

تاثیر پیش تیمار نمک سود و خشک کردن مقدماتی بر ویژگی‌های فیزیکی و مقدار جذب روغن در ناگت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

بهاره شعبان‌پور^{۱*}، انیسه جمشیدی^۲

۱- استاد گروه عمل‌آوری فرآورده‌های شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
 ۲- دانشجوی دکتری عمل‌آوری فرآورده‌های شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
 *نویسنده مسئول مکاتبات: shabanpour.Bahare@yahoo.com
 (دریافت مقاله: ۹۲/۶/۱۹ پذیرش نهایی: ۹۳/۴/۱)

چکیده

کاهش جذب روغن در محصولات لعاب‌دهی و سوخاری شده یکی از فاکتورهای بحرانی جهت تولید محصولی سالم و با کیفیت می‌باشد. در این تحقیق اثر ترکیبی نمک‌سود سبک (۸ و ۱۰٪) و خشک کردن مقدماتی با مایکروویو (۱۸۰ درجه سلسیوس، در زمان‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ ثانیه) بر ویژگی‌های فیزیکی و مقدار جذب روغن در ناگت ماهی قزل‌آلا بررسی شد. براساس نتایج، بالاترین مقدار رطوبت در تیمار شاهد مشاهده شد و تیمار ۱۰ درصد نمک‌سود و زمان ۳۰ ثانیه خشک کردن مقدماتی در ۱۸۰ درجه سلسیوس در مقایسه با شاهد کمترین مقدار چربی را نشان داد ($p < 0/05$). مقدار بازده محصول، چسبندگی روکش، ظرفیت نگه‌داری آب و ارزیابی شاخص‌های حسی میان تیمارهای مختلف، اختلاف معنی‌داری نشان ندادند ($p > 0/05$). مقدار شاخص‌های رنگ‌سنجی و درصد کاهش جذب روغن در تیمارهای آزمایشی نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌داری داشت ($p < 0/05$). بطور کلی، تیمار نمک‌سود ۱۰٪ و خشک کردن مقدماتی در مایکروویو ۱۸۰ درجه سلسیوس طی زمان ۳۰ ثانیه جهت کاهش میزان روغن در ناگت‌های سرخ شده ماهی قزل‌آلا پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: ناگت ماهی، نمک‌سود سبک، خشک کردن مقدماتی، سرخ کردن عمیق، قزل‌آلا

مقدمه

محصولات مختلف می‌گردد (Krokida *et al.*, 2001; Moyano *et al.*, 2002).

استفاده از نمک علاوه بر بهبود طعم، از طریق فرآیند اسمزی باعث خروج مقداری از رطوبت گوشت و کاهش فعالیت آبی آن می‌گردد. در نتیجه خروج آب، رشد باکتری‌ها و فعالیت آنزیم‌ها محدود می‌گردد. طی نمک‌سود سبک، ۸ تا ۱۰ درصد وزنی نمک به محصول اضافه می‌شود که پس از آن غلظت نمک در محصول به ۴ تا ۶ درصد می‌رسد. نمک‌سود سبک بر دنا توره شدن پروتئین‌ها بی‌اثر بوده و مقدار ۱۶ تا ۱۸ درصد از وزن اولیه محصول را کاهش می‌دهد (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶). میزان جذب نمک به فاکتورهای متعددی از قبیل گونه ماهی، اندازه ماهی، وزن، ضخامت قطعه ماهی، ویژگی گوشت، روش نمک‌سود کردن، غلظت نمک و زمان نمک‌سود بستگی دارد. نمک باعث افزایش آبدارگی پروتئین‌های عضلات شده و منجر به تغییر توازن و تعادل برهم‌کنش‌های پروتئین-پروتئین و پروتئین-رطوبت می‌گردد (Jittinandana *et al.*, 2002). طی نمک‌سود کردن، معمولاً دو جریان هم‌زمان در گوشت ماهی رخ می‌دهد: خروج آب و جذب نمک، که به علت وجود اختلاف در غلظت و فشار اسمزی میان سلول‌های گوشت و عوامل نمک است، و در نتیجه آن، ویژگی گوشت ماهی دچار تغییر می‌شود (Thorarinsdottir *et al.*, 2002; Barat *et al.*, 2003). بنابراین کاهش رطوبت اولیه گوشت از طریق اعمال فرآیندهای نمک‌سود و خشک کردن مقدماتی ممکن است نگرانی‌های مربوط به جذب روغن مازاد در محصولات لعاب‌دهی و سوخاری شده را کاهش دهد. هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر ترکیبی نمک‌سود

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) یکی از ماهیان عامه پسند است که در مناطق وسیعی از کشور تکثیر و پرورش می‌یابد که در این تحقیق برای تولید ناگت ماهی از آن استفاده شد. محصولات لعاب‌دهی و سوخاری شده مانند ناگت ماهی، فینگر ماهی، ماهی و میگوی سوخاری شده طی مرحله سرخ کردن مقدماتی ۱۵ تا ۳۰ درصد وزن خود روغن جذب می‌کنند. این مسئله مصرف‌کنندگان این قبیل محصولات را از نظر سلامتی، چاقی و بیماری‌های قلبی عروقی ناشی از وجود مقادیر زیاد روغن در این محصولات دچار نگرانی کرده است. این نگرانی‌ها می‌تواند بر بازاریابی محصولات لعاب‌دهی و سوخاری شده اثرات منفی داشته باشند (Mallema, 2003; Venugopal, 2006). بهبود ترکیب لعاب، حذف مرحله سرخ کردن مقدماتی، پخت با مایکروویو و کاهش مقدار رطوبت اولیه ماده غذایی از جمله روش‌های کاهش جذب روغن در این محصولات می‌باشند (Sanz *et al.*, 2004; Venugopal, 2006; Moradi *et al.*, 2009). یکی از بهترین توصیه‌ها در کاهش مقدار روغن، کاهش مقدار رطوبت ماده اولیه و حفظ رطوبت باقی‌مانده طی مرحله سرخ کردن عمیق است (Moradi *et al.*, 2009). طبق مطالعات گذشته غوطه‌وری برش‌های مواد غذایی در محلول نمک از طریق کاهش آب در دسترس، باعث کاهش جذب روغن در محصولات سرخ شده گردید (Bunger *et al.*, 2003). خشک کردن مقدماتی (Pre-drying) سیب‌زمینی قبل از سرخ کردن با استفاده از مایکروویو، جریان هوای گرم و پخت نیز منجر به کاهش معنی‌دار مقدار روغن در

