www.journals.rifst.ac.ir
نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی
سال ۱۳۹۵، جلد ۵، شماره ۴، صفحات ۳۶۸-۳۵۹
Doi: 10.22101/JRIFST.2017.02.26.004

JRIFST

بررسی اثر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی استیک گوشت مرغ

سیده‌عسل فرخ[۱]، هما بقایی[۲*]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان
۲- استادیار، گروه صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان
* نویسندهٔ مسئول (Baghaei.homa@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۲۷

واژه‌های کلیدی
استیک
ترانس‌گلوتامیناز
فیزیکوشیمیایی
مرغ

چکیده

ترانس‌گلوتامیناز میکروبی (MTGase) جزء آنزیم‌های ترانسفراز می‌باشد که می‌تواند بین اسیدآمینهٔ گلوتامین از یک پروتئین و لایزین از پروتئین دیگر اتصالات عرضی ایجاد کند. در صنعت فراورده‌های گوشتی این آنزیم می‌تواند با اتصال تکه‌های گوشت به‌هم، گوشت بازفراوری‌شده تولید نماید. در این پژوهش از MTGase در سطوح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد برای تولید استیک از خرده‌های گوشت مرغ استفاده گردید و تأثیر آن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی نمونه‌ها بررسی شد. نتایج نشان داد که استفاده از MTGase سبب کاهش pH و افزایش نیروی برشی استیک‌ها شد. همچنین میزان افت پخت و کاهش قطر استیک‌ها بعد از پخت، نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. افزایش ضخامت استیک‌ها پس از پخت نسبت به نمونهٔ شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد ($P<۰/۰۵$). با افزودن آنزیم، از شدت قرمزی (a*) نمونه کم و بر شدت زردی (b*) آنها افزوده شد اما پارامتر روشنایی (L*) و البته شدت رنگ (ΔE) تغییر معنی‌داری نداشت ($P>۰/۰۵$). براساس نظر داوران حسی، اختلاف معنی‌داری بین طعم و رنگ نمونه‌های شاهد و تیمارشده نبود اما میانگین امتیاز برای تیمارهای حاوی ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد آنزیم برابر ۳/۹۶، ۴/۰۲ و ۴/۰۵ و بیشتر از نمونهٔ شاهد (۳/۴۵) ارزیابی شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که MTGase در غلظت ۱ درصد می‌تواند به‌طور قابل قبولی باعث اتصال خرده‌های گوشت مرغ به‌هم و تولید استیک مرغ شود.

مقدمه

گوشت یکی از مهم‌ترین منابع پروتئینی بشمار می‌آید. غنی بودن گوشت از پروتئین‌های ارزشمندی حاوی اسیدهای آمینهٔ ضروری برای بدن و مواد معدنی مانند آهن و روی، انواع ویتامین‌ها و نیز انرژی کافی سبب می‌شود تا در زمرهٔ بهترین و کامل‌ترین مواد غذایی طبقه‌بندی شود. ارزش غذایی گوشت سفید به‌دلیل سلامتی بیشتر آن برای بدن به واسطهٔ نوع چربی و پایین بودن مقدار کلسترول به مراتب از انواع گوشت قرمز بالاتر می‌باشد (Geay *et al.*, 2001).

در سالهای اخیر، تردی گوشت یکی از مهم‌ترین عوامل انتخاب گوشت از نگاه مصرف‌کننده بوده است. عواملی از قبیل مزه، بافت، آبداربودن، ظاهر و رنگ، بر کیفیت گوشت تأثیرگذار هستند و از بین این عوامل، بافت ازنظر مصرف‌کنندگان مهم‌ترین عامل شناخته شده است (شاد و اسکندری، ۱۳۹۲).

آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی[۱] (MTGase) جزء آنزیم‌های ترانسفراز می‌باشد که می‌تواند بین اسیدآمینهٔ گلوتامین از یک پروتئین و لایزین از

[1] Microbial Transglutaminase

پروتئین دیگر اتصالات عرضی ایجاد کند (Vanessa *et al.*, 2008). این آنزیم پروتئینی با وزن مولکولی ۳۷۳۶۸ دالتون و ۳۳۱ اسیدآمینه است که بین pHهای ۵ و ۹ فعالیت داشته و در دمای بین ۳۷ تا ۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد بهترین عملکرد را دارا می‌باشد (فدائی‌نوغانی و همکاران، ۱۳۹۳).

MTGase باعث ایجاد تغییرات در بافت و قدرت ژل گوشت و پروتئین‌های گوشت با تشکیل پیوند بین گلوتامین و لایزین می‌گردد که سفتی و الاستیسیتهٔ محصولات گوشتی را بهبود داده و بنابراین از بعضی خصوصیات نامطلوب نظیر ویسکوزیتهٔ بالا و چسبندگی سطحی جلوگیری می‌کند (Ahhmed *et al.*, 2009). با استفاده از این آنزیم در فرمولاسیون محصولات گوشتی می‌توان فراورده‌هایی بدون یا با کاهش محتوای فسفات و نمک تولید نمود که سبب کاهش بیماری‌های قلبی-عروقی و استخوانی می‌شود. در محصولات گوشتی MTGase می‌تواند با پیوند تکه‌های گوشت به یکدیگر، گوشت بازفراوری‌شده تولید کند. با استفاده از این سیستم تکه‌های بزرگ گوشت بازفراوری‌شده مانند استیک گاو یا استیک ماهی می‌توانند از تکه‌های کوچک تولید شود. تکه‌های گوشت که شامل گوشت خردشده است، می‌تواند بدون نیاز به سدیم‌کلرید یا فسفات به یکدیگر پیوند داده شده و محصولات گوشتی سالم تولید کند. به‌این‌ترتیب بقایا و ضایعات ناشی از فراوری گوشت که حاوی مقادیر فراوانی ترکیبات پروتئینی هستند، اما درنهایت دور ریخته می‌شوند و یا به مصارف غیرانسانی می‌رسند، با استفاده از این آنزیم به مادهٔ اولیهٔ باارزشی جهت تولید محصولات با کیفیت بالا تبدیل می‌شوند. بنابراین هم ازنظر اقتصادی و هم به لحاظ اکولوژیکی استفادهٔ بهینه از منابع را ممکن می‌سازد (Herrero *et al.*, 2008).

