(مقاله پژوهشی)

بررسی خواص عملکردی پروتئین آبکافتی گاوماهی دریای خزر (*Neogobius caspius*) توسط آنزیم فلاورزایم و تاثیر آن بر کیفیت ماست کم‌چرب

راحله رضایی[۱]، سکینه یگانه[۲]*، زینب رفتنی امیری[۳]، رضا صفری[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد فرآوری محصولات شیلاتی، گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

۲- دانشیار، گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

۳- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

۴- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج جهاد کشاورزی، ساری، ایران.

تاریخ دریافت:۱۳۹۷/۰۴/۱۳ تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۰۷/۲۹

چکیده

امروزه تمایل جهت مصرف فرآورده‌های کم‌چرب و بدون چربی خصوصاً در افراد مبتلا به بیماری‌های قلبی- عروقی و دارای چربی خون بالا، افزایش یافته است. با توجه به اهمیت آبزیان و خواص کارکردی ویژه پروتئین آبکافتی حاصل از آن، در این مطالعه اثر پروتئین آبکافتی گاوماهی دریای خزر (*Neogobius caspius*) بر بهبود کیفیت ماست کم‌چرب مورد بررسی قرار گرفت. پس از آماده‌سازی پروتئین آبکافتی از بافت عضله گاوماهی با استفاده از آنزیم فلاورزایم، نمونه‌های ماست با درصدهای مختلف پروتئین آبکافتی شامل صفر (شاهد)، ۰/۵، ۱ و ۱/۵درصد (w/v) تهیه گردید. درجه‌ی‌آبکافت ۰/۲±۴۷/۵۲ درصد به دست آمد. بررسی خواص عملکردی پودر پروتئین آبکافتی نشان داد که پروتئین آبکافتی تولید شده از حلالیت و ظرفیت کف‌زایی مناسبی برخوردار است، اما از نظر ظرفیت جذب روغن و پایداری کف تقریبا ضعیف عمل کرده است. نتایج بررسی پارامترهای ماست حاکی از آن بود که افزودن پروتئین آبکافتی به آن باعث کاهش pH و افزایش اسیدیته گردید ($P<0/05$). بیش‌ترین میزان ویسکوزیته را تیمار ۱/۵ درصد داشته است و کم‌ترین میزان ویسکوزیته و بیش‌ترین میزان آب‌اندازی ماست نیز، مربوط به نمونه شاهد(صفر درصد) بوده است ($P<0/05$). ظرفیت نگهداری آب با افزایش غلظت پروتئین آبکافتی افزایش داشته و بیشترین مقدار مربوط به تیمار ۱/۵ درصد بود ($P<0/05$). طبق نتایج ارزیابی حسی مشاهده شد که افزودن پروتئین آبکافتی به نمونه‌ها تاثیر مثبتی بر مزه، بو و بافت ماست تهیه‌شده داشته است، ولی افزودن پروتئین آبکافتی بر رنگ ماست تاثیر منفی داشته است. به طور کلی استفاده از پروتئین‌آبکافتی فیله گاو ماهی دریای خزر در فرمولاسیون ماست کم‌چرب موجب بهبود خواص کیفی محصول نهایی گردید.

واژه های کلیدی: پروتئین آبکافت شده، گاوماهی دریای خزر، فلاورزایم، ماست کم‌چرب.

*مسؤول مکاتبات: skyeganeh@gmail.com

۱- مقدمه

تحقیقات در زمینه‌ی تولید پروتئین آبکافتی از ماهی تا به امروز با اهداف مختلفی صورت گرفته است. برخی از این تحقیقات به منظور تولید منبع پروتئینی برای جانوران و برخی به‌منظور بهبود خواص کاربردی پروتئین‌ها در مواد غذایی برای انسان بوده است (اویسی‌پور و همکاران، ۱۳۸۹ب). آبکافت پروتئین، با شکستن باندهای پپتیدی صورت می‌گیرد که با استفاده از آبکافت شیمیایی و آنزیمی انجام می‌شود (اصغرنیا و همکاران، ۱۳۹۶؛ Ovissipour et al., 2009). در آبکافت آنزیمی، آنزیم‌های مختلفی شامل آلکالاز، پروتامکس، فلاورزایم و ... مورد استفاده قرار می‌گیرند، پودر پروتئینی تولید شده با استفاده از روش‌های مختلف، دارای خواص کارکردی (از قبیل ظرفیت نگهداری آب، خاصیت تشکیل ژل، کف‌زائی و امولسیون‌کردن) و فیزیکی متفاوتی هستند که بر پتانسیل استفاده به عنوان جزء غذایی تاثیرگذار هستند. به علاوه خواص بیولوژیک پتیدهای‌محلول مانند خواص‌آنتی‌اکسیدانی، ضد انعقادی و ضد فشار، ضد چاقی و ...در بحث سلامت، دارای اهمیت می‌باشند (رفتنی امیری و همکاران، ۱۳۹۴؛ Sativel and Bechtel., 2008). گاو ماهی خزری (*Neogobius caspius*)، ماهی کفزی کوچکی می‌باشد که بومی دریای خزر است. این ماهی نقش مهمی در چرخه غذایی دریای خزر ایفا می‌کند و به میزان زیادی توسط فک دریای خزر و ماهیان خاویاری مصرف می‌شود. در نواحی غربی دریای خزر این ماهی توسط صیادان با استفاده از تورهای پرتابی صید می‌گردد و حدود ۰/۵ تا ۱۳ درصد از گاوماهیان صیدشده توسط صیادان را به خود اختصاص می‌دهد که مصرف خوراکی ندارند (علی‌عسگری رنانی و همکاران، ۱۳۹۶). ماست یک فرآورده لبنی تخمیری است که در سراسر جهان مورد توجه می‌باشد و در کشورهای اطراف دریای مدیترانه، آسیا و اروپای مرکزی مصرف بالایی دارد. ماست به دلیل وجود درصد بالایی از پروتئین و کلسیم، به عنوان یک فرآورده سلامتی‌بخش شناخته شده است (آقازاده مشگی و همکاران، ۱۳۸۸). تاکنون اثرات فراسودمند تغذیه‌ای، درمانی و پروبیوتیکی متعددی همانند بهبود هضم‌پذیری، تقویت سیستم ایمنی، فعالیت ضد سرطانی و کاهش کلسترول خون به ماست نسبت داده شده است (Desobry-Banon et al., 1999). ماست کم‌چرب، پروبیوتیک، منجمد و نوشیدنی ماست، از جمله مهم‌ترین انواع آن را در صنعت به خود اختصاص می‌دهند (امیری‌عقدایی و همکاران، ۱۳۸۹الف و ب). با توجه به افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان نسبت به اثرات مضر چربی بالا در سلامت انسان و افزایش تمایل آن‌ها جهت مصرف فرآورده‌های کم‌چرب و بدون چربی خصوصاً در افراد مبتلا به بیماری‌های قلبی- عروقی و دارای چربی خون بالا، استفاده از شیر بدون چربی جهت تهیه این فرآورده ترجیح داده می‌شود (امیری‌عقدایی و همکاران، ۱۳۸۹ الف و ب؛ افشارنیک و همکاران، ۱۳۹۱). محصولات کم‌چرب دارای بافت و ساختار متفاوتی نسبت به محصولات پرچرب می‌باشند. کاهش چربی و متعاقب آن کاهش مقدار ماده خشک کل در ماست کم چرب موجب ایجاد شبکه بافتی ناقص و ضعیف و افزایش آب اندازی می‌گردد (افشارنیک و همکاران، ۱۳۹۱). ماست‌های دارای چربی بیشتر، بافت مناسب‌تر و عطر و طعم بهتری دارند به همین علت برای ایجاد چنین خصوصیاتی یا خصوصیات مشابه در فرآورده‌های کم‌چرب یا بدون چربی باید از جایگزین‌ها یا افزودنی‌های مناسب استفاده نمود (آقازاده مشگی و همکاران، ۱۳۸۸). تلاش‌های بسیاری در جهت کاهش محتوای چربی این محصول ارزشمند با حفظ ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و بافتی آن صورت پذیرفته است. نمونه‌های کم‌چرب این محصول می‌تواند با جایگزین‌نمودن بخشی از چربی شیر با ترکیبات جامد غیرچرب نظیر ترکیبات جانبی لبنی و هیدروکلوئیدها به عنوان محصولات کم‌کالری تولید شوند. افزایش میزان بهینه این ترکیبات جهت جایگزینی در مخلوط ماست در حفظ و بهبود ویژگی‌های فیزیکی هم‌چون افزایش ویسکوزیته، قوام لخته و نیز کاهش آب‌اندازی از اهمیت بسیاری برخوردار است (Sahan et al., 2007). تعیین و شناسایی جایگزین-های مناسب چربی برای تولید محصولات لبنی کم‌چرب یا بدون چربی سالهاست که مورد توجه محققان مختلف قرار

