فصلنامه علمی ـ پژوهشی دورهٔ ۵، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۵، صفحه ۴۳- ۶۷

تأثیر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی بر ویژگی‌های بافتی سوریمی تهیه‌شده از ماهی کپور سرگنده (*Aristichthys nobilis*)

حمید جاوید[۱]، سید علی جعفر پور[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی، ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

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

دریافت: ۹۴/۰۶/۲۷ پذیرش: ۹۴/۱۲/۰۱

*نویسنده مسئول مقاله: a.jafarpour@gmail.com

چکیده:

در این پژوهش از گوشت ماهی کپور سرگنده به‌منظور تهیه سوریمی استفاده شد و تأثیر ۳ عامل مستقل آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی (۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ درصد)، نمک (۰، ۱/۲۵ و ۲/۵ درصد) و دمای قوام‌یابی (۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد) بر ویژگی‌های بافتی و رنگ سوریمی تهیه شده بررسی گردید. نتایج به‌دست آمده نشان داد مقدار آنزیم ۰/۵ درصد به‌همراه مقدار نمک ۱/۲۵ درصد و تیمار دمایی ۴۵ درجه سانتی‌گراد به‌عنوان تیمار بهینه عمل کرد. به عبارتی استفاده از ۰/۵ درصد آنزیم بدون کاهش چشمگیر در ویژگی‌های بافتی نظیر سختی، به‌هم پیوستگی و کشسانی ژل سوریمی تولیدی به کاهش استفاده از نمک از مقدار ۲/۵ درصد به ۱/۲۵ درصد منجر شد. براساس نتایج، با افزایش مقدار آنزیم میزان ظرفیت نگهداری آب (WHC) به‌طور معناداری کاهش یافت ($p<0/05$). از سویی دیگر با کاهش مقدار آنزیم و نمک شاخص سفیدی و روشنایی بافت ژل سوریمی افزایش یافت. تأثیر همزمان افزایش نمک و کاهش دمای قوام‌یابی منجر به افزایش معنادار عامل قرمزی (a^*) شد ($p<0/05$). از سوی دیگر تأثیر آنزیم به‌تنهایی بر مقدار زردی (b^*) معنادار نبود درحالی‌که تأثیر همزمان افزایش مقدار آنزیم و دما منجر به افزایش معنادار عامل b^* شد ($p<0/05$).

کلید واژگان: سوریمی، کپور سرگنده، آنزیم ترانس‌گلوتامیناز، ظرفیت نگهداری آب

۱- مقدمه

سوریمی واژه‌ای ژاپنی است که به گوشت ماهی استخوان‌گیری شده، چرخ‌شده و شسته‌شده با آب اطلاق می‌شود و به‌عنوان محصولی حد واسط در تولید فراورده‌های تقلیدی همچون پای خرچنگ، اویستر و لابستر و دیگر محصولات مورد استفاده قرار می‌گیرد. در واقع سوریمی به‌عنوان منبع بزرگی از مواد مغذی شناخته می‌شود که در پاسخ به افزایش تقاضا در

Archive of SID

www.SID.ir

خصوص تولید محصولات غذایی با میزان کلسترول و چربی کم تولید می‌شود (Hajidoun and Jafarpour, 2013). تولید جهانی سوریمی در سال ۲۰۱۲ -۲۰۱۱ به حدود ۸۰۰ هزار میلیون تن رسید، در این بین سوریمی تولیدشده از ماهیان سردآبی ۲۵۰ هزار میلیون بود که سهم ماهی پولاک به‌عنوان اصلی‌ترین منبع مورد استفاده در صنعت سوریمی ۲۲۰ هزار میلیون بود (Park, 2013). با توجه به افزایش جمعیت جهان و کاهش و بعضاً تهی‌شدن ذخایر ماهیان و همچنین به‌دلیل وضع قوانین محدودکننده صید و در نتیجه کاهش تولید سوریمی تولیدشده از ماهی پولاک آلاسکا، تقاضا برای تولید سوریمی با کیفیت متوسط و ارزان‌تر افزایش یافته که این امر ضرورت استفاده از گونه‌های جدید را به امری مبرم مبدل کرده است. در این بین، پیشرفت‌های انجام‌شده در صنعت منجر به تولید و به‌کارگیری سوریمی با درجه کیفیت پایین در تولید گستره‌ای از محصولات مبتنی بر سوریمی شد (Park, 2013). همچنین با توجه به‌صید بی‌رویه ماهیان و تهی‌شدن صیدگاه‌های موجود در سرتاسر جهان، ناوگان‌های ماهیگیری باید سفرهای طولانی‌تری را به‌منظور صید ماهی در دستور کار خود قرار دهند که این امر منجر به تولید ماده خام با کیفیت پایین به‌عنوان ماده اولیه تولید سوریمی می‌شود (Benjakul et al., 2002). از این‌رو در این بین سهم گونه‌های جایگزین از قبیل گونه‌های مناطق گرمسیری مانند سیم باله نخی (*Nemipterus virgatus*)، مارمولک‌ماهی (*Saurida spp*) به ۵۰۰ هزار میلیون تن رسیده است. همچنین سوریمی تولید شده از گونه‌های پرورشی مانند کپور و گربه‌ماهیان (*Pangasius*) نقش مهمی را در پاسخگویی به‌نیاز بازار جهانی ایفا می‌کند. در این بین کشور چین که به‌عنوان یکی از کشورهای پیشرو در زمینه تولید سوریمی از گونه‌های آب شیرین به‌ویژه کپور شناخته می‌شود، تولید خود را در سال ۲۰۱۲ -۲۰۱۱ به حدود ۳۰ هزار میلیون تن رسانید که نشان‌دهندهٔ پتانسیل این نوع از منابع در تأمین نیاز روزافزون بازار است (Park, 2013). با توجه به تحقیقات انجام شده و کاهش سریع منابع دریایی، بخش آبزی‌پروی به‌منظور پوشش دادن خلأ موجود در بین عرضه و تقاضا در خصوص غذای دریایی رشد یافته و به‌سمت پرورش آبزیان از جمله ماهیان گرمابی، به‌صورت پرورش در محیط بسته و در استخرهای پرورش ماهی سوق یافته است (Hajidoun and Jafarpour, 2013). در این بین سوریمی تولید شده از ماهیان پرورشی مانند کپورماهیان می‌تواند به‌عنوان منبعی مناسب تلقی شود (Park, 2013). در ایران میزان تولید ماهیان گرمابی از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۱ از میزان ۵٤۸۰۱ تن به ۱۵٤۵٦۵ تن رسیده است، که باوجود سهم ۳ تا ۵ درصدی کپور سرگنده در سیستم کشت توأم، میزان تولید این ماهی رقم قابل توجهی را خواهد داشت (Iran Fisheries Organization, 2013). ماهی کپور سرگنده به‌عنوان یکی از ماهیان پرورشی کشور به‌علت رژیم غذایی کم‌هزینه و سطوح پایین زنجیره غذایی به‌مقدار قابل توجهی پرورش می‌یابد و از آنجایی‌که این ماهی در رقابت با ماهیان خوش خوراک‌تر، ماهی کم مصرفی محسوب می‌گردد؛ تولید فراورده‌های متنوع از این ماهی برای ترویج مصرف آن ضروری به‌نظر می‌رسد. دربارهٔ ژل سوریمی، افزایش ویژگی‌های بافتی نظیر رنگ، ظرفیت نگهداری آب (WHC)، رطوبت قابل‌قبول و استحکام ژل به‌منظور

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش کیفیت محصولات مبتنی بر سوریمی و درنتیجه میزان مقبولیت آن در نظر مصرف‌کنندگان بسیار حائز اهمیت است (Hajidoun and Jafarpour, 2013). با تمام این تفاسیر مشکل عمده در خصوص تولید سوریمی از ماهیان گرمابی کیفیت بافتی پایین‌تر ژل آنها در مقایسه با ماهیان تجاری از قبیل پولاک آلاسکا (*Theragra chalcogramma*) و سیم بالله نخی (*Nemipterus virgatus*) است. خصوصیات بافتی، اولین عاملی است که ویژگی‌های کیفی نظیر رنگ، بافت، قدرت تشکیل ژل و قیمت سوریمی را مشخص می‌کند. به‌دلیل اینکه خمیر سوریمی مشتق شده از ماهیان آب شیرین توانایی تشکیل ژل متوسطی را از خود نشان می‌دهد و نگهداری آن به‌صورت منجمد بر ویژگی‌های پروتئینی آن تأثیر منفی می‌گذارد، از این‌رو اصلاح ویژگی‌های بافتی و تغییرپذیری آب آن نیاز است (Hajidoun and Jafarpour, 2013). به‌منظور بهبود ویژگی‌های کارکردی ژل، مانند بافت و رنگ سوریمی، برخی از افزودنی‌های غذایی مانند پروتئین‌های عضلانی و غیرعضلانی (مانند پروتئین آب پنیر، سفیده تخم‌مرغ، پروتئین پلاسما گاو) نشاسته (مانند نشاسته گندم، ذرت، سیب‌زمینی و غیره) هیدروکلوئیدها (کاراگینان، آلژینات) و آنزیم‌ها از جمله آنزیم ترانس‌گلوتامیناز به سوریمی اضافه می‌شود (Duangmal and Taluengpohl, 2010). افزودنی‌های پروتئینی با فعالیت بازدارندگی پروتئولتیکی (مانند سیستاتین موجود در سفیده تخم‌مرغ) و یا تشکیل‌دهنده‌های باندهای عرضی مانند آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی (MTGase) به‌صورت گسترده‌ای در سوریمی به‌کار گرفته شد (Kaewudom et al., 2012). از دیدگاه شیمیایی، آنزیم‌ها ترکیبات پروتئینی هستند که در تمام موجودات زنده وجود دارند. این ترکیبات بدون آنکه در طول این فرایند دستخوش تغییرات قرار گیرند، متابولیسم سلولی را کنترل می‌کنند. امروزه آنزیم‌ها، از میکروارگانیسم‌ها و طی فرایند تخمیر به‌دست می‌آیند. این ترکیبات به‌طور مستقیم به‌مواد غذایی اضافه می‌شوند و با مقادیر بسیار جزئی، تأثیرهای خود را به‌جای می‌گذارند. آنزیم ترانس‌گلوتامیناز، مانند بیشتر آنزیم‌ها به‌عنوان یک عامل کمکی در فرایندها به‌کار برده می‌شود، بنابراین در دامنه قوانین و مقررات مواد افزودنی قرار نمی‌گیرد؛ به همین دلیل در قوانین جاری و فعلی نیازی به بحث درباره آن دیده نشده است. آنزیم ترانس‌گلوتامیناز با نام تجاری ۲,۳,۳,۱۳ EC جزء آنزیم‌های ترانسفراز بوده که واکنش انتقال آسیل را کاتالیز می‌کند و با ایجاد باندهای کووالانسی بین پروتئین‌ها منجر به بهبود ویژگی‌های بافتی و افزایش کیفیت محصولات غذایی می‌شود. گروه γ-carboxyamide اسید آمینه گلوتامین به‌عنوان دهنده آسیل عمل کرده، درحالی‌که گروه آمینو (ε-amino) اسید آمینه لیزین به‌عنوان گیرنده آسیل بوده و در نتیجه آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی با کاتالیزکردن این واکنش منجر به شکل‌گیری پیوند ϵ-(γ-Glutamyl)-Lysine شده و از این طریق سبب بهبود ویژگی‌های عملکردی پروتئین‌های غذایی می‌شود. این آنزیم نقش مهمی در تشکیل اتصالات عرضی در بین پروتئین‌های عضله ماهی ایفا می‌کند که منجر به بهبود کیفیت ژل تولیدی می‌گردد (Chanart and Benjakul, 2013).

