

## تأثیر دوره‌های انجماد- انجمادزدایی بر کیفیت فیله‌ماهی فیتوفاگ (*Hypophthalmichthys molitrix*)

محسن جلالیان<sup>۱</sup> و \* بهاره شعبان‌پور<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

<sup>۲</sup> دانشیار گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۱/۲؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۱/۱۱

### چکیده

این مطالعه به منظور ارزیابی اثر دوره‌های انجماد- انجمادزدایی بر برخی خصوصیات کیفی فیله‌ماهی فیتوفاگ انجام شد. فیله‌های آماده شده فیتوفاگ در بسته‌های زیپک بسته‌بندی شد و به ترتیب ۰، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ بار در معرض دوره‌های انجماد- انجمادزدایی قرار گرفت. با افزایش تعداد دوره‌های انجماد- انجمادزدایی، میزان آهن هم کاهش و مقدار ماده خشک بافت افزایش یافت ( $P < 0.05$ ). میزان آب‌چک آزاد شده از بافت طی فرآیند پخت در فیله‌هایی که ۱، ۲ و ۵ بار انجمادزدایی شده بودند به‌طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بیش‌تر از فیله تازه بود. بیش‌ترین ظرفیت نگهداری آب (۷۵/۳۸ درصد) در بالاترین میزان pH مشاهده شد. با افزایش دوره‌های انجماد- انجمادزدایی مقادیر  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  و تفاوت رنگ کل (در برابر نمونه تازه) ( $\Delta E$ ) افزایش یافت. تست تا شدن ژل نشان داد با افزایش دوره‌های انجماد- انجمادزدایی، قدرت تولید ژل فیله‌های فیتوفاگ کاهش یافت. نتایج نشان داد، انجماد- انجمادزدایی چند باره بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی فیله‌ها اثرات نامطلوب دارد، بنابراین انجماد مجدد فیله‌های انجمادزدایی شده پیشنهاد نمی‌گردد.

واژه‌های کلیدی: دوره‌های انجماد- انجمادزدایی، فیله، فیتوفاگ، کیفیت

\* مسئول مکاتبه: b\_shabanpour@yahoo.com

## مقدمه

نگهداری ماهی به حالت منجمد یک روش مهم جهت حفظ کیفیت ماهی و فرآورده‌های حاصل از آن است. فرآیند انجماد، این امکان را فراهم می‌آورد که ماهی تا حدودی شرایط مناسب خود را برای یک دوره طولانی، حفظ کند. البته دوره‌های انجماد-انجمادزدایی می‌تواند تأثیر شدیدی بر خصوصیات بافت داشته باشد که بستگی به فاکتورهای زیادی مانند سرعت انجماد و انجمادزدایی، دمای نگهداری، نوسانات دمایی و نحوه انجماد و انجمادزدایی دارد (سبرانک، ۱۹۸۲). تغییرات کیفی ایجاد شده طی انجماد به‌طور عمده به‌دلیل اکسیداسیون، تصعید و کریستالیزه شدن مجدد یخ و دناتور شدن پروتئین‌ها می‌باشد (لونداهال، ۱۹۹۷). بر این اساس فرآیند انجماد از طریق تغییر در نحوه توزیع آب سبب تغلیظ پروتئین‌های میوفیبریل و تجمع انبوهش‌های پروتئینی (به‌طور عمده اکتین و میوزین) با وزن مولکولی بالا می‌گردد که باعث کاهش قدرت تشکیل ژل توسط پروتئین‌های میوفیبریل می‌گردد. علاوه بر این، تغلیظ املاحی که در قسمت مایع منجمد نشده سلول باقی مانده‌اند می‌تواند با آسیب رساندن به پروتئین‌ها و کاهش نفوذپذیری سلول (به‌دلیل تغییرات pH)، در نهایت سبب کاهش ظرفیت نگهداری آب شود (هورلینگ و مک‌آرتور، ۱۹۹۶) که نشانه آن خروج مقدار زیادی آب از ماهی منجمد پس از انجمادزدایی یا در مرحله پخت است. خروج آب‌چک از بافت با خروج برخی مواد از جمله آهن هم همراه است (گومز-باسائوری و رگنستین، ۱۹۹۲) که علاوه بر کاهش وزن (زیان اقتصادی) باعث کاهش ارزش تغذیه‌ای آن نیز می‌شود. انجام چندین دفعه انجماد و انجمادزدایی که به‌خصوص در خرده‌فروشی‌ها، خانه‌ها و رستوران‌ها عمومیت دارد، تأثیرات مهمی بر کیفیت گوشت ماهی می‌نهد (سرینیواسان و همکاران، ۱۹۹۷). در این مطالعه میزان افت کیفیت فیله ماهی فیتوفاگ تحت تأثیر دوره‌های انجماد-انجمادزدایی بررسی شد.

