

(OPEN ACCESS)

The effect of different thawing methods on the physicochemical quality of edible oyster (*Saccostrea cucullata*)

Zabihallah Bahmani*

Corresponding Author, National Fish Processing Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Bandar Anzali, Iran. E-mail: zabihbahmani@gmail.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Full Length Research Paper	Backgrounds and Objectives: The bivalve oyster (<i>Saccostrea cucullata</i>) hooded or rock oyster is one of the most important edible and commercially valuable shellfish in Iran and the world, and is found on rocky coasts and mangrove forests in the south of the country. Oysters in Iran the world.
Article history: Received: 07.22.2024 Revised: 08.03.2024 Accepted: 08.17.2024	Materials and Methods: In this project, about 500 g of fresh oyster meat, which was collected from the rocky shores of Bandar Molem (Banderlange city) in winter season, was extracted. For separate waste materials, the process of self-purification of oysters was carried out for 72 h in the environment of chlorine (2.5 ppm) and citric acid (0.2 g.l ⁻¹). oyster meat was washed with clean and cool water and frozen at -24 °C for 10 days and then thawing was done under ambient temperature (24 °C), water (20 °C), refrigerator with still air; RTSA (4±2 °C) and refrigerator with blasting air; RTBA (4±2 °C). Then were calculated the thawing time (Tt), pH, water holding capacity (WHC), drop loss after thawing (DLt), drop loss after cooking (DLc), peroxide value (PV), thiobarbituric acid (TBA) and volatile nitrogen bases (TVB-N).
Keywords: Freezing, Refrigerator with blasting air, <i>Saccostrea cucullata</i> oyster, Thawing	Results: The results of thawing time for a 120±10 g block of oysters in thawing methods in air, water, refrigerator with still air, and refrigerator with blasting air were calculated as 42.3, 25, 56, 31.6 min, respectively. In general, pH, WHC, DLt, DLc, PV, TBA and TVB-N of <i>S. cucullata</i> oysters for thawing in the refrigerator with blasting air were reported, respectively; 6.38, 92%, 2.35%, 8.13%, 3.48 meq g O ₂ /Kg Fat, 1.12 mg MDA/Kg Fat and 10.91 mg N/100g flesh. The highest amount of TBA and TVB-N in the thawing at ambient temperature was 2.35 mg MDA/Kg Fat and 17.84 mg N/100g flesh, which was significantly different (P<0.05) from the thawing in the refrigerator with blasting air.
	Conclusion: Therefore, based on the results of the project, it can be concluded that to maintain the quality of the <i>S. cucullata</i> oyster, the thawing method in a refrigerator with blasting air should be used.

Cite this article: Bahmani, Zabihallah. 2025. The effect of different thawing methods on the physicochemical quality of edible oyster (*Saccostrea cucullata*). *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 14 (2), 105-120.



© The Author(s).

Doi: 10.22069/japu.2024.22646.1890

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

اثر روش‌های مختلف انجمادزدایی بر کیفیت فیزیکوشیمیایی صدف خوراکی (*Saccostrea cucullata*) ساکوسترا کوکولاتا

ذبیح‌اله بهمنی*

نویسنده مسئول، مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران. رایانامه: zabihbahmani@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی-پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۰۱ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۷ واژه‌های کلیدی: انجماد، انجمادزدایی، صدف ساکوسترا کوکولاتا، یخچال با هوای متحرک	سابقه و هدف: صدف دوکفه‌ای ساکوسترا کوکولاتا (صدف کلاهدار یا صدف صخره‌ای) از صدف‌های مهم خوراکی و با ارزش تجاری در ایران و جهان به‌شمار می‌آید و در سواحل صخره‌ای و جنگل‌های حرا جنوب کشور یافت می‌شود. مواد و روش‌ها: در این پروژه، حدود ۵۰۰ گرم گوشت صدف‌هایی که از سواحل صخره‌ای بندر معلم (شهرستان بندرلنگه) در فصل زمستان جمع‌آوری شده بود، استحصال شد. برای جداسازی مواد زائد، فرآیند خودپالایی صدف به مدت ۷۲ ساعت در محیط کلر (۲/۵ ppm) و اسیدسیتریک (0.2 g.L^{-1}) انجام شد سپس گوشت صدف جداسازی و با آب تمیز و خنک شستشو گردید و در دمای 4°C -۲۴ به مدت ۱۰ روز منجمد شد. پس از طی زمان انجماد، انجمادزدایی در دمای محیط (4°C)، آب (20°C)، یخچال با هوای ساکن ($4^{\circ}\text{C} \pm 2$) و یخچال با هوا متحرک ($4^{\circ}\text{C} \pm 2$) انجام شد. سپس محاسبه زمان انجمادزدایی (T_f)، pH، ظرفیت نگهداری آب (WHC)، آبجک بعد از انجمادزدایی (DL_f)، آبجک بعد از پخت (DL_c)، عدد پراکسید (PV)، تیوباریتوریک اسید (TBA) و کل بازهای ازته فرار (TVB-N) بررسی شد. نتایج: نتایج زمان انجمادزدایی برای بلوک 10 ± 12 گرمی صدف در روش‌های انجمادزدایی در هوا، آب، یخچال با هوای ساکن و یخچال با هوای متحرک به ترتیب، $42/3$، 25، 56 و $31/6$ دقیقه محاسبه شد. به‌طور کلی میزان pH، WHC، DL_f، DL_c، PV، TBA و TVB-N صدف کوکولاتا برای تیمار انجمادزدایی در یخچال با هوای متحرک به ترتیب: $6/38$، 92 درصد، $2/35$ درصد، $8/13$ درصد، $3/48 \text{ meq g O}_2/\text{Kg Fat}$، $1/12 \text{ mg MDA/Kg Fat}$ و $10/91 \text{ mg N/100g flesh}$ گزارش شد. بیش‌ترین میزان TBA و TVB-N در تیمار

انجمادزدایی در دمای محیط به ترتیب، ۲/۳۵ mg MDA/Kg Fat و mg N/100g flesh
۱۷/۸۴ بود که با تیمار انجمادزدایی در یخچال با هوای متحرک تفاوت معنی‌دار ($P < 0.05$)
داشت.

نتیجه‌گیری: بنابراین براساس نتایج پروژه می‌توان نتیجه گرفت جهت حفظ کیفیت صدف
کوکولاتا، از روش انجمادزدایی در یخچال با هوای متحرک استفاده نمود.

استناد: بهمنی، ذبیح‌اله (۱۴۰۴). اثر روش‌های مختلف انجمادزدایی بر کیفیت فیزیکوشیمیایی صدف خوراکی ساکوسترا کوکولاتا
(*Saccostrea cucullata*). نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان، ۱۴ (۲)، ۱۰۵-۱۲۰.