گرفته است. این ترکیبات علاوه بر بهبود ویژگی‌های بافتی، میزان کالری را کاهش داده و می‌توانند برخی از مشکلات ارگانولپتیکی محصولات کم‌چرب تولیدی را حل کنند. ترکیباتی مانند کنسانتره پروتئین آب پنیر با ذرات بسیار ریز و ورساژل با دارا بودن ساختار پروتئینی، ترکیباتی کربوهیدراتی مانند نشاسته اصلاح‌شده تاپیوکا، اینولین، صمغ کتیرا، بتا-گلوکان و بتا-سایکلودکسترین و مخلوطی از لیپیدهای حاصل از چربی جزء مهم‌ترین و متداول‌ترین جایگزین‌های چربی در محصولات لبنی کم‌چرب به حساب می‌آیند (Guven et al., 2005). با افزایش آگاهی نسبت به ارزش تغذیه‌ای، سلامت و بهداشت مواد غذایی، آبزیان خوراکی به عنوان منابع غنی از پروتئین با قابلیت هضم آسان و ارزش بیولوژیکی بالا که قادرند ویتامین‌ها، مواد معدنی و اسیدهای چرب مفید را در دسترس قرار دهند، از جایگاه خاصی برخوردار گردیده‌اند (رضوی شیرازی، ۱۳۸۰). مطالعات نسبتا خوبی در ارتباط با اثرات جایگزینی‌ها و یا افزودنی‌ها بر خواص ماست کم‌چرب انجام شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعه‌ی ابدالی و معتمدزادگان (۱۳۹۲) در بررسی تاثیر ژلاتین (۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ درصد) بر ماست قالبی بدون چربی، رفتنی‌امیری و همکاران (۱۳۹۴)، در بررسی تاثیر استفاده از پروتئین هیدرولیز شده‌ی ماهی مرکب بااستفاده از آنزیم آلکالاز و پروتامکس (در سطوح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) بر خصوصیات کیفی ماست قالبی کم‌چرب، Aziznia و همکاران (۲۰۰۸)، در استفاده از کنسانتره پروتئین آب پنیر (۷/۵، ۱۵ و ۲۰ گرم در لیتر) و کتیرا (۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ گرم در لیتر) به عنوان جایگزین چربی در ماست بدون چربی و تاثیرات آن بر خصوصیات کیفی ماست ، Guven و همکاران (۲۰۰۵)، در بررسی تاثیر افزودن اینولین (۱، ۲ و ۳ درصد) به ماست کم‌چرب به عنوان جایگزین چربی، Domagala و همکاران (۲۰۰۶)، در بررسی تاثیر مالتودکسترین (۱، ۲ و ۳ درصد) بر روی ویژگی های رئولوژیکی و بافت ماست بدون چربی به عنوان جایگزین چربی، Sahan و همکاران (۲۰۰۸)، در بررسی تاثیر افزودن بتاگلوکان (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ درصد) بر ماست کم‌چرب، اشاره داشت. در پژوهش حاضر، از آنزیم فلاورزایم که یک پروتئاز میکروبی بوده و از قارچ *Aspergillus oryzae* ایزوله می‌گردد و دامنه دما و pH برای فعالیت این آنزیم به‌ترتیب ۷۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد و ۷-۵ می‌باشد (اویسی‌پور و همکاران، ۱۳۸۹الف)، برای تهیه پروتئین آبکافتی فیله گاوماهی خزری استفاده شد. خواص عملکردی پروتئین آبکافتی حاصله و تاثیر استفاده از آن در فرمولاسیون ماست قالبی کم‌چرب بر برخی از خواص رئولوژیکی، حسی و هم‌چنین اسیدیته محصول مورد نظر، مورد ارزیابی قرار گرفت

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد مورد استفاده

گاوماهی به صورت تازه از تعاونی‌های پره شهر ساری به تعداد ۵ قطعه و وزن تقریبی ۲ کیلوگرم و اندازه تقریبی ۱۸-۲۲سانتی‌متر خریداری و طی یک زنجیره سرد (جعبه یونولیتی به صورت پوشیده‌شده با یخ با نسبت ماهی به یخ ۱: ۳) به آزمایشگاه منتقل گردید. آنزیم فلاورزایم از شرکت (Novozym آلمان) و بقیه مواد مصرفی از شرکت (Merck آلمان) تهیه شد. روغن مصرفی در آزمایش، روغن سویا محصول شرکت غنچه بهشهر بود.

۲-۲-روش‌ها

۲-۲-۱-آماده‌سازی پودر پروتئین آبکافتی

به‌منظور آماده‌سازی نمونه‌ها ابتدا ماهی مورد نظر در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد (دمای یخچال) انجمادزدایی گردید. سپس چرخ شده و با آب مقطر به نسبت (۲:۱ v/w) مخلوط شد و به مدت ۲ دقیقه هموژن شد. برای غیرفعال کردن آنزیم‌های داخلی از حمام آب گرم (بن‌ماری) به مدت زمان ۲۰ دقیقه و دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. غلظت آنزیم فلاورزایم ۱/۵ درصد میزان پروتئین (v/w آنزیم به سوبسترا)، دما ۵۵ درجه سانتی‌گراد، pH ۸ و مدت آبکافت دو ساعت در نظر گرفته شد. سپس نمونه برای غیرفعال‌سازی آنزیم فلاورزایم، در حمام آب گرم به مدت ۱۵دقیقه و دمای ۹۰ درجه‌سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از سانتریفوژ

نمونه در سانتریفوژ یخچال‌دار و جداسازی مواد غیرمحلول از پروتئین‌های محلول، نمونه به دست آمده با استفاده از خشک کن انجمادی، خشک و پودر شده و خصوصیات کارکردی و رئولوژیکی آن مورد بررسی قرار گرفت (Ovissipour et al., 2012). پودر خشک شده در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

۲-۲-۲-آماده‌سازی ماست

ابتدا شیر را تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده سپس دمای آن تا ۴۲ درجه سانتی‌گراد سرد شد، ماده خشک شیر (شیر خشک) را اضافه کرده و در محدوده ۱۰ درصد تنظیم گردید (۲/۵ درصد چربی). دمای شیر مجددا با استفاده از حمام آب گرم به ۴۵ درجه سانتی‌گراد رسانده و پس از آن پروتئین آبکافتی تهیه شده با آنزیم فلاورزایم (دارای ۱/۳ درصد چربی) با ۳ سطح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد افزوده شد (یک نمونه ماست بدون پروتئین آبکافتی به عنوان شاهد در نظر گرفته شد) و با استفاده از هموژنایزر در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد همگن گردید شیر همگن‌شده به مدت ۵ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد تحت فرایند حرارتی قرار گرفته و سپس تا رسیدن به دمای ۴۲-۴۳ درجه سانتی‌گراد در حمام آب سرد گذاشته شد. در این دما استارتر (باکتری‌های استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس بولگاریکوس) به مخلوط اضافه گردیده و سپس مخلوط حاصل در ظروف بسته‌بندی ریخته شد و پس از درب‌بندی تا رسیدن به pH ۴/۷-۴/۴ در دمای ۴۵-۴۳ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری گردید. پس از اتمام زمان انکوباسیون، نمونه‌ها در یخچال تا زمان انجام آزمون نگهداری شدند (رفتنی امیری و همکاران، ۱۳۹۴).

۲-۳-روش‌های اندازه‌گیری پارامترهای پروتئین آبکافتی

۲-۳-۱- ترکیب شیمیایی و درجه‌ی آبکافت پروتئین آبکافتی

اندازه‌گیری درصد پروتئین به روش کلدال (معتمدزادگان و حدیدی، ۱۳۹۱) و درصد چربی به روش سوکسله انجام شد (پروانه، ۱۳۸۹). مقدار خاکستر و رطوبت نمونه با استفاده از روش پروانه (۱۳۸۹) سنجش شد. درجه‌ی آبکافت (DH[1]) بر اساس روش Hoyle و Merritt (۱۹۹۴) تعیین شد. پس از آبکافت، فاز محلول حاوی پروتئین آبکافت جدا و محلول تری کلرواستیک اسید (TCA) ۲۰٪ به نسبت ۱:۱ به آن اضافه گردید، نمونه به مدت ۱۰ دقیقه (۶۰۰۰ دور در دقیقه، دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد) سانتریفوژ شد و محلول تری‌کلرواستیک‌اسید ۱۰٪ شفاف حاوی پروتئین‌های محلول جمع‌آوری شد. سپس درجه آبکافت بر اساس رابطه زیر محاسبه گردید:

DH= (نیتروژن کل در نمونه / نیتروژن موجود در محلول ۱۰درصد تری کلرواستیک اسید) ×۱۰۰

سنجش نیتروژن محلول با استفاده از روش بیورت انجام شد (Layne, 1957).

۲-۳-۲-حلالیت پروتئین آبکافتی

نمونه پروتئین آبکافتی با آب مقطر به نسبت (۱ درصد w/v) مخلوط گردید و pH آن با محلول HCl یا NaOH یک نرمال معادل ۶ تنظیم شد. بعد از اینکه سه دقیقه در دمای اتاق باقی ماند، مخلوط حاصل در دستگاه سانتریفوژ با دور ۱۲۰۰۰g به مدت ۲۰ دقیقه قرار داده شد. میزان نیتروژن محلول در مایع رویی با روش بیورت (Layne, 1957) سنجیده شد و حلالیت از رابطه زیر محاسبه شد (Souissi et al., 2007).

حلالیت نیتروژن (٪)= غلظت نیتروژن مایع رویی × ۱۰۰/غلظت نیتروژن کل نمونه

۲-۳-۳-ظرفیت جذب آب و روغن پروتئین آبکافتی

برای تعیین ظرفیت جذب آب، ۱۰۰ میلی‌گرم نمونه پروتئین آبکافتی با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت

1- Degree of Hydrolysis

g×۱۸۰۰ سانتریفوژ و فاز رویی تخلیه شد، اختلاف حجم فاز رویی و حجم اولیه آب (۱۰ میلی‌لیتر) به عنوان ظرفیت جذب آب بر حسب میلی‌لیتر در گرم پروتئین گزارش شد (Rodríguez- Ambriz et al., 2005). برای تعیین ظرفیت جذب روغن، ابتدا ۰/۵ گرم از پروتئین آبکافتی در فالکون ۵۰ میلی‌لیتری ریخته شده و با ۱۰ میلی‌لیتر روغن ذرت مخلوط گردید، مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق (۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد) انکوبه گردید و هر ۱۰ دقیقه، ۳۰ ثانیه هم زده شد. سپس به مدت ۲۵ دقیقه با سرعت g ×۲۰۰۰ سانتریفوژ و حجم سوپرناتانت وزن شد، جذب چربی به صورت میلی‌لیتر چربی در گرم پروتئین آبکافتی گزارش شد. چسبندگی روغن به لوله آزمایش از قبل محاسبه شد (Souissi et al., 2007).