رادمهر و معتمدزادگان (۱۳۹۲) اثر هم‌زمان آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی و نمک را بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی ناگت میگو با روش سطح پاسخ بررسی کردند و نتیجه گرفتند که نقطهٔ بهینه برای فرمولاسیون و فعالیت، در ناحیه‌ای با تیمار ۰/۸۵ درصد نمک، ۱/۴۸ درصد آنزیم و زمان قوام‌یابی ۲۵ دقیقه به‌دست آمد. Ahhmed و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهشی روی بررسی اثر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز بر ویژگی‌های انواع عضلات مرغ نتیجه گرفتند که این آنزیم می‌تواند به‌عنوان یک مادهٔ عملگر و مشارکت‌کنندهٔ خوب در گوشت‌هایی که تحت عملیات مکانیکی برای صنعت آماده می‌شوند، مورد استفاده قرار گیرد. گوشت‌های حاصله دارای ویژگی‌های ارگانولپتیکی (بافت، ظاهر و جذب آب) بهتری نسبت به نمونهٔ شاهد بودند. Canto و همکاران (۲۰۱۴) ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی استیک‌های کم‌نمک تهیه‌شده از گوشت کروکودیل تیمارشده با آنزیم ترانس گلوتامیناز و جایگزین نمک طعام (کلریدپتاسیم و کلریدمنیزیم) بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که ترکیب MTG و نمک‌های کلریدپتاسیم و کلریدمنیزیم می‌تواند راهکاری برای کاهش میزان نمک مورد استفاده برای استیک باشد بدون آنکه ویژگی‌های حسی و قابلیت پذیرش مصرف‌کننده دچار افت شود.

پژوهش حاضر باهدف تهیه و تولید استیک مرغ از خرده‌های گوشت با استفاده از MTGase انجام و ویژگی‌های حسی، بافتی و فیزیکوشیمیایی استیک مرغ مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده

MTGase با فعالیت ۱۶۰ U/g از شرکت آرتین شیمی (ایران)، خرده‌های گوشت مرغ از شرکت مهیا پروتئین، سدیم‌تری‌پلی‌فسفات از شرکت مرک آلمان، نمک، پودر سیر و پیاز از شرکت گلها تهیه گردیدند.

آماده‌سازی نمونه‌های استیک

به‌منظور تهیه‌سازی نمونه‌ها، ابتدا چربی مشهود و بافت‌های اضافی خرده‌گوشت‌ها پاک‌سازی شدند. برای تهیهٔ فرمولاسیون‌ها، به‌ازای ۱۰۰ گرم گوشت چرخ‌کرده، نمک طعام (۰/۷۵ درصد)، سدیم تری‌پلی‌فسفات (۰/۴ درصد)، یخ، پیاز و سیر رنده‌شده هرکدام به‌مقدار ۱ درصد، همچنین MTGase در سطوح ۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد وزنی ـ وزنی به مخلوط اضافه گردید و اختلاط این ترکیبات به‌صورت دستی و به مدت ۵ دقیقه صورت پذیرفت. سپس مخلوط به

مدت ۲ ساعت در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری گردید. به‌منظور شکل دادن به استیک‌ها، از پلیت‌هایی با قطر ۱۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲ سانتی‌متر استفاده شد. به‌این‌صورت‌که مخلوط آماده‌سازی‌شده استیک مرغ به هر پلیت اضافه شد. سپس به‌منظور شکل‌گیری بهتر، درب پلیت‌ها گذاشته شده و با نوار کش‌دار محکم گردید تا فرایند شکل‌دهی به استیک‌ها با اعمال فشار صورت گیرد (۱۸ ساعت). لازم به ذکر است که برای خروج حباب‌های هوا که در تودهٔ مخلوط به‌دام افتاده بود، منافذی در دیوارهٔ پلیت‌ها تعبیه گردید. پس از شکل‌گیری کامل، استیک‌ها در پلاستیک‌های زیپ‌کیپ بسته‌بندی شده و به فریزر با دمای ۱۸- درجهٔ سانتی‌گراد منتقل و تا زمان انجام آزمایش ۴۸ ساعت نگهداری شد.

آزمون‌ها

اندازه‌گیری pH

برای اندازه‌گیری pH، از دستگاه pHمتر الکترونیکی (ECOMET P25، کره جنوبی) استفاده شد. به‌این‌صورت‌که در ابتدا ۱۰ گرم نمونه با ۹۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر رقیق و همگن گردید. سپس با قرار گرفتن الکترود دستگاه در مخلوط، pH استیک اندازه‌گیری و ثبت گردید (استاندارد ملی ایران، ۱۳۸۶).

