تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱/۱۷

نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹٤

ص ۱۳-۲۵

اثر انجماد در تغییرات ترکیب اسیدهای آمینه و برخی شاخص‌های کیفی میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*) پرورشی طی نگهداری در سردخانه

❖ **امین اوجی‌فرد***: استادیار گروه شیلات، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج فارس بوشهر، برازجان، ایران
❖ **سید ولی حسینی:** استادیار گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
❖ **عباس زمانی:** استادیار گروه شیلات، دانشکدهٔ منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، همدان، ایران

چکیده

در این مقاله اثر مدت زمان نگهداری (شش ماه) در سردخانه (دمای $18^{o}C$-) در پروفیل اسیدهای آمینه همچنین، ویژگی‌های کیفی میگوی وانامی پرورشی بررسی شد. نتایج نشان داد که نگهداری در سردخانه باعث تغییر اسیدهای آمینه می‌شود به طوری که، اسیدهای آمینهٔ ضروری دچار کاهش معنی‌داری شدند ($P<0/05$). دربارهٔ اسیدهای آمینهٔ غیرضروری، فقط میزان اسیدهای آمینهٔ گلیسین و تیروزین تغییر نکرد ($P>0/05$). همچنین کاهش مجموع کل اسیدهای آمینه ۸/۳۷ درصد بود. افزایش زمان نگهداری باعث کاهش میزان رطوبت (از ۷٤/۸ به ۷۰/۸ درصد) و افزایش میزان آب‌چک (از ۱٦/۱٦ به ۲۵/۸ درصد) شد، اما مقادیر شاخص‌های کیفیت چربی، شاخص آتروژنیک (AI) و ترومبوژنیک (TI) تغییر نکرد. از نظر آنالیز حسی، تغییرات معنی‌داری در ویژگی‌های رنگ، بو و مقبولیت کلی میگوهای پخته‌شده مشاهده شد، ولی از نظر طعم و مزه تغییری نکرد ($P>0/05$). به هر حال این محصول بعد از ۱۸۰ روز نگهداری در دمای ۱۸- درجهٔ سانتی‌گراد سالم و از نظر حسی قابل قبول بود.

واژگان کلیدی: ارزیابی حسی، آب‌چک، انجماد، میگو، نگهداری در سردخانه.

* نویسندهٔ مسئول: Oujifard.amin@Gmail.com

۱. مقدمه

میگوی وانامی (*L. vannamei*) یکی از گونه‌های مهم پرورشی در جهان و ایران محسوب می‌شود و به علت استفاده از سطوح پایین پروتئین در جیرهٔ غذایی در صنعت تکثیر و پرورش میگوی دنیا اهمیت بسیاری یافته است (Briggs *et al*., 2004). این گونه از سال ۲۰۰۳ به بعد رتبهٔ اول تولید را در بین گونه‌های پرورشی کسب کرده و بالاترین میزان تجارت میگو را در جهان به خود اختصاص داده است (FAO, 2009). چنین تقاضای بالایی در جهان مستلزم عرضهٔ محصولی باکیفیت و بهداشت بالاست. هدف از ذخیرهٔ محصولات دریایی در سردخانه، افزایش طول دورهٔ نگهداری و کاهش فعالیت‌های باکتریایی و آنزیمی است، که سبب فساد محصول می‌شود (Makarios-Laham and Lee, 1993). گوشت میگو پس از مرگ از نظر بیوشیمیایی کاملاً فعال است و فاکتورهای مختلفی، مثل فعالیت‌های باکتریایی و آنزیمی، باعث تجزیهٔ مواد آلی و تغییر در ترکیب عضلهٔ آن می‌شود. بنابراین پس از صید یا برداشت، میگوها باید فوراً منجمد شوند تا کیفیت آن‌ها در حد مطلوب حفظ شود (Boonsumrej *et al*., 2007). از طرفی، فاکتورهای حسی از مهم‌ترین پارامترها در مقبولیت و ارزش بازاری محصول به حساب می‌آیند، در نتیجه قبل از انتخاب، پارامترهای حسی و طعم آبزی باید بررسی شود (Ozogul *et al*., 2006).

مهم‌ترین تغییرات کیفیت که طی نگهداری میگوی منجمد در سردخانه اتفاق می‌افتد شامل تغییر رنگ، اکسیداسیون چربی، دناتوره‌شدن پروتئین و تشکیل بلورهای یخ است. این فرایندها باعث ازبین‌رفتن طعم، ترشیدگی، دهیدراسیون، ازدست‌دادن وزن، کاهش تازگی، آب‌چک، تغییرات بافتی، افزایش نیتروژن فرار، کاهش ظرفیت نگهداری آب، فساد میکروبی و اتولیز می‌شوند (Tsironi *et al*., 2009). میگوی منجمد به دلیل قیمت مناسب و طول دورهٔ نگهداری طولانی، از ارزش تجاری بالایی برخوردار است و تقاضا برای این محصول بسیار زیاد است (Tsironi *et al*., 2009).

در حال حاضر میگوی وانامی گونهٔ اصلی میگوی پرورشی در ایران را تشکیل می‌دهد. نظر به اهمیت رشد بهینهٔ میگوهای مذکور طی پرورش، تحقیقات متعددی در خصوص نحوهٔ پرورش و تغذیهٔ این گونه در ایران انجام شده است، اما تحقیقات دربارهٔ کیفیت آن به‌ویژه پس از صید و نگهداری آن در شرایط سردخانه نسبتاً محدود است. این در حالی است که رایج‌ترین شیوهٔ نگهداری این گونه در جهان و ایران ایجاد انجماد در میگو و نگهداری آن در سردخانه است که این شرایط، حمل‌ونقل آن به سایر نقاط دوردست را ممکن کرده است. در این زمینه، تحقیقات اندکی در ایران انجام شده که از جملهٔ آن‌ها می‌توان به Ouraji (2009) و Moini and Pazira (2004) اشاره کرد که البته تحقیق آن‌ها بر اساس نگهداری در سردخانه (۱۸- درجهٔ سانتی‌گراد) میگوهای دریایی (ببری سبز)[1] و میگوهای پرورشی سفید هندی[2] استوار بوده است. همچنین، تحقیقاتی در دنیا انجام شده است که در آن از شیوه‌های مختلف بسته‌بندی یا افزودنی‌های مختلف به منظور حفظ میگو در شرایط سردخانه استفاده شده است (Gonçalves and Junior, 2009; Bak *et al*., 1999; Boonsumrej *et al*., 2007). این در حالی است که در شهرهای جنوبی کشور، میگوها بدون هیچ‌گونه