Doi: 10.22069/japu.2024.22646.1890



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

میزان تولید و تجارت جهانی نرم‌تنان به ویژه دوکفه‌ای‌ها به ترتیب ۱۷/۷ میلیون تن و ۲۹/۸ میلیون دلار آمریکا بود (۱). صدف ساکوسترا کوکولاتا (*S. cucullata*)، صدف کلاه‌دار یا صدف صخره‌ای یک صدف دوکفه‌ای خوراکی و با ارزش تجاری در سواحل صخره‌ای و جنگل‌های حرا جنوب کشور یافت می‌شود. تکثیر و پرورش این صدف در جنوب کشور در استان بوشهر توسط بخش خصوصی به تازگی آغاز شد. با توجه به ارزش تجاری و شرایط مساعد منطقه برای پرورش این گونه از آبزیان می‌توان آینده خوبی برای تولید آن‌ها پیش بینی نمود (۲). از آنجایی که حرمت استفاده از این آبزیان در داخل کشور وجود دارد بنابراین بهتر است در داخل کشور در تولید مواد آرایشی و بهداشتی و صادرات خوراکی و غیرخوراکی در دستور کار قرار گیرد (۲). عرضه زیاد این محصولات به بازارهای جهانی نیازمند استفاده از روش‌های نوین نگهداری طولانی‌مدت در مناطق مختلف می‌باشد (۳). بنابراین، افزایش مدت زمان ماندگاری و در عین حال حفظ استانداردهای کیفی محصول در زنجیره تولید و تأمین، از مرحله صید تا فرآوری و توزیع و فروش آن‌ها ضروری است. بهترین روش حفظ، نگهداری و انتقال این آبزیان، سردسازی و انجماد است. انجماد تا حدودی می‌تواند میزان افت کیفیت در محصولات شیلاتی را کاهش داده و در حفظ تازگی محصول مؤثر باشد (۴). جهت مصرف آبزیان منجمد، باید انجمادزدایی یا دیفراسست صورت گیرد که در نتیجه آن محصول به حالت قبل از انجماد برمی‌گردد و همانند محصول تازه دچار تغییرات فیزیکی، شیمیایی و میکروبی نخواهد شد که این تغییرات طی انجمادزدایی ممکن است سبب آسیب به مواد غذایی شده، بنابراین برای کنترل چنین تغییراتی باید حداقل درجه حرارت محیطی برای تضمین فرآیند

انجمادزدایی در نظر گرفته شود (۵ و ۶). روش‌های انجمادزدایی آبزیان بسیار متنوع می‌باشد و شامل انجمادزدایی در دمای محیط، آب، یخچال با هوای ساکن و متحرک، فشار بالا، مایکروویو اهمی و صوتی و روش‌های الکتریکی می‌باشند (۴، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰). همچنین مطالعاتی در زمینه تأثیر فرآیند انجمادزدایی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و حسی ماهی (۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵)، میگو (۱۶)، خرچنگ (۱۷)، ماهی مرکب (۱۸) و صدف (۳ و ۱۶) انجام گرفت. در حال حاضر در صنایع فرآوری ایران، معمولاً ماهی را در هوا و یا آب انجمادزدایی می‌کنند. اما از آنجایی که انجمادزدایی در دمای بالا آب یا هوا باعث کاهش ظرفیت نگهداری آب، افزایش آبجک، به عبارتی باعث کاهش کیفیت فرآورده می‌گردد، بنابراین استفاده از روش‌هایی مانند انجمادزدایی در یخچال با هوای ساکن و متحرک با فرض حفظ بهتر کیفیت آبزیان مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این پروژه، حدود ۵۰۰ گرم گوشت تازه صدف خوراکی ساکوسترا کوکولاتا با نام علمی (*Saccostrea cucullata*) که از سواحل صخره‌ای بندر معلم (شهرستان بندرلنگه) در فصل زمستان (بهمن‌ماه) جمع‌آوری شده بود، استحصال شد. برای جداسازی مواد زائد، فرآیند خودپالایی صدف به مدت ۷۲ ساعت در محیط کلر (۲/۵ ppm) و اسیدسیتریک (0.2 g.l^{-1}) انجام شد سپس گوشت صدف جداسازی و با آب تمیز و خنک شستشو گردید، سپس گوشت صدف به چهار قسمت مساوی به وزن تقریبی 120 ± 10 گرم تقسیم و در دمای -24°C درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ روز منجمد و سپس انجمادزدایی در دمای محیط (24°C درجه سانتی‌گراد)، آب (20°C درجه سانتی‌گراد)، یخچال ($4 \pm 2^\circ\text{C}$ درجه سانتی‌گراد) و دمای

انجمادزدایی و پخت تعیین و به‌عنوان وزن ثانویه گزارش شد و از رابطه ۲، مقدار آبچک بعد از یخ‌گشایی و پخت حاصل گردید (۱۲).

$$DL = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad (2)$$

که در آن، W_1 وزن اولیه، W_2 وزن ثانویه. **اندازه‌گیری پراکسید (PV):** یک گرم نمونه روغن استخراج شده از صدف را به دقت در ارلن‌مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری سر سمباده‌ای وزن نموده و حدود ۲۵ میلی‌لیتر از محلول اسیداستیک کلروفرمی (نسبت کلروفرم به اسید استیک ۳:۲) به محتویات ارلن اضافه شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول یدورپتاسیم اشباع، ۳۰ میلی‌لیتر از آب مقطر و ۰/۵ میلی‌لیتر محلول نشاسته یک درصد به مجموعه افزوده و مقدار ید آزاد شده با محلول تیوسولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال تیترو گردید (۲۲). میزان پراکسید ($\text{meq g O}_2/\text{Kg Fat}$) براساس رابطه ۳، محاسبه شد.

(۳)

$$PV = \frac{(1000 \times \text{حجم تیوسولفات مصرفی} \times \text{نرمالیه})}{\text{وزن نمونه روغن}}$$

اندازه‌گیری اسید تیوباربتوریک (TBA): اندازه‌گیری TBA به‌وسیله روش رنگ‌سنجی صورت گرفت. مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم از نمونه چرخ شده به یک بالن ۲۵۰ میلی‌لیتری انتقال یافت و سپس با ۱- بوتانل به حجم رسانده شد. ۵ میلی‌لیتر از مخلوط فوق به لوله‌های خشک درب‌دار وارد شده و به آن ۵ میلی‌لیتر از معرف TBA افزوده گردید (معرف TBA به‌وسیله حل شدن ۲۰۰ میلی‌گرم از TBA در ۱۰۰ میلی‌لیتر حلال ۱- بوتانل پس از فیلتر شدن به‌دست می‌آید). لوله‌های درب‌دار در حمام آب با دمای ۹۵ درجه

یخچال با هوا متحرک ($\pm 2^\circ\text{C}$ درجه سانتی‌گراد) انجام شد. محاسبه زمان انجمادزدایی (T_f)، pH، ظرفیت نگهداری آب (WHC)، آبچک بعد از انجمادزدایی (DLt) و آبچک بعد از پخت (DLc)، عدد پراکسید (PV)، تیوباربتوریک اسید (TBA) و بازهای ازته فرار (TVB-N) انجام شد.

محاسبه زمان انجمادزدایی: بلوک‌های صدف منجمد در هر یک از شرایط انجمادزدایی تا زمان ذوب کامل یخ به‌نحوی که بافتی همگن و فاقد یخ، احساس گردد به روش گورال و همکاران (۲۰۱۶)، انجام شد (۱۹).