## مواد و روش‌ها

در مردادماه سال ۱۳۸۷، تعدادی ماهی فیتوفاگ با وزن ۹۰۰-۸۰۰ گرم به‌طور تصادفی از بین ماهیان صید شده از استخر پرورش کپور ماهیان در شهرستان بهشهر انتخاب شدند و در داخل جعبه یونولیت با پوشش یخ به آزمایشگاه شیمی دانشکده شیلات و محیط زیست دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شدند. پس از سرزنی و تخلیه امعاء و احشاء دو فیله با پوست از هر ماهی تهیه و در بسته‌های نایلونی زیپک بسته‌بندی شد. سپس آزمایش‌ها روی فیله‌های ماهی فیتوفاگ نگهداری شده در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد، به مدت ۵ هفته انجام شد. در پایان هر هفته، همه

فیله‌های منجمد شده، در آب با دمای  $2 \pm 20$  درجه سانتی‌گراد انجمادزدایی شده (حدود ۲-۱/۵ ساعت)، سپس سه نمونه به‌طور تصادفی جهت انجام آزمایش‌ها انتخاب، و بقیه فیله‌ها در فریزر با دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. این فرآیند تا ۵ هفته تکرار شد. اندازه‌گیری میزان ماده خشک فیله‌ماهی فیتوفاگ مطابق روش AOAC (۱۹۹۰) انجام شد. همچنین میزان pH با استفاده از اضافه کردن ۴۵ میلی‌لیتر آب مقطر به ۵ گرم گوشت چرخ شده ماهی (سوانیچ و همکاران، ۲۰۰۰)، و ظرفیت نگهداری آب به روش سانتریفوژ سلطان باوا و لی‌چان (۱۹۹۸) مورد سنجش قرار گرفت. از کیسه‌های درزگیری شده، برای جمع‌آوری و محاسبه میزان آب‌چک طی پخت (هورلینگ و مک‌آرتور، ۱۹۹۶)، از دستگاه اسپکتروفتومتر (WPA S2000 uv/vis) جهت اندازه‌گیری مقادیر آهن هم (کلارک و همکاران، ۱۹۹۷) و مت‌میوگلوبین (لی و همکاران، ۱۹۹۹)، و از دستگاه رنگ‌سنج (Lovibond, Cam-System (500)، طبق روش فاگان و همکاران (۲۰۰۳)، برای بررسی تغییرات رنگ استفاده شد. همچنین برای تهیه ژل از گوشت چرخ شده شستشو داده شده با آب خالص و پخت آن در بن‌ماری ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۰ دقیقه به روش لاینر (۱۹۹۲) استفاده شد و قابلیت تا شدن آن با استفاده از آنالیز ۴ نمره‌ای تانیکاوا و همکاران (۱۹۸۵) صورت پذیرفت.

**آنالیز آماری:** برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از برنامه نرم‌افزاری SPSS و آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA)، و جهت انجام مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح  $(\alpha=0/05)$  استفاده گردید.

## نتایج و بحث

نتایج آزمون‌های انجام گرفته روی فیله‌ماهی فیتوفاگ در جدول ۱ نشان داده شده است. با افزایش دوره‌های انجمادزدایی، میزان آهن هم از  $14/29$  ppm در فیله تازه، به  $6/57$  ppm در تیمار ۵ رسید. این کاهش احتمالاً به دلیل تخریب هم و خارج شدن آهن آن به همراه آب‌چک در هر مرحله از انجمادزدایی بود. از آنجا که با افزایش دوره‌های انجمادزدایی، میزان آهن هم کاهش می‌یابد، در نتیجه درصد آهن هم نیز در هر تیمار نسبت به تیمار قبلی کاهش یافت. از طرفی خروج آب‌چک در هر مرحله از انجمادزدایی به‌طور معنی‌داری  $(P<0/05)$  میزان ماده خشک فیله را افزایش داد. هورلینگ و مک‌آرتور (۱۹۹۶) با مطالعه بر تأثیر انجمادزدایی و انجماد مجدد فیله‌ماهی کاد<sup>۱</sup> طی ماه‌های مختلف

