نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد 23 شماره 3/ سال 1392

اثر آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی و نمک روی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی ناگت مرغ

الهام رادمهر[1] و علی معتمدزادگان[2*]

تاریخ دریافت: 91/6/6 تاریخ پذیرش: 92/3/19

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

[2] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

[*] مسئول مکاتبه: Email: amotgan@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق، اثر همزمان آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی، نمک و زمان تأثیر آنزیم یا فرآیند قوام یابی بر روی ویژگی‌های کیفی و بافت ناگت مرغ با استفاده از روش سطح پاسخ مورد بررسی قرار گرفت. مقدار پپتیدهای محلول، جذب روغن، آب تراوش یافته و ویژگی‌های بافتی ناگت (میزان تغییر شکل، سختی، قابلیت جویدن، چسبندگی و قابلیت ارتجاعی) ارزیابی شد. بین تیمارها از نظر میزان پپتیدهای محلول و جذب روغن تفاوت معنی داری ($P>0/05$) وجود نداشت. نتایج نشان داد که آنزیم ترانس گلوتامیناز و نمک هر دو از عوامل مؤثر در کاهش مقدار آب تراوش یافته می‌باشند ($P\leq0/05$). افزایش مقدار نمک و فعالیت آنزیم اثر خطی معنی‌داری ($P\leq0/05$) روی قابلیت ارتجاعی و تغییر شکل نمونه داشت. تأثیر همزمان فعالیت آنزیمی و زمان اثر آنزیم بر میزان تغییر شکل نمونه در اثر اعمال نیروی تراکمی معنی‌دار ($P\leq0/05$) بود. در مقادیر حداکثر فعالیت آنزیم، با افزایش زمان اثر آنزیم بر مقدار تغییر شکل افزوده شد. صفات قابلیت جویدن، چسبندگی و سختی نمونه ها با افزایش فعالیت آنزیمی، نمک و زمان اثر آنزیم بطور غیرمعنی‌داری ($P>0/05$) افزایش یافتند. نقطه بهینه در ناحیه ای با تیمار 0/85درصد نمک، 1/48% آنزیم و زمان قوام یابی به میزان 25 دقیقه بدست آمد. در نهایت می توان نتیجه گرفت که افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی می‌تواند گزینه مناسبی برای تولید ناگت مرغ کم نمک باشد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی، روش سطح پاسخ، ناگت مرغ، نمک

Archive of SID

www.SID.ir

The effect of transglutaminase and sodium chloride on physicochemical properties of chicken nugget

E Radmehr[1] and A Motamedzadegan[*2]

Received: August 27, 2012 Accepted: June 9, 2013
[1]MSc Student, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
[2]Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
[*]Corresponding Author: Email: amotgan@yahoo.com

Abstract
The effect of microbial transglutaminase (MTGase), and sodium cholorid (NaCl) on chemical, and textural quality of chicken nugget was investigated in current study, using response surface methodology (RSM). The soluble peptide, fat absorption, expressible water and textural properties (breaking force, hardness, chewiness, adhesiveness and springiness) were assessed. Treatments had no significant effects on soluble peptide content, and fat absorption. The results indicated that enzyme and salt both were effective factors on expressible water ($P<0.05$). Furthermore, increasing in MTGase and salt level had significant linear effect on springiness and deformation ($P<0.05$). MTGase and time of incubation had synergistic effect on deformation ($P<0.05$). Under higher activity of MTGase and incubation time, nugget deformation increased significantly. The higher level of MTGase, salt and incubation time were caused the higher hardness, chewiness and adhesiveness. The optimum condition for this experiment was MTGase activity, NaCl concentration, and incubation time of 1.48%, 0.85% and 25min, respectively. On the basis of the results, it can be concluded that MTGase can improve chemical and textural quality of low salt chicken nuggets.

Key words*:* Chicken nugget, Microbial transglutaminase, Response surface methodology, Salt

مقدمه

در سال‌های اخیر تقاضا برای مصرف غذاهای آماده افزایش یافته است. یکی از مهمترین غذاها در این گروه غذاهای تهیه شده از فرآورده های خمیری می باشند. فرآورده‌های خمیری مانند ناگت مرغ محصولاتی هستند که با روکشی پوشانده شده، تحت فرایند حرارتی مقدماتی قرار می گیرند. بنابراین مصرف کنندگان فقط نیاز به یک پخت نهایی ملایم (سرخ کردن، مایکروویو، آون سنتی) برای مصرف این غذاها دارند. پوشاننده‌ها مخلوطهای مایعی حاوی آب، آرد، نشاسته و ... هستند که ناگتها قبل از پخت در آنها غوطه ور می شوند. پوشاننده از محتوای رطوبت محصول محافظت کرده و مانع افت کیفی آن می‌گردند. بنابراین یک محصول ترد و آبدار با یک ظاهر برشته تولید می شود (چن و همکاران 2009 و آددجی و همکاران ۲۰۱۱). علاوه بر این کاربرد پوشش یک راهکار مناسب برای کاهش جذب روغن می-باشد (آددجی و همکاران 2009). تغییرات ساختاری مانند ژلاتینه شدن ترکیبات کربوهیدراتی و تغییر ماهیت پروتئینها باعث تشکیل پوسته شده، خروج رطوبت و جذب روغن را حین سرخ کردن کنترل می کنند(پینتهاس و همکاران 1995 و کاساما و نادی ۲۰۰۴). برای تولید یک محصول با خواص مکانیکی و کاربردی مطلوب افزودن نمک در مقادیر2-1% ضروری می باشد. نمک روی مقدار پروتئین استخراج شده مؤثر است. پروتئین

Archive of SID

www.SID.ir

استخراج شده به عنوان یک عامل پیوند دهنده با آب و سایر ترکیبات عمل می کند و روی کیفیت کلی محصول نهایی تأثیر می گذارد.

