

بررسی اثر اینولین و آنزیم ترانس گلوتامیناز بر روی خصوصیات فیزیکی و حسی سوسیس کم نمک

الهام رضایی رودبرده^۱، علیرضا رحمن^{۲*}، تکتیم مستقیم^۲

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه صنایع غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- گروه صنایع غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۲۳

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۶/۱۱

چکیده

در حال حاضر فرآورده‌های گوشتی یکی از پرمصرف‌ترین غذاها در دنیا محسوب می‌شوند. امروزه صنایع غذایی نه تنها وظیفه تهیه غذای مطلوب برای عموم مردم را دارد، بلکه توجه به مؤلفه‌های تغذیه‌ای و سلامتی‌بخش مانند کاهش مصرف نمک و چربی نیز مواردی است که چالش بزرگی برای متخصصین و فعالان در این زمینه می‌باشد. بنابراین در این پژوهش سعی بر آن شده است تا با استفاده از اینولین و آنزیم ترانس گلوتامیناز، سوسیس کم نمک تولید نمود. برای این منظور آنزیم ترانس گلوتامیناز در سه سطح (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد) و اینولین نیز در سطح (صفر، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد) مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که سوسیس‌های نمونه کنترل با ۰/۴۶۹ درصد و سوسیس‌های حاوی ۰/۷۵ گرم ترانس گلوتامیناز و ۰/۷۵ گرم اینولین با ۰/۰۹۶ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین میزان افت پخت را دارا بودند. در بین نمونه‌ها، بافت نمونه‌های تولیدی با افزایش میزان اینولین و آنزیم ترانس گلوتامیناز به طور معنی‌داری سفت‌تر شد. به طوری که در بین نمونه‌ها، نمونه کنترل با سفتی ۱۸۷/۳۲۲ کمترین میزان سفتی را دارا بود در حالی که نمونه حاوی ۰/۷۵ درصد ترانس گلوتامیناز و ۰/۷۵ درصد اینولین با سفتی ۲۴۱/۱۲۱ نیوتن بالاترین میزان سفتی را در بین تمام نمونه‌ها داشت. با افزایش میزان اینولین از ارتجاعیت نمونه‌ها کاسته شد (نمونه شاهد با میزان ۰/۹۱۳، بیشترین و نمونه حاوی ۰/۷۵ درصد اینولین و ۰/۷۵ درصد آنزیم ترانس گلوتامیناز با میزان ۰/۷۸۷، کمترین ارتجاعیت را داشتند) اما بر میزان چسبندگی نمونه‌ها اضافه گردید (نمونه شاهد با میزان ۴/۰۵، کمترین و نمونه حاوی ۰/۷۵ درصد اینولین و ۰/۷۵ درصد آنزیم ترانس گلوتامیناز با میزان ۶/۸۵۳، بیشترین ارتجاعیت را داشتند). با افزایش نسبت اینولین در سوسیس‌ها، پارامتر L افزایش پیدا کرده است که حاکی از رنگ روشن‌تر محصولات با درصد بالاتر اینولین دارد. در مجموع ارزیابان حسی نظر مطلوب‌تری در مورد نمونه‌های حاوی میزان متوسط اینولین و ترانس گلوتامیناز داشته‌اند به گونه‌ای که این نمونه‌ها بالاترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند. بنابراین نمونه‌های سوسیس حاوی ۰/۵ درصد اینولین و ۰/۵ درصد آنزیم مطلوبیت بیشتری را نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: سوسیس، نمک، اینولین، آنزیم ترانس گلوتامیناز.

۱- مقدمه

مصرف سدیم در بیشتر کشورهای پیشرفته تا حد زیادی بیش از نیازهای فیزیولوژیکی می‌باشد. فشار خون بالا که یکی از سه عامل خطر عمده برای بیماری‌های قلبی و عروقی است، به مصرف نمک بالا مرتبط می‌باشد (۱۰). از آن جا که منبع بیش از ۳۰-۲۰ درصد از نمک در رژیم غذایی از گوشت و محصولات گوشتی می‌باشد (۳۵)، این مسئله سبب افزایش توجه در میان مصرف کنندگان در کاهش استفاده از نمک (به حداقل رساندن سدیم) در فرآورده‌های گوشتی شده است (۱۳ و ۲۵). در سال‌های اخیر تقاضا برای مصرف غذاهای آماده افزایش یافته است. یکی از مهم‌ترین غذاها در این گروه فرآورده‌های گوشتی مانند سوسیس است که تحت فرآیندهای حرارتی ملایم، سرخ کردن، مایکروویو و یا آون سنتی آماده می‌شوند. سوسیس‌های حرارت دیده فرآورده‌هایی هستند که به وسیله خرد کردن و کوتریزاسیون گوشت، با حضور املاح به ویژه نمک طعام و افزودن مقدار ضروری آب، قادر به فعال کردن پروتئین‌های میوفیبریلی به صورت بیان شده می‌باشند (۴). برای تولید یک محصول با خواص مکانیکی و کاربردی مطلوب افزودن نمک در مقادیر ۱ تا ۲ درصد ضروری می‌باشد. نمک بر روی مقدار پروتئین میوفیبریلی استخراج شده از گوشت مؤثر است. پروتئین میوفیبریلی استخراج شده به عنوان یک عامل پیونددهنده با آب و سایر ترکیبات عمل می‌کند و بر روی کیفیت کلی محصول نهایی تأثیر می‌گذارد (۳۴). آنزیم ترانس گلوتامیناز که با نام EC.2.3.3.13 نیز شناخته می‌شود، جزء آنزیم‌های ترانسفراز می‌باشد که به طور گسترده‌ای در طبیعت وجود دارد. آنزیم ترانس گلوتامیناز جزو آنزیم‌های ترانسفراز می‌باشد که واکنش انتقال آسیل، بین گاما- کربوکسیل گلوتامین و آمین‌های نوع اول از جمله گروه اپسیلون- آمین لیزین در پروتئین‌ها را کاتالیز می‌کند

