

(مقاله پژوهشی)

استفاده از روش توموگرافی کامپیوتری برای شناسایی ذرات استخوان و پوست در همبرگر معمولی

علیرضا جمالپور^۱ و سارا انصاری^{۲*}

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران.

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

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۱۷

چکیده

اهمیت روش‌های غیرمخرب، سریع و آسان برای ارزیابی ویژگی‌های مهم کیفیت همبرگر، هم در تولید صنعتی و هم به عنوان ابزارهایی پژوهشی، در حال افزایش است. در این راستا، در این پژوهش تأثیر غلظت و اندازه ذرات استخوان و پوست- استخوان مرغ در همبرگر معمولی تولید شده بر مؤلفه‌های استخراجی از روش توموگرافی کامپیوتری یا سی تی اسکن (میانگین، حداقل و حداکثر عدد سی تی) بررسی و سپس میزان استخوان در چندین نمونه تجاری بازار، تعیین شد. میزان کلسیم با استفاده از دو روش اسپکتروسکوپی جذب اتمی و رنگ آمیزی بافت مشخص گردید. نتایج حاصل نشان داد، غلظت و اندازه ذرات استخوان و پوست- استخوان، تأثیر معنی داری بر مؤلفه‌های بدست آمده از سی تی اسکن دارد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری اعداد هانسفیلد به دست آمده از نرم افزار K-PACS دستگاه سی تی اسکن در مورد میزان استخوان و پوست- استخوان نشان دهنده وجود ارتباط قوی بین مؤلفه‌های استخراج شده از تصاویر سی تی اسکن و مقدار استخوان و پوست- استخوان موجود در فرمولاسیون همبرگر بود. بنابراین، نتایج این مطالعه حاکی از مناسب بودن روش سی تی اسکن در تعیین میزان استخوان موجود در همبرگر بود. از سوی دیگر، روش رنگ آمیزی بافت نسبت به روش اسپکتروسکوپی جذب اتمی، روش دقیق تری می‌باشد و در غلظت‌های کم استخوان دقت بیشتری نسبت به این روش دارد، بنابراین روش رنگ آمیزی بافت را می‌توان به عنوان جایگزینی ارزان‌تر و سریع‌تر از روش جذب اتمی در تعیین میزان کلسیم به کار برد.

واژه های کلیدی: استخوان، سی تی اسکن، عدد هانسفیلد، همبرگر

۱- مقدمه

در همبرگر جزو الزامات کنترل کیفی این فراورده است. روش‌های مختلفی برای پایش و تعیین میزان استخوان در همبرگر وجود دارد که از آن جمله می‌توان به جداسازی فیزیکی و تعیین درصد استخوان (۵)، تعیین درصد کلسیم به روش تیتراسیون کمپلکسومتری (۶)، اسپکتروسکوپی جذب اتمی (۶)، شیوه‌های بافت شناسی (۲) و استفاده از اشعه ایکس (۴) اشاره کرد. روش فیزیکی به دلیل محدودیت قدرت بینایی انسان نتایج معتبری ندارد. درصد کلسیم استخوان نیز بسته به نوع استخوان، نژاد، رژیم غذایی و سن متفاوت است، بنابراین نمی‌تواند معیار مناسبی برای محاسبه درصد استخوان باشد (۷). روش بافت شناسی امکان تشخیص مستقیم یک بافت در فرآورده های گوشتی را میسر می‌سازد و از این روش می‌توان برای شناسایی قلب های بافتی در مواد غذایی استفاده نمود (۸). البته این روش نیز علاوه بر صرف وقت زیاد، به دلیل ایجاد نتایج غیر کمی چندان راهگشا نمی‌باشند. در این میان استفاده از روش‌های رادیوگرافی به علت سرعت، غیر مخرب بودن و بی ضرر بودن برای محیط زیست و دقت نسبتاً بالا، می‌تواند مفید و کارآمد باشد. توموگرافی کامپیوتری اشعه ایکس ۴ یا سی تی اسکن ۵ یک فن آوری غیرمخرب است که به طور عمده برای تشخیص پزشکی استفاده می‌شود. البته در سال های اخیر استفاده از آن در حوزه های دیگر مانند کنترل صنعتی و یا تکنولوژی مواد غذایی توسعه یافته است. تصاویر اشعه ایکس نیازی به آماده سازی نمونه و یا تثبیت شیمیایی جسم اسکن شده نداشته و هیچ تابش در جسم پس از تابش باقی مانده است. اساس تشکیل تصویر در این روش میزان متفاوت جذب اشعه ایکس در بافتها می‌باشد. دانسیته بافت، عدد اتمی عناصر تشکیل دهنده بافت و انرژی پرتو ایکس در جذب این پرتوها دخیل هستند. حضور میزان بیشتر استخوان در یک مخلوط باعث جذب بیشتر اشعه و در نتیجه ایجاد تصویر متفاوت می‌گردد. این روش امکان حصول نتایج بصورت کمی و کیفی را ممکن می‌سازد (۹). اسکنرهای سی تی جذب اشعه ایکس را با یک پارامتر کمی

در سالهای اخیر مصرف روزافزون غذاهای آماده از یک سو و نگرانی از مسائل بهداشتی و نوع تولید این محصولات از سوی دیگر، به کارگیری روش‌های نوین تشخیصی جهت پایش دقیق، سریع و ارزان این نوع محصولات را ضروری ساخته است. یکی از پرکاربردترین غذاهای آماده در جهان همبرگر است که از گوشت چرخ کرده گاو یا گوساله به عنوان ماده اولیه اصلی به همراه دیگر مواد مجاز نظیر آرد، پیاز، نمک، روغن و ادویه تشکیل شده است (۱). گوشت مرغ جدا شده بصورت مکانیکی ۱ یا گوشت مرغ بازیافت شده مکانیکی ۲ (اصطلاحاً خمیر مرغ) یک محصول خام بدست آمده از مرغ است که در فرمولاسیون برخی محصولات گوشتی استفاده می‌شود (۲، ۱). بر اساس استاندارد ملی ایران، خمیر مرغ یک محصول گوشتی یکنواخت متشکل از گوشت مرغ (گوشتی، تخم گذار و مادر) است که از طریق چرخ کردن لاشه کامل فاقد پوست و اندرونه پس از جداسازی استخوان از گوشت با ابزار مکانیکی و فشردن اسلاوری ۳ از درون غربال تحت فشار بدست می‌آید (۳). با توجه به ویژگی‌های تغذیه ای، تکنولوژی خوب و قیمت مناسب این محصول، استفاده از آن در فرمولاسیون فرآورده‌های گوشتی مورد استقبال تولید کنندگان قرار گرفت اما از سوی دیگر اشکالاتی مانند رنگ، طعم، بافت نامطلوب و بار میکروبی بالا آن را به عنوان یک ماده اولیه خام فاسد شدنی و پرخطر تبدیل می‌کند. یکی از محتمل ترین تقلبات در تولید همبرگرهای مبتنی بر خمیر مرغ وجود ذرات استخوان در آنها بیش از استانداردهای بین المللی است، که حضور بیش از حد آن نه تنها نوعی تقلب محسوب می‌شود بلکه باعث اثرات سوء بر سلامتی انسان و کاهش کیفیت محصول نیز می‌گردد (۲). از دیگر مشکلات خمیر مرغ آلوده بودن آن E.Coli O157:H7 می‌باشد که در بیش از ۵۰ درصد از نمونه های مورد آزمایش مثبت بوده است (۴). بنابراین پایش استخوان

4 -X-ray Computed Tomography (X-ray CT)
5 -CT Scan

1 -Mechanically Separated Chicken Meat (MSCM)
2 -Mechanically Recovered Chicken Meat
3 -Slurry

اتمی در تعیین مقادیر مختلف استخوان و پوست - استخوان ارزیابی می‌شوند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه منحنی های استاندارد

در فاز اول این پژوهش تهیه منحنی های استاندارد برای تشخیص میزان استخوان و نیز پوست / استخوان در نمونه های همبرگر ساختگی با درصد معین استخوان و پوست / استخوان با استفاده از چهار روش رادیوگرافی دیجیتال، سی تی اسکن، بافت شناسی و اسپکتروسکوپی جذب اتمی صورت گرفت. مواد اولیه جهت تولید همبرگرهای ساختگی طبق استاندارد ملی ایران انتخاب گردید. همبرگرهای با ۳۰٪ گوشت و ۰٪ (نمونه کنترل)، ۱٪، ۵٪، ۱۰٪، ۲۰٪، ۳۰٪ و ۴۰٪ استخوان در خمیر مرغ و همچنین همبرگرهای با ۳۰٪ گوشت و ۰٪ (نمونه کنترل)، ۱٪، ۵٪، ۱۰٪، ۲۰٪، ۳۰٪ و ۴۰٪ پوست - استخوان در خمیر مرغ توسط ماشین های همبرزنی سازی تولید شدند و در شرایط سرد بصورت منجمد به آزمایشگاه انتقال یافتند. نمونه‌ها تا زمان انجام آزمایشات در دمای ۱۸ - درجه سانتیگراد نگهداری شدند.