اندازه‌گیری نیروی برشی

برای اندازه‌گیری نیروی برشی نمونه‌های استیک، از دستگاه بافت‌سنج (Testometric M350-10CT) استفاده شد. قبل از انجام آزمون، تمام نمونه‌ها به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد به‌منظور یخ‌زدایی نگهداری و سپس آزمون نیروی برشی در دمای محیط انجام گردید. برای آزمون، مکعب‌هایی با ابعاد ۲ سانتی‌متر از نمونه‌های استیک برش خورد. با استفاده از پروب مربوطه با قطر ۲۱ میلی‌متر، آزمون فشار در سرعت نفوذ ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه انجام و نیروی برشی لازم برای تغییر شکل نمونه‌های استیک اندازه‌گیری گردید (Canto *et al.*, 2014).

اندازه‌گیری رنگ

اندازه‌گیری رنگ نمونه‌های استیک با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (Chroma meter cr-400) صورت گرفت. به‌این‌صورت‌که شاخص‌های a^* (میزان قرمزی- سبزی)، b^* (میزان زردی-آبی) و L^* (میزان سفیدی- سیاهی) نمونه‌های استیک با ضخامت ۲ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد و برای ارزیابی شدت رنگ از رابطهٔ (۱) استفاده گردید (Canto *et al.*, 2014):

رابطهٔ (۱)

$$\Delta E=[(L^*-L_0)^2+(a^*-a_0)^2+(b^*-b_0)^2]^{0.5}$$

که در آن ΔE شدت رنگ، L_0، a_0 و b_0 ثابت فیلترهای رنگی دستگاه و L^*، a^* و b^* نیز کمیت‌های رنگی سنجش‌شده می‌باشد.

افت پخت

برای اندازه‌گیری افت پخت، نمونه‌های استیک داخل فویل پیچیده‌شده و در آون با دمای ۷۸ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفت. درصد افت پخت با استفاده از رابطهٔ (۲) به‌دست آمد (Ahhmed *et al.*, 2009) که S_1 و S_2 به‌ترتیب وزن اولیه (قبل از پخت) و وزن ثانویه (بعد از پخت) نمونه‌ها می‌باشد.

رابطهٔ (۲)

$$(S_1-S_2)/S_1\times 100$$

همچنین درصد کاهش قطر برحسب تغییر در قطر نمونه‌ها قبل و بعد از پخت با کولیس اندازه‌گیری شد (رابطهٔ ۳) که A_1 و A_2 به‌ترتیب قطر نمونه‌ها به سانتی‌متر قبل و بعد از پخت می‌باشد.

رابطهٔ (۳)

$$(A_1-A_2)/A_1 \times 100$$

علاوه بر این تأثیر پختن روی تغییر ضخامت نمونه‌های استیک به‌صورت درصد نسبت به ضخامت اولیهٔ استیک (۲ سانتی‌متر) گزارش گردید.

آزمون‌های حسی

به‌منظور ارزیابی حسی، ابتدا نمونه‌های استیک پیچیده‌شده داخل فویل در آون ۱۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد تا رسیدن دمای مرکز نمونه به ۷۸ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه پخته شدند. سپس نمونه‌های استیک ازنظر خواص حسی، رنگ، طعم و بافت توسط ۱۰ نفر داور نیمه‌آموزش‌داده‌شده ارزیابی

گردیدند. برای امتیازدهی هرکدام از این خواص از آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای از امتیاز ۱ (خیلی بد) تا ۵ (خیلی‌خوب) استفاده شد.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

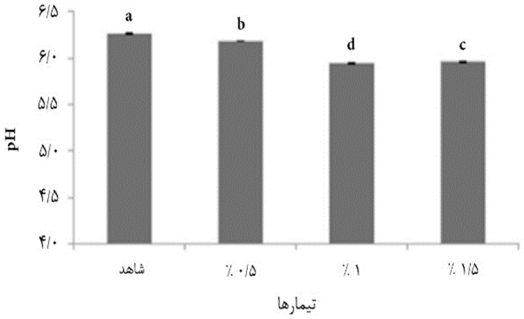
این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام گردید. نتایج با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ و با کمک روش آنالیز یک‌طرفه (one-way ANOVA) تجزیه‌وتحلیل گردیدند. همچنین از روش چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسهٔ میانگین‌ها استفاده گردید و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2010 ترسیم شدند.

نتایج و بحث

pH

میانگین مقادیر pH نمونه‌های استیک در شکل (۱) مشاهده می‌شود. نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که در میان تیمارهای مورد بررسی تفاوت معنی‌داری ازنظر pH وجود داشت ($P<۰/۰۵$). براساس نتایج به‌دست‌آمده، میانگین pH سنجش‌شده برای تیمار شاهد، به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها بالاتر بود. پس از تیمار شاهد نیز به‌ترتیب تیمارهای حاوی ۰/۵، ۱/۵ و ۱ درصد MTGase با اختلاف معنی‌داری نسبت به یکدیگر در جایگاه‌های بعدی قرار گرفتند ($P<۰/۰۵$).