1- Gadus Morhua

بیان کردند اگر چه انجمادزدایی و انجماد مجدد، در پایان دوره‌های انجماد- انجمادزدایی باعث افزایش آب‌چک طی پخت و کاهش ظرفیت نگهداری آب شد ولی روند تغییرات آن نامنظم و دارای نوسان بود. در مطالعه حاضر نیز، روند تغییرات میزان آب‌چک آزاد شده طی پخت دارای نوسان بود ولی به‌طور کلی می‌توان گفت کاهش ظرفیت نگهداری آب توسط پروتئین‌های میوفیبریل فیله‌هایی که در معرض فرآیند انجماد- انجمادزدایی قرار گرفته بودند باعث شد میزان آب‌چک آزاد شده طی پخت نسبت به فیله تازه فیتوفاگ افزایش یابد.

جدول ۱- تغییرات فاکتورهای فیزیکی شیمیایی فیله‌ماهی فیتوفاگ تحت تأثیر دوره‌های مختلف انجمادزدایی.

فاکتور	دوره‌های انجمادزدایی				
	صفر	یک	دو	سه	چهار
آهن هم (ppm)	۱۴/۲۹±۰/۹ <sup>a</sup>	۱۳/۴۷±۰/۶ <sup>a</sup>	۸/۰۷±۰/۷ <sup>b</sup>	۶/۹۷±۰/۷ <sup>bc</sup>	۶/۷۵±۰/۱۹ <sup>c</sup>
درصد کاهش آهن هم	-	۵/۷۳	۴۰/۰۸	۱۳/۶۳	۲/۶
ماده خشک (درصد)	۲۳/۱۴±۰/۳ <sup>d</sup>	۲۴/۸۶±۰/۳ <sup>c</sup>	۲۶/۶۳±۰/۲۳ <sup>b</sup>	۲۷/۱±۰/۱۷ <sup>b</sup>	۲۹/۰۳±۰/۲ <sup>a</sup>
آب‌چک طی پخت (درصد)	۷/۳۴±۱/۸ <sup>b</sup>	۱۲/۴۴±۱/۰۹ <sup>a</sup>	۱۰/۲۸±۱/۵ <sup>ac</sup>	۸/۴۸±۱/۲۱ <sup>bcd</sup>	۶/۴۹±۱/۴ <sup>bd</sup>
pH	۶/۳۳±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۶/۱۵±۰/۰۱ <sup>b</sup>	۶/۱۲±۰/۰۳ <sup>b</sup>	۶/۲۵±۰/۰۹ <sup>d</sup>	۶/۲۵±۰/۰۰۵ <sup>d</sup>
ظرفیت نگهداری آب (درصد)	۷۵/۳۸±۰/۴ <sup>a</sup>	۵۸/۶۶±۰/۴۹ <sup>b</sup>	۵۸/۶۳±۰/۵۶ <sup>b</sup>	۵۸/۱۰±۰/۶۵ <sup>b</sup>	۷۰/۷۰±۰/۷۵ <sup>c</sup>
مت میوگلوبین (درصد)	۶۸/۶۶±۰/۵ <sup>b</sup>	۶۸/۷۳±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۶۷/۹۳±۰/۱۵ <sup>c</sup>	۶۶/۶۰±۰/۳ <sup>d</sup>	۶۸/۰۶±۰/۱۱ <sup>c</sup>
تست تا شدن ژل	۴/۵۵±۰/۱۸ <sup>a</sup>	۳/۶۰±۰/۳۳ <sup>b</sup>	۳ <sup>c</sup>	۳ <sup>c</sup>	۳ <sup>c</sup>
L*	۵۵/۵۳ <sup>c</sup>	۶۴/۱۶ <sup>b</sup>	۶۷/۸۶ <sup>a</sup>	۶۵/۷۶ <sup>b</sup>	۶۷/۲۰ <sup>a</sup>
a*	۷/۲ <sup>a</sup>	۵/۱ <sup>b</sup>	۵/۱ <sup>b</sup>	۵/۱ <sup>b</sup>	۵/۳۶ <sup>b</sup>
b*	-۱/۲ <sup>c</sup>	-۰/۹۳ <sup>c</sup>	۰/۱۳ <sup>b</sup>	۰/۱۳ <sup>b</sup>	۰/۶۶ <sup>a</sup>
ΔE	-	۱۰/۷۲ <sup>b</sup>	۱۲/۶۲ <sup>a</sup>	۱۰/۵۴ <sup>b</sup>	۱۱/۹۵ <sup>a</sup>

در هر ردیف اعدادی که دارای حروف غیرمشابه هستند اختلافی معنی‌دار دارند (P<۰/۰۵).