پژوهش‌های مختلفی دربارهٔ تأثیر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی بر روی ویژگی‌های بافتی سوریمی تهیه شده از ماهیان مختلف انجام شده است که از جمله می‌توان به

Archive of SID

www.SID.ir

پـــــژوهش‌هـــــای Hsieh و همکـــــاران (۲۰۰۲)، Yongsawatidgul و Piyadhammaviboon (۲۰۰۵)، Cardoso و همکـــاران (۲۰۱۰)، Cardoso و همکـــاران (۲۰۱۱) و Kaewudom و همکاران (۲۰۱۲) اشاره کرد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱ مواد

آنـزیم تـرانس گلوتامینـاز (Activia WM) از شـرکت آجینوموتو فرانسه با فعالیت ۱۰۰ واحد بر گرم که شامل ۹۹ درصد مالتو دکسترین و ۱ درصد آنـزیم مـی‌باشـد، تهیه گردید.

۲-۲ آماده‌سازی خمیر سوریمی

آمـــاده‌ســـازی ســـوریمی براســـاس دســـتورالعمل Jafarpour and Gorczyca (۲۰۰۹) انجـام شـد. بـدین منظور ماهی کپور سرگنده از بازار ماهی‌فروشان سـاری تهیه شد و پـس از قرارگیـری در محفظـه حـاوی یـخ، بلافاصله به پایلوت فراوری دانشگاه کشاورزی و منـابع طبیعی ساری انتقال داده شـد. پـس از سـرزنی، تخلیـه شکمی و شست‌وشو، پوست ماهی و اسـتخوان‌هـای آن به‌صورت دستی زدوده شد و گوشـت آن بـا اسـتفاده از چرخ‌گوشت با منفذ ۲ میلـی‌متـر چـرخ گردیـد. سـپس گوشت چرخ‌شده با آب سرد (۵ تا ۸ درجه سانتی‌گراد) به‌مدت ۵ دقیقه شسته شـد، بـدین صـورت کـه نسـبت گوشت چرخ‌شده به آب ٤:۱ (W/W) بود که در آن از ۱ قسمت گوشت و ۳ قسمت آب استفاده شد. عمل شستن ۳ مرتبه تکرار شد. بـه‌منظـور خـروج آب جـذب شـده توسـط پـروتئین‌هـای میوفیبریـل، در مرحلـه آخـر شست‌وشو مقدار ۰/۳ درصد نمک طعام به مخلوط آب و گوشـت اضـافه شـد. در پایـان گوشـت چـرخ‌شـدهٔ شسته‌شـده بـا اسـتفاده از پارچـه تنظیـف بـا چشـمه ۱ میلی‌متر فیلتر شد و در نهایت بـا اسـتفاده از مـولینکس بـه‌مـدت ۲ دقیقـه چـرخ گردیـد (Jafarpour and Gorczyca, 2009).

۲-۳- آماده‌سازی ژل سوریمی

سوریمی پس از آماده‌سازی در دستگاه مولینکس به‌مدت ۲ دقیقه چرخ شد. سپس نمک سدیم کلریـد (۰ تـا ۲/۵ درصد) و آنزیم (۰/۵ تا ۱ درصـد) بـه خمیـر سـوریمی اضافه و به‌مدت ۳ دقیقه چرخ گردید. به‌منظـور موازنـه جرم نمونه‌های حاوی مقـادیر مختلـف آنـزیم، مقـادیر مشخصی از آنزیم غیـرفعـال شـده در دمـای ۹۰ درجـه (به‌مدت ۵ دقیقه) به نمونه‌های دارای مقدار آنزیم کمینه و حد متوسط اضافه شد. دمای خمیر در تمامی مراحـل زیر ۱۵ درجه سانتی‌گراد نگه داشته شد. در حین چـرخ کردن مقداری آب و یخ به مخلوط اضافه شد تا عـلاوه بر تنظیم دمای خمیر سوریمی میزان رطوبت نیز در حد ۸۰ درصد نگاه داشته شود. سپس نمونه خام در روکش سوریمی با قطر ۳۰ میلی‌متر قرار داده شد و در دماهای مورد نظر (جدول ۱) به‌مدت یک سـاعت در آون قـرار گرفت و پس از آن به‌منظور پخت در دستگاه بـن‌مـاری (دمای ۹۰ درجه سانتی‌گـراد بـه‌مـدت ۳۰ دقیقـه) قـرار گرفت. به‌منظور جلوگیری از تأثیر دما بر بافت، ژل‌های سوریمی پس از پخت به‌سرعت در آب سرد قرار گرفت و سپس پیش از انجام آنالیزهای مربوطه در دمای ۵ تا ۸ درجه سانتی‌گراد بـه‌مـدت یـک شـبانه روز در یخچـال نگهـــــداری شـــــد (Yongsawatdigul and Piyadhammaviboon, 2005).

۲-٤ آنالیز پروفیل بافت (TPA)

www.SID.ir

در این آزمون مقادیر سختی (حداکثر ارتفاع نقطه اوج منحنی در اولین فشردگی و در اصطلاح کیفیت خوراکی، مقاومت ماده غذایی در اولین عمل گاز زدن ماده غذایی)، به‌هم پیوستگی (نرخ سطح منطقه مثبت منحنی دوم به اول و در اصطلاح کیفیت غذایی حفظ مقاومت ماده غذایی در طی جویدن)، کشسانی (نرخ ارتفاع مشخص ماده غذایی در مرحله دوم فشردگی به ارتفاع ابتدایی ماده غذایی و در واقع توانایی ماده غذایی در بازیابی شکل و اندازه اولیه خود در اولین عمل گاز زدن ماده غذایی) و قابلیت جویدن (عاملی است که از دو عامل خاصیت صمغی شدن (استحکام مورد نیاز در فرایند جویدن) و کشسانی به‌دست می‌آید و در واقع انرژی صرف شده در فرایند جویدن است)، نمونه (۲سانتی‌متر × ۲سانتی‌متر) توسط دستگاه بافت‌سنج مدل (TC3, Brookfield) با پروب استوانه‌ای با قطر ۵۰ میلی‌متر در سرعت ۱ mm/s و نیروی ۰/۱ N و لود سل[1] ۱۰۰۰۰g در طی یک آزمون دو مرحله‌ای اندازه‌گیری شد که در آن نمونه به اندازه ۵۰ درصد طول اولیه فشرده گردید (Duangmal and Taluengpohl, 2010).

۵-۲- تعیین ظرفیت نگهداری آب

بررسی ظرفیت نگهداری آب براساس روش Hajidoun and Jafarpour (۲۰۱۳) انجام شد. برای هر تیمار ۵ گرم نمونه جدا و در کاغذ واتمن (شماره ٤١) پیچیده شد و به‌مدت ۳۰ دقیقه در دور ۱۷۰۰×g سانتریفیوژ گردید. ظرفیت نگهداری آب سوریمی تهیه شده از ماهی کپور سرگنده تولید شده با غلظت‌های متفاوت آنزیم از رابطه زیر به‌دست آمد (Hajidoun and Jafarpour, 2013).

WHC g/kg = [(1- Mw/Ms)]1000

Mw= جرم ثانویه نمونه

Ms= جرم اولیه نمونه

۷-۲ آنالیز رنگ

بررسی ویژگی‌های رنگی با دستگاه رنگ‌سنج مدل IMG-Pardazesh Cam-System XI (شرکت ابزارکاران فن پویای شمال-ایران) انجام شد که در آن شاخص‌های روشنایی (L)، قرمزی (a)، زردی (b) اندازه‌گیری گردید، بدین صورت که رنگ ۵ نقطه از سطح نمونه اندازه‌گیری شد و سپس با استفاده از معادله زیر میزان سفیدی (W) نمونه‌ها به‌دست آمد. (Chanart et al., 2011).

سفیدی: $100 - \left[100 - \left[L^2 + a^2 + b^{10}\right]\right]^{1/2}$

۸-۲ آنالیز آماری

این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار دیزاین اکسپرت (ورژن ۷) و به روش سطح پاسخ در قالب طرح مرکب مرکزی (CCD) (Central Composite Design) به‌صورت Rotatable در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد که در آن تعداد ۲۰ بلوک بررسی گردید و از این ۲۰ بلوک، ٦ نقطه به‌عنوان نقطه مرکزی در نظر گرفته شد.

1-Load cell

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱ نمایش متغیرهای مستقل فرایند و سطوح آنها

		+آلفا	-آلفا	بیشینه	حد وسط	کمینه
				+۱	۰	-۱
غلظت آنزیم	X۱	۱۳/۲۳۸۵	-۲/۷۳۸۵۲	۱	۰/۷۵	۰/۵
غلظت نمک	X۲	۳/۳۵۲۲٤	-۰/۸۵۲۲٤۱	۲/۵	۱/۲۵	۰
دما	X۳	٤۸/٤۰۹	۳۱/۵۹۱	٤۵	٤۰	۳۵