1. *Penaeus semisulcatus*
2. *Penaeus indicus*

نگهدارنده در فریزر به مدت شش ماه تا یک سال (تا شروع زمان برداشت بعدی میگوها) نگهداری می‌شوند. نظر به اثبات تأثیر انجماد در محصولات گوشتی، ضرورت دارد تا این تأثیرات در میگوی وانامی، به‌منزلهٔ مهم‌ترین میگوی پرورشی، بررسی شود. در تحقیقات گذشته تغییرات پروفیل اسیدهای چرب در شرایط انجماد بیشتر مدنظر بوده است (Oujifard *et al*., 2011; Javaheri-Baboli *et al*., 2012; Ouraji, 2009) و بررسی تغییرات اسیدهای آمینه کمتر مورد توجه قرار گرفته بود. بنابراین در این تحقیق تغییرات پروفیل اسیدهای آمینه همراه با برخی از شاخص‌های کیفی بررسی شده است تا از این رهگذر بتوان کیفیت میگوی وانامی را بهتر ارزیابی کرد.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. آزمایش‌های شیمیایی میگوها به هنگام نگهداری

به منظور بررسی اسیدهای آمینه و کیفیت میگوها به هنگام نگهداری در سردخانه، میگوها در پایان دورهٔ پرورش با وزن حدود ۱۸ گرم به صورت تصادفی از استخرهای پرورش میگوی دلوار صید و در تانک حاوی آب سردشدهٔ دریا (CSW)[1] با دمای حدود ٤°C کشته شدند.[2] سپس با آب تمیز شسته و در بسته‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شدند. همهٔ میگوهای بسته‌بندی‌شده به شیوهٔ انجماد سریع (دمای ٤٠ °C-) منجمد شدند و به همراه یخ (نسبت ۳ به ۱) به آزمایشگاه گروه شیلات دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی (دانشگاه خلیج فارس بوشهر) منتقل و به مدت شش ماه در فریزر در دمای ۱°C±۱۸- نگهداری شدند و تغییرات شاخص‌های تغذیه‌ای، کیفی و حسی در ماه‌های مختلف نگهداری (صفر، ۱، ۲، ۳، ٤، ٥ و ٦) آزمایش شد.

در این تحقیق پروفیل اسیدهای آمینه و میزان آب‌چکِ پس از پخت در ابتدا و انتهای دورهٔ نگهداری، شاخص کیفیت چربی در ماه‌های صفر، ۳ و ٦، و سایر شاخص‌ها نظیر رطوبت کل، میزانِ آب‌چک (drip loss) پس از انجماد و کیفیت حسی نمونه‌ها در تمامی ماه‌های نگهداری (ماه‌های صفر، ۱، ۲، ۳، ٤، ٥ و ٦) تعیین شدند. همهٔ آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شدند.

۲.۲. آنالیز اسید آمینه

آنالیز ترکیب اسید آمینهٔ کل با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا[3] مجهز به شناساگر فلورسنت (Agilent،۱۱۰۰series ، San Clara،CA ،USA) انجام گرفت. ۰/۲ گرم نمونه ابتدا با اسید کلریدریک ٦ نرمال برای ۲۰ ساعت در ۱۱۰ °C با تزریق گاز ازت و بدون اکسیژن هیدرولیز شد و پس از مشتق‌سازی[4] با اورتو فتال دی آلدهید[5] برای سنجش اسیدهای آمینهٔ نوع اول و فلوورو نیتروبنزو دی اکسادیازول[6] برای سنجش اسیدهای آمینهٔ نوع دوم روی ستون فاز معکوس (۳/۹ × ۱۵۰ میلی‌متر، C_{18}Nova Pak^{TM}، Waters، Milford، USA) جداسازی شدند. آشکارساز فلورسانس در طول موج‌های ۲۵۰ و ۳۹۵ نانومتر تنظیم و آزمایش در دمای ثابت ٤٠°C انجام شد. دستگاه با استفاده ترکیب اسیدهای آمینهٔ مشخص از ۱۲/۵ تا ۷۵ پیکو مول کالیبره شد (Moore, 1963).

1. Cold sea water
2. Chill-Killed

3. High performance liquid chromatography (HPLC)
4. Derivatisation
5. Ortho phetal dialdehyde (OPA)
6. Flouronitro benzo di oxadiazole (NBD-F)

۳.۲. شاخص‌های کیفیت چربی، شاخص آتروژنیک (AI)[1] و ترومبوژنیک (TI)[2]

بر اساس مقادیر به‌دست‌آمده از آزمایش پروفیل اسیدهای چرب، مقدار هر یک از شاخص‌های کیفیت چربی از طریق رابطه‌های زیر محاسبه شد (Ulbricht and Southgate, 1991).

$$AI = [12:0 + 4(14:0) + 16:0] / [MUFA + n\text{-}3\ PUFA + n\text{-}6\ PUFA]$$

$$TI = [14:0 + 16:0 + 18:0] / [0.5MUFA + 0.5(n\text{-}6PUFA) + 3(n\text{-}3PUFA) + (n\text{-}3PUFA/n\text{-}6PUFA)]$$

۴.۲. اندازه‌گیری میزان آب‌چک[3]

