

## بررسی اثر آنزیم ترانس گلوتامیناز بر روی خواص فیزیکوشیمیایی، حسی و بافتی استیک خرده گوشت گوساله

مرجان عزیز محمدی<sup>۱</sup>، مرضیه بلندی<sup>۲\*</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان، ایران

۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۴/۰۵/۰۶ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۲/۳۰)

### چکیده

ترانس گلوتامیناز از جمله آنزیم‌های ترانسفراز بوده که واکنش آسیل ترانسفرازاسیون را کاتالیز کرده و با ایجاد پیوند بین پروتئین‌ها، پروتئین‌های جدید و با ویژگی‌های خاص تولید می‌کند. در این پژوهش اثر آنزیم مذکور در سطوح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد روی برخی ویژگی‌های استیک حاصل از خرده گوشت گوساله از جمله درصد رطوبت، میزان پروتئین و چربی، pH، رنگ و تردی (نیروی برشی) و ویژگی‌های حسی مورد تحقیق و بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون‌ها نشان داد که آنزیم ترانس گلوتامیناز به غیر از pH، بر روی تمامی صفات یاد شده اثر معنی دار داشته است. به طوری که میزان درصد رطوبت و نیز درصد چربی استیک تحت تاثیر آنزیم کاهش و میزان پروتئین استیک افزایش معنی داری نشان داد. به علاوه رنگ استیک‌هایی که با آنزیم تیمار شده بودند، به طور معنی داری روشن تر از تیمار شاهد بود. همچنین نتایج حاصل از آزمون سنجش تردی نیز نشان داد که آنزیم ترانس گلوتامیناز باعث کاهش تردی استیک نخواهد شد ( $p > 0.05$ ). بطور کلی، تمامی تیمارهای حاوی آنزیم نتایج مطلوب تری نسبت به تیمار شاهد داشتند و تیمار حاوی ۱ درصد آنزیم به عنوان بهترین تیمار شناخته شد ( $p < 0.05$ ).

**کلید واژگان:** استیک، گوساله، ترانس گلوتامیناز، تردی، خرده گوشت

\*مسئول مکاتبات: mbolandi@yahoo.co.in

## ۱- مقدمه

گوشت گوساله منبع عمده پروتئین های رژیمی با کیفیت عالی برای فرآیندهای متابولیسمی می باشد و دلیل آن نیز اسید آمینه های تشکیل دهنده آن گزارش شده است. این گوشت از نظر مواد معدنی از قبیل آهن، سلنیوم، روی، مس و منگنز نیز غنی می باشد. بطوریکه همه این مواد معدنی ضروری بوده و نقش کلیدی در مسیرهای متابولیسم و سیستم آنتی اکسیدانی آنزیمی ایفا می کنند. انرژی و مواد مغذی ضروری مانند اسیدهای چرب ضروری و ویتامین های محلول در چربی از طریق چربی گوشت تأمین می گردند. مقدار چربی گوشت در خصوصیات پخت، خوش مزه بودن و خصوصیات ارگانولپتیک کلی نقش مهمی دارد [۱]. به همین دلیل، گوشت قرمز و مصرف به اندازه ای آن، تأثیر زیادی در سلامت انسان دارد. بر اساس آمارهای معاونت امور دام وزارت جهاد کشاورزی کشور، مجموع گوشت تولید شده در سال ۱۳۹۲، ۲۷۲۲ هزار تن بوده و از این مقدار، ۷۵۵ هزار تن مربوط به گوشت قرمز می باشد. مصرف سرانه ی گوشت قرمز در ایران نیز حدود ۱۱ کیلوگرم برای هر نفر گزارش شده است [۲].

تردی گوشت یکی از مهمترین فاکتورهای انتخاب گوشت در سال های اخیر از نگاه مصرف کننده بوده است. سرعت سرد کردن لاشه با استفاده از هوای سرد، به منظور کاهش رشد میکروبی در سطح لاشه و کاهش افت وزن ناشی از تبخیر آب موجود در بافت گوشت، از اقداماتی است که امروزه انجام می شود. از طرفی، سرد کردن سریع، موجب کوتاه شدن عضله در اثر سرما و سفتی گوشت می شود. از سه دهه پیش که اثرات نامطلوب سرد کردن سریع بر تردی گوشت لاشه ها، گزارش شد، مطالعات متعددی روی عوامل مؤثر بر تردی گوشت پس از ذبح دام صورت گرفته است. به طور کلی پنج عامل مزه، بافت، آبدار بودن، ظاهر و رنگ بر کیفیت گوشت تأثیر گذار هستند. از بین این عوامل، مصرف کنندگان، بافت را مهمترین عامل در نظر می گیرند. هزینه سالانه حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلیون دلار صنعت گوشت آمریکا به دلیل تردی ناکافی، اهمیت این موضوع را نشان می دهد [۳]. از اینرو، هدف عمده تکنولوژی غذایی مدرن، تولید ساختارهای غذایی جدید با ویژگی های مورد پسند مصرف کننده می باشد. گزارشات متعددی در خصوص توانایی آنزیم ترانس

گلوتامیناز میکروبی در تشکیل پیوند عرضی در پروتئین های غذایی مختلف و بهبود بافت آن ها ارائه شده است.