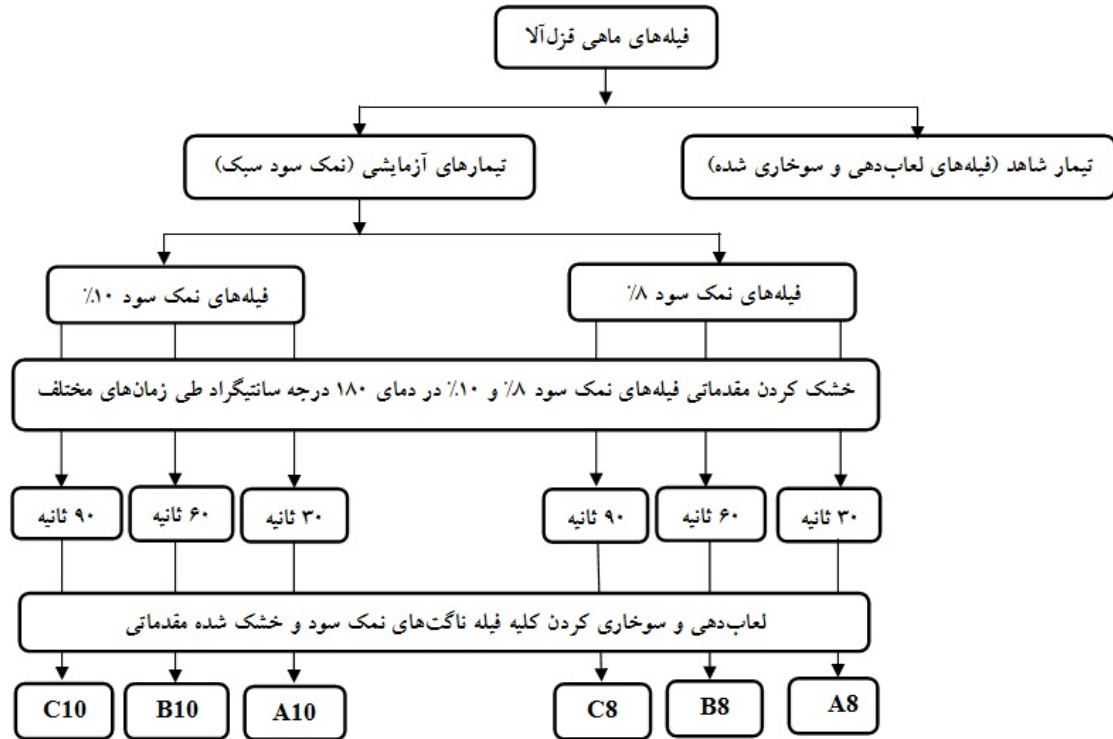
سبک و مدت زمان خشک کردن مقدماتی در مایکروویو تحت دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس بر فاکتورهای فیزیکی ناگت ماهی قزل‌آلا و مقدار جذب روغن در آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تولید ناگت ماهی

ماهی‌های قزل‌آلا (*Oncorhynchus mykiss*) با وزن تقریبی 110 ± 350 گرم بصورت تازه از بازار محلی شهر گرگان خریداری شد و پس از یخ‌پوشی مناسب در یونولیت، به آزمایشگاه فرآوری گروه شیلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل گردید. پس از شستشوی ماهیان، سر آن‌ها را جدا نموده و پس از پوست‌گیری و تخلیه امعاء و احشاء بصورت دستی، از آن‌ها فیله تهیه شد. برای تولید ناگت ماهی از گوشت قسمت پشتی ماهی قزل‌آلا که دارای قطر یکسانی بود، استفاده شد. گوشت قسمت پشتی توسط چاقوی تیز به قطعات مستطیلی شکل با وزن تقریبی 3 ± 27 گرم و اندازه $2 \times 3 \times 5$ سانتیمتر برش داده شد. قطعات ماهی حاصله، به هفت گروه تقسیم شدند. یک گروه به عنوان شاهد در نظر گرفته شد و شش گروه باقی‌مانده، طبق شکل (۱)، ابتدا به مدت ۱۵ دقیقه با مقدار ۸ و ۱۰ درصد وزنی نمک، نمک‌سود سبک شده، سپس در مایکروویو (NN-CD987W, Panasonic, Japan) با دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس در مدت زمان‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ ثانیه بصورت مقدماتی خشک شدند. قبل از خشک کردن مقدماتی قطعات ماهی، مایکروویو به مدت ۴۵ دقیقه در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس گرم شد، سپس عملیات خشک کردن انجام گردید (Moradi et

al., 2009). پس از عملیات نمک‌سود و خشک کردن مقدماتی، به منظور اعمال فرآیند روکش‌دار کردن، قطعات ماهی با استفاده از آرد گندم آردزنی شدند، سپس در لعاب با فرمول ۵۵ درصد آرد گندم، ۳۰ درصد نشاسته، ۱۰ درصد آرد گلوتن، ۲ درصد بیکنینگ پودر و ۳ درصد نمک (Chen et al., 2008) که با نسبت ۱ به ۱/۵ با آب ۱۰ درجه سلسیوس مخلوط شده بود، غوطه‌ور شده و پس از چکاندن لعاب اضافی آن به مدت ۳۰ ثانیه، با آرد سوخاری دانه متوسط پوشش داده شد. تیمارهای آزمایشی به ترتیب شامل تیمار شاهد (فیله ناگت سوخاری شده)، A8، B8، C8 (فیله ناگت با ۸٪ وزنی نمک سود، خشک کردن مقدماتی به ترتیب A، B و C در زمان‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ ثانیه، سوخاری شده) A10، B10 و C10 (فیله ناگت با ۱۰٪ وزنی نمک سود، خشک کردن مقدماتی به ترتیب A، B و C در زمان‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ ثانیه، سوخاری شده) می‌باشند. ناگت‌های ماهی حاصل، درون سرخ‌کن (Moulinex Toucan Automatic fryer, Portugal) با دمای ۱۹۰ درجه سلسیوس به مدت ۳۰ ثانیه بصورت مقدماتی سرخ شدند و پس از سردسازی در دمای محیط، درون بسته‌های زیپ‌کیپ بسته‌بندی شده و در فریزر ۲۰- درجه سلسیوس منجمد گردیدند. پس از گذشت سه روز، ناگت‌های تولیدی از فریزر خارج شده، و پس از انجمادزدایی در دمای محیط، در سرخ‌کن تحت دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۲/۵ دقیقه، بصورت نهایی سرخ گردید و پس از سردسازی آزمایشات مورد نظر بر روی آن‌ها انجام پذیرفت.



