژوهش با استفاده از برنامه SPSS و آزمون تجزیه واریانس یک طرفه (ANOVA) انجام شد. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال $\alpha = 0.05$ استفاده شد. به منظور مقایسه مقدار رطوبت و جذب روغن در قسمت‌های مختلف محصول و دماهای متفاوت سرخ کردن، از آنالیز واریانس دوطرفه در قالب

بهره‌برداری و پرورش آبزیان (۲)، شماره (۴) زمستان ۱۳۹۲

آزمایش‌های فاکتوریل (سه قسمت مختلف ناگت ماهی در سه سطح دمای سرخ کردن) استفاده گردید. همچنین برای آنالیز داده‌های حسی از آزمون‌های ناپارامتری کروسکال‌والیس (برای مقایسه چند گروه) و من‌ویتنی (برای مقایسه دو گروه با یکدیگر) استفاده شد. نمودارهای مربوطه در نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج

ترکیب تقریبی متشکله مینس ماهی کپور نقره‌ای و ناگت ماهی تولیدی از آن در جدول ۲ نشان داده شده است. فرایند تولید ناگت بر مقدار پروتئین تأثیر معنی‌داری نداشت ($P < 0/05$)، در حالی که در مقدار رطوبت، چربی و خاکستر تأثیر معنی‌داری به نمایش گذاشت ($P < 0/05$). مقدار بالاتر رطوبت و مقادیر کمتر چربی و خاکستر در مینس ماهی مشاهده شد.

جدول ۲- ترکیب تقریبی مینس و ناگت ماهی کپور نقره‌ای سرخ شده مقدماتی در دماهای مختلف روغن کانولا

تیمار	پروتئین	خاکستر	رطوبت	چربی
مینس ماهی	۱۶/۶۱±۰/۸۹ ^{ab}	۲/۶۹±۰/۷۰ ^b	۸۱/۸۵±۰/۴۳ ^a	۲/۴۰±۰/۰۹ ^b
ناگت در دمای ۱۵۰°C	۱۵/۴۱±۰/۰۸ ^c	۳/۴۵±۰/۰۸ ^a	۶۳/۷۶±۰/۰۶ ^c	۱۴/۷۸±۱/۰۳ ^a
ناگت در دمای ۱۷۰°C	۱۶/۲۶±۰/۲۴ ^b	۳/۳۸±۰/۰۷ ^a	۶۴/۱۳±۰/۰۶ ^b	۱۵/۸۳±۰/۳۳ ^a
ناگت در دمای ۱۹۰°C	۱۷/۰۰±۰/۱۱ ^a	۳/۰۵±۰/۲۴ ^a	۶۳/۷۲±۰/۱۴ ^c	۱۶/۵۸±۰/۲۱ ^a

داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده‌اند.

حروف انگلیسی متفاوت در جدول نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.

طبق نتایج حاصل از طرح فاکتوریل، بررسی روند تغییرات مقادیر رطوبت و چربی در قسمت‌های مختلف محصول (روکش، ناگت بدون روکش و ناگت کامل) در دماهای ۱۵۰، ۱۷۰ و ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد، اختلاف معنی‌داری را به نمایش گذاشتند ($P < 0/05$) (جدول ۳). ناگت بدون روکش با (۷۳/۴۲) درصد، بالاترین مقدار رطوبت و ناگت با (۶۳/۸۷) و روکش با (۴۸/۴۳) به ترتیب مقادیر کمتر رطوبت را نشان دادند، به طوری که مقدار رطوبت به قرار: ناگت بدون روکش < ناگت < روکش، بود. بالاترین مقدار چربی در ناگت (۱۵/۷۳) مشاهده شد و روکش (۱۰/۶۷) و ناگت بدون روکش (۹) به ترتیب مقادیر کمتر چربی را نشان دادند و مقدار چربی به ترتیب به قرار: ناگت < روکش < ناگت بدون

سید مهدی اجاق و همکاران

روکش، بود. مقدار رطوبت در دماهای مختلف سرخ کردن اختلاف معنی داری نشان نداد ($P > 0/05$). با محاسبه مقادیر چربی، ناگت‌های سرخ شده مقدماتی در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به ۱۵۰ و ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، مقدار چربی کمتری را به نمایش گذاشتند ($P < 0/05$) (جدول ۳).