و پیوندهای عرضی کوالانی درون و بین مولکولی موجب تشکیل پلی‌مرهایی با وزن مولکولی بالا می‌شود. اپتیمم فعالیت این آنزیم ۵ تا ۸ بوده و بهترین دما برای عملکرد آن ۵۰ درجه سانتی‌گراد است (۹ و ۱۸). چنین پیوندهایی می‌تواند ساختار و عملکرد پروتئین‌ها را اصلاح کند (۳۱). آنزیم ترانس گلوتامیناز می‌تواند به عنوان عامل ژل کننده پروتئین ماهیچه که موجب کاهش یا حذف نمک مورد نیاز می‌گردد، پیشنهاد شود (۲۰ و ۲۹). این آنزیم در آماده‌سازی انواع محصولات گوشتی از جمله محصولات تهیه شده توسط سیستم ژل/امولسیون مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما این آنزیم به طور کلی در ترکیب با نمک، انواع پروتئین‌های غذایی و پلی‌ساکاریدها به کار می‌رود (۱۷، ۱۹، ۲۰، ۲۶ و ۳۳). به طور کلی مکانیسم اثر آنزیم‌ها از طریق کاهش انرژی لازم که برای انجام بسیاری از واکنش‌های شیمیایی ضروری است و به انرژی فعال کننده موسوم می‌باشد ظاهر می‌گردد. آنزیم‌ها دارای دو مزیت مهم و چشمگیر هستند، یک مزیت سرعت عمل آن‌ها است و مزیت دیگر آنزیم‌ها اختصاصی عمل کردن فوق العاده زیاد اکثر آن‌ها می‌باشد (۳). در سیستم‌های گوشتی چهار مکانیسم عمومی برای کاربرد آنزیم‌ها، بسته به هدف وجود دارد که شامل نرم کردن گوشت، ایجاد پیوند (پیوستگی، ارتباط و ساختار)، ایجاد طعم و تولید محصولات جانبی می‌باشد. آنزیم در مرحله آماده سازی سوسیس یعنی تا قبل از مرحله پخت اثر نموده و قطعا در مرحله پخت تا قبل از رسیدن دمای مرکز سوسیس به دمای غیر فعال سازی آنزیم (دنا توره شدن پروتئین آنزیم)، آنزیمی‌تواند همچنان فعال باشد ولی با رسیدن به دمای مورد نظر آنزیم غیر فعال خواهد شد (۳۲).

اینولین یک کربوهیدرات غیر قابل هضم حاوی فروکتوالیگوساکاریدهای طبیعی و دارای خصوصیات

رژیم غذایی، امکان پذیر است (۱۶). رحمن و همکاران (۱۳۹۱) اثر نمک (کلرید کلسیم، منیزیوم و پتاسیم)، چربی و صمغ ژلان را بر بافت سوسیس بررسی نمودند. نتایج به دست آمده نشان داد که کاهش چربی و نمک به همراه اضافه نمودن صمغ ژلان و نمک‌های دو ظرفیتی باعث بهبود بافت محصول شده و رطوبت و تخلخل محصول را افزایش می‌دهد. افزودن کلرید کلسیم باعث افت کیفیت بافت محصول شده و مقدار نمک دو ظرفیتی به کار رفته در فرمولاسیون احتمالاً ویژگی‌های برگشت-پذیر حرارتی صمغ ژلان را تحت تأثیر قرار داده و باعث کاهش قابلیت جذب و نگهداری آب در صمغ ژلان شده است (۱).

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

برای انجام این پژوهش، نمونه‌های مورد آزمون در کارخانه گوشتیران تهران واقع در ابتدای جاده قدیم کرج تولید شدند.

۲-۲- تهیه سوسیس‌ها

سوسیس معمولی در این پروژه بر اساس فرمولاسیون کلی تعیین شده در استاندارد ملی ایران به شماره ۲۳۰۳ تولید گردید. فرمولاسیون به طور کلی شامل ۴۰ درصد گوشت قرمز، ۲۲ درصد آب (یخ)، ۵ درصد روغن، ۱۵ درصد آرد و افزودنی‌های دیگر شامل پلی فسفات، نمک، ادویه-جات، سیر، نشاسته گندم، ایزوله سویا، اسید آسکوربیک، نیتريت سدیم، شیر خشک و کازئینات بود. میزان مواد متغیر مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است.

فیبرهای رژیمی بوده که به دلیل خواص سلامت بخشی و تکنولوژیکی خاص آن علاقه زیادی به مصرف آن وجود دارد. ویژگی اینولین به عنوان یک چربی تقلیدی به توانایی آن در پیوند بامولکول‌های آب و ایجاد یک شبکه ژل مانند مربوط می‌شود (۶). نسبت بالاتر کلسترول HDL در مقایسه با کلسترول LDL باعث کاهش احتمال ابتلا به بیماری‌های قلبی-عروقی می‌شود. فیبر رژیمی محلول در طول سفر خود از اثنی عشر و روده کوچک مقداری از لیپیدهای موجود در غذا و نیز اسیدهای صفراوی را به دام می‌اندازد. اسیدهای صفراوی که بخشی از مایع سبز رنگ صفرا هستند از کلسترول ساخته می‌شوند، بنابراین دفع این اسیدها باعث می‌شود که کبد مقداری از کلسترول بدن را برای تهیه دوباره آن‌ها مصرف کند که تحقیقات پزشکی کاهش ۸ تا ۲۰ درصدی LDL را در نتیجه مصرف ۳ تا ۶ گرم فیبر رژیمی محلول نشان داده‌اند (۲). هونگ^۴ و همکاران (۲۰۱۱) به مطالعه خصوصیات حسی و فیزیکیوشیمیایی سوسیس چینی غنی شده با فیبر گندم، فیبر جو دوسر و اینولین در سطوح ۷-۳/۵ درصد پرداختند. نتایج نشان داد که نوع و مقدار فیبر اختلاف معناداری را در ترکیب کلی و رنگ سوسیس‌ها نشان نمی‌دهد. با این حال، افزودن فیبر گندم و فیبر جو دوسر در سطح ۵ درصد، اختلاف معناداری را در سختی و بافت نشان داد در حالی که افزودن اینولین این تأثیر را نشان نداد. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که سوسیس با ۷ درصد فیبر گندم امتیاز کمتر از ۶ (از ۹ امتیاز) را کسب کرد در حالی که سایر نمونه‌ها امتیاز بالای ۶ را کسب کردند. این مطالعه نشان داد که اضافه کردن فیبر به سوسیس چینی برای افزایش مقدار فیبر

¹ High-density lipoprotein

² Low-density lipoprotein

³ Low density cholesterol

⁴ Hung

۴-۳-۲- آزمون رنگ سنجی

ویژگی‌های رنگی سوسیس با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج لایباند اندازه‌گیری شد. به طوری که L^* بیانگر روشنی نمونه، که محدوده آن از صفر تا ۱۰۰ می‌باشد، $\pm a^*$ گرایش به قرمزی (+) و سبزی (-) و $\pm b^*$ گرایش به زردی (+) و آبی (-) بود (۵).