یکی از شاخص‌های مهم در ارتباط با کیفیت پروتئین‌های میوفیبریل عضله ماهی، کیفیت ژل تولیدی است. بیش‌ترین قدرت تشکیل ژل مربوط به فیله‌های تازه ماهی فیتوفاگ بود. ۵ بار انجمادزدایی فیله، تأثیر معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) بر قابلیت تا شدن ژل داشت ولی در تیمارهای ۲ و ۳ و ۴، با افزایش دوره‌های انجمادزدایی، کیفیت ژل تغییری نکرد. با توجه به این‌که پروتئین‌های میوفیبریل نقش مهمی در تشکیل ژل داشته و از طرفی کریستالیزه شدن مجدد آب تخریب آنها را افزایش می‌دهد (سرینیواسان و همکاران، ۱۹۹۷)، بنابراین با افزایش دوره‌های انجمادزدایی قدرت تشکیل ژل عضله کاهش یافت. از دیگر عوامل مؤثر بر ظرفیت نگهداری آب توسط بافت، pH می‌باشد. مقدار pH با افزایش زمان نگهداری و دوره‌های انجمادزدایی، ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت ولی هیچ‌گاه به مقدار اولیه آن در فیله تازه فیتوفاگ نرسید. زمانی‌که بالاترین مقدار برای pH ثبت گردید، بیش‌ترین ظرفیت نگهداری آب نیز دیده شد. همچنین، نتایج نشان داد افزایش مدت نگهداری و دوره‌های انجمادزدایی منجر به افزایش مت‌میوگلوبین می‌شود. عوامل مختلفی از جمله اکسیداسیون میوگلوبین، برخی آنزیم‌ها و میکرو ارگانیزم‌ها (بنجاکول و بائور، ۲۰۰۱) در تشکیل مت‌میوگلوبین نقش دارند. بیش‌ترین میزان مت‌میوگلوبین در تیمار ۵ دیده شد که مقدار آن ۷۳/۷۰ درصد بود. این میزان به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود ( $P < 0/05$ ).

رنگ یکی از مهم‌ترین فاکتورهای مورد استفاده در ارزیابی کیفیت ماهی و فرآورده‌های آن است (پاچکو- آگویلار و همکاران، ۲۰۰۰). در این مطالعه تفاوت معنی‌داری در مقادیر  $L^*$  (روشنایی)،  $a^*$  (قرمز- سبز) و  $b^*$  (زرد- آبی) نسبت به فیله‌های تازه، مشاهده گردید ( $P < 0/05$ ). در فیله‌های انجمادزدایی شده میزان  $L^*$  به شکل معنی‌داری در همه نمونه‌ها نسبت به فیله‌های تازه افزایش نشان داد ( $P < 0/05$ ). این در حالی بود که مقدار  $a^*$  در فیله‌های انجمادزدایی شده نسبت به فیله‌های تازه کاهش یافت. براساس مطالعات فلمینگ و همکاران (۱۹۹۱)، تغییرات صورت گرفته در میزان رنگ‌دانه‌های مختلف پس از مرگ ماهی، شرایط نگهداری و گونه ماهی در تعیین رنگ فیله و تغییرات آن طی نگهداری مؤثر می‌باشند. با توجه به روند تغییرات  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$ ، میزان تفاوت رنگ کل نسبت به فیله‌های تازه ( $\Delta E$ ) نیز با افزایش دوره‌های انجمادزدایی، افزایش یافت به طوری‌که بیش‌ترین افت کیفیت رنگ فیله ماهی فیتوفاگ، در پایان دوره‌های انجمادزدایی مشاهده گردید. بنابراین با توجه به تغییرات فیزیکی و شیمیایی و افت کیفیتی که با افزایش دوره‌های انجمادزدایی در فیله‌های ماهی فیتوفاگ ایجاد می‌گردد، توصیه می‌شود با استفاده از بسته‌بندی‌های مناسب در اوزان مناسب، از انجماد مجدد فیله‌های انجمادزدایی شده اجتناب شود.