شکل ۱- فلورچارت تیمارهای آزمایشی ناگت‌های ماهی قزل‌آلای نمک سود سبک (۸ و ۱۰٪) و خشک شده مقدماتی در دمای °C ۱۸۰ (طی زمان‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ ثانیه)

میزان کاهش جذب روغن

میزان کاهش جذب روغن در ناگت‌های سرخ شده با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (دارائی گرمره خانه و همکاران، ۱۳۸۷):

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

بازده محصول

ناگت هر تیمار قبل و بعد از سرخ کردن نهایی توزین شد. مقدار بازده محصول طبق رابطه زیر و به صورت درصد محاسبه گردید (Das et al., 2008).

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

اندازه‌گیری مقادیر رطوبت و چربی: مقادیر رطوبت و چربی بر اساس روش AOAC (۲۰۰۲) محاسبه شدند.

چسبندگی روکش

نمونه‌های ناگت سرخ شده توسط چاقوی تیز از وسط دو نیم شده و توسط دوربین دیجیتالی (SONY, DSC-T77) عکس‌برداری صورت گرفت (Albert et al., 2009). درصد روکشی که به سطح تکه ناگت به صورت چسبیده باقی‌ماند، از طریق رابطه زیر محاسبه گردید:

$$100 \times \left[\frac{\text{تعداد پیکسل متناظر با محیط کل ناگت ماهی}}{\text{تعداد پیکسل متناظر با محیط لعاب چسبیده شده}} \right] = \text{چسبندگی (درصد)}$$

ظرفیت نگهداری آب

مقدار رطوبت تحت فشار نسبت معکوسی با مقدار ظرفیت نگهداری آب (WHC) دارد و کمترین مقدار رطوبت تحت فشار به معنی بالاترین مقدار ظرفیت نگهداری آب است. به منظور اندازه‌گیری مقدار رطوبت تحت فشار در ناگت ماهی طبق روش داس و همکاران (۲۰۰۸)، ۵ گرم نمونه سرخ شده را در دو لایه کاغذ صافی واتمن شماره ۱ قرار داده و درون لوله‌های سانتریفیوژ ۵۰ میلی‌لیتر با دور ۱۵۰۰ rpm به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس نمونه گوشت از کاغذ صافی جدا شده و توزین گردید و با استفاده از رابطه زیر مقدار رطوبت تحت فشار محاسبه گردید:

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

رنگ‌سنجی

رنگ نمونه ناگت‌های سرخ‌شده مقدماتی و نهایی توسط دستگاه رنگ‌سنج (Lovibond CAM-system, England 500) مورد آنالیز قرار گرفتند. متغیر L^* برای بیان شاخص روشنایی گوشت از ۰ (بعد سیاهی) تا ۱۰۰ (بعد سفیدی)، شاخص a^* برای بیان بعد قرمزی-سبزی ($+a^*$ نشان‌دهنده قرمزتر و $-a^*$ نشان‌دهنده سبزتر) و شاخص b^* برای بیان بعد زرد-آبی ($+b^*$ نشان‌دهنده زردتر و $-b^*$ نشان‌دهنده آبی‌تر) می‌باشد (Fagan et al., 2003).

آنالیز حسی

به منظور ارزیابی شاخص‌های رنگ، بافت، تردی، طعم، بو، ظاهر و پذیرش کلی ناگت‌های ماهی تولیدی از روش داس و همکاران (۲۰۰۸) استفاده شد. ناگت‌ها

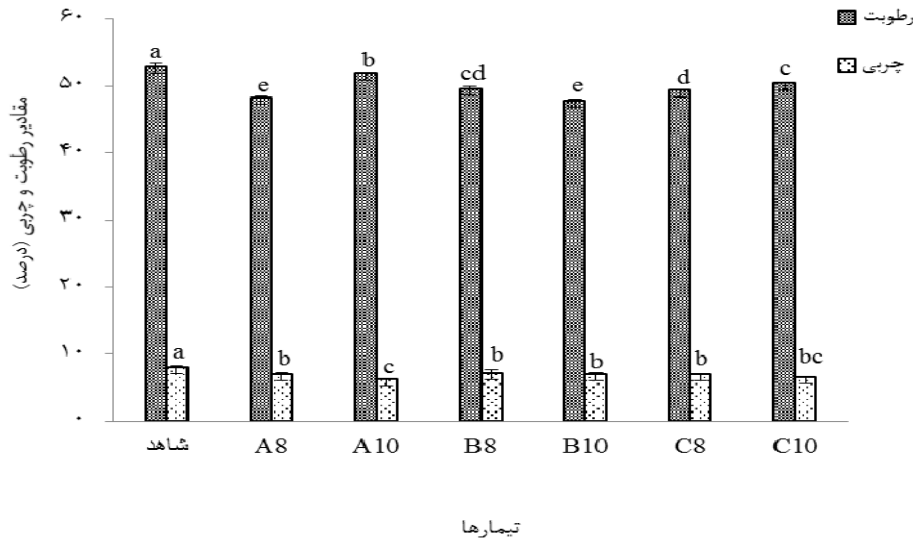
به مدت ۲/۵ دقیقه در سرخ‌کن تحت دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس در روغن آفتابگردان سرخ شدند و توسط ۱۰ نفر از دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مورد ارزیابی قرار گرفتند. ارزیابان به شاخص‌های حسی بر اساس جدول، از یک تا هشت امتیاز دادند (بسیار بد: ۱، خیلی بد: ۲، بد: ۳، متوسط: ۴، خوب: ۵، خیلی خوب: ۶، عالی: ۷، بسیار عالی: ۸).

روش تجزیه و تحلیل

برای انجام این تحقیق از برنامه SPSS و آزمون تجزیه واریانس یک طرفه (ANOVA)، و به منظور مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال $\alpha = 0/05$ استفاده شد. جهت آنالیز داده‌های حسی از آزمون‌های ناپارامتری کروسکال‌والیس (برای مقایسه چند گروه) و من‌ویتنی (برای مقایسه دو گروه با یکدیگر) استفاده گردید. نمودارهای مربوطه در نرم‌افزار Excel رسم شدند.