نخست میگوها از فریزر خارج شدند و با مالش آهستهٔ دستمال کاغذی رطوبت اضافی سطح آن‌ها گرفته شد. سپس، وزن اولیهٔ آن‌ها اندازه‌گیری شد (W_i). در مرحلهٔ بعد هر میگو به صورت مجزا روی پتری‌دیش‌های برچسب‌دار در دمای یخچال (٤ ^oC) نگهداری شد. پس از ٢٤ ساعت نمونه‌ها برداشته شدند و مجدداً با مالش آرام دستمال کاغذی رطوبت اضافی خشک شد و وزن شدند (W_F). میزان آب‌چک از رابطهٔ زیر محاسبه شد (Campan one *et al.*, 2002).

$$\text{آب‌چک (٪)} = [(W_i - W_f)/W_i] \times ۱۰۰$$

۵.۲. اندازه‌گیری میزان آب‌چک پس از پخت

میگوها از فریزر خارج شدند و با مالش آهستهٔ دستمال کاغذی رطوبت اضافی سطح آن‌ها گرفته شد سپس، وزن اولیهٔ آن‌ها اندازه‌گیری شد (W_i). در مرحلهٔ بعد میگوها به مدت ۱ دقیقه در آب جوش قرار گرفتند سپس، به مدت ۲ دقیقه در دمای اتاق (٢٤ ^oC) سرد و وزن شدند (W_F). میزان آب‌چک از رابطهٔ زیر محاسبه شد (Campan one *et al.*, 2002):

$$\text{آب‌چک پس از پخت (٪)} = [(W_i - W_f/W_i] \times ۱۰۰$$

۶.۲. تعیین درصد رطوبت

برای تعیین درصد رطوبت، نخست ظروف مورد نظر، پس از خشک‌شدن در آون، در دسیکاتور سرد سپس توزین شدند. سپس یک گرم نمونه وزن و داخل آن قرار داده شد و وزن بوته و نمونه ثبت شد. بعد از آن بوته همراه با نمونه در آون (HERAEUS Instrument مدل Hanau D-63450) با دمای ۱۰۵^oC به مدت ٢٤ ساعت قرار گرفتند و پس از انتقال به دسیکاتور سرد و مجدداً وزن شدند. با محاسبهٔ اختلاف وزن به‌دست‌آمده درصد رطوبت مشخص شد (AOAC, 2005).

$$\text{رطوبت (٪)} = (\text{وزن اولیه} - \text{وزن نهایی}) / \text{وزن اولیه} \times ۱۰۰$$

۷.۲. ارزیابی حسی میگوی پخته

در هر ماه تیمارهای مختلف درون سینی استیل قرار گرفتند و با فویل آلومینیومی پوشیده شدند و به مدت ۵ دقیقه بخارپز شدند. ارزیابی حسی میگوی پخته‌شده با کمک ۱۰ فرد نیمه آموزش‌دیده در آزمایشگاه گروه شیلات دانشگاه خلیج فارس بوشهر با استفاده از روش هدونیک ۹ نقطه‌ای انجام گرفت که در آن ۹= فوق‌العاده خوب، ۸= خیلی خوب، ۷= به طور متوسطی خوب، ٦= کمی خوب، ۵= بد، ٤= کمی بد، ۳= به طور متوسطی بد، ۲= خیلی بد، ۱= فوق‌العاده بد، آنالیز شد (Meilgaard *et al.*, 1999).

۳. تجزیه و تحلیل آماری

از نرم‌افزار SPSS (16.0) برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها استفاده شد. نرمال‌بودن داده‌ها با آزمون

1. Atherogenic index
2. Thrombogenic index
3. Drip loss

کولموگروف- اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) بررسی شد و از آزمون لـون (Leven) بـرای همگنـی واریانس استفاده شد. بـرای بررسـی وجـود یـا نبـود اختلاف معنی‌داری هر یک از شاخص‌های شیمیایی و فیزیکـی، از روش تجزیـهٔ واریـانس یـک‌طرفـه و بـا آزمـون دانکـن (سـطح معنـی‌داری ۰/۰۵)، مقایسـهٔ میانگین‌های هر شاخص در زمان نگهداری (صـفر، ۱، ۲، ۳، ٤، ٥، ٦ ماه) محاسبه شد. برای بررسـی وجـود تفاوت معنی‌دار بین میانگین شـاخص‌هـای حسـی در روزهای مورد مطالعه از آزمون کوروسکال- والیس و تسـت مـن ویتنـی یـو (Kruskal Wallis & Mann Whitney U) استفاده شد. همچنـین بـرای بررسـی و مقایسهٔ اسـیدهای آمینـهٔ اول دوره بـا انتهـای دوره از آزمون T- جفتی استفاده شد.

٤. نتایج

۱.۴. اسیدهای آمینه

روند تغییرات درصد اسیدهای آمینهٔ کـل، ضـروری و غیرضروری میگوی وانامی پرورشی پس از نگهـداری در دمـای ۱۸°C- در جـداول ۱ و ۲ نشـان داده شـده است. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که مجموع اسـید آمینهٔ کـل، ضـروری و غیرضـروری پـس از شـش مـاه نگهداری نسبت به روز نخست کاهش معنی‌داری داشـته اسـت (P<۰/۰۵) و فقـط اسـیدهای آمینـهٔ غیرضـروری گلیسین و تیروزین تغییر نکرد (P>۰/۰۵).

۲.۴. شاخص‌های کیفیت چربی (AI و TI)

مقادیر شاخص‌های کیفیت چربی، AI و TI با افزایش زمان نگهداری تغییر معناداری نکرد (P>۰/۰۵).