منابع

- AOAC. 1990. Official methods of analysis (15<sup>th</sup>ed.). Association of Official Analytical Chemists. Virginia, USA: Arlington, Pp: 864-889.
- Benjakul, S., and Bauer, F. 2001. Biochemical and physicochemical changes in catfish (*Silurus glanis Linne*) muscle as influenced by different freeze-thaw cycles. *Food Chemistry*, 72: 207-217.
- Clark, E.M., Mahoney, A.W., and Carpenter, C.E. 1997. Heme and total iron in ready-to-eat chicken. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 124-126.
- Fagan, D.J., Gormley, R.T., and Mhuirchearthaigh, 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.
- Fleming, B.K., Froning, G.W., and Yang, T.S. 1991. Heme pigment levels in chicken broilers chilled in ice slush and air. *Poultry Science*, 70: 2197-2200.
- Gomez-Basauri, J.V., and Regenstein, J.M. 1992. Processing and frozen storage effects on the iron content of cod and mackerel. *Journal of Food Science*, 57: 1332-1336.
- Hurling, R., and McArthur, H. 1996. Thawing, refreezing and frozen storage effects on muscle functionality and sensory attributes of frozen cod (*Gadus morhua*). *Journal of Food Science*, 61: 1289-1296.
- Lanier, T.C. 1992. Measurement of surimi composition and functional properties. In: Surimi Technology. Eds. Lanier, T.C., and Lee, C.M., Marcel Dekker, Inc., New York, Pp: 123-136.
- Lee, B.J., Hendricks, D.G., and Cornforth, D.P. 1999. A comparison of carnosine and ascorbic acid on color and lipid stability in a ground beef pattie model system. *Meat Science*, 51: 245-253.
- Londhal, G. 1997. Technological aspects of freezing and glazing shrimp. *INFOFISH International*, 3: 49-56.
- Pacheco-Aguilar, R., Lugo-Sanchez, M.E., and Robles-Burgueno, M.R. 2000. Postmortem biochemical characteristic of Monterey sardine muscle stored at °C. *Journal of Food Science*, 65: 40-47.
- Sebranek, J.G. 1982. Use of cryogenics for muscle foods. *Food Technology*, 36: 120-127.
- Srinivasan, S., Xiong, L.Y., Suzanne, Blanchard, P., and Tidwell, H.J. 1997. Physicochemical changes in prawns (*Macrobrachium rosenbergii*) subjected to multiple freeze-thaw cycles. *Journal of Food Science*, 62: 123-127.
- Sultanbawa, Y., and Li-Chan, E.C.Y. 1998. Cryoprotective effects of sugar and polyol blends in ling cod surimi during frozen storage. *Food Research international*, 2: 87-98.
- 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.
- Tanikawa, E., Motohiro, T., and Akiba, M. 1985. Marine products in Japan (Revised ed.). Tokyo, Japan: Koseisha Koseikaku Co. Ltd, Pp: 193-240.



## Effects of freeze-thaw cycles on quality of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets

**M. Jalalian<sup>1</sup> and \*B. Shabanpour<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Student, Dept. of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>2</sup>Associate Prof., Dept. of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

### Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of freeze-thaw cycles on some quality parameters of silver carp fillets. The prepared fillets were packaged in zip lock bags and were subjected to 0, 1, 2, 3, 4 and 5 freeze-thaw cycles, respectively. Heme iron content decreased, and dry matter increased as the number of freeze-thaw cycles increased ( $P < 0.05$ ). In the fillets that were thawed 1, 2 and 5 times, free drip loss on cooking were significantly ( $P < 0.05$ ) more than fresh fillets. The highest water holding capacity observed in the highest pH value.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  and total color difference values (from the fresh sample) ( $\Delta E$ ) increase with increasing freeze-thaw cycles. Folding test showed that, gel forming ability of silver carp fillets decreased with increasing freeze-thaw cycles. The results revealed that multiple freeze-thaw have undesirable effects on physical and chemical quality of fillets, therefore re-freezing of thawed fillets is not recommend.

**Keywords:** Freeze-thaw cycles; Fillet; Silver carp; Quality

---

\* Corresponding Author; Email: b\_shabanpour@yahoo.com