به‌نظر می‌رسد که افزودن MTGase به گوشت مرغ، می‌تواند باعث کاهش مقدار pH شود. MTGase انتقال گروه آسیل بین گروه‌های کربوکسامید[2] در اسیدآمینهٔ گلوتامین (به‌عنوان گروه‌دهندهٔ آسیل) و گروه ε آمینو در اسیدآمینهٔ لیزین (به‌عنوان پذیرندهٔ آسیل) را کاتالیز می‌کند (رادمهر و معتمدزادگان، ۱۳۹۲). باتوجه‌به بالاتر بودن مقدار اسیدآمینهٔ لیزین نسبت به گلوتامین در گوشت مرغ، گروه‌های آمینولیزین بیشتری بلوکه‌شده و بنابراین pH محیط با افزودن این آنزیم کاهش می‌یابد. علاوه بر این، به‌دلیل کمتر بودن مقدار اسیدآمینهٔ گلوتامین، تمام گروه‌های کربوکسیل این اسیدآمینه با گروه آمین‌لیزین واکنش‌داده و با افزودن مقادیر بیشتری از آنزیم، دیگر گروه کربوکسیل آزادی برای واکنش با لیزین در دسترس نبوده و این حالت می‌تواند دلیل کمتر تحت تأثیر قرار گرفتن pH بین درصدهای مختلف MTGase باشد. نتایج به‌دست‌آمده مطابق نتایج به‌دست‌آمده توسط Şanlı و همکاران (۲۰۱۱) و Canto و همکاران (۲۰۱۴) می‌باشد. گوشت در محدودهٔ pH بین ۵/۶ تا ۵/۹ برای انجام فرایندهایی نظیر برش و باریکه‌بری ایده‌آل بوده و برای تهیهٔ استیک مناسب است. ازسوی‌دیگر در محدودهٔ pH یادشده بسیاری از باکتری‌های عامل فساد قادر به رشد نبوده و به‌علت فعالیت برخی میکروارگانیسم‌های مولد ترکیبات آروماتیک نظیر لاکتوباسیلوس‌ها دارای عطر و طعم مناسبی می‌گردد (Clark *et al*, 2014).



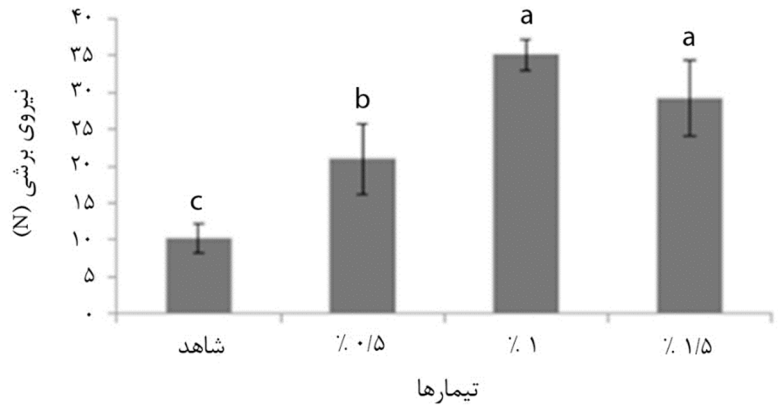
شکل ۱ - میانگین مقدار pH نمونه‌های استیک گوشت مرغ تیمارشده با درصدهای مختلف MTGase

نیروی برشی

تردی یکی از خواص مهم کیفیت گوشت است که به میزان تغییرات فیزیکوشیمیایی در گوشت بستگی دارد. برای ارزیابی تردی گوشت، میانگین حداکثر نیروی برشی لازم برای نفوذ پروب دستگاه به بافت استیک اندازه‌گیری و ثبت شد. بدیهی است که هرچه نیروی برشی لازم برای ورود پروب دستگاه به داخل بافت استیک بیشتر باشد، بافت استیک سفت‌تر بوده و درنتیجه تردی آن کمتر است (Ahhmed *et al.*, 2009). تأثیر MTGase بر میزان تردی نمونه‌های استیک در شکل (۲) نشان داده شده است. مطابق نتایج، میانگین حداکثر نیروی برشی نمونهٔ شاهد، ۱۰/۲۷ نیوتن اندازه‌گیری شد. این کمیت برای تیمارهای حاوی مقادیر ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد MTGase به‌ترتیب ۲۱/۰۳، ۳۵/۰۸ و ۲۹/۱۸ نیوتن اندازه‌گیری شد و نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد

[2] Carboxamide

که میزان نیروی برشی ثبت‌شده برای تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری پائین‌تر از سایر تیمارها بود ($P<۰/۰۵$) و این نتایج با نتایج Ahhmed و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد. افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز به سوبستراهای پروتئینی که غنی از آمینواسیدهایی نظیر گلوتامین، لیزین، ژلاتین و میوزین می‌باشند سبب تشکیل پیوندهای عرضی شده، درنتیجه اتصال پروتئین‌ها به‌هم بیشتر، بافت مستحکم‌تر و متعاقب آن سفتی فراورده را موجب می‌شوند (Bönisch *et al.*, 2008; Kumazawa & Motoki, 2000). مطابق با نتایج پژوهش حاضر، Katayama و همکاران (۲۰۰۶) بیان کردند که استفاده از آنزیم ترانس گلوتامیناز در فرمولاسیون سوسیس تهیه‌شده از گوشت گاو موجب سفت‌شدن بافت فراوردهٔ نهایی شد.