۲-۱-۱- آزمون رادیوگرافی دیجیتال

برای عکس برداری دیجیتال از دستگاه رادیولوژی دیجیتال (مدل دایاموند ۶، ساخت کمپانی واریان آمریکا) با ظرفیت حرارتی تیوب KHU ۶۰۰ استفاده گردید. برای این منظور پس از قرار دادن نمونه ها با ضخامت یکسان بر روی سینی پلاستیکی، سینی حاوی نمونه را در اتاق اشعه بر روی تخت مخصوص قرار داده و سپس تصویر برداری از نمونه ها به روش رادیوگرافی دیجیتال انجام گرفت. اشعه ایکس از فاصله ۱۰۰ سانتی متری با دوز اشعه ۴۴ کیلوولت و میزان فتون خروجی 3.2 MA/MAS، برای مدت زمان ۴ ثانیه به نمونه تابیده شد. تصاویر با استفاده از نرم افزار پردازش تصویر اسکن ایمج - سیگماستات ۷۷ (از زیر مجموعه نرم افزارهای

تحت عنوان عدد سی تی ۱ نشان می‌دهند. اعداد سی تی از اختلاف ضریب جذبی بافت نسبت به ضریب جذبی آب به دست می‌آیند و واحد آنها هانسفیلد ۲ است. دامنه این اعداد بین ۱۰۰۰+ تا ۱۰۰۰- می‌باشد و هر عدد یک رنگ از مقیاس خاکستری را به خود اختصاص می‌دهد. بطوری که استخوان با ۱۰۰۰+ Hu بصورت رنگ سفید و هوا با ۱۰۰۰-Hu به رنگ سیاه و سایر اعداد نیز با یک رنگ از طیف بین سیاه یا سفید نمایش داده می‌شوند (۱۰). در زمینه بازرسی مواد غذایی، فناوری اشعه ایکس ابزار ارزشمندی برای اطمینان از ایمنی مواد غذایی و نیز ارزیابی کیفیت مواد غذایی می‌باشد. در این راستا، توماس ۳ و همکاران (۱۹۹۵) و شاتزکی ۴ و همکاران (۱۹۹۷) به ترتیب از سیستم اشعه ایکس برای تشخیص انبه آلوده به شپشه و نقص در سیب استفاده کردند (۱۲، ۱۱). پن مان ۵ و همکاران (۱۹۹۲) دریافتند که چشم انسان قادر به تشخیص قطعات استخوان با ضخامت ۰/۲ سانتی متر در تصاویر اشعه ایکس از بسته های گوشت است (۱۳). همچنین از سی تی برای پایش شکل گیری چشم در پنیر در طول رسیدن (۱۴)، پایش بینی محتوای چربی در گونه ماهی های چرب (۱۵)، اندازه گیری درصد گوشت بدون چربی در لاشه خوک (۱۶)، مطالعه فرایندهای نمک زنی و رسیدگی در محصولات ماهی و گوشت (۱۸، ۱۷) و تعیین کمی توزیع نمک در همبرگرهای تیمار شده بصورت خشک (۱۹) استفاده شده است. بر اساس مطالعات انجام شده تاکنون هیچ تحقیقی در زمینه تشخیص ذرات استخوان در همبرگر توسط اشعه ایکس انجام نشده است. در این راستا، هدف از این پژوهش معرفی روش توموگرافی کامپیوتری به عنوان روشی سریع، غیر مخرب و با کارایی بالا برای تشخیص و تعیین میزان استخوان و پوست - استخوان با غلظت های مختلف در همبرگر، می‌باشد. جهت مقایسه، روش های دیگر مانند رادیوگرافی دیجیتال، رنگ آمیزی مورفولوژیکی و جذب

- 1 -CT Numbers
- 2 -Hounsfield Unit (HU)
- 3 -Thomas
- 4 -Schatzki
- 5 -Penman

موجود در K-PACS) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و نتایج کمی درصد استخوان استخراج شد. شاخص تبدیل داده های کیفی به کمی در روش رادیوگرافی دیجیتال INT (واحد عدد رادیولوژی دیجیتال) می باشد.

۲-۱-۲- سی تی اسکن

برای اسکن کردن نمونه های همبرگر تولیدی از دستگاه سی تی اسکن ۱۶ اسلایس ۱ (مدل برایت اسپید ۲، ساخت شرکت ژنرال الکتریک، آمریکا) استفاده گردید. برای این منظور نمونه ها با ضخامت یکسان بر روی میز مخصوص دستگاه قرار داده شده و سپس به داخل گنتری سی تی اسکن فرستاده شدند. اشعه ایکس از فاصله ۷۰ سانتی متری و با شدت تابش ۷۷۱/۱۹ میلی گری بر سانتی متر مربع ۳ به سطح نمونه تابیده و نمونه ها به مدت ۳/۶ ثانیه در راستای محور عمودی اسکن گردیدند. تصاویر بدست آمده در فرمت DICOM، به صورت سیاه و سفید ۱۶ بیتی و با رزولوشن ۲/۸۶ پیکسل بر میلی متر بودند که توسط نرم افزار K-PACS (ورژن ۱/۶/۰، آلمان) تهیه شدند. این تصاویر توسط نرم SPSS16 آنالیز گردیدند. به منظور پردازش تصویر، پس زمینه حذف و آستانه سازی انجام شد. در نهایت اعداد میانگین، حداقل و حداکثر سی تی محاسبه گردید.

۲-۱-۳- اندازه گیری کلسیم به روش اسپکتروسکوپی جذب اتمی

در پژوهش های متعددی از روش اسپکتروسکوپی جذب اتمی برای اندازه گیری میزان کلسیم نمونه های گوشت استخوان گیری شده استفاده شده است. جهت آماده سازی نمونه ها، حدود ۱۰ گرم همبرگر تبدیل به خاکستر شد و سپس در ۵ میلی لیتر اسید هیدروکلریک غلیظ، حل گردید. خاکستر حل شده، با آب دیونیزه تا حجم ۱۰۰ میلی لیتر رقیق شد. سپس، یک بخش ۲۵ میلی لیتری از نمونه رقیق شده، به یک فلاسک حجمی ۵۰ میلی لیتری منتقل و ۱۰

میلی لیتر از محلول اکسید لانتانوم ۵٪ - اسید هیدروکلریک ۲۰٪ به آن اضافه و در نهایت حجم آن با آب دیونیزه به ۵۰ میلی لیتر رسانده شد. بخشی از این مخلوط آماده شده به دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی ۴ (مدل اسپکترا ۵، ساخت کمپانی واریان آمریکا) منتقل شد. درصد جذب خوانده شده از اسپکتروفتومتر از طریق منحنی تبدیل مربوط به دستگاه، به جذب تبدیل گردید. میزان کلسیم نمونه رقیق شده از روی منحنی استاندارد تعیین شد (۲۰).