امروزه از طرفی مشتریان متقاضی غذاهای سالم تر هستند. به خصوص افراد مبتلا به فشار خون بالا تمایل زیادی برای مصرف محصولات کم نمک دارند. نمک در مقادیر به کار رفته در غذاهای آماده برای این 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 امکان پذیر است(اورستی و همکاران 2004 و کاردوسو و همکاران 2010).

آنزیم ترانس گلوتامیناز (پروتئین-گلوتامین-γ-گلوتامیل ترانسفراز) می تواند پیوندهای ε-(γ-گلوتامیل)- لیزین را در پروتئینهای مختلف به وجود آورد. این آنزیم می تواند واکنش انتقال گروه آسیل را بین گروههای گاما کربوکسامید در آمینواسید گلوتامین (به عنوان دهنده آسیل) و گروه ε آمینو در آمینو اسید لیزین (به عنوان پذیرنده آسیل) در پروتئین کاتالیز کند. این واکنشهای کاتالیز شده توسط آنزیم باعث ایجاد اتصالات عرضی کووالانسی بین پروتئینها، پپتیدها و آمینهای اولیه مختلف می گردند و می توانند جهت اصلاح خواص کاربردی پروتئینهای غذا به کار روند (موتوکی و سگورو 1998 و موتوکی و کومازاوا 2000) .

در تحقیقیاتی که اورستی در سال 2004 و رامیرز در سال 2007 انجام داند، مشخص شد که تولید محصول کم‌نمک (1%) با استفاده از آنزیم ترانس گلوتامینازمیکروبی[1] (*MTGase*)(0/3%) و پروتئینهای لبنی (1%) امکان پذیر است و کیفیت محصول به دست آمده با نمونه کنترل که حاوی مقدار نمک 2% بود، اختلاف معنی‌داری نداشت(اورستی و همکاران 2004 و رامیرز و همکاران 2007) . کاردوسو (2010) این نتیجه را در مقدار 0/5% آنزیم اعلام کرد.

هدف این تحقیق کاهش مصرف نمک ضمن استفاده از آنزیم ترانس گلوتامیناز و بهبود خواص رئولوژیکی ناگت مرغ با استفاده از آنزیم ترانس گلوتامیناز و تعیین اثرات متقابل نمک و آنزیم می باشد.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

سینه مرغ، سایر افزودنی‌ها و ادویه‌جات (پودر سیر، پودر پیاز، ادویه گوشت، نمک، روغن، نشاسته ذرت) از سوپر مارکتهای سطح شهر خریداری شد. نشاسته اصلاح شده (*E1450, Manchester M22 5LW, UK*) از شرکت فراورده های گوشتی کاله (سهامی خاص) تهیه گردید.

آماده سازی ناگت مرغ

سینه مرغ خریداری شده به صورت دستی در دمای 4˚C بدون استخوان گردید و چربیهای زائد آن برطرف شد. سپس توسط یک چرخ گوشت خانگی (مدل1200MT، پارس خزر ،ایران) با قطر منافذ 5 میلی متر به قطعات ریز تبدیل گردید. ناگت حاوی 70% گوشت مرغ تهیه گردید. آنزیم تجاری ترانس گلوتامیناز میکروبی(99% مالتودکسترین+ 1% آنزیم) (*ACTIVA WM, Ajinomoto Europe S.A.S, France*) به مقدار 1/5% توزین گردید، با توجه به تیمار مورد نظر مقداری از آن که به صورت فعال مورد نیاز بود به فرمولاسیون اضافه شد و بقیه بعد از غیر فعال سازی در 100˚C به مدت 5 دقیقه (موتوکی و سگورو 1998) با مواد مخلوط گردید.

مواد ضمن هم زدن به صورت دستی با هم مخلوط شده و خمیر یکنواختی به دست آمد. بعد از این مرحله ناگتها با قالب پلاستیکی گرد به قطر 33 میلیمتر و ضخامت 15 میلیمتر شکل گرفتند. سپس در پوشش ابتدایی نشاسته اصلاح شده قرار گرفته و به مدت 5

[1] Microbial Transglutaminase

Archive of SID
www.SID.ir

ثانیه درتخم مرغ کامل مایع غوطه ور گردیدند. بعد از این مرحله ناگتها در پوشش نهایی شامل پودر سوخاری غلتانده شدند. ناگتها در یک انکوباتور در دمای 40 درجه سانتی گراد در زمانهای 45-0 دقیقه (با توجه به تیمار های آزمایشی) قرار گرفتند. در مرحله بعد، پیش پخت در آون فن دار (*مدل UFE 400-800*، ممرت، آلمان) در درجه حرارت $180\pm10^{\circ}C$ به مدت 5 دقیقه صورت گرفت. ناگت های مرغ در بسته های پلاستیکی قرار داده شدند. بخشی از نمونه ها به مدت 24 ساعت در دمای یخچال($4^{\circ}C$) و بقیه به مدت یک هفته در فریزر ($-18^{\circ}C$) قرار گرفتند، تا آنالیزهای مورد نظر روی آنها انجام گیرد. برای اندازه گیری درصد جذب روغن نمونه ها از فریزر خارج شده، در طول یک شب در دمای $4^{\circ}C$ انجماد زدایی شدند. سپس در سرخ کن خانگی در دمای $180^{\circ}C$ به مدت 3 دقیقه در روغن کلزا (شرکت غنچه، ساری، ایران) سرخ گردیدند.