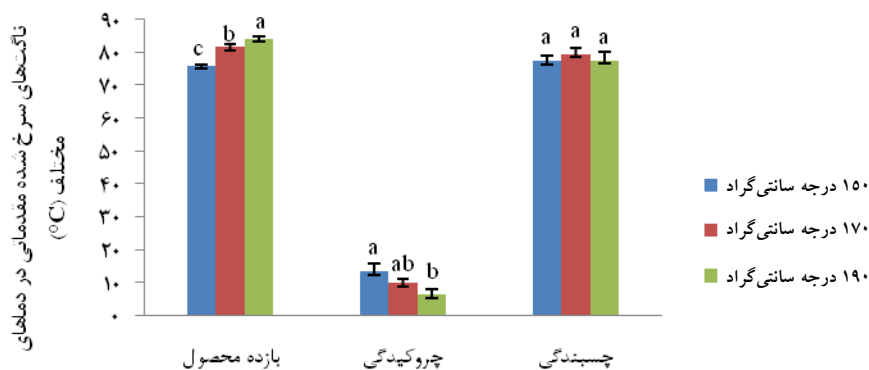
جدول ۳- تغییرات رطوبت و چربی در قسمت‌های مختلف ناگت‌های ماهی کپور نقره‌ای سرخ شده مقدماتی در دماهای مختلف روغن کانولا

تیمارهای مورد بررسی	رطوبت			چربی		
	۱۹۰ °C	۱۷۰ °C	۱۵۰ °C	۱۹۰ °C	۱۷۰ °C	۱۵۰ °C
روکش	۴۸/۸۷±۰/۴۷ ^c	۴۸/۰۱±۰/۹۶ ^c	۴۸/۴۱±۰/۶۱ ^c	۶/۶۷±۰/۳۵ ^e	۱۱/۸۳±۰/۸۴ ^{cd}	۱۳/۵±۱/۲۰ ^{bc}
ناگت بدون روکش	۷۳/۲۹±۰/۰۷ ^a	۷۳/۸۷±۰/۱۳ ^a	۷۳/۱۱±۰/۰۱ ^a	۷/۵۵±۰/۶۲ ^e	۸/۳۳±۰/۳۸ ^e	۱۱/۱۱±۰/۴۰ ^d
ناگت	۶۳/۷۲±۰/۱۴ ^b	۶۴/۱۳±۰/۰۶ ^b	۶۳/۷۹±۰/۰۶ ^b	۱۶/۵۸±۰/۲۱ ^a	۱۵/۸۳±۰/۳۳ ^a	۱۴/۷۸±۱/۰۳ ^{ab}

داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده‌اند.

حروف انگلیسی متفاوت در جدول نشان‌دهنده تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.

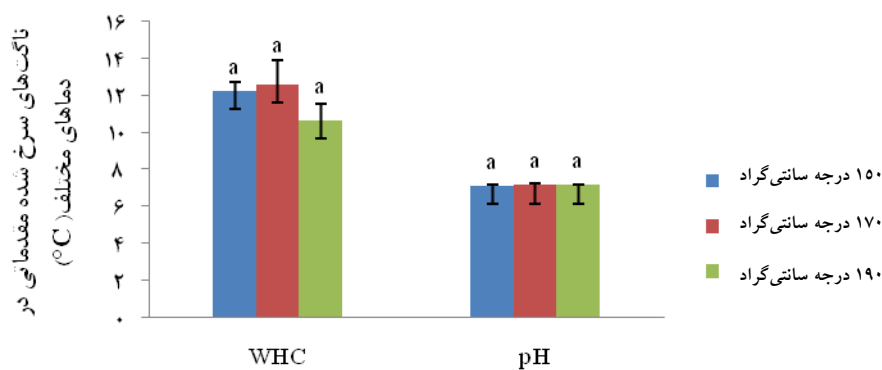
نتایج بررسی خصوصیات فیزیکی ناگت‌های سرخ شده در دماهای مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است. مقدار ویسکوزیته لعاب $50 \pm 0/01$ سانتی‌پواز محاسبه شد. بالاترین مقادیر بازده محصول به ترتیب در ناگت‌های سرخ شده مقدماتی در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد، سپس در ۱۷۰ درجه و در نهایت ناگت‌های سرخ شده مقدماتی در ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد کمترین مقدار بازده محصول را نشان دادند ($150 < 170 < 190$). کمترین مقدار چروکیدگی در دمای ۱۹۰ درجه و بالاترین مقدار آن در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد ($150 < 190$ و ۱۷۰)، در حالی که درصد چسبندگی روکش در دماهای مختلف اختلاف معنی داری به نمایش نگذاشت ($P > 0/05$).