آنزیم ترانس گلوتامیناز که به نام EC 2.3.3.13 نیز شناخته می شود، جزء آنزیم های ترانسفراز بوده که بطور گسترده ای در طبیعت وجود دارد. این آنزیم پروتئینی است با وزن مولکولی ۳۷۳۶۸ دالتون که حاوی ۳۳۱ اسید آمینه است. آنزیم مذکور فرایند آسیل ترانسفراز را کاتالیز کرده و اتصالات عرضی ایزوپپتیدی بین مولکولی و درون مولکولی بین لایزین و گلوتامین ایجاد می کند. در نتیجه پلی مرهای پروتئینی با وزن مولکولی بالا ساخته می شود. این آنزیم هیچ گونه اثر نامطلوبی بر دسترسی زیستی لایزین نداشته و ارزش تغذیه ای پروتئین حاصل را نیز تغییر نمی دهد [۴]. میزان اتصالات عرضی به ساختار سه بعدی پروتئین ها بستگی دارد. این اتصالات عرضی به صورت باندهای کووالانسی، سبب تشکیل شبکه ژل می شوند و خواص رئولوژیکی پروتئین را تغییر می دهند [۵]. اتصال عرضی پروتئین ها توسط ترانس گلوتامیناز میکروبی ویژگی های کارکردی همچون توانایی هیدراسیون، ویژگی های رئولوژیکی و امولسیفیکاسیون را بهبود می بخشد [۶]. پیوند حاصل، مشابه سایر پیوندهای پپتیدی است [۷]. اِپتیمم pH فعالیت این آنزیم بین ۵ و ۹ می باشد و فعالیت خود را در دمای ۵۰ درجه ی سلسیوس به مدت ۱۰ دقیقه حفظ می کند [۹،۸].

همکاران (۲۰۱۱) [۷]، اثر آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی بر ویژگی های رئولوژیکی خمیر حاصل از اختلاط آرد گندم و آرد جو بدون پوشینه را بررسی کردند. نتایج این محققین نشان داد که افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی باعث افزایش مقاومت به کشش، کاهش کشش پذیری و افزایش جذب آب خمیرها می گردد. اثر آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی به عنوان جایگزین بخشی از کنسانتره پروتئین شیر بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست اسفناج توسط فدائی نوغانی و همکاران (۲۰۱۴) [۱۰] بررسی گردید. بطور کلی نتایج این محققین نشان داد که افزودن غلظت های مختلف آنزیم، ضمن جلوگیری از تغییرات مشخص در pH و اسیدیته، ویسکوزیته ماست را افزایش داده و باعث کاهش آب اندازی ماست می شود. بنابراین استفاده از این آنزیم می تواند جایگزین قابل قبولی برای کنسانتره ی پروتئین شیر در ماست همزده باشد. در مطالعه ای که سقایی و همکاران

دمای دمای °C ۱۸- منتقل و تا زمان انجام آزمایش (۲۴ ساعت) نگهداری گردید ۱۳.

### اندازه گیری تردی (نیروی برشی)

برای این منظور از دستگاه بافت سنج (QTS CNS Farnell - انگلیس) استفاده شد. ابتدا در دمای °C ۲۵، نمونه ها به صورت مکعب هایی با طول یال های ۲ سانتی متر تقسیم شدند. متعاقباً مکعب های مذکور را در دستگاه بافت سنج قرار داده و نیروی برشی تیغه دستگاه روی آن اندازه گیری و ثبت شد [۱۳].

### اندازه گیری ویژگی های فیزیکی شیمیایی

اندازه گیری رطوبت نمونه های استیک بر اساس روش استاندارد ملی ایران شماره ۷۴۵ صورت پذیرفت ۱۴. همچنین برای تعیین میزان پروتئین تام، چربی تام و pH نمونه به ترتیب از روش استاندارد ملی ایران به شماره های ۹۲۴، ۷۴۲ و ۱۰۲۸ استفاده گردید [۱۷-۱۵].