اندازه‌گیری pH: ۵ گرم از نمونه بافت صدف هموژن شده به ۴۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و به مدت ۳۰ ثانیه در یک مخلوط‌کن قرار داده شد، سپس مقادیر pH با pH متر دیجیتال (Az86p3) با استانداردهایی در pH ۴ و ۷ اندازه‌گیری شد (۲۰).

ظرفیت نگهداری آب (WHC): ابتدا مقدار ۱۰ گرم صدف جدا و وزن نموده، سپس داخل فالکن ریخته و درون سانتریفیوژ یخچال‌دار مدل (Centrifuge 5010 R, eppendorf, Germany)، با سرعت ۱۰۰۰۰ rpm و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه قرار داده شد تا جداسازی به خوبی انجام گیرد در پایان کار مایع رویی تخلیه و وزن نمونه اندازه‌گیری شد و با رابطه ۱، مقدار ظرفیت نگهداری آب به‌دست آمد (۲۱).

$$WHC (\%) = \frac{1 - W_2}{W_1 \times H} \times 100 \quad (1)$$

که در آن، W_1 وزن اولیه نمونه، W_2 وزن نمونه بافت فاقد آب، H مقدار رطوبت.

آبچک^۱ بعد از یخ‌گشایی (DL_t) و پخت (DL_c): در این روش وزن صدف تازه به‌عنوان وزن اولیه تعیین و ثبت گردید سپس وزن صدف بعد از

1- Drip loss (DL)

سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت قرار گرفته و پس از آن در دمای محیط سرد شدند. سپس مقدار جذب نمونه (As) در ۵۳۲ نانومتر در مقابل شاهد آب مقطر (Ab) قرائت شد. مقدار TBA (mg MDA/Kg) براساس رابطه ۴، محاسبه گردید (۲۳).

$$TBA = \frac{(A_s - A_b) \times 50}{200} \quad (4)$$

اندازه‌گیری مجموع بازهای ازته فرار (TVB-N): ۱۰ گرم گوشت چرخ شده گوشت صدف را همراه با ۲ گرم اکسیدمنیزیم و ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر داخل بالن کلدال ریخته، سپس چند عدد پرل شیشه‌ای به همراه اکتان نرمال (ضد کف) به آن اضافه گردید. سپس بالن را به دستگاه وصل کرده و از زیر به آن حرارت داده شد. در انتهای دستگاه یک ارلن‌مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری نیز حاوی ۲۵ ml از محلول اسید بوریک ۲ درصد (۲ گرم اسید بوریک در ۱۰۰ ml آب مقطر به حجم رسانده) به همراه چند قطره معرف متیل رد (۰/۱ گرم متیل رد در ۱۰۰ ml اتانول به حجم رسانده) قرار داده شد. عمل تقطیر تا گذشت ۳۰ دقیقه از زمان جوشش مواد درون بالن، یا جمع شدن حدود ۱۲۵ ml مایع در ارلن‌مایر ادامه یافت. محلول اسیدبوریک به محض قلیایی شدن توسط بازهای ازته فرار تقطیر شده به زرد رنگ شده و عمل تیتراسیون

این محلول توسط اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال تا جایی ادامه می‌یابد که اسید بوریک دوباره قرمز شود. مقدار TVB-N به صورت میلی‌گرم نیتروژن در صد گرم گوشت با توجه به رابطه ۵، به دست می‌آید (۲۴).

$$TVB - N = \frac{(1.4 \times 100 \times \text{میزان اسید})}{\text{وزن نمونه}} \quad (5)$$

آزمون آماری: برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه و مقایسه میانگین داده‌های به دست آمده از آزمون توکی در سطح ۵ درصد، از نرم‌افزار آماری SPSS ۲۱ استفاده شد.

نتایج

زمان انجمادزدایی: زمان انجمادزدایی در روش‌های مختلف یخ‌گشایی مورد محاسبه قرار گرفت. کم‌ترین زمان انجمادزدایی در روش یخ‌گشایی در آب به مدت ۲۵ دقیقه بود و بیش‌ترین زمان یخ‌گشایی در روش یخچال ۵۶ دقیقه گزارش گردید (جدول ۱). مدت زمان انجمادزدایی در روش یخ‌گشایی در یخچال با هوای متحرک و دمای محیط به ترتیب در رتبه دوم و سوم به میزان ۳۱/۶ و ۴۲/۳ دقیقه محاسبه شد و اختلاف بین تیمارهای یخ‌گشایی معنی‌دار ($P < 0.05$) بود.

جدول ۱- نتایج زمان انجمادزدایی نمونه‌های صدف ساکوسترا کوکولاتا به روش‌های یخ‌گشایی در هوا (AT)، آب (WT)، یخچال با هوای ساکن (RTSA) و یخچال با هوای متحرک (RTBA).

Table 1. Results of thawing time of *Sacostrea cucullata* oyster samples using air (AT), water (WT), still air refrigeration (RTSA), and blasting air refrigeration (RTBA) thawing methods.

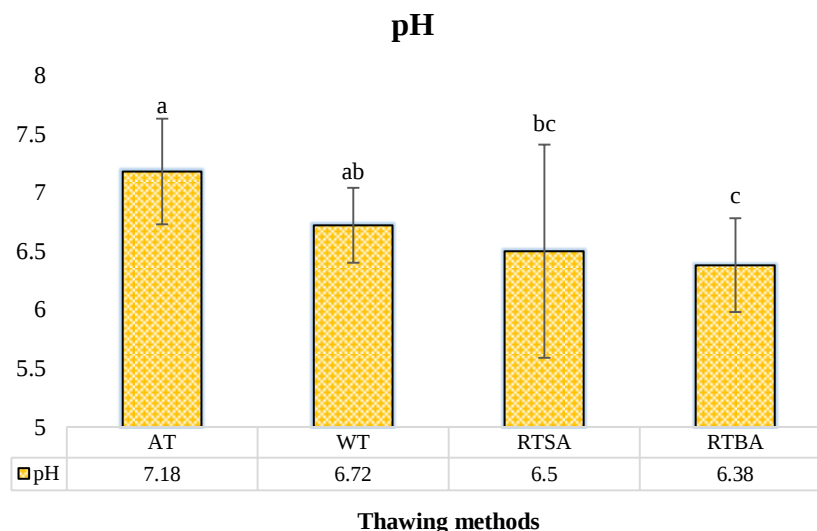
روش انجمادزدایی Thawing method	دمای محیط (۲۴ °C) Ambient temperature (24 °C)	آب (۲۰ °C) Water (20 °C)	یخچال (۴ °C) Refrigerator (4 °C)	یخچال با هوای متحرک (۴ °C) Refrigerator with blasting air (4 °C)
زمان (دقیقه) Time (min)	42.3 ± 0.47 ^b	25 ± 0.35 ^d	56 ± 1.19 ^a	31.6 ± 0.51 ^c

* داده‌ها به صورت (M±SD, N:3) گزارش شد. حروف لاتین کوچک متفاوت و مشابه در ردیف افقی بیانگر وجود و عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد ($P < 0.05$)

* Data were reported as (M±SD, N:3). Different and similar lowercase Latin letters in horizontal rows indicate the presence and absence of significant differences ($P < 0.05$)

در روش‌های مختلف، بیانگر کاهش کیفیت صدف می‌باشد هر چند برای اظهارات قطعی لازم است سایر شاخص‌های کیفی آبیان نیز مورد بررسی قرار گیرد.