شخص‌های فیزیکی ناگت‌های ماهی (%)

شکل ۲- تغییرات فاکتورهای فیزیکی در ناگت‌های ماهی کپور نقره‌ای سرخ شده مقدماتی در دماهای مختلف روغن کانولا داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار \pm انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف انگلیسی متفاوت در جدول نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میان تیمارها در سطح ۵ درصد می‌باشد.

نتایج مطالعه میزان ظرفیت نگهداری آب و pH ناگت‌های سرخ شده مقدماتی در دماهای مختلف، میان تیمارهای مطالعه شده اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($P > 0.05$). در شکل ۳ روند تغییرات میزان ظرفیت نگهداری آب و pH ناگت‌ها، طی افزایش دمای سرخ کردن مقدماتی نشان داده شده است.



مقادیر ظرفیت نگهداری آب و pH

شکل ۳- تغییرات مقدار WHC و pH در ناگت‌های ماهی کپور نقره‌ای سرخ شده مقدماتی در دماهای مختلف روغن کانولا داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار \pm انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف انگلیسی یکسان در جدول نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار میان تیمارهای مختلف در سطح ۵ درصد می‌باشد.

در بررسی خصوصیات رنگی ناگت‌های سرخ شده مقدماتی در دماهای مختلف، مقدار روشنایی دارای اختلاف معنی‌داری بود ($P < 0/05$) در حالی که شاخص‌های قرمزی و زردی تفاوت معنی‌داری نشان ندادند ($P > 0/05$). دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به ۱۷۰ و ۱۹۰ درجه مقدار روشنایی بالاتری را به نمایش گذاشت (جدول ۴).

جدول ۴- شاخص‌های رنگ‌سنجی در ناگت ماهی کپور نقره‌ای سرخ شده مقدماتی در دماهای مختلف روغن کانولا

تیمار	L*	a*	b*
ناگت در دمای ۱۵۰°C	۵۹/۸۲±۰/۶۶ ^a	۱۰/۰۰±۰/۹۲ ^a	۲۵/۳۲±۰/۴۴ ^a
ناگت در دمای ۱۷۰°C	۵۷/۷۹±۰/۶۱ ^b	۱۰/۴۲±۰/۲۳ ^a	۲۵/۴±۰/۵۰ ^a
ناگت در دمای ۱۹۰°C	۵۷/۵۷±۰/۵۶ ^b	۹/۹۸±۰/۲۶ ^a	۲۴/۸±۰/۵۳ ^a

داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده‌اند.

حروف انگلیسی متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها در سطح ۵ درصد می‌باشد.

آنالیز آماری شاخص‌های حسی رنگ، طعم، بو، بافت و پذیرش کلی اختلاف معنی‌داری را میان تیمارهای مختلف نشان نداد ($P > 0/05$) (جدول ۵).

