

# تشخیص تقلب در گوشت چرخ کرده گوسفند با استفاده از طیف‌سنجی VIS/NIR و روش‌های کمومتریکس (مطالعه موردی: اختلاط گوشت مرغ در گوشت گوسفندی)

امیر کاظمی<sup>۱</sup>، اصغر محمودی<sup>۲\*</sup>، هادی ولادی<sup>۳</sup>، آرش جوانمرد<sup>۴</sup>

۱. کارشناس ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تبریز (Amirkazemi422@gmail.com)

۲. دانشیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تبریز

۳. دانشیار، گروه مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تبریز

۴. استادیار، گروه علوم دامی، دانشگاه تبریز

## چکیده

گوشت یکی از منابع مغذی بسیار مهم در تامین پروتئین، آهن و ویتامین برای حرکت و متابولیسم بدن انسان است. متأسفانه برخی افراد سودجو با اختلاط گوشت مرغ و سایر گوشت‌های ارزانتر و یا بخش‌های دورریز گوشت مانند چربی، طحال و سایر بخش‌ها، گوشت چرخ کرده‌ای عرضه می‌کنند که حجم قابل توجهی از آن گوشت قرمز نمی‌باشد. عملاً تشخیص یک نوع گوشت چرخ شده از نوع دیگر گوشت چرخ شده بدلیل حذف ساختارهای مورفولوژیکی بسیار سخت است. بنابراین بررسی روش‌های سریع، آسان، اقتصادی و غیرمخرب برای تشخیص تقلب در صنعت گوشت ضروری به نظر می‌رسد. در این تحقیق به تشخیص تقلب گوشت مرغ در گوشت چرخ کرده گوسفند با استفاده از طیف‌سنجی VIS/NIR و روش‌های کمومتریکس (شیمی آماری) پرداخته خواهد شد. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها و طیف‌سنجی روش‌های پیش‌پردازش مختلفی برای بهبود عملکرد مدل‌های ایجاد شده بکار برده شد. پس از اعمال سه مدل PCA، SIMCA، و SVM نتایج نشان داد که مدل SIMCA وجود گوشت مرغ در گوشت چرخ کرده گوسفند را با دقت حدود ۹۶ درصد تشخیص داد.

کلمات کلیدی: طیف‌سنجی VIS/NIR، روش‌های کمومتریکس، تقلب، گوشت، SIMCA، SVM

نویسنده مسئول: E-mail: a\_mahmoudi@tabrizu.ac.ir

گوشت یکی از محصولات غذایی ضروری برای رژیم غذایی انسان است که بدلیل ارزش غذایی و دلپذیر بودن، به طور عمده توسط مصرف کنندگان مورد استفاده قرار می گیرد. این ماده غذایی منبع بسیار با ارزش و مغذی است که سرشار از پروتئین ها، لیپیدها، ویتامین ها و مواد معدنی مورد نیاز برای انسان است [۱]. سیستم تولید گوشت بدلیل فسادپذیری زیاد گوشت در بین سایر مواد غذایی، ناهمگن بودن بافت های گوشت حیوانات و تخلقات مربوط به خصوصیات کیفی و امنیتی گوشت ها، در میان مهم ترین و چالشی ترین سیستم های مواد غذایی حتی در کشورهای توسعه یافته است و نیازمند توجه کافی به این محصول است [۲]. هرچند که خصوصیات فیزیکی مانند ظاهر، بافت و رنگ معیارهای مهمی در زمان خرید محصولات گوشتی می باشند، ترکیب شیمیایی و جنبه های میکروبیولوژیکی نقش مهمی در کیفیت مصرف و ایمنی این محصولات دارند. اصالت یا اعتبار گوشت یک فاکتور کیفی مهم برای مطلوبیت است. متأسفانه برخی از سودجویان بدلیل منافع اقتصادی مواد ارزانتر مانند مواد زائد گوشت حیوانات، گوشت ارزانتر و مواد شیمیایی غیر گوشتی را که به عنوان تقلب محسوب می شوند را با گوشت گوسفند یا گاو مخلوط می کنند [۳]. تقلبات در صنعت گوشت می تواند به طرز موثری ذائقه ی مشتری را تحت تأثیر قرار دهد و موجب ایجاد مسائل مربوط به سلامت عمومی و مذهبی (برای مثال وجود گوشت خوک در محصولات حلال و یا وجود گوشت گاو در رژیم غذایی هندوها) شود. عملاً تشخیص یک نوع گوشت چرخ کرده از نوع دیگر گوشت چرخ کرده بدلیل حذف ساختار فیزیولوژیکی بسیار سخت است. بدین دلیل است که یکی از عمده ترین روش های تقلب در صنعت گوشت جایگزینی گوشت ارزانتر است [۴].