مقدار pH: مقدار pH نمونه‌های صدف انجمادزدایی شده به روش‌های یخ‌گشایی در هوا، آب، یخچال با هوای ساکن و یخچال با هوای متحرک به ترتیب، ۷/۱۸، ۶/۷۲، ۶/۵ و ۶/۳۸ گزارش شد (شکل ۱). افزایش مقدار pH پس از انجمادزدایی کامل صدف‌ها

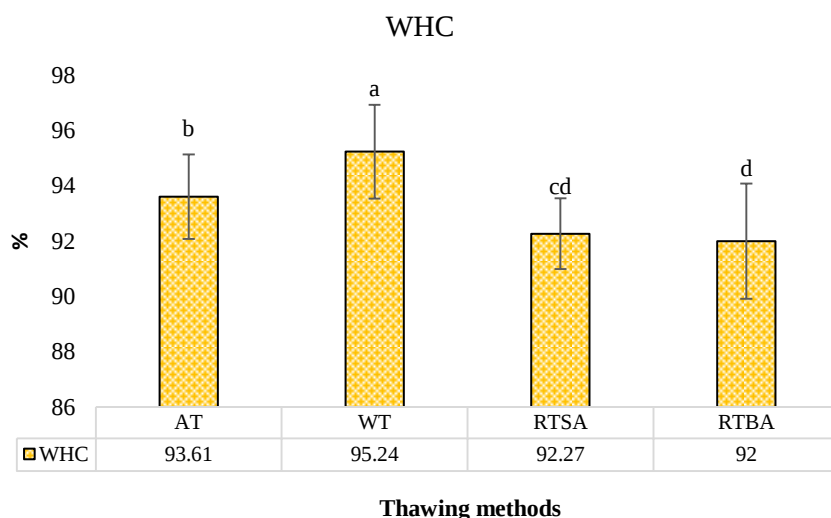


شکل ۱- مقدار pH نمونه‌های صدف انجمادزدایی شده به روش‌های یخ‌گشایی در هوا (AT)، آب (WT)، یخچال با هوای ساکن (RTSA) و یخچال با هوای متحرک (RTBA).

Figure 1. pH value of oyster samples thawed by air (AT), water (WT), still air refrigeration (RTSA), and blasting air refrigeration (RTBA) methods.

ظرفیت نگهداری آب در تیمارهای یخ‌گشایی در هوای محیط، ۹۳/۶۱ درصد و یخچال با هوای ساکن، ۹۲/۲۷ درصد گزارش شد و دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) می‌باشد.

ظرفیت نگهداری آب (WHC): بیش‌ترین و کم‌ترین ظرفیت نگهداری آب پس از یخ‌گشایی به ترتیب در تیمارهای یخ‌گشایی با آب (۹۵/۲۴ درصد) و یخچال با هوای متحرک (۹۲ درصد) ثبت شد و اختلاف بین این دو تیمار معنی‌دار ($P < 0.05$) بود (شکل ۲). مقدار

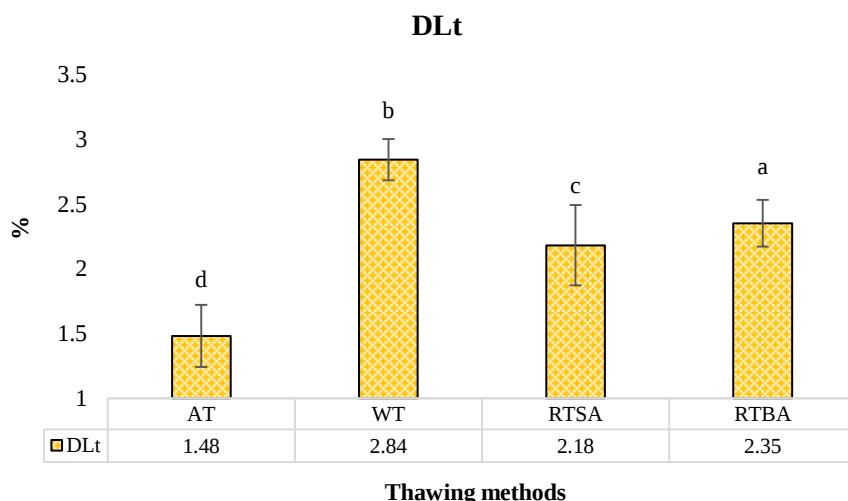


شکل ۲- مقدار ظرفیت نگهداری آب (WHC) نمونه‌های صدف انجمادزدایی شده به روش‌های یخ‌گشایی در هوا (AT)، آب (WT)، یخچال با هوای ساکن (RTSA) و یخچال با هوای متحرک (RTBA).

Figure 2. WHC value of oyster samples thawed by air (AT), water (WT), still air refrigeration (RTSA), and blasting air refrigeration (RTBA) methods.

به ترتیب، ۱/۴۸، ۲/۸۴، ۲/۱۸ و ۲/۳۵ درصد اعلام شد. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان افت وزنی به ترتیب در تیمار انجمادزدایی در آب و هوا مشاهده گردید. آزمون توکی اختلاف آماری معنی داری ($P < 0.05$) را در بین تیمارهای نشان داد.

مقدار آبچک بعد از انجمادزدایی (DL_t): مقدار افت وزنی یا آبچک بعد از یخ‌گشایی در صدف خوراکی ساکوسترا کوکولاتا مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۳). مقدار آبچک در تیمارهای انجمادزدایی در هوا، آب، یخچال با هوای ساکن و یخچال با هوای متحرک

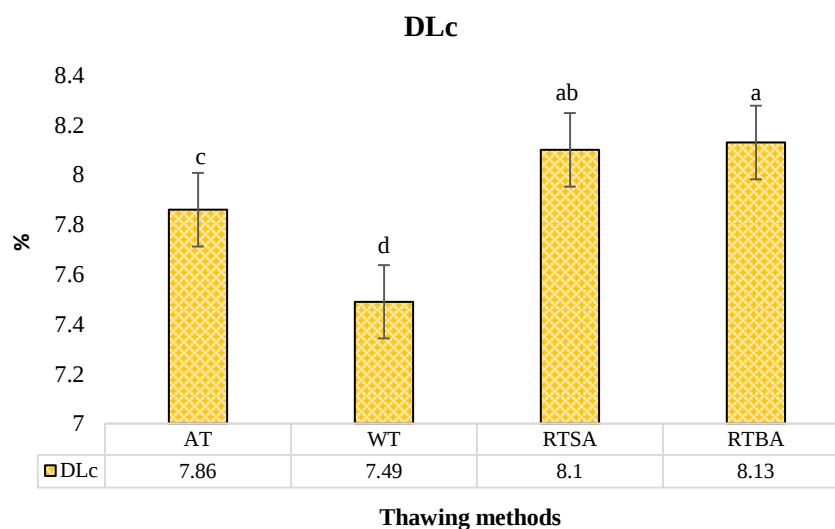


شکل ۳- مقدار آبچک بعد از انجمادزدایی (DL_t) نمونه‌های صدف انجمادزدایی شده به روش‌های یخ‌گشایی در هوا (AT)، آب (WT)، یخچال با هوای ساکن (RTSA) و یخچال با هوای متحرک (RTBA).