جدول ۱. تغییرات درصد پروفیل اسیدهای آمینهٔ ضروری و غیرضروری میگوی وانامی پرورشی در شروع و شش ماه پس از نگهداری در دمای ۱۸°C-

اسید آمینهٔ ضروری	زمان (ماه)	درصد	اسید آمینهٔ غیرضروری	زمان (ماه)	درصد
آرژنین	۰	۸/۰۴±۰/۰۵^{a}	آلانین	۰	۴/۴۱±۰/۰۱^{a}
	٦	۷/۴۱±۰/۰۴^{b}		٦	۴/۱۱±۰/۰۲^{b}
هیستیدین	۰	۲/۳۴±۰/۰۴^{a}	آسپارتیک اسید	۰	۷/۴۳±۰/۰۷^{a}
	٦	۱/۹۵±۰/۰۱^{b}		٦	۷/۰۱±۰/۰۴^{b}
ایزولوسین	۰	۳/۶۸±۰/۰۲^{a}	گلوتامیک اسید	۰	۱۳/۸۰±۰/۱۱^{a}
	٦	۳/۳۱±۰/۰۲^{b}		٦	۱۲/۷۷±۰/۰۰^{b}
لوسین	۰	۵/۷۱±۰/۰۶^{a}	گلایسین	۰	۵/۶۴±۰/۰۲^{a}
	٦	۵/۵۳±۰/۰۳^{b}		٦	۵/۶۸±۰/۰۲^{a}
لایزین	۰	۶/۰۵±۰/۰۶^{a}	برولین	۰	۵/۰۹±۰/۰۶^{a}
	٦	۵/۲۳±۰/۰۳^{b}		٦	۴/۸۴±۰/۰۳^{b}
متیونین	۰	۲/۷۱±۰/۱۰^{a}	سرین	۰	۲/۵۰±۰/۰۱^{a}
	٦	۲/۰۷±۰/۰۲^{b}		٦	۲/۷۹±۰/۰۱^{b}
فنیل آلانین	۰	۳/۶۵±۰/۰۱^{a}	تیروزین	۰	۳/۱۴±۰/۱۸^{a}
	٦	۳/۳۳±۰/۰۲^{b}		٦	۳/۰۳±۰/۰۲^{a}
ترئونین	۰	۳/۰۰±۰/۰۲^{a}	آلانین	۰	۴/۴۱±۰/۰۱^{a}
	٦	۲/۸۷±۰/۰۲^{b}		٦	۴/۱۱±۰/۰۲^{b}

میانگین±۳SE تکرار، وجود حروف غیرهمسان در هر ردیف نشانهٔ اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵)

جدول ۲. تغییرات درصد مجموع اسید آمینهٔ کل، اسیدهای آمینهٔ ضروری و غیرضروری میگوی وانامی پرورشی در شروع و شش ماه پس از نگهداری در دمای ۱۸°C-

اسید آمینه (درصد)	دورهٔ نگهداری (ماه)	
	۰	٦
مجموع کل اسیدهای آمینه	۸۰/۹۸ ±۰/۷۵[a]	۷۵/۵۶ ±۰/۴۳[b]
مجموع اسیدهای آمینهٔ ضروری	۳۸/۹۷ ±۰/۳۳[a]	۳۵/۳۱ ±۰/۲۵[b]
مجموع اسیدهای آمینهٔ غیرضروری	۴۳/۹۳ ±۰/۴۱[a]	۴۰/۲۵ ±۰/۱۸[b]

میانگین±۳SE تکرار، وجود حروف غیرهمسان در هر ردیف نشانهٔ اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵)

جدول ۳. مقادیر شاخص‌های کیفیت چربی، AI و TI با افزایش زمان نگهداری

شاخص	زمان نگهداری (ماه)		
	۰	۳	٦
AI	۰/۳٤٤[a]	۰/۳٦۸[a]	۰/۳٦۱[a]
TI	۰/۳۰۳[a]	۰/۳۱۸[a]	۰/۳۲۷[a]

میانگین±۳SE تکرار، اختلاف معناداری مشاهده نشد.

۳.۴. میزان آب‌چک

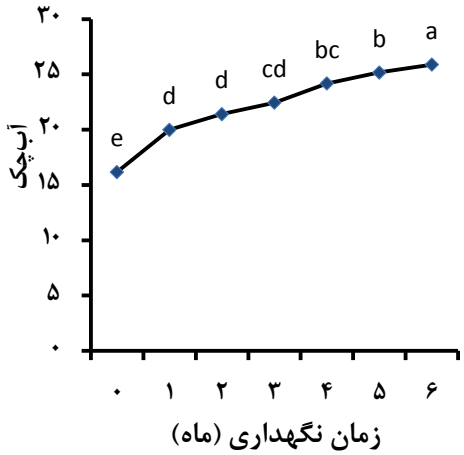
تغییرات در میزان آب‌چک در میگوی پرورشی به هنگام نگهداری در سردخانه در نمودار ۱ نشان داده شده است. با گذشت طول دورهٔ نگهداری، میزان آب‌چک نیز افزایش معنی‌داری یافت و در انتهای دوره به حداکثر رسید (P<۰/۰۵). به طور کلی داده‌های مربوط به آب‌چک ارتباط معکوس با رطوبت داشت.

۴.۴. آب‌چک پس از پخت

تغییرات در میزان آب‌چک پس از پخت در میگوهای پرورشی پس از ماه اول و انتهای دورهٔ نگهداری در جدول ٤ نشان داده شده است. میزان آب‌چک پس از پخت در انتهای دوره نسبت به ابتدای دوره دچار افزایش معنی‌داری شد (P<۰/۰۵) و ۱٦/۲٦ درصد به میزان آن افزوده شد.

۵.۴. رطوبت

نمودار ۲ نتایج مربوط به روند تغییرات رطوبت میگوهای

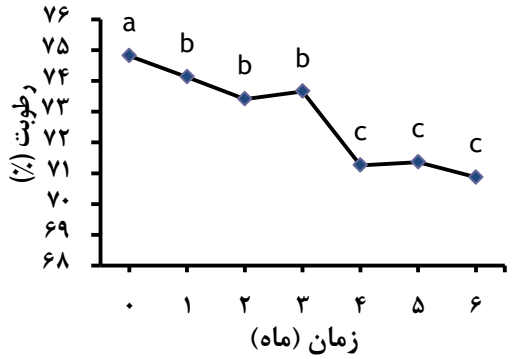


نمودار ۱. روند تغییرات درصد آب‌چک در زمان‌های مختلف نگهداری در دمای ۱۸°C-

جدول ٤. تغییرات میزان آب‌چک پس از پخت در میگوی پرورشی پس از ماه اول و انتهای دورهٔ نگهداری

تیمار/ ماه	۱	٦
۰	[b]۰/۵۷±۳٤/۳۰	[a]۰/۲۸±۳۹/۸۸

وانامی پرورشی طی نگهداری در دمای ۱۸ °C- در زمان‌های مختلف را نشان می‌دهد. میزان رطوبت با افزایش دورهٔ نگهداری کاهش معنی‌داری یافت (P<۰/۰۵) و در ابتدای دوره دارای بیشترین مقدار بود. کمترین میزان آن نیز در ماه‌های ٤، ۵ و ٦ دورهٔ نگهداری مشاهده شد که با هم اختلاف معناداری نداشتند (P>۰/۰۵).