۲-۴- ارزیابی حسی

پس از آموزش‌های مقدماتی در مورد نحوه ارزیابی حسی، تعداد ۶ نفر (مرد و زن، سنین ۲۸ - ۲۱ ساله) به عنوان ارزیاب کارآزموده انتخاب شدند. جهت ارزیابی حسی نمونه‌های سوسیس، از مقیاس هدونیک ۹ نقطه‌ای استفاده گردید. به این ترتیب ۷ فاکتور تأثیرگذار سوسیس شامل طعم، مزه، عطر و بو، رنگ، بافت، ظاهر و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند (۸).

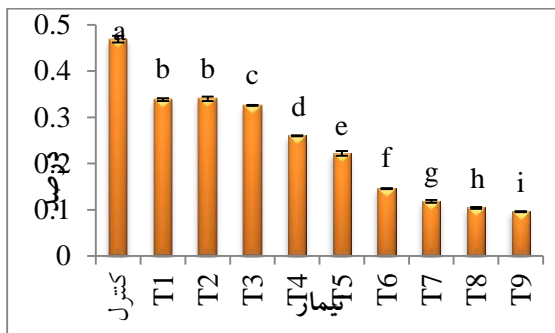
۵-۲- تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها برای خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی تیمارها توسط روش آنالیز واریانس دو طرفه (ANOVA) در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. برای مقایسه خصوصیات حسی سوسیس‌های تولید شده با ترکیب آردهای مختلف از طرح بلوک کاملاً تصادفی استفاده گردید. پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها، مقایسه بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS9.1 و رسم منحنی با استفاده از نرم‌افزار EXCEL انجام گردید. در این تحقیق کلیه تیمارها در سه تکرار اعمال گردیدند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بافت سنجی نمونه‌ها

به طور کلی افت پخت نمونه‌ها، ناشی از خروج رطوبت و روغن از بافت محصول به دنبال تبخیر و حرارت است. نتایج مربوط به آزمون افت پخت نمونه‌ها در جدول ۴-۶ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، بین افت پخت نمونه‌های سوسیس حاوی نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($P < 0.05$). در بین نمونه‌ها، سوسیس‌های نمونه کنترل با ۰/۴۶۹ درصد و سوسیس‌های حاوی ۰/۷۵ گرم ترانس گلوتامیناز و ۰/۷۵ گرم اینولین با ۰/۰۹۶ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین میزان افت پخت را دارا بودند.

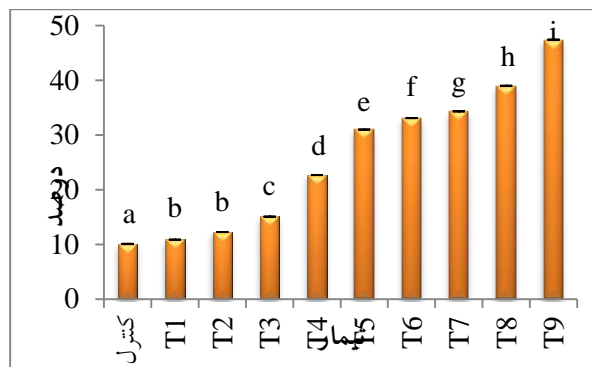


نمودار ۱- میزان افت ناشی از پخت نمونه‌های سوسیس حاوی نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز (درصد)

حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف در یک روز در سطح احتمال ۵ درصد است.

نتایج به دست آمده در این پژوهش نشان داد که افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز و اینولین به نمونه‌های سوسیس سبب کاهش معنی‌دار افت پخت نمونه‌ها می‌شود و با افزایش میزان مصرف اینولین و ترانس گلوتامیناز این روند کاهشی شدیدتر نیز خواهد بود. اینولین به خوبی با سایر درشت مولکول‌های موجود به ویژه نشاسته و گلوتن وارد

آنزیم نسبت به شاهد دارای اختلاف معنی دار بودند. همانطور که انتظار می‌رفت با افزایش میزان اینولین و آنزیم، ظرفیت نگهداری آب نیز بالاتر رفت.



نمودار ۲- میزان ظرفیت نگهداری آب در نمونه‌های سوسیس حاوی نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز

حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف در یک روز در سطح احتمال ۵ درصد است.

در نمونه‌های تولیدی، اینولین به عنوان یک ماده جاذب رطوبت ایفای نقش می‌کند و نیز آنزیم ترانس گلوتامیناز با بهبود ساختار بافتی گوشت سبب افزایش توانایی گوشت در حفظ رطوبت و روغن در ساختار خود می‌شود بنابراین افزایش این دو ترکیب به صورت فزاینده‌ای سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب خواهد شد. باسکویت و همکاران (۲۰۱۰)، اثر آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی و سدیم کازئینات را بر روی ساختار گوشت گاو مورد بررسی قرار دادند و به نتایج مشابهی دست یافتند (۱۲).

۳-۳- بافت سنجی نمونه‌ها

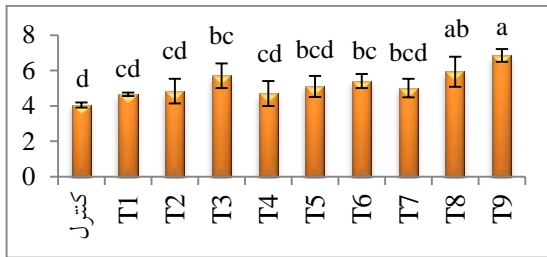
نتایج مربوط به آزمون بافت سنجی نمونه‌های سوسیس حاوی نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز در