یافته‌ها

نتایج بررسی میزان رطوبت و چربی در ناگت‌های سرخ شده، میان تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری ($p < 0/05$) نشان داد (شکل ۲). بالاترین مقدار رطوبت در تیمار شاهد و کمترین میزان آن در تیمارهای A۸ و B۱۰ مشاهده شد ($p < 0/05$). مقدار چربی محاسبه شده در کلیه تیمارها نسبت به شاهد دچار کاهش شد. تیمار شاهد بالاترین مقدار چربی ($8/07 \pm 0/24$ درصد) و تیمار A۱۰ کمترین میزان ($6/28 \pm 0/04$ درصد) آن را نشان داد ($p < 0/05$).



شکل ۲- درصد رطوبت و چربی در ناگت‌های ماهی قزل‌آلای نمک سود سبک (۸ و ۱۰٪) و خشک شده مقدماتی در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس طی زمان‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ ثانیه. داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار با \pm انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف متفاوت در شکل نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میزان رطوبت و چربی میان تیمارهای مختلف می‌باشد.

در جدول (۱) مقادیر درصد کاهش جذب روغن، چسبندگی روکش و بازده محصول در تیمارهای مختلف ناگت‌های ماهی قزل‌آلای نشان داده شده است. مقدار بازده محصول و چسبندگی روکش میان تیمارهای مختلف، اختلاف معنی‌داری نشان ندادند ($p > 0.05$). در حالی که مقدار کاهش جذب روغن در کلیه تیمارهای آزمایشی نسبت به تیمار شاهد دچار کاهش معنی‌داری شد ($p < 0.05$). کمترین میزان روغن جذب شده (بالاترین میزان کاهش جذب روغن) در تیمار A10 مشاهده گردید.

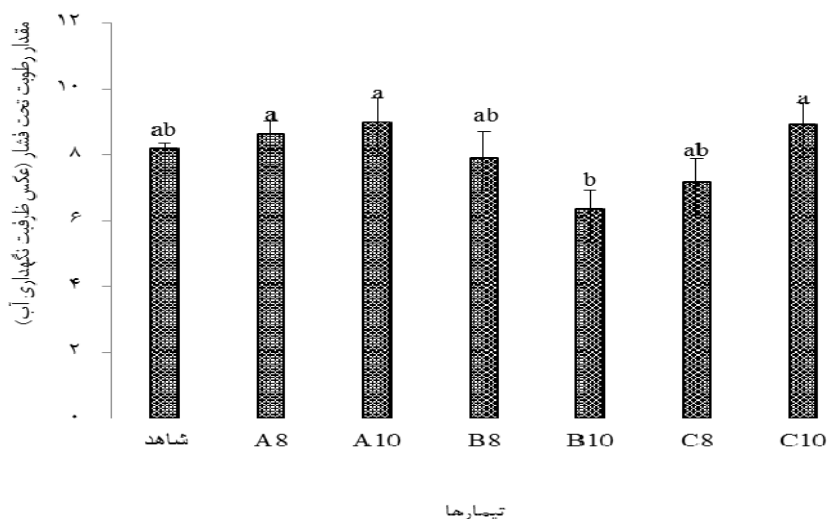
جدول ۱- مقادیر درصد کاهش جذب روغن، چسبندگی روکش و بازده محصول در تیمارهای مختلف ناگت‌های ماهی قزل‌آلای نمک سود سبک (۸ و ۱۰٪) و خشک شده مقدماتی در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس طی زمان‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ ثانیه.

| تیمارها | میزان کاهش جذب روغن (درصد) | چسبندگی روکش (درصد) | بازده محصول (درصد) |
|---------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| شاهد | - | ۴۶/۰۸±۱/۳۱ ^a | ۸۶/۷۸±۰/۷۶ ^a |
| A۸ | ۱۲/۲۷±۱/۰۲ ^c | ۴۹/۵۸±۲/۴۸ ^a | ۸۷/۴۳±۰/۵۴ ^a |
| A۱۰ | ۲۲/۱۸±۰/۵۱ ^a | ۵۱/۶۲±۲/۹۹ ^a | ۸۵/۰۷±۲/۰۷ ^a |
| B۸ | ۱۱/۰۳±۰/۹۴ ^c | ۴۶/۴۸±۲/۲۱ ^a | ۸۹/۳۴±۰/۷۷ ^a |
| B۱۰ | ۱۲/۶۴±۰/۸۸ ^c | ۴۸/۵۶±۲/۳۳ ^a | ۸۷/۵±۰/۹ ^a |
| C۸ | ۱۲/۶۴±۱/۱۳ ^c | ۴۶/۴۳±۰/۹۹ ^a | ۸۶/۱۱±۰/۵۵ ^a |
| C۱۰ | ۱۸/۴۶±۰/۶۸ ^b | ۴۶/۵۱±۱/۱۱ ^a | ۸۷/۹۸±۰/۱۳ ^a |

داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار با \pm انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در مقادیر درصد کاهش جذب روغن، چسبندگی روکش و بازده محصول میان تیمارهای مختلف می‌باشد.

B10 مشاهده شد، اما بطور کلی میان تیمار شاهد و سایر تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی داری ($p > 0.05$) مشاهده نشد.

مقادیر ظرفیت نگه‌داری آب میان تیمارهای مختلف ناگت ماهی قزل‌آلا تفاوت معنی داری به نمایش گذاشت (شکل ۳). بالاترین مقدار ظرفیت نگه‌داری آب در تیمار



شکل ۳- مقادیر ظرفیت نگه‌داری آب در ناگت‌های ماهی قزل‌آلای نمک سود سبک (۸ و ۱۰٪) و خشک شده مقدماتی در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس طی زمان‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ ثانیه. داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار با \pm انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف متفاوت در شکل نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میزان ظرفیت نگه‌داری آب میان تیمارهای مختلف می‌باشد.