شکل ۲ - میانگین مقدار حداکثر نیروی برشی نمونه‌های استیک گوشت مرغ تیمارشده با درصدهای مختلف MTGase

رنگ

اولین ویژگی کیفی گوشت ازنظر مصرف‌کننده، رنگ آن است. نتایج اندازه‌گیری شدت رنگ استیک‌های تهیه‌شده در جدول (۱) آورده شده است. براساس نتایج تجزیهٔ واریانس، فاکتور رنگی a^* تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها نشان داد. با افزایش درصد آنزیم، از شدت قرمزی نمونه‌ها کاسته شد اما اختلاف معنی‌داری میان نمونهٔ شاهد و نمونهٔ حاوی ۰/۵ درصد آنزیم مشاهده نشد. همچنین براساس نتایج تجزیهٔ واریانس و همان‌طورکه در جدول (۱) ملاحظه می‌گردد، با افزایش درصد آنزیم، شدت زردی (b^*) نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<۰/۰۵$) اما تغییر معنی‌داری در میزان روشنایی نمونه‌ها مشاهده نشد. برای ارزیابی کامل و جامع رنگ نمونه، از محاسبهٔ شدت رنگ (ΔE) استفاده شد و همان‌طورکه در جدول (۱) ملاحظه می‌گردد، این پارامتر برای نمونهٔ شاهد ۴۳/۶۲ و در تیمارهای حاوی سطوح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد MTGase به‌ترتیب برابر ۴۵/۰۲، ۴۱/۹۵ و ۴۲/۸۶ به‌دست آمد. براساس نتایج تجزیه‌وتحلیل واریانس داده‌ها تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی و نمونهٔ شاهد ازنظر شدت رنگ وجود نداشت ($P>۰/۰۵$).

برای تهیهٔ استیک در این تحقیق از گوشت قسمت‌های مختلف لاشهٔ مرغ (ازجمله سینه، ران و بال) استفاده گردید. گوشت قسمت سینهٔ مرغ درحالت خام به رنگ صورتی کم‌رنگ است، درحالی‌که گوشت قسمت‌های ران کمی تیره‌تر است. رنگ گوشت مرغ بستگی به‌میزان رنگ‌دانه‌های میوگلوبین و هموگلوبین در ماهیچه دارد. بیشتر پرندگان در بدن خود هم بافت سفید و هم بافت قرمز دارند، اما به تناسب کارکرد و فعالیت بدنی‌شان یکی از این بافت‌ها رشد بیشتری می‌کند. بافت‌های ماهیچه‌ای قرمز، میوگلوبین بیشتری در خود دارند. این بافت‌ها مدت زمان زیادتری قادر به‌کار و تحمل فشار هستند. درمورد گوشت مرغ، بافت قرمز وجود نداشته و فقط گوشت ران‌ها و پاهایشان تیره‌رنگ است و گوشت بال و سینه سفید می‌باشد (سلطانی‌زاده و کدیور، ۱۳۹۰). براساس نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت که با افزودن MTGase در استیک مرغ، رنگ طبیعی محصول تغییر معنی‌داری نداشت. MTGase سبب ایجاد بافت یکنواخت و

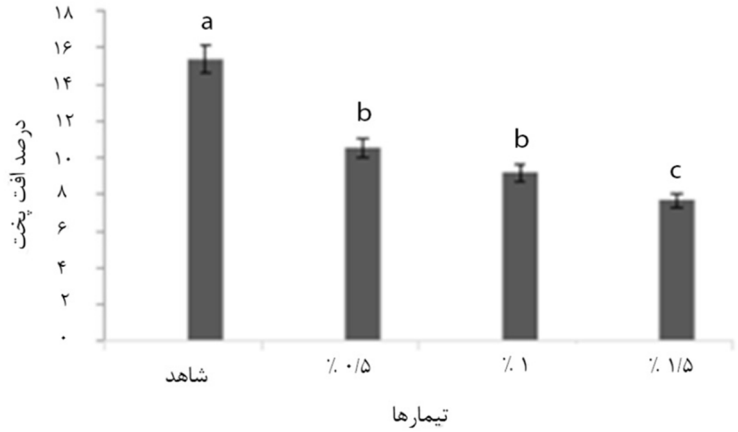
مستحکم‌تری در نمونه‌ها شد، به‌همین‌دلیل نمونه‌های تیمارشده دارای سطح یکنواخت‌تری بودند که منجر به انعکاس بهتر نور و درنتیجه رنگی با زردی بیشتر شد. این درحالی است که نمونه‌های شاهد، سطح متخلخل‌تری داشته که با انعکاس کمتر نور و رنگ تیره‌تر نمونه همراه بود (Chanarat & Benjakul, 2013).

جدول ۱ - میانگین مقادیر شاخص‌های رنگی در نمونه‌های استیک مرغ

	a^*	b^*	L^*	ΔE
شاهد	۲/۶۳±۰/۷۴^{a}	۴/۸۹±۰/۷۴^{c}	۵۰/۷۹ ±۲/۰۲^{a}	۴۳/۶۲ ± ۳/۹۶^{a}
نمونه‌های استیک حاوی ۰/۵ درصد آنزیم	۲/۷۶±۰/۶۱^{a}	۵/۴۴±۰/۸۶^{bc}	۴۸/۹۰ ± ۱/۷۵^{a}	۴۵/۰۲ ± ۲/۴۴^{a}
نمونه‌های استیک حاوی ۱ درصد آنزیم	۲/۰۷±۰/۱۳^{b}	۵/۷۹±۱/۰۵^{b}	۵۲/۰۴ ± ۲/۹۴^{a}	۴۱/۹۵ ± ۱/۲۵^{a}
نمونه‌های استیک حاوی ۱/۵ درصد آنزیم	۱/۸۶±۰/۶۶^{b}	۶/۷۷±۰/۷۴^{a}	۵۱/۲۰ ± ۱/۲۲^{a}	۴۲/۸۶ ± ۲/۳۱^{a}