واکنش می‌شود و شبکه‌های مستحکم ایجاد می‌کند. این شبکه‌های جدید ایجاد شده در حضور اینولین قابلیت بالاتری در نگهداری مولکول‌های آب دارند. بنابراین حضور اینولین و آنزیم ترانس گلوتامیناز در فرمول سوسیس با بهبود ویژگی‌های بافتی محصول سبب کاهش افت پخت گردد. در این رابطه آراویندو همکاران (۲۰۱۲) طی افزودن اینولین به فرمولاسیون اسپاگتی، به نتایج مشابهی با نتایج به دست آمده، رسیدند (۱۱). پیتراسیک و همکاران (۲۰۰۲)، طی پژوهشی اثر کاپا کاراگینان و ترانس گلوتامیناز را بر روی خصوصیات بافتی برگ‌های گوشتی مورد مطالعه قرار دادند. این محققین نشان دادند که رابطه معکوسی بین افزایش آنزیم ترانس گلوتامیناز و افت پخت وجود دارد که با نتایج به دست آمده در این تحقیق مشابهت دارد (۳۳). همچنین در سال ۲۰۱۰ باسکویت و همکاران، اثر آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی و سدیم کازئینات را بر روی ساختار گوشت گاو مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که با افزایش مقادیر آنزیم و سدیم کازئینات میزان افت پخت نمونه‌ها به طور قابل توجهی کاهش پیدا می‌کند و عنوان کردند که کاهش وزن نمونه‌ها در طی پخت ناشی از خروج آب و روغن به دنبال حرارت‌دهی است (۱۲).

۳-۲- ظرفیت نگهداری آب

در نمودار ۲، ظرفیت نگهداری آب در تیمارهای مختلف نشان داده شده است. باتوجه به نتایج، تیمارهای حاوی اینولین و آنزیم نسبت به نمونه شاهد در طی آزمون و در شرایط سانتریفیوژ توانایی نگهداری آب بالاتری داشتند. نمونه شاهد با ۱۰/۱ درصد کمترین میزان ظرفیت نگهداری آب را داشت و همه تیمارهای حاوی اینولین و

¹Bousquets



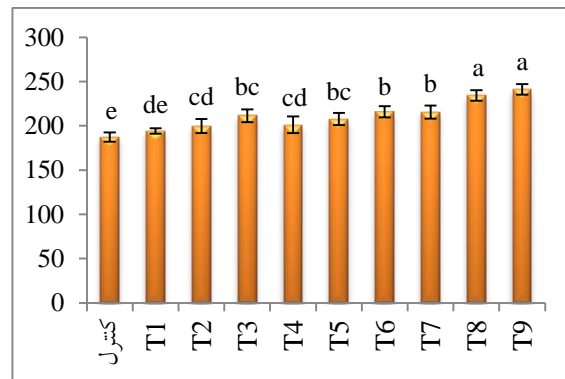
نمودار ۵- میزان چسبندگی نمونه‌های سوسیس حاوی

نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز

حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف در یک روز در سطح احتمال ۵ درصد است.

بافت نمونه‌های تولیدی با افزایش میزان اینولین و آنزیم ترانس گلوتامیناز به طور معنی‌داری سفت‌تر شد. به طوری که در بین نمونه‌ها، نمونه کنترل با سفتی ۱۸۷/۳۲۲ کمترین میزان سفتی را دارا بود در حالی که نمونه‌ی حاوی ۰/۷۵ درصد ترانس گلوتامیناز و ۰/۷۵ درصد اینولین با سفتی ۲۴۱/۱۲۱ بالاترین میزان سفتی را در بین تمام نمونه‌ها داشت. در سال ۱۹۹۷ طی پژوهش انجام شده توسط ناناکا و همکاران، تاثیر آنزیم ترانس گلوتامیناز بر ویژگی‌های کازئین شیر مورد بررسی قرار گرفته شد. این محققین نشان دادند که آنزیم ترانس گلوتامیناز قادر است پیوندهای کووالانسی زیادی در بین ساختارهای پروتئینی کازئین ایجاد کرده و ویژگی‌های بافتی ژل حاصل از آن را بهبود دهد (۳۰). هرو و همکاران (۲۰۰۷) اثر آنزیم ترانس گلوتامیناز بر ویژگی‌های بافتی فرآورده‌های گوشتی مختلف را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که نمونه‌های حاوی آنزیم بافت مطلوب‌تری نسبت به نمونه کنترل داشتند. این محققین بیان کردند که آنزیم ترانس گلوتامیناز با انتقال گروه آسپیل از کربوکسی متیل آمید در آمینو اسید گلوتامین به گیرنده گروه آسپیل که

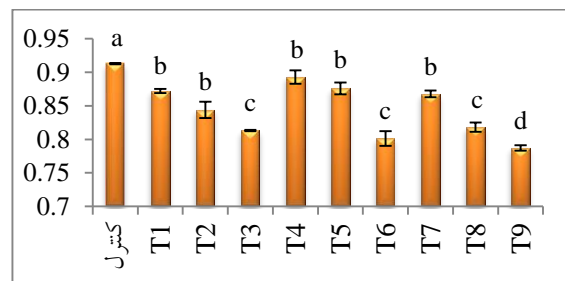
نمودارهای ۳ تا ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که افزودن این دو ترکیب به فرمولاسیون سوسیس تغییر معنی‌داری در تمام ویژگی‌های بافتی ارزیابی شده ایجاد کرد ($P < 0.05$).



نمودار ۳- میزان سفتی بافت نمونه‌های سوسیس حاوی

نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز

حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف در یک روز در سطح احتمال ۵ درصد است.



نمودار ۴- میزان خاصیت ارتجاعی نمونه‌های سوسیس

حاوی نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز

حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف در یک روز در سطح احتمال ۵ درصد است.