### اندازه گیری رنگ

اندازه گیری رنگ نمونه های استیک با استفاده از دستگاه رنگ سنج (Chroma Meter CR-400, Konica Minolta, Japan made) صورت گرفت. نمونه های استیک با ضخامت ۲ سانتی متر برای سنجش رنگ مورد استفاده قرار گرفت. برای این آزمایش داده های مربوط به شاخص های a (برای میزان سرخی یا سبزی)، b (برای میزان زردی یا آبی رنگ بودن) و L (برای میزان سفیدی یا سیاهی) اندازه گیری شد. در پایان از رابطه ۱ برای ارزیابی رنگ استفاده شد [۱۳].

$$\Delta E = [(L_1 - L_0)^2 + (a_1 - a_0)^2 + (b_1 - b_0)^2]^{0.5} \quad (1) \text{ رابطه ۱}$$

### آزمون حسی

ارزیابی حسی استیک های تهیه شده توسط گروه پانل و از طریق جمع آوری اطلاعات پرسشنامه ای مشتمل بر رنگ، طعم و بافت محصول صورت گرفت. برای این منظور برای هر کدام از ویژگی های مورد بررسی، به صورت گزینه های خیلی خوب، خوب، متوسط، بد و خیلی بد نظرخواهی شده و اطلاعات برای تجزیه و تحلیل به داده های کمی از ۱ تا ۵ تبدیل شدند. در نهایت درجه مطلوبیت با در نظر گرفتن مجموع امتیازات برای نمونه ها، مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

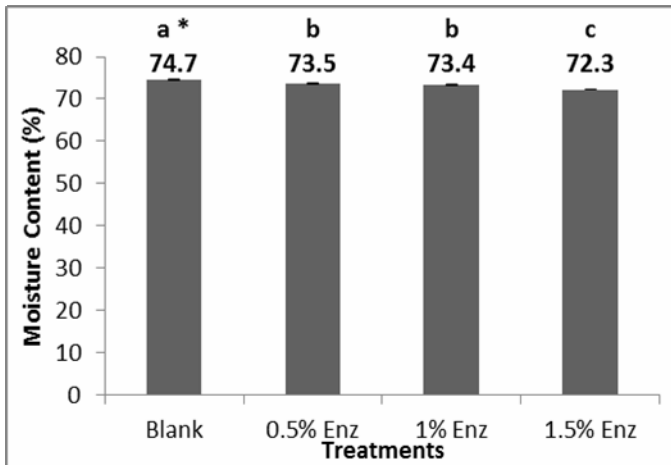
(۲۰۱۳) [۱۱] در مورد تأثیر آنزیم ترانس گلوتامیناز بر پایداری امولسیون پروتئین استخراج شده از عضله ماهی فیتوفاگ انجام دادند، پایداری امولسیون بدست آمده با کمک این آنزیم از ۴ ساعت به ۲۴ ساعت افزایش یافت و دلیل آن نیز افزایش اتصالات عرضی در ساختمان پروتئین و بهبود ویژگی ویسکو الاستیک پروتئین در سطح مشترک می شود که در نتیجه ی این تغییرات، خواص امولسیون کنندگی بهبود می یابد. در مطالعه ای دیگر تأثیر این آنزیم بر خصوصیات عملکردی پروتئین میوفیلار گوشت گاو عمل آوری شده بررسی گردید و نتایج نشان داد که میزان جذب آب و خواص امولسیون کنندگی به طور چشمگیری بهبود می یابند [۱۲].

با توجه به تأثیرات مثبت آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی بر خصوصیات بافتی محصول، در این پژوهش به بررسی تأثیر این آنزیم بر تردی و برخی از خواص حسی و فیزیکی شیمیایی استیک خرده گوشت گوساله پرداخته شده است.

## ۲- مواد و روش ها

### آماده سازی نمونه ها

برای انجام این پژوهش، مقدار یک کیلوگرم گوشت گوساله از کارخانه مهیا پروتئین واقع در شهر تهران تهیه شد. سپس گوشت های تهیه شده از نظر چربی مشهود و نیز بافت های اضافه پاک سازی شدند. در ادامه گوشت چرخ شده و به ازای ۱۰۰ گرم از خرده گوشت، از یخ (۱٪)، سدیم پلی فسفات (۰/۴٪) (مرک - آلمان)، نمک خوراکی (۰/۷۵٪)، پیاز (۱٪) و سیر (۱٪) استفاده گردید. سپس آنزیم ترانس گلوتامیناز (آرتین شیمی - ایران) در سطوح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد، اضافه و ترکیب حاصله به صورت دستی و به مدت ۵ دقیقه مخلوط گردید. به منظور شکل دادن به استیک ها، مخلوط گوشتی در پلیت هایی با قطر ۱۰ و ارتفاع ۲ سانتی متر قرار گرفت. سپس درب پلیت ها گذاشته شده و با نوار کش دار محکم گردید. به منظور تسهیل خروج حباب های هوای بدام افتاده در توده ی مخلوط، منافذی در دیواره ی پلیت ها ایجاد گردید. سپس پلیت ها به مدت ۱۸ ساعت در دمای °C ۴ نگهداری شدند. در نهایت مخلوط بسته بندی شده و به فریزر با