نمودار ۲. روند تغییرات رطوبت در زمان‌های مختلف نگهداری در دمای ۱۸ °C-

۶.۴. آنالیز حسی میگوی پخته

جدول ۵ نتایج مربوط به آنالیز حسی میگوی پخته را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که کیفیت میگو طی نگهداری دچار تغییر شد. در این میان دو پارامتر مزه و طعم طی شش ماه نگهداری تغییر نکرد (P>۰/۰۵)، ولی از نظر رنگ، بو و مقبولیت کلی دچار کاهش معنی‌داری شد (P<۰/۰۵).

جدول ۵. نتایج مربوط به آنالیز حسی میگوی پخته، در زمان‌های مختلف نگهداری در دمای ۱۸ °C-

	مدت زمان نگهداری (ماه)						
	۰	۱	۲	۳	٤	٥	٦
رنگ	۹/۰۰±۰/۰۰^{a}	۸/۹۰±۰/۱۰^{ab}	۸/۹۰±۰/۱۰^{ab}	۸/۷۰±۰/۱۵^{abc}	۸/۵۰±۰/۲۶^{abc}	۸/۴۰±۰/۲۶^{bc}	۸/۲۰±۰/۲۹^{c}
بو	۹/۰۰±۰/۰۰^{a}	۸/۹۰±۰/۱۰^{a}	۸/۸۰±۰/۱۳^{ab}	۸/۷۰±۰/۱۵^{ab}	۸/۷۰±۰/۱۵^{ab}	۸/۳۰±۰/۲۶^{bc}	۸/۱۰±۰/۲۳^{c}
مزه	۸/۹۰±۰/۲۰^{a}	۸/۸۰±۰/۱۳^{a}	۸/۸۰±۰/۱۳^{a}	۸/۷۰±۰/۱۵^{a}	۸/۶۰±۰/۱۶^{a}	۸/۵۰±۰/۱۶^{a}	۸/۵۰±۰/۲۲^{a}
طعم	۹/۰۰±۰/۰۰^{a}	۹/۰۰±۰/۰۰^{a}	۸/۹۰±۰/۱۰^{a}	۸/۸۰±۰/۱۳^{a}	۸/۶۰±۰/۲۲^{a}	۸/۶۰±۰/۲۲^{a}	۸/۴۰±۰/۲۶^{a}
مقبولیت	۹/۰۰±۰/۰۰^{a}	۸/۸۰±۰/۱۳^{ab}	۸/۷۰±۰/۲۱^{ab}	۸/۶۰±۰/۲۲^{ab}	۸/۴۰±۰/۳۰^{abc}	۸/۲۰±۰/۲۹^{bc}	۷/۹۰±۰/۲۷^{c}

میانگین±۳SE تکرار، وجود حروف غیرهمسان در هر ردیف نشانهٔ اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵)

جدول ٦. نتایج ضرایب همبستگی ترکیبات دوگانهٔ شاخص‌های ارزیابی حسی میگوی وانامی پرورشی پخته‌شده

	رنگ	بو	مزه	طعم	مقبولیت کلی
رنگ	۱	۰/۷۲٦**	۰/۵۹۷**	۰/۸٤۹**	۰/۸۰٦**
بو		۱	۰/٤۵۱**	۰/٦۲۱**	۰/۹۱۳ **
مزه			۱	۰/۷۲۳ **	۰/٤٦۳**
طعم				۱	۰/۷۰۵**
مقبولیت کلی					۱

۵. بحث

با رشد روزافزون جمعیت، آبزیان دریایی به‌منزلهٔ یکی از بهترین منابع برای تأمین پروتئین جامعه برای کمک در کاهش مصرف گوشت قرمز مطرح‌اند. هرچند که هدف از نگهداری منجمد فرآورده‌های دریایی، افزایش زمان ماندگاری و کاهش فعالیت آنزیمی و میکروبی به منظور جلوگیری از فساد و حفظ کیفیت مطلوب این محصولات است (Santos-Yap, 1995)، روش‌های مختلف انجماد و مدت زمان نگهداری در ویژگی‌های نهایی محصول تأثیر می‌گذارد (Sikorski *et al.*,1990). در کشور ما نیز مرسوم‌ترین

روش نگهداری میگو روش انجماد است که با توجه به نگهداری طولانی‌مدت میگوها در سردخانه، به‌ویژه در شهرهای جنوبی، در تحقیق حاضر این روش (روش انجماد) انتخاب و بررسی شد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در شش ماه نگهداری، میگوی پرورشی دچار کاهش معنی‌داری در پروفیل اسیدهای آمینه می‌شود و فقط میزان اسیدهای آمینهٔ گلیسین و تیروزین تغییر نکرد (جدول ۱). در تحقیق Abu Bakar*etal.*(2008) با نگهداری میگوی روزنبرگی[1] طی ۱۸ روز نگهداری در دمای ۱۰°C- نیز مشخص شد که میزان اسیدهای آمینهٔ آرژنین، لیزین، هیستیدین، تیروزین و متیونین در طول نگهداری کاهش معنی‌داری یافت که با داده‌های این تحقیق مطابقت داشت. در برخی از اسیدهای آمینه حتی تا ۱۰ درصد کاهش مشاهده شد. آن‌ها بیان کردند که کاهش سه آمینو اسید اصلی (آرژنین، لیزین و هیستیدین) با افزایش آمین‌های بیوژن (پوتریسین، کادورین و هیستامین) همبستگی خوبی داشت. در واقع دکربوکسیله‌شدن این اسیدهای آمینه به وسیلهٔ میکروارگانیزم‌های خاص موجب تشکیل آمین‌های بیوژن می‌شود (Dainty *et al.*,1983). تحقیقات نشان می‌دهد که باکتری‌های سرمادوست و مزوفیل در تشکیل آمین‌ها نقش مهمی را بازی می‌کنند (Taylore and Summer, 1986). همچنین مطالعات زیادی نشان داده‌اند که باکتری‌های سرمادوست از عوامل اصلی تشکیل پوترسین و کادورین‌اند (Chytiri *et al.*, 2004). از آن‌جا که باکتری‌ها با داشتن آنزیم دکربوکسیلاز سبب شکستن آمینو اسید آزاد و تبدیل آن به آمین‌های بیوژن می‌شوند، در نتیجه در اکثر تحقیقات آمینو اسید آزاد بررسی شده و تحقیقات دربارهٔ تغییرات پروفیل اسیدهای آمینهٔ ماهیچه طی دورهٔ نگهداری محدود است.