Figure 3. DL_t value of oyster samples thawed by air (AT), water (WT), still air refrigeration (RTSA), and blasting air refrigeration (RTBA) methods.

در یخچال با هوای متحرک مشاهده گردید. اختلاف آماری معنی‌داری ($P > 0.05$) بین تیمار یخچال با هوای متحرک با تیمار یخچال با هوای ساکن مشاهده نشد اما با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) بود.

مقدار آبجک بعد از پخت (DL_c): مقدار افت وزنی صدف خوراکی ساکوسترا کوکولاتا انجمادزدایی‌شده به روش‌های انجمادزدایی در هوا، آب، یخچال با هوای ساکن و یخچال با هوای متحرک بعد از پخت به‌ترتیب، ۷/۸۶، ۷/۴۹، ۸/۱ و ۸/۱۳ درصد بود (شکل ۴). بیش‌ترین میزان افت وزنی در تیمار انجمادزدایی

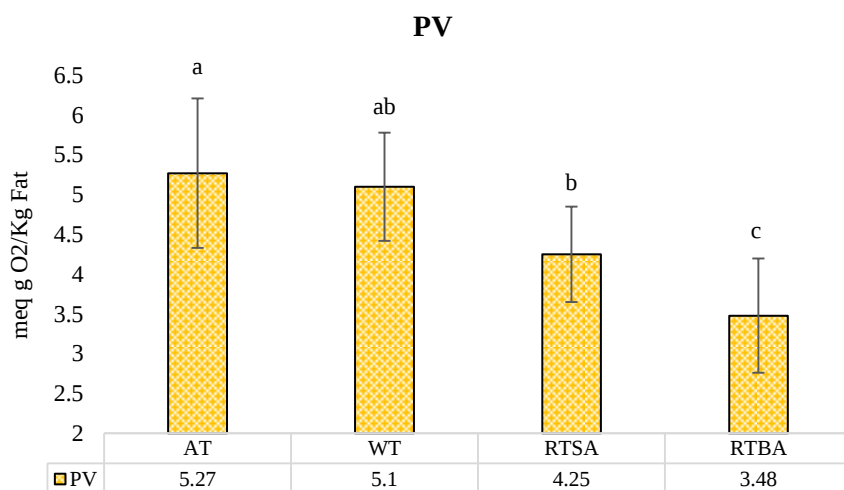


شکل ۴- مقدار آبجک بعد از پخت (DL_c) نمونه‌های صدف انجمادزدایی شده به روش‌های یخ‌گشایی در هوا (AT)، آب (WT)، یخچال با هوای ساکن (RTSA) و یخچال با هوای متحرک (RTBA).

Figure 4. DLc value of oyster samples thawed by air (AT), water (WT), still air refrigeration (RTSA), and blasting air refrigeration (RTBA) methods.

شاخص پراکسید (PV): شاخص پراکسید، یکی از شاخص‌های شیمیایی تعیین میزان فساد اکسیداتیو صدف ساکوسترا کوکولاتا پس از فرآیند انجمادزدایی به روش‌های مختلف می‌باشد (شکل ۵). مقدار فساد اکسیداتیو در تیمار انجمادزدایی در دمای هوا (۵/۲۷ meq g O_2 .Kg⁻¹ Fat)، در آب

شاخص پراکسید (PV): شاخص پراکسید، یکی از شاخص‌های شیمیایی تعیین میزان فساد اکسیداتیو صدف ساکوسترا کوکولاتا پس از فرآیند انجمادزدایی به روش‌های مختلف می‌باشد (شکل ۵). مقدار فساد اکسیداتیو در تیمار انجمادزدایی در دمای هوا (۵/۲۷ meq g O_2 .Kg⁻¹ Fat)، در آب



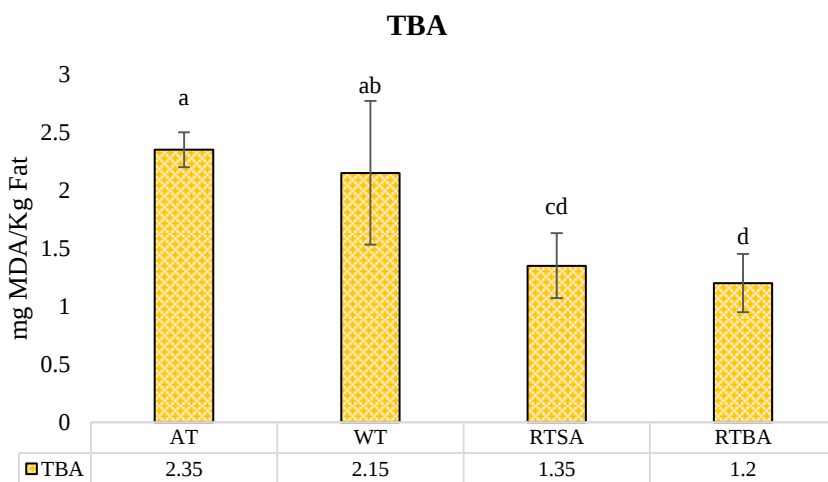
Thawing methods

شکل ۵- مقدار پراکسید (PV) نمونه‌های صدف انجمادزدایی شده به روش‌های یخ‌گشایی در هوا (AT)، آب (WT)، یخچال با هوای ساکن (RTSA) و یخچال با هوای متحرک (RTBA).

Figure 5. PV value of oyster samples thawed by air (AT), water (WT), still air refrigeration (RTSA), and blasting air refrigeration (RTBA) methods.

هوای متحرک به ترتیب، ۲/۳۵، ۲/۱۵، ۱/۳۵ و ۱/۲ mg MDA.Kg⁻¹ Fat مشاهده شد (شکل ۶). اختلاف آماری بین تیمار انجمادزدایی در هوا با سایر تیمارها به جزء تیمار انجمادزدایی در آب معنی‌دار می‌باشد. ($P < 0.05$)

مقدار اسید تیوباربیتوریک (TBA): شاخص TBA، بیانگر میزان تولید آلدهید و کتون در مرحله ثانویه فرآیند اکسیداسیون روغن می‌باشد. مقدار این شاخص در تیمارهای انجمادزدایی شده به روش انجمادزدایی در هوا، آب، یخچال با هوای ساکن و یخچال با



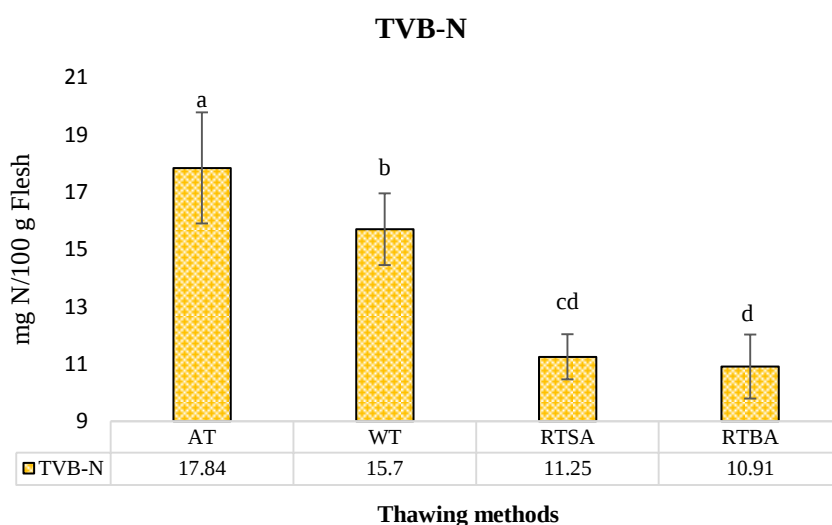
Thawing methods

شکل ۶- مقدار تیوباربیتوریک اسید (TBA) نمونه‌های صدف انجمادزدایی شده به روش‌های یخ‌گشایی در هوا (AT)، آب (WT)، یخچال با هوای ساکن (RTSA) و یخچال با هوای متحرک (RTBA).