جدول ۵- تغییرات شاخص‌های ارزیابی حسی در ناگت‌های ماهی کپور نقره‌ای سرخ شده مقدماتی در دماهای مختلف روغن کانولا

شاخص‌های حسی	ناگت‌های سرخ شده مقدماتی در ۱۵۰°C	ناگت‌های سرخ شده مقدماتی در ۱۷۰°C	ناگت‌های سرخ شده مقدماتی در ۱۹۰°C
رنگ	۵/۷۵±۰/۳۶ ^a	۶/۲۵±۰/۳۱ ^a	۶/۳۷±۰/۵۰ ^a
طعم	۵/۵۰±۰/۵۷ ^a	۵/۶۲±۰/۵۰ ^a	۵/۷۵±۰/۵۹ ^a
بو	۶/۵۰±۰/۳۸ ^a	۶/۰۰±۰/۲۷ ^a	۶/۱۲±۰/۴۰ ^a
بافت	۵/۲۵±۰/۴۱ ^a	۵/۳۷±۰/۳۷ ^a	۴/۸۷±۰/۴۸ ^a
پذیرش کلی	۶/۲۵±۰/۴۱ ^a	۵/۸۷±۰/۲۹ ^a	۶/۰۰±۰/۴۲ ^a

داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار ± انحراف معیار بیان شده‌اند.

حروف انگلیسی یکسان در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

مینس ماهی کپور نقره‌ای نسبت به ناگت‌های تولیدی مقدار رطوبت بالاتر و چربی و خاکستر کمتری داشت و از نظر مقدار پروتئین اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۲). کاهش معنی‌دار رطوبت در ناگت‌ها نسبت به مینس در نتیجه افزایش ترکیبات دیگر مانند پروتئین و چربی طی فرایند سرخ کردن می‌باشد. در این پژوهش میزان رطوبت کمتر و چربی بالاتر در ناگت‌های ماهی نسبت به مینس، به دلیل جا به‌جایی مواد حین فرایند پخت مقدماتی و نفوذ چربی به محصول است. وجود مقدار رطوبت بالاتر و چربی پایین‌تر در مینس ماهی نسبت به ناگت‌های تولیدی، در نتیجه فرایند تولید و مراحل مختلف سرخ کردن مقدماتی می‌باشد. در پژوهش گوکولو و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی اثر پنج روش پخت (مایکروویو، سرخ کردن، آب‌پز، کباب کردن و فر) بر ترکیب تقریبی و محتوی مواد معدنی قزل‌آلای رنگین‌کمان، نیز بالاترین میزان رطوبت در تیمار خام و کمترین میزان آن در تیمار سرخ شده مشاهده شد.

با جدا کردن روکش از ناگت ماهی و بررسی مقادیر رطوبت و چربی محصول در سه قسمت روکش، ناگت بدون روکش و ناگت تحت سه دمای مختلف سرخ کردن، مشاهده گردید که مقادیر رطوبت به‌ترتیب از بیشترین به کمترین مقدار در ناگت بدون روکش، ناگت و روکش، و مقادیر چربی برعکس آن و به‌ترتیب از بیشترین به کمترین مقدار در ناگت، روکش و ناگت بدون روکش حاصل شد. اثر دماهای مختلف سرخ کردن در مقدار رطوبت روکش، ناگت بدون روکش و ناگت تفاوت معنی‌داری نشان نداد، در حالی که مقدار چربی دارای اختلاف معنی‌دار بود. مقدار چربی روکش در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد و مقدار چربی ناگت بدون روکش در دماهای ۱۷۰ و ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد کمترین مقدار چربی را نشان دادند، اما مقدار آن در ناگت اختلاف معنی‌داری نشان نداد. به‌طور کلی افزایش دمای سرخ کردن مقدماتی باعث کاهش جذب روغن گردید. در این پژوهش، عدم اختلاف معنی‌دار روغن و رطوبت در تیمار ناگت احتمالاً به دلیل روکش سخت تشکیل شده در محصول است که با اثر محافظتی خود مانع کاهش رطوبت و افزایش روغن طی سرخ کردن در دماهای مختلف شد. مویانو و برنا (۲۰۰۲) اعلام کردند با افزایش دمای سرخ کردن روکشی سخت‌تر و بادوام‌تر تشکیل می‌شود که مقاومت محصول در مقابل جابه‌جایی مواد را بهبود می‌بخشد و ضریب پخش سطحی را کاهش می‌دهد. طبق پژوهش چن و همکاران (۲۰۰۸) بر ناگت ماهی ماکرل، کاهش رطوبت و جذب روغن به‌طور عمده در روکش رخ داد. گیلامین (۱۹۸۸) نیز بیان نمود دمای سرخ

کردن میان ۱۵۰ تا ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد تأثیر معنی‌داری بر مقدار جذب روغن در محصولات غذایی ندارد.