۵. برای کنترل ایمنی و کیفیت گوشت تعدادی از روش های مخرب مانند روش های کروماتوگرافی، روش های حرارتی و تکنیک هایی بر اساس DNA به کار برده می شوند ولی دارای اشکالاتی مانند زمان بر، مخرب، گران بودن و نیازمند به فرآیندهای آزمایشگاهی و مراحل پیچیده آماده سازی نمونه هستند [۶]. بنابراین روش های سریع تر، آسان تر، اقتصادی تر و غیرمخرب برای تشخیص گوشت های تقلبی مورد نیاز است. طیف سنجی ارتعاشی یکی از متداول ترین روش های تحلیلی برای تعیین خواص کیفی گوشت و محصولات گوشتی در طی سال ها بوده است. طیف سنجی NIR<sup>۱</sup> بدلیل دقت و سرعت عملکرد بالا، کارایی و قابلیت حمل و سادگی استفاده از آن می تواند یک روش مناسب برای کنترل سریع و کیفی گوشت و سایر مواد غذایی باشد [۷]. ردی و همکاران [۸] امکان استفاده از سیستم های طیف سنجی در محدوده ۴۰۰-۱۱۰۰ نانومتر (VIR/NIR) و ۹۰۰-۱۷۰۰ نانومتر (NIR) را برای تعیین و تخمین پروتئین های حیوانی و گیاهی به عنوان تقلب های پنهانی در گوشت های گاو و خوک بررسی کردند. مدل های بر اساس طول موج های انتخابی نسبت به مدل های بر اساس تمام طول موج ها نتایج بهتری را برای طبقه بندی و پیش بینی ارائه دادند. ژنگ و همکاران [۹] روش طیف سنجی NIR همراه با مدل رگرسیون حداقل مربعات جزئی<sup>۲</sup> (PLSR) بر اساس تمام طیف ها و طیف های انتخابی را برای پیش بینی مقدار تقلب

<sup>۱</sup> Near-infrared radiation spectroscopy

<sup>۲</sup> Partial least square regression

گوشت اردک در گوشت چرخ شده گوسفند به کار بردند. مدل PLSR تمام طیف بهترین نتایج را با ضریب تعیین ۰/۹۹۷۴ و ریشه میانگین مربعات خطا ۱/۶۰ حاصل کرد. کامروزامان و همکاران [۱۰] طی تحقیقی به بررسی اختلاط گوشت مرغ در گوشت گاو پرداختند. تصاویر فرا طیفی در حالت بازتابی اخذ شدند و به حالت طیف جذبی تبدیل شدند. سپس مدل PLSR برای تعیین ارتباط اطلاعات طیفی با میزان تقلب ایجاد شد. نتایج حاصل نشان دهنده کارایی مناسب روش طیف سنجی NIR برای تشخیص تقلب در گوشت چرخ شده گاو است. آلامپرس و همکاران [۱۱] به بررسی پتانسیل روش طیف سنجی در محدوده های UV-VIS، NIR و MIR برای تعیین کردن تقلب گوشت بوقلمون در گوشت گاو پرداختند. اطلاعات طیفی بدست آمده با روش هایی مانند تحلیل مولفه های اصلی (PCA) و PLSR مورد پردازش قرار گرفتند. در میان روش های طیف سنجی بر اساس ریشه میانگین مربعات خطا، بهترین نتایج با روش های NIR و MIR بدست آمد. با توجه به کارآمدی و پاسخگویی مناسب روش طیف سنجی NIR در این پژوهش به تشخیص تقلب گوشت مرغ در گوشت گوسفند با استفاده از طیف سنجی VIS/NIR و روش های کمومتریکس (شیمی آماری) پرداخته شد.