Figure 6. TBA value of oyster samples thawed by air (AT), water (WT), still air refrigeration (RTSA), and blasting air refrigeration (RTBA) methods.

انجمادزدایی در هوا مشاهده شد. آزمون آماری توکی اختلاف بین این تیمار با سایر تیمارها را معنی‌دار ($P < 0.05$) گزارش کرد. افزایش مقدار TVB-N پس از انجمادزدایی کامل صدف‌ها در روش‌های مختلف، بیانگر کاهش کیفیت صدف می‌باشد.

مقدار مجموع بازهای از ته فرار (TVB-N): مقدار TVB-N نمونه‌های صدف انجمادزدایی شده به روش‌های یخ‌گشایی در هوا، آب، یخچال با هوای ساکن و یخچال با هوای متحرک به ترتیب، ۱۷/۸۴، ۱۵/۷، ۱۱/۲۵ و ۱۰/۹۱ mg N/100 g Flesh گزارش شد (شکل ۷). بیش‌ترین مقدار TVB-N در تیمار



شکل ۷- مقدار بازهای از ته فرار (TVB-N) نمونه‌های صدف انجمادزدایی شده به روش‌های یخ‌گشایی در هوا (AT)، آب (WT)، یخچال با هوای ساکن (RTSA) و یخچال با هوای متحرک (RTBA).

Figure 7. TVB-N value of oyster samples thawed by air (AT), water (WT), still air refrigeration (RTSA), and blasting air refrigeration (RTBA) methods.

شد و بیش‌ترین زمان یخ‌گشایی در روش یخچال با هوای ساکن به دلیل اختلاف کم دمای یخچال با دمای صدف منجمد، گزارش گردید. مدت زمان انجمادزدایی در روش یخ‌گشایی در یخچال با هوای متحرک و دمای محیط به ترتیب در رتبه دوم و سوم به میزان ۳۱/۶ و ۴۲/۳ دقیقه محاسبه شد. تأثیر مدت زمان انجمادزدایی بر شرایط فرآیند و ویژگی‌های محصول در پژوهش‌های گورال و همکاران (۱۹) مورد بررسی قرار گرفت و مهم‌ترین عوامل کاهش مدت زمان انجمادزدایی بهبود شرایط عملی انتقال حرارت و اختلاف دما محیط و محصول در طول فرآیند

بحث

مدت زمان انجمادزدایی تأثیر بسیار زیادی بر کیفیت آبزیان دارند به همین خاطر از اهمیت بسیار بالایی در صنعت برخوردار می‌باشند و به عنوان یک شاخص کلیدی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۵). روش انجمادزدایی در یخچال به عنوان یک شیوه انجمادزدایی کند، انجمادزدایی در آب و هوا به عنوان روش‌های انجمادزدایی نیمه سریع و روش میکروموج به عنوان یک روش سریع معرفی شده‌اند (۲۶). کم‌ترین زمان انجمادزدایی در روش یخ‌گشایی در آب با توجه به رسانش (انتقال) حرارتی که دارد، مشاهده

انجمادزدایی ذکر شد. با توجه به این‌که عامل رسانش در سه روش انجمادزدایی به کار گرفته شده در این پژوهش به جزء روش انجمادزدایی در آب، هوا بوده، که هوا رسانای خوبی نمی‌باشد بنابراین انتقال حرارت به خوبی صورت نمی‌گیرد در این‌جا عامل مؤثر در تعیین زمان انجمادزدایی اختلاف درجه حرارت محیط و محصول می‌باشد (۲۷). مقدار pH نمونه‌های صدف انجمادزدایی شده به روش‌های یخ‌گشایی در هوا، آب، یخچال با هوای ساکن و یخچال با هوای متحرک به‌ترتیب، ۷/۱۸، ۶/۷۲، ۶/۵ و ۶/۳۸ گزارش شد. افزایش مقدار pH پس از انجمادزدایی کامل صدف ساکوسترا کوکولاتا به روش‌های مختلف، بیانگر کاهش کیفیت صدف می‌باشد. افزایش pH ناشی از افزایش ترکیبات ازته فرار، دی و تری متیل آمین‌ها و ترکیبات آمونیاکی می‌باشد که در نتیجه فعالیت آنزیمی و باکتریایی حاصل می‌شوند (۲۸). در پژوهش تنگ و همکاران (۲۰۲۲)، افزایش pH، در چرخه انجماد و انجمادزدایی صدف خوراکی (*Crassostrea gigas*) گزارش شد (۳). افزایش pH در پژوهش شفیع‌پور و سامی (۲۰۱۵) طی فرآیند انجمادزدایی در میگو صورتی (*Penaeus duorarum*)، Mahboob و همکاران (۲۰۱۹)، در گربه‌ماهی (*Clarias gariepinus*) و کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) مشاهده شد (۲۹) و (۳۰). یکی دیگر از شاخص‌هایی که در فرآیند انجماد و انجمادزدایی مورد بررسی قرار گرفت ظرفیت نگهداری آب (WHC) بود که در شرایط انجماد به دلیل دناتوره شدن پروتئین‌های ساختاری (اکتین و میوزین) و پیوندی (کلاژن) کاهش می‌یابد (۴ و ۳۱). بیش‌ترین و کم‌ترین ظرفیت نگهداری آب پس از یخ‌گشایی به‌ترتیب در تیمارهای یخ‌گشایی با آب (۹۵/۲۴ درصد) و یخچال با هوای متحرک (۹۲ درصد) ثبت شد. در پژوهش جگال و همکاران