۲-۴-۳-ظرفیت کف زایی و پایداری کف پروتئین آبکافتی

برای تعیین ظرفیت کف‌زایی ابتدا ۲۰ میلی‌لیتر محلول ۳ درصد پروتئینی تهیه شده و در استوانه مدرج ۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد. سپس به مدت یک دقیقه با التراتراکس (مدل T25، IKA، ساخت آلمان) با سرعت ۱۰۰۰۰ دور بر دقیقه هم زده شد. حجم مخلوط نهایی قرائت شد. درصد افزایش حجم در زمان صفر نسبت به حجم محلول اولیه به عنوان ظرفیت کف‌زایی در نظر گرفته شد و مطابق رابطه زیر محاسبه شد.

ظرفیت کف‌زایی (درصد)= {(A-B) /B}×100

A= حجم نمونه پس از هم‌زدن (میلی‌لیتر)، B= حجم نمونه قبل از هم‌زدن (میلی‌لیتر)

برای محاسبه میزان پایداری کف، نمونه هم‌زده شده به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری و حجم نمونه یادداشت شد و با استفاده از رابطه زیر، به عنوان شاخص پایداری کف گزارش شد (شکرپوررودباری و همکاران، ۱۳۹۵).

پایداری کف (درصد)= {(A-B) /B}×100

A= حجم نمونه بعد از ۳۰ دقیقه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد (میلی‌لیتر)، B= حجم نمونه قبل از هم‌زدن (میلی‌لیتر)

۲-۴- روش اندازه‌گیری پارامترهای ماست

۲-۴-۱- pH و اسیدیته ماست

pH نمونه‌ها با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتالی در دو نوبت بلافاصله بعد از گرمخانه‌گذاری و سه روز پس از سردشدن در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. اسیدیته قابل تیتراسیون نمونه‌ها پس از مخلوط‌کردن ۱۰ گرم از نمونه‌ها با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر و تیتراسیون با استفاده از سود ۰/۱ نرمال و ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فنل‌فتالئین تا ظاهرشدن رنگ صورتی کم‌رنگ (pH=۸/۳) انجام گرفت (رفتنی امیری و همکاران، ۱۳۹۴).

۲-۴-۲- ویسکوزیته ماست

ویسکوزیته یا گرانروی با استفاده از ویسکومتر (Brookfield DV II, USA)اندازه‌گیری شد. در این آزمون اسپیندل شماره ۶۴ به عنوان اسپیندل مناسب مورد استفاده قرار گرفته و ویسکوزیته تمام نمونه‌ها پس از سه روز نگهداری پس از سردکردن در شرایط یکسان با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و سرعت rpm ۱۰ پس از ۶۰ ثانیه اندازه‌گیری شد (رفتنی امیری و همکاران، ۱۳۹۴).

۲-۴-۳- میزان آب‌اندازی و ظرفیت نگهداری آب ماست

برای اندازه‌گیری میزان آب‌اندازی، آب تجمع‌یافته در سطح نمونه‌ها پس از سه روز نگهداری در یخچال جمع‌آوری و توزین گردید و میزان آب جداشده در ۱۰۰ گرم نمونه به عنوان درصد آب اندازی بیان شد (رفتنی امیری و همکاران، ۱۳۹۴). برای اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری، پس از سه روز نگهداری نمونه در یخچال، ۵ گرم از آن در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲۸ دقیقه در سانتریفوژ با دور rpm ۴۵۰۰ قرار داده شد. پس از سانتریفوژ، فاز آبی برداشته و فاز رسوبی جمع‌آوری شده و توزین شد. سپس از طریق رابطه‌ی زیر، ظرفیت جذب آب بدست آمد (Sahan et al., 2007).

$$WHC^{1}=\left[1-\frac{W_t}{W_i}\right]\times 100$$

WHC= ظرفیت نگهداری آب W_t= وزن فاز رسوبی پایانی، W_i= وزن نمونه اولیه

۲-٤-٤- آزمون سنجش بافت ماست

بررسی ویژگی‌های بافتی ماست با استفاده از دستگاه سنجش بافت (Santam,Iran,stm5) انجام گرفت. در این آزمون از سلول بارگذاری ۶ کیلوگرم و پروپ استوانه‌ای با قطر ۲۰ میلی‌متر استفاده شد. قطر دهانه ظرف مورد استفاده ۷۰ میلی‌متر، سرعت نفوذ پروپ ۳۰ میلی‌متر در دقیقه و عمق نفوذ ۳۰ میلی‌متر بود. سپس مدول الاستیک یعنی شیب خط در ناحیه خطی برای هر نمودار نیرو -فاصله اندازه‌گیری شد (افشارنیک و همکاران، ۱۳۹۱).

۲-٤-٥- ارزیابی حسی ماست

پس از آموزش‌های مقدماتی تعداد ۱۵ نفر به عنوان ارزیاب آموزش‌دیده انتخاب و با استفاده از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای نمونه‌های ماست تهیه‌شده، به لحاظ ظاهر، قوام، بو و طعم ارزیابی شدند. به این ترتیب که حداکثر نمره ۵ به منزله عالی‌بودن نمونه و ۱ کمترین نمره که نشان‌دهنده خیلی بد بودن نمونه بود (امیری‌عقدایی و همکاران، ۱۳۸۹ الف).

۲-٤-٦- آنالیز آماری

این آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با ۴ تیمار ماست با مقادیر مختلف پروتئین آبکافتی (ماست تهیه‌شده با ۴ سطح صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد از پروتئین آبکافتی) و هر تیمار سه تکرار انجام شد و تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده به روش آنالیز واریانس یک‌طرفه (One Way ANOVA) انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون آماری دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد استفاده شد. از نرم‌افزار SPSS۲۲ برای آنالیز آماری و از نرم‌افزار Excel برای رسم نمودارها استفاده گردید.

۳- نتایج وبحث

۳-۱- ترکیب شیمیایی بافت ماهی قبل از آبکافت و پودر پروتئین‌آبکافتی

نتایج مربوط به ترکیب شیمیایی (جدول ۱) نشان می‌دهد که میزان پروتئین در پودر پروتئین آبکافتی نسبت به نمونه خام قبل از آبکافت، افزایش یافت و برابر با ۸۵/۲۷ درصد بود و مشابه نتایج سایر محققین که میزان مناسب پروتئین در پروتئین آبکافتی آبزیان را بین ۶۳ الی ۹۰ درصد گزارش نمودند می‌باشد (Kristinsson and Rasco, 2000؛ Ovissipour et al., 2009). میزان چربی در ماده‌ی خام اولیه ۲/۴۴ درصد بود، اما پس از انجام عمل آبکافت از میزان چربی کاسته شد و به ۱/۳ درصد رسید. در فرایند آبکافت به دلیل شکستن بیشتر باندهای پپتیدی و در نتیجه تولید پروتئین با وزن مولکولی پایین، حلالیت در آب بیشتر می‌شود و در نتیجه بازیابی پروتئین بالا می‌رود (اویسی‌پور و همکاران، ۱۳۸۹ب؛ زمانپور و همکاران، ۱۳۹۲). شکسته‌شدن باندهای پپتیدی و سانتریفوژ نمونه‌ها باعث می‌شود در طی سانتریفوژ با دور بالا، چربی به پروتئین‌های نامحلول متصل شده و در دکانتور جدا شده و در نتیجه درصد چربی نمونه پروتئین آبکافتی کاهش یابد. پروتئین‌های‌آبکافتی به عنوان فرآورده‌های کم‌چرب شناخته شده‌اند که می‌تواند فرآورده را از اکسیدشدن و فساد چربی، مصون نگه‌دارد (Shahidi and Onodenalore, 1995؛ Ovissipour et al., 2009). میزان خاکستر در نمونه‌ی آبکافتی نسبت به ماده‌ی خام اولیه افزایش یافت. علت این امر، افزایش میزان ماده‌ی خشک و نیز کاربرد اسیدکلریدریک و هیدروکسیدسدیم برای تنظیم pH در طی واکنش گزارش شده است (اویسی‌پور و همکاران، ۱۳۸۹ب؛ زمانپور و همکاران، ۱۳۹۲). میزان رطوبت نیز در پروتئین‌آبکافتی نسبت به نمونه ماهی قبل از آبکافت کاهش داشته است، در مطالعات قبلی نیز کاهش میزان رطوبت و افزایش خاکستر در پروتئین آبکافتی گزارش شده است (اویسی‌پور و همکاران، ۱۳۸۹ب؛ Taheri et al., 2012). در مطالعه رفتنی‌امیری و همکاران (۱۳۹۴)، پروتئین آبکافتی ماهی مرکب

1-Water Holding Capacity

(*Sepia pharaonis*) با استفاده از آنزیم آلکالاز و پروتامکس به ترتیب حاوی ۱/۴۴±۹۲/۳۵ و ۲/۲۱±۸۹/۶۷ درصد پروتئین، ۰/۰۵±۰/۹ و ۰/۰۷±۱/۲۱ درصد چربی، ۰/۰۴±۴/۱۱ و ۰/۱۲±۵/۸۷ درصد رطوبت و ۰/۷۱±۱/۲۵ و ۰/۳۲±۲/۴۵ درصد خاکستر بود. رمضان‌زاده و همکاران (۱۳۹۴)، مقادیر پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر پروتئین آبکافتی حاصل از پوست ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با آنزیم آلکالاز را به‌ترتیب ۱/۰۱±۳۱/۶۸، ۰/۲±۱/۳۷، ۰/۷۵±۶۴/۸۸، ۰/۵۳±۲/۷۱ درصد و درجه آبکافت پس از ۴ ساعت به میزان ۴۶/۷ درصد بدست آوردند. Taheri و همکاران (۲۰۱۲) طی تحقیقات خود بر روی مقایسه خواص عملکردی پروتئین آبکافتی حاصل از امعاء و احشاء ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و ضایعات مرغ با استفاده از آنزیم آلکالاز گزارش دادند که پروتئین‌آبکافتی حاصله دارای ۸۴/۶۶ درصد پروتئین، ۰/۷ درصد چربی، ۴/۷۰ درصد خاکستر و ۳/۷۸ درصد رطوبت بوده است.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی ماده‌ی خام و پودرپروتئین آبکافتی (درصد وزن خشک)