گروه آمینی نوع اول در اسید آمینه لایزین است منتهی به ایجاد پیوندهای مستحکم گلوتامیل-لایزین می شود که این ساختارهای جدید منتهی به ایجاد بافت مستحکم تر در محصول نهایی خواهند شد (۱۵). در سال ۲۰۱۱ مارتینزو همکاران، اثر آنزیم ترانس گلوتامیناز و سدیم کازئینات را بر برگرهای گوشتی سرشار از روغن و فیبر رژیمی مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که این دو ترکیب سبب بهبود پارامترهای بافت سنجی نظیر سفتی و پیوستگی می شود. اینولین به عنوان یک پلی ساکارید با تعداد زیادی از گروه های عاملی، قابلیت بالایی در ایجاد پیوند با سایر ترکیبات موجود در ماده غذایی دارد. به دنبال افزوده شدن اینولین به فرمولاسیون سوسیس ها بافت آن ها به طور معنی داری سفت تر شده و از میزان ارتجاعیت آن ها کاسته شد که دلیل این امر افزایش پیوندهای موجود بین اینولین و سایر بخش های ماده غذایی است (۲۲). در بررسی انجام شده توسط مندز و همکاران (۲۰۱۳)، نشان داده شد که افزایش مقدار اینولین به فرمولاسیون سوسیس های تخمیری حاصل از گوشت جوجه، به طور معنی داری سفتی بافت نمونه ها را افزایش می دهد و علت این امر را پیوندهای ایجاد شده بین اینولین و سایر اجزا ماده غذایی عنوان کردند (۲۳). هونگ و همکاران (۲۰۱۱) نیز عنوان کردند که افزایش سطح اینولین در نوع خاصی از سوسیس چینی سبب سفت تر شدن معنی دار بافت سوسیس های تولیدی می شود (۱۶). در بررسی ارتجاعیت نمونه ها مشخص شد که با افزایش اینولین و ترانس گلوتامیناز، نمونه هایی با ارتجاعیت کمتر تولید خواهند شد. که دلیل این امر فشردگی بیشتر بافت ناشی از تشکیل پیوندهای بین مولکولی زیاد توسط ترانس گلوتامیناز و اینولین است. در راستای این نتایج، نتایج مشابهی توسط مندز و همکاران (۲۰۱۳)، به دنبال افزودن اینولین به

سوسیس تخمیری حاصل از گوشت جوجه (۲۲) و هونگ و همکاران (۲۰۱۱)، به دنبال افزودن اینولین به نوعی سوسیس چینی گزارش شده است (۱۶). به طور کلی در صنعت تولید سوسیس ها و برگرهای مختلف، از چسبندگی به عنوان یک فاکتور نامطلوب یاد می شود. چرا که در هنگام برش دهی محصولات تولیدی و یا قالب زدن آن ها، این قطعات به ابزارهای برش چسبیده و در روند کار دستگاه ها اختلال ایجاد می کنند. به طور کلی تمایل بیشتر به تولید محصولاتی با چسبندگی کمتر و سطح صاف تر وجود دارد. نتایج این پژوهش نشان داد که در سطوح بالای مصرف اینولین و ترانس گلوتامیناز، میزان چسبندگی نمونه ها به طور معنی داری افزایش پیدا می کند. آنزیم ترانس گلوتامیناز، از طریق ایجاد اتصالات عرضی میزان زیادی از آب نمونه را در داخل شبکه ژل مانند به دام انداخته و سبب افزایش چسبندگی بافت نمونه ها می گردد. در اینولین نیز به علت حضور تعداد زیادی از گروه های آب دوست و همچنین قابلیت بالا در ایجاد شبکه ای مستحکم، مقدار زیادی آب را در داخل بافت محصول محبوس می کند. هر دو عامل فوق سبب افزایش چسبندگی محصول نهایی خواهند شد. مندز و همکاران (۲۰۱۳)، علی رغم تاکید بر نامطلوب بودن پارامتر چسبندگی عنوان کردند که به دنبال افزوده شدن اینولین به بافت سوسیس های تخمیری حاصل از گوشت جوجه، مقدار چسبندگی بافت سوسیس ها افزایش پیدا می کند (۲۳). مارسلا و همکاران (۲۰۱۲)، نشان دادند که افزایش سطح اینولین در فرمولاسیون اسپاگتی های فاقد گلوتن، سبب افزایش چسبندگی محصول نهایی می شود. هر چند بهبود یافتن ویژگی های بافتی به دنبال افزودن ترکیباتی نظیر اینولین و ترانس گلوتامیناز می تواند امری مطلوب به

¹Marcella

بالا تر اینولین دارد. از طرفی میزان پارامتر *a* کاهش نسبی را به دنبال داشته است. در بررسی انجام شده توسط مینگاسو همکاران در سال ۲۰۱۲، نشان داده شد که استفاده از اینولین در سوسیس‌های حاصل از گوشت جوجه تخمیری منتهی به روشن‌تر شدن رنگ محصول می‌شود. این محققین دلیل این پدیده را این گونه توضیح دادند که در حالت استفاده از اینولین در تولید سوسیس، شبکه‌های ژلی با رنگ روشن و با قابلیت بالا در انعکاس نور ایجاد می‌شود که منتهی به روشن‌تر شدن معنی‌دار رنگ محصول می‌شود. اما در طرف مقابل استفاده از ترانس گلوتامیناز به طور نسبی سبب تیره‌تر شدن بافت نمونه‌های تولیدی شد (۲۴). پیتراسیک و لی چان در سال ۲۰۰۲ در تولید گوشت گوساله فراوری شده از آنزیم ترانس گلوتامیناز استفاده کردند و نشان دادند که استفاده از این آنزیم با ایجاد تغییرات بافتی سبب تیرگی نسبی محصول نهایی می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که پارامتر *a* به دنبال افزایش اینولین کاهش نسبی داشت در حالی که بین مقادیر پارامتر *b* در بین نمونه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P > 0.05$). نتایج به دست آمده از یافته‌های محققین با نتایج حاضر در این پژوهش مطابقت دارد (۳۳).

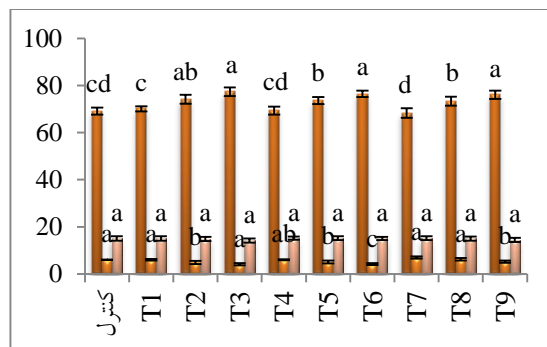
۳-۴- نتایج ارزیابی حسی نمونه‌ها

نتایج آزمون ارزیابی حسی نمونه‌های سوسیس حاوی نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز در نمودارهای ۷ تا ۱۲ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود بین تمام نمونه‌ها از نظر ویژگی‌های حسی مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$). نتایج نشان داد که افزودن اینولین و ترانس گلوتامیناز سبب بهبود پارامترهای حسی سوسیس‌های تولیدی شده است. هر چند همان طور که قبلاً نیز گفته شد افزودن

نظر بیاید اما بایستی ویژگی‌های نامطلوبی نظیر چسبنده شدن بافت محصول و یا سفت‌تر بودن زیاد از حد بافت به طوری که توسط مصرف‌کننده نامطلوب تلقی شود، را نیز مد نظر قرار داد (۲۱).