۲-۱-۴- اندازه گیری کلسیم به روش رنگ آمیزی بافت

جهت اندازه گیری کلسیم به روش بافت شناسی از روش رنگ آمیزی بهینه توسعه یافته توسط برانشاید ۶ (۲۰۰۲) استفاده شد که رنگ های مورد استفاده در آن آلسین ۷ آبی و آلزارین ۸ قرمز بودند. آلزارین قرمز با فیبرهای کلاژنی پیوند داده و اجازه می دهد تا ذرات بسیار کوچک استخوانی توسط میکروسکوپ پلاریزه، تعیین گردند. رنگ آمیزی با آلسین آبی نیز به طور همزمان ذرات غضروفی را مشخص می کند (۲۱). پروتکل زیر برای نمونه برداری، رنگ آمیزی و تعیین کمی مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا از هر همبرگر نمونه های ۲ گرمی جدا شده و پس از انتقال به لوله آزمایش به مدت ۳۰ دقیقه در اتانول ۹۵٪ (جهت خشک کردن) و به مدت یک ساعت در استون ۱۰۰٪ (جهت چربی زدایی) غوطه ور شدند. پس از حذف بافت های پیه مانند توسط پنس، نمونه ها به مدت ۲ دقیقه در محلول اتانول و اسید استیک گلیسیال قرار گرفتند. سپس هر نمونه بوسیله مخلوطی از محلول قرمز آلزارین، محلول آبی آلسین، اسید استیک گلیسیال و اتانول به مدت ۲۴ ساعت رنگ آمیزی شده و به مدت ۵ ساعت در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد در هیدروکسید پتاسیم (جهت حذف بافت پیوندی) و پس از آن در اتانول ۷۰٪ غوطه ور شد. پس از آن نمونه ها روی

4 -Atomic Absorption Spectrometer

5 -Spectra AA 220FS

6 -Branscheid

7 -Alcian

8 -Alizarin

1 - GE 16-Slice CT-Scan

2 -Bright Speed Model

3 -MGy.Cm²

آزمایشی فاکتوریل و به صورت کاملاً تصادفی با دو متغیر مستقل درصد استخوان و درصد پوست / استخوان در سه تکرار با استفاده از SPSS 16 انجام شدند. مقایسه میانگین‌ها با آنالیز واریانس و گروه‌بندی تیمارها با آزمون دانکن در سطح معنی‌داری $P \leq 0.05$ بررسی شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تصاویر رادیوگرافی دیجیتال

در شکل ۱ تصاویر رادیوگرافی نمونه‌های همبرگر قابل مشاهده است. مقدار اعداد INT با توجه به مقدار استخوان در نمونه‌ها و همچنین حجم انتخاب شده از نمونه‌ها توسط نرم افزار K-PACS اندازه‌گیری شد که در جدول ۱ بدان اشاره شده است.

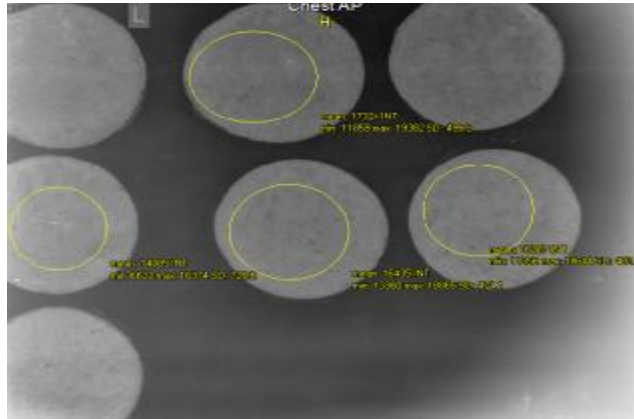
کاغذ خشک کن قرار گرفته و استخوان (قرمز) و ذرات غضروف (آبی) تفکیک و به طور جداگانه توزین گردیدند.

۳-۲- بررسی میزان استخوان در نمونه‌های همبرگر کارخانه‌های مختلف

در فاز دوم هفت نمونه همبرگر با ۳۰ درصد گوشت قرمز و یک نمونه همبرگر با ۹۰ درصد گوشت قرمز از چندین واحد صنعتی تولید کننده در استان فارس از سطح عرضه خریداری و در سردخانه ۱۸- درجه سانتی‌گراد تا زمان آزمون نگهداری شدند. سپس این نمونه‌ها توسط بهترین روش ارزیابی مورد عکس برداری قرار گرفتند.

۳-۲- آنالیز آماری

کلیه آزمون‌های انجام شده در این مطالعه در قالب طرح



شکل ۱- تصویر رادیوگرافی نمونه‌های همبرگر

با افزایش درصد استخوان (یا پوست - استخوان) از ۰ به ۴۰٪ در نمونه‌های همبرگر تولیدی میزان عدد INT کاهش می‌یابد. آنالیز آماری داده‌ها حاکی از آن است که در یک درصد معین استخوان (یا پوست - استخوان)، هیچ تفاوت معنی‌داری میان INT نمونه‌ها وجود ندارد. از طرفی نمونه شاهد با نمونه حاوی ۵ یا ۱۰٪ استخوان، همچنین نمونه ۲۰٪ استخوان با ۳۰٪ استخوان هیچ تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. به عبارت رادیوگرافی دیجیتال قادر به تشخیص تفاوت میان نمونه‌های تهیه شده

با افزایش درصد استخوان (یا پوست - استخوان) از ۰ به ۴۰٪ در نمونه‌های همبرگر تولیدی میزان عدد INT کاهش می‌یابد. آنالیز آماری داده‌ها حاکی از آن است که در یک درصد معین استخوان (یا پوست - استخوان)، هیچ تفاوت معنی‌داری میان INT نمونه‌ها وجود ندارد. از طرفی نمونه شاهد با نمونه حاوی ۵ یا ۱۰٪ استخوان، همچنین نمونه ۲۰٪ استخوان با ۳۰٪ استخوان هیچ تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. به عبارت رادیوگرافی دیجیتال قادر به تشخیص تفاوت میان نمونه‌های تهیه شده

در ادامه داده های INT هر دو تیمار استخوان و نیز پوست - استخوان با معادله رگرسیونی درجه یک برازش گردیدند که با توجه به مقدار R2 حاصل داده ها برازش خوبی را با این معادلات نشان دادند.

(معادله ۲) $INT = ۱۸۶۳۸(R2 = ۰/۸۴) + ۱۸۶۳۸(R2 = ۰/۸۴) + ۱۸۶۳۸(R2 = ۰/۸۴) + ۱۸۶۳۸(R2 = ۰/۸۴)$

(معادله ۳) $INT_{bone-skin} = ۱۸۶۷۷(R2 = ۰/۸۲) + ۱۸۶۷۷(R2 = ۰/۸۲) + ۱۸۶۷۷(R2 = ۰/۸۲) + ۱۸۶۷۷(R2 = ۰/۸۲)$

جدول ۱- نتایج حاصل از تصاویر دستگاه رادیوگرافی برای درصدهای مختلف پوست و استخوان و درصدهای مختلف استخوان

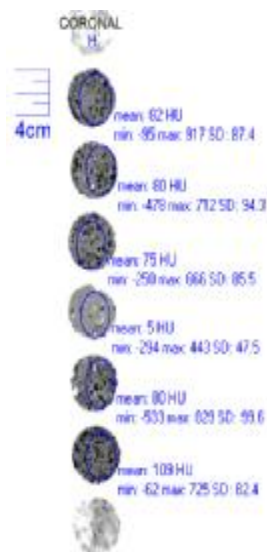
استخوان و یا پوست-استخوان	عدد INT استخوان	عدد INT پوست-استخوان
فرموله شده در محصول (%)	اندازه گیری شده	اندازه گیری شده
۰	۱۷۲۷۵ ± ۴۴ ^{Ab}	۱۷۲۷۵ ± ۴۴ ^{Ab}
۱	۱۸۱۰۷ ± ۱۸۵ ^{Aa}	۱۸۱۰۷ ± ۱۸۵ ^{Aa}
۵	۱۷۰۸۱ ± ۲۱۶ ^{Ab}	۱۷۰۸۱ ± ۲۱۶ ^{Ab}
۱۰	۱۶۹۷۵ ± ۱۲۱ ^{Ab}	۱۶۹۷۵ ± ۱۲۱ ^{Ab}
۲۰	۱۶۰۲۴ ± ۶۰ ^{Ac}	۱۶۰۲۴ ± ۶۰ ^{Ac}
۳۰	۱۵۵۸۷ ± ۳۳۵ ^{Ac}	۱۵۵۸۷ ± ۳۳۵ ^{Ac}
۴۰	۱۴۲۵۴ ± ۴۸۵ ^{Ad}	۱۴۲۵۴ ± ۴۸۵ ^{Ad}

* حروف بزرگ و کوچک متفاوت نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار آماری در سطح ۹۵٪ بین نمونه ها بترتیب در هر سطر و ستون می باشد.