نمونه	پروتئین (درصد)	چربی (درصد)	رطوبت (درصد)	خاکستر (درصد)
نمونه خام	۲۰/۲۷±۰/۵۹	۲/٤٤±۰/۱۸	۷۵/۰٦±۰/۰٦	۲/۷٦±۰/۱٦
پروتئین‌آبکافتی	۸۵/۲۷±۰/۰٤	۱/۳±۰/۰٤	۹/۵۹±۰/٤۷	۳/۲۱±۰/۱۳

۳-۲- درجه‌ی آبکافت و خواص عملکردی پروتئین آبکافتی

درجه‌ی‌آبکافت بدست‌آمده از آبکافت آنزیمی گاوماهی (*Neogobius caspius*) با آنزیم فلاورزایم در مطالعه‌ی حاضر ۴۷/۵۲±۰/۲ درصد بوده است. کنترل درجه‌ی‌آبکافت یکی از مهم‌ترین فاکتورها جهت بررسی خواص پروتئین‌های آبکافتی است که میزان شکسته شدن باندهای پپتیدی را بیان نموده و بسیاری از خواص پروتئین‌آبکافتی، از جمله میزان اسیدهای آمینه آزاد، میزان انحلال‌پذیری و وزن مولکولی پروتئین تولیدشده، وابسته به شدت و درجه‌ی‌آبکافت می‌باشد. درجه‌ی‌آبکافت وابسته به متغیرهایی نظیر نسبت آنزیم به سوبسترا، دما و pH می‌باشد (علی‌عسگری رنانی و همکاران، ۱۳۹۶). بر اساس مطالعات زمانپور و همکاران (۱۳۹۲)، درجه آبکافت تنها شاخصی است که منجر به بازگشت بیشتر پروتئین می‌گردد. هر چه درجه آبکافت بالاتر باشد، میزان پروتئین بیشتر می‌شود که به دلیل شکستن بیشتر باندهای پپتیدی و در نتیجه تولید پروتئین با وزن مولکولی پایین، حلالیت در آب بیشتر می شود. در مطالعه‌ای که توسط سلیمانی و همکاران (۱۳۹۴)، برروی ارزیابی فعالیت ضداکسیدانی پروتئین آبکافتی ماهی کیلکای معمولی (*Clupeonella cultriventris caspia*) با استفاده از آنزیم آلکالاز انجام شد، نشان داده شد که میزان آبکافت به طور معنا داری تحت تأثیر زمان آبکافت قرار دارد، به طوری که بالاترین میزان درجه آبکافت در این مطالعه، در زمان ۲۴۰ دقیقه و مقدار ۵۵/۸ درصد بوده است. رمضان‌زاده و همکاران (۱۳۹۵)، نیز طی مطالعه‌ای بر روی آبکافت آنزیمی ژلاتین پوست ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بوسیله آنزیم آلکالاز، درجه آبکافت پروتئین را وابسته به ماهیت سوبسترا، آنزیم و شرایط واکنش دانستند و در پایان ساعت چهارم، درجه آبکافت نسبتا بالایی(۴۶/۷ درصد) مشاهده نمودند چرا که فعالیت بیشتر آنزیم در نتیجه مدت زمان بیشتر تماس با سوبسترا سبب آبکافت بیشتر می‌گردد. حلالیت پروتئین‌آبکافتی طبق نتایج بدست‌آمده در مطالعه حاضر بسیار بالا بوده است. در pH ۶ حلالیت پروتئین آبکافتی برابر با ۰/۴۸±۹۰/۹۲ درصد بدست آمد. با توجه به اینکه هر چه بر میزان درجه آبکافت افزوده شود، پپتیدهایی با طول زنجیره کمتر (وزن مولکولی کمتر) حاصل می‌شود و کوچک‌تر بودن طول زنجیره پپتیدها با حلالیت پروتئین رابطه مستقیم دارد (Kristinsson and Rasco, 2000)،

لذا می‌توان حلالیت بالای پروتئین آبکافتی حاصل از مطالعه‌ی حاضر را به علت بالابودن میزان درجه آبکافت دانست. Taheri و همکاران (۲۰۱۲) حلالیت پروتئین‌آبکافتی حاصل از سر و امعاء و احشاء ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و ضایعات مرغ با استفاده از آنزیم آلکالاز را در تمامی pH های مورد بررسی (۲-۱۲) بالای ۸۰ درصد گزارش کردند، ضمن اینکه حداقل حلالیت در ۴ pH (حدود ۸۵ درصد) و حداکثر آن در ۱۱ pH (نزدیک به ۱۰۰ درصد) تعیین شد. هم‌چنین حلالیت پروتئین‌های آبکافتی که از فیله ماهی نرم باله خوراکی اقیانوس آرام (*Merluccuis productus*) توسط Klampong و همکاران (۲۰۰۷) با سه درجه آبکافت ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد با آنزیم آلکالاز و فلاورزایم تهیه شد، در pH های ۴، ۷ و ۱۰ تقریبا ۱۰۰ درصد بوده است. نتایج تحقیق حاضر، حاکی از ظرفیت پایین این پروتئین برای جذب روغن (۰/۱۳±۲/۲۴ میلی‌لیتر در گرم) بود. Souissi و همکاران (۲۰۰۷)، براساس مطالعات خود بر روی ظرفیت جذب روغن پروتئین آبکافتی ماهی ساردین (*Sardinella aurita*) به این نتیجه رسیدند که ارتباط مشخصی بین درجه آبکافت و ظرفیت جذب چربی وجود ندارد و ظرفیت جذب روغن را برای پروتئین آبکافتی از ماهی ساردین با درجه آبکافت‌های ۶/۶۲، ۹/۳۱ و ۱۰/۱۶ درصد به ترتیب ۰/۹۱۱، ۲/۱۹ و ۱/۵۲ میلی‌لیتر بر گرم بدست آوردند. هم‌چنین بیان کردند که علت بالاتربودن جذب چربی در پروتئین آبکافتی با درجه آبکافت ۹/۳۱ نسبت به پروتئین آبکافتی با درجه آبکافت ۶/۶۲، آزادسازی بیشتر پپتیدهای آن است، با این حال با افزایش بیشتر آبکافت و شکسته‌شدن بیشتر پیوندهای پپتیدی، کاهش جذب چربی در پروتئین آبکافتی با درجه آبکافت ۱۰/۱۶ به دست آمد. علی‌عسگری رنانی و همکاران (۱۳۹۳)، با تحقیق خود برروی خواص‌کارکردی پودر پروتئینی تهیه‌شده از ماهی مرکب ببری (*Sepia pharaonis*) به روش آبکافت بیوشیمیایی با آنزیم آلکالاز در سطوح (۱، ۱/۵ و ۲ درصد) دریافتند که ظرفیت جذب چربی پروتئین آبکافتی سر و بازوی ماهی مرکب برابر با ۰/۴ میلی‌لیتر بر گرم پروتئین می‌باشد که بیانگر ظرفیت پایین این پروتئین برای جذب چربی بود. Sativel و همکاران (۲۰۰۴)، در مطالعه‌ی خواص کاربردی پروتئین آبکافتی ماهی هرینگ (*Clupea harengus*) دریافتند که پروتئین آبکافتی حاصل از بدن ماهی ، قدرت جذب روغن (۵/۵ میلی‌لیتر بر گرم پروتئین) قابل مقایسه با آلبومین تخم‌مرغ (۵/۱ میلی‌لیتر بر گرم پروتئین) را دارد. در مطالعه حاضر، ظرفیت جذب آب پروتئین آبکافتی گاوماهی ۴/۴۰±۰/۲۹ میلی‌لیتر در گرم به دست آمد. ظرفیت جذب آب به عواملی همانند نسبت و تعداد گروه‌های قطبی و غیر قطبی (آمینواسیدهای آبدوست و آب‌گریز) بستگی دارد به گونه‌ای که هر چه گروه‌های قطبی کربوکسیل و آمین در پروتئین بیشتر باشد، قابلیت جذب و نگهداری آب افزایش می‌یابد (Kristinsson and Rasco, 2000). در میان آمینواسیدها وجود آمینواسیدهای گلوتامیک اسید و آسپارتیک اسید در پروتئین آبکافتی موجب افزایش ظرفیت جذب آب می‌شود (Deeslie and Cheryan, 1988). ظرفیت نگهداری و جذب آب در پروتئین آبکافتی حاصل از اندرونه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با استفاده از آنزیم نئوتراز و پروتامکس حدود ۴/۵ (ریحانی‌پول و همکاران، ۱۳۹۷) و پروتئین آبکافتی حاصل از فریم و سر ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) با استفاده از نئوتراز ۴/۲۹ میلی‌لیتر در گرم (ریحانی‌پول و جعفرپور، ۱۳۹۶) به دست آمد. در پروتئین آبکافتی تهیه شده از پوست ماهی کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*)، با افزایش درجه آبکافت از ۵/۰۲ تا ۱۴/۹، ظرفیت نگهداری آب از ۲ تا ۴/۹ میلی‌لیتر در گرم افزایش یافت که این امر را به افزایش گروه‌های قطبی کربوکسیل و آمین در طی آبکافت نسبت دادند (Wasswa et al., 2007). طبق نتایج بدست‌آمده از مطالعه حاضر، ظرفیت کف‌زایی ۱۰۶/۴۷±۳/۱۸ درصد بدست آمد و همچنین نتیجه شاخص پایداری کف نیز ۶۷/۳۸±۲/۲ درصد بوده است که تحت تاثیر دو عامل pH و نوع آنزیم می‌باشد. pH بیشینه شاخص‌های ظرفیت کف‌زایی و پایداری کف می‌تواند باهم متفاوت باشد و تولید حجم زیاد کف نمی‌تواند تضمینی