بالاترین و A8، A10 و C8 کمترین مقدار را به نمایش گذاشتند. در ناگت‌های سرخ شده نهایی، بالاترین مقدار شاخص روشنایی در تیمارهای A10 و C10 و بالاترین مقدار قرمزی در تیمار B10 مشاهده شد. تیمار C8 کمترین مقدار روشنایی و تیمارهای A8 و C10 کمترین مقدار قرمزی را نشان داد. بالاترین شاخص قرمزی در ناگت‌های سرخ شده نهایی در تیمار B10 و کمترین مقدار آن در تیمار A8 و C10 مشاهده شد ($p < 0.05$).

تیمارهای مختلف ناگت‌های سرخ شده مقدماتی و سرخ شده نهایی، نتایج متفاوتی را در مقادیر شاخص‌های روشنایی، قرمزی و زردی نشان دادند ($p < 0.05$) (جدول ۲). در ناگت‌های سرخ شده مقدماتی، بالاترین میزان روشنایی و زردی در تیمار شاهد، کمترین مقدار روشنایی در تیمار C8 و کمترین مقدار زردی در تیمارهای A8 و A10 مشاهده شد ($p < 0.05$). از نظر مقدار شاخص قرمزی تیمار C8

جدول ۲- تغییرات شاخص‌های رنگ‌سنجی طی سرخ کردن مقدماتی و نهایی تیمارهای مختلف ناگت‌های ماهی قزل‌آلای نمک سود سبک (۸ و ۱۰٪) و خشک شده مقدماتی در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس طی زمان‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ ثانیه.

| تیمارها | سرخ کردن مقدماتی | | | سرخ کردن نهایی | | |
|---------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | L* | a* | b* | L* | a* | b* |
| شاهد | ۵۴/۵۴±۰/۱۸ ^a | ۱۴/۱±۰ ^{ab} | ۲۲/۹۷±۰/۱۳ ^a | ۴۷/۴۵±۰/۶۷ ^{cd} | ۱۸/۵۹±۰/۶۸ ^{ab} | ۵۵/۸۱±۰/۵۷ ^a |
| A۸ | ۵۰/۸۲±۰/۳۱ ^c | ۱۱/۶۹±۰/۲۴ ^c | ۲۰/۲۱±۰/۵۱ ^d | ۴۹/۴۱±۰/۵۲ ^{ab} | ۱۷/۱۹±۰/۲۳ ^c | ۲۳/۶۹±۰/۳۶ ^b |
| A۱۰ | ۵۱/۰۷±۰/۳۵ ^c | ۱۱/۶۷±۰/۳۲ ^c | ۲۰/۳±۰/۲۹ ^d | ۵۰/۳۸±۰/۴۲ ^a | ۱۷/۶±۰/۱۸ ^{bc} | ۲۴/۰۳±۰/۱۳ ^b |
| B۸ | ۴۹/۵۳±۰/۳ ^d | ۱۳/۳۹±۰/۲۸ ^b | ۲۲/۰۵±۰/۱۹ ^b | ۴۸/۱۹±۰/۲۵ ^{bc} | ۱۸/۱±۰/۲۳ ^{bc} | ۲۲/۴۱±۰/۲۲ ^c |
| B۱۰ | ۴۷/۲۴±۰/۵۳ ^c | ۱۴/۴۱±۰/۵۶ ^a | ۲۱/۱۱±۰/۱۶ ^c | ۴۶/۶۸±۰/۳۵ ^d | ۱۹/۵۵±۰/۰۴ ^a | ۲۱/۵۳±۰/۳۴ ^c |
| C۸ | ۵۳±۰/۳ ^b | ۱۲/۳۸±۰/۲۴ ^c | ۲۱/۸۸±۰/۲۳ ^{bc} | ۴۹/۲۲±۰/۴۱ ^{ab} | ۱۷/۶۹±۰/۲۸ ^{bc} | ۲۳/۷۷±۰/۲۷ ^b |
| C۱۰ | ۵۰/۵۳±۰/۵۴ ^{cd} | ۱۳/۳۹±۰/۲۱ ^b | ۲۱/۱۷±۰/۲۵ ^c | ۵۰/۰۱±۰/۴۳ ^a | ۱۶/۹۹±۰/۴۵ ^c | ۲۴/۳±۰/۱۹ ^b |

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

آنالیز آماری شاخص‌های ارزیابی حسی طعم، رنگ، بو، بافت، شکل ظاهری و پذیرش کلی نشان داد که میان تیمارهای مختلف فیله ناگت‌های ماهی قزل‌آلا، هیچکدام از فاکتورهای حسی مورد سنجش اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند ($p > 0.05$) (جدول ۳).

جدول ۳- تغییرات شاخص‌های ارزیابی حسی در تیمارهای مختلف ناگت‌های ماهی قزل‌آلای نمک سود سبک (۸ و ۱۰٪) و خشک شده مقدماتی در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس طی زمان‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ ثانیه.

| تیمار | طعم | رنگ | بو | بافت | شکل ظاهر | نظر کلی |
|-------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| شاهد | ۵/۷۱±۰/۷۸ ^a | ۶±۰/۵۳ ^a | ۷±۰/۵۸ ^a | ۶/۲۸±۰/۴۲ ^a | ۵/۸۶±۰/۵۵ ^a | ۵/۸۶±۰/۶۷ ^a |
| A۸ | ۴/۸۶±۰/۵۱ ^a | ۶/۷۱±۰/۴۷ ^a | ۶/۲۸±۰/۴۲ ^a | ۶/۲۸±۰/۴۷ ^a | ۵/۸۶±۰/۵۱ ^a | ۵±۰/۴۹ ^a |
| A۱۰ | ۴/۵۷±۰/۴۳ ^a | ۶/۸۶±۰/۶۷ ^a | ۶/۱۴±۰/۴۰ ^a | ۶/۴۳±۰/۶۸ ^a | ۶/۲۸±۰/۴۷ ^a | ۵/۵۷±۰/۵۷ ^a |
| B۸ | ۴/۷۱±۰/۶۴ ^a | ۶/۸۶±۰/۳۴ ^a | ۶/۱۴±۰/۵۵ ^a | ۶/۸۶±۰/۴۶ ^a | ۵/۸۶±۰/۵۱ ^a | ۵/۱۴±۰/۵۱ ^a |
| B۱۰ | ۴/۷۱±۰/۸۶ ^a | ۶/۸۶±۰/۲۶ ^a | ۶/۱۴±۰/۷۰ ^a | ۶±۰/۶۲ ^a | ۶/۵۷±۰/۴۳ ^a | ۵/۲۸±۰/۶۱ ^a |
| C۸ | ۴/۲۸±۰/۷۱ ^a | ۶/۱۴±۰/۵۹ ^a | ۶/۱۴±۰/۸۳ ^a | ۵/۸۶±۰/۷۷ ^a | ۵/۵۷±۰/۷۵ ^a | ۴/۷۱±۰/۶۱ ^a |
| C۱۰ | ۴/۴۳±۰/۶۵ ^a | ۶/۱۴±۰/۵۹ ^a | ۶/۲۸±۰/۶۰ ^a | ۶/۱۴±۰/۷۰ ^a | ۵/۸۶±۰/۵۵ ^a | ۵/۲۸±۰/۷۵ ^a |