با افزایش دمای سرخ کردن، مقدار پروتئین ناگت‌های ماهی افزایش یافت، به طوری که مقدار پروتئین در ناگت‌های سرخ‌شده در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد بالاتر از ۱۷۰ و ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد بود. عدم وجود تغییرات معنی‌داری بر میزان پروتئین ناگت‌های ماهی احتمالاً به دلیل پوسته محکم تشکیل شده طی فرایند سرخ کردن مقدماتی ناگت‌هاست که مانع خروج بیش از اندازه رطوبت محصول و تغییر میزان پروتئین می‌گردد. در مطالعه (بوگنار، ۱۹۹۸) با بررسی اثر سرخ کردن بر ارزش تغذیه‌ای مواد غذایی نتیجه مشابه این پژوهش حاصل شد به طوری که، در سیب‌زمینی، گوشت و فیله ماهی سوخاری شده طی فرایند سرخ کردن رطوبت کاهش و چربی افزایش یافت و فرایند سرخ کردن باعث حفظ و نگهداری ۹۶ تا ۱۰ درصد پروتئین در فیله‌های ماهی شد و در میزان هضم پروتئین تغییری نشان نداد.

درصد چسبندگی روکش یکی از ویژگی‌های مهم در محصولات لعاب داده و سوخاری شده است. در غذاهای لعاب داده و سوخاری شده، چسبندگی شامل پیوند شیمیایی و فیزیکی روکش غذا با سطح ماده غذایی می‌باشد (سودرمن، ۱۹۸۳). در این پژوهش از یک نوع فرمولاسیون لعاب برای لعاب دادن ناگت‌های ماهی استفاده شد و در نتیجه آن میزان چسبندگی روکش به سطح ماده غذایی در تیمارها یکسان بود. آلبرت و همکاران (۲۰۰۹) عملکرد سه نوع هیدروکلوئید HPMC، صمغ زانتان و نشاسته اکسید شده به صورت آردزنی برای بررسی میزان درصد چسبندگی به ناگت ماهی هیک در سه روش پخت را پژوهش کردند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از هیدروکلوئیدهای مختلف به صورت آردزنی، بدون این‌که در خصوصیات ماده غذایی تغییری ایجاد کند، به طور قابل توجهی چسبندگی روکش سوخاری به مواد غذایی را افزایش داد.

در مطالعه‌ای که بر نقش هیدروکلوئیدها در غذاهای سرخ کردنی انجام شد، (وارلا و فیزمن، ۲۰۱۱) بیان نمودند مقدار چسبندگی روکش با مقدار بازده محصول ارتباط مستقیمی دارد و با افزایش مقدار چسبندگی روکش، مقدار بازده محصول نیز افزایش می‌یابد. در این پژوهش میزان چسبندگی میان تیمارها اختلاف آماری نشان نداد، در حالی که مقدار بازده محصول با افزایش دمای سرخ کردن افزایش یافت. در پژوهش بوگنار (۱۹۹۸) با بررسی اثر سرخ کردن بر ارزش تغذیه‌ای مواد غذایی، نتایج نشان داد که روش‌های مختلف پخت بر مقدار بازده فیله ماهی ماکرل تأثیر معنی‌داری نداشت.