برای پایداری زیاد کف باشد. به بیان دیگر می‌توان اظهار کرد که در یک pH که احتمال ایجاد ظرفیت کف‌زایی بالا وجود دارد، ممکن است از نظر پایداری کف ضعیف عمل نماید. تشکیل کف تحت‌تاثیر عوامل متفاوتی از جمله انتقال، نفوذ و سازماندهی مجدد مولکول‌ها در سطح مشترک هوا و آب است (Wilde and Clark, 1996). پروتئینی دارای قدرت کف‌زایی بالاتر است که با سرعت بیشتری به سطح مشترک بین آب-هوا رسیده و ساختار آن با کاهش کشش سطحی، از حالت پیچ خورده بیرون آمده و بازسازی گردد. پروفیل اسیدآمینه پروتئین آبکافتی از عواملی است که در پایداری کف موثر است. وجود دو آمینواسید هیدروکسی‌پرولین و هیدروکسی‌لایزین در پروتئین‌های آبکافتی موجب افزایش شمار پیوندهای هیدروژنی و به دنبال آن تراکم بار پروتئین می‌شود. این دو آمینواسید موجب پایداری کف می‌شوند. بنابراین در پروتئین آبکافتی که غلظت این دو اسیدآمینه بالاست پایداری کف به میزان مطلوب مورد انتظار است (ریحانی‌پول و همکاران، ۱۳۹۷؛ Taheri et al., 2012). شکرپور رودباری و همکاران (۱۳۹۵) در مورد پروتئین آبکافتی گوشت کوسه چانه‌سفید (*Carcharhinu dussumieri*) دریافتند که پایداری کف طی نگهداری در دمای محیط کاهش یافته و کف تشکیل‌شده بعد از ۶۰ دقیقه کاملا از بین می‌رود. در مطالعه Klampong و همکاران (۲۰۰۷) ظرفیت کف‌زایی و پایداری کف با افزایش درجه آبکافت، کاهش یافت. بررسی ظرفیت کف‌زایی پروتئین آبکافتی حاصل از سر و امعاء و احشاء ماهی ساردین (*Sardinella aurita*) توسط Souissi و همکاران (۲۰۰۷) با درجه آبکافت ۶/۶۲ (در pH های ۴، ۶ و ۷) نشان داد که با افزایش pH ظرفیت کف‌زایی کاهش و از حدود ۱۲۰ درصد در pH ۴ به حدود ۱۰۰ درصد در pH ۷ رسید. دلیل این امر را وجود پپتیدهایی با اندازه کوچک دانستند که مانع از تشکیل یک فیلم پایدار اطراف حباب‌های گازی می‌شود و هم‌چنین گزارش کردند که آبکافت طولانی‌مدت موجب ظاهرشدن پپتیدهای آبدوست می‌شود.

۳-۳- ویسکوزیته ظاهری ماست

ویسکوزیته یکی از فاکتورهای مهم و تاثیرگذار بر روی کیفیت بافت محصول نهایی می‌باشد. نتایج مطالعه حاضر موید آن است که با افزودن پروتئین آبکافتی، ویسکوزیته ظاهری ماست به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۲؛ $p<۰/۰۵$) که این امر ممکن است به دلیل افزایش ماده خشک (Sakandar et al., 2014) و نیز ناشی از پیوند پروتئین اضافه‌شده با آب آزاد و کاهش جریان‌پذیری، درگیرکردن شبکه کازئین و افزایش مقاومت نمونه در برابر جاری‌شدن باشد (Aziznia et al., 2008). بیشترین و کم‌ترین مقدار به‌ترتیب مربوط به نمونه‌های ۱/۵ درصد و نمونه‌ی شاهد بود. نتایج مطالعات رفتنی‌امیری و همکاران (۱۳۹۴) حاکی از آن بود که افزودن پروتئین آبکافتی توسط هر دو آنزیم آلکالاز (در سطوح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) و پروتامکس (در سطوح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) موجب افزایش ویسکوزیته تیمارها شده است، که مطالعه حاضر با این مطالعه مطابقت دارد. Samadi Jirdehi و همکاران (۲۰۱۳) اعلام‌کردند با افزودن کامپوزیت بتاگلوکان به ماست کم‌چرب به میزان ویسکوزیته افزوده می‌شود که علت این امر را ترتیب مجدد پروتئین و اتصال پروتئین-پروتئین بیان کردند. Motamedzadegan و Ebdali (۲۰۱۳) گزارش کردند که بر اساس نتایج به دست آمده به دلیل برقراری پیوند بین آب آزاد موجود در بافت با ژلاتین، افزودن ژلاتین و ماده خشک به ماست قالبی بدون‌چربی سبب افزایش روند گرانروی محصول می‌شود که این قابلیت می‌تواند تا حدودی سبب اصلاح نواقص ایجاد شده در بافت بر اثر حذف چربی شود.

جدول ۲- میانگین ویسکوزیته، آب‌اندازی، ظرفیت نگهداری آب، pH و اسیدیته در ماست کم‌چرب حاوی سطوح مختلف پروتئین‌آبکافتی بافت گاوماهی (صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد)

نمونه ماست (درصد)	ویسکوزیته (mpa.s)	درصد آب‌اندازی (درصد)	ظرفیت نگهداری آب (درصد)	pH	اسیدیته
صفر (شاهد)	۱۲۶۰/۳۱±۱۴/۲۷^{d}	٤/۹٤±۰/۰٤^{a}	٦۸/۳۲±۰/۰۱٦^{b}	٤/٦٤±۰/۰٦^{a}	۰/۷۵±۰/۰۵^{b}
۰/۵	۳۱۲۵/٤۰±۳۵/۲۹^{c}	۱/۷۵±۰/۰۲^{b}	٦۸/۱۲±۰/۸۰^{b}	٤/٤۹±۰/۰۳^{b}	۰/۹٤±۰/۰۱^{a}
۱	۳٤۱۵/٤۱±٤۹/۲۷^{b}	۰/٦۱±۰/۰۱^{c}	٦۹/٦۲±۰/۰۷^{ab}	٤/۳۱±۰/۰۲^{c}	۰/۹٤±۰/۰۳^{a}
۱/۵	۳٦۹۰/٤٤±۱٤/۱۷^{a}	۰/۵٦±۰/۰۲^{c}	۷۰/٦٤±۰/۷۵^{a}	٤/۲۵±۰/۰۵^{c}	۰/۸٤±۰/۰۳^{ab}

اعداد به صورت میانگین ۳ تکرار ± انحراف‌معیار، حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار می‌باشد ($p<۰/۰۵$).

۳-٤- میزان آب‌اندازی و ظرفیت نگهداری‌آب ماست

در بین تیمارهای مربوط به مطالعه حاضر کمترین میزان ظرفیت نگهداری آب مربوط به نمونه شاهد و ۰/۵ درصد بوده است که با تیمار ۱ درصد تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۲؛ $p>۰/۰۵$) و بیشترین مقدار در تیمار ۱/۵ درصد مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). عدم تغییر معنی‌دار ظرفیت نگهداری آب در تیمار ۰/۵ و ۱ درصد پروتئین آبکافتی ممکن است به این دلیل باشد که پروتئین آبکافتی در دو تیمار مذکور قادر به بهبود ساختار ژلی ماست نسبت به تیمار شاهد نبود. در مطالعه حاضر بیش‌ترین میزان آب‌اندازی مربوط به نمونه شاهد بود و در تیمارهای حاوی پروتئین آبکافتی میزان آب‌اندازی کاهش یافت ($p<۰/۰۵$). یکی از معایب عمده ماست آب‌اندازی است که در واقع به ظهور سرم یا آب پنیر در سطح ماست اطلاق می‌شود. آب‌اندازی در ماست به دلیل چروکیدگی ساختار سه‌بعدی شبکه پروتئینی رخ می‌دهد که منجر به کاهش قدرت اتصال پروتئین‌های آب پنیر وخروج آن از ماست می‌گردد. به نظر می‌رسد که آب‌اندازی به میزان گسترده‌ای با مقدار ترکیبات کازئینی شیر و یا افزودن پایدارکننده‌ها ارتباط دارد. مطالعات رفتنی‌امیری و همکاران (۱۳۹۴) نشان داد که با افزودن پروتئین آبکافتی ماهی مرکب (*Sepia pharaonis*) به ماست کم‌چرب همانند مطالعه حاضر، میزان آب‌اندازی کاهش و میزان ظرفیت نگهداری آب ماست کم‌چرب افزایش می‌یابد، اما در مورد استفاده از پروتئین آبکافتی با آنزیم پروتامکس گزارش شد که در غلظت‌های بالا (غلظت‌های ۱ و ۱/۵ درصد) ظرفیت نگهداری آب مجددا کاهش می‌یابد. امیری‌عقدایی و همکاران (۱۳۸۹ ب) نشان دادند که افزودن موسیلاژ دانه ریحان (در سطوح ۰/۱، ۰/۱۵ و ۰/۲ درصد) به ماست کم‌چرب باعث کاهش میزان آب‌اندازی نمونه ها شد و با افزایش غلظت موسیلاژ (تا مقادیر ۰/۱۵ درصد) در نمونه های ماست، میزان آب اندازی نیز روندی نزولی داشت، که علت این اتفاق را ایجاد شبکه ژلی متراکم‌تر در مقایسه با نمونه های کنترل در نتیجه خاصیت جذب آب هیدروکلوئید موجود در نمونه گزارش نمودند و هم چنین افزودن این موسیلاژ به ماست سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب نسبت به نمونه‌های کنترل شد و با افزایش غلظت هیدروکلویید خاصیت نگهداری آب افزایش یافت. علت این امر را به بیش‌تر بودن ماده جامد کل با افزایش غلظت هیدروکلویید ماست‌های تولید شده نسبت دادند که موجب ساختار متراکم‌تر و افزایش ظرفیت نگهداری آب آن ها شد. افزایش ظرفیت نگهداری آب در مطالعه حاضر نیز ممکن است به همین دلیل باشد. مطالعات انجام‌شده توسط Nikpoor و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که آب‌اندازی در نمونه‌های ماست بدون چربی حاوی بتاگلوکان (۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد) به علت تعامل پلی‌ساکارید بتاگلوکان با کازئین شیر افزایش می‌یابد که مطالعه حاضر با این مطالعه مغایرت دارد که ممکن است به دلیل تفاوت ماهیت ماده افزوده شده با پروتئین آبکافتی باشد. Motamedzadegan و همکاران (۲۰۱۵)، در تحقیق

خود در ارتباط با اثر نوع ژلاتین (۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ درصد) با قدرت تشکیل ژل بالا و پایین بر ویژگی‌های کاربردی ماست قالبی فاقد چربی، افزایش در ظرفیت نگهداری آب در داخل شبکه را به وجود ژلاتین و در نتیجه افزایش استحکام ژل به دلیل افزایش قدرت پیوند پروتئین‌های آب پنیر نسبت دادند.