۲-۳- تصاویر سی تی اسکن

در شکل ۲ به نمونه ای از تصویر پردازش شده سی تی اسکن نمونه های همبرگر تهیه شده با درصد های مختلف استخوان و نیز پوست - استخوان اشاره شده است. مقادیر مینیمم، متوسط و ماکزیمم اعداد سی تی تصاویر با نرم افزار خاص دستگاه محاسبه گردید که به عنوان نمونه در جدول ۲ متوسط اعداد سی تی نمونه های همبرگر نشان داده شده است.

شکل ۲ نمونه ای از تصاویر سی تی اسکن پردازش شده توسط نرم افزار پردازش تصویر ورژن ۱/۲۵. (به ترتیب از بالا به پایین نمونه کنترل (فاقد استخوان)، نمونه ۱۰ درصد (حاوی استخوان ۲ میلی متری)، نمونه ۱۰ درصد میکس (حاوی استخوان با اندازه های مختلف و پوست)، نمونه ۵ درصد (حاوی استخوان ۲ میلی متری)، نمونه ۱۰ درصد میکس (حاوی استخوان با اندازه های مختلف و پوست)، نمونه ۱۰ درصد (حاوی استخوان پودر شده) و نمونه ۱۵ درصدی میکس (حاوی استخوان با اندازه های مختلف و پوست) {



جدول ۲- نتایج حاصل از تصاویر دستگاه سی تی اسکن (متوسط اعداد سی تی) نمونه های همبرگر با درصد های مختلف

استخوان و پوست - استخوان		
استخوان و یا پوست - استخوان	متوسط عدد سی تی استخوان	متوسط عدد سی تی پوست - استخوان
فرموله شده در محصول (%)	(هانسفیلد) اندازه گیری شده	(هانسفیلد) اندازه گیری شده
۰	$-60/33 \pm 0/57^{Ag}$	$-60/33 \pm 0/57^{Ag}$
۱	$58/66 \pm 0/57^{Bf}$	$54/33 \pm 1/15^{Af}$
۵	$68/33 \pm 1/15^{Be}$	$66/00 \pm 0^{Ae}$
۱۰	$81/66 \pm 0/57^{Bd}$	$85/33 \pm 0/57^{Ad}$
۲۰	$96/00 \pm 1/0^{Bc}$	$93/66 \pm 0/57^{Ac}$
۳۰	$111/00 \pm 0^{Bb}$	$107/33 \pm 0/57^{Ab}$
۴۰	$126/67 \pm 1/52^{Ba}$	$122/33 \pm 0/57^{Aa}$

* حروف بزرگ و کوچک متفاوت نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار آماری در سطح ۹۵٪ بین نمونه ها بترتیب در هر سطر و ستون می باشد.

جدول ۳- نتایج حاصل از تصاویر دستگاه سی تی اسکن (حداکثر اعداد سی تی) برای نمونه های همبرگر با درصد های مختلف

استخوان و پوست - استخوان		
استخوان و یا پوست - استخوان	حداکثر عدد سی تی استخوان	حداکثر عدد سی تی پوست - استخوان
فرموله شده در محصول (%)	(هانسفیلد) اندازه گیری شده	استخوان (هانسفیلد) اندازه گیری شده
۰	$203/33 \pm 2/51^{Ag}$	$203/33 \pm 2/51^{Ag}$
۱	$601/67 \pm 0/57^{Bf}$	$593/00 \pm 0^{Af}$
۵	$780/33 \pm 0/57^{Be}$	$752/33 \pm 2/51^{Ae}$
۱۰	$986/67 \pm 1/15^{Bd}$	$925/67 \pm 2/51^{Ad}$
۲۰	$120/30 \pm 1/0^{Bc}$	$119/23 \pm 1/15^{Ac}$
۳۰	$146/23 \pm 1/0^{Bb}$	$140/17 \pm 0/57^{Ab}$
۴۰	$179/20 \pm 0^{Ba}$	$176/57 \pm 0/57^{Aa}$

* حروف بزرگ و کوچک متفاوت نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار آماری در سطح ۹۵٪ بین نمونه ها بترتیب در هر سطر و ستون می باشد.

معنی داری میان اعداد هانسفیلد نمونه های با درصد مشابه استخوان و نیز پوست - استخوان (برای مثال ۱٪) دیده می شود. این مساله حاکی از آن است که دستگاه سی تی اسکن بر خلاف رادیوگرافی دیجیتال قادر به تشخیص پوست در نمونه ها می باشد. دلیل این امر دقت بسیار بالای سی تی اسکن در عکس برداری و نیز گرفتن تصاویر سه بعدی از نمونه ها می باشد.

همان طور که مشاهده می شود با افزایش درصد استخوان و نیز پوست - استخوان از ۰ درصد (نمونه شاهد) تا ۴۰٪ متوسط اعداد هانسفیلد بطور معنی داری افزایش یافته و از مقدار $60/33 -$ به $126/67 +$ (نمونه دارای ۴۰٪ استخوان) و یا $122/33 +$ (نمونه دارای ۴۰٪ پوست - استخوان) می رسد. همین روند صعودی در مقادیر حداقل و حداکثر اعداد هانسفیلد نیز دیده می شود (جدول ۳ و ۴). بعلاوه اختلاف

جدول ۴- نتایج حاصل از تصاویر دستگاه سی تی اسکن (حداقل اعداد سی تی) برای نمونه های همبرگر با درصد های مختلف

استخوان و پوست - استخوان

استخوان و یا پوست - استخوان	حداقل عدد سی تی استخوان	حداقل عدد سی تی پوست - استخوان (هانسفیلد) اندازه گیری شده
فرموله شده در محصول (%)	(هانسفیلد) اندازه گیری شده	استخوان (هانسفیلد) اندازه گیری شده
۰	$-406/00 \pm 4/00^{Ag}$	$-406/00 \pm 4/00^{Ag}$
۱	$301/00 \pm 1/00^{Bf}$	$-284/00 \pm 4/00^{Af}$
۵	$220/00 \pm 0/57^{Be}$	$-212/00 \pm 1/15^{Ae}$
۱۰	$-146/00 \pm 3/78^{Ad}$	$-155/00 \pm 22/50^{Ad}$
۲۰	$-31/66 \pm 0/57^{Bc}$	$-21/33 \pm 0/57^{Ac}$
۳۰	$23/66 \pm 2/08^{Ab}$	$21/66 \pm 1/52^{Ab}$
۴۰	$85/33 \pm 2/51^{Ba}$	$78/33 \pm 2/08^{Aa}$

* حروف بزرگ و کوچک متفاوت نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار آماری در سطح ۹۵٪ بین نمونه ها برترتیب در هر سطر و ستون می باشد.

با توجه به مقادیر بالای R^2 معادلات ۶ تا ۹، این مدل بخوبی قادر به توصیف مقادیر مینیمم و ماکزیمم اعداد هانسفیلد نمونه های همبرگر می باشد. مطابق با نتایج تحقیقات حاضر مک فارلن^۱ و همکاران (۲۰۰۳)، همچنین دومینگو^۲ و همکاران (۲۰۱۰) نیز برترتیب برای تشخیص وجود قطعات استخوان در گوشت مرغ و فیله ماهی از اشعه ایکس استفاده کردند. بر اساس یافته های آنها نیز آزمون اشعه ایکس تا ۹۵ درصد از موارد در شناسایی استخوانهای باقی مانده در محصولات گوشتی موفقیت آمیز بوده است (۸، ۴). بر اساس تحقیقات شولز و همکاران (۲۰۱۵)، با توجه به ساختار آناتومیکی حیوانات مزرعه (یا ماهی)، سی تی اسکن ابزار مناسبی برای تشخیص استخوان از بافت نرم در گوسفند، مرغ، خرگوش، گوشت گاو، کبد بوفالو و غاز است (۲۲).