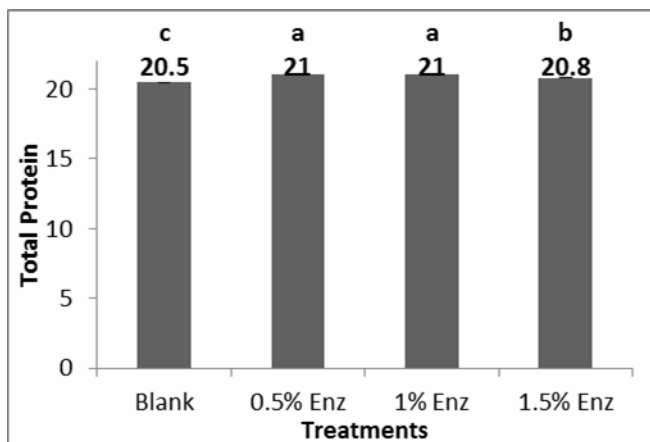
**Fig 1** Moisture content of the stick in meat samples containing different amounts of the transglutaminase enzyme

\*: Different letters in each column indicate significant differences at 5% level.

### ۳-۲- نتایج سنجش پروتئین تام در نمونه های

#### استیک خرده گوشت

نتایج مربوط به سنجش پروتئین تام در شکل ۲ نمایش داده شده است. بر اساس این نتایج می توان گفت افزایش در سطوح آنزیم، منجر به افزایش محتوای پروتئینی نمونه های مورد بررسی شده است. به طوری که در تمامی تیمارهای حاوی آنزیم این افزایش معنی دار بوده است ( $p < 0.05$ ). این افزایش معنی دار بدلیل ماهیت پروتئینی آنزیم می باشد [۴] که باعث افزایش مقدار نیتروژن و در نهایت افزایش مقدار پروتئین مخلوط می گردد.



**Fig 2** Total protein content of the stick in meat samples containing different amounts of the transglutaminase enzyme

(Error bars represent the standard deviation of 3 replication)

### نحوه تجزیه و تحلیل داده ها

نتایج آزمایش ها در قالب طرح کاملا تصادفی و به صورت ۴ تیمار در ۳ تکرار، از طریق روش F-test و به کمک نرم افزار SPSS ver.16 تجزیه و تحلیل شد. همچنین برای آزمون F-value و رتبه بندی میانگین داده ها از روش چند دامنه ای دانکن و برای ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel 2007 استفاده گردید. لازم به ذکر است که به منظور ارتقای دقت، آزمون های حسی در ۵ تکرار انجام شد.

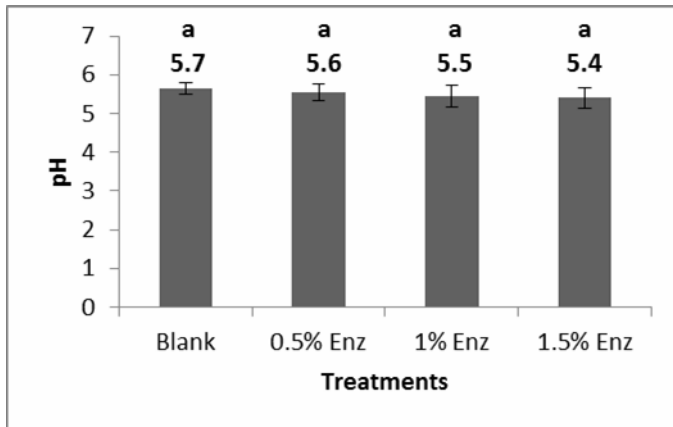
### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- نتایج سنجش رطوبت نمونه های استیک