تغییرات پروفیل اسید چرب و کیفیت چربی در میگوی وانامی قبلاً گزارش شده است (Oujifard *et al.*, 2011; Javaheri Baboli *et al.*, 2012). به همین دلیل در این مقاله بررسی نشده و فقط شاخص‌های کیفیت چربی بحث شده است. شاخص‌های AI[2] و TI[3] نیز در واقع بیان‌کنندهٔ کیفیت چربی از دیدگاه ارزش غذایی آن‌ها برای سلامتی انسان است، زیرا این دو پارامتر میزان امکان رسوب چربی در رگ‌ها را نشان می‌دهند که به وجود اسیدهای چرب اشباع‌شده مربوط می‌شود (Ulbricht and Southgate, 1991). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که طی نگهداری میگوی وانامی در شرایط سردخانه‌ای مقادیر AI و TI دچار تغییرات معنی‌داری نشد (جدول ۳) و همچنین میزان آن برای سلامتی انسان مضر نیست، چراکه میزان بالاتر از یک درصد آن برای انسان مضر گزارش شده است (Ulbricht and Southgate, 1991).

همچنین نتایج نشان داد که فرایند پخت سبب تغییرات زیادی در بافت میگوی وانامی می‌شود و میزان آب‌چک آن بعد از پخت افزایش معنی‌داری یافت (جدول ٤). میزان آب‌چک پس از پخت، از نظر اقتصادی بسیار حائز اهمیت است. میزان آب‌چک میگوی منجمد پس از پخت ۱۰ تا ۳۰ درصد گزارش شده است (Schnee, 2000)، ولی در تحقیق حاضر کمی بالاتر بود که با داده‌های Gonalves and Ribeiro (2009) دربارهٔ میگوی وانامی به میزان ۳٤ درصد مطابقت دارد. میزان زیاد آب‌چک در نمونه‌ها می‌تواند نتیجهٔ افزایش پروتئولیز باشد که در نتیجه موجب شل‌شدگی ساختار نمونه‌ها و افزایش میزان

1. *Macrobrachium rosenbergii*

2. Atherogenic index (AI)
3. Thrombogenic index (TI)

آب در فضای خارج‌سلولی می‌شود (Olsson *et al.*, 2007). آنزیم‌های باکتریایی نیز ممکن است در تخریب ساختار پروتئین تأثیر بگذارند و باعث کاهش توانایی ابقای آب شوند (Olsson *et al.*, 2003). اگرچه در تحقیق حاضر دمای نگهداری پایین بود با توجه به این‌که افزایش فعالیت‌های آنزیمی طی دورهٔ نگهداری حتی در دماهای زیر صفر نیز گزارش شده است (Foegeding *et al.*, 1996)، نمی‌توان این مسئله را نادیده گرفت. میزان آب‌چک میگو نیز طی دورهٔ نگهداری افزایش معنی‌داری یافت به طوری که در انتهای دوره به حدود ۲۶ درصد رسید (نمودار ۱). روند مشابهی در خصوص افزایش آب‌چک طی نگهداری در دمای $-18^{o}C$ در سایر آبزیان نظیر ماهی کاد نیز گزارش شده است (Hsieh and Regenstein, 1989)، ولی میزان آن بسته به نوع و گونهٔ آبزی می‌تواند متفاوت باشد. برای مثال، ماهی Snapper طی نگهداری در دمای $-18^{o}C$ به افزایش میزان آب‌چک ۱۵ درصدی رسید (Benjakul *et al.*,2003). افزایش میزان آب‌چک می‌تواند به علت تشکیل فرمالدئید و در نتیجه تجمع پروتئین در ماهیچه و کاهش ظرفیت نگهداری آب باشد، هر چند که تشکیل فرمالدئید به‌تنهایی نمی‌تواند فاکتور اصلی تغییرات در تجمع پروتئین و بافت آبزی باشد (Badii and Howell, 2001). بررسی نتایج مربوط به رطوبت نمونه‌ها طی نگهداری کاملاً با داده‌های میزان آب‌چک نمونه‌ها مطابقت داشت، زیرا با کاهش میزان رطوبت در واقع میزان آب‌چک بیشتر شده است (نمودارهای ۱ و ۲).