با افزایش دمای سرخ کردن میزان چروکیدگی ناگت‌های ماهی افزایش یافت و دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد بالاترین مقدار چروکیدگی را نشان داد. چروکیدگی به دلیل از دست رفتن رطوبت و دناتوره شدن پروتئین در اثر حرارت ناشی از فرایند پخت رخ می‌دهد. براس و کوستا (۲۰۱۰) در بررسی اثر نمک دریایی در فرایند خشک کردن و شور کردن ماهی بیان کردند در صورتی که غلظت پروتئین تقریباً بالاتر از ۲ مول باشد، پروتئین دناتوره می‌شود و در نتیجه ارتباط متقاطع میان پروتئین‌ها باعث افزایش چروکیدگی و متعاقب آن کاهش مقدار رطوبت گوشت و ظرفیت نگهداری آب می‌گردد. نتایج این پژوهش برخلاف پژوهش‌های وارلا و فیزمن (۲۰۱۱) و براس و کوستا (۲۰۱۰)، تغییرات معنی‌دار مقدار چروکیدگی و عدم وجود اختلاف معنی‌دار در ظرفیت نگهداری آب و رطوبت را نشان داد.

میزان رطوبت فرآورده‌های گوشتی لعاب داده و سوخاری شده پس از سرخ کردن، متأثر از ظرفیت نگهداری آب می‌باشد. احتمالاً به دلیل روکش مستحکمی که بر ناگت‌های ماهی تشکیل شده بود، ناگت‌ها طی سرخ کردن رطوبت زیادی از دست ندادند و در نتیجه دماهای مختلف سرخ کردن تغییراتی در میزان ظرفیت نگهداری آب نشان ندادند. داس و همکاران (۲۰۰۸) طی بررسی مدت ماندگاری ناگت گوشت در فریزر بیان نمودند برهم‌کنش‌های پروتئین- پروتئین و پروتئین- آب بر میزان ظرفیت نگهداری آب گوشت و محصولات گوشتی مؤثر است.

در این پژوهش مقدار pH میان تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری نشان نداد. به‌طور کلی افزایش pH در اثر حضور فرایندهای پروتئولیتیک باکتریایی و اتولیتیک آنزیمی در گوشت طی نگهداری، و کاهش pH نیز به دلیل افزایش آمونیاک و آمین‌ها به دلیل اثرات گرمایی فرایند سرخ کردن رخ می‌دهد کیلینک کرکر و همکاران (۲۰۰۹). در این پژوهش، به دلیل مدت کوتاه نگهداری، فرایندهای باکتریایی یا آنزیمی خاصی که منجر به تغییر مقدار pH گردد رخ نداد. از سوی دیگر، دماهای مختلف سرخ کردن مقدماتی، بر مقدار pH اثر معنی‌داری به‌جا نگذاشت. پژوهش‌های توکور و همکاران (۲۰۰۶) و نگوین (۲۰۰۹) عدم تغییرات مقدار pH را نشان داد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

رنگ نهایی محصولات سوخاری شده، از مهم‌ترین پارامترهایی مؤثر بر میزان بازارپسندی می‌باشد. افزایش دمای فرایند سرخ کردن مقدماتی باعث کاهش مقدار روشنایی شد و بر مقدار زردی و قرمزی ناگت‌های ماهی اثری نداشت. کاهش روشنایی در اثر دمای بالای فرایند سرخ کردن به دلیل قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی و فرایند کاراملی شدن روکش بود. طی فرایند سرخ کردن محصولات لعاب‌داده و سوخاری شده، واکنش‌های شیمیایی مختلفی از قبیل غیرطبیعی شدن پروتئین‌ها، ژلاتینه شدن نشاسته و