##### خرده گوشت

هر چه محتوای رطوبتی تیمارها بیشتر و به رطوبت نمونه شاهد نزدیک تر باشد، استیک آبدارتر بوده و درجه مطلوبیت آن نیز بالاتر خواهد بود. نتایج مربوط به سنجش رطوبت نمونه های استیک در شکل ۱ نمایش داده شده است. بر اساس این نتایج می توان گفت افزایش در سطوح آنزیم، منجر به کاهش محتوای رطوبتی نمونه های مورد بررسی شده است ( $p < 0.05$ ). این حالت مطابق با نتیجه ی Chanarat و Benjakul (۲۰۱۳) [۱۸] می باشد. این محققین نشان دادند که بدلیل برهمکنش های قوی تر و بیشتر بین مولکول های پروتئین (بدلیل مقدار آنزیم بیشتر)، شبکه ی پروتئینی متراکم تری تشکیل شده و به این ترتیب نقاط اتصال آب پروتئین ها کاهش می یابد و در نهایت آب آزاد بیشتری از شبکه ی پروتئینی خارج می گردد. علاوه براین، با نزدیک شدن مقدار pH نمونه ها به نقطه ی ایزوالکتریک پروتئین ها، مقدار جذب آب آن ها حداقل خواهد بود. بنابراین می توان گفت که با کاهش pH نمونه ها (غیر معنی دار) و نزدیک شدن آن به نقطه ی ایزوالکتریک آن ها، مقدار رطوبت نمونه ها نیز کاهش نشان می دهد. به این ترتیب که هرچه pH نمونه به نقطه ی ایزوالکتریک پروتئین های آن نزدیک تر باشد، مقدار رطوبت اتصال به این پروتئین ها نیز کاهش خواهد یافت [۱۳].

توسط Canto و همکاران (۲۰۱۴) [۱۳]، Şanlı و همکاران (۲۰۱۱) [۶] و فدائی نوغانی و همکاران (۲۰۱۴) [۱۰] مطابقت دارد. این محققین بیان کردند که آنزیم ترانس گلوتامیناز تأثیر معنی داری بر pH و اسیدیته ی محصول تولیدی ندارد.



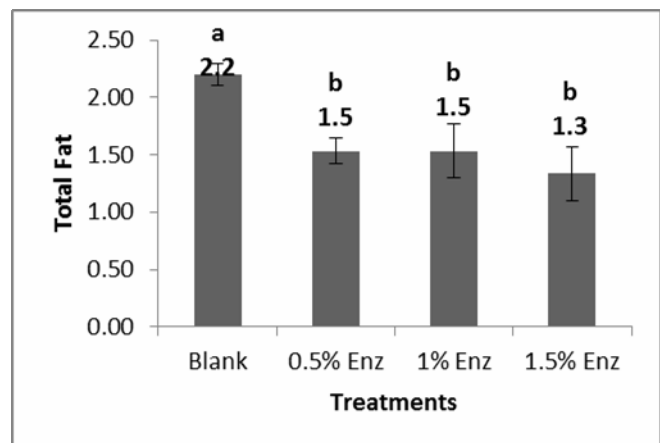
**Fig 4** pH measurement of the stick in meat samples containing different amounts of the transglutaminase enzyme  
(Error bars represent the standard deviation of 3 replication)

### ۳-۵- نتایج سنجش میزان تردی نمونه های استیک خرده گوشت

برای ارزیابی تردی استیک خرده گوشت، هر چه میانگین حداکثر نیروی برشی ثبت شده توسط دستگاه اینسترون کمتر باشد، بافت گوشت نرم تر و تردتر بوده و از کیفیت بالاتری برخوردار خواهد بود. همان گونه که در شکل ۵ نیز مشاهده می شود، تیمار حاوی سطح ۰/۵ درصد آنزیم ترانس گلوتامیناز با ثبت بالاترین میزان نیروی برشی دارای بافتی سفت تر از سایر تیمارهای مورد آزمایش بود ( $p < 0/05$ ). با این حال تیمارهای حاوی سطح ۱ و ۱/۵ درصد آنزیم، تفاوت معنی داری را از این حیث با تیمار شاهد نشان ندادند ( $p > 0/05$ ). این یافته ها با نتایج Ahhmed و همکاران (۲۰۰۹) [۲۰] مطابقت دارد. بطوریکه افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز به گوشت باعث تشکیل یک شبکه ی پروتئینی بهتر نسبت به نمونه ی شاهد شده و بنابراین این شبکه قادر به تحمل فشارهای برشی بالاتری می باشد. بطور کلی، تشکیل اتصالات عرضی کوالانی بین پروتئین ها منجر به تغییراتی در ویژگی های کارکردی آنها می شود و از این ویژگی برای تولید

### ۳-۳- نتایج سنجش چربی تام در نمونه های استیک خرده گوشت

نتایج مربوط به اندازه گیری چربی تام در شکل ۳ آمده است. مطابق با این نتایج می توان گفت افزایش در سطوح آنزیم، منجر به کاهش محتوای چربی نمونه های مورد بررسی شده است. به طوری که در تمامی تیمارهای حاوی آنزیم این کاهش معنی دار بوده است ( $p < 0/05$ ). آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی از طریق اتصالات عرضی بین باقیمانده های لیزین و گلوتامین، باعث افزایش تجمعات پروتئینی در بسیاری از منابع پروتئینی می گردد [۱۹] و بنابراین هرچه شدت این اتصالات بیشتر باشد (مقدار آنزیم بالاتر)، شبکه ی پروتئینی متراکم تری تشکیل شده و بنابراین مقدار چربی و رطوبت بیشتری از بافت ماهیچه ای خارج می گردد.