۳-۵-pH و اسیدیته

بیش‌ترین میزان pH در نمونه‌ی شاهد به دست آمد و در بین تیمارهای حاوی پروتئین آبکافتی بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار به‌ترتیب در نمونه‌های ۰/۵ درصد و ۱ درصد بود. در تیمارهای حاوی پروتئین با افزایش غلظت پروتئین آبکافتی از ۰/۵ به ۱ درصد میزان PH افزایش نشان داد (جدول ۲؛ p<۰/۰۵). سطوح مختلف تیمار موجب افزایش اسیدیته نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد شد و تیمارهای شاهد و ۰/۵ درصد با هم، و تیمارهای حاوی پروتئین آبکافتی با هم تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (p>۰/۰۵) و بیشترین اسیدیته را تیمار ۱ درصد و کمترین اسیدیته را نمونه شاهد داشت (جدول ۲؛ p<۰/۰۵). تسریع رشد و تکثیر باکتری های لاکتیک‌اسید درگیر در فرآیند تخمیرموجب کاهش نسبی pH و افزایش اسیدیته شده و زمان تخمیر و کواگولاسیون را کاهش می‌دهد. به نظر می‌رسد که اضافه-نمودن پروتئین آبکافتی به همین دلیل pH و اسیدیته ماست حاوی آن را تغییر داده است (رفتنی‌امیری و همکاران، ۱۳۹۴)، البته اگر این کاهش pH و افزایش اسیدیته نمونه-های ماست کم‌چرب بیش از حد انتظار باشد، باعث ترش‌شدن محصول می‌گردد که حتی در مقدار ناچیز می‌تواند امتیاز پذیرش کلی را تغییر دهد (سخاوتی‌زاده و صادق‌زاده‌فر، ۱۳۹۱). نتایج مطالعات رفتنی‌امیری و همکاران (۱۳۹۴) نیز کاهش pH و افزایش اسیدیته را در نمونه‌های ماست کم‌چرب حاوی (۰/۵، ۱، ۱/۵ درصد) پروتئین آبکافتی ماهی مرکب نسبت به نمونه شاهد نشان داد. مطالعه Motamedzadegan و Ebdali (۲۰۱۳) نشان داد که اضافه نمودن نشاسته تغییریافته باعث کاهش pH و افزایش اسیدیته در ماست فاقد چربی شده و نشاسته به عنوان سوبسترای باکتری‌های لاکتیکی عمل کرده و زمان کواگولاسیون را کاهش داده، در صورتی که پکتین عکس نشاسته عمل کرده، اسیدیته را کاهش و pH را افزایش داده و جمعیت باکتری‌های لاکتیک را کاهش داد. در مطالعه‌ی Motamedzadegan و همکاران (۲۰۱۵)، pH نمونه‌های ماست حاصل از اضافه‌نمودن ژلاتین با قدرت تشکیل ژل بالا و پایین در غلظت های مختلف (۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ درصد) در ماست بدون چربی با ماده‌ی خشک فاقد چربی ۹ و ۱۲/۵ درصد، پس از انکوباسیون و سرد کردن کاهش داشته و هم‌چنین اسیدیته نمونه‌ها افزایش یافته است. میزان pH به دلیل فعالیت باکتری های ماست و در نتیجه تولید اسید به همراه تحکیم شبکه پروتئینی شیر کا هش داشته است. به نظر می‌رسد در مطالعه حاضر نیز وجود پروتئین آبکافتی با تاثیر بر جمعیت باکتری‌های لاکتیکی موجب کاهش pH و افزایش اسیدیته ماست کم‌چرب شده است.

۳-۶- آنالیز سنجش بافت ماست

تغییرات میزان سفتی در روز اول و دوم دارای روند مشابهی در تیمارها بود، به‌طوری‌که در هر دو روز میزان سفتی در تیمار شاهد و ۰/۵ درصد به طور معنی‌داری کمتر از تیمار ۱ و ۱/۵ درصد بود (جدول ۳: p<۰/۰۵). بالابودن میزان پروتئین در نمونه‌ها باعث اتصالات‌عرضی و به دنبال آن تشکیل شبکه سه‌بعدی پروتئینی و ساختار ژلی مستحکم‌تر در نمونه‌های تولیدی می‌گردد، بنابراین پایین‌تر بودن میزان سفتی بافت ماست نمونه شاهد می‌تواند به دلیل پایین‌تر بودن میزان پروتئین در مقایسه با سایر نمونه‌ها باشد. از طرفی دیگر بالا رفتن بیش از حد سفتی بافت سبب تاثیر در خصوصیات حسی نمونه‌های ماست می گردد و سبب می‌شود مواد عطرزا در ماست نتواند در دهان آزاد شود (Sahan et al., 2007). Aziznia و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند با افزودن صمغ کتیرا (۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ گرم برلیتر) میزان سفتی تفاوت معنی‌داری نداشت، اما با افزودن ایزوله آب پنیر (۷/۵، ۱۵ و ۲۰ گرم بر لیتر) در ماست کم‌چرب میزان سفتی ماست، افزایش و حساسیت نسبت به آب‌اندازی، کاهش یافت که دلیل تفاوت تاثیر،

ساختار متفاوت شبکه پروتئین بیان شد. در حالی که Sahanو همکاران (۲۰۰۷)، با افزودن صمغ بتاگلوکان (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۱ درصد) به ماست کم‌چرب تغییر معنی‌داری در میزان سفتی بافت ماست مشاهده نکردند (۳۲). Domagala و همکاران (۲۰۰۶)، با افزودن مالتودکسترین (در سه سطح ۱، ۲ و ۳ درصد) به ماست کم-چرب به این نتیجه رسیدند که ماست حاوی 1 درصد مالتودکسترین دارای بیشترین میزان سفتی بوده که معادل با ماست حاوی 3 درصد چربی می‌باشد.

جدول ۳- میانگین سفتی (N) در ماست کم‌چرب حاوی سطوح مختلف پروتئین آبکافتی بافت گاوماهی (صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد)

نمونه ماست (درصد)	سفتی (روز اول)(N)	سفتی (روز دوم) (N)
صفر (شاهد)	۰/۰۲۸±۰/۰۰۰۷^{b}	۰/۰۳۲±۰/۰۰۱٤^{b}
۰/۵ درصد	۰/۰۲۸±۰/۰۰۱٤^{b}	۰/۰۳۱±۰/۰۰۰۷^{b}
۱ درصد	۰/۰۳۱±۰/۰۰۰۷^{a}	۰/۰۳۵±۰/۰۰۱٤^{a}
۱/۵ درصد	۰/۰۳۲±۰/۰۰۱٤^{a}	۰/۰۳۵±۰/۰۰۰۷^{a}

اعداد به صورت میانگین ۳ تکرار ± انحراف‌معیار، حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار می‌باشد ($p<۰/۰۵$).

۳-۷- ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی حاکی از آن است که افزودن پروتئین آبکافتی به تیمارها اثر مثبت بر خواص حسی نظیر بو، مزه و بافت ماست‌های تولیدی داشته، اما رنگ تیمارهای حاوی پروتئین آبکافتی امتیاز پایین‌تری نسبت به نمونه شاهد داشته است (جدول ۴؛ $p<۰/۰۵$). در فرایند آبکافت به دلیل حذف چربی و رطوبت، روشنایی و سفیدی افزایش می‌یابد، البته بسته به روش آبکافت (شیمیایی یا آنزیمی)، حرارت‌دهی در فرایند آبکافت یا عدم گرمادهی و ماده‌ی اولیه آبکافت میزان زردی، قرمزی و روشنایی متغیر است (Sandoval-Castilla et al., 2004). به نظر می‌رسد تغییر رنگ ایجادشده در ماست حاوی درصدهای مختلف پروتئین آبکافتی در مطالعه حاضر به رنگ پودر پروتئین آبکافتی مرتبط باشد. نتایج مطالعات سخاوتی‌زاده و صادق‌زاده‌فر (۱۳۹۱)، نشان داد که با افزایش میزان گوار امتیاز رنگ ماست کم‌چرب حاوی آن کاهش می‌یابد. علت احتمالی کاهش مقبولیت رنگ در نمونه‌های حاوی گوار، به ایجاد کدورت در نتیجه افزایش میزان گوار و در نتیجه میزان ماده خشک محصول نسبت داده شد. رفتنی‌امیری و همکاران (۱۳۹۴)، بر اساس مطالعات خود مشاهده کردند که تیمارهای حاوی پروتئین آبکافتی، خصوصا در غلظت‌های بالاتر خواص بو و مزه ماست کم‌چرب را بهبود بخشید. افزایش اسیدیته یکی از پارامترهای کاهش‌دهنده مطلوبیت کل ماست می‌باشد که در مطالعه رفتنی امیری و همکاران (۱۳۹۴) تفاوت معنی‌داری در اسیدیته ماست‌های حاوی پروتئین آبکافتی مشاهد نشد. ولی این تغییرات در بافت و رنگ ماست چندان مشهود نبود. Yaziciو Akgun (۲۰۰۳)، گزارش نمودند که جایگزین چربی با پایه پروتئینی اثر معنی‌داری روی ویژگی رنگ ماست کم‌چرب ندارد. براساس مطالعات محمودی و همکاران (۱۳۹۰)، نمونه‌های حاوی صفر تا ۳ درصد مالتودکسترین از لحاظ رنگ هیچ تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند و نسبت بالای چربی در ماست حاوی چربی بالا، عامل سبز بودن نمونه‌ها نسبت به نمونه‌های کم‌چرب گزارش شد.