## مواد و روش ها

### آماده سازی نمونه ها

مقدار ۲۵۰۰ گرم گوشت خالص گوسفند و ۱۰۰ گرم گوشت مرغ از کشتارگاه صنعتی و سوپرمارکت واقع در شهر بناب، استان آذربایجان شرقی خریداری شد. سپس مواد زائد در گوشت های گوسفند و مرغ حذف شدند و هر کدام به صورت جداگانه و سه مرتبه با دستگاه چرخ کن خانگی (نانیوا MT1500، ایران) چرخ گردید. سپس نمونه ها با ترازوی دقیق دوصفرو هر کدام به مقدار ۱۰ گرم توزین شدند. به صورت کلی ۱۸۰ نمونه در ۶ دسته و در هر دسته ۲۰ عدد نمونه وجود داشت که شامل گوشت گوسفند خالص، گوشت مرغ خالص و گوشت های تقلبی با درصدهای وزنی ۵٪، ۱۰٪، ۱۵٪ و ۲۰٪ بود. برای مثال برای نمونه تقلبی گوشت گوسفند با ۵٪ وزنی گوشت مرغ ۹/۵ گرم گوشت گوسفند و ۰/۵ گرم گوشت مرغ با ترازوی دقیق توزین شدند، سپس در چندین مرحله برای اختلاط بیشتر در دستگاه چرخ کن شدند. این مراحل برای تقلب با درصدهای وزنی دیگر نیز تکرار شدند. ذکر این نکته ضروری است که برای جلوگیری از خطا در آزمایش در هر مرحله از چرخ کردن قطعات دستگاه چرخ کن به صورت جدا از هم شسته می شدند. پس از آماده شدن هر نمونه در ظرف پتری خشک (قطر ۸cm و عمق ۱cm) قرار داده شدند و بر چسب مربوط به هر کدام قرار داده شد و تا روز آزمایش در دمای ۵- درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

### حصول داده های طیفی:

برای انجام آزمون طیف سنجی VIS/NIR از یک دستگاه طیف سنج مرئی - مادون قرمز نزدیک در محدوده ۱۱۰۰-۲۰۰ نانومتر موجود در آزمایشگاه دانشکده مهندسی برق و الکترونیک دانشگاه تبریز استفاده شد. دستگاه طیف سنجی شامل منبع نور، لنزها، فیبرنوری، جایگاه فیبرنوری، اسپکترومتر و سیستم

کامپیوتر بود. نمونه‌ها در حلالت بازتابی (۲۰۰-۱۱۰۰ نانومتر) در اسپکترومتر مدل Photon Tec Berlin (GmbH, Germany) اسکن شدند و سپس از طریق فرمول  $\log(1/R)$  به حالت جذبی و در نرم افزار اکسل تبدیل شدند. آزمون طیف‌سنجی بدین طریق روی تک تک نمونه‌ها انجام شد که منبع نور در فاصله مناسب نسبت به نمونه قرار گرفت و به وسیله لنزها نور منبع بر روی یک نقطه از نمونه در هر بار آزمایش متمرکز شد. به طور کلی از هر نمونه ۳ مرتبه آزمون طیف‌سنجی انجام شد و در نهایت میانگین این طیف‌ها به عنوان طیف نهایی برای تحلیل مورد استفاده قرار گرفت. فیبر نوری تقریباً مماس بر سطح نمونه قرار گرفت تا طیف بازتابی از سطح نمونه را به آشکارساز بفرستد، سپس طیف نوری توسط آشکارساز به سیگنال الکتریکی تبدیل شد و بر روی کامپیوتر نمایش داده شد. داده‌های عددی ذخیره شده به نرم افزار Unscrambler ورژن 10.4 منتقل شدند تا آنالیز داده‌ها و مدل‌سازی در این نرم افزار انجام شود.