**Fig 3** Total fat content of the stick in meat samples containing different amounts of the transglutaminase enzyme  
(Error bars represent the standard deviation of 3 replication)

### ۳-۴- نتایج سنجش pH نمونه های استیک خرده گوشت

همان گونه که در شکل ۴ ملاحظه می شود، با افزایش سطح آنزیم pH در دامنه ۵/۷ تا ۵/۴ روندی کاهشی را نشان داده است. با این حال نتایج آنالیز واریانس داده ها هیچ گونه تفاوت معنی داری را نشان نداد. از این می توان گفت که افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز در سطوح ۰/۵ تا ۱/۵ درصد بر pH استیک ها تأثیر معنی داری نداشته است ( $p > 0/05$ ) و با نتایج به دست آمده

گفت که افزودن آنزیم مذکور در فرآورده های گوشتی می تواند باعث روشن تر شدن رنگ و در نتیجه افزایش درجه مطلوبیت محصول نزد مصرف کننده شود.

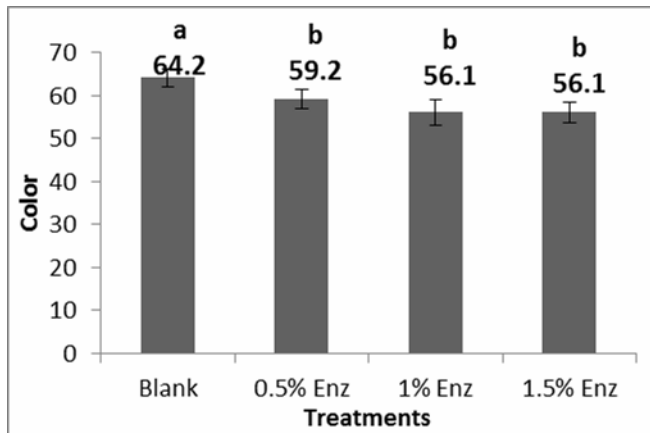


Figure 6. Color intensity ( $\Delta E$ ) of the stick in meat samples containing different amounts of the transglutaminase enzyme (Error bars represent the standard deviation of 4 replication)

### ۳-۷- ارزیابی های حسی نمونه های استیک خرد شده گوشت

خواص حسی از عوامل اساسی پذیرش بسیاری از فرآورده ها و کسب رضایت از مصرف آنهاست. با توجه به اهمیت این خواص، بررسی و شناخت عوامل مؤثر بر آنها به منظور دستیابی به خواص حسی بهینه و جلوگیری از ایجاد خواص حسی نامطلوب ضروری است [۲۲]. استیک های تهیه شده توسط اعضای گروه پانل از نظر طعم، بافت و رنگ مورد بررسی قرار گرفته و درجه مطلوبیت آن ها تعیین گردید (جدول ۱). نتایج نشان داد که افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز تاثیر معنی داری بر ویژگی های حسی نمونه های استیک داشته است. به طوری که تمامی تیمارهای حاوی آنزیم نسبت به تیمار شاهد مطلوب تر بودند ( $p < 0.05$ ). با این حال نتایج ارزیابی کلی نشان داد که بین تیمارهای ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد آنزیم تفاوت معنی داری وجود ندارد ( $p > 0.05$ ). امتیازات بافت بالاتر نمونه ها نسبت نمونه ی شاهد، بدلیل تأثیر مطلوب آنزیم ترانس گلوتامیناز بر بافت محصول می باشد.

محصولاتی با ویژگی های رئولوژیکی بهتر استفاده می شود [۲۱].

بنابراین می توان گفت که افزایش سطح آنزیم بر میزان نیروی برشی اندازه گیری شده برای نمونه های استیک خرد شده گوشت موثر بوده است. به طوری که افزایش در سطح آنزیم، در ابتدا منجر به سفتی و افزایش چشمگیر نیروی برشی در نمونه استیک خرد شده گوشت شده است. اما پس از آن با افزایش غلظت آنزیم، میزان نیروی برشی لازم برای نمونه استیک خرد شده گوشت کاهش یافته است ( $p < 0.05$ ).