جدول٤- میانگین خواص حسی در ماست کم‌چرب حاوی سطوح مختلف پروتئین آبکافتی بافت گاوماهی (صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد)

نمونه ماست (درصد)	مزه	بو	بافت	رنگ
صفر (شاهد)	٤/١٧±٠/٠٤^{c}	٣/٤٣±٠/٠٣^{b}	٣/٦٠±٠/٠٥^{d}	٣/٥٨±٠/٠٤^{a}
۰/۵ درصد	٤/٤٤±٠/٠٦^{b}	٤/٤٩±٠/٠٧^{a}	٤/٢٦±٠/٠٤^{c}	٣/٥٧±٠/٠٦^{a}
۱ درصد	٤/٤٦±٠/٠٨^{b}	٤/٥٠±٠/٠٣^{a}	٤/٥٩±٠/٠٣^{b}	٣/٤٣±٠/٠٦^{b}
۱/۵ درصد	٤/٦١±٠/٠٧^{a}	٤/٤٧±٠/٠٥^{a}	٤/٦٨±٠/٠٥^{a}	٣/٤٥±٠/٠٧^{b}

اعداد به صورت میانگین ± انحراف‌معیار، حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار می‌باشد ($p<۰/۰۵$).

٤-نتیجه‌گیری

در این مطالعه استحصال پروتئین آبکافتی از گاوماهی به روش آبکافت آنزیمی و با استفاده از آنزیم فلاورزایم انجام شد. بررسی خواص کارکردی پودر پروتئین آبکافتی نشان داد که از حلالیت و ظرفیت کف‌زایی مناسبی برخوردار است، اما از نظر ظرفیت جذب روغن و پایداری کف تقریبا ضعیف عمل کرده است. نتایج حاصل از مطالعه‌ی حاضر در ارتباط با امکان‌پذیری استفاده از پودر پروتئین آبکافتی گاوماهی با آنزیم فلاورزایم در ماست کم‌چرب نشان داد که پودر پروتئین تولیدشده می‌تواند موجب بهبود برخی از خصوصیات ماست کم‌چرب (ویسکوزیته، آب‌اندازی، ظرفیت نگهداری آب، بهبود میزان سفتی بافت) شود. نتایج ارزیابی حسی نیز نشان داد به جز فاکتور رنگ بقیه فاکتورها تفاوت معنی‌داری نداشته است.

٥- منابع

١. ابدالی، س. و معتمدزادگان، ع. ١٣٩٢. اثر جایگزینی بخشی از ماده خشک با ژلاتین بر خواص کاربردی ماست قالبی بدون چربی. *مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*، دوره ٨، شماره٢، ٢٢٩-٢٢١.

٢. اصغرنیا، م.، یگانه، س.، جعفرپور، س.ع. و صفری، ر. ١٣٩٦. استفاده از روش شیمیایی به منظور تولید پروتئین آبکافت‌شده از امعاء و احشاء فیتوفاگ (*Hypophthalmichthys moltirix*) و استفاده از آن به عنوان محیط کشت *Listeria monocytogenes*. *مجله علمی شیلات ایران*، سال ٢٦، شماره ٣، ٢٣-١١.

٣. افشارنیک، ا.، رفتنی‌امیری، ز. و حسینی‌پرور، س.ه. ١٣٩١. استفاده از صمغ دانه ریحان به عنوان جایگزین چربی در ماست کم‌چرب و بررسی خواص فیزیکوشیمیایی، حسی و ریزساختار آن. *نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، دوره٣، شماره٢، ٤٢-٢٣.

٤. آقازاده مشگی، م.، محمدی، خ.، فراهانیان، ز. و توتونچی، س. ١٣٨٨. تولید ماست بدون چربی به هم نزده با استفاده از نشاسته ذرت و ژلاتین. *مجله علوم غذایی و تغذیه*، دوره٧، شماره٣، ٦٦-٧٣.

٥. امیری‌عقدایی، س.، اعلمی، م. و رضایی، ر. ١٣٨٩. بررسی تاثیر هیدروکلوئید دانه اسفرزه بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست کم-چرب. *نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی*، جلد ٦، شماره ٣، ٢٠٩-٢٠١.

٦. امیری‌عقدایی، س.، اعلمی، م. خمیری، م. و رضایی، ر. ١٣٨٩ ب. بررسی تاثیر هیدروکلوئید دانه ریحان بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و رئولوژیکی ماست کم‌چرب. *مجله الکترونیک فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، جلد ٢، شماره ٤، ١٧-١.

٧. اویسی‌پور، م.، عابدیان کناری، ع.، معتمدزادگان، ع. و نظری، ر. ١٣٨٩الف. بررسی خواص پروتئین‌های هیدرولیزشده، امعا و احشاء ماهی تون زردباله (*Thunus albacares*) با استفاده

از آنزیم‌های تجاری. *نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران*، جلد ٦، شماره ۱، ٧٦-٦٨.

۸. اویسی‌پور، م.، قمی، م. و تقی‌اف، م. ۱۳۸۹ب. تولید پروتئین آبکافتی از امعاء و احشاء فیل-ماهی با استفاده از آنزیم آلکالاز. *مجله شیلات*، دوره ٤، شماره ۱، ٤٠-٣٥.

۹. پروانه، و. ۱۳۸۹ . کنترل کیفی و آزمایش های شیمیایی مواد غذایی. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۳۲۵-۱.

۱۰. رفتنی‌امیری، ز.، صفری، ر.، بخشنده، ت. و احمدی واوسری، ف. ۱۳۹٤. تاثیر پروتئین آبکافتی ماهی مرکب بر خصوصیات کیفی ماست قالبی کم‌چرب. *فصلنامه علوم و صنایع غذایی*، دوره ۱۳، شماره ٥٦ ، ۲۲-۱۱.

۱۱. رضوی شیرازی، ح. ۱۳۸۰. تکنولوژی فرآورده‌های دریایی(۲)- علم فرآوری. انتشارات نقش مهر، تهران، چاپ ۱، صفحات ۱۸۰-١٥٦.

۱۲. رمضان‌زاده، ل.، حسینی، س.ف. و نیکخواه، م. ۱۳۹٤. آبکافت آنزیمی ژلاتین پوست ماهی قزل آلای رنگین‌کمان و ارزیابی خاصیت ضداکسیدانی آن. *علوم و فنون شیلات*، دوره٥، شماره۲، ٤٤-۲۹.

۱۳. ریحانی‌پول، س. و جعفرپور، س.ع. ۱۳۹۷. اثر درجه آبکافت بر خواص عملکردی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی پروتئین آبکافتی تهیه شده از فریم و سر ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). *علوم و صنایع غذایی*، شماره ٦٨، دوره ١٤، ١٦٤-١١٣.

١٤. ریحانی‌پول، س.، جعفرپور، س.ع. و صفری، ر. ۱۳۹۷. بررسی پروفیل اسیدچرب روغن، خواص عملکردی و آنتی‌اکسیدانی پروتئین حاصله از آبکافت آنزیمی اندرونه ماهی قزل-آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با استفاده از آنزیمهای پروتامکس و نئوتراز. *نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران*. جلد ١٤، شماره ۱، ١٧٦-١٦٢.

۱٥. زمانپور، م.، خانلر، م.ع.، میرباقری، و. و اسدی زاده، ل. ۱۳۹۲. پروتئین آبکافت شده از ضایعات فراوری ماهی :بهترین روش استفاده از پسماند در صنعت. *بیست و یکمین گنگره ملی علوم و صنایع غذایی*، شیراز ۷-۱.

١٦. زمانی، ا.، الماسی، ه. و قنبرزاده، ب. ۱۳۹۳. تاثیر قوام‌دهنده گوار و کربوکسی‌متیل‌سلولز بر خواص رئولوژیکی ماست میوه‌ای قالبی. *مهندسی بیوشیمی ایران*، دوره٤٦، شماره۱، ٦٦-٥٧.

۱۷. سخاوتی‌زاده، س. و صادق‌زاده‌فر، ش. ۱۳۹۱. تأثیر صمغ گوار به عنوان جایگزین چربی بر برخی خصوصیات شیمیایی و حسی ماست کم چرب. *نوآوری در علوم و فناوری غذایی*، دوره ٥، شماره ۲، ۳۸-۲۹.

۱۸. سلیمانی، م.ح.، حسینی، س.ف. و نیکخواه، م. ۱۳۹٥. ارزیابی فعالیت ضد اکسیدانی پروتئین هیدرولیز شده ماهی کیلکای معمولی (*Clupeanella cultiventris caspia*). *علوم و فنون شیلات*، دوره ٥، شماره ۳، ۱۰۸-۹٥.

۱۹. شکرپوررودباری، ر.، معتمدزادگان، ع. حسینی-پرور، س.ه. و اویسی‌پور، م. ۱۳۹٥. بررسی خواص عملکردی پروتئین آبکافتی گوشت کوسه چانه سفید. *نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی*، دوره ٥، شماره ۱، ۳۷-۲۸.