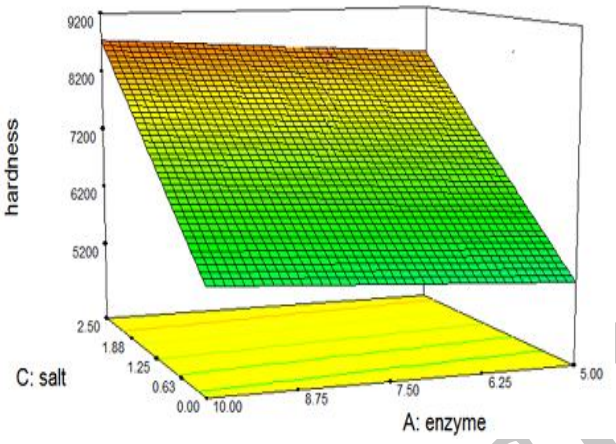
۳- نتایج

۱-۳- سختی

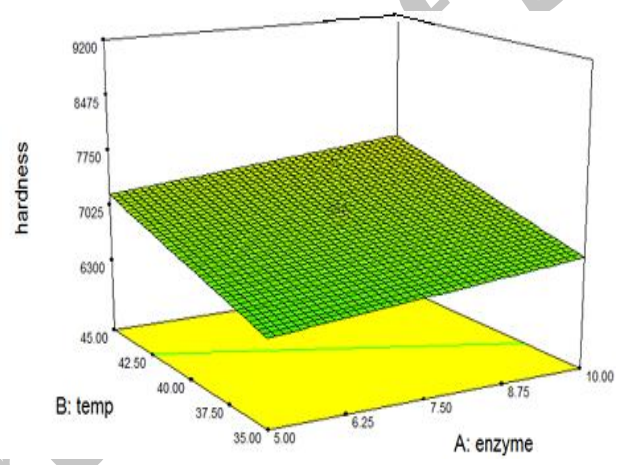
با توجه به اینکه در این پژوهش از غلظت صفر آنزیم در تیماربندی استفاده نشد، نتایج نشان داد با وجود اینکه با افزایش غلظت آنزیم میزان سختی ژل سوریمی افزایش یافت، اما این افزایش معنادار نبود ($p>۰/۰۵$). با وجود این تأثیر نمک در تمامی تیمارها معنادار بود و افزایش آن منجر به افزایش سختی شد ($p<۰/۰۵$). شکل ۱ بیانگر رابطه بین غلظت آنزیم و نمک و تأثیر معنادار نمک بر میزان سختی بافت ژل سوریمی است و نشان‌دهندهٔ این مطلب است که با افزایش نمک، عملکرد آنزیم افزایش یافته و منجر به افزایش سختی می‌شود. تأثیر دما و آنزیم بر سختی ژل سوریمی در شکل ۲ نشان داده شده است. این شکل بیانگر این مطلب است که افزایش دما از ۳۵ درجه سانتی‌گراد به ٤۵ درجه سانتی‌گراد منجر به افزایش معنادار میزان سختی ژل سوریمی نشد ($p>۰/۰۵$). توجه به این نکته حائز اهمیت است که نتایج حاصل از آزمون صورت گرفته بر روی تیمار بهینه دارای آنزیم فعال و تیمار بهینه با همان غلظت نمک اما دارای آنزیم غیرفعال (به‌منظور مقایسه تأثیر آنزیم فعال) نشان داد که تأثیر آنزیم بر مقدار سختی نمونه بسیار معنادار بود، بدین صورت که مقدار سختی از ۳۱۰۹ گرم در نمونه حاوی آنزیم (در فرم غیرفعال) به ٦۵۳٦/۵ گرم در نمونه دارای آنزیم (در فرم فعال) افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). در این بین تیمار حاوی حداکثر مقدار نمک (۲/۵ درصد) که ۰/۵ درصد آنزیم بود دارای سختی معادل ۸۷۳۰/۵ بود که از مقایسه آن با مقدار سختی به‌دست آمده از تیمار بهینه (٦۵۳٦/۵) و با توجه به حفظ ساختار یکپارچه (بدون ایجاد شکاف و پارگی) موجود در ساختمان ژل سوریمی تیمار بهینه این چنین نتیجه‌گیری می‌شود که می‌توان با استفاده از حداقل مقدار نمک و ترکیب آن با آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی، به‌سختی پذیرفته شده‌ای در سوریمی به‌دست آمده از کپور سرگنده دست یافت.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱ رابطه آنزیم و نمک بر سختی سوریمی



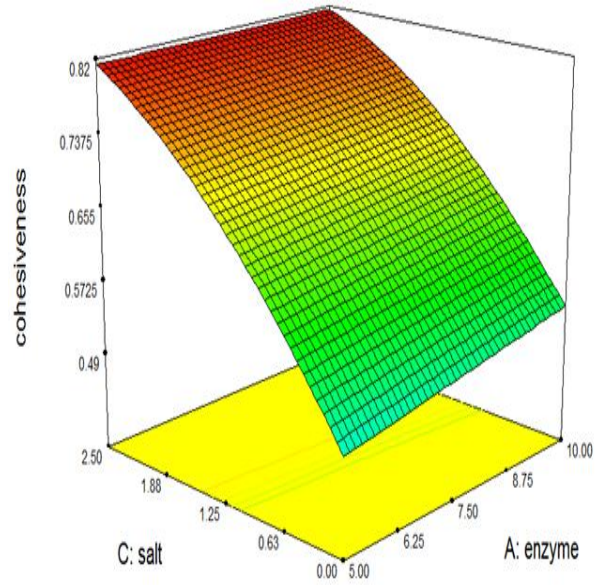
شکل ۲ **رابطه آنزیم و دما بر سختی ژل سوریمی**

۲-۳ به‌هم پیوستگی

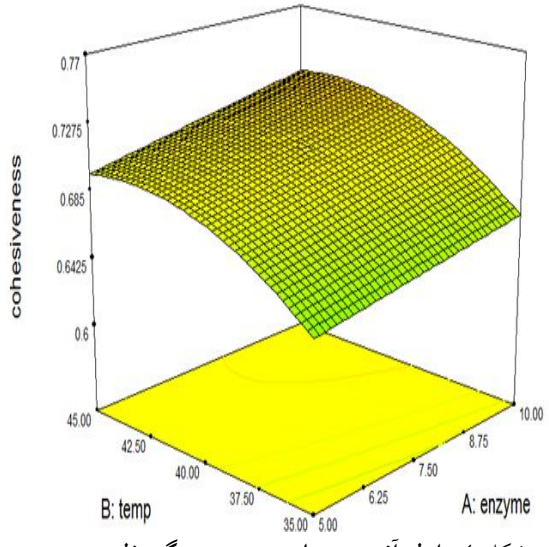
تأثیر افزایش نمک بر عامل به‌هم پیوستگی بسیار معنادار بود ($p<۰/۰۵$)، اما با افزایش مقدار آنزیم از مقدار ۰/۵ درصد به ۱ درصد تأثیر قابل ملاحظه‌ای مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). این درحالی است که استفاده از نمک و افزایش آن، تأثیر قابل توجهی را بر عملکرد آنزیم و در نهایت بر به‌هم پیوستگی ژل سوریمی داشت. بدین صورت که در نمونه حاوی آنزیم ۰/۵ درصد (فاقد نمک) مقدار به‌هم پیوستگی کمتر از ۰/۵ بود، این درحالی است که با افزایش مقدار نمک از صفر به ۲/۵ درصد مقدار به‌هم پیوستگی به حدود ۰/۸۲ رسید (شکل ۳). بررسی پروفیل بافت نمونه بهینه نشان داد که با کاهش مقدار نمک به ۱/۲۵ و به‌کارگیری حداقل غلظت آنزیم (۰/۵ درصد) مقدار به‌هم پیوستگی بافت به ۰/۷۷ رسید که این مقدار در مقایسه با تیمار بهینه حاوی آنزیم غیرفعال که در آن میزان به‌هم پیوستگی ۰/۶۳ بود، اختلاف چشمگیری را نشان می‌دهد

www.SID.ir

که نشان از تأثیر آنـزیم در بهبـود پیوسـتگی ژل سـوریمی دارد. همچنین با مقایسه این مقدار با تیمار حاوی حـداکثر مقدار نمک (۲/۵ درصد) مشاهده می‌شـود کـه اسـتفاده از ۰/۵ درصد آنزیم در ترکیب با ۱/۲۵ درصـد نمـک، بـدون کاهش چشمگیر در میزان به‌هم پیوستگی منجر بـه کـاهش استفاده از نمک گردید. شکل ٤ نیز نشان‌دهندهٔ رابطـه بـین آنزیم و دما می‌باشد و بیان کننـده ایـن مطلـب اسـت کـه افزایش دما از ۳۵ به ٤۵ درجه سانتی‌گراد منجر به افـزایش معنادار به‌هم پیوستگی ژل سوریمی نمی‌شود.



شکل ۳ **رابطه آنزیم و نمک بر به‌هم پیوستگی ژل سوریمی**

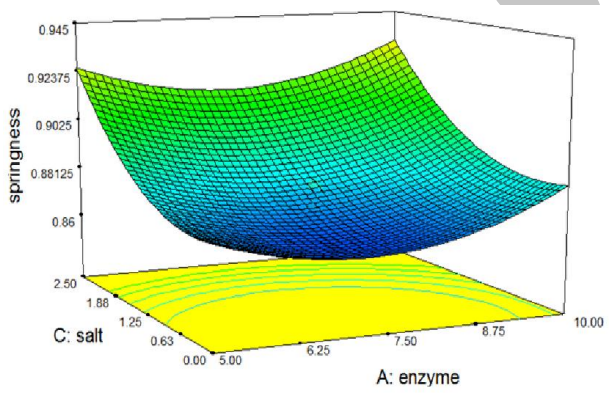


شکل ٤ **رابطه آنزیم و دما بر به‌هم پیوستگی ژل سوریمی**

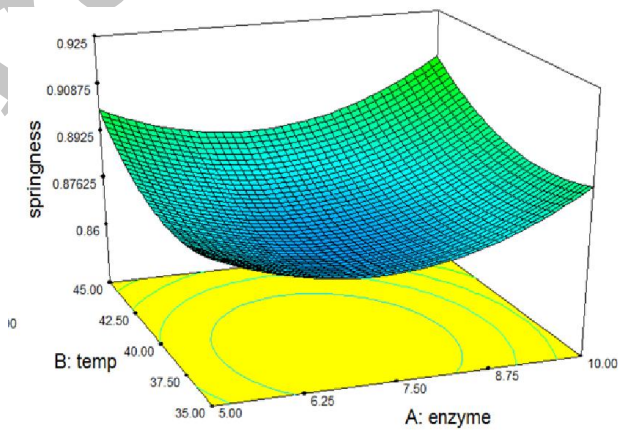
www.SID.ir

۳-۳ کشسانی

همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، همانند شاخص‌های پیشین، افزایش آنزیم از مقدار ۰/۵ درصد به ۱ درصد منجر به افزایش خاصیت کشسانی شد اما این افزایش معنادار نبود ($p>0/05$). در این بین تأثیر افزایش نمک بسیار معنادار بود ($p<0/05$)، بدین صورت که همانند شاخص‌های قبلی، با افزایش مقدار نمک از صفر به ۲/۵ درصد و در نتیجه با افزایش عملکرد آنزیم، مقدار خاصیت کشسانی به بیش از ۰/۹۲ افزایش یافت. براساس شکل ٦ دما هم مانند نمک در دماهای بالاتر باعث افزایش کشسانی ژل سوریمی شد، اما این تأثیر معنادار نبود ($p>0/05$). بررسی تیمار بهینه حاوی آنزیم فعال و غیرفعال نشان داد که مقدار کشسانی از ۰/۸۹۵ در نمونه حاوی آنزیم غیرفعال به ۰/۹۲ در نمونه حاوی آنزیم فعال افزایش یافت. همچنین با مقایسه مقدار عددی شاخص کشسانی تیمار بهینه با تیمار حاوی حداکثر مقدار نمک (۲/۵ درصد) که برابر با ۰/۹٤٥ است، مشاهده می‌شود که استفاده از حداقل مقدار نمک در ترکیب با آنزیم، بدون کاهش چشمگیر در خاصیت کشسانی منجر به کاهش استفاده از نمک گردید.