روش‌های آزمون

اندازه‌گیری آب تراوش یافته

در این آزمون نمونه ها یک روز پس از تهیه و نگهداری در دمای $4^{\circ}C$ از یخچال خارج شده و به مدت یک ساعت در دمای آزمایشگاه ($21^{\circ}C$) قرار داده شدند. سپس پوشش نمونه ها به دقت برداشته شده و به ضخامت 5 mm بریده شدند. نمونه های بریده شده توزین گردیده و بین دو ورق کاغذ واتمن شماره 1 قرار گرفتند. وزنه استاندارد 5 kg به مدت 2 دقیقه روی آنها قرار گرفت. سپس نمونه ها دوباره وزن شدند. درصد آب تراوش یافته از اختلاف دو وزن محاسبه شد(لانگ و همکاران،2007).

اندازه‌گیری پپتیدهای محلول

در این آزمون نیز از نمونه های نگهداری شده در یخچال استفاده گردید. بعد از تعادل دمایی نمونه ها کاملاً خرد و همگن شدند. سپس 9ml محلول 5% تری کلرو استیک اسید (*TCA*) به 1 gr نمونه همگن شده اضافه گردید و به مدت دو دقیقه در همزن لوله آزمایش مخلوط شد. محلول حاصله به مدت 1 ساعت در $4^{\circ}C$ قرار گرفته سپس به مدت 5 دقیقه در۶۰۰۰ g سانتریفوژ گردید. پپتیدهای محلول موجود در فاز مایع جدا شده طبق روش لوری (لوری و همکاران 1951) اندازه گیری شدند.

اندازه گیری میزان روغن جذب شده

استخراج و اندازه گیری چربی بر طبق روش استاندارد *AOAC* (*AOAC*, 1990) با استفاده از روش سوکسله انجام گردید.

بخشی از ناگت مرغ خشک شده کاملاً خرد شد و چربی آن با استفاده از پترولیوم اتر در یک استخراج کننده سوکسله استخراج شد. درصد روغن جذب شده از اختلاف بین میزان چربی ناگت مرغ، قبل و بعد از سرخ کردن به دست آمد.

آنالیز بافت

نمونه ها از یخچال بیرون آورده شده و بعد از رسیدن به دمای محیط مورد آنالیز قرار گرفتند.

آنالیز بافت با استفاده از یک دستگاه بافت سنج (*CT_3, Brookfield, version 2.1, England*) انجام شد. آزمون پروفایل بافت[1](*TPA*) روی نمونه ها صورت گرفت.

در آزمون پروفایل بافت، نمونه ها تا 55% ارتفاع اولیه با سرعت *1 mm/s* توسط یک پروب استوانه ای با قطر*50mm* فشرده شدند. میزان سختی[2]، قابلیت ارتجاعی[3] ، قابلیت جویدن[4]، چسبندگی[5] و تغییر شکل[6] نمونه ها اندازه‌گیری شد.

در هر بار آزمون نمونه روی پایه بافت سنج طوری قرار گرفت که پروب دقیقاً در وسط آن قرار گیرد.

تجزیه و تحلیل آماری

همزمان روش سطح پاسخ برای یافتن حالت بهینه فاکتورها به کار می رود و چگونگی تأثیر فاکتورها را

[1] Textural profile analysis
[2] Hardness
[3] Springiness
[4] Chewiness
[5] Adhesiveness
[6] Deformation

Archive of SID
www.SID.ir

در دامنه مورد نظر نشان می دهد. در این پژوهش اثر مقدار نمک(1/5-0 درصد)، فعالیت آنزیم ترانس گلوتامیناز (1/5-0 درصد) و زمان تأثیر آنزیم (45-0 دقیقه) در قالب طرح ترکیبی مرکزی با چهار تکرار در نقطه مرکزی به روش سطح پاسخ هر تیمار در پنج سطح انتخاب(α=1/682) بر روی ویژگی های کیفی و بافتی ناگت مرغ سنجیده شد. در جدول 1 متغیرهای مستقل فرایند و مقادیر آنها نشان داده شده است. مدل مورد استفاده در *RSM* عموماً رابطه درجه دوم دارد. در *RSM* برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف می شود که آثار اصلی و همزمان فاکتورها را بر روی هر متغیر جداگانه بیان می نماید. مدل چند متغیره مربوطه به صورت زیر می باشد.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{3} \beta_i X_i + \sum_{i=1}^{3} \beta_{ii} X_i X_i + \sum_{i<j}^{3} \beta_{ij} X_i X_j$$

در **مدل فوق** βo عرض از مبداء، βi ضریب رگرسیون خطی فاکتور i ام، βii ضریب رگرسیون درجه دوم فاکتور i ام، βij اثر متقابل فاکتور i ام و فاکتور j ام و Y متغیر وابسته می باشد. تجزیهٔ آماری معادلات چند متغیره با استفاده از نرم افزار آماری *SAS* (*SAS software 1.0.0.80, USA*) انجام شد و ضرایب مربوطه و آثار فاکتورها بر متغیرها معین گردید(ماهرانی و همکاران 1383 و میلانی و همکاران 1390).