از نظر مصرف‌کننده، مهم‌ترین عامل تعیین کیفیت محصولات دریایی عبارت‌اند از ظاهر، بو، طعم، بافت، تردی، رنگ و نبود میکروارگانیزم‌های خاص. همچنین تازگی مهم‌ترین عامل کیفی برای مصرف‌کننده است که میزان یا درجهٔ فساد آبزی و محصولات آن در هنگام نگهداری را نشان می‌دهد (Connell, 2002). در تحقیق حاضر نیز بررسی ارزیاب‌ها نشان داد که با گذشت زمان نمونه‌های میگوی نگهداری‌شده در سردخانه پس از پخت از نظر رنگ، بو و مقبولیت کلی دچار کاهش معنی‌داری شده‌اند (جدول ۵). در تحقیق Oujifard *et al.* (2011) مشخص شد که با گذشت زمان بافت میگوی وانامی پرورشی خام نگهداری‌شده در سردخانه نرم‌تر شد و بوی آن به سمت آمونیاکی‌شدن پیش رفت همچنین، رنگ آن تیره‌تر شد که تمامی این پارامترها در مجموع باعث کاهش پذیرش کلی محصول می‌شود. همین عوامل موجب می‌شود که میگو پس از پخت نیز دارای رنگ، بو و مقبولیت کلی کمتری باشد. دربارهٔ نتایج ضرایب همبستگی ترکیبات دوگانهٔ شاخص‌های ارزیابی حسی میگوی وانامی پرورشی پخته‌شده نیز بین همهٔ پارامترها ارتباط مثبت و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ٦). با توجه به روش آنالیز حسی استفاده‌شده، نمرات بالاتر از شش از نظر مصرف‌کننده قابل پذیرش است که چنین وضعیتی طی شش ماه نگهداری برقرار بود. کاهش پارامترهای حسی در میگو طی نگهداری در سردخانه به اثبات رسیده است (Sawant *et al.*, 2012). Kashiri *et al.*, (2011) با بررسی خواص حسی میگوی سفید هندی خام در شرایط انجماد، کاهش پارامترهای رنگ و بو را مشاهده کردند و پارامتر طعم تغییری نکرد. Haghparast *et al.* (2013) نیز بیان کردند که مدت زمان نگهداری باعث کاهش معنی‌دار کیفیت حسی (بو، طعم و رنگ) میگوی سفید هندی خام نگهداری‌شده در سردخانه می‌شود. Imran *et al.*

(2013) نیز با بررسی آنالیز حسی میگوی وانامی پخته‌شده به مدت ۹۶ ساعت در دمای ۰ تا ۸ درجهٔ سانتی‌گراد مشاهده کردند که فقط تیمار صفر درجهٔ سانتی‌گراد از نظر حسی قابل قبول است و با افزایش دما و افزایش مدت زمان نگهداری، کیفیت حسی میگوها نیز کاهش می‌یابد. نتایج کلی آنالیز حسی نشان داد که با گذشت زمان ویژگی‌های کیفی میگو طی نگهداری در سردخانه کاهش معنی‌داری می‌یابد ولی با توجه به دمای نگهداری ($-18^{o}C$) تغییرات ایجادشده طی شش ماه تأثیر معنی‌داری در قابلیت پذیرش محصول برای مصرف‌کننده نداشت.

٦. نتیجه‌گیری

نتایج کلی این تحقیق نشان داد که هر چند نگهداری میگوی وانامی پرورشی پس از انجماد در سردخانه طی مدت شش ماه منجر به کاهش معنی‌داری در محتوای اسیدهای آمینهٔ آن می‌شود، اما از نظر شاخص‌های کیفیت چربی طی مدت مورد اشاره تغییری نمی‌کند. کیفیت حسی میگوی وانامی نگهداری‌شده در شرایط انجماد نیز اگرچه نزول یافته است، اما از نظر مصرف‌کننده قابل قبول بود. در نتیجه دمای $-18^{o}C$ برای نگهداری کوتاه‌مدت میگوی وانامی پرورشی پیشنهاد می‌شود اما نگهداری طولانی‌مدت آن (تا یک سال) نیازمند انجام آزمایش‌های بیشتر است.

تقدیر و تشکر

این تحقیق با حمایت‌های مادی و معنوی شرکت ملی نفت ایران، سازمان منطقهٔ ویژهٔ اقتصادی انرژی پارس- مدیریت پژوهش و فناوری انجام شده است. نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از تمامی عزیزان و مسئولان شرکت ملی نفت ایران اعلام می‌دارند.

References

[1]. Abu Bakar, F., Salleh, A.B., Razak, C.N.A., Basri, M., Ching, M.K., Son, R., 2008. Biochemical changes of fresh and preserved freshwater prawns (*Macrobrachium rosenbergii*) during storage. International Food Research Journal, 15 (2), 181-191.

[2]. AOAC (Association of Official Analytical Chemists)., 2005. Official methods of analysis, 18th edition.Association of Official Analytical Chemists, MD., Gaithersburg, USA.

[3]. Badii, F., Howell, N.K., 2001. A comparison of biochemical changes in cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) fillets during frozen storage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 82, 87–97.

[4]. Bak, L.S., Andersen, A.B., Andersen, E.M., Bertelsen , G., 1999. Effect of modified atmosphere packaging on oxidative changes in frozen stored cold water shrimp (*Pandalus borealis*).Food Chemistry, 64, 169-175.

[5]. Benjakul, S., Visessanguanb,W., Thongkaewa, C., Tanaka, M., 2003. Comparative study on physicochemical changes of muscle proteins from some tropical fish during frozen storage. Food Research International, 36, 787–795.

[6]. Boonsumrej, S., Chaiwanichsiri, S., Tantratian, S., Suzuki, T., Takai, R., 2007. Effect of freezing and thawing on the quality changes of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) frozen by air-blast and cryogenic freezing. Journal of Food Engineering, 80, 292-299.

[7]. Briggs, M., Funge-Smite, S., Subasinghe, R., Phillips, M., 2004.Introductions and movement of *Penaeus vannamei* and *Penaeus stylirostris* in Asia and Pacific. FAO, RAP Publication. Thailand.pp. 20-45.

[8]. Campan˜one, L.A., Roche, L.A., Salvadori, V.O., Mascheroni, R.H., 2002. Monitoring of weight losses in meat products during freezing and frozen storage. Food Science and Technology International, 8(4), 229–238.

[9]. Connell, J.J., 2002. Quality control in fish Industry. Torry advisory Note No. 58 Torry Research Station.

[10].Dainty, R.H., Shaw, B.G.,Roberts, T.A., 1983. Microbial changes in chilled stored red meats. In Roberts, T.A. and Skinner, F. (Eds). Food Microbiology: Advances and Prospects, pp. 151-178. London:Academic Press.