داده‌ها به صورت میانگین سه تکرار با \pm انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میزان شاخص‌های حسی میان تیمارهای مختلف می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

کمتری را نسبت به شاهد نشان دادند. بطور کلی، کاهش رطوبت طی فرآیند نمک سود در اثر دناتورده شدن پروتئین‌های گوشت ماهی به علت حضور نمک رخ می‌دهد. طبق مطالعات گذشته چربی به عنوان فاکتور محدودکننده انتشار نمک و رطوبت طی فرآیند نمک‌سود کردن و خشک کردن می‌باشد و یک سد

با افزایش غلظت نمک میزان رطوبت افزایش و میزان چربی و ظرفیت نگه‌داری آب کاهش می‌یابد، از طرف دیگر نیز مدت زمان نمک‌سود متغیر مهمی از فرآیند است که بر مقدار رطوبت محصول موثر می‌باشد. در این مطالعه، کلیه تیمارهای آزمایشی مقدار رطوبت

C1۰ با ۱۸/۴۶ درصد در مرتبه بعدی قرار داشت و سایر تیمارها A۸، C۸، B۸ و B1۰ در مرتبه آخر کاهش میزان جذب روغن قرار گرفتند. بالا بودن ماده خشک و کم بودن درصد رطوبت نشان‌دهنده خروج آب بیشتری از بافت ماهی بوده، و در نتیجه خروج آب امکان افزایش جذب روغن وجود دارد (Suzana *et al.*, 2004). در این تحقیق به علت خروج آب طی فرآیند نمک‌سود و خشک کردن مقدماتی، مقدار آب گوشت ماهی کاهش یافته، در نتیجه طی فرآیند سرخ کردن عمیق، تبادل و جابجایی رطوبت و چربی به حداقل ممکن رسیده و در نتیجه میزان جذب روغن در محصول کاهش یافت.

هوم (۱۹۶۰) بیان نمود که در غلظت کم نمک، یون‌های کلر با پروتئین باند می‌شوند و باند تشکیل شده توسط شبکه پروتئینی دفع می‌گردد. زمانیکه غلظت پروتئین تقریباً بالاتر از ۲ مول باشد، پروتئین دناتور شده و در نتیجه ارتباط متقاطع میان پروتئین‌ها باعث افزایش چروکیدگی و متعاقب آن کاهش مقدار رطوبت گوشت و ظرفیت نگه‌داری آب می‌گردد. تغییر در ترکیبات دیگر مانند مقدار پروتئین‌ها یا دیگر ترکیبات نیتروژنی محلول، ممکن است مقادیر مختلف بازده محصول را توجیه کند (Bras and Costa., 2010). در تحقیق حاضر، مقدار بازده محصول و چسبندگی روکش میان تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). هر چند تیمار B1۰ ظرفیت نگه‌داری آب بالاتری از سایر تیمارها نشان داد اما بطور کلی میان تیمار شاهد و سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج حاصل احتمالاً به دلیل کم بودن مدت زمان نمک‌سود (۱۵ دقیقه) بوده بطوری که، مقدار رطوبت از

فیزیکی مقابل انتقال نمک و رطوبت تشکیل می‌دهد (Jittinandana *et al.*, 2002; Gallart-Jornet *et al.*, 2007). نتایج حاصل از مقادیر چربی در تیمارهای آزمایشی نیز این مورد را تصدیق می‌کند، بطوریکه با افزایش درصد وزنی نمک‌سود از ۸ به ۱۰ درصد، مقدار چربی در ناگت‌های ماهی دچار کاهش شد. با افزایش زمان خشک کردن مقدماتی، مقدار رطوبت و چربی در ناگت‌های نمک‌سود شده با ۱۰ درصد (وزنی)، دچار کاهش شد. در غلظت ۸ درصد نمک‌سود با افزایش زمان خشک کردن، مقدار رطوبت نیز کاهش یافت در حالیکه مقدار چربی تغییر معنی‌داری نشان نداد (شکل ۲). افزایش غلظت نمک باعث افزایش برهم‌کنش‌های پروتئین-پروتئین و کاهش برهم‌کنش‌های پروتئین-رطوبت شد، که باعث کاهش توانایی نگه‌داری چربی توسط گوشت پخته می‌گردد (Jittinandana *et al.*, 2002). تیمار شاهد بالاترین مقدار رطوبت و چربی را نسبت به سایر تیمارها نشان داد. کاهش رطوبت طی نمک‌سود در اثر دناتور شدن پروتئین‌ها و از دست دادن توانایی ظرفیت نگه‌داری آب آن‌ها می‌باشد. میزان چربی گوشت در مقدار جذب نمک اثر گذار است، بطور کلی میزان چربی طی نمک‌سود افزایش می‌یابد (Wang *et al.*, 2000)، در حالیکه در این تحقیق به دلیل اثر همزمان نمک‌سود سبک و خشک کردن مقدماتی عکس این حالت مشاهده شد و مقدار چربی در تیمارها دچار کاهش شد.