۳-۳- رنگ سنجی نمونه‌ها

در ارزیابی رنگ نمونه‌ها در سیستم هانتر لب، پارامترهای *a*، *b* و *L* به ترتیب نشان دهنده میزان روشنایی، سبزی-قرمزی و زردی-آبی بودن محصول هستند. نتایج مربوط به آزمون رنگ سنجی نمونه‌های سوسیس حاوی نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز در نمودار ۶ نشان داده شده‌اند.

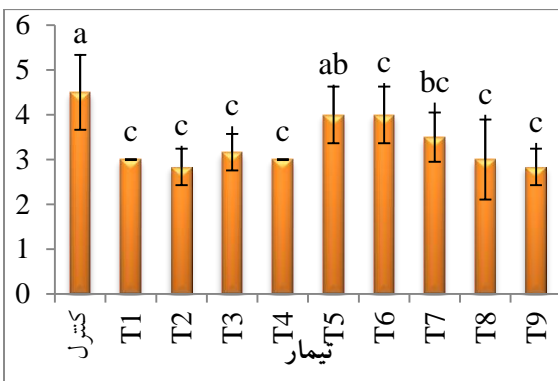


نمودار ۶- میزان رنگ سنجی نمونه‌های سوسیس حاوی

نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز

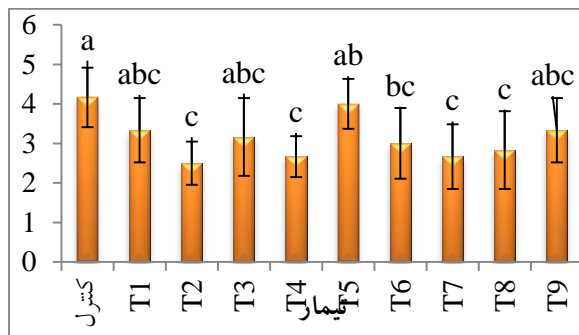
حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف در یک روز در سطح احتمال ۵ درصد است.

نتایج نشان داد که اعمال نسبت‌های مختلف ترانس گلوتامیناز و اینولین منتهی به ایجاد تغییرات معنی‌دار در پارامترهای رنگ سنجی نمونه‌های سوسیس تولیدی شده است ($P < 0.05$). همان طور که مشاهده می‌شود با افزایش نسبت اینولین در سوسیس‌ها، پارامتر *L* افزایش پیدا کرده است که حاکی از رنگ روشن‌تر محصولات با درصد

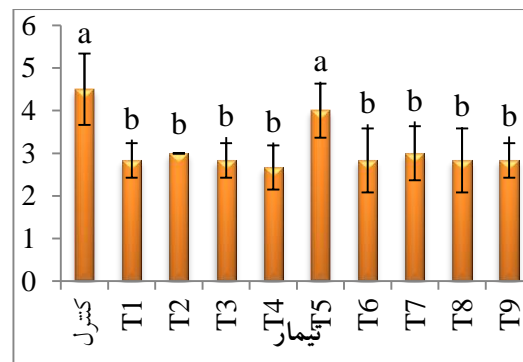


نمودار ۸- نتایج ارزیابی رنگ نمونه‌های سوسیس حاوی نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف در یک روز در سطح احتمال ۵ درصد است.

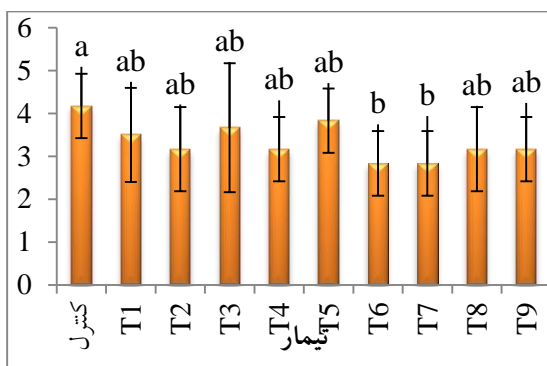
اینولین و ترانس گلوتامیناز در نسبت‌های بالاتر سبب سفت‌تر شدن نامطلوب بافت خواهد شد که اگر این سفتی توسط مصرف‌کننده حس شود می‌تواند مشکل‌ساز باشد. از طرفی چسبندگی بافت محصول در نسبت‌های بالای مصرف اینولین و ترانس گلوتامیناز شاید برای مصرف‌کننده امری حائز اهمیت نباشد و در ارزیابی حسی نامطلوب تلقی نشود اما سوسیس‌هایی با بافت چسبنده به سطح کاترهای مخصوص برش چسبیده، در کار آنها اختلال ایجاد می‌کنند. همان‌طور که مشاهده می‌شود ارزیابان حسی نظر مطلوب‌تری در مورد نمونه‌های حاوی میزان متوسط اینولین و ترانس گلوتامیناز داشته‌اند به گونه‌ای که این نمونه‌ها بالاترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند.



نمودار ۹- نتایج ارزیابی بافت نمونه‌های سوسیس حاوی نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف در یک روز در سطح احتمال ۵ درصد است.

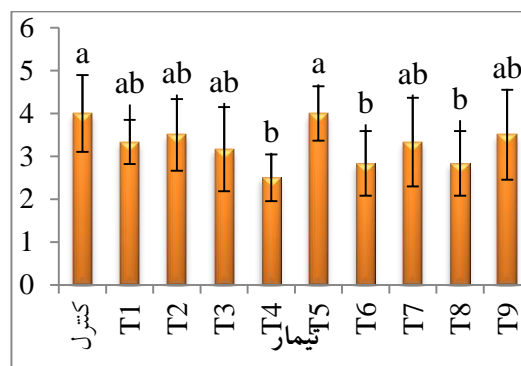


نمودار ۷- نتایج ارزیابی ظاهر نمونه‌های سوسیس حاوی نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف در یک روز در سطح احتمال ۵ درصد است.