۳-۳- آزمون بافت شناسی

نمونه ای از تصاویر حاصل از رنگ آمیزی بافت نمونه های همبرگر در شکل ۳ نشان داده شده است. نقاط قرمز رنگ آمیزی شده در بافت زمینه نشان دهنده ذرات استخوان و غضروف در نمونه ها می باشد (نقاط تیره در شکل هوا می باشد).

جهت توصیف بهتر نتایج، داده های سی تی اسکن (HU_{avg} ، HU_{max} و HU_{min}) هر دو تیمار استخوان و یا پوست - استخوان با معادله رگرسیونی درجه یک برازش گردیدند که در ذیل به آنها اشاره شده است:

(معادله ۴)

$$HU_{avg} = 24/869 \times \text{استخوان} (\%) - 30/476 \quad (R^2=0/75)$$

(معادله ۵)

$$HU_{avg} = 24/345 \times \text{استخوان} (\%) - 30/429 \quad (R^2=0/75)$$

(معادله ۶)

$$HU_{max} = 240/87 \times \text{استخوان} (\%) + 12/81 \quad (R^2=0/98)$$

(معادله ۷)

$$HU_{max} = 246/76 \times \text{استخوان} (\%) + 17/10 \quad (R^2=0/98)$$

(معادله ۸)

$$HU_{min} = 82/853 \times \text{استخوان} (\%) - 472/71 \quad (R^2=0/99)$$

(معادله ۹)

$$HU_{min} = 80/56 \times \text{استخوان} (\%) - 462/14 \quad (R^2=0/98)$$

می‌کند. اما برخلاف انتظار میزان استخوان شناسایی شده در نمونه‌های حاوی استخوان و نیز پوست - استخوان با درصد‌های یکسان برابر نبود بطوری که در نمونه‌های ۱۰٪ و ۲۰٪ و ۳۰٪ و ۴۰٪ اختلاف معنی داری بین میزان استخوان اندازه‌گیری شده در نمونه‌های حاوی استخوان و نیز نمونه‌های پوست - استخوان وجود داشت. این مساله نشان دهنده خطای این روش می‌باشد، زیرا در صورتی که ذرات استخوان بهم چسبیده باشند بافت شناسی قادر به شناسایی ذرات چسبیده بهم نمی‌باشند. مثلاً اگر ۵ ذره کوچک استخوان بر روی یکدیگر قرار گرفته باشند بافت شناسی به صورت یک ذره قادر به شناسایی آنها می‌باشد. به عبارتی این روش قادر به تشخیص دقیق میزان استخوان در نمونه‌ها نمی‌باشد.



شکل ۳- نمونه ای از تصاویر بافت‌شناسی نمونه همبرگر بعد از رنگ آمیزی

با توجه به جدول ۵ با افزایش میزان استخوان در نمونه‌های حاوی استخوان و نیز پوست - استخوان میزان استخوان شناسایی شده به روش بافت شناسی طبق انتظار افزایش می‌یابد. آنالیز آماری داده‌های حاصل نیز این مساله را تایید

جدول ۵- نتایج حاصل از تست بافت شناسی برای نمونه‌های همبرگر با درصد‌های مختلف استخوان و پوست - استخوان

استخوان و یا پوست-استخوان فرموله شده در محصول (%)	کلسیم اندازه گیری شده در نمونه‌های حاوی استخوان (%)	کلسیم اندازه گیری شده در نمونه‌های حاوی پوست-استخوان (%)
۰	۰ ± ۰ ^{Ag}	۰ ± ۰ ^{Ag}
۱	۰/۹۱ ± ۰/۰۲ ^{Af}	۰/۸۰ ± ۰/۱۰ ^{Af}
۵	۴/۲۰ ± ۰/۰۵ ^{Ae}	۴/۳۰ ± ۰/۲۰ ^{Ae}
۱۰	۸/۲۳ ± ۰/۰۲ ^{Bd}	۸/۷۰ ± ۰/۲۰ ^{Ad}
۲۰	۱۲/۷۵ ± ۰/۰۵ ^{Bc}	۱۱/۲۶ ± ۰/۱۵ ^{Ac}
۳۰	۱۷/۳۶ ± ۰/۴۶ ^{Bb}	۱۶/۲۳ ± ۰/۲۰ ^{Ab}
۴۰	۲۲/۹۳ ± ۰/۵۶ ^{Ba}	۲۰/۵۶ ± ۰/۲۸ ^{Aa}

* حروف بزرگ و کوچک متفاوت نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۹۵٪ بین نمونه‌ها بترتیب در هر سطر و ستون می‌باشد.

بطورمشابه ناکانو^۱ و همکاران (۲۰۱۲) در نمونه‌های گوشت مرغ فراوری شده صنعتی و پوسپیچ^۲ و همکاران (۲۰۱۳) در محصولات مختلف گوشتی نشان دادند که استفاده از روش رنگ آمیزی همزمان با آلزارین قرمز و آلسین آبی می‌تواند به آسانی برای تشخیص بافت‌های استخوانی و غضروفی به کار رود (۲۳، ۲۴). ترملوا و استارها^۳ (۲۰۰۲) روش بافت شناسی را برای تعیین اندازه و تعداد قطعات استخوانی در ۲۶

در ادامه داده‌های بافت شناسی هر دو تیمار استخوان و نیز پوست - استخوان با معادله رگرسیونی درجه یک برازش گردید که با توجه به مقدار R^2 حاصل داده‌ها برازش خوبی را با این معادلات نشان دادند.

(معادله ۱۰)

$$C_{\text{Calcium}} = ۳/۹۳۷ \times \text{استخوان} (\%) - ۶/۲۶۴ \quad (R^2 = ۰/۹۷)$$

(معادله ۱۱)

$$C_{\text{Calcium}} = ۳/۵۵۴ \times \text{پوست-استخوان} (\%) - ۵/۳۸۱ \quad (R^2 = ۰/۹۸)$$

1 - Nakano

2 - Pospiech

3 - Tremlova and Starha

شناسی قادر به تشخیص تمام ترکیبات محصولات گوشتی و درصد آنها با حساسیت بالا نیست (۲۸).

۳-۴- اسپکتروسکوپی جذب اتمی

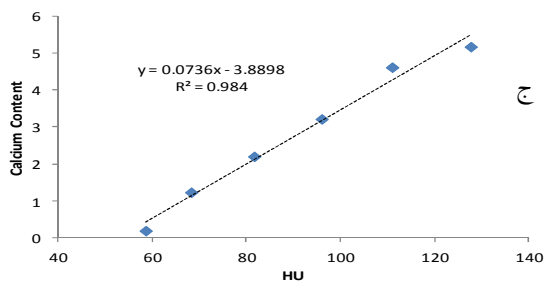
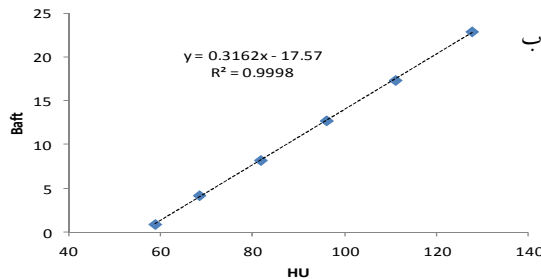
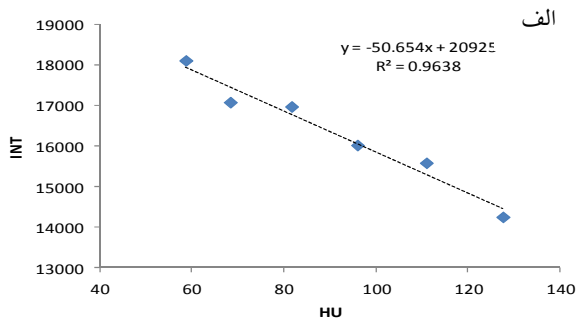
نتایج حاصل از استفاده از روش اسپکتروسکوپی جذب اتمی برای تشخیص میزان استخوان در همبرگرهای با درصد مشخص در جدول ۶ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود طبق انتظار با افزایش میزان درصد استخوان در نمونه های حاوی استخوان و نیز پوست - استخوان میزان درصد استخوان اندازه گیری شده با این روش یک سیر صعودی را نشان می داد. از طرفی انتظار می رفت که تفاوت معنی داری میان درصد استخوان اندازه گیری شده در دو تیمار استخوان و نیز پوست-استخوان وجود نداشته باشد. این در حالی است که در نمونه های ۳۰٪ و ۴۰٪ اختلاف معنی دار وجود داشت که خود نشان دهنده خطای دستگاه در اندازه گیری میزان کلسیم می باشد. بنابر نتایج فوق می توان به این نتیجه دست یافت که این روش قادر به تشخیص دقیق درصد های استخوان در نمونه های همبرگر نمی باشد. پس روش اسپکتروسکوپی جذب اتمی نیز روش خیلی دقیقی نبوده و از نظر میزان اندازه گیری استخوان دقت کمتری نسبت به روش بافت شناسی دارد.