[11].FAO. 2009. http://www.fao.org/docrep/006/J2084e/j2084e06.htm

[12].Foegeding, E.A., Lanier, T.C., Hultin, H.O., 1996. Characteristics of edible muscle tissues.In O. R. Fennema (Ed.), Food Chemistry (pp. 879–942). New York: Marcel Dekker.

[13].Gonalves, A.A., Ribeiro, J.L.D., 2009. Effects of phosphate treatment on quality of red shrimp (*Pleoticus muelleri*) processed with cryomechanical freezing. LWT - Food Science and Technology, 42, 1435–1438.

[14].Gonçalves , A.A, Junior, C.S.G.G., 2009. The effect of glaze uptake on storage quality of frozen shrimp.Journal of Food Engineering. 90, 285–290.

[15].Haghparast, S., Shabanpour, B., Kashiri, H., Alipour, Gh., Sodagar, M., 2013. A comparative study on antioxidative properties of carameled reducing sugars; inhibitory effect on lipid oxidative and sensory improvement of glucose carameled products in shrimp flesh. Journal of Agriculture and Scienceand Technology, 15, 87-99.

[16].Chytiri, S., Paleologos, E., Savvaidis, I., Kontominas, M.G., 2004. Relation of biogenic amines with microbial and sensory changes of whole and filleted freshwater rainbow trout (*Oncorhynchus*

mykiss) stored on ice. Journal of Food Protection, 67(5), 960–965.

[17].Hatula, T.,Wallin, H.C., 1995. Rapid method based on ATP catabolites for evaluating freshness of Baltic herring. Journal of AOAC International, 79, 703-706.

[18].Hsieh, Y.L., Regenstein, J.M., 1989. Texture changes of frozen stored cod and ocean perch minces. Journal of Food Science, 54, 824–826.

[19].Imran, A., Chawalit, J., Somrote, K., 2013. Characterization of quality degradation during chilled shrimp (*Litopenaeus vannamei*) supply chain. International Food Research Journal 20(4), 1833-1842.

[20].Javaheri Baboli, M., Choi, R., Askary Sary, A., Roomiani, L., 2012.Effect of freezing on the chemical quality changes and fatty acid composition of cultured shrimp muscle, *Litopenaus vannamei*. Iranian Scientific Fisheries Journal, 21(3): 31-44.

[21].Kashiri, H., Haghparast, S., Alipour, Gh.H., Shabanpour, B., Sudagar, M.,2011. Antioxidative effect of browned product of fructose on lipid oxidation and sensory attributes of Indian shrimp (*Penaeus indicus*) under frozen storage.EJFPP., 2(1): 27-39.

[22].Makarios-Laham, I.K., Lee, T., 1993. Protein hydrolysis and quality deterioration of refrigerated and frozen seafood due to obligately psychrophilic bacteria. Journal of Food Science, 58(2), 310–313.

[23].Meilgaard, M., Civille, G.V., Carr, B.T., 1999. Sensory evaluation techniques. 3rd Ed. CRC Press, Inc. Boca Raton, U.S.A., pp. 111-116.

[24].Moini, S., Pazira, A., 2004. The Effect of Cold Storage on the Quality of Cultured *P. Indicus* and Sea *P. Semisulcatus.*Iranian Journal. Natural Research.,57, 469-478.

[25].Moore, S., 1963. On the determination of cysteine as cysteic acid. Journal of Biochemistry.45, 235-238.

[26].Olsson, G.B., Ofstad, R., Lodemel, J.B., Olsen, R.L. 2003. Changes in water-holding capacity of halibut muscle during cold storage. LWT – Food Science and Technology, 36, 771–778.

[27].Olsson, G.B., Seppola, M.A., Olsen, R.L. 2007. Water-holding capacity of wild and farmed cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) muscle during ice storage. LWT – Food Science and Technology, 40, 793–799.

[28].Oujifard, A. Rezaei, M. Seyfabadi, S.J., Abedian Kenari, A.,2011.Effects of frozen storage on physical, chemical and sensory changes of cultured pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Journal of Fisheries, Iranian Journal of Natural Research, 63(4): 243-256.

[29].Ouraji, H., 2009. Effect of dietary lipid level and source along Vitamin E on growth, fatty acid profile and lipid quality changes of Indian white shrimp *(Fenneropenaeus indicus)* muscle during Frozen Storage (-18°C). Thesis of Ph.D. Faculty of Natural Resources.Gorgan University.130 p.

[30].Ozogul, Y., Ahmad, J.I., Hole, M., Ozogul, F., Deguara, S., 2006. The effects of partial replacement of fish meal by vegetable protein sources in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on post mortem spoilage of fillets. Food Chemistry, 96, 549-561.

[31].Santos-Yap, E.E.M., 1995. Fish and seafood.In Freezing Effects on Food Quality(L.E. Jeremiah, ed.) pp. 109–133, Marcel Dekker, NewYork, NY.

[32].Sawant, S.S., Sawant, D.V., Shrangdher, S.T., Koli, J.M., Shrangdher, M.T.,Metar, S.Y., 2012. Effect of vacuum packaging on shelf life of frozen shrimp. CIBTech Journal of Biotechnology, Vol. 1 (1), 27-35.

[33].Schnee, R., 2000. Budenheim phosphates for seafood processing.Chemische Fabrik Budenheim Catalogue, 11 pp.

[34].Sikorski, Z.E., Kolakowska, A., Burt, J.R., 1990. Postharvest biochemical and microbial changes. In Seafood: Resources, Nutritional, Composition and Preservation(Z.E. Sikorski, ed.) pp. 55–75, CRC Press, Boca Raton, FL.

[35].Taylore, S.L., Sumner, S.S., 1986. Determination of histamine, putersine and cadaverin.Seafood quality determination, 235-246 p.

[36].Tsironi, T., Dermesonlouoglou, E., Giannakourou, M., Taoukis, P., 2009. Shelf life modeling of frozen shrimp at variable temperature conditions. LWT-Food Science and Technology, 42, 664-671.

[37].Ulbricht, T.L.V., Southgate, D.A.T., 1991. Coronary heart disease: Seven dietary factors. The Lancet. 338, 985-994.