(۲۰۱۸)، کم‌ترین ظرفیت نگهداری آب در تیمار انجمادزدایی ماهی زرده منجمد (*Euthunnus affinis*) با میکروویو (۷۶/۷۷ درصد) گزارش شد، در صورتی‌که در صدف ساکوسترا کوکولاتا، کم‌ترین ظرفیت نگهداری آب در تیمار انجمادزدایی در یخچال با هوای متحرک (۹۲ درصد) گزارش گردید (۳۱). مقدار آبچک بعد از انجمادزدایی و بعد از پخت در تیمارهای انجمادزدایی در هوا، آب، یخچال با هوای ساکن و یخچال با هوای متحرک به‌ترتیب، (۱/۴۸ و ۷/۸۶ درصد)، (۲/۸۴ و ۷/۴۹ درصد)، (۲/۱۸ و ۸/۱ درصد) و (۲/۳۵ و ۸/۱۳ درصد) گزارش شد. بیش‌ترین میزان افت وزنی در تیمار انجمادزدایی در یخچال با هوای متحرک مشاهده گردید. در فرآیند انجمادزدایی، کریستال‌های یخ ذوب شده به آب تبدیل شده که این امر موجب کاهش وزن و چروکیدگی بافت می‌شود (۷ و ۹)، بیش‌ترین و کم‌ترین میزان افت وزنی به‌ترتیب در تیمار انجمادزدایی در آب و هوا مشاهده گردید. بیش‌ترین میزان آبچک در ماهی شوریده (*Otolithes ruber*) مربوط به انجمادزدایی به روش میکروویو بود (۳۲). افزایش میزان آبچک پس از انجمادزدایی و پخت، به دلیل آسیب‌های فیزیکی و تغییرات ساختاری وارد شده به پروتئین‌های میوفیبریلار و استرما طی فرآیند انجماد و پخت می‌باشد (۲، ۳۳). نتایج مشابهی در مطالعه شفیع‌پور و سامی (۲۰۱۵) در میگوی صورتی (*Penaeus duorarum*) و جدگال و همکاران (۲۰۱۸) در ماهی زرده منجمد (*Euthunnus affinis*) گزارش شد (۲۹ و ۳۱). شاخص پراکسید و تیوباریتوریک اسید از شاخص‌های شیمیایی تعیین میزان فساد اکسیداتیو در مراحل اولیه و ثانویه اکسیداسیون روغن می‌باشند (۳۴). حداکثر میزان مجاز پراکسید و تیوباریتوریک اسید برای کیفیت مطلوب ماهی (منجمد و نگهداری شده در یخچال و

TVB-N حاصل از فرآیند انجمادزدایی در ماهی زرده (۳۱)، شوریده (۳۲) و کفال طلایی (۳۳) در تیمار انجمادزدایی‌شده به روش مایکروویو گزارش شد و دلیل آن استفاده از انرژی زیاد در دستگاه مایکروویو، که باعث تسریع فرآیند اکسیداسیون و افزایش تولید ترکیبات ازته فرار گردید (۲).

نتیجه‌گیری

انجماد و انجمادزدایی باعث کاهش کیفیت آبزیان تازه می‌گردد در این مسیر باید به دنبال روشی بود که میزان تغییرات کیفی آبزیان و سایر فرآورده‌های گوشتی به حداقل برسد. از بین روش‌های انجمادزدایی (در دمای محیط، آب، یخچال و یخچال با هوای متحرک) استفاده شده در این پروژه، روش انجمادزدایی در یخچال با هوای متحرک به لحاظ سرعت انجمادزدایی و تغییرات کیفی نسبت به سایر روش‌های انجمادزدایی بهتر و مناسب‌تر بوده است، بنابراین پیشنهاد می‌گردد که در صنایع غذایی و شیلاتی از این روش استفاده نمایند.

تضاد منافع

این مقاله از پروژه ارزیابی کیفی صدف ساکوسترا کوکولاتا استخراج شده است.

تقدیر و تشکر

از همکاران پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان و مرکز تحقیقات نرم‌تنان بندرلنگه، که در انجام پروژه مشارکت داشته‌اند، صمیمانه سپاسگزارم.

یخ) به ترتیب، ۵ میلی‌اکی‌والان گرم اکسیژن و ۲ تا ۸ میلی‌گرم مالون دی‌آلدید در کیلوگرم چربی می‌باشد (۳۵). مقدار PV و TBA به ترتیب، در تیمار انجمادزدایی در دمای هوا ($5 \text{ meq g O}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \text{ Fat}$) و $2/35 \text{ mg MDA} \cdot \text{Kg}^{-1} \text{ Fat}$ ، آب $5/27 \text{ mg MDA} \cdot \text{Kg}^{-1} \text{ Fat}$ و $5/1 \text{ meq g O}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \text{ Fat}$ ($2/15 \text{ meq g O}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \text{ Fat}$)، یخچال با هوای ساکن ($2/15 \text{ meq g O}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \text{ Fat}$)، یخچال با هوای ساکن ($1/35 \text{ mg MDA} \cdot \text{Kg}^{-1} \text{ Fat}$) و یخچال با هوای متحرک ($3/48 \text{ meq g O}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \text{ Fat}$) گزارش شد. مقدار TVB-N، صدف انجمادزدایی شده به روش‌های یخ‌گشایی در هوا، آب، یخچال با هوای ساکن و یخچال با هوای متحرک به ترتیب، $15/7$ ، $17/84$ ، $10/91 \text{ mg N/100 g Flesh}$ و $11/25$ و مجموع بازهای ازته فرار در گونه‌های مختلف آبزیان متفاوت است و با توجه به سن، فصل، جنس و منطقه زیست‌آوری متغیر می‌باشد. به‌طور کلی مصرف محصولاتی که مقدار TVB-N در آن بیش از ۳۵-۲۵ میلی‌گرم نیتروژن در هر ۱۰۰ گرم محصول باشد، نامناسب است (۳۶). افزایش مقادیر PV، TBA و TVB-N پس از انجمادزدایی صدف ساکوسترا کوکولاتا به روش‌های مختلف، بیانگر کاهش کیفیت صدف می‌باشد بیش‌ترین مقدار PV، TBA و TVB-N در تیمار صدف انجمادزدایی‌شده در دمای هوا مشاهده گردید در صورتی‌که در پژوهش زارع جونقانی و حسینی (۱۳۹۶)، بیش‌ترین مقدار TBA و TVB-N ماهی فیتوفاگ در تیمار انجمادزدایی شده در یخچال به ترتیب $1/65 \text{ mg MDA} \cdot \text{Kg}^{-1} \text{ Fat}$ و $1/65 \text{ mg N/100 g Flesh}$ (۱۹/۲۱) گزارش شد (۳۴). بیش‌ترین مقدار TBA و