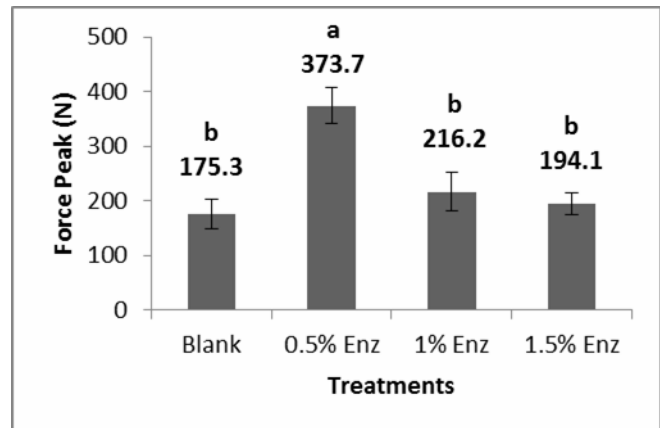


Fig 5 The maximum shear force (tenderness) of the stick in meat samples containing different amounts of the transglutaminase enzyme (Error bars represent the standard deviation of 3 replication)

### ۳-۶- نتایج سنجش رنگ نمونه های استیک خرد شده گوشت

اگر چه رنگ گوشت به تنهایی نشان دهنده سلامت و کیفیت آن نیست، اما این عامل یکی از مهمترین خصوصیات ظاهری است که از نظر مصرف کننده بسیار حائز اهمیت می باشد. به طوری که هر چه رنگ گوشت شفاف تر باشد، از درجه مطلوبیت بیشتری نزد مصرف کنندگان برخوردار خواهد بود.

شدت رنگ تیمار در تمامی تیمارهای حاوی آنزیم ترانس گلوتامیناز نسبت به شدت رنگ تیمار شاهد به طور معنی داری کمتر است ( $p < 0.05$ ) (شکل ۶). با این حال تیمارهای حاوی سطوح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد آنزیم، تفاوت معنی داری از نظر شدت رنگ با یکدیگر نشان ندادند ( $p > 0.05$ ). بنابراین می توان

**Table 1** Sensory evaluation of the stick in meat samples containing different amounts of the transglutaminase enzyme

Treatments	Taste	Texture	Color	Overall assessment
Control (blank)	3.8 ± 0.84 <sup>a*</sup>	3.6 ± 0.55 <sup>b</sup>	3.2 ± 0.45 <sup>b</sup>	3.53 ± 0.38 <sup>b</sup>
0.5 %	4.2 ± 0.84 <sup>a</sup>	4.4 ± 0.55 <sup>a</sup>	3.8 ± 0.84 <sup>ab</sup>	4.14 ± 0.51 <sup>a</sup>
1 %	4.0 ± 1/00 <sup>a</sup>	4.8 ± 0.44 <sup>a</sup>	4.6 ± 0.55 <sup>a</sup>	4.47 ± 0.51 <sup>a</sup>
1.5 %	3.8 ± 0.84 <sup>a</sup>	4.8 ± 0.44 <sup>a</sup>	4.4 ± 0.55 <sup>a</sup>	4.33 ± 0.24 <sup>a</sup>

\*: Different letters in each column indicate significant differences at 5% level.

- [6] Şanlı, T., Sezgin, E., Deveci, O., Şenel, E. & Benli, M. Effect of using transglutaminase on physical, chemical and sensory properties of set-type yoghurt. *Food Hydrocolloids* 25, 1477–1481 (2011).
- [7] Pourmohammadi, K., Aalami, M., Shahedi, M. & Sadeghi Mahoonak, A. Effect of microbial transglutaminase on dough rheological properties of wheat flour supplemented with hull-less barley flour. *Journal of food research* 21, 269–280 (2011).
- [8] Kuraishi, C., Yamazaki, K. & Susa, Y. Transglutaminase: Its utilization in the food industry. *Food Reviews International* 17, 221–246 (2001).
- [9] Motoki, M. & Seguro, K. Transglutaminase and its use for food processing. *Trends in food science & technology* 9, 204–210 (1998).
- [10] Fadaei Noghani, V., Mofidi, A. & Zarei, M. Effect of using microbial transglutaminase as a substitute for part of milk protein concentrate on the selected physicochemical and sensory properties of spinach yoghurt. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology* 9, 93–100 (2014).
- [11] Saghai, R., Motamedzadegan, A. & Rezai, M. The effect of transglutaminase on the emulsion stability of protein extracted from the silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Food Technology & Nutrition* 10, 19–26 (2013).
- [12] Ionescu, A., Aprodu, I., Darabă, A. & Porneală, L. The effects of transglutaminase on the functional properties of the myofibrillar protein concentrate obtained from beef heart. *Meat Science* 79, 278–284 (2008).
- [13] Canto, A. C. V. C. S. *et al.* Physicochemical and sensory attributes of low-sodium restructured caiman steaks containing microbial transglutaminase and salt replacers. *Meat Science* 96, 623–632 (2014).
- [14] Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), 1st. revision, No.