واکنش قهوه‌ای شدن لعاب و پوشش آردسوخاری رخ می‌دهد که کلیه این واکنش‌ها، باعث ایجاد تغییرات پیچیده در رنگ می‌گردند داس و همکاران (۲۰۱۱). طبق پژوهش سانز و همکاران (۲۰۰۴) توسعه رنگ محصول طی سرخ کردن یکی از فاکتورهای اصلی است که به مصرف‌کننده کمک می‌نماید تا زمان مناسب سرخ کردن نهایی محصول را انتخاب نماید، به طوری که رنگ نهایی ایده‌آل برای این محصولات قهوه‌ای-طلایی روشن می‌باشد. چن و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی HPMC افزوده شده به روکش ناگت ماهی ماکرل مشاهده نمودند که پس از سرخ کردن، روکش ناگت ماهی مقدار روشنایی بیشتر و قرمزی کمتری نشان داد که برخلاف نتایج مشاهده شده در این پژوهش بود. طبق ارزیابی حسی انجام گرفته مقدار شاخص‌های رنگ، طعم، بو، بافت، و پذیرش کلی میان تیمارها در دماهای متفاوت سرخ کردن مقدماتی یکسان بودند و اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. نتایج پژوهش‌های توکور و همکاران (۲۰۰۶) و الیاسی و همکاران (۲۰۱۰) نیز عدم وجود اختلاف معنی‌دار در شاخص‌های رنگ، بو، طعم و پذیرش کلی میان فینگرهای ماهی حاصله نشان داد که با نتایج این پژوهش همخوانی داشت.

به‌طور کلی در این پژوهش اعمال دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد در مرحله سرخ کردن مقدماتی ناگت ماهی کپور نقره‌ای، از نظر فاکتورهای ترکیب تقریبی، فیزیکی و شاخص رنگ‌سنجی نتایج بهتری نسبت به دماهای ۱۵۰ و ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد نشان داد. مقدار رطوبت کل در دماهای مختلف بدون تغییر بود در حالی که دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد مقدار چربی کل کمتری را نسبت به دماهای ۱۵۰ و ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد نشان داد. مقدار رطوبت کل در قسمت‌های مختلف محصول با توجه به دماهای مختلف سرخ کردن مقدماتی نیز بدون تغییر بود، اما مقدار چربی کل در روکش و ناگت بدون روکش با افزایش دما کاهش معنی‌داری نشان داد. با توجه به نتایج این پژوهش پیشنهاد می‌گردد جهت حصول نتیجه مطلوب، طی فرایند تولید ناگت ماهی کپور نقره‌ای، از دمای سرخ کردن مقدماتی ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد استفاده گردد.

منابع

1. 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 pre dust using three cooking procedurers. *Journal of Food Hydrocolloids*. 23: 1443-1448.

2. AOAC. 1990. Official methods of analysis (14 th ed). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. Pp: 5-100.
3. Bras, A. and Costa, R. 2010. Influence of brine salting prior to pickle salting in the manufacturing of various salted-dried fish species. *Journal of Food Engineering*. 100: 490-495.
4. Bogнар, A. 1998. Comparative study of frying to other cooking techniques influence on the nutritive value. *Journal of Grasas y Aceites*. 49: 250-260.
5. Chen, C., Li, P., Hu, W., Lan, M., Chen, M. and Chen, H. 2008. Using HPMC to improve crust crispness in microwave-reheated battered mackerel nuggets: water barrier effect of HPMC. *Journal of Food Hydrocolloids*. 22: 1334-1344.
6. Dana, D. and Saguy, S. 2006. Review: Mechanism of oil uptake during deep-fat frying and the surfactant effect-theory and myth. *Journal of Advances in Colloid and Interface Science*. 128-130: 267-272.
7. Das, A.K., Anjaneyulu, A.S.R., Gadekar, Y.P., Singh, R.P. and Pragati, H. 2008. Effect of full-fat soy paste and textured soy granules on quality and shelf-life of goat meat nuggets in frozen storage. *Journal of Meat Science*. 80: 607-614.
8. Das, R., Pawar, D.P. and Modi, V.K. 2011. Quality characteristics of battered and fried chicken: comparison of pressure frying and conventional frying. *Journal of Food Science Technology*. DOI 10.1007/s13197-011-0350-z.
9. Elyasi, A., Zakipour Rahimabadi, E., Sahari, M.A. and Zare, P. 2010. Chemical and microbial changes of fish fingers made from mince and surimi of common carp (*Cyprinus carpio* L., 1758). *International Food Research Journal*. 17: 59-64.
10. Fagan, D.J., Gormley, R.T. and Mhuirheartaigh, U.M. 2003. Effect of freeze-chilling, in comparison with fresh, chilling and freezing, on some quality parameters of raw whiting, mackerel and salmon portions. *LWT_Food Science and Technology*. 36(7): 1-9.
11. Fiszman, S.M. and Salvador, A. 2003. Recent development in coating batters. *Journal of Food Science and Technology*. 14: 399-407.
12. Gokoglu, N., Yerlikaya, P. and Cengiz, E. 2004. Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Food Chemistry*. 84: 9-22.
13. Guillaumin, R. 1988. Kinetics of fat penetration in food. In G. Varela, A.E. Bender, and I.D. Morton (Eds.), *Frying of food: Principles, changes, new approaches* (Pp. 82-89). Chichester: Ellis Horwood Ltd.
14. Kilincerker, O., Dogan, I.S. and Kucukoner, E. 2009. Effect of edible coating on the quality of frozen fish fillets. *Journal of Lebensm-Wiss Technhnology*. 42: 868-873.
15. Kita, A., Lisinska, G. and Golubowska, G. 2007. The effects of oils and frying temperatures on the texture and fat content of potato crisps. *Journal of Food Chemistry*. 102: 1-5.