فرآیند ترکیبی نمک‌سود سبک و خشک کردن مقدماتی منجر به کاهش میزان جذب روغن در مقایسه با تیمار شاهد شد. تیمار A1۰ با ۲۲/۲۸ درصد، بالاترین مقدار کاهش جذب روغن را نشان داد، در حالیکه تیمار

میزان روشنایی، تیمار B10 بالاترین مقدار قرمزی و تیمار شاهد بالاترین میزان زردی را نشان داد ($p < 0.05$). نتایج رنگ‌سنجی ناگت‌های سرخ شده نهایی تحت تأثیر فرایند سرخ کردن عمیق بود. فرآیند سرخ کردن باعث کاهش مقدار روشنایی و زردی و افزایش مقدار قرمزی ناگت‌های ماهی شد. افزایش قرمزی به دلیل قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی و فرآیند کاراملیزاسیون در روکش طی عمل سرخ کردن عمیق بود. طی فرآیند سرخ کردن محصولات لعاب‌دهی و سوخاری شده واکنش‌های شیمیایی مختلفی از قبیل غیر طبیعی شدن پروتئین‌ها، ژلاتینه شدن نشاسته و واکنش قهوه‌ای شدن لعاب و پوشش آرد سوخاری رخ می‌دهد که کلیه این واکنش‌ها، باعث ایجاد تغییرات پیچیده در رنگ می‌گردند (Das et al., 2011). فاکتور دیگری که بر رنگ تأثیرگذار است، مقدار نمک می‌باشد. حضور یون‌های کلسیم و منیزیم موجود در نمک می‌تواند باعث شفاف شدن سطح گوشت ماهی گردد که دلیل آن نیز در ارتباط با مقدار رطوبت است (Lauritzsen et al., 2004). واکنش‌های دیگر از قبیل دناتوره شدن پروتئین‌ها طی کاهش سریع pH در زمان جمود نعشی (Stien et al., 2005)، مقدار pH نمک مورد استفاده (Lauritzsen et al., 2004)، نیروی فشار یونی ایجاد شده در اثر نمک‌سود کردن و اکسیداسیون فسفولپیدها (Stien et al., 2005) منجر به تغییرات رنگ در ماهی نمک‌سود می‌گردند. کاهش شاخص‌های قرمزی و روشنایی در پایان فرآیند نمک‌سود به علت اکسیداسیون چربی و میوگلوبین است که منجر به تغییر رنگ گوشت ماهی می‌گردد.

دست رفته گوشت در تیمارهای مختلف تفاوت چندانی با هم نداشت و در نتیجه آن بر دناتوره شدن پروتئین‌ها و کاهش ظرفیت نگه‌داری آب آن‌ها تأثیر خاصی بجا نگذاشت. طبق مطالعات گذشته، نمک‌سود سبک بر دناتوره شدن پروتئین‌ها بی‌اثر بوده و مقدار ۱۶ تا ۱۸ درصد از وزن اولیه محصول را کاهش می‌دهد (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶). وزن گوشت ماهی طی مدت زمان نمک‌سود، به علت از دست رفتن رطوبت و مواد آلبومینی از آن، به تدریج کاهش می‌یابد، و از این طریق بر تغییرات وزن و میزان محصول تأثیر می‌گذارد (Birkeland and Bjerkeng, 2005; Barat et al., 2003). نتایج حاصل با بیانات رضوی شیرازی هم‌خوانی داشته و برخلاف نتایج حاصل از مطالعه بارات بود.

خشک کردن از طریق کاهش مقدار رطوبت، مسئول قسمتی از تغییرات ایجاد شده در رنگ محصول می‌باشد. لاریتزن و همکاران (۲۰۰۴) ذکر کردند که کاهش مقدار رطوبت می‌تواند منجر به کاهش میزان روشنایی (L^*) گردد و تغییرات مقدار روشنایی و مقدار زردی (b^*) متناسب با مقدار رطوبت بوده و با آن رابطه مستقیمی دارند. در ناگت‌های سرخ شده مقدماتی میزان روشنایی و زردی تیمار شاهد بالاتر و میزان قرمزی آن کمتر از سایر تیمارها بود، که با توجه به مقدار رطوبت بالاتری که نسبت به سایر تیمارها داشت، نتایج حاصله قابل توجیه می‌باشند. کمترین مقدار روشنایی و بالاترین مقدار قرمزی در تیمار B10 مشاهده شد که به علت میزان رطوبت پایین این تیمار بود. تغییرات شاخص‌های رنگ در ناگت‌های سرخ شده نهایی، دارای نوسانات مختلفی بود، بطوریکه تیمارهای A10 و C10 بالاترین

تأثیر خاصی نداشته اما باعث کاهش میزان جذب روغن طی فرآیند سرخ کردن عمیق شدند. اثر ترکیبی این فرآیندها بر مقدار بازده محصول، ظرفیت نگه‌داری آب و شاخص‌های حسی اختلاف معنی‌داری بجا نگذاشت. از میان کلیه تیمارها، تیمار A10 با مقدار ۵۱/۹۳ درصد رطوبت و ۶/۲۸ درصد چربی، بالاترین میزان رطوبت (بعد از شاهد) و کمترین مقدار چربی را به نمایش گذاشت. در نتیجه نمک‌سود سبک ۱۰ درصد (وزنی) و خشک کردن مقدماتی ۳۰ ثانیه در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس در مایکروویو، بهترین اثر را بر کاهش میزان روغن در ناگت‌های سرخ شده ماهی قزل‌آلا نشان داد.

سپاسگزاری

به این وسیله از کلیه اساتید و همکاران در گروه شیلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان که به نحوی در اجرا و تدوین این پروژه با ما همکاری نموده‌اند، سپاسگزاری می‌نماییم.

بر اساس ارزیابی حسی انجام گرفته، مقدار شاخص‌های حسی طعم، رنگ، بو، بافت، شکل ظاهری و پذیرش کلی میان تیمارها یکسان بودند و اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. در نتیجه خروج رطوبت و جذب نمک طی فرآیند نمک‌سود، بافت ماهی محکم شده و طعم نمک به خود می‌گیرد، اما در مطالعه حاضر احتمالاً به دلیل مدت زمان کوتاه نمک‌سود تغییراتی در شاخص‌های حسی مشاهده نشد. مقدم و همکاران (۱۳۸۹) با مقایسه فیله‌های قزل‌آلای نمک‌سود شده در دو دمای ۴ و ۱۰ درجه سلسیوس، اختلاف معنی‌داری در کیفیت رنگ و بو مشاهده نکردند. الیاسی و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان دادند، که در بین شاخص‌های ارزیابی حسی، شاخص‌های بو، طعم و بافت در میان فینگرهای ماهی تولید شده از مینس و سوریمی اختلافی وجود ندارد و فقط در شاخص‌های رنگ و پذیرش کلی این اختلاف معنی‌دار است.