جدول1- نمایش متغیرهای مستقل فرایند و مقادیر آنها

متغیرمستقل	نماد ریاضی	کد و سطح مربوطه				
		+1/682	+1	0	-1	-1/682
نمک	x_1	1/5	1/196	0/75	0/304	0
فعالیت آنزیم	x_2	1/5	1/196	0/75	0/304	0
زمان تأثیر	x_3	45	35/9	22/5	9/12	0

نتایج و بحث

آب تراوش یافته

مقدار آب تراوش یافته راهی غیر مستقیم برای اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب می‌باشد. مقدار بالاتر آن نشان‌دهنده ظرفیت نگهداری آب کمتر است. در این تحقیق آنالیز واریانس اثر خطی متغیرهای فرایند بر میزان آب تراوش‌یافته ناگت مرغ نشان می‌دهد که اثر هر سه متغیر مقدار نمک، فعالیت آنزیم و زمان تأثیر آنزیم بر مقدار آب تراوش یافته معنی‌دار بوده‌اند ($P\leq 0/01$). نمودار سطح پاسخ (**Error! Reference source not found.**-الف) اثرات همزمان غلظت نمک، آنزیم ترانس گلوتامیناز و زمان اثر آنزیم را نشان می-دهد که افزایش غلظت نمک و فعالیت آنزیم به تنهایی باعث کاهش مقدار آب تراوش یافته گردیده‌اند، اما در نمونه‌های حاوی حد اکثر نمک و فعالیت آنزیم، مقدار آب تراوش یافته افزایش یافته است. احتمالا، ایجاد پل ارتباطی بین پپتیدها ضمن خروج مولکول آب از بین زنجیره‌ها و تبدیل آب اتصال یافته به آب آزاد می‌تواند علت این امر باشد. همچنین با افزایش غلظت نمک میزان خروج با نمک در پروتئین‌ها افزایش یافته و حلالیت پروتئین‌های میوفیبریلی بیشتر می‌شود، که به نوبه خود می‌تواند بر آب تراوش یافته اثر مثبت بگذارد. همانطور که در شکل 1-ب مشاهده می‌شود در ابتدای زمان تأثیر آنزیم، مقادیر اندک نمک میزان آب تراوش یافته را افزایش داده و با افزایش مقدار نمک تا محدوده نقطه مرکزی این مقدار کاهش یافته است. از طرفی افزایش زمان اثر آنزیم باعث کاهش مقدار آب تراوش‌یافته - گردید.

Archive of SID
www.SID.ir

یافته‌های مختلف در مورد اثر آنزیم ترانس‌گلوتامیناز بر مقدار آب تراوش یافته ضد و نقیض می‌باشند. بر اساس گروهی از مطالعات موجود، افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز به گوشت مرغ (سنگ و همکاران، 2000)، گوشت خوک فرایند شده (پیتراسیک و لی چان، 2002) و محصولات ماهی (اورستی و همکاران، 2004) میزان آب تراوش یافته را کاهش داد. از سویی دیگر بعضی از یافته‌ها بر خلاف این نتایج هستند. در مطالعه‌ای که در سال 2003 انجام شد، آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی اثر قابل توجهی در خواص اتصالی آب ژل‌های گوشت خوک نداشت (موتوکی و سگورو، 1998). در سوسیس ماهی نیز با افزایش میزان آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی ظرفیت نگهداری آب کاهش یافت (لانگ و همکاران، 2007). این تفاوت‌ها ممکن است در اثر اختلاف در فرمولاسیون، شرایط پخت و غیره باشند.

پپتیدهای محلول

پپتیدهای محلول در تری کلرواستیک اسید فعالیت آنزیمهای پروتئولیتیک را تفسیر می‌کنند، که در اثر تجزیه میوزین زنجیره سنگین[1] (MHC) باعث ضعف ژل می‌گردند. حضور این پپتیدها می‌تواند شاخصی مفید از کیفیت محصول گوشتی باشد (استواوا و همکاران، 2000).

پروتئازهای سیستئین به ویژه کالپین[2] و کاتپسین[3] مسئول تجزیه پروتئین‌های میوفیبریلی هستند (هاپکینز و تامپسون، 2001).

آنزیم‌های دیگری مانند آمینو و پپتیدیل- پپتیدازها نیز باعث تجزیه در گوشت و ایجاد آمینو اسیدهای آزاد می‌گردند. تجمع اسیدهای آمینه روی کیفیت گوشت و محصولات حاصل از آن مؤثر می‌باشند و باعث ایجاد طعم نامطلوب می‌گردند.

بافت حیوانات حاوی پپتیدازهای داخلی و خارجی می‌باشند که نقش مهمی در تعیین کیفیت محصولات گوشتی و شیلاتی ایفا می‌کنند. صفات کیفی غذاهای تازه در طول نگهداری توسط فرایند اتولیز بافت در اثر فعالیت آنزیم‌های پروتئولیتیک روی پروتئین‌ها تحت تأثیر قرار می گیرند. آنزیمهای کاتپسین، آمینو پپتیداز و پروتئاز قلیایی در مرغ وجود دارند و در کبد، طحال و ماهیچه‌های اسکلتی گسترده شده‌اند. تخریب اتولیتیکی پروتئینها وابسته به pH می‌باشد و pH بهینه برای این عمل 2/5 است. هیدرولیز پروتئین در pH خنثی (7/0-6/5)، حداقل است. این وابستگی به pH در چند تحقیق دیگر نیز ذکر شده است (هارتادو و همکاران، 1999).