16. Mellema, M. 2003. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Journal of Trends in Food Science and Technology*. 14: 364-373.
17. 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.
18. Moradi, Y., Bakar, J., Syed Muhamad, S.H. and Che Man, Y. 2009. moisture, fat content and fatty acid composition in breaded and non-breaded deep-fried black pomfret (*Parastromateus niger*) fillets. *International Food Research Journal*. 16: 225-231.
19. Moyano, P. and Berna, F. 2002. Modelling water loss during frying of potato strings: Effect of solute impregnation. *Journal of Drying Technology*. 20: 1303-1318.
20. Nguyen, B.E. 2009. Effects of methylcellulose on the quality and shelf-life of deep-fat fried and oven baked chicken nuggets. A Thesis in Food Science. 87p.
21. Rimac-Brnčić, S., Lelas, V., Rade, D. and Simundić, B. 2004. Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat frying. *Journal of Food Engineering*. 64: 237-241.
22. Seied-Ebrahimi, S.H., Shidfar, F., Heydari, I., Haghghi, L., Gohari, M.R. and Hoseini, S.H. 2011. Comparison of the effects of canola oil with sunflower oil on blood pressure, lipid profile, apoproteins, lipoprotein (a), total antioxidant capacity and CRP in hyperlipidemic postmenopausal women. *Journal of Iranian Food Science and Nutrition*. 6: 21-29.
23. Sanz, T., Salvador, A. and Fiszman, S.M. 2004. Effect of concentration and temperature on properties of methylcellulose-added batters application to battered, fried seafood. *Journal of Food Hydrocolloids*. 18: 127-131.
24. Stark, K.D., Park, E.J., Maines, V.A. and Holub, B.J. 2000. Effect of a fish oil concentrate on serum lipids in postmenopausal women receiving and not receiving hormone replacement therapy in a placebo-controlled, double-blind trial. *Journal of Am J Clin Nutr*. 72: 389-94.
25. Suderman, D.R. 1983. Use of batters and breadings on food products: a review. In Suderman, D.R. and Cunningham, F.E. (Eds), *Batter and Breading Technology*. Westport, Connecticut: Avi Publishing Co. 4447p.
26. Suvanich, V., Jahncke, M.L. and Marshall, D.L. 2000. Changes in selected chemical quality characteristic of channel catfish frame mince during chill and frozen storage. *Journal of Food Science*, 65: 24-29.
27. Tokur, B., Ozkutuk, S., Atici, E., Ozyurt, G. and Ozyurt, C. 2006. Chemical and sensory quality changes of fish fingers, made from mirror carp (*Cyprinus carpio*), during frozen storage (-18°C). *Journal of Food Chemistry*. 99: 335-341.
28. Varela, P. and Fiszman, S.M. 2011. Review: Hydrocolloids in fried food. *Journal of Food Hydrocolloids*. 25: 1801-1812.
29. Venugopal, V. 2006. *Seafood Processing*. CRC Press. 485p.