### پیش پردازش و مدل‌سازی

یک مشکل عملی در کاربرد روش NIR مشکلاتی در فرآیند بدست آوری سیگنال است. حصول داده‌های طیفی توسط اثرات پراکندگی از منبع تابش که ناشی از تنوع در اندازه طول موج‌های NIR و همچنین توسط غیر یکنواختی نمونه‌ها مانند ضخامت نمونه‌ها و یا اندازه ذرات و پراکندگی آن‌ها در نمونه‌ها با چالش روبروست. بنابراین برای مدل‌سازی آسان‌تر و بهتر، پیش پردازش روی داده‌های طیفی یک مرحله اساسی در مدل‌سازی است. روش‌های پیش پردازش تشخیص داده‌های دارای اطلاعات مفید را از داده‌هایی که به طور منفی تحت تاثیر پراکندگی نور و یا تغییرات در ضخامت نمونه‌ها قرار گرفته‌اند را ممکن می‌سازد. در تحقیق حاضر بدلیل وجود اثرات پراکندگی از دوروش ساویتری-گلای (Savitzky-Golay) و تصحیح پراکنش فزاینده<sup>۳</sup> (MSC) استفاده شد. پس از پیش پردازش داده‌ها، نوبت به مرحله تکنیک‌های آماری چند متغیره می‌رسد تا مدل‌هایی را ایجاد و آن‌ها را اعتبارسنجی کنیم. داده‌های طیفی در محدوده طیفی ۴۵۰ نانومتر تا ۹۵۰ نانومتر برای ایجاد مدل‌ها استفاده شد. نتایج حاصل از پیش پردازش را با استفاده از نرم افزار Unscrambler و روش‌های کمومتریکس PCA, SIMCA<sup>۴</sup> و SVM<sup>۵</sup> تجزیه تحلیل شوند.

مدل تحلیل مولفه‌های اساسی (PCA) رایج‌ترین روش کاهش داده‌هاست که ماتریس داده‌های اولیه را به نمایش ساده‌تر که از متغیرهای مترکم شده که مولفه‌های اساسی (PC) نامیده می‌شوند تغییر می‌دهد. بنابراین هدف مدل‌سازی PCA، نمایش تنوع در مجموعه داده‌ها (مانند طیف‌های IR) با استفاده از کمترین متغیرهای ممکن است، بدین صورت که از ترکیب خطی متغیرهای اصلی برای ایجاد متغیرهای جدید استفاده می‌شود [۱۲].

در این پژوهش مدل PAC برای تشخیص و جداسازی گروه‌های نمونه‌های خالص و تقلبی به کار

<sup>3</sup> Multiplicative Scattering Correction

<sup>4</sup> Soft Independent Modelling of Class Analogy

<sup>5</sup> Support Vector Machine

گرفته شد و برای هر مجموعه داده یک مدل PAC ایجاد شد.

برخلاف روش‌های آنالیز تشخیصی (Discriminant Analysis) که براساس یافتن جهت‌ها در یک فضای مشترک که کلاس‌ها را جداسازی می‌کند، روش مدل‌سازی SIMCA براساس تعریف فضای منحصر به فرد برای هر کلاس عمل می‌کند. این مدل، مدل‌های مخصوص هر کلاس را با استفاده از فضای متعلق به آن‌ها تعریف می‌کند و سپس نمونه‌ی شناخته نشده را به مدل برای تعیین کلاس وارد می‌کند [۱۳]. این روش مدل‌سازی بر اساس مدل‌سازی تشابه‌ها در میان نمونه‌های متعلق به هر گروه با استفاده از تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) است. بنابراین هر مدل PCA مستقل برای هر گروه به طور جداگانه محاسبه می‌شود. نتایج مدل‌سازی SIMCA بوسیله حساسیت (Sensitivity)، دقت (Specificity) و درصد تشخیص درست بیان می‌شوند. حساسیت نشان‌دهنده درصد نمونه‌هایی که بدرستی به گروه اختصاص داده شده‌اند و دقت نشان‌دهنده درصد نمونه‌هایی که بدرستی از گروه رد شده‌اند. مقادیر حساسیت و دقت مطابق فرمول‌های زیر محاسبه می‌شوند:

$$\text{Sensitivity} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (1)$$

$$\text{Specificity} = \frac{TN}{TN+FN} \quad (2)$$

$$\text{CCR} = \frac{TP+TN}{TP+FN+TN+FN} \quad (3)$$