شکل ۵ **رابطه آنزیم و نمک بر خاصیت کشسانی**

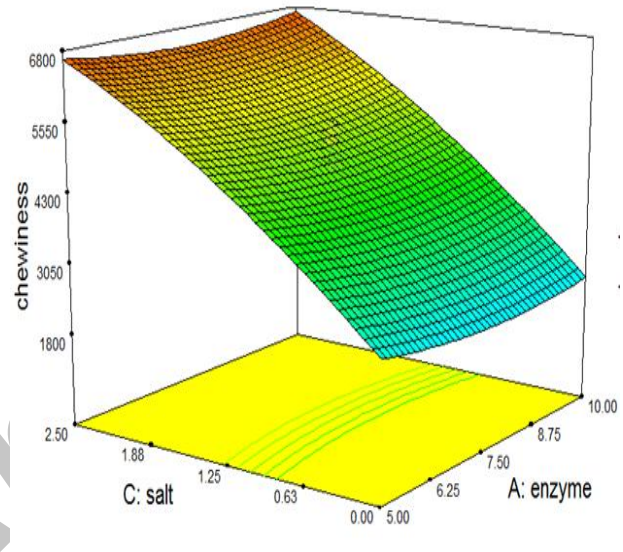


شکل ٦ رابطه آنزیم و دما بر خاصیت کشسانی

www.SID.ir

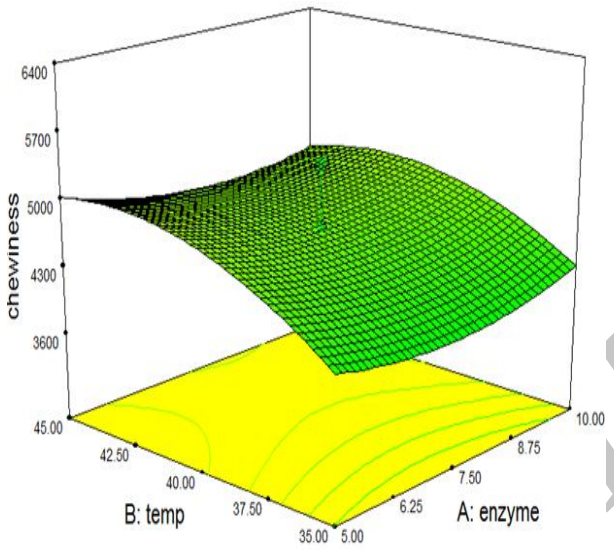
٤-٣ قابلیت جویدن

قابلیت جویدن شاخصه‌ای است که نشان‌دهندهٔ کیفیت ویژگی‌های بافت محصول و یکی از شاخص‌های مؤثر در ارزیابی کیفیت بافت مواد غذایی است. شکل ۷ نشان می‌دهد که افزایش مقدار آنزیم بر قابلیت جویدن تأثیر چندانی نگذاشته است، اما با افزایش مقدار نمک این قابلیت افزایش چشمگیری را پیدا کرده است ($p<۰/۰۵$). شکل ۸ بیانگر این مطلب است که با افزایش دما قابلیت جویدن در مقدار ثابت آنزیم افزایش یافت این در حالی بود که با افزایش مقدار آنزیم در دمای ثابت تفاوت معناداری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). بررسی تیمار بهینه حاوی آنزیم فعال و غیرفعال نشان داد که مقدار قابلیت جویدن از ۱۷٦٦/۵ در نمونه حاوی آنزیم غیرفعال به ٤٦۱۸ در نمونه حاوی آنزیم فعال افزایش یافت که نشان از تأثیر آنزیم بر افزایش میزان قابلیت جویدن سوریمی تولیدی دارد. همچنین با مقایسه مقدار قابلیت جویدن تیمار بهینه با تیمار حاوی حداکثر مقدار نمک که برابر با ٦۸٤۰/۵ می‌باشد، مشاهده می‌شود که با کاهش مقدار نمک به ۱/۲۵ درصد می‌توان بدون کاهش چشمگیر در این شاخصه مقدار نمک را به نصف کاهش داد.



شکل ۷ رابطه آنزیم و نمک بر قابلیت جویدن

www.SID.ir



شکل ۸ رابطه آنزیم و دما بر قابلیت جویدن

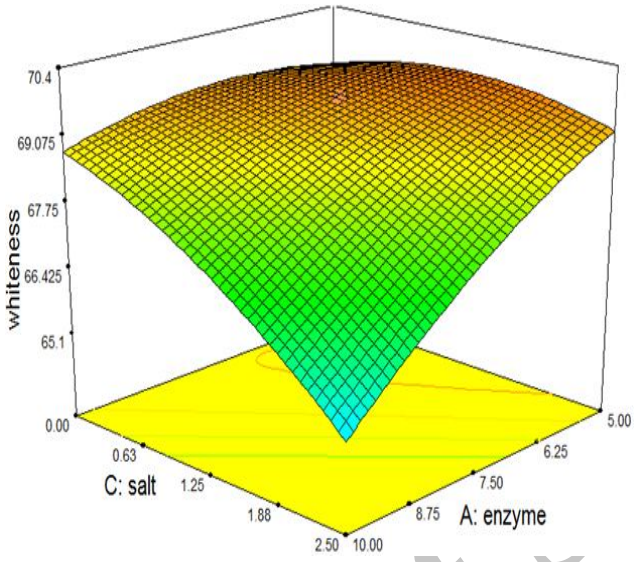
۵-۳ شاخص‌های رنگ

سفیدی (W)

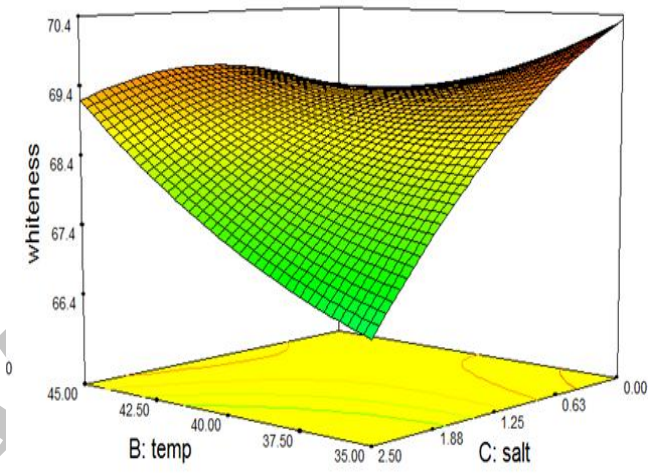
نتایج نشان داد تأثیر آنزیم و نمک به‌طور جداگانه بر روی عامل سفیدی معنادار ($p<۰/۰۵$) بود، اما تأثیر دما معنادار نبود ($p>۰/۰۵$). در عین حال تأثیر همزمان آنزیم و نمک و همچنین نمک و دما بر روی عامل سفیدی معنادار بود ($p<۰/۰۵$). تأثیر آنزیم و نمک بر میزان سفیدی نیز در شکل ۹ نشان داده شده است و بیانگر این مطلب است که با کاهش نمک و غلظت آنزیم، سفیدی افزایش یافت.

شکل ۱۰ نیز نشان‌دهندهٔ تأثیر نمک و دما بر میزان سفیدی بافت ژل سوریمی است. این شکل نشان‌دهندهٔ این مطلب است که با افزایش دما و کاهش درصد نمک میزان سفیدی نمونه افزایش یافت. همچنین نتایج به‌دست آمده از مقایسه میزان سفیدی تیمار بهینه حاوی آنزیم فعال و غیرفعال نشان داد که میزان سفیدی از ۷۱/۸۵ در نمونه حاوی آنزیم فعال به ۷۵/۲۷ در نمونه حاوی آنزیم غیرفعال افزایش یافت ($p<۰/۰۵$) که نشان می‌دهد با حذف آنزیم میزان سفیدی نمونه افزایش می‌یابد.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۹ **رابطه آنزیم و نمک بر عامل سفیدی**



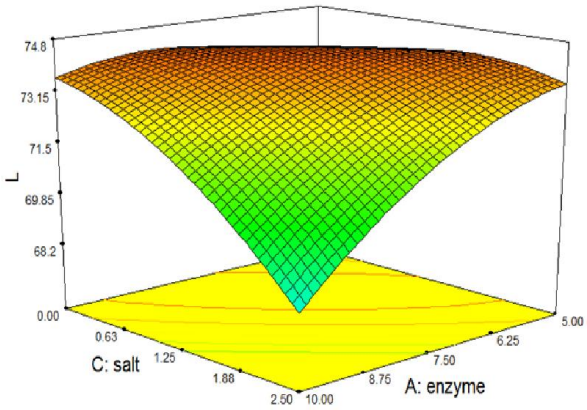
شکل ۱۰ رابطه نمک و دما بر عامل سفیدی

روشنایی (L)

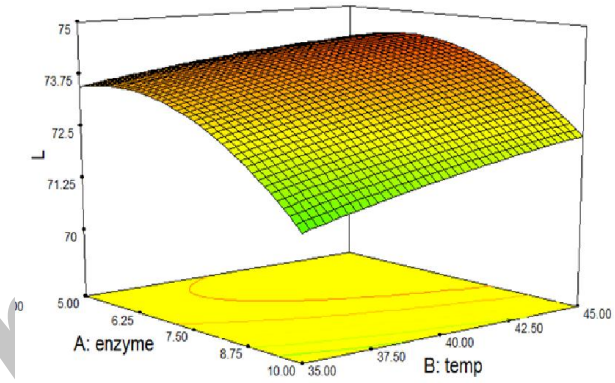
نتایج حاکی از آن بود که تأثیر هر سه عامل مستقل آنـزیم، نمک و دما بر میزان روشنایی ژل تولیـدی معنـادار بـود و نتایج به‌دست آمده از برهم‌کـنش همزمـان عوامـل مـذکور نشان‌دهندهٔ این مطلب بود که تنها تـأثیر همزمـان آنـزیم و نمک معنادار گردید ($p<۰/۰۵$). در شکل ۱۱ تأثیر همزمـان آنزیم و نمک نشان داده شد که براساس آن مشخص گردید که با افزایش مقدار نمک از مقدار عامـل روشـنایی نمونـه کاسته می‌شود. شکل ۱۲ نشان‌دهندهٔ تأثیر آنـزیم و دمـا بـر میزان روشنایی نمونه است. این شکل بیانگر آن اسـت کـه با افزایش دما و کاهش غلظت آنزیم میزان روشنایی نمونـه افزایش یافت. نتایج حاصـل شـده از مقایسـه تیمـار بهینـه

www.SID.ir

حاوی آنزیم فعال و غیرفعال نشان داد که میزان روشنایی از ۷٤ در نمونه حاوی آنزیم فعال به ۷۷/۸ در نمونـه حـاوی آنزیم غیرفعال افزایش یافت ($p<۰/۰۵$) کـه هماننـد نتـایج حاصل از میزان سفیدی، نشان از کاهش میزان روشنایی در اثر افزایش آنزیم دارد.



شکل ۱۱ رابطه آنزیم و نمک بر عامل روشنایی



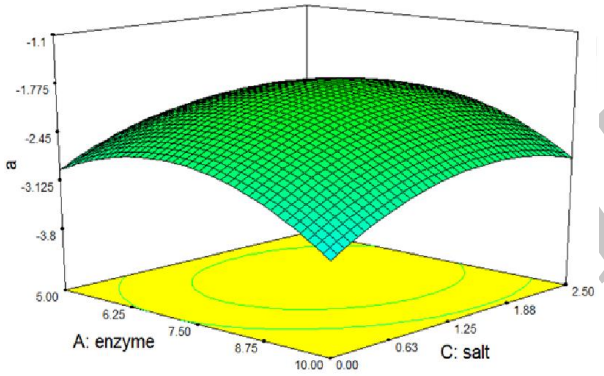
شکل ۱۲ رابطه آنزیم و دما بر عامل روشنایی

قرمزی (a)

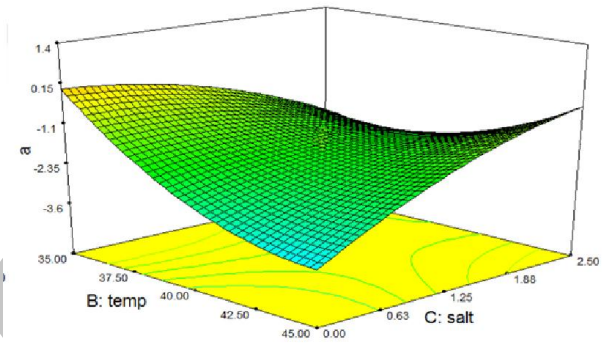
براساس نتایج به‌دست آمـده هـیچ یـک از عوامـل مسـتقل غلظت آنزیم، دما و نمک تأثیر معناداری بر میـزان قرمـزی ژل تولیدی نداشتند، اما باوجود معنادار نبودن هیچ‌کـدام از عوامل مذکور با افزایش مقدار نمک، کاهش آنزیم و دما به میزان قرمزی ژل تولیدی افزوده شد. اگرچـه در ایـن بـین تأثیر توأم دما و نمک بر روی قرمـزی بافـت ژل سـوریمی معنادار بود ($p<۰/۰۵$). شکل ۱۳ بیانگر تأثیر آنزیم و نمـک بر میزان قرمزی نمونه ژل تولیدی است و نشان‌دهندهٔ ایـن است که با افزایش مقدار نمک و کاهش آنزیم رنگ نمونـه به سمت قرمز بودن سوق پیدا می‌کند. شکل ١٤ بیانگر تأثیر نمک و دما بر روی عامل قرمزی ژل سوریمی است. آنچـه

www.SID.ir

که از این شکل استنباط می‌شود نشان از افزایش مقدار قرمزی در هنگام کاهش دما و افزایش درصد نمک دارد. نتایج به‌دست آمده از مقایسه تیمار بهینه حاوی آنزیم فعال و غیرفعال نشان داد که میزان این شاخصه از ۲/۸- در نمونه حاوی آنزیم فعال به ۱/۸- در نمونه بدون آنزیم افزایش یافت که این نتیجه نشان از تأثیر حذف آنزیم در افزایش میزان قرمزی نمونه‌های تولیدی دارد.