افت پخت

اتصال عرضی پروتئین‌ها توسط MTGase، ویژگی‌های کارکردی همچون توانایی هیدراتاسیون و ویژگی‌های رئولوژیکی را بهبود می‌بخشد (Şanlı *et al., 2011*). همان‌طورکه در شکل (۳) مشاهده می‌شود، براساس نتایج تجزیهٔ واریانس، درصد افت پخت در تمامی تیمارهای حاوی آنزیم به‌طور معنی‌داری کمتر از شاهد بود ($P<۰/۰۵$) و با افزایش میزان آنزیم، درصد افت پخت استیک‌ها کاهش پیدا کرد که با نتایج Ahhmed و همکاران (۲۰۰۹) مطابق می‌باشد. این حالت به‌دلیل ایجاد اتصالات عرضی بین باقیمانده‌های لیزین و گلوتامین توسط MTGase می‌باشد که باعث افزایش تجمعات پروتئینی شد (Bönisch *et al.,* 2007). درنهایت این شبکهٔ پروتئینی قادر به نگهداری آب بیشتر درون فضای میوفیبریلی خود در مقایسه با نمونهٔ شاهد و کاهش درصد افت پخت شد (Ahhmed *et al.,* 2009).



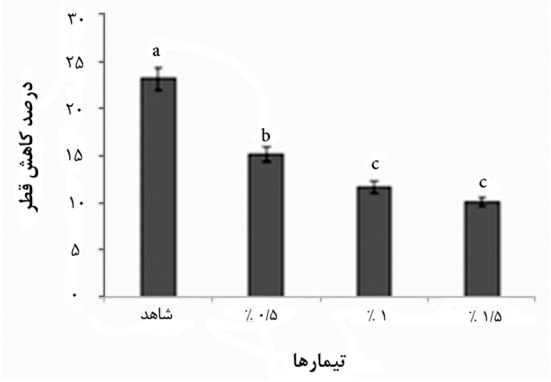
شکل ۳ - میانگین درصد افت پخت نمونه‌های استیک گوشت مرغ تیمارشده با درصدهای مختلف MTGase

درصد کاهش قطر و افزایش ضخامت

براساس نتایج تجزیهٔ واریانس، نتایجی مشابه با درصد افت پخت برای نمونه‌ها درمورد تغییر قطر نمونه‌ها قبل و بعد از پخت مشاهده گردید. همان‌طورکه در شکل (۴) ملاحظه می‌شود با افزایش درصد MTGase از ۰/۵ تا ۱/۵ درصد، کاهش قطر نمونه‌ها نیز دچار تغییر معنی‌دار کمتری شد ($P<۰/۰۵$). بدین‌صورت‌که به‌ترتیب کاهش قطر ۱۵/۱۷، ۱۱/۶۶ و ۱۰/۰۹ درصد در نمونه‌های حاوی ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد آنزیم نسبت به نمونهٔ شاهد (۲۳/۱۴ درصد) مشاهده گردید. در بین نمونه‌های حاوی آنزیم، نمونهٔ حاوی ۰/۵ درصد اختلاف معنی‌داری با نمونهٔ حاوی ۱/۵ درصد آنزیم نشان داد ($P<۰/۰۵$)، اما بین نمونهٔ حاوی ۱/۵ درصد و ۱ درصد آنزیم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد

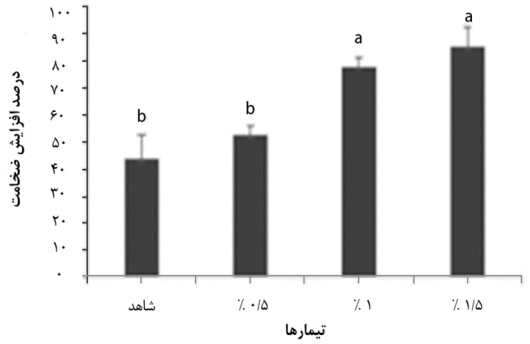
($P>۰/۰۵$).

حرارت‌دادن، سبب خروج پروتئین‌های سارکوپلاسمیک[3] دناتوره‌شده از درون گوشت شده که بر افت وزنی گوشت اثر می‌گذارد. ازآنجاکه MTGase می‌تواند بین اسیدآمینهٔ گلوتامین از یک پروتئین و اسیدآمینهٔ لایزین از پروتئین دیگر اتصال عرضی ایجاد کند، بنابراین با افزایش درصد آنزیم، بافت مطلوب‌تر و مستحکم‌تری ایجاد شده و تغییرات ناشی از خارج شدن ترکیبات گوشت به محیط حین فرایند پختن کمتر خواهد بود (Bonish *et al.*, 2008).



شکل ۴ - درصد کاهش قطر نمونه‌های استیک گوشت مرغ تیمارشده با درصدهای مختلف MTGase

تأثیر فرایند پختن روی ضخامت نمونه‌های استیک به‌صورت درصد افزایش ضخامت نسبت به نمونهٔ استیک اولیه در شکل (۵) آورده شده است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود، با افزایش درصد آنزیم، درصد افزایش ضخامت نمونه‌ها بعد از پخت نیز دچار تغییر کمتری شد، تغییر یافت. به‌طوری‌که به‌ترتیب افزایش ضخامت ۵۲/۵، ۷۷/۵ و ۸۵ درصد در نمونه‌های حاوی ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد آنزیم نسبت به نمونهٔ شاهد (۴۳/۷۵ درصد) مشاهده گردید. نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که نمونه‌های شاهد و ۰/۵ درصد آنزیم ازنظر آماری با هم اختلاف معنی‌داری نداشت اما با نمونه‌های حاوی ۱ و ۱/۵ درصد آنزیم اختلاف معنی‌داری نشان داد. همچنین نمونه‌های حاوی ۱ و ۱/۵ درصد آنزیم نیز اختلاف معنی‌داری با هم نشان ندادند ($P>۰/۰۵$). به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش مقدار آنزیم، تغییر ضخامت نمونه‌های استیک بعد از پخت نیز کمتر خواهد بود و این حالت نیز به‌دلیل تأثیر مطلوب MTGase بر بافت محصول تولیدی (ایجاد بافت مستحکم‌تر نسبت به شاهد) بود.