نمونه از محصولات گوشتی مرغ، از جمله سوسیس، سلامی و گوشت چرخ شده استفاده کردند (۲۵). برای مقایسه روش بافت شناسی و آزمون های شیمیایی به عنوان تکنیک های قابل استفاده در تشخیص بافت های غیر مجاز در محصولات گوشتی، عباسی فرسانی و همکاران (۱۳۹۱) ۴۴ نمونه همبرگر صنعتی شامل ۳۰٪ و ۶۰٪ گوشت را مورد بررسی قرار دادند. روش بافت شناسی (رنگ آمیزی H & E) بافت های غیر مجاز در همبرگرها، از جمله پوست مرغ، سنگدان مرغ، غضروف، غدد لنفاوی، بافت استخوانی و بافت پستان در نمونه های گوشتی را شناسایی کرد، در حالی که روش شیمیایی (تعیین کلاژن و هیدروکسی پرولین) قادر به شناسایی آنها نبود (۲۶). این یافته ها منطبق بر مشاهدات انجام شده توسط فکری و همکاران (۱۳۹۲) در نمونه های سوسیس گرم با محتوای ۴۰٪، ۵۵٪ و ۷۰٪ گوشت بود (۲۷). اما نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که گرچه روش بافت شناسی قادر به تشخیص استخوان بصورت کیفی می باشد، اما از نظر کمی قدرت اندازه گیری میزان دقیق کلسیم را نداشته و خطا نشان می دهد. بر اساس تحقیقات صادقی نژاد و همکاران (۲۰۱۶) نیز تکنیک بافت

جدول ۶- نتایج حاصل از میزان کلسیم برای نمونه های همبرگر با درصدهای مختلف استخوان و پوست - استخوان

استخوان و یا پوست - استخوان فرموله شده در محصول (%)	کلسیم اندازه گیری شده در نمونه های حاوی استخوان (%)	کلسیم اندازه گیری شده در نمونه های حاوی پوست - استخوان (%)
۰	۰/۰۱ ± ۰ ^{Af}	۰/۰۱ ± ۰ ^{Af}
۱	۰/۱۸ ± ۰ ^{Af}	۰/۱۷ ± ۰/۰۱ ^{Af}
۵	۱/۲۳ ± ۰/۰۳ ^{Ae}	۱/۱۸ ± ۰/۱۰ ^{Ae}
۱۰	۲/۲۰ ± ۰/۰۳ ^{Ad}	۲/۱۵ ± ۰/۱۳ ^{Ad}
۲۰	۳/۲۲ ± ۰/۰۴ ^{Ac}	۳/۲۹ ± ۰/۰۳ ^{Ac}
۳۰	۴/۶۲ ± ۰/۱۴ ^{Bb}	۴/۰۹ ± ۰/۰۹ ^{Ab}
۴۰	۵/۱۷ ± ۰/۰۵ ^{Aa}	۵/۳۳ ± ۰/۱۱ ^{Aa}

* حروف بزرگ و کوچک متفاوت نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار آماری در سطح ۹۵٪ بین نمونه ها بترتیب در هر سطر و ستون می باشد.



شکل ۴- همبستگی بین نتایج اعداد هانسفیلد و INT

(الف)، اعداد هانسفیلد و بافت شناسی (ب)، اعداد هانسفیلد و میزان کلسیم شناسایی شده با روش اسپکتروسکوپی جرمی (ج) برای همبرگرهای با درصد های مختلف استخوان

در نمونه های حاوی استخوان و پوست نیز میان اعداد هانسفیلد با اعداد INT رابطه عکس وجود دارد که معادله زیر این رابطه را توصیف می کند.

(معادله ۱۷)

$$Y = -53/887 X + 2100 \quad (R^2 = 0.92)$$

در ادامه داده های محتوای کلسیم هر دو تیمار استخوان و نیز پوست و استخوان (الف) رگرسیونی درجه یک برازش گردید که با توجه به مقدار R^2 حاصل داده ها برازش خوبی را با این معادلات نشان دادند.

(معادله ۱۲)

$$C_{\text{Calcium}} = 0.941 \times (\%) \text{ استخوان} - 1/385 \quad (R^2 = 0.98)$$

(معادله ۱۳)

$$C_{\text{Calcium}} = 0.925 \times (\%) \text{ پوست-استخوان} - 1/381 \quad (R^2 = 0.98)$$

۳-۵- بررسی همبستگی میان روش های مختلف

در شکل ۴ همبستگی بین اعداد هانسفیلد با پارامترهای INT و بافت شناسی و میزان استخوان شناسایی شده بررسی شده است. همان طور که ب ملاحظه می شود بین اعداد هانسفیلد و میزان استخوان شناسایی شده به روش بافت شناسی و همچنین میزان استخوان شناسایی شده به روش اسپکتروسکوپی جذب اتمی همبستگی مثبت وجود دارد. بطوری که با افزایش هانسفیلد میزان استخوان شناسایی شده به هر دو روش افزایش پیدا می کند. این در حالی است که میان اعداد هانسفیلد و INT یک رابطه عکس وجود دارد که با افزایش اعداد هانسفیلد و میزان INT کاهش پیدا می کند. بر اساس معادلات ۱۴، ۱۵ و ۱۶ بترتیب می توان رابطه میان اعداد هانسفیلد و میزان استخوان شناسایی شده به روش بافت شناسی، INT و اسپکتروسکوپی جذب اتمی را توصیف کرد. همان طور که ملاحظه می شود بالاترین میزان R^2 بین هانسفیلد و میزان استخوان در روش تشخیص استخوان به روش بافت شناسی وجود دارد. (ج)

(معادله ۱۴)

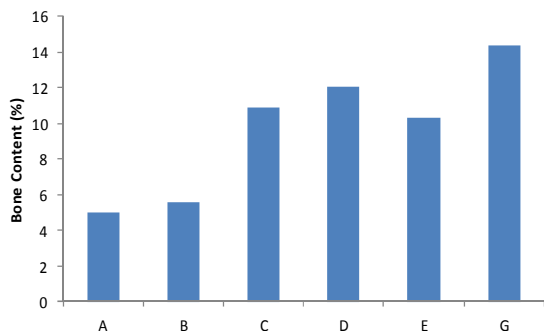
$$Y = 0.316 X - 17.57 \quad (R^2 = 0.99)$$

(معادله ۱۵)

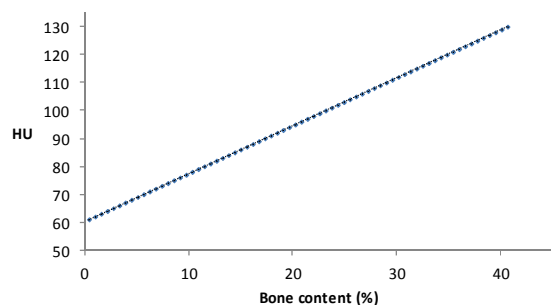
$$Y = -50.65 X + 20925 \quad (R^2 = 0.96)$$

(معادله ۱۶)

$$Y = 0.0736 X - 3.8898 \quad (R^2 = 0.98)$$



شکل ۶- بررسی میزان استخوان در نمونه‌های همبرگر کارخانه‌های مختلف (A تا F)