علاوه برpH، دما و بازدارنده‌های پروتئاز نیز روی اتولیز بافت مؤثر هستند. دمای مناسب برای این واکنش 60 درجه سانتی‌گراد می‌باشد. تحقیقات نشان می‌دهند که کاتپسین D باعث تخریب پروتئینهایی مانند MHC، تروپومیوزین[4] و آلفااکتین[5] می‌گردد (جامدار و هاریکومار، 2005). طبق نتایج به دست آمده اثر هیچ یک از متغیرها بر این ویژگی معنی‌دار نبوده است. همچنین مدل رگرسیون کلی اثر شرایط مختلف فرایند نیز بر میزان پپتیدهای محلول معنی‌دار نشده است ($P>0/05$). در تحقیق حاضرpH نمونه‌ها نزدیک به خنثی (حدود 6/04) و دمای مورد استفاده نیز 40 درجه سانتی گراد بوده است. بنابراین می‌توان گفت شرایط برای تولید پپتیدهای محلول چندان مناسب نبوده، و احتمالاً به همین دلیل اختلاف معنی داری نیز مشاهده نگردید.

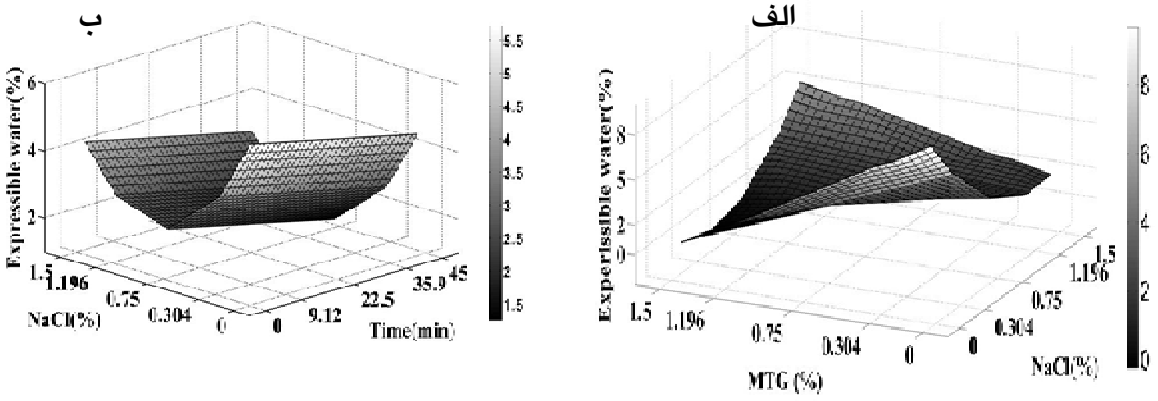
جذب روغن

خواص سطحی ماده غذایی اثر قابل توجهی در جذب روغن دارد. اغلب تغییرات ساختاری مانند ژلاتینیزاسیون ترکیبات کربوهیدراتی و دناتوراسیون پروتئین‌ها که تبدیل به پوسته متراکم شده‌اند، انتقال جرم را کنترل می کنند (آددجی و همکاران 2009 و نادی و همکاران 2009 و آددجی و همکاران 2011).

[1] Myosin heavy chain
[2] Calpain
[3] Cathepsins
[4] Tropomyosin
[5] α-Actin

Archive of SID
www.SID.ir

در مطالعه حاضر در تیمارهای مختلف تغییرات معنی داری در جذب روغن مشاهده نشد (P<0/05).
خواص سطحی ماده غذایی، میزان رطوبت اولیه (آددجی و همکاران 2011) ، دما و زمان سرخ کردن و درجه هیدروژناسیون روغن (نادی و همکاران ۲۰۰۷) اثر مهمی روی جذب روغن ناگت مرغ سرخ کرده دارد. احتمالاً به این دلیل که جذب روغن در غذاهای سرخ شده، تقریبا منحصر به پوسته است و تیمارهای به کار رفته در پژوهش حاضر مربوط به بخش داخلی ناگت بوده‌اند، در جذب روغن اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.