شکل ۵ - درصد افزایش ضخامت نمونه‌های استیک گوشت مرغ تیمارشده با درصدهای مختلف MTGase

به‌طورکلی افزودن MTGase سبب ایجاد اتصالات عرضی بین پروتئین‌های گوشت و درنتیجه افزایش قدرت ژل گوشت حاصله می‌گردد که این ژل قادر به نگهداری مقدار آب بیشتری در درون خود نسبت به نمونهٔ شاهد می‌باشد. به‌همین‌دلیل نمونهٔ شاهد بعد از پخت مقدار آب بیشتری درنتیجهٔ چروکیده‌شدن از دست می‌دهد، درحالی‌که نمونه‌های حاوی MTGase، به سبب ژل تشکیل‌شده، قادر به جذب و نگهداری آب بیشتری در خود می‌باشند که سبب تغییرات کمتر ابعاد استیک بعد از پخت می‌گردد (Chanarat & Benjakul, 2013).

ارزیابی‌های حسی نمونه‌های استیک

یکی از عوامل اساسی پذیرش بسیاری از فراورده‌ها و کسب رضایت از مصرف آنها، خواص حسی این فراورده‌ها می‌باشد و بررسی و شناخت عوامل مؤثر بر آنها برای رسیدن به خواص حسی مطلوب و همچنین کاهش و یا جلوگیری خواص حسی نامطلوب نیاز خواهد بود (Aziznia *et al.*, 2007). نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های استیک حاوی درصدهای مختلف آنزیم ترانس‌گلوتامیناز در جدول (۲) آورده شده است.

نتایج بررسی‌ها نشان داد که درمورد طعم و رنگ نمونه‌های استیک، هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری بین تیمارها و نمونهٔ شاهد وجود نداشت ($P>۰/۰۵$). اما

[3] Sarcoplasmic

میانگین امتیاز حسی بافت برای تمامی تیمارهای حاوی آنزیم، به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد بالاتر بود ($P<۰/۰۵$). هرچند که با افزایش درصد آنزیم، تفاوت معنی‌داری در بافت نمونه‌ها ازنظر داوران حسی مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). نتایج میانگین پذیرش کلی نیز نشان داد که امتیاز پذیرش کلی تیمارهای حاوی آنزیم به‌طوری معنی‌داری نسبت به شاهد بالاتر بود ($P<۰/۰۵$) اما بین تیمارهای یادشده تفاوت معنی‌داری از این نظر مشاهده نگردید ($P>۰/۰۵$).

جدول ۲ - میانگین امتیاز پارامترهای حسی در نمونه‌های مختلف استیک مرغ

	طعم	بافت	رنگ	ارزیابی کلی
شاهد	^{a}۳/۵۵±۰/۶۵	^{b}۳/۴۵±۱/۰۲	^{a}۴/۲۰±۰/۶۵	^{b}۳/۳۰±۰/۵۱
نمونه‌های استیک حاوی ۰/۵ درصد آنزیم	^{a}۳/۷۳±۰/۵۳	^{a}۳/۹۶±۰/۸۴	^{a}۴/۱۳±۰/۷۲	^{a}۳/۹۴±۰/۹۷
نمونه‌های استیک حاوی ۱ درصد آنزیم	^{a}۳/۸۸±۰/۹۳	^{a}۴/۰۲±۰/۸۲	^{a}۴/۱۴±۰/۹۲	^{a}۴/۰۱±۰/۷۱
نمونه‌های استیک حاوی ۱/۵ درصد آنزیم	^{a}۳/۷۵±۰/۷۰	^{a}۴/۰۵±۰/۶۳	^{a}۴/۰۶±۰/۹۸	^{a}۳/۹۵±۰/۶۰

نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز برای اتصال خرده‌های گوشت مرغ و تولید استیک مورد بررسی قرار گرفت. استیک تهیه‌شده بدین روش، ضمن داشتن خواص فیزیکوشیمیایی مناسب، از ویژگی‌های حسی مطلوبی نیز برخوردار بود. براساس نتایج آزمون‌های فیزیکوشیمیایی و حسی انجام‌شده، استفاده از سطح ۱ درصد آنزیم ترانس‌گلوتامیناز می‌تواند اثر قابل قبولی در اتصال خرده‌های گوشت به‌هم و ایجاد استیک مرغ مطلوب داشته باشد. لازم به ذکر است بااینکه پیوندهای تشکیل‌شده توسط ترانس گلوتامیناز سبب ایجاد مقاومت بالا در برابر تخریب‌های پروتئولیتیک می‌گردد، اما این واکنش از لحاظ ارزش تغذیه‌ای با جلوگیری از انجام واکنش‌هایی که آمینواسیدلیزین را از بین می‌برند، مقدار آن را در مواد غذایی حفظ می‌کند. بنابراین می‌توان از این آنزیم برای بهبود بافت و ویژگی‌های حسی و همچنین حفظ ارزش تغذیه‌ای محصولات گوشتی استفاده کرد.

منابع

۱. رادمهر، ا. و معتمدزادگان، ع. ۱۳۹۲. اثر آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی و نمک روی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی ناگت مرغ. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۳(۳): ۲۹۳-۳۰۳.

