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

الهام رضایی رودبرده [1] ، علیرضا رحمن [2*] ، تکتم مستقیم [2]

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

2- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران ، ایران

تاریخ دریافت: 1395/06/11 تاریخ پذیرش: 1396/03/23

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، 0/25، 0/5 و 0/75 درصد) و اینولین نیز در سطح (صفر، 0/25، 0/5 و 0/75 درصد) مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که سوسیس‌های نمونه کنترل با 0/469 درصد و سوسیس‌های حاوی 0/75 گرم ترانس گلوتامیناز و 0/75 گرم اینولین با 0/096 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 187/322 کمترین میزان سفتی را دارا بود در حالی که نمونه حاوی 0/75درصد ترانس گلوتامیناز و 0/75 درصد اینولین با سفتی 241/121 نیوتن بالاترین میزان سفتی را در بین تمام نمونه‌ها داشت. با افزایش میزان اینولین از ارتجاعیت نمونه‌ها کاسته شد (نمونه شاهد با میزان 0/913، بیشترین و نمونه حاوی 0/75 درصد اینولین و 0/75 درصد آنزیم ترانس گلوتامینازبا میزان 0/787، کمترین ارتجاعیت را داشتند) اما بر میزان چسبندگی نمونه‌ها اضافه گردید (نمونه شاهد با میزان 4/05، کمترین و نمونه حاوی 0/75 درصد اینولین و 0/75 درصد آنزیم ترانس گلوتامینازبا میزان 6/853، 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 0/5 درصد اینولین و 0/5 درصد آنزیم مطلوبیت بیشتری را نشان دادند.

واژه های کلیدی: سوسیس، نمک، اینولین، آنزیم ترانس گلوتامیناز.

[*] مسوول مکاتبات: alireza_rahman@yahoo.com

1- 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 (10). از آن جا که منبع بیش از 30 - 20 درصد از نمک در رژیم غذایی از گوشت و محصولات گوشتی می‌باشد (35)، این مسئله سبب افزایش توجه در میان مصرف کنندگان در کاهش استفاده از نمک (به حداقل رساندن سدیم) در فرآورده‌های گوشتی شده است (13 و 25). در سال های 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 (4). برای تولید یک محصول با خواص مکانیکی و کاربردی مطلوب افزودن نمک در مقادیر 1 تا 2 درصد ضروری می‌باشد. نمک بر روی مقدار پروتئین میوفیبریلی استخراج شده از گوشت مؤثراست. 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(34). 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 5 تا 8 بوده و بهترین دما برای عملکرد آن 50 درجه سانتی‌گراد است (9 و 18). چنین پیوندهایی می‌تواند ساختار و عملکرد پروتئین‌ها را اصلاح کند (31). آنزیم ترانس گلوتامیناز می‌تواند به عنوان عامل ژل کننده پروتئین ماهیچه که موجب کاهش یا حذف نمک مورد نیاز می‌گردد، پیشنهاد شود (20 و 29). این آنزیم در آماده‌سازی انواع محصولات گوشتی ازجمله 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 پلی ساکاریدها به کار می‌رود (17، 19، 20، 26 و 33) .به طورکلی مکانیسم اثر آنزیم‌ها از طریق کاهش انرژی لازم که برای انجام بسیاری از واکنش های شیمیایی ضروری است و به انرژی فعال کننده موسوم می باشد 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 (3). 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 تولیدمحصولات جانبی می باشد. 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 سازیآنزیم (دناتوره شدن پروتئین آنزیم)، آنزیممی‌تواند همچنان فعال باشد ولی با رسیدن به دمای موردنظرآنزیمغیرفعال خواهد شد(32). اینولین یک کربوهیدرات غیر قابل هضم حاوی فروکتوالیگوساکاریدهای طبیعی و دارای خصوصیات

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 بامولکول های آب و ایجاد یک شبکه ژل مانند مربوط می‌شود(6). نسبت بالاتر کلسترول HDL[1] در مقایسه با کلسترول LDL[2] 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 8 تا 20 درصدی LDL[3] را در نتیجه مصرف 3 تا 6 گرم فیبر رژیمی محلول نشان داده‌اند (2). هونگ[4] و همکاران (2011) به مطالعه خصوصیات حسی و فیزیکوشیمیایی سوسیس چینی غنی شده با فیبر گندم، فیبر جو دوسر و اینولین در سطوح 7- 3/5 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 5 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 7 درصد فیبر گندم امتیاز کمتر از 6 (از 9 امتیاز) را کسب کرد در حالی که سایر نمونه‌ها امتیاز بالای 6 را کسب کردند. این مطالعه نشان داد که اضافه کردن فیبر به سوسیس چینی برای افزایش مقدار فیبر رژیم غذایی، امکان‌پذیر است (16). رحمن و همکاران (1391) 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 (1).

2- مواد و روش‌ها

2-1- مواد اولیه

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

2-2- تهیه سوسیس‌ها

سوسیس معمولی در این پروژه بر اساس فرمولاسیون کلی تعیین شده در استاندارد ملی ایران به شماره 2303 تولید گردید. فرمولاسیون به طور کلی شامل 40 درصد گوشت قرمز، 22 درصد آب (یخ)، 5 درصد روغن، 15 درصد آرد و افزودنی‌های دیگر شامل پلی‌فسفات، نمک، ادویه‌جات، سیر، نشاسته گندم، ایزوله سویا، اسید آسکوربیک، نیتریت سدیم، شیر خشک و کازئینات بود. میزان مواد متغیر مورد استفاده در جدول 1 نشان داده شده است.

1- High-density lipoprotein
2- Low –density lipoprotein
3-Low density cholesterol
4- Hung

جدول 1- میزان مواد متغیر مورد استفاده در تیمارهای مختلف سوسیس (درصد)

تیمار مواد اولیه	شاهد	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9
اینولین	صفر	0/25	0/5	0/75	0/25	0/5	0/75	0/25	0/5	0/75
آنزیم	صفر	0/25	0/25	0/25	0/5	0/5	0/5	0/75	0/75	0/75
نمک	2	1/5	1/25	1	1/25	1	0/75	1	0/75	0/5

2-3- آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی

2-3-1- آزمون افت ناشی از پخت

مقدار وزن از دست رفته در هنگام پخت[1]طبق روش آکسوانو همکاران در سال 2010 انجام شد. سوسیس‌های تولید شده ابتدا وزن شدند و سپس طبق روش پخت ذکر شده سرخ گردیدند و تا رسیدن دمای مرکز آن ها به حدود 25 درجه سانتی‌گراد در دمای محیط قرار داده شدند (اندازه‌گیری دمای مرکز نمونه‌ها با استفاده از ترمومتر صورت گرفت). نمونه‌ها دوباره توزین گردیدند و مقدار وزن از دست رفته در هنگام پخت از طریق تفاوت در وزن خام و پخته شده نمونه‌ها تعین شد. درصد مقدار وزن از دست رفته در هنگام پخت از فرمول زیر محاسبه شد (7):

100 × (وزن نمونه پخته شده - وزن نمونه خام) = درصد افت پخت

2-3-2- آزمون ظرفیت نگهداری آب

میزان ظرفیت نگهداری آب با روش سانتریفیوژ، با استفاده از سانتریفیوژ محاسبه گردید، بدین ترتیب که ابتدا 10 گرم از نمونه با 40 میلی لیتر آب مقطر در داخل لوله سانتریفیوژ مخلوط گردید و به مدت 45 دقیقه در دمای اتاق قرار داده شد و سپس لوله‌ها درون سانتریفیوژ با سرعت 3000 دور در دقیقه و به مدت 30 دقیقه قرار داده شدند. پس از خارج کردن لوله‌ها از سانتریفیوژ، آب اضافی نمونه‌ها با میکروپیپت خارج گردید و جرم نمونه اندازه‌گیری شد. میزان ظرفیت نگهدارندگی آب نمونه‌ها با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (28):

$$\text{درصد ظرفیت نگهداری آب} = \frac{\text{جرم نمونه هیدراته شده} - \text{جرم هیدراتاسیون از قبل نمونه}}{\text{جرم هیدراتاسیون از قبل نمونه}} \times 100$$

2-3-3- آزمون سنجش بافت

آزمون بافت‌سنجی نمونه‌های سوسیس با استفاده از دستگاه آنالیز بافت، با سلول بارگذاری 1000 گرم و با استفاده از آزمون تجزیه و تحلیل الگوی بافت (TPA[2]) انجام شد. ویژگی‌های بافتی حاصل از دستگاه به صورت زیر تعریف شدند:

سختی: عبارت است از نیروی بیشینه طی اولین چرخه فشردن.

چسبندگی: عبارت است از ناحیه نیروی منفی حاصل از فشردن اول که بیانگر کار لازم جهت کشیدن پروب دستگاه به عقب از داخل نمونه می‌باشد.

ارتجاعیت: عبارت است از ارتفاعی که نمونه در بازه میانی بین انتهای فشردن اول و شروع فشردن دوم به آن باز می‌گردد (27).

1- Cook loss

2- Texture Profile Analysis

2-3-4- آزمون رنگ‌سنجی

ویژگی‌های رنگی سوسیس با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج لاویباند اندازه‌گیری شد. به طوری که *L بیانگر روشنی نمونه، که محدوده آن از صفر تا 100 می‌باشد، *a± گرایش به قرمزی (+) و سبزی (–) و *b± گرایش به زردی (+) و آبی (-) بود (5).

2-4- ارزیابی حسی

پس از آموزش‌های مقدماتی در مورد نحوه ارزیابی حسی، تعداد 6 نفر (مرد و زن، سنین 28 – 21 ساله) به عنوان ارزیاب کارآزموده انتخاب شدند. جهت ارزیابی حسی نمونه‌های سوسیس، از مقیاس هدونیک 9 نقطه‌ای استفاده گردید. به این ترتیب 7 فاکتور تأثیرگذار سوسیس شامل طعم، مزه، عطر و بو، رنگ، بافت، ظاهر و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند (8).

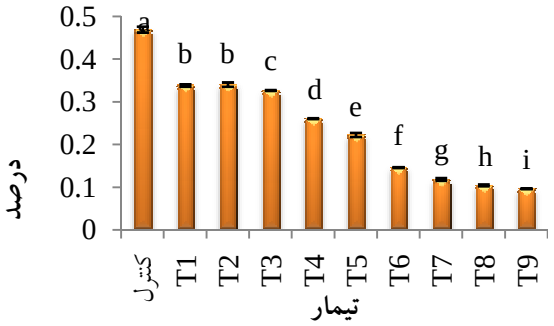
2-5- تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها برای خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی تیمارها توسط روش آنالیز واریانس دو طرفه (ANOVA) در قالب طرح کاملاً تصادفی انجامشد. برای مقایسه خصوصیات حسی سوسیس‌های تولید شده با ترکیب آردهای مختلف از طرح بلوک کاملاً تصادفی استفادهگردید. پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها، مقایسه بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS9.1 ورسم منحنی با استفاده از نرم افزار EXCEL انجام گردید. در این تحقیق کلیه تیمارها در سه تکرار اعمال گردیدند.

3- نتایج و بحث

3-1- 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 4-6 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 0/469 درصد و سوسیس‌های حاوی 0/75 گرم ترانس گلوتامیناز و 0/75 گرم اینولین با 0/096 درصد به ترتیب بیشترین و کمترین میزان افت پخت را دارا بودند.



نمودار1- میزان افت ناشی از پخت نمونه‌های سوسیس حاوی نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز (درصد)

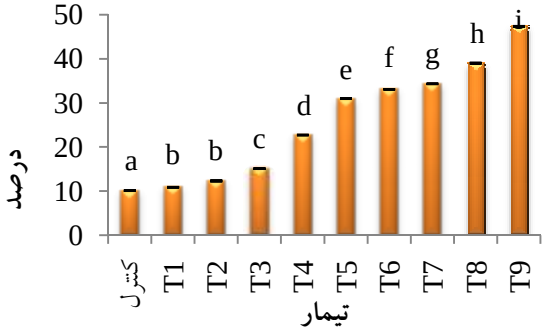
حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف در یک روز در سطح احتمال 5 درصد است.

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

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 (2012) طی افزودن اینولین به فرمولاسیون اسپاگتی، به نتایج مشابهی با نتایج به دست آمده، رسیدند (11). پیتراسیک و همکاران (2002)، طی پژوهشی اثر کاپا کاراگینان و ترانس گلوتامیناز را بر روی خصوصیات بافتی برگرهای 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 (33). همچنین در سال 2010 باسکویت[1] 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 نمونه ها 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 (12).

3-2- ظرفیت نگهداری آب

درنمودار2، ظرفیت نگهداری آب درتیمارهای مختلف نشانداده شده است. باتوجه به نتایج،تیمارهای حاوی اینولین و آنزیم نسبت به نمونه شاهد در طی آزمون ودرشرایط سانتریفیوژتوانایی نگهداری آب بالاتری داشتند. نمونه شاهدبا 10/1 درصد کمترین میزان ظرفیت نگهداری آب راداشت و همه تیمارهای حاوی اینولین و آنزیم نسبت به شاهد دارای اختلاف معنی دار بودند. همانطورکه انتظارمی‌رفت با افزایش میزان اینولین و آنزیم، ظرفیت نگهداری آب نیز بالاتررفت.



نمودار2- 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 5 درصد است.

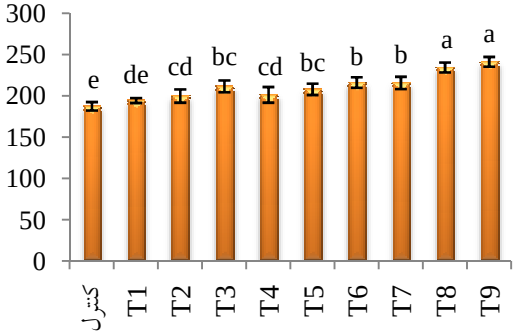
در نمونه‌های تولیدی، اینولین به عنوان یک ماده جاذب رطوبت ایفای نقش می‌کند و نیز آنزیم ترانس گلوتامیناز با بهبود ساختار بافتی گوشت سبب افزایش توانایی گوشت در حفظ رطوبت و روغن در ساختار خود می‌شود بنابراین افزایش این دو ترکیب به صورت فزاینده‌ای سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب خواهد شد.باسکویت و همکاران (2010)، اثر آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی و سدیم کازئینات را بر روی ساختار گوشت گاو مورد بررسی قرار دادند و به نتایج مشابهی دست یافتند (12).

3-3- بافت سنجی نمونه‌ها

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

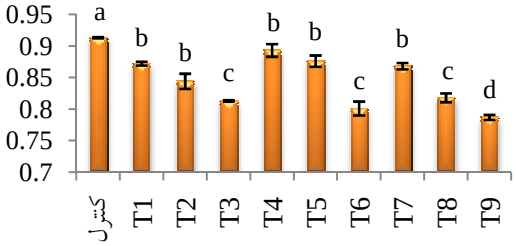
1-Bousquets

نمودارهای3 تا 5 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).



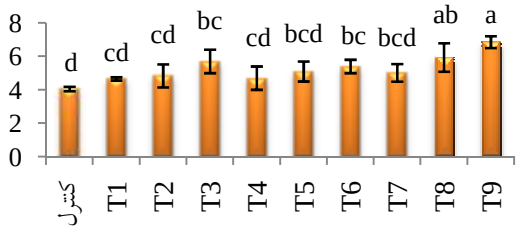
نمودار3- میزان سفتی بافت نمونه‌های سوسیس حاوی نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز

حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف در یک روز در سطح احتمال 5 درصد است.



نمودار4- 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 5 درصد است.



نمودار5- 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 5 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 187/322 کمترین میزان سفتی را دارا بود در حالی که نمونه ی حاوی 0/75درصد ترانس گلوتامیناز و 0/75درصد اینولین با سفتی 241/121 بالاترین میزان سفتی را در بین تمام نمونه‌ها داشت. در سال 1997 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 (30). هرو و همکاران (2007) 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 آسیل از کربوکسی متیل آمید در آمینو اسید گلوتامین به گیرنده گروه آسیل که

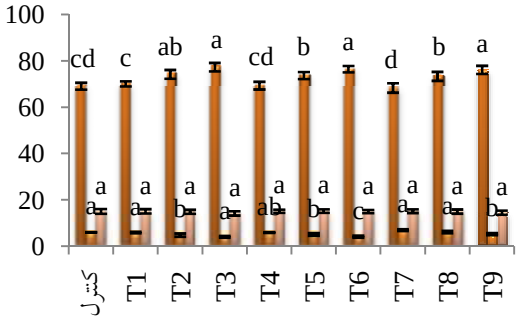
گروه آمینی نوع اول در اسید آمینه لایزین است منتهی به ایجاد پیوندهای مستحکم گلوتامیل- لایزین می‌شود که این ساختارهای جدید منتهی به ایجاد بافت مستحکم‌تر در محصول نهایی خواهند شد (15). در سال 2011 مارتینزو همکاران، اثر آنزیم ترانس گلوتامیناز و سدیم کازئینات را بر برگرهای گوشتی سرشار از روغن و فیبر رژیمی 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 گروه‌های عاملی، قابلیت بالایی در ایجاد پیوند با سایر ترکیبات موجود در ماده غذایی دارد. به دنبال افزوده شدن اینولین به فرمولاسیون سوسیس‌ها بافت آن‌ها به طور معنی‌داری سفت‌تر شده و از میزان ارتجاعیت آن‌ها کاسته شد که دلیل این امر افزایش پیوندهای موجود بین اینولین و سایر بخش‌های ماده غذایی است (22). در بررسی انجام شده توسط مندز و همکاران (2013)، نشان داده شد که افزایش مقدار اینولین به فرمولاسیون سوسیس‌های تخمیری حاصل از گوشت جوجه، به طور معنی‌داری سفتی بافت نمونه‌ها را افزایش می‌دهد و علت این امر را پیوندهای ایجاد شده بین اینولین و سایر اجزا ماده غذایی عنوان کردند (23). هونگ و همکاران (2011) نیز عنوان کردند که افزایش سطح اینولین در نوع خاصی از سوسیس چینی سبب سفت‌تر شدن معنی‌دار بافت سوسیس‌های تولیدی می‌شود (16). در بررسی ارتجاعیت نمونه‌ها مشخص شد که با افزایش اینولین و ترانس گلوتامیناز، نمونه‌هایی 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 (2013)، به دنبال افزودن اینولین به سوسیس تخمیری حاصل از گوشت جوجه (22) و هونگ و همکاران (2011)، به دنبال افزودن اینولین به نوعی سوسیس چینی گزارش شده است (16). به طور کلی در صنعت تولید سوسیس‌ها و برگرهای مختلف، از چسبندگی به عنوان یک فاکتور نامطلوب یاد می‌شود. چرا که در هنگام برش‌دهی محصولات تولیدی و یا قالب زدن آن‌ها، این قطعات به ابزارهای برش چسبیده و در روند کار دستگاه‌ها اختلال ایجاد می‌کنند. به طور کلی تمایل بیشتر به تولید محصولاتی با چسبندگی کمتر و سطح صاف‌تر وجود دارد. نتایج این پژوهش نشان داد که در سطوح بالای مصرف اینولین و ترانس گلوتامیناز، میزان چسبندگی نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند. 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 می‌گردد. در اینولین نیز به علت حضور تعداد زیادی از گروه‌های آب دوست و همچنین قابلیت بالا در ایجاد شبکه‌ای مستحکم، مقدار زیادی آب را در داخل بافت محصول محبوس می‌کند. هر دو عامل فوق سبب افزایش چسبندگی محصول نهایی خواهند شد. مندز و همکاران (2013)، علی رغم تاکید بر نامطلوب بودن پارامتر چسبندگی عنوان کردند که به دنبال افزوده شدن اینولین به بافت سوسیس‌های تخمیری حاصل از گوشت جوجه، مقدار چسبندگی بافت سویس‌ها افزایش پیدا می‌کند (23). مارسلا[1] و همکاران (2012)، نشان دادند که افزایش سطح اینولین در فرمولاسیون اسپاگتی‌های فاقد گلوتن، سبب افزایش چسبندگی محصول نهایی می‌شود. هر چند بهبود یافتن ویژگی‌های بافتی به دنبال افزودن ترکیباتی نظیر اینولین و ترانس گلوتامیناز می‌تواند امری مطلوب به

1-Marcella

نظر بیاید اما بایستی ویژگی‌های نامطلوبی نظیر چسبنده شدن بافت محصول و یا سفت‌تر بودن زیاد از حد بافت به طوری که توسط مصرف کننده نامطلوب تلقی شود، را نیز مد نظر قرار داد (21).

3-3- رنگ سنجی نمونه‌ها

در ارزیابی رنگ نمونه‌ها در سیستم هانتر لب، پارامترهای L، a و b به ترتیب نشان دهنده میزان روشنایی، سبزی- قرمزی و زردی- آبی بودن محصول هستند. نتایج مربوط به آزمون رنگ سنجی نمونه‌های سوسیس حاوی نسبت-های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز در نمودار 6 نشان داده شده‌اند.



نمودار6- میزان رنگ سنجی نمونه‌های سوسیس حاوی نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز

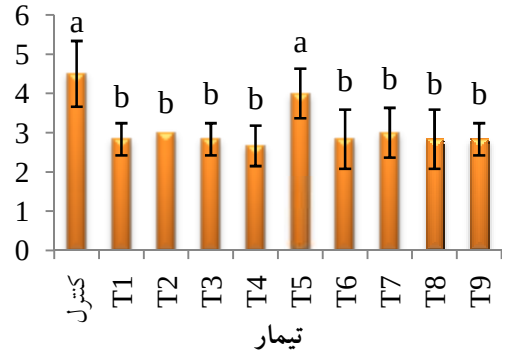
حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف در یک روز در سطح احتمال 5 درصد است.

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 بالاتر اینولین دارد. از طرفی میزان پارامتر a کاهش نسبی را به دنبال داشته است. در بررسی انجام شده توسط مینگاسو همکاران در سال 2012، 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 (24). پیتراسیک و لی چان در سال 2002 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 (33).

3-4- نتایج ارزیابی حسی نمونه‌ها

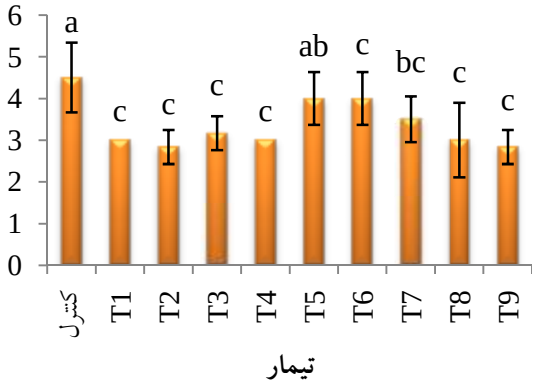
نتایج آزمون ارزیابی حسی نمونه‌های سوسیس حاوی نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز در نمودارهای 7 تا 12 نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود بین تمام نمونه‌ها از نظر ویژگی‌های حسی مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<0/05). نتایج نشان داد که افزودن اینولین و ترانس گلوتامیناز سبب بهبود پارامترهای حسی سوسیس‌های تولیدی شده است. هر چند همان طور که قبلا نیز گفته شد افزودن

اینولین و ترانس گلوتامیناز در نسبت‌های بالاتر سبب سفت‌تر شدن نامطلوب بافت خواهد شد که اگر این سفتی توسط مصرف کننده حس شود می‌تواند مشکل‌ساز باشد. از طرفی چسبندگی بافت محصول در نسبت‌های بالای مصرف اینولین و ترانس گلوتامیناز شاید برای مصرف کننده 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 می کنند. همان طور 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.



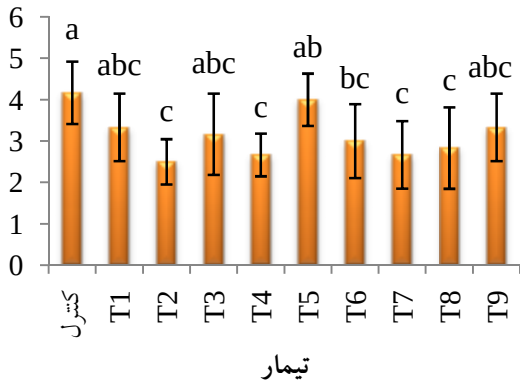
نمودار7-نتایج ارزیابی ظاهر نمونه‌های سوسیس حاوی نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز

حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف در یک روز در سطح احتمال 5 درصد است.



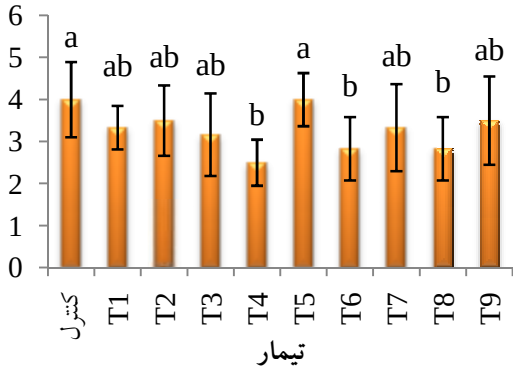
نمودار8-نتایج ارزیابی رنگ نمونه‌های سوسیس حاوی نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز

حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف در یک روز در سطح احتمال 5 درصد است.



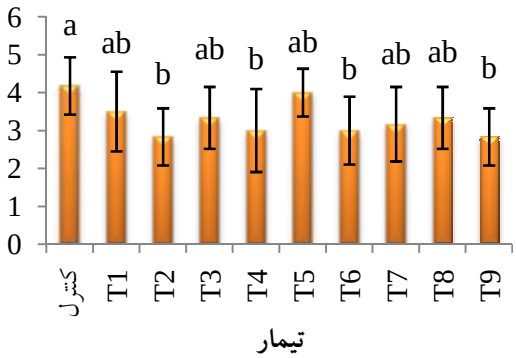
نمودار9-نتایج ارزیابی بافت نمونه‌های سوسیس حاوی نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز

حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف در یک روز در سطح احتمال 5 درصد است.



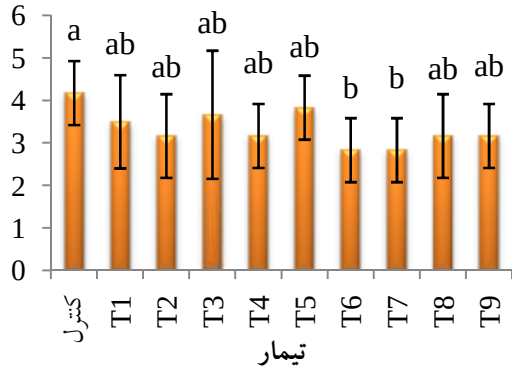
نمودار10- نتایج ارزیابی طعم نمونه‌های سوسیس حاوی نسبت‌های مختلف اینولین و ترانس گلوتامیناز

حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای مختلف در یک روز در سطح احتمال 5 درصد است.



نمودار11- 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 5 درصد است.



نمودار12- 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 5 درصد است.

در سال 2005 دیمیترو کوپالو[1] 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 (14). در سال 2009 مرگنی و همکاران، پژوهشی در مورد اثر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی بر ایجاد اتصالات عرضی در میان پروتئین‌های میوفیبریلار گوشت انجام دادند و گزارش نمودند که هیچ اختلاف چشمگیری میان ظاهر برگرهای گیاهی و گوشتی وجود ندارد. اما طعم، چاشنی و مقبولیت کلی به نحو قابل توجهی در برگرهای گوشتی بیشتر است (). در سال 2010 باسکویت و همکاران، دریافتند که ترکیب 0/3 درصد سدیم کازئینات همراه با 0/5 درصد آنزیم MTG باعث افزایش ویژگی‌های بازارپسندی و پارامترهای حسی می-گردد(12)

[1]Dimitrakopoulou

4- نتیجه‌گیری

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، مایکروویو 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 ساکاریدی 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.

5-منابع

1.رحمن، ع. ر.، حسینی، س.، الف و اوتادی، م.1391. بررسی اثر نمک(کلرید کلسیم، منیزیوم و پتاسیم)، چربی و صمغ ژلان بر بافت سوسیس. مجله نوآوری در علوم و فناوری غذایی، سال پنجم، شماره اول، ص 11-1

2. عابدی قهی، ع.، حسینی، س. ه.، خاکسار، ر و اصحابی، ع. 1391. نقش نمک طعام در فناوری تولید فرآورده‌های گوشتیو راهکارهای کاهش آن. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، سال هفتم ، شماره پنجم ، ص 711 -703.

3. فاطمی، ح. 1390. شیمی موادغذایی. انتشارات شرکت سهامی انتشار، تهران. صفحات 263-264.

5. یارمند، م، س. 1384. علوم وفناوری گوشت و فرآورده‌های گوشتی. موسسه آموزش عالی علمی-کاربردی جهاد کشاورزی. 313 صفحه.

4. Ahhmed, A. M., Nasu, T., Huy, D. Q., Tomisaka, Y., Kawahara S., Muguruma M. .2009. Effect ofmicrobial transglutaminase on the natural actomyosin cross-linking in chicken and beef. Journal of Meat Science, 82: 170- 178.

Akalin, A.S and Erisir, D. 2008. Effects ofinulin and oligofructose on the rheologicalcharacteristics and probiotic culture survival in lowfatprobiotic ice cream. Journal of Food Science, 73(4): 184-188.

5. Akesowan, A. 2010. Quality Characteristics of Light Pork Burgers Fortified with Soy Protein Isolate. Food Sci. Biotechnol. 19(5): 1143-1149.

6. 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 JournalofAnimal Sciences, 24: 421-428.

7.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.

8. 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.

9. 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 transglutaminse without salt or cooking". Journal of Food Scienc, 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. Journalof 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 Engieneering, 60(3): 327–334.
16. Jaros, D., Partschefeld, 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.

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 physicchemical and sensory properties of duck sausage. International Food Research Journal, 17: 877-884.
26. Ngadi, M.O., Kassama, L.S. andRaghavan, 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 transglutaminse 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.
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.