شکل ۱۳ رابطه آنزیم و نمک بر عامل قرمزی

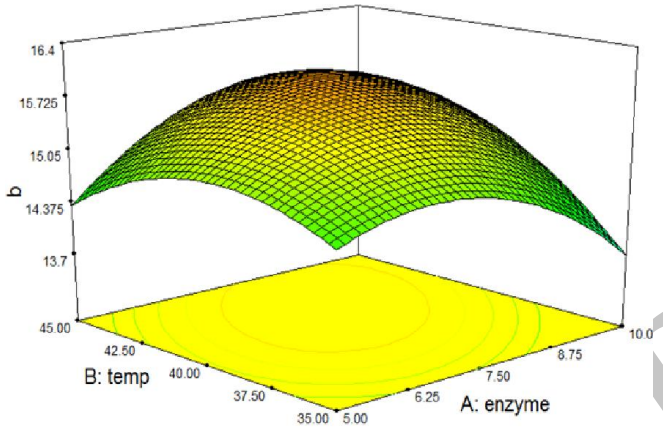


شکل ١٤ رابطه نمک و دما بر عامل قرمزی

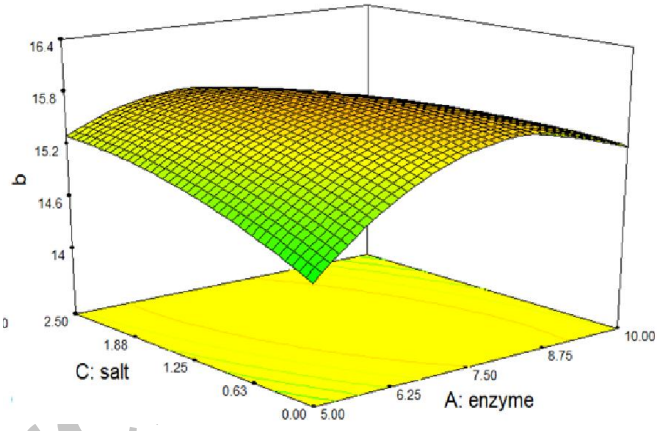
زردی (b)

در این شاخصه با افزایش مقدار آنزیم و دما به‌طور همزمان مقدار زردی نمونه به‌طور معنادار افزایش یافت و همچنین از بین عوامل مستقل آنزیم، دما و نمک، تنها عامل دما دارای تأثیر معنادار بود. شکل ۱۵ بیانگر تأثیر همزمان آنزیم و دما بر روی مقدار زردی نمونه ژل سوریمی است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، افزایش مقدار آنزیم و دما به‌صورت جداگانه منجر به کاهش عامل زردی می‌شود، درحالی‌که تأثیر همزمان این دو عامل منجر به افزایش معنادار عامل زردی می‌گردد. شکل ١٦ نیز نشان می‌دهد با افزایش نمک مقدار زردی افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از بررسی تیمار بهینه حاوی آنزیم فعال و غیرفعال با روند کلی این شاخصه مغایرت داشت، از این‌رو از توصیف آن صرف‌نظر گردید.

www.SID.ir



شکل ۱۵ رابطه آنزیم و دما بر روی عامل زردی

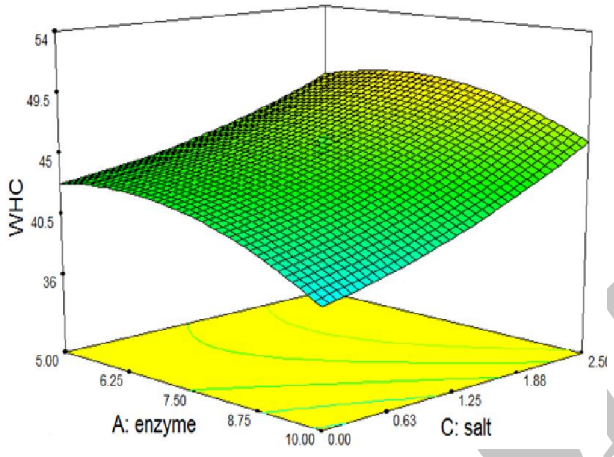


شکل ۱۶ رابطه آنزیم و نمک بر روی عامل زردی

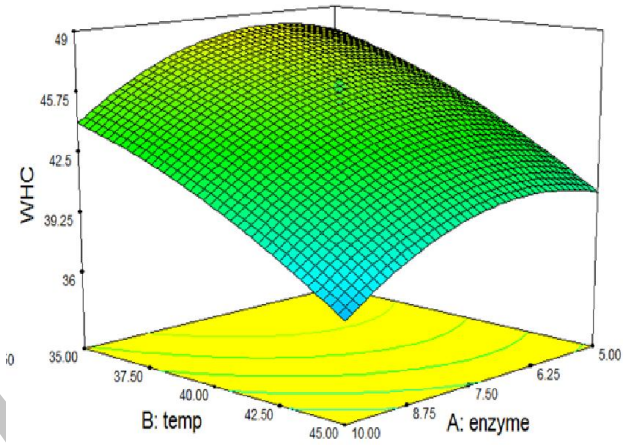
۳-۶ ظرفیت نگهداری آب (WHC)

نتایج نشان داد هر سه عامل مستقل آنزیم، دما و درصد نمک بر روی WHC تأثیر معناداری داشت ($p<۰/۰۵$). شکل ۱۵ نشان‌دهندهٔ تأثیر مقدار نمک و آنزیم بر WHC است. نتایج نشان داد که با افزایش مقدار نمک از ۰ به ۲/۵ درصد و کاهش مقدار آنزیم از ۱ به ۰/۵ درصد مقدار WHC افزایش یافت. این شکل نشان‌دهندهٔ وابستگی خطی مقدار WHC به میزان نمک است که در آن با افزایش نمک بیشترین مقدار WHC مشاهده گردید. همان‌طور که در شکل ۱۶ مشاهده می‌شود با کاهش دما مقدار WHC افزایش یافت. نتایج حاصل شده از مقایسه تیمار بهینه حاوی آنزیم فعال و غیرفعال نشان داد که مقدار WHC از ۵۲/۶۶ در نمونه حاوی آنزیم فعال به ۷۷/۷۷ در نمونه حاوی آنزیم غیرفعال افزایش یافت ($p<۰/۰۵$) که نشان از افزایش مقدار WHC در هنگام حذف آنزیم دارد.

www.SID.ir



شکل ۱۵ **رابطه آنزیم و نمک بر عامل** WHC



شکل ۱۶ **رابطه آنزیم و دما بر عامل** WHC

جدول ۲ مقایسه تیمار بهینه حاوی آنزیم فعال و تیمار بهینه حاوی آنزیم غیرفعال (

شاخصه	Coh	Hrd	Sprg	Chew	WHC	Whit	L*	a*
تیمار بهینه (آنزیم فعال)	۷۷	٦٥٣٦/٥	۰/۹۲	٤٦١٨	٥٢/٦٦	٧١/٨٥	٧٤	-۲/۸
تیمار بهینه (آنزیم غیرفعال)	۰/٦۳	۳۱۰۹	۰/۸۹٥	۱۷٦٦/٥	۷۷/۷۷	۷٥/۲٥	۷۷/۸	-۱/۸

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، در شاخص‌های آزمون TPA استفاده از آنزیم در حالت فعال در مقایسه با نوع غیرفعال آنزیم منجر به افزایش این شاخص‌ها در ژل تولیدشده گردید که نشان از تأثیر مثبت افزودن این آنزیم بر ساختار شبکه ژل سوریمی دارد.

www.SID.ir

بحث

سختی

با توجه به نتایج بیان شده و با توجه به اینکه افزایش غلظت آنزیم منجر به افزایش معنادار سختی نشد، می‌توان بیان کرد که در واقع در غلظت کمینه آنزیم (۰/۵ درصد) تقریباً تمامی اتصالات عرضی زنجیره سنگین میوزین (MHC) تولید شده به‌وسیلهٔ آنزیم MTGase که منجر به ایجاد شبکه متراکم‌تر در پروتئین‌ها و در نتیجه افزایش سختی می‌گردد، تشکیل شد. از سوی دیگر با توجه به تأثیر معنادار افزایش نمک در افزایش عملکرد آنزیم و متعاقب آن افزایش سختی می‌توان به این نکته اشاره کرد که آنزیم MTGase به‌منظور تأثیر مثبت بر سختی بافت ژل سوریمی به‌حداقل میزان نمک نیازمند است. بررسی‌های صورت گرفته نشان داده است که آنزیم MTGase برای تأثیر بر پروتئین‌های میوفیبریلی و افزایش اتصالات عرضی زنجیره سنگین میوزین در طی دوره قوام‌یابی به حداقل میزان نمک به‌منظور حل کردن این پروتئین‌ها و تشکیل باندهای کووالانسی ε-amino-(γ-glutamyl)-lysine نیاز دارد. در واقع همان‌طور که در پژوهش‌های دیگر به آن اشاره شده است، آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی به‌منظور تشکیل باندهای کووالانسی بین پروتئین‌ها نیاز دارد که این پروتئین‌ها حل (بازشدن ساختار پروتئین) شود، که این حالت در حین چرخ‌کردن گوشت‌ماهی حاوی نمک صورت می‌گیرد. در نهایت با توجه به پژوهش‌های انجام شده این پروتئین‌های حل شده به‌عنوان سوبسترایی برای آنزیم ترانس‌گلوتامیناز به‌منظور تشکیل اتصالات عرضی عمل می‌کند (Uresti et al., 2004 و Cardoso et al., 2010 a). همچنین افزایش دما و تأثیر آن بر افزایش سختی مبین تأثیر آن بر بهبود فرایند باز شدن پروتئین‌های میوفیبریلی و در نتیجه تشکیل شبکه ژلی مستحکم‌تر است. به‌پیرو این مطلب نتایج حاصل از آنالیز بافت ژل تهیه شده از گوشت خوک نشان داد که میزان سختی محصول با افزایش مقدار نمک و آنزیم MTGase افزایش یافت. در این بین آنزیم MTGase به‌تنهایی نتوانست میزان سختی بافت را افزایش دهد ولی در حضور نمک این عامل افزایش یافت (Pietrasik and Li-Chan, 2002). نتایج حاصل شده از تأثیر آنزیم و نمک بر ژل تولیدشده از اضافات به‌دست آمده از فیله ماهی کپور نقره‌ای نشان داد بیشترین میزان نمک منتج به بیشترین مقدار سختی در نمونه شد. زمانی‌که از ۱ درصد نمک استفاده شد تنها ۰/۳ درصد آنزیم برای به‌دست آوردن سختی مطلوب (۲۷۷۳ گرم) نیاز بود که این مقدار در مقایسه با نمونه بدون آنزیم (۶۷۱ گرم) افزایش چشمگیری را نشان می‌دهد (Uresti et al., 2004). تأثیر توأم آنزیم MTGase و نمک بر ژل تولیدی از ماهی باس دریایی پرورشی (*Dicentrarchus labrax*) نشان داد تمام شاخص‌های TPA از جمله مقدار سختی افزایش چشمگیری را نسبت به نمونه بدون نمک دارا بودند که نتایج حاصل از پژوهش حاضر با این نتیجه در یک راستا بوده و نشان‌دهندهٔ لزوم حداقل مقدار نمک به‌منظور تأثیر بهتر آنزیم بر ویژگی‌های بافتی است (Cardoso et al., 2010 a). نتایج حاصل شده از بررسی تأثیر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی بر ژل تهیه شده از ماهی باس دریایی نشان داد تأثیر این آنزیم (۰/۵ درصد) باعث افزایش سختی شد، بدین صورت که در حضور آنزیم سختی از ۱۰/۲ به ۱۷/۲ افزایش یافت که دلیل آن را با توجه به دیدگاه‌های مختلف موجود در پژوهش‌های انجام شده، شکل‌گیری باندهای دی‌سولفیدی و دیگر باندهای کووالانسی تحت تأثیر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و در نتیجه افزایش سختی می‌دادند (Cardoso et al., 2011). نتایج

Archive of SID

www.SID.ir

مشابه نیز در پژوهش‌های دیگر به‌دست آمده است (Cardoso et al., 2009; Moreno et al., 2008).