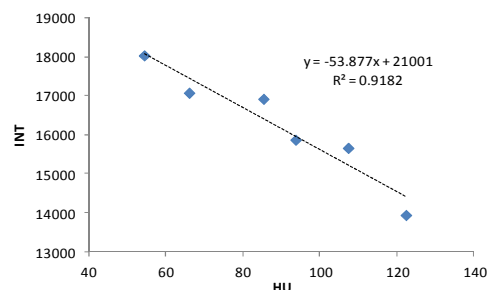


شکل ۷- منحنی استاندارد میزان عدد هانسفیلد برای درصد‌های مختلف استخوان

درصد استخوان در نمونه همبرگر با استفاده از معادله خط رگرسیون زیر مربوط به شکل ۷ محاسبه شده است. (معادله ۱۸)

$$Y = 1.7122X - 6.306 \quad (R^2 = 0.99)$$

نتایج حاصل از آنالیز آماری میزان عدد هانسفیلد برای نمونه‌های همبرگر کارخانه‌های مختلف در شکل ۸ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود تفاوت معنی‌داری بین اعداد هانسفیلد کارخانه‌های مختلف دیده می‌شود. در یکی از نمونه‌های همبرگر ۳۰ درصد گوشت (H) و یک نمونه از همبرگرهای ۹۰ درصد گوشت (F) هیچ‌گونه استخوانی تشخیص داده نشد. نمودار شماره ۸ نشان می‌دهد که بین نمونه همبرگر a و b از نظر میزان استخوان اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و همچنین بین نمونه C با D و نمونه C با E از نظر میزان استخوان تفاوت معنی‌داری وجود ندارد و در نمونه G میزان استخوان از سایر نمونه‌ها بیشتر است. بنظر می‌رسد منفی بودن اعداد هانسفیلد



برای INT شکل ۵- همبستگی بین نتایج اعداد هانسفیلد و همبرگرهای با درصد‌های مختلف پوست - استخوان

مطالعات فکری و همکاران (۱۳۹۲) و عباسی فراسانی و همکاران (۱۳۹۱) در مقایسه نتایج آزمون بافت شناسی با آزمون‌های شیمیایی در همبرگرهای حاوی ۳۰ و ۶۰ درصد گوشت نشان داد که هیچ همبستگی معنی‌داری بین این دو آزمون وجود ندارد ($p < 0.05$). هم‌چنین آزمون بافت‌شناسی از قدرت تشخیص بالاتری برای شناسایی بافت‌های غیر مجاز نسبت به روش شیمیایی برخوردار است (۲۶، ۲۷). این درحالی است که تاکنون در زمینه همبستگی بین اعداد هانسفیلد با پارامترهای INT و بافت شناسی و میزان استخوان شناسایی شده مطالعه‌ای انجام نشده بود.

۳-۶- بررسی میزان استخوان در نمونه‌های همبرگر کارخانه‌های مختلف

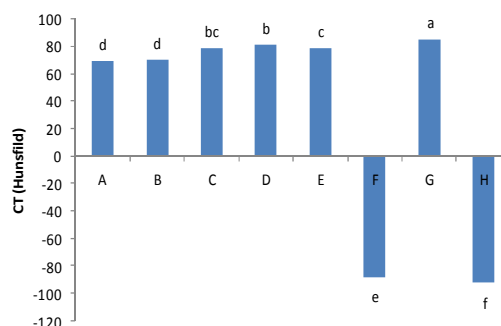
نتایج بررسی میزان استخوان در نمونه‌های همبرگر صنعتی کارخانه‌های مختلف توسط دستگاه سی تی اسکن نشان می‌دهد که در ۶ نمونه همبرگر تولیدی با ۳۰ درصد گوشت مقدار بیش از حد مجاز استخوان در محصول وجود دارد. با توجه به شکل ۶، میزان استخوان در نمونه A، B، C، D، E و F بترتیب برابر با ۵، ۵/۶، ۱۰/۹، ۱۲/۰۸، ۱۰/۳ و ۱۴/۴ درصد استخوان می‌باشد.

درحالی که در برچسب و فرمولاسیون محصول نیز به استفاده از مرغ اشاره ای نشده بود.

۴- نتیجه گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که با تجزیه و تحلیل تصاویر حاصل از سی تی اسکن می توان برآورد غیرمخبری از میزان استخوان در نمونه های همبرگ داشت. روش سی تی اسکن نسبت به روش های رادیوگرافی دیجیتال، رنگ آمیزی بافت شناسی و طیف سنجی جذب اتمی مزایای زیادی دارد. بنابر یافته های این پژوهش این روش کارآمد می تواند علاوه بر استخوان، پوست را نیز در نمونه های همبرگر شناسایی کند. مقادیر بسیار نزدیک اعداد سی تی نمونه های همبرگری تهیه شده در سه بار تکرار تاییدی بر دقت بالای این روش هستند. بعلاوه در ارزیابی نمونه ها با این روش با حذف کامل مواد شیمیایی، حلال های آلوده کننده و یا تست های خطرناک بالقوه ای که در طول تجزیه و تحلیل استفاده می شود، ایمنی و حفاظت از محیط زیست را فراهم می کند. این درحالی است که روش های رادیوگرافی دیجیتال، بافت شناسی و طیف سنجی جذب اتمی قادر به شناسایی دقیق میزان استخوان در نمونه ها نبوده و بیشتر از نظر کیفی پیشنهاد می شوند. در نهایت روش سی تی اسکن در مقایسه با روش های سنتی، به دلیل صرفه جویی در نیروی کار، زمان، هزینه تست کردن و همچنین صرفه جویی در هزینه های اضافی مقرون به صرفه تر می باشد. بعلاوه نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تقلبات در همبرگر معمولی حاوی ۳۰ درصد گوشت به طور وسیعی انجام می گیرد و جایگزین نمودن و الزام استفاده از دستگاه سی تی اسکن به جای آزمون های معمول اسپکتروسکوپی جذب اتمی و بافت شناسی فرآورده های گوشتی در استانداردهای مربوطه ضروری می باشد. به علاوه همان گونه که پیش بینی می شد در نمونه همبرگرهای معمولی تهیه شده از کارخانجات مختلف که توسط دستگاه سی تی اسکن مورد عکس برداری قرار گرفتند اعداد هانسفیلد به دست آمده از نمونه ها توسط نرم افزار K-PAKS تنها قادر به شناسایی استخوان (و نه پوست) در محصول بودند. جهت

به دلیل استفاده بیش از حد چربی در ساختار همبرگر باشد. این درحالی است که در سایر نمونه ها وجود استخوان مشهود می باشد.



شکل ۸- میزان عدد هانسفیلد برای نمونه های همبرگر کارخانه های مختلف

حضور استخوان و پوست در همبرگر گوشت گاو که مرتبط با اجزاء لاشه مرغ هستند؛ می تواند به دلیل استفاده غیرمجاز از خمیر مرغ باشد. لازم به توضیح است استفاده از خمیر مرغ به دلیل آلودگی میکروبی بالا و خطرات بالقوه ای که برای مصرف کنندگان دارد در حال حاضر بر اساس استاندارد ملی ایران ممنوع است. در تحقیقی که حسینی و همکاران در سال ۱۳۸۶ جهت تعیین نوع گوشت استفاده شده در تولید ۲۸۸ نمونه همبرگر تولید شده در کارخانجات فرآورده های گوشتی در سطح شهر تهران با استفاده از روش الیزای ساندویچی انجام دادند در ۴۳/۸ درصد از نمونه های همبرگر صنعتی به جای استفاده از گوشت گاو از گوشت مرغ استفاده شده بود. به طوری که در گروه حاوی ۳۰ درصد گوشت، به طور معنی داری مصرف گوشت مرغ بیشتر از سایر گروه های همبرگر صنعتی بود، علی رغم آن که در پروانه ساخت این محصولات استفاده از بافت های مرغ غیرمجاز بوده است (۲۹). در مطالعه حاضر نیز در ۸۵/۷ درصد از همبرگرهای حاوی ۳۰ درصد گوشت استخوان و پوست مرغ مشاهده شد، در حالی که در نمونه حاوی ۹۰ درصد گوشت وجود نداشت که تأیید کننده تحقیق حسینی و همکاران در سال ۱۳۸۶ و عباسی فسارانی و همکاران در سال ۱۳۹۱ است.