#### ۴- نتیجه گیری کلی

با در نظر گرفتن نتیجه تمامی آزمایش های صورت گرفته، تیمار حاوی سطح یک درصد آنزیم ترانس گلوتامیناز به عنوان مطلوب ترین تیمار شناخته شد. پس از آن به ترتیب تیمارهای حاوی سطوح ۰/۵ و ۱/۵ درصد آنزیم از نظر درجه مطلوبیت در رتبه های بعدی قرار گرفتند. همچنین تیمار شاهد نیز به عنوان نامطلوب ترین تیمار شناخته شد. بنابراین می توان گفت که استفاده از آنزیم ترانس گلوتامیناز برای تولید استیک از گوشت گوساله مطلوب بوده و اهداف تحقیق در خصوص تولید استیک مناسب از خرده های گوشت با استفاده از آنزیم مذکور، تحقق یافته است.

#### ۵- منابع

- [1] Cabrera, M. C. & Saadoun, A. An overview of the nutritional value of beef and lamb meat from South America. *Meat Science* 98, 435–444 (2014).
- [2] Ministry of Agriculture of Iran, Department of Animal Production, Statistics published (2013).
- [3] Karimi, K. & Oghabi, F. Effect of low-voltage electrical stimulation on tenderness and water holding capacity in veal. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology* 3, 55–61 (2008).
- [4] Trachoo, N. & Mistry, V. Application of Ultrafiltered Sweet Buttermilk and Sweet Buttermilk Powder in the Manufacture of Nonfat and Low Fat Yogurts. *Journal of Dairy Science* 81, 3163–3171 (1998).
- [5] Cui, L., Du, G., Zhang, D., Liu, H. & Chen, J. Purification and characterization of transglutaminase from a newly isolated *Streptomyces hygroscopicus*. *Food chemistry* 105, 612–618 (2007).

- milk proteins and impact on yoghurt gel properties. *International Dairy Journal* 17, 1360–1371 (2007).
- [20] Ahhmed, A. M., Nasu, T. & Muguruma, M. Impact of transglutaminase on the textural, physicochemical, and structural properties of chicken skeletal, smooth, and cardiac muscles. *Meat Science* 83, 759–767 (2009).
- [21] Bönisch, M. P., Heidebach, T. C. & Kulozik, U. Influence of transglutaminase protein cross-linking on the rennet coagulation of casein. *Food Hydrocolloids* 22, 288–297 (2008).
- [22] Aziznia, S., Khosrowshahi, A., Madadlou, A. & Rahimi, J. Whey Protein Concentrate and Gum Tragacanth as Fat Replacers in Nonfat Yogurt: Chemical, Physical, and Microstructural Properties. *Journal of Dairy Science* 91, 2545–2552 (2008).
- 745, Meat and meat products, Determination of moisture content test method.
- [15] Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), 1st. revision, No. 924, Meat and meat products, Determination of total protein content test method.
- [16] Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), 2st. revision, No. 742, Meat and meat products, Determination of total fat content test method.
- [17] Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI), 1st. revision, No. 1028, Meat and meat products, Measurement of pH reference test method.
- [18] Chanarat, S. & Benjakul, S. Impact of microbial transglutaminase on gelling properties of Indian mackerel fish protein isolates. *Food Chemistry* 136, 929–937 (2013).
- [19] Bönisch, M. P., Huss, M., Weitzl, K. & Kulozik, U. Transglutaminase cross-linking of



## The effect of transglutaminase enzyme on the physicochemical, sensory and textural properties of veal steaks

Aziz Mohamadi, M. <sup>1</sup>, Bolandi, M. <sup>2\*</sup>

1. Graduate master food industry, Islamic Azad University, Damghan Branch, Damghan, Iran.
2. Assistant Professor of Food Sciences, Islamic Azad University, Damghan Branch, Damghan, Iran.

(Received: 2015/07/28 Accepted: 2017/05/20)

Transglutaminase is one of the enzymes with transferase activity which catalyzes the acyl transferization reaction and results in new proteins with special properties by linking proteins. In this study, the effect of this enzyme on the properties of the veal steaks such as moisture, fat and protein content, pH, colour, tenderness and sensory properties was investigated. The results showed that the transglutaminase significantly affected all mentioned properties, except pH. The moisture and fat content of the steaks decreased but the protein content increased, significantly. The colour of the enzyme treated steaks was considerably brighter than control sample. Also, the results of tenderness showed that the transglutaminase enzyme do not affect the tenderness of the steaks ( $p > 0.05$ ). Generally, all enzyme treated samples had more desirable properties than control sample and the sample with 1% enzyme was determined as the most desirable sample ( $p < 0.05$ ).

**Keywords:** Steak, Beef, Transglutaminase, Tenderness, Meat

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: [mbolandi@yahoo.co.in](mailto:mbolandi@yahoo.co.in)