۲. سازمان ملی ایران. ۱۳۸۶. تعیین pH در گوشت و محصولات گوشتی. استاندارد ملی ایران، شماره ۱۰۲۸، (تجدیدنظر اول).

۳. سلطانی‌زاده، ن. و کدیور، م. ۱۳۹۰. شیمی و فناوری گوشت و فراورده‌های گوشتی. دانشگاه صنعتی اصفهان، صفحات ۱-۵۰.

۴. شاد، ا. و اسکندری، م. ه. ۱۳۹۲. بررسی روش‌های نوین تردکردن گوشت در صنایع غذایی. بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران، ۷ آبان ماه، شیراز.

۵. فدائی‌نوغانی، و.، مفیدی، ا. و زارعی، م. ۱۳۹۳. اثر آنزیم ترانس گلوتامیناز به‌عنوان بخشی از کنسانترهٔ پروتئین شیر بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست اسفناج. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۹(۳): ۹۳-۱۰۰.

6. Ahhmed, A.M., Nasu, T., & Muguruma, M. 2009. Impact of transglutaminase on the textural, physicochemical, and structural properties of chicken skeletal, smooth, and cardiac muscles. Meat science, 83(4):759-767.

7. Aziznia, S., Khosrowshahi, A., Madadlou, A., & Rahimi, J. 2008. Whey protein concentrate and gum tragacanth as fat replacers in nonfat yogurt: chemical, physical, and microstructural properties. Journal of dairy science, 91(7):2545-2552.

8. Bönisch, M.P., Huss, M., Weitl, K., & Kulozik, U. 2007. Transglutaminase cross-linking of milk proteins and impact on yoghurt gel properties. International Dairy Journal, 17(11):1360-1371.

9. Bönisch, M.P., Heidebach, T.C., & Kulozik, U. 2008. Influence of transglutaminase protein cross-linking on the rennet coagulation of casein. Food Hydrocolloids, 22(2):288-297.

10. Canto, A.C., Lima, B.R.C., Suman, S.P., Lazaro, C.A., Monteiro, M.L.G., ConteJunior, C.A., & Silva, T.J. 2014. Physico-chemical and sensory attributes of low-sodium restructured caiman steaks containing microbial transglutaminase and salt replacers. Meat science, 96(1):623-632.

11. Chanarat, S., & Benjakul, S. 2013. Impact of microbial transglutaminase on gelling properties of Indian mackerel fish protein isolates. Food chemistry, 136(2):929-937.

12. Clarke, R., Nielsen, J.U., & Madsen, N.T. 2014. Encyclopedia of meat sciences (2nd Edition), Automation in the meat industry, cutting and boning. Academic Press, Oxford, p.33-42.

13. Geay, Y., Bauchart, D., Hocquette, J.F., & Culioli, J. 2001. Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. Reproduction Nutrition Development, 41(1):1-26.

14. Herrero, A.M., Cambero, M.I., Ordonez, J.A., De la Hoz, L., & Carmona, P. 2008. Raman spectroscopy study of the structural effect of microbial transglutaminase on meat systems and its relationship with textural characteristics. Food Chemistry, 109(1):25-32.

15. Katayama, K., Chin, K.B., Yoshihara, S., & Muguruma, M. 2006. Microbial transglutaminase improves the property of meat protein and sausage texture manufactured with low-quality pork loins. Australian Journal of Animal Science, 19(1):102-108.

16. Motoki, M., & Kumazawa, Y. 2000. Recent research trends in transglutaminase technology for food processing. Food Science and Technology Research, 6(3):151-160.

17. Şanlı, T., Sezgin, E., Deveci, O., Şenel, E., & Benli, M. 2011. Effect of using transglutaminase on physical, chemical and sensory properties of set-type yoghurt. Food Hydrocolloids, 25(6):1477-1481.

18. Vanessa, C., Arreguin, R., & Farres, Y.A. 2008. Emulsifying properties of proteins. Boletín de la SociedadQuímica de México, 2(2):80-89.

Investigation of Adding Microbial Transglutaminase Enzyme on Physico-chemical, Textural and Sensory Properties of Chicken Steak

Seyedeh-Asal Farrokh[1], Homa Baghaei[2*]

1- Respectively MSc Graduated of Department of Food Science & Technology, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran
2- Assistant Professor of Department of Food Science & Technology, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran
* Corresponding author (Baghaei.homa@yahoo.com)

Abstract

Microbial transglutaminase (MTGase) belongs to the transferase enzyme family that cans formation crosslinking between glutamine amino-acid from a protein and lysine from another protein. It can be used in meat products industries for production of reprocessing meats by attaching the meat residues. In this study, MTGase used at 0.5, 1 and 1.5% for steak production from chicken meat residues and physicochemical, textural and sensorial properties of product were investigated. The results showed that MTGase reduced pH and increased shear force in MTGase-treated steaks. Cooking loss and diameter reduction after cooking were also decreased in MTGase-treated in comparison to control sample. In addition, the percentage of thickness significantly increased (P<0.5) in MTGase-treated samples. By adding enzyme level, a* was decreased and b* increased however no significant differences was observed in L* (P>0.5) and ΔE. According to the panelists, there was no significant differences between control and treatment samples for flavour and color but the mean value of texture (3.96, 4.02, 4.05 for 0.5, 1 and 1.5%) was higher in treatment samples rather than control ones (3.45). This study showed that MTGase can be used to attach the chicken meat bits for production of steak in industry.

Keywords: Chicken, Physicochemical, Steak, Transglutaminase