به‌هم پیوستگی

میزان به‌هم پیوستگی به‌دست آمده در این پژوهش به نحوی بود که در آن استفاده از تیمار بهینه حاوی نمک (۱/۲۵ درصد)، حداقل میزان آنزیم (۰/۵ درصد) و به‌کارگیری دمای ٤٥ درجه سانتی‌گراد و در نهایت بررسی پروفیل بافت آن، منجر به تولید بافتی با میزان به‌هم پیوستگی ۰/۷۷ شد. این مقدار در تقابل با نمونه‌های بدون نمک اختلاف زیادی داشت و نشان از تأثیر متقابل نمک و آنزیم و لزوم به‌کارگیری حداقل مقدار نمک برای باز شدن ساختار پروتئین به‌منظور دسترسی به نقاط اعمال اثر آنزیم (لیزین و گلوتامین) دارد. همچنین این مقدار در مقایسه با تیمار حاوی مقدار یکسان آنزیم که در آن از حداکثر مقدار نمک (۲/۵ درصد، که در واقع مقدار نمکی است که به‌طور معمول در تولید سوریمی فاقد ماده کمکی (آنزیم) استفاده می‌شود)، استفاده شده بود و با در نظر گرفتن به‌هم پیوستگی حاصل شده از آن که معادل ۰/۸۱۵ بود، کیفیت بسیار قابل توجهی را نشان داد و بیانگر این مطلب است که با استفاده از آنزیم می‌توان بدون آنکه کاهش چشمگیری را در عامل به‌هم پیوستگی بافت ملاحظه کرد، مقدار استفاده از نمک را به نصف کاهش داد. همچنین افزایش دما و تأثیر آن بر افزایش سختی مبین تأثیر آن بر بهبود فرایند باز شدن پروتئین‌های میوفیبریلی و در نتیجه اعمال اثر مؤثر آنزیم در تشکیل شبکه ژلی مستحکم‌تر است. براساس نتایج مطالعه حاصل شده از بررسی تأثیر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز بر روی ژل تولیدشده از اضافات به‌دست آمده از فیله ماهی کپور نقره‌ای، صرف‌نظر از اینکه میزان به‌هم پیوستگی در ژل سوریمی تهیه شده از ماهی کپور نقره‌ای بسیار کم بود، اما افزایش مقدار نمک به ۲ درصد به همراه ۰/۳ درصد آنزیم، میزان به‌هم پیوستگی را از ۰/۱۰۹ به ۰/۱۵۷ افزایش داد که نتیجه مطالعه حاضر با نتایج مطالعه مذکور همخوانی دارد و نشان‌دهندهٔ ضرورت وجود حداقل میزان نمک به‌منظور باز شدن ساختار پروتئینی و در نتیجه افزایش نقاط اثر آنزیم و در نهایت دستیابی به ویژگی‌های بافتی مناسب است (Uresti et al., 2004). میزان به‌هم پیوستگی ژل سوریمی تهیه شده از ماهی باس دریایی پرورشی (*Dicentrarchus labrax*) که شاخص اصلی کیفیت ژل محسوب می‌شود در نمونه حاوی ۰/۵ درصد آنزیم از مقدار ۰/٥٦ به ۰/٦١ افزایش یافت، این درحالی بود که افزایش مقدار نمک از ۰/۵ به ۲/۵ درصد تأثیر چندانی را بر به‌هم پیوستگی ژل نداشت، اما تأثیر همزمان نمک و آنزیم در مقایسه با نمونه شاهد بدون آنزیم منجر به افزایش ویژگی‌های بافتی شد (Cardoso et al., 2010 a). نتایج حاصل شده از بررسی تأثیر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی و فیبرهای غذایی (نخودفرنگی، اینولین ریشه کاسنی) بر روی سوریمی تهیه‌شده از ماهی ماکرل نشان داد که آنزیم مذکور به‌تنهایی توانست ویژگی به‌هم پیوستگی ژل سوریمی (شاخص اصلی و بنیادی کیفیت سوریمی) را از ۰/۲۷ در نمونه شاهد به ۰/۷۲ در نمونه حاوی ۰/۵ درصد آنزیم برساند (Cardoso et al., 2009). در این باره پژوهش‌های دیگر با نتایج مشابه انجام شده است (Cardoso et al., 2011; Ramirez et al., 2007; Moreno et al., 2008).

کشسانی

نمک به‌دلیل در دسترس قرار دادن پروتئین‌ها از طریق تولید پروتئین‌های محلول در طی فرایند چرخ‌کردن و مخلوط‌سازی گوشت با نمک تأثیر مثبتی را بر ویژگی‌های مکانیکی بافت می‌گذارد و همچنین از این طریق باعث

Archive of SID

www.SID.ir

می‌شود نقاط اثر آنزیم MTGase برای پدیدآوردن اتصالات عرضی مهیا شود که در نتیجه منجر بـه افـزایش کشسـانی می‌شود. براساس پژوهش‌های انجام شده بـر روی بررسـی تـأثیر آنـزیم تـرانس‌گلوتامینـاز میکروبـی بـر محصـولات مختلف، نتایج نشان داد کـه ایـن آنـزیم بـه‌دلیـل افـزایش تشـکیل اتصـالات عرضـی بـین پـروتئین‌هـا، منجـر بـه شکل‌گیری مولکول‌های پروتئینی بزرگ و تشکیل سـاختار ژلـی بـین ایـن اجـزا و در نتیجـه باعـث افـزایش قابلیـت ارتجاعی گردید. در واقع قابلیت ارتجاعی بیـانگر خـواص کشسانی ژل اسـت (Ashrafi et al., 2015). در مقایسـه بـا نمونه شاهد، استفاده از آنزیم باعث افـزایش کشسـانی ژل تهیه‌شده از ماهی کفال (*Mugil cephalus*) شد، اما تفـاوت معناداری در هیچ‌یک از سطوح نمک (۱ درصد و ۲ درصد) مشاهده نشد (Ramirez et al., 2007) ($p>۰/۰۵$). اسـتفاده از غلظت ۰/۵ درصـد آنـزیم MTGase در ژل تولیـدی از ماهی ماکرل منجر به افـزایش کشسـانی بافـت از ۰/۵۲ بـه ۰/۸۵ شد که این نتیجه با نتـایج حاصـل از ایـن پـژوهش همخوانی دارد، بدین نحو که آنالیز نقطه بهینـه حـاوی ۰/۵ درصد آنزیم در مقایسه با نمونه دارای مقدار نمک مشابه و تیمار دمایی یکسان اما بدون حضور آنزیم ۰/۵ درصد نشان داد کـه میـزان کشسـانی از ۰/۸۸ بـه ۰/۹۲ افـزایش یافـت (Cardoso et al., 2009). پـژوهش‌هـای مختلفـی دربـارهٔ بررسی تأثیر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی بر ژل تولیدی از گونه‌های مختلف ماهی صورت گرفته است که نشـان از تأثیر مثبت آنزیم در هنگام به‌کارگیری حداقل مقدار نمـک بـر خاصـیت کشسـانی دارد (Cardoso et al., 2010 a; Cardoso et al., 2011; Uresti et al., 2004).

قابلیت جویدن

همان‌طور که اشاره شد ضرورت استفاده از نمک، نیازمنـد بودن آنزیم به حل شدن و باز شدن ساختمان پروتئین‌هـای میوفیبریلی است که این عمل با استفاده از نمک، حتـی در مقادیر حداقل (۰/۲۵ درصد در پژوهش‌های دیگـر و ۱/۲۵ در پژوهش کنونی) و به‌علت وجود بارهای مثبت و منفـی موجود در یون‌های نمک و تأثیر آن در شکل‌گیری هر چـه بهتر شبکه پایدار سه‌بعدی پروتئینی امکان‌پذیر می‌شـود. در مقدار ثابت نمک (۲/۵ درصد) میـزان قابلیـت جویـدن ژل سوریمی تهیه شده از ماهی ماکرل حاوی ۰/۵ درصد آنزیم MTGase منجر به افزایش این عامل از ۰/۹ در نمونه شاهد به ۷ در نمونه حاوی آنزیم شد که با نتایج حاصل شـده از آنالیز نقطه بهینه مطابقت دارد و نشـان‌دهنـدهٔ تـأثیر مثبـت وجود آنـزیم MTGase بـر قابلیـت جویـدن ژل سـوریمی اسـت (Cardoso et al., 2009). پـژوهش‌هـای دیگـر نیـز حاکی از تأثیر مثبت و مؤثر این آنزیم بر روی عامل قابلیت جویدن نمونه ژل تولیدی بودند (Cardoso et al., 2010 a; Cardoso et al., 2011). در پـژوهش دیگـری کـه دربـارهٔ بررسی تـأثیر آنـزیم تـرانس‌گلوتامینـاز میکروبـی بـر روی ویژگی‌های ژل تولیدی از گوشت خوک انجام شـد، نتـایج نشان داد که صرف‌نظر از مقادیر آنزیم، افزایش مقدار نمک منجر به افزایش قابلیت جویدن ژل تولیـدی شـد کـه ایـن نتیجه با نتیجه حاصل شده از این پژوهش همخـوانی دارد. همچنین دربارهٔ تأثیر همزمان نمک و دما نتایج این پژوهش نشان داد که در هنگام افزایش مقدار نمک، بالا رفتن دما از ۷۰ درجه به ۹۰ درجه سانتی‌گراد منجر بـه کـاهش میـزان عامل مذکور گردید (Pietrasik and Li-Chan, 2002).

سفیدی (W)

به‌طـورکلی تقاضـا دربـارهٔ خصوصـیات رنگـی سـوریمی به‌طوری است که تمایل به خرید سوریمی بامیزان عامل L

Archive of SID

www.SID.ir

بالاتر، b کمتر و W بیشتر وجود دارد (Duangmal and Taluengpohl, 2010).