طبق نتایج حاصل از این تحقیق، اثر ترکیبی فرآیندهای نمک‌سود سبک و خشک کردن مقدماتی بر فاکتورهای فیزیکی ناگت‌های تولیدی از ماهی قزل‌آلا

منابع

- دارائی گرمه‌خانه، امیر؛ میرزایی، حبیب‌اله؛ کاشانی نژاد، مهدی و مقصدلو، یحیی (۱۳۸۷). استفاده از مواد هیدروکلوئیدی به عنوان پوشش‌های خوراکی به منظور تولید چیپس کم چرب. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد پانزدهم، شماره ۶، صفحات: ۱۷۷-۱۷۰.
- رضوی شیرازی، حسن (۱۳۸۶). تکنولوژی فرآورده‌های دریایی. انتشارات پارس نگار. صفحات: ۲۱۴-۱۹۱.
- مقدم، نوشین؛ شعبان‌پور، بهاره؛ شعبانی، علی و ایمان‌پور، محمدرضا (۱۳۸۹). اثر تغییرات زمان و دمای نمک‌سود سبک به روش خشک بر ترکیب شیمیایی، خواص حسی و میزان محصول قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). مجله علوم و فنون دریایی ایران، دوره نهم، شماره ۲، صفحات: ۴۵-۳۳.

- Albert, A., Perez-Munuera, I., Quiles, A., Salvador, A., Fiszman S.M. and Hernando, I. (2009). Adhesion in fried battered nuggets: performance of different hydrocolloids as predest using three cooking procedures. *Journal of Food Hydrocolloids*, 23: 1443-1448.
- AOAC International. (2002). In: P. Cunniff (Ed.), *Official methods of analysis of AOAC international* (16th edition). Gaithersburg, MD, USA: AOAC International.
- Barat, J.M., Rodriguez-Barona, S., Andres, A. and Fito, P. (2003). Cod salting manufacturing analysis. *Journal of Food Research International*, 36: 447-453.
- Birkeland, S. and Bjerkeng, B. (2005). The Quality of cold-smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*) as affected by salting method, time and temperature. *Journal of Food Science Technology*, 40: 963-976.
- 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.
- Bungler, A., Moyano, P. and Rioseco, V. (2003). NaCl soaking treatment for improving the quality of the French-fried potatoes. *Food Research International*, 36: 161-166.
- Chen, C.H., 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.
- 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.
- 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*, 50: 284-292.
- Elyasi, A., Zakipour Rahim Abadi, 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.
- 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. *Journal of LWT- Food Science and Technology*, 36: 647-655.
- Gallart-Jornet, L., Barat, J.M., Rustad, T. and Erikson, U. (2007). Influence of brine concentration on Atlantic salmon fillet salting. *Journal of Food Engineering*, 80: 267-275.
- Hamm, R. (1960). Biochemistry of meat hydration. *Journal of Advances in Food Research*, 10: 355-463.
- Jittinandana, S., Kenney, P.B., Slider, S.D. and Kiser, R.A. (2002). Effect of brine concentration and brining time on quality of smoked rainbow trout fillets. *Journal of Food Science*, 67: 2095-2099.
- Kordika, M.K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z.B. and Marinou-Kouris, D. (2001). Effects of pre-drying on quality of French fries. *Journal of Food Engineer*, 49: 347-354.
- Lauritzsen, K., Akse, L., Gundersen, B. and Olsen, R.L. (2004). Effects of calcium, magnesium and pH during salt curing of cod (*Gadus morhua*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84: 683-692.
- 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.
- Moradi, Y., Baker, J., Che Man, Y. and Kharidah, S. (2009). Effects of pre-drying on quality of fries breaded black pomfret (*Parastromateus niger*) fillet. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 4: 254-206.
- Moyano, P.C., Rioseco, V.K. and Gonzalez, P.A. (2002). Kinetics of crust color change during deep-fat frying of impregnated french fries. *Journal of Food Engineer*, 45: 149-255.
- 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.

-
- Stien, L.S., Hirmas, E., Bjornevik, M., Karlsen, O., Nortvedt, R., Rora, A.M.B., *et al.* (2005). The effects of stress and storage temperature on the color and texture of pre-rigor filleted farmed cod (*Gadus morhua*). *Journal of Aquaculture Research*, 36: 1197–1206.
 - Suzana, R.B., Vesna, L., Desanka, R. and Borislav, S. (2004). Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat frying. *Journal of Food Engineering*, 64: 237–241.
 - Thorarinsdottir, K.A., Arason, S., Geirsdottir, M., Bogason, S. and Kristbergsson, K. (2002). Changes in myofibrillar proteins during processing of salted cod (*Gadus morhua*) as determined by electrophoresis and differential scanning calorimetry. *Journal of Food Chemistry*, 77: 377–385.
 - Venugopal, V. (2006). *Seafood Processing*. CRC Press, London, pp. 259-280.
 - Wang, D., Tang, J. and Correia, L.R. (2000). Salt diffusivities and salt diffusion in farmed Atlantic salmon muscle as influenced by rigor mortis. *Journal of Food Engineering*, 43: 115-123.

Effect of light-salting and drying pre-treatments on physical characteristics and oil uptake in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) nuggets

Shabanpour, B.*¹, Jamshidi, A.²

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

2- Ph.D Student, Department of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Golestan, Iran.

*Corresponding author email: Shabanpour.Bahare@yahoo.com

(Received: 2013/9/10 Accepted: 2014/6/22)

Abstract

Reduction of oil uptake in battered and breaded products is one of the critical aspects to obtain a safe and good quality product. In this study, combined effects of light salting (8, 10 %) and microwaving (180 °C, for 30, 60 and 90 s) pre-treatments on physical parameters and oil uptake in rainbow trout nuggets were investigated. Based on results, highest moisture content was observed in control ($p < 0.05$) group. Moreover, the treatment with 10% light salting and 30 s pre-drying in 180 °C resulted in lowest oil uptake ($p < 0.05$). No significant differences was observed on the product yield, adhesion of coating, water holding capacity and sensory properties among the treatments. In comparison with control group, all treatments demonstrated lower levels of color indices as well as lower percentage of oil uptake ($p < 0.05$). As a result, treating the product with 10% light salting and pre-drying in microwave at 180 °C for 30 s is recommended for the reduction of oil uptake in rainbow trout nuggets.

Key words: Fish nugget, Light salting, Pre-drying, Deep-fat frying, Rainbow trout