منابع

1. Food and Agriculture organization; FAO. (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture. P. 226.
2. Bahmani, Z. A., Ramshi, H., Pourmozafar, S., Tamadoni Jahormi, S., & Karimzadeh, R. (2023). Evaluation of the nutritional value, quality, and shelf life of the flesh and products produced from the edible oyster (*Saccostrea cucullata*, Born, 1778). *Iranian Fisheries Science Research Institute*. pp. 92.
3. Teng, X., Cong, X., Chen, L., Wang, Q., Xue, C., & Li, Z. (2022). Effect of repeated freeze-thawing on the storage quality of pacific oyster (*Crassostrea gigas*). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(6), 4641-4649.
4. Backi, C. J. (2018). Methods for (industrial) thawing of fish blocks: A review. *Journal of Food Process Engineering*, 41(1), e12598.
5. Skåra, T., Stormo, S. K., & Nilsen, H. A. (2019). Advances in freezing and thawing. In *Innovative Technologies in Seafood Processing* (pp. 27-44). CRC Press.
6. Cai, L., Cao, M., Regenstein, J., & Cao, A. (2019). Recent advances in food thawing technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(4), 953-970.
7. Rouillé, J., Lebail, A., Ramaswamy, H. S., & Leclerc, L. (2002). High pressure thawing of fish and shellfish. *Journal of Food Engineering*, 53(1), 83-88.
8. Gokoglu, N., & Yerlikaya, P. (2015). Seafood chilling, refrigeration and freezing: science and technology. John Wiley & Sons.
9. Erdogdu, F., Altin, O., Karatas, O., & Topcam, H. (2019). Innovative dielectric applications (microwave and radio frequency) for seafood thawing. In *Innovative technologies in seafood processing* (pp. 175-189). CRC Press.
10. Hassoun, A., Shumilina, E., Di Donato, F., Foschi, M., Simal-Gandara, J., & Biancolillo, A. (2020). Emerging techniques for differentiation of fresh and frozen-thawed seafoods: Highlighting the potential of spectroscopic techniques. *Molecules*, 25(19), 4472.
11. Roiha, I. S., Jónsson, Á., Backi, C. J., Lunestad, B. T., & Karlsdóttir, M. G. (2018a). A comparative study of quality and safety of Atlantic cod (*Gadus morhua*) fillets during cold storage, as affected by different thawing methods of pre-rigor frozen headed and gutted fish. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(1), 400-409.
12. Roiha, I. S., Tveit, G. M., Backi, C. J., Jónsson, Á., Karlsdóttir, M., & Lunestad, B. T. (2018b). Effects of controlled thawing media temperatures on quality and safety of pre-rigor frozen Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Lwt*, 90, 138-144.
13. Nilgun, K., Bengunur, C., Ozugul, O., & Kubra, K. (2013). Effects of multiple freezing-thawing processes and different thawing methods on quality changes of anchovy (*Engraulis engrasicholus* L.). *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(3&4), 185-189.
14. Brown, P., & Dave, D. (2021). Current freezing and thawing scenarios employed by North Atlantic fisheries: their potential role in Newfoundland and Labrador's northern cod (*Gadus morhua*) fishery. *PeerJ*, 9, e12526.
15. Svendsen, E. S., Widell, K. N., Tveit, G. M., Nordtvedt, T. S., Uglem, S., Standal, I., & Greiff, K. (2022). Industrial methods of freezing, thawing and subsequent chilled storage of whitefish. *Journal of Food Engineering*, 315, 110803.
16. Ceylan, Z., & Unal, K. (2019). The effect of different thawing methods on quality parameters of frozen mussels and shrimp meats.
17. Lorentzen, G., Hustad, A., Lian, F., Grip, A. E., Schrødtter, E., Medeiros, T., & Siikavuopio, S. I. (2020). Effect of

- freezing methods, frozen storage time, and thawing methods on the quality of mildly cooked snow crab (*Chionoecetes opilio*) clusters. *Lwt*, 123, 109103.
18. Lv, Y., & Xie, J. (2022). Quality of cuttlefish as affected by different thawing methods. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 33-52.
19. Góral, D., Kluza, F., Spiess, W. E., & Kozłowicz, K. (2016). Review of thawing time prediction models depending on process conditions and product characteristics. *Food technology and biotechnology*, 54(1), 3-12.
20. Sallam, K. H. I., & Samejima, K. (2004). Microbiological and chemical quality of ground beef treated with sodium lactate and sodium chloride during refrigerated storage. *LWT Food Science Technology*, 37, 865-871.
21. Suárez, M. D., Cervera, M. R., Abellán, E., Morales, A. E., Gallego, M. G., & Cardenete, G. (2010). Influence of starvation on flesh quality of farmed dentex, *Dentex dentex*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 41(4), 490-505.
22. Egan, H., KriK, R. S., & Sawyer, R. (1997). Pearson's chemical analysis of food. 9thed, 609-634.
23. AOCS, F. D. (1998). Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society, method Cd19-90. TBA value. *AOCS*, 5, 2-93.
24. Goulas, A. E., & Kontominas, M. G. (2007). Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): Biochemical and sensory attributes. *Food chemistry*, 100(1), 287-296.
25. Kim, M. H., & Lee, K. S. (2015). Determination method of defrosting start-time based on temperature measurements. *Applied Energy*, 146, 263-269.
26. Dinçer, T., Cadun, A., Çaklı, Ş., & Tolasa, Ş. (2009). Effects of different thawing methods on the freshness quality of fish. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 26(4), 253-256.
27. Chung, Y., Na, S. I., Yoo, J. W., & Kim, M. S. (2021). A determination method of defrosting start time with frost accumulation amount tracking in air source heat pump systems. *Applied Thermal Engineering*, 184, 116405.
28. Zhang, M., Haili, N., Chen, Q., Xia, X., & Kong, B. (2018). Influence of ultrasound-assisted immersion freezing on the freezing rate and quality of porcine longissimus muscles. *Meat Science*, 136, 1-8.
29. Shafieipour, A., & Sami, M. (2015). The effect of different thawing methods on chemical properties of frozen pink shrimp (*Penaeus duorarum*). *Iranian Journal of Veterinary Medicine*, 9(1), 1-6.
30. Mahboob, S., Al-Ghanim, K. A., Al-Balawi, H. F., Al-Misned, F., & Ahmed, Z. (2019). Study on assessment of proximate composition and meat quality of fresh and stored *Clarias gariepinus* and *Cyprinus carpio*. *Brazilian Journal of Biology*, 79(4), 651-658.
31. Jadghal, T., Alizadeh Doughikollae, E., & Bitá, S. (2018). Effect of different thawing methods on the physicochemical, microbial parameters and sensory analysis of frozen *Euthnnus affinis*. *Journal of Food Science and Technology*, 82(15), 177-186.
32. Allahzahi, A., & Bitá, S. (2021). The effect of different methods of freezing on some quality indicators of *Otolithes ruber*. *Exploitation and breeding of aquatic animals*, 10(2), 1-12.
33. Karami, B., Hajiha, E., & Kazemian, M. (2022). Comparison of different thawing methods quality of mullet fillets (*Liza aurata*). *Food Research Journal*, 32(2), 31-42.
34. Sanjuás-Rey, M., Barros-Velázquez, J., & Aubourg, S. P. (2011). Effect of different icing conditions on lipid damage development in chilled horse mackerel (*Trachurus trachurus*) muscle. *Grasasy aceites*, 62(4), 436-442.
35. Sallam, K. I. (2007). Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate,

- sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. *Food control*, 18(5), 566-575.
36. Al-Busaidi, M. A., Yesudhasan, P., Al-Falahi, K. S., Al-Nakhaili, A. K., Al-Mazrooei, N. A., & AlHabsi, S. H. (2011). Changes in Scomberotoxin (Histamine) and Volatile Amine (TVB-N) Formation in Longtail Tuna (*Thunnus tonggol*) Stored at Different Temperatures. *Journal of Agricultural and Marine Sciences*, 16, 13-22.
37. Zare Junqani, S., & Hosseini, S. V. (2017). Investigation of different methods of freezing on the quality characteristics of *Hypophthalmichthys molitrix*. *Fisheries, Journal of Natural resources*, 70(3), 221-320.