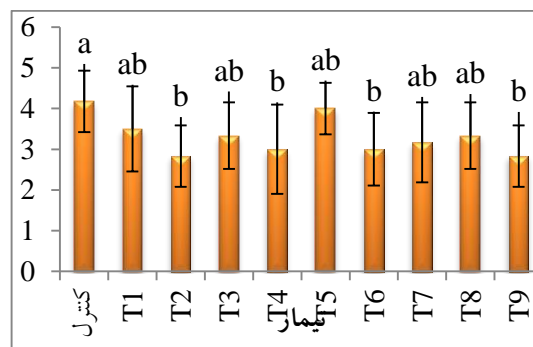


نمودار ۱۲- نتایج ارزیابی کام پذیری نمونه‌های سوسیس حاوی نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف در یک روز در سطح احتمال ۵ درصد است.

در سال ۲۰۰۵ دیمیترو کوپالو^۱ و همکاران، اثر نمک، آنزیم MTG و شرایط فرایند را بر روی کیفیت گوشت خوک بدون فسفات پخته شده مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که از میان پارامترهای ارزیابی حسی، با افزایش مقدار آنزیم، میزان قوام و پذیرش کلی محصول افزایش می‌یابد. اما رنگ، بو، مزه و سفتی محصول را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد (۱۴). در سال ۲۰۰۹ مرگنی و همکاران، پژوهشی در مورد اثر آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی بر ایجاد اتصالات عرضی در میان پروتئین‌های میوفیبریلار گوشت انجام دادند و گزارش نمودند که هیچ اختلاف چشمگیری میان ظاهر برگ‌های گیاهی و گوشتی وجود ندارد. اما طعم، چاشنی و مقبولیت کلی به نحو قابل توجهی در برگ‌های گوشتی بیشتر است (۱۵). در سال ۲۰۱۰ باسکویت و همکاران، دریافتند که ترکیب ۰/۳ درصد سدیم کازئینات همراه با ۰/۵ درصد آنزیم MTG باعث افزایش ویژگی‌های بازارپسندی و پارامترهای حسی می‌گردد (۱۲)



نمودار ۱۰- نتایج ارزیابی طعم نمونه‌های سوسیس حاوی نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف در یک روز در سطح احتمال ۵ درصد است.



نمودار ۱۱- نتایج ارزیابی بو نمونه‌های سوسیس حاوی نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف در یک روز در سطح احتمال ۵ درصد است.

¹Dimitrakopoulou

۴- نتیجه گیری

در سال‌های اخیر تقاضا برای مصرف غذاهای آماده افزایش یافته است. یکی از مهم‌ترین غذاها در این گروه غذاهای تهیه شده از فرآورده‌های گوشتی مانند سوسیس است که تحت فرآیندهای حرارتی ملایم، سرخ کردن، میکروویو و یا آون سنتی آماده می‌شوند. امروزه از طرفی مشتریان متقاضی غذاهای سالم‌تر هستند. به خصوص افراد مبتلا به فشارخون بالا تمایل زیادی برای مصرف محصولات کم نمک دارند. نمک در مقادیر به کار رفته در غذاهای آماده برای سلامت مشتریان مناسب نیست. برای برآورده کردن چنین نیازی صنعت غذا باید تهیه غذاهای کم نمک با کیفیت مطلوب را افزایش دهد. کاهش مقدار نمک بدون کاهش کیفیت از طریق افزودن پروتئین‌های لبنی و آنزیم ترانس گلوتامیناز و ترکیبات بافت دهنده پلی ساکارییدی نظیر اینولین امکان پذیر است. با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش می‌توان بیان نمود که با استفاده از سطوح مناسب اینولین و ترانس گلوتامیناز به عنوان ترکیبات بهبود دهنده بافت که دارای خواص سلامتی بخشی دیگری نیز هستند، می‌توان سوسیس‌هایی تولید کرد که حاوی مقدار کمتری نمک بوده ولی در عین حال بافت مناسبی دارند.

۵- منابع

۱. رحمن، ع. ر.، حسینی، س. الف و اوتادی، م. ۱۳۹۱.
۲. عابدی قهی، ع.، حسینی، س. ه.، خاکسار، ر و اصحابی، ع. ۱۳۹۱. نقش نمک طعام در فناوری تولید فرآورده‌های گوشتیو راهکارهای کاهش آن. مجله علوم
۳. فاطمی. ح، ۱۳۹۰. شیمی مواد غذایی. انتشارات شرکت سهامی انتشار، تهران. صفحات ۲۶۳-۲۶۴.
۴. AAhmed, A. M., Nasu, T., Huy, D. Q., Tomisaka, Y., Kawahara S., Muguruma M. 2009. Effect of microbial transglutaminase on the natural actomyosin cross-linking in chicken and beef. *Journal of Meat Science*, 82: 170- 178.
۵. یارمند، م. س. ۱۳۸۴. علوم و فناوری گوشت - و فرآورده‌های گوشتی. موسسه آموزش عالی علمی - کاربردی جهادکشاورزی. 313 صفحه .
۶. Akalin, A.S and Erisir, D. 2008. Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low fat probiotic ice cream. *Journal of Food Science*, 73(4): 184-188.
۷. Akesowan, A. 2010. Quality Characteristics of Light Pork Burgers Fortified with Soy Protein Isolate. *Food Sci. Biotechnol.* 19(5): 1143-1149.
۸. Ali, M.S., Kim, G.D., Seo, H.W., Jung, E.Y., Kim, B.W and Yang, H.S. 2011. Possibility of making low-fat sausage from duck meat with addition of rice flour. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24: 421-428.
۹. Amatayakul, T., Sherkat, F and Shah, N. P. 2006. Physical characteristics of set yoghurt made with altered casein to whey protein ratios and EPS-producing starter cultures at 9 and 14% total solids. *Journal of Food Hydrocolloids*. 20: 314-324.
۱۰. Antonios, T. F. T and MacGregor, G. A. 1997. Scientific basis for reducing salt (sodium) content in food products. In A. M. Pearson and T. R. Dutson (Eds.), *Production and processing of healthy meat, poultry and fish products. Advances in meat research series*, 11: 84-100. London: Chapman and Hall.
۱۱. Aravind, N., Sissons, M. J., Fellows, C. M., Blazek, J., and Gilbert, E. P. 2012. Effect