شکل 1- اثرات همزمان آنزیم و نمک(الف)، نمک و زمان(ب) روی آب تراوش یافته

بافت

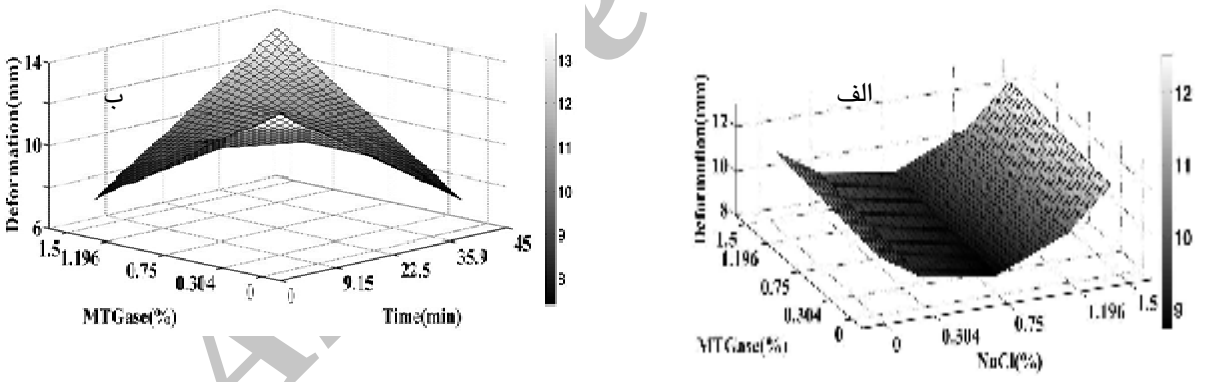
اختلافات ترکیبی، مورفولوژیکی و مکانیکی بین لایه های ساندویچی شکل ناگت، ارزیابی بافت این نوع غذا را مشکل می سازد (ورلا و همکاران 2008 و آلبرت و همکاران 2009)، اما مکانیک هر دو لایه برای فهمیدن بافت غذا ضروری است. نتایج آنالیز پروفایل بافت در شکل های 2 و 3 آورده شده است. همانطور که مشاهده می گردد با افزایش فعالیت آنزیم و درصد نمک تا سطح 1/5% مقدار تغییر شکل افزایش یافته است (P≤0/05). اثر همزمان این دو متغیر نیز کاملاً مشهود است. در شکل2-ب اثر همزمان فعالیت آنزیم و زمان اثر آنزیم کاملاً مشخص می باشد. در مقادیر حداکثر آنزیم با افزایش زمان اثر آنزیم بر مقدار تغییر شکل افزوده می-شود. تعدادی از محققین گزارش کردند که افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز به ژل سوریمی انواع مختلف ماهی که در اثر حرارت ایجاد شده است باعث افزایش میزان تغییر شکل می گردد (رامیرز و همکاران، 2007و جیانگ و همکاران، 2000 و بنجاکول و همکاران، 2003). همچنین اثر افزایشی آنزیم بر تغییر شکل در ژل حاصل از گوشت گوساله نیز گزارش شده است (کاسترو-برووینز و همکاران، 2009). سیگورو و همکاران در سال 1995 عنوان کردند که اگر از غلظت بالای آنزیم استفاده شود امکان دارد به دلیل تشکیل بیش از حد باندهای ایزوپپتیدی میزان تغییر شکل کاهش پیدا کند (سگورو و همکاران، 1995).

آنالیز واریانس پاسخ متغیرهای وابسته نشان می‌دهد که مدل درجه دوم رگرسیون در مورد قابلیت ارتجاعی معنی‌دار شده است(P≤0/05). مطابق با شکل 3-ب، افزایش فعالیت آنزیم و نمک، میزان قابلیت ارتجاعی را افزایش می‌دهد. این دو متغیر اثرات همزمان نیز در افزایش قابلیت ارتجاعی دارند. قابلیت ارتجاعی پارامتری است که خواص الاستیسیته ژل را تشریح می‌کند. آنزیم ترانس گلوتامیناز به دلیل تشدید تشکیل اتصالات عرضی بین پروتئین‌ها و شکل‌گیری مولکول‌های پلیمری

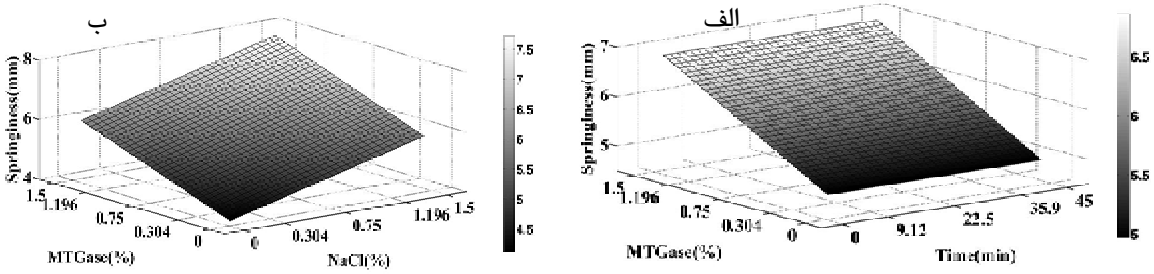
Archive of SID
www.SID.ir

بزرگ پروتئینی و ساختار ژلی بین اجزاء گوشت و همچنین ایجاد اتصال عرضی بین این ژل و پروتئینهای سطح گوشت باعث افزایش قابلیت ارتجاعی در سیستمهای گوشتی می شود (هررو و همکاران، 2008). بهبود خواص مکانیکی با استفاده از آنزیم ترانس گلوتامیناز در چندین تحقیق گزارش شده است (اورستی و همکاران، 2004 و رامیرز و همکاران، 2007 و هسیه و همکاران، 2002) . پیتراسیک و لی چان (2002) گزارش کردند که نمونه ژل خوک حاوی 0/5% آنزیم خواص بافتی بهتری نسبت به محصول بدون آنزیم داشت. به طوریکه سختی و قابلیت جویدن در ژلهای کم نمک حاوی آنزیم همانند ژلهای حاوی مقدار نمک بالا بودند. جیمنز-کولمنرو و همکاران (1988) گزارش کردند که گوشت خوک حاوی 2/5 درصد نمک الاستیسیته بیشتری نسبت به نمونه حاوی مقدار 1/5 درصد نمک دارد (پیتراسیک و لی چان،2002).

آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی اتصال عرضی زنجیره سنگین میوزین (MHC) را افزایش می‌دهد، بنابراین یک شبکه متراکم‌تر بین پروتئینها ایجاد می‌کند و باعث افزایش میزان سختی می گردد. در این تحقیق میزان سختی ناگت با افزایش مقدار آنزیم ترانس گلوتامیناز، نمک و زمان اثر آنزیم به طور غیرمعنی داری افزایش یافت (P>0/05). چنین نتایجی در مورد قابلیت جویدن و چسبندگی نیز مشاهده گردید. این مسئله می تواند ناشی از وجود اختلاف عملکرد آنزیم، بر منابع مختلف گوشتی باشد. در مطالعه ای که روی ژلهای حاصل از گوشت مرغ و گوساله صورت گرفته، عنوان شده است که میزان الاستیسیته، نیروی گسستگی، تعداد پیوندهای ε-(γ-گلوتامیل)-لیزین و اندازه باندهای زنجیره سنگین میوزین در مرغ و گوساله در همه مقادیر *آنزیم ترانس گلوتامیناز* اختلاف معنی داری با هم داشتند.



شکل 2- اثرات همزمان مقدار آنزیم ونمک (الف) و مقدارآنزیم و زمان (ب) روی تغییر شکل ناگت مرغ



شکل 3- اثرات همزمان آنزیم و زمان (الف) و آنزیم و نمک (ب) روی قابلیت ارتجاعی ناگت مرغ

Archive of SID
www.SID.ir

ارتباط بین عملکرد آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی ومنابع مختلف گوشت کاملاً غیر ثابت است. تحقیقات نشان داده است که در اثر افزودن آنزیم *ترانس گلوتامیناز*، قدرت ژل گوشت گوساله نسبت به ژل حاصل از گوشت مرغ بهبود بیشتری پیدا می‌کند. میزان ویسکوزیته پروتئین و باند (G-L) نیز در گوشت گوساله به مراتب بیشتر است. ممکن است علت آن به دلیل این باشد که پروتئین‌ها در مرغ به صورت رشته‌ای در لفاف قرار گرفته‌اند به طوری که باقیمانده های گلوتامین و لیزین به شدت به آن متصل شده‌اند و در نتیجه آنزیم نمی‌تواند این دو اسید آمینه را به هم متصل کند (مرغنی و همکاران، 2009b). در واقع دستیابی آنزیم به پروتئینهای میوفیبریلی مرغ و گوساله به دلیل وجود اختلافات فیزیولوژیکی (انواع ماهیچه و فیبر آنها)، بیولوژیکی (سوبسترا) و بیوشیمیایی (اسیدهای آمینه و ممانعت‌کننده‌ها) متفاوت می‌باشد (مرغنی و همکاران، 2009a).

محاسبه نقطه بهینه

محاسبه نقطه بهینه بر اساس مدل‌های سطوح پاسخ بدست آمده از بیشینه تغییر شکل، قابلیت ارتجاعی و کمینه مقدار آب تراوش یافته با کمک نرم افزار MATLAB انجام گردید. بهترین نتایج در ناحیه ای با تیمار 0/85درصد نمک، فعالیت آنزیم 8/3 واحد آنزیم (1/48%) به ازای هر گرم پروتئین و زمان اثر آنزیم به میزان 25 دقیقه بدست آمد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق برای بهینه کردن تولید ناگت مرغ کم‌نمک، اثر سه متغیر مقدارنمک، مقدار آنزیم ترانس‌گلوتامیناز و زمان اثر آنزیم به روش سطح پاسخ روی پارامترهای فیزیکی شیمیایی محصول مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان می‌دهند که مقدار نمک، آنزیم و زمان اثر آنزیم اثرات معنی‌داری بر میزان آب تراوش یافته، تغییر شکل و قابلیت ارتجاعی نمونه ناگت داشتند. سایر پارامترها (پپتیدهای محلول، روغن جذب شده و قابلیت جویدن) زیاد تحت تأثیر سه متغیر قرار نگرفتند. با توجه به این نتایج اثرات متغیرها بر گوشت مرغ نسبت به سایر انواع گوشت چندان قابل توجه نیست. نقطه بهینه در ناحیه ای با تیمار 0/85درصد نمک، 1/48% آنزیم و زمان قوام یابی به میزان 25 دقیقه بدست آمد. اگرچه بر اساس نتایج پژوهش حاضر افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز بهبود چشمگیری در خواص بافتی ناگت مرغ ایجاد نمی کند، اما می توان از آن به عنوان جایگزین بخشی از نمک مصرفی بدون ایجاد تاثیر منفی بر بافت فرآورده استفاده کرد.

منابع مورد استفاده

ماهرانی ب، برزگر م، سحری م و دهقانی ح ، 1383. بهینه سازی شرایط استخراج صمغ دانه بزرک ایرانی به روش صفحه پاسخ. علوم وفنون کشاورزی ومنابع طبیعی شماره 8 ، صفحه های 145 تا 155.

میلانی ا، گلی موحد غ و حسینی ف، 1390. کارایی روش سطح پاسخ در بهینه سازی شرایط استخراج اینولین از گیاه شنگ. پژوهش‌های صنایع غذایی، شماره 21، صفحه های35 تا 43 .