نتایج حاصل شده از تأثیر عوامل مستقل به‌کار گرفته شده در این پژوهش با نتایج به‌دست آمده از پژوهش انجام شده بر روی ژل سوریمی تهیه شده از ماهی ماکرل شباهت داشت، بدین‌صورت که با افزودن آنزیم از میزان سفیدی نمونه کاسته شد. آنها اظهار داشتند که افزایش سفیدی می‌تواند با میزان دناتوره شدن رنگدانه‌های پروتئینی در ارتباط باشد. در این خصوص تأثیر خفیف کاهش سفیدی در اثر استفاده از آنزیم مذکور، نشان‌دهندهٔ کاهش دناتوره شدن ژل‌های حاوی این آنزیم است، زیرا اتصالات عرضی ایجادشده توسط این آنزیم در طی دوره قوام‌یابی ممکن است از دناتوره شدن در مرحله پخت جلوگیری کند (Cardoso et al., 2009). نتایج حاصل شده از تأثیر آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی بر روی عوامل رنگ سوریمی حاصل شده از گوشت مارمولک ماهی (*Suarida tumbil*) نشان داد که با افزایش مقدار آنزیم، میزان سفیدی نمونه افزایش کمی را از خود نشان داد که دلیل آن ممکن است به‌دلیل وجود سایر ترکیبات موجود در پودر تجاری MTGase باشد که منجر به ایجاد رنگ سفید در اجزای ژل تولید شده می‌شود (Chanart and Benjakul, 2013). همچنین در پژوهشی که بر روی ژل حاصل شده از گوشت خوک انجام گرفت، نتایج حاکی از آن بود که افزودن آنزیم ترانس‌گلوتامنیاز نتوانست تأثیر معناداری را بر عوامل رنگ ژل تولیدی بگذارد و همچنین تأثیر دما بر عوامل رنگ معنادار نبود که با نتایج حاصل شده از این پژوهش یکسان بود (Pietrasik and Li-Chan, 2002). نتایج حاصل شده از پژوهش‌های قبلی نشان داد برای جلوگیری از تأثیر آنزیم بر رنگ نمونه، باید محدوده دمایی بین ۵ تا ٤٨ درجه سانتی‌گراد باشد (Monteiro et al., 2015). در بررسی‌ای که دربارهٔ تأثیر آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی و فیبر غذایی (آرد کونیاک) بر روی ژل تهیه شده از ماهی سیم سرطلایی انجام گرفت، نتایج حاکی از آن بود که با افزودن آنزیم مذکور به مقدار کم از میزان سفیدی نمونه کاسته شد که با نتیجه حاصل شده از این پژوهش در یک راستا می‌باشد و دلیل آن را تأثیر افزایش میزان اتصالات عرضی شکل گرفته شده توسط آنزیم دانسته‌اند (Cardoso et al., 2010 b). پژوهش انجام شده دربارهٔ بررسی تأثیر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی بر ژل تولیدشده از ماهی مارمولک‌ماهی (*Saurida undosquamis*) نشان داد، میزان سفیدی نمونه در نمونه‌های دارای مقادیر بیشتر آنزیم افزایش نسبی یافت که این افزایش را به‌دلیل تأثیر وجود مالتودکسترین موجود در آنزیم و احتمال تأثیر آن بر پراکنده شدن روشنایی به‌ویژه در نمونه‌های دارای مقادیر بالای آنزیم دانستند (Benjakul et al., 2008). در پژوهش انجام شده دربارهٔ تأثیر آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی و فیبرهایی نظیر نخودفرنگی، کاراجینان و ترکیب کاراجینان به همراه آرد کونیاک بر روی ژل تولیدی از ماهی باس دریایی (*Dicentrarchus labrax*) نتیجه‌ای متفاوت به‌دست آمد و بیانگر عدم تأثیر آنزیم بر روی عامل سفیدی بود. این امر نشان می‌دهد شرایط مختلف اعم از گونه و شرایط آزمایشگاهی می‌تواند نتایج متفاوتی را به‌دست آورد (Cardoso et al., 2011).

روشنایی (L)

نتایج حاصل شده از این پژوهش مبنی بر تأثیر عوامل مذکور بر میزان روشنایی ژل تولید شده با یافته‌های حاصل از پژوهش‌های پیشین مطابقت داشت. بدین صورت که با کاهش مقدار نمک از ۲/۵ به ۱/۵ در نمونه کم نمک سوسیس به‌منظور تولید فراورده کم نمک مقدار L افزایش

Archive of SID

www.SID.ir

یافت و از مقدار b کاسته شد (Pietrasik and Li-Chan, 2002). در پژوهش انجام شده دربارهٔ بررسی تأثیر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز بر ویژگی‌های رنگی ژل تولید شده از ماهی مارمولک‌ماهی (*Saurida undosquamis*) نتایج نشان داد استفاده از دمای بالاتر (۴۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳۰ دقیقه) نسبت به دمای متوسط (۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲ ساعت) به‌عنوان دمای قوام‌یابی منجر به افزایش نسبی در عامل L شد که با نتایج حاصل شده از این پژوهش در یک راستا می‌باشد که دلیل آن را دناتوره شدن بیشتر پروتئین‌ها، به‌ویژه رنگ‌دانه‌های (هموگلوبین و میوگلوبین) موجود در عضله در دمای بالاتر دانستند. همچنین این پژوهش نشان داد که برخلاف نتیجه حاصل شده از این پژوهش با افزایش مقدار آنزیم میزان روشنایی نمونه نیز افزایش یافت که دلیل آن را به‌ویژه در مقادیر بیشتر آنزیم احتمال تأثیر روشن کنندگی مالتودکسترین موجود در آنزیم به‌عنوان یک پایدار کننده دانستند (Benjakul et al., 2008). پژوهش‌های مختلف دیگر نتایج متفاوتی را به‌همراه داشتند، بدین نحو که در پژوهش انجام شده بر روی ژل تولیدی از ماهی باس دریایی پرورشی (*Dicentrarchus labrax*) نتایج حاکی از آن بود که به استثنای وجود مقادیر بالای نمک و نبود آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی، عامل a و W در مقادیر کم نمک تحت تأثیر قرار نگرفتند (Cardoso et al., 2010 a).

قرمزی (a)

دربارهٔ تأثیر آنزیم و دیگر عوامل مستقل به‌کار گرفته شده در این پژوهش تحقیقات متفاوتی صورت گرفته است. در این باره همانند یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر، نتایج حاصل شده از این پژوهش بر روی فراورده به‌دست آمده از گوشت ماهی تیلاپیا نشان‌دهندهٔ عدم تأثیر معنادار آنزیم بر میزان قرمزی فراورده بود (Moteiro et al., 2015). دربارهٔ تأثیر کاهش دما و افزایش مقدار نمک بر افزایش قرمزی ژل تولیدی از ماهی کپور سرگنده در این پژوهش، نتایج پژوهش صورت گرفته بر روی ژل تولید شده از گوشت خوک نشان داد که نتایج حاصل شده از این دو پژوهش منافات بسیار زیادی را با یکدیگر داشته که احتمالاً به‌دلیل ماهیت ساختاری متفاوت بافت مورد استفاده است. در این پژوهش با کاهش مقدار نمک مقدار قرمزی افزایش پیدا کرد که دلیل آن را احتمالاً افزایش خروج آب در نمونه کم نمک و در نتیجه افزایش غلظت پروتئین‌ها در بافت و تأثیر رنگدانه‌های باقی‌مانده موجود در ژل تولیدی دانستند (Pietrasik and Li-Chan, 2002). بررسی انجام شده بر روی ژل تولید از ماهی باس دریایی پرورشی نشان داد تأثیر مقادیر بالای نمک بر عامل a معنادار بود (Cardoso et al., 2010 a).

زردی (b)

در این پژوهش همان‌طور که در نتایج به آن اشاره شد از بین عوامل موجود تنها تأثیر عامل دما بر مقدار زردی ژل سوریمی معنادار بود، این در حالی است که این نتیجه با پژوهشی که بر روی ژل حاصل شده از گوشت خوک انجام گرفت، مطابقت نداشت که نشان از عدم تأثیر معنادار دما بر عوامل رنگ ژل تولیدی داشت. همچنین در این پژوهش نمک تنها عاملی بود که بر میزان زردی نمونه تأثیر گذاشت که این نتیجه نیز با نتیجه به‌دست آمده از این پژوهش مغایرت دارد (Pietrasik and Li-Chan, 2002). پژوهش‌های دیگر مبنی بر بررسی تأثیر آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی بر ماهی باس دریایی پرورشی (*Dicentrarchus labrax*) نشان از این دارد که نمک تنها عاملی بود که بر میزان زردی ژل تولیدی تأثیرگذار بود که

Archive of SID

www.SID.ir

این نتیجه با نتایج حاصل از این پژوهش در یک راستا نیست (Cardoso et al., 2010 a). پژوهش‌های دیگر بیانگر عدم تأثیر آنزیم بر میزان زردی نمونه بود (Cardoso et al., 2009; Monteiro et al., 2015).

WHC

در بررسی نتایج حاصل از تأثیر افزایش آنزیم بر کاهش مقدار WHC می‌توان به این نکته اشاره کرد که این رفتار نشان می‌دهد مقادیر بیش از حد آنزیم MTGase باعث افزایش پیوندهای تصادفی پروتئین-پروتئین و در نتیجه پدیده انباشتگی پروتئین می‌شود که در نتیجه با کاهش تشکیل پیوند میان پروتئین و آب منجر به کاهش WHC گردید (Ramirez et al., 2002). همچنین دربارهٔ تأثیر دما می‌توان گفت که با کاهش دما، نیروی جنبشی مولکول‌های آب کاهش یافته و در نتیجه منجر به تسهیل به دام افتادن مولکول‌های آب در شبکه ایجاد شده توسط آنزیم گردید (Ashrafi et al., 2015). دربارهٔ تأثیر نمک و افزایش میزان آن بر افزایش شاخصه WHC، می‌توان گفت دلیل این پدیده افزایش یون‌های نمک و تأثیر بارهای مثبت و منفی این یون‌ها بر ایجاد پل‌های نمکی بین رشته‌های پروتئینی و به اصطلاح افزایش حلالیت پروتئین و در نتیجه تشکیل یک شبکه سه‌بعدی منسجم‌تر پروتئینی بوده که قادر به جذب و نگهداری بیشتر مولکول‌های آب است (Cardoso et al., 2010 a). نتایج حاصل شده از تأثیر آنزیم MTGase و دو نوع فیبر (فیبر نخودفرنگی و فیبر اینولین ریشه کاسنی) بر روی ژل سوریمی تولید شده از ماهی ماکرل نشان داد که استفاده از ۰/۵ درصد آنزیم بدون حضور فیبر منجر به افزایش مقدار WHC از ۳۶/٤ در نمونه شاهد به ٤۵/۵ در نمونه حاوی ۰/۵ درصد آنزیم شد که این نتایج با نتایج حاصل از این پژوهش (با در نظر گرفتن عدم استفاده از غلظت صفر آنزیم در این پژوهش) مطابقت دارد و نشان‌دهندهٔ این است که استفاده از غلظت ۰/۵ درصد آنزیم منجر به افزایش WHC بافت ژل سوریمی می‌شود (Cardoso et al., 2009). نتایج حاصل شده از بررسی عامل رطوبت قابل بیان ژل تولیدی از مارمولک‌ماهی (*Saurida undosquamis*) نشان داد با افزایش سطوح آنزیم ترانس‌گلوتامیناز در نمونه‌هایی که به‌مدت ۲ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (به‌عنوان دمای قوام‌یابی) قرار گرفتند، میزان رطوبت قابل بیان افزایش یافت و همچنین در نمونه‌های با دمای قوام‌یابی ٤۰ درجه سانتی‌گراد، افزایش مقدار آنزیم از سطح صفر به ۰/٤ منجر به افزایش این عامل شد، به‌طور کلی مقدار کمینه رطوبت قابل بیان در نمونه ژل نشان از قدرت ژل در نگهداری هر چه بیشتر آب در فضای شبکه ژلی دارد. از این‌رو افزودن آنزیم مورد نظر ممکن است به‌دلیل انبوهی مولکول‌های پروتئینی منجر به بروز مشکل در گروه‌های قطبی آزاد و یا گروه‌های دارای باری که قادر به تشکیل باند با آب هستند شده و در نتیجه باعث افزایش عامل رطوبت قابل بیان شود. در واقع پروتئین‌های دارای اتصالات عرضی ممکن است تعداد گروه‌های آبدوست موجود در پروتئین‌ها را که توانایی ایجاد پیوند و یا نگهداری ژل در شبکه ژلی را دارند کاهش دهد (Benjakul et al., 2008). نتایج حاصل شده از تأثیر افزودنی‌های متفاوت از جمله آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی بر روی ژل ماهی تیلاپیا قرمز (Oreochromis niloticus × O. placidus) نشان داد افزودن آنزیم مذکور در سطوح بالاتر و افزایش آن منجر به افزایش رطوبت قابل بیان شد که دلیل آن را احتمال تأثیر آنزیم بر شکل‌گیری شبکه ژلی غیریکپارچه و در نتیجه ایجاد ممانعت در قابلیت حفظ آب شبکه ژلی دانست (Duangmal and Taluengpohl, 2010). در پژوهش انجام شده بر روی ژل تولیدی از ماهی باس دریایی پرورشی