۲۰. عبدلی، ا. نادری، م. ۱۳۸۷. تنوع زیستی ماهیان حوضه جنوبی خزر. انتشارات علمی آبزیان، تهران، صفحات ۲۱۸-۲۱۷.

۲۱. علی‌عسگری رنانی، ک.، جعفرپور، ع.، یگانه، س. و صفری، ر. ۱۳۹٦. بهینه‌یابی پروتئین آبکافت‌شده سر و بازوی ماهی مرکب ببری

(*Sepia pharaonis*) با استفاده از آنزیم آلکالاز. *علوم و فنون شیلات*، دوره ٦، شماره ٢، ٥٥-٤١.

۲۲. محمودی، م.ج.، رفتنی‌امیری، ز. و علیمی، م. ۱۳۹۰. ارزیابی تاثیر مالتودکسترین به عنوان جایگزین چربی بر روی کیفیت ماست کم-چرب. *بیستمین کنکره ملی علوم و صنایع غذایی*، شیراز، ۱۰-۱.

۲۳. معتمدزادگان، ع. و حدیدی، م. ۱۳۹۱. سنجش پروتئین: مبانی و روش های اندازه گیری. انتشارات علم کشاورزی ایران، چاپ اول، ٤٧-٣١.

24. Aziznia, S., Khosrowshahi, A., Madadlou, A. and Rahimi, J. 2008. Whey Protein Concentrate and Gum Tragacanth as Fat Replacers in Nonfat Yogurt: Chemical, Physical, and Microstructural Properties. American Dairy Science Association, 2545-2552.
25. Deeslie, W.D. and Cheryan, M. 1988. Functional properties of soy protein hydrolyzates from a continuous ultrafiltration reactor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 36(1): 26-31.
26. Desobry-Banon, S., Vetier, N. and Hardy, J. 1991. Health benefits of yogurt consumption (a review). *International Journal of Food Properties*, 2(1): 1-12.
27. Domagala, J., Sady, M., Sgrega, T. and Bonczar, G. 2005. Rheological properties and texture of yoghurts when oat-maltodextrin is used as a fat substitute. *International Journal of Food Properties*, 1-9.
28. Guven, M., Yasar, K., Karaca, O.B. and Hayaloglu, A.A. 2005. The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat yogurt manufacture. *International Journal of Dairy Technology*, 58: 180-183.
29. Hoyle, N.T. and Merritt, J.H. 1994. Qyality of Fish Protein Hydrolysates from Herring (*Clupea harengus*). *Journal Of Food Science*, 59: 76-79.
30. Klampong, V. Benjakul, S. Kantachote, D. and Shahidi, F. 2007. Antioxidative activity and functional properties of protein hydrolysate of yellow stripe trevally as influenced by the degree of hydrolysis and enzyme type. *Food chemistry*, 102(4): 1317-1327.
31. Kristinsson, H.G. and Rasco, B.A. 2000. Fish protein hydrolysates: production, biochemical, and functional properties. *Critical reviews in food science and nutrition*, 40: 43-81.
32. Layne, E. 1957. Spectrophotometric and turbidimetric methods for measuring proteins. *Methods in enzymology*, 3: 447-454 .
33. Motamedzadegan, A. and Ebdali, S. 2013. Effect of partial replacement of solids with gelatin on functional properties of non-fat yogurt. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 8(2): 229-233.
34. Motamedzadegan, A., Shahidi, S.A., Hoseiniparvar, S.H. and Ebdali, S. 2015. Evaluation effects of gelatins type on functional properties of fat free set style yogurt. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 12(47): 221-229.
35. Nikpoor, E., Hojjatoleslamy, M., Molavi, H. and Shariaty, M.A. 2013. Physicochemical Characteristics of Non Fat Set Yoghurt. *International Journal of Farming and Allied Science*, 790-796
36. Ovissipour, M., Safari, R., Motamedzadegan, A., Rasco, B., Pourgholam, R., Mohagheghi, E. and Molla, A. E. 2009. Use of hydrolysates from yellowfin tuna *Thunnus albacares* fisheries by-product as a nitrogen source for bacteria growth media. *International Aquatic Research*, 1: 73-77.
37. Ovissipour, M. Safari, R. Motamedzadegan, A. and Shabanpour, B. 2012. Chemical and Biochemical Hydrolysis of Persian Sturgeon (*Acipenser persicus*) Visceral Protein. *Food & Bioprocess Technology*, 5: 460-465.
38. Rodríguez-Ambriz, S.L., Martinez-Ayala, A.L., Millán, F. and Davila-Ortiz, G. 2005. Composition and functional properties of Lupinus

45. Shahidi F, Han X.Q, and Syniwiecki J. 1995. Production and characteristics of protein hydrolysates from capelin (*Mallotus villosus*). *Food Chemistry*. 53: 285–293.
46. Shahidi, F. and Onodenalore, A. 1995. Water dispersions of Myofibrillar Proteins from Capelin (*Mallotus villosus*). *Food Chemistry*. 53: 51-54.
47. Souissi, N., Bougatef, A., Triki-Ellouz, Y. and Nasri, M. 2007. Biochemical and functional properties of sardinella (*Sardinella aurita*) by-product hydrolysates. *Food Technology and Biotechnology*, 45: 187-194.
48. Taheri, A., Anvar, S.A.A., Ahari, H. and Fogliano, V. 2012. Comparison the functional properties of fish protein hydrolysate from poultry byproducts and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) viscera. *International journal of food science*, 12(1): 154-169.
49. Wasswa, J., Tang, J., Gu, X.H. and Yuan, X.Q. 2007. Influence of the extent of enzymatic hydrolysis on the functional properties of protein hydrolysate from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) skin. *Food Chemistry*, 104(4): 1698-1704.
50. Wilde, P. and Clark, D. C. 1996. The competitive displacement of B-Lactoglubolin by twin 20 from oil-water and air-water interfaces. *Journal of colloid and interface science*, 155(1): 48-54.
51. Yazici, F. and Akgun, A. 2003. Effect of some protein based fat replacers on physical, chemical, textural, and sensory properties of strained yoghurt. *Journal of Food Engineering*, 64: 422-422.

campestris protein isolates. *Plant Foods for Human Nutrition*, 60(3): 99-107.
39. Samadi Jirdehi, Z., Qajarbeygi, P. and Khaksar, R. 2013. Effect of prebiotic Beta-Glucan composite on physical, chemical, rheological and sensory properties of set-type low-fat Iranian yogurt. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 3(1s): 205-210.
40. Sahan, N., Yasar, K. and Hayaloglu, A.A. 2007. Physical, chemical and flavour quality of non-fat yogurt as affected by B-glucan hydrocolloidal composite during storage. *Food Hydrocolloids*, 2: 1291-1297.
41. Sakandar, H.A., Imran, M., Huma, N., Ahmad, S., Aslam, H. K. W., Azam, M., and Shoaib, M. 2014. Effects of polymerized whey proteins isolates on the quality of stirred yoghurt made from camel milk. *Food processing and technology*. 5(7): 1-5.
42. Sandoval-Castilla, O., Lobato-Calleros, C., Aguirre-Mandujano, E. and Vernon-Carter, E. J. 2004. Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. *International Dairy Journal*, 151-159.
43. Sativel, S., Bechtel, P. J., Babbitt, J., Prinyawiwatyul, W., Negulescu, I. and Reppond, K. D. 2004. Properties of Protein Powders from Arrowtooth Flounder (*Atheresthes stomias*) and Herring (*Clupea harengus*) Byproducts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 5040-5046.
44. Sativel, S. and Bechtel, P. J. 2008. A comparison of physical and rheologic properties of arrowtooth flounder protein made using three different extracting processes. *Journal of food biochemistry*,32: 557-575

(Original research Paper)

A Survey on Functional Properties of Protein Hydrolysate From Hyrcanian Goby (*Neogobius caspius*) by Application of Flavourzyme Enzyme and Its Effect on Quality of Low-Fat Yogurt

Raheleh Rezaei[1], Sakineh Yeganeh[2*], Zeinab Raftani Amiri[3], Reza Safari[4]

1- M.Sc. Graduated. of Fisheries, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

2- Associate Professor, Department. of Fisheries, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

3- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.

4- Caspian Sea Ecology Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Sari, Iran

Received: 04/07/2018 Accepted:21/10/2018

Abstract

Today's trend to use low-fat or fat-free dairy products, especially in people with cardiovascular diseases and high blood fat, has been increased. In this study, because of the importance of aquatic animals and special functional properties of fish protein hydrolysate, the effect of Hyrcanian goby (*Neogobius caspius*) protein hydrolysate produced by flavourzyme on improving the quality of low-fat yogurt was investigated. After preparation of protein hydrolysate from Hyrcanian goby muscle tissue by using flavourzyme, yogurt samples were prepared at the concentrations of 0 (control), 0.5, 1 and 1.5% (w/v) of fish protein hydrolysate. The degree of hydrolysis was 47.52 ± 0.2%. Assessment of the functional properties of protein hydrolysate powder showed that the produced protein hydrolysate had high solubility and good foaming capacity, but exhibited weak oil absorption capacity and foaming stability.The results of the evaluation of yogurt parameters showed that the addition of protein hydrolysate to the yogurt caused a reduction in pH, and an increase in acidity ($p<0.05$). The highest viscosity was observed in treatment 1.5 %. The lowest viscosity and the highest syneresis were observed in the control group (0%). Water holding capacity was increased with increasing the concentration of protein hydolysate, and the maximum amount was observed in treatment 1.5 % ($p<0.05$). The results of sensory evaluation showed that the addition of protein hydolysate to the samples had positive effects on taste, smell and texture of the yogurt, but a negative effect on its color. Overall, the use of Hyrcanian goby muscle protein hydrolysate in low-fat yogurt formulation improved the qualitative properties of the final product.

Keywords: Protein Hydrolysate, Hyrcanian Goby, Flavourzyme, Low-Fat Yogurt.

*Corresponding Author: skyeganeh@gmail.com