- Optimization of transglutaminase as a cold set binder in low-salt beef and poultry comminuted meat products using response surface methodology. In Proceedings 45th international congress of meat science and technology, Yokohama, Japan, 1–6 August, 140–141.
18. Kuraishi, C. C., Sakamoto, J., Yamazaki, K., Susa, Y., Kuhara, C., and Soeda, T. 1997. "Production of restructured meat using microbial transglutaminase without salt or cooking". *Journal of Food Science*, 62: 488-515.
19. Marcella, M., Mariapia, I., Valentina, C., Grazia, S., and Matteo Alessandro Del, N. 2012. Effect of the inulin addition on the properties of gluten free pasta. *Food and Nutrition Sciences*.
20. Martinez, B., Miranda, J., Franco, C., Cepeda, A., and Vazques, M. 2011. Evaluation of transglutaminase and caseinate for a novel formulation of beef patties enriched in healthier lipid and dietary fiber. *Journal of Food Science and Technology*, 44: 949-956.
21. Méndez-Zamora, G., García-Macías, J. A., Santellano-Estrada, E., Chávez-Martínez, A., Durán-Meléndez, L. A., Silva-Vázquez, R., and Quintero-Ramos, A. 2015. Fat reduction in the formulation of frankfurter sausages using inulin and pectin. *Food Science and Technology (Campinas)*, 35(1): 25-31.
22. Menegas, L. Z., Pimentel, T. C., Garcia, S., and Prudencio, S. H. 2013. Dry-fermented chicken sausage produced with inulin and corn oil: Physicochemical, microbiological, and textural characteristics and acceptability during storage. *Journal of Meat science*, 93(3): 501-506.
23. Monahan, F. J and Troy, D. J. 1997. Overcoming sensory problems in low fat and low salts products. In A. M. Pearson and T. R. Dutson (Eds.), *Production and processing of healthy meat, poultry and fish products*. Advances in meat research series, 11: 257–281. London: Chapman and Hall.
- of inulin soluble dietary fibre addition on technological, sensory, and structural properties of durum wheat spaghetti. *Journal of Food Chemistry*, 132(2): 993-1002.
10. Bousquets, A., Romero, J., Perez, R., Alvarez, Z., and Rico, J. 2010. Restructured beef by application of microbial transglutaminase and sodium caseinate. *Journal of Food Science Direct*, 46: 145-152.
11. Collins, J. E. 1997. Reducing salt (sodium) in processed meat, poultry and fish products. In A. M. Pearson and T. R. Dutson (Eds.), *Production and processing of healthy meat, poultry and fish products*. Advances in meat research series, 11: 282–297. London: Chapman and Hall.
12. Dimitrakopoulou, M. A., Ambrosiadis, J. A., Zetou, F. K., and Bloukas, J. G. 2005. Effect of salt and transglutaminase (TG) level and processing conditions on quality characteristics of phosphate-free, cooked, restructured pork shoulder. *Journal of Meat Science*, 70: 743- 749.
13. Herrero, A. M., Cambero, M. I., Ordonez, J. A., delaHoza, L., and Carmona, P. 2007. Raman spectroscopy study of the structural effect of microbial transglutaminase on meat systems and its relationship with textural characteristics. *Journal of Food Chemistry*, 109: 25-32.
14. Huang, S. C., Tsai, Y. F and Chen, C. M. 2011. Effects of Wheat Fiber, Oat Fiber, and Inulin on Sensory and Physico-chemical Properties of Chinese-style Sausages. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 24(6): 875- 880.
15. Jarmoluk, A and Pietrasik, Z. 2003. Response surface methodology study on the effects of blood plasma, microbial transglutaminase and j-carrageenan on pork batter gel properties. *Journal of Food Engineering*, 60(3): 327–334.
16. Jaros, D., Partschfeld, C., Henle, T and Rohm, H. 2006. Transglutaminase in dairy products: chemistry, physics, applications. *Journal of Texture Studies*, 37: 113–155.
17. Kerry, J. K., O'Donnell, A., Brown, H., Kerry, J. P and Buckley, D. J. 1999.

32. Varela, P., Salvador, A and Susana, M. 2008. Fiszman Methodological developments in crispness assessment: Effects of cooking method on the crispness of crusted foods. *LWT- Food Science and Technology*, 41: 1252–1259.
33. Wirth, F. 1991. Reducing the fat and sodium content of meat products. What possibilities are there?. *Fleischwirtsch*, 71(3): 294–297.
24. Muguruma, M., Tsuruoka, K., Katayama, K., Erwanto, Y., Kawahara, S., Yamauchi, K., Sathe, S. K and Soeda, T. 2003. Soybean and milk proteins modified by transglutaminase improves chicken sausage texture even at reduced levels of phosphate. *Meat Science*, 63(2): 191–197.
25. Muthia, D., Nurul, H and Noryati, I. 2010. The effects of tapioca, wheat, sago and potato flours on the physicochemical and sensory properties of duck sausage. *International Food Research Journal*, 17: 877-884.
26. Ngadi, M.O., Kassama, L.S. and Raghavan, G.S.V. 2001. Porosity and pore size distribution in cooked meat patties containing soy protein. Department of Agricultural and Biosystems Engineering, McGill University, Macdonald Campus, Ste-Anne-de-Bellevue, Quebec, Canada, 43 (3): 17-24.
27. Nielsen, G. S., Petersen, B. R and Moller, A. J. 1995. Impact of salt, phosphate and temperature on the effect of a transglutaminase (FXIIIa) on the texture of restructured meat. *Meat Science*, 41(3): 293–299.
28. Noanka, M., Matsuura, Y., Nakano, K., and Motoki, M. 1997. Improvement of the pH – solubility profile of sodium caseinate by using Ca^{+2} - independent microbial transglutaminase with gelation. *Journal of Food Hydrocolloids.*, 11: 347-349.
29. Ozer, B., Kirmaci, H. A and Oztekin, S. 2007. Incorporation of microbial transglutaminase into non-fat. *International Dairy Journal*, 17: 199–207.
30. Payane, C. A. 2001. Meat restructuring using cold binding system. *Food Technology*, 67: 547-566.
31. Pietrasik, Z., and Li-Chan, E. C. Y. 2002. Response surface methodology study of the effect of salt, microbial transglutaminase and heating temperature on pork batter gel properties. *Food Research International*, 35(4): 387–396.