10. Furnols, MFI., Teran, MF., Gispert, M. 2009. Estimation of lean meat content in pig carcasses using X-ray Computed Tomography and PLS regression. *Chemometrics and intelligent laboratory systems* , 98(1): 31-7.
11. Thomas, P., Kannan, A., Degwekar, VH., Ramamurthy, M. S. 1995. Non-destructive detection of seed weevil-infested mango fruits by X-ray imaging. *Postharvest Biology and Technology*, 5(1/2): 161-65.
12. Schatzki, TF., Haff, RP., Young, R., Can, I., Le, LC., Toyofuku, N. 1997. Defect Detection in Apples by Means of X-ray Imaging. In: Sensors for Nondestructive Testing International Conference and Tour. Orlando. p. 161-71.
13. Penman, D., Olsson, O., Beach, D. 1992. Automatic X-ray inspection of canned products for foreign material. In: SPIE Conference on Mach. Vis., Applications, Architectures and Systems Integration (Chapter 36). Boston, USA. P. 342-47.
14. Kraggerud, H., Wold, J. P., Hoy, M., Abrahamsen, RK. 2009. X-ray images for the control of eye formation in cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 62: 147-53.
15. Folkestad, A., Wold, JP., Rørvik, K., Tschdi, J., Haugholt, KH., Kolstad, K., Mørkøre, T. 2008, Rapid and non-invasive measurements of fat and pigment concentrations in live and slaughtered Atlantic salmon (Salmon salar). *Aquaculture* , 280: 129-35.
16. Picouet, PA., Teran, F., Gispert, M., Font-i-Furnols, M. 2010. Lean content prediction in pig carcasses, loin and ham by computed tomography (CT) using a density model. *Meat Science* , 86: 616-22.
17. Haseth, T., Hoy, M., Egelandsdal, B., Sorheim, O. 2009. Nondestructive analysis of salt, water, and protein in dried salted cod using computed tomography. *Journal of Food Science* , 74 (3): 147-53.
18. Segtnan, V., Hoy, M., Sorheim, O., Kohle, r A., Lundby, F., Wold, JP., Ofstad, R. 2009. Noncontact salt and fat distributional analysis in salted and

شناسایی پوست در همبرگر و سایر محصولات گوشتی
روش بافت شناسی پیشنهاد می گردد.

۵- منابع

1. H, Alebouyeh, M. 2014. Detection of chicken meat adulteration in raw hamburger using polymerase chain reaction. *Journal of Food Quality and Hazards Control* , 1: 36-40.
2. Branscheid, W., Judas, M., Höreth, R. 2009. The morphological detection of bone and cartilage particles in mechanically separated meat. *Meat science*, 81(1): 46-50.
3. Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI). 2006. Microbiology mechanically deboned chicken Meat - Specification and test methods. National Standard No. 9529. (URL:<http://www.isiri.org/portal/files/std/9529.pdf>)
4. McFarlane, N., Speller, R., Bull, C., Tillett, R. 2003. Detection of bone fragments in chicken meat using X-ray backscatter. *Biosystems engineering* , 85(2): 185-99.
5. Field, R. 1999. Bone marrow measurements for mechanically recovered products from machines that press bones. *Meat science*, 51(3): 205-14.
6. Grunden, L., MacNeil, J. 1973. Examination of bone content in mechanically deboned poultry meat by EDTA and atomic absorption spectrophotometric methods. *Journal of food science* , 38(4): 712-13.
7. Sams, AR. 2001. Poultry meat processing. Boca Raton: CRC Press. p. 243-56.
8. Domingo, M., Ivan, L., Hans, I., Vladimir, R., Alvaro, S. 2010. Automated Detection of Fish Bones in Salmon Fillets using X-ray Testing. In: Fourth Pacific-Rim Symposium on Image and Video Technology. IEEE Computer Society, Singapore. p. 46-51).
9. Santos Garcés, E. 2012. Applications of computed tomography in dry-cured meat products. Ph.D. thesis in Food Technology: Girona University, Spain.

- sections. *Journal of the University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences in Brno*, 2: 155-59.
25. Tremlova, B., Starha, P. 2002. Histometric evaluation of meat products: Determination of size and number of objects. *Czech Journal of Food Sciences*, 20(5): 175-80.
 26. Abbasy-Fasarani, M., Hosseini, H., Jahed-Khaniki, GR., Adibmoradi, M., Eskandari, S. 2013. Histological study of industrial hamburgers containing 30 and 60 percent meat for presence of unpermitted edible tissues and correlation of this factor to meat connective tissue chemical indices. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 7(5): 311-18 [in Persian].
 27. Fekri, M., Hosseini, H., Eskandari, S., Jahed, Gh. R., Adib-Moradi, M. 2013. Histological study of sausages in point of unpermitted edible tissues assessment and its relationship to collage and hydroxyprolin of product. *JFST*, 41(10): 107-16 [in Persian].
 28. Sadeghinezhad, J., Izadi, F., Latorre, R. 2016. Application of Histomorphological Method to Assess Meat Products: A Case Study. *Anatomical Sciences*, 13(2):79-84.
 29. Hosseini, H., Barazandegan, K., Akhondzadeh, A., Shemshadi, B., Tavakoli, HR., Khaksar, R. 2009. Determination the kind of meat content of Patties marketed in Tehran in 1386, 6 (3):95-100 [in Persian].
 - smoked salmon fillets using x-ray computed tomography and NIR interactance imaging. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 57(5): 1705-10.
 19. Froystein, T., Sorheim, O., Berg, SA., Dalen, K. 1989. Salt distribution in cured hams, studied by computer X-ray tomography, *Fleischwirtschaft*, 69(2): 220-22.
 20. Grunden, IP., Mac Neil, J. H. 1973. Examination of bone content in mechanically deboned poultry meat by edta and atomic absorption spectrophotometric methods. *Journal of Food Science*, 38: 712-713.
 21. Branscheid, W. 2002. Optical polarization detection of bone particles in MSM. *Fleischwirtschaft*, 82(7): 92-5.
 22. Scholz, AM., Bungler, L., Kongsro, J., Baulain, U., Mitchel, AD. 2015. Non-invasive methods for the determination of body and carcass composition in livestock: dual-energy X-ray absorptiometry, computed tomography, magnetic resonance imaging and ultrasound: invited review. *Animal*, 9(7): 1250-1264.
 23. Nakano, T., Ozimek, L., Betti, M. 2012. Immunological detection of keratan sulfate in meat products with and without mechanically separated chicken meat. *Meat science*, 92(4): 867-69.
 24. Pospiech, M., Tremlová, B., Eliášová, M., Talandová, M. 2013. The optimisation of the bone fragment content determination in histological

(Original Research Paper)
**Using of Computed Tomography for Detection of Bone and Skin
Particles in Hamburger**

Alireza Jamalpour¹ , Sara Ansari^{2*}

1-MSc. Graduated Student, Department of Food Science and Technology, Kazerun Branch, Islamic Azad University, Kazerun, Iran.

2- Assistant Professor., Department of Food Science and Technology, Kazerun Branch, Islamic Azad University, Kazerun, Iran.

Received:08/07/2017

Accepted:04/11/2018

Abstract

The importance of non-destructive, rapid and easy methods for evaluating important features of hamburger, in industrially large scale production and as a research tool, is increasing. In this respect, the effect of concentration and size of bone particles and skin/ bones of chicken in normal hamburger on extracted components of computer tomography or C.T scan (average, minimum and maximum number of C.T) was studied. Then we had determined the amount of bones in several commercial samples. The amount of calcium was determined using two different methods of atomic absorption spectroscopy and tissue-coloring. The results have shown that the concentration, size of bone particles, and skin/ bones had significant effects on obtained results of C.T scan. Statistical analysis of Hounsfield number of C.T scan K-paks software have shown a strong relationship between extracted components of C.T scan images and the amount of existing bone particles and skins/ bones in hamburger formulation. Thus, the results showed that the C.T scan method is extremely appropriate in determining the amount of bones available in hamburger. On the other hand, the method of tissue-coloring is more precise compared to the atomic absorption spectroscopy method. Thus, tissue-coloring is a cheaper and faster alternative method compared to atomic absorption in order to determine the amount of calcium.

Keywords: Bones, Skin, Normal Hamburger, C.T Scan, Atomic Absorption Spectroscopy, Histology.

*Corresponding Author: ansari.fse@gmail.com