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج حاکی از عدم تأثیر آنزیم MTGase بر WHC ژل تولیدی داشت که این نتایج با برخی از پژوهش‌ها هم‌سو (Pietrasik et al., 2003) بود و با برخی دیگر از پژوهش‌های انجام شده مغایرت (Cardoso et al., 2009) داشت که دلیل آن را ویژگی‌های متفاوت ماده خام مورد استفاده دانستند، اما با این وجود با افزایش مقادیر نمک از ۰/۲۵ درصد به ۲/۵ درصد در نمونه‌های حاوی مقدار ثابت ۰/۵ درصد آنزیم، میزان WHC از ۵۱/۱ تا ۵۲/۵ به ۶۷/۸ تا ۶۹/۳ افزایش یافت که این نتیجه با نتایج به‌دست آمده از این پژوهش مطابقت دارد و نشان از تأثیر مؤثر نمک بر افزایش شکل‌گیری باندهای بین پروتئین و آب دارد (Cardoso et al., 2010 a). نتیجه مشابه و حاکی از عدم تأثیر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی بر روی عامل WHC در پژوهش انجام شده بر روی ژل تولیدی از باس دریایی به‌دست آمد (Cardoso et al., 2011).

براساس نتایج مطالعه حاضر مشخص شد که افزودن آنزیم ترانس‌گلوتامیناز در میزان کمینه خود منجر به بهبود ویژگی‌های بافتی از قبیل سختی، به‌هم پیوستگی و پایداری شبکه ژلی شد که نشان از تأثیر مثبت آنزیم بر ساختار شبکه‌ای ژل تولیدی از ماهی کپور سرگنده داشت. در واقع افزودن آنزیم ترانس‌گلوتامیناز باعث تولید شبکه‌ای مستحکم‌تر، سخت‌تر شد که بیشتر این تأثیر به‌دلیل شکل‌گیری پیوندهای غیر دی‌سولفیدی بین پروتئین‌های مجاور در دمای قوام‌یابی (۴۵ درجه سانتی‌گراد) بود که با باندهای کووالانسی و برهم‌کنش‌های هیدروفوبی در طی مرحله پخت (دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد) مستحکم‌تر و تقویت شد.

منابع

Ashrafi-Shahmirzadi. Sh., Motamedzadegan, A., Jafarpour, S. A., Shohreh, B. 2015. Optimization of textural properties and reduction the amount of salt of fish nugget by microbial transglutaminase. the 2nd national conference on optimization of production, distribution and consumption in the food industry, 2437- 2447.

Benjakul, S., Visessanguan, W., Riebroy, S., & Ishizaki, S. 2002. Gel-forming properties of surimi produced from bigeye snapper,*Priacanthus tayenusand P macracanthus*, stored in ice. *Science of Food and Agriculture,* 82, 1442-1451.

Benjakul, S., Phatcharat, S., Tammatinna, A., Visessanguan, W., & Kishimura, H. 2008. Improvement of Gelling Properties of Lizardfish Mince as Influenced by Microbial Transglutaminase and Fish Freshness. *Journal of Food Science,* 73, 239-246.

Cardoso, C., Mendes, R., Van-Pires, P., & L. Nunes, M. 2009. Effect of dietary fibre and MTGase on the quality of mackerel surimi gels. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 89, 1648-1658.

Cardoso, C., Mendes, R., Vaz-Pires, P., & L. Nunes, M. 2010 a. Effect of salt and MTGase on the production of high quality gels from farmed sea bass. *Journal of Food Engineering,* 101, 98- 105.

Cardoso, C., Mendes, R., Vaz-Pires, P., & Nunes, M. L. 2010 b. Effect of MTGase, Dietary Fiber and UV Irradiation Upon Heat-Induced Gilthead Seabream (*Sparus aurata*) gels. *Food Science Technology,* 17, 155-165.

Cardoso, C., Mendes, R., Vaz-Pires, P., & L. Nunes, M. 2011. Production of high quality gels from sea bass: Effect of MTGase and dietary fibre. *Food Science and Technology,* 44, 1282-1290.

Chanarat, S., Benjakul, S., & H-Kittikun, A. 2011. Comparative study on protein cross-linking and gel enhancing effect of microbial transglutaminase on surimi from different fish. *Science of Food and Agriculture,* 92, 844-852.

Chanarat, S., & Benjakul, S. 2013. Effect of formaldehyde on protein cross-linking and gel forming ability of surimi from lizardfish induced by microbial transglutaminase. *Food Hydrocolloids,* 30, 704-711.

Duangmal, K., & Taluengpohl, A. 2010. Effect of protein additives, sodium ascorbate, and microbial transglutaminase on the texture and colour of red tilapia surimi gel. *Food Science and Technology,* 45, 48-55.

Archive of SID

www.SID.ir

Park, J. W. 2014. Surimi and Surimi SeaFood (3rd ed.). New York: Taylor & Francis Group, 629p.

Pietrasik, Z., & Li-Chan, E. C. Y. 2002. Response surface methodology study on the effects of salt, microbial transglutaminase and heating temperature on pork batter gel properties. *Food Research International,* 35, 387-396.

Pietrasik, Z., & Jarmoluk, A. 2003. Effect of sodium caseinate and kappa-carrageenan on binding and textural properties of pork muscle gels enhanced by microbial transglutaminase addition. *Food Research International,* 36, 285-294.

Ramirez, J. A, Uresti, R., Tellez, S., & Vazquez, M. 2002. Using Salt and Microbial Transglutaminase as Binding Agents in Restructured Fish Products Resembling Hams. *JOURNAL OF FOOD SCIENCE,* 67, 1778-1784.

Ramirez, J. A., Del Angel, A., Uresti, R. M., Velazquez, G., & Vazquez, M. 2007. Low-salt restructured products from striped mullet (*Mugil cephalus*) using microbial transglutaminase or whey protein concentrate as additives. *Food Chemistry,* 102, 243-249.

Uresti, R. M., Tellez-Luis, S. J., Ramirez, J. A., & Vazquez, M. 2004. Use of dairy proteins and microbial transglutaminase to obtain low-salt fish products from filleting waste from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Food Chemistry,* 86, 257-262.

Yongsawatdigul, J., & Piyadhammaviboon, P. 2005. Effect of microbial transglutaminase on autolysis and gelation of lizardfish surimi. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 85, 1453-1460.

Hajidoun, H. A., & Jafarpour, A. 2013. The Influence of Chitosan on Textural Properties of Common Carp (*Cyprinus Carpio*) Surimi. *Journal Of Food processing technology,* 4, 1-5.

Hsieh, J.-F., Tsai, G.-J., & Jiang, S.-T. 2002. Microbial Transglutaminase and Recombinant Cystatin Effects on Improving the Quality of Mackerel Surimi. *Journal of Food Science,* 67, 3120-3125.

Iran Fisheries Organization 2013. Statistical Yearbook of the Iranian Fisheries Organization. Iran Fisheries Organization Press, 64p.

Jafarpour, A., & Gorczyca, E. M. 2009. Rheological Characteristics and Microstructure of Common Carp (*Cyprinus carpio*) Surimi and Kamaboko Gel. *Food Biophysics,* 4, 172-179.

Jafarpour, A., Hajidoun, H. A. and Rezai, M. 2013. Improvement of quality properties of common carp (*Cyprinus carpio*) surimi using isolated soy protein. *Iranian journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*. 1: 93-108.

Kaewudom, P., Benjakul, S., & Kijroongrojana, K. 2012. Effect of bovine and fish gelatin in combination with microbial transglutaminase on gel properties of threadfin bream surimi. *International Aquatic Research,* 4, 1-13.

Monteiro, M. L. G., Marsico, E. T., & Lazaro, C. A. 2015. Effect of transglutaminase on quality characteristics of a value-added product tilapia wastes. *Journal of Food Science and Technologists,* 52, 2598-2609.

Moreno, H. M., Carballo, J., & Borderias, A. J. 2008. Influence of alginate and microbial transglutaminase as binding ingredients on restructured fish muscle processed at low temperature. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 88, 1529-1536.

Archive of SID

www.SID.ir

Fisheries Science & Technology
TMU
Scientific - Research Journal Vol. 5, No. 1, Spring 2016

Effect of microbial transglutaminase (MTGase) on textural properties of Big Head fish (*Hypophthalmichthys nobilis*) surimi

Hamid Javid[1], Ali Jafarpour[*2]

1- M.S.c Student, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

2- Associate Professor, Department of Fishery, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

Received: 18.09.2015 Accepted: 20.02.2016

*Corresponding author: a.jafarpour@gmail.com

Archive of SID

Abstract:

In this study surimi was produced from big head (*Hypophtalmichthys nobilis*) carp and the effects of three independent factors including microbial transglutaminase (0.5%, 0.75% and 1%), salt (0%, 1.25% and 2.5%) and temperature (35˚C, 40˚C and 45˚C), were examined on textural properties and color parameters of produced surimi was examined. The results showed that enzyme concentration of 0.5 % and 1.25 % of salt at 45˚C temperature were as optimum treatment, thereby, reducing the salt percentage from 2.5 % to 1.25 % without significant reduction in textural properties such as Hardness (resistance of food at the first bitting of the food), Cohesiveness (maintaining the strength of the food during chewing) and Springiness (ability of foos to recovery of its origin shape and size at the first biting). The increasing of the amount of enzyme also resulted in reduction of WHC, significantly ($p<0.05$). Moreover, when the enzyme and salt were used at low concentrations, the more whiteness and lightness of surimi gel wre produced. Simultaneous effect of salt increasing and setting temperature reduction, resulted in significant higher redness (a*) ($p<0.05$). Besides, the effect of enzyme alone on yellow factor (b*) was not significant, whereas the simultaneous effect of increasing in enzyme and temperature resulted higher b* factor ($p<0.05$).

Keywords: Surimi, Big head carp, TGase, WHC

www.SID.ir