Adedeji A, Ngadi M O and Raghavan, G S V, (2009). Kinetics of mass transfer in microwave precooked and deep-fat fried chicken nuggets. Journal of Food Engineering, 91:146–153

Adedeji A A, Liu L and Ngadi, MO, (2011). Microstructural evaluation of deep-fat fried chicken nugget batter coating using confocal laser scanning microscopy. Journal of Food Engineering 102: 49–57.

Archive of SID
www.SID.ir

Albert A, Perez-Munuera, Quiles A, alvador A, Fiszman S M and Hernando I, (2009). Adhesion in fried battered nuggets: Performance of different hydrocolloids as predusts using three cooking procedures. Food Hydrocolloids, 23: 1443–1448.

AOAC. (1990). Official methods of analysis. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

Benjakul S, Visessanguan W, Phatchrat S, Tanaka M. (2003). Chitosan affects transglutaminase-induced surimi gelation. Journal of Food Biochemistry; 27: 53–66.

Cardoso C, Moendes R, vaz-pires P and Nunes M L, (2010). Effect of salt and MTGase on the production of high quality gels from formed sea bass. Journal of food engineering, 101: 98-105.

Castro-Briones M, Calderón GN, Velazquez G, Rubio MS, Vázquez M, Ramírez JA (2009) Mechanical and functional properties of beef products obtained using microbial transglutaminase with treatments of pre-heating followed by cold binding. Meat Science 83: 229–238.

Chen S, Chen H, Chao Y and Lin R, (2009). Effect of batter formula on qualities of deep-fat and microwave fried fish nuggets. Journal of Food Engineering, 95: 359–364.

Herrero AM, Cambero MI, Ordonez JA, Hoz Ldl, (2008) Carmona P. Raman spectroscopy study of the structural effect of microbial transglutaminase on meat systems and its relationship with textural characteristics. Food Chemistry. 109:25-32.

Hopkins DL, Thompson JM. (2001) Inhibition of protease activity. Part 1. The effect on tenderness and indicators of proteolysis in ovine muscle. Meat Science 59:175–85.

Hsieh JE, Tsai GJ, Jiang ST. (2002) Microbial transglutaminase and recombinant cystatin on improveing the quality of Mackerel Surimi. Journal Food Science. 67:3120-5.

Hurtado JL, Borderias J, Montero P, An H. (1999) Characterisation of proteolytic activity in octopus (Octopus vulgaris) arm muscle. J Food Biochem. 23:469–83.

Jamdar, Harikuma P, (2005). Autolytic degradation of chicken intestinal proteins. Bioresource Technology, 96: 1276–1284.

Jiang, S. T., Hsieh, J. F., Ho, M. L., and Chung, Y. C. (2000). Microbial transglutaminase affects gel properties of golden threadfin-bream and Pollack surimi. Journal of Food Science, 65, 694–699.

Kassama L S and Ngadi M O, (2004). Pore development in chicken meat during deep-fat frying. LWT – Food Science and Technology, 37: 841–847.

Long S, Hin S and Rawdkuen S. Effect of microbial transglutaminase on textural properties of Herbal minced fish sausage (Pla-yor) from tilapia.

Lowry Q H, Rosebrough N J, Farr L A and Randall R J, (1951). Protein measurement with the Folin reagent. J Biol Chem, 193: 256-275.

Mrghni A A, Kurod R, Kawahara S, Ohta K, Nakada K, Aoki T, and Muguruma M, (2009a). Dependence of microbial transglutaminase on meat type in myofibrillar proteins cross-linking. Food Chemistry, 112: 345-361.

Mrghni A A, Nasu T, Huy DQ, Tomisaka Y, Kawahara S, Muguruma M. (2009b). Effect of microbial transglutaminase on the natural actomyosin cross-linking in chicken and beef. Meat Science. 82:170–8.

Motoki M and Seguro K, (1998). Transglutaminase and its use for food processing. Trends in Food Science and Technology, 9: 204-210.

Motoki M and Kumazawa Y, (2000). Recent Research Trends in Transglutaminase. Technology for Food Processing. Food Science and Technology Research, 6: 151-160.

Ngadi M, Li Y and Oluka S, (2007). Quality changes in chicken nuggets fried in oils with different degrees of hydrogenatation. LWT, Food Science and Technology, 40: 1784–179.

Archive of SID

www.SID.ir

Ngadi M O, Wang Y, Adedeji A A and Raghavan G S V (2009). Effect of microwave pretreatment on mass transfer during deep-fat frying of chicken nugget. LWT - Food Science and Technology, 42: 438–440.

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

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

Pinthus E J, Weinberg P and Saguy I S, (1995). Deep-fat fried potato product oil uptake as affected by crust physical properties. Journal of Food Science, 60: 770–772

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

Seguro K, Kumazawa Y, Ohtsuka T, Toiguchi S, Motoki M. (1995) Microbial transglutaminase and e-(c-glutamyl)lysine crosslink effects on elastic properties of kamaboko gels. Journal of Food Science; 60: 305–311.

Stoeva S, Byrne CE, A.M. Mullen b DJT, Voelter W. (2000) Isolation and identification of proteolytic fragments from TCA soluble extracts of bovine M. longissimus dorsi. Food Chemistry, 69: 365-70.

Tseng T F, Liu D C and Chen M T, (2000). Evaluation of transglutaminase on the quality of low salt chicken meat balls. Meat Science, 55: 427–431.

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

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.

Archive of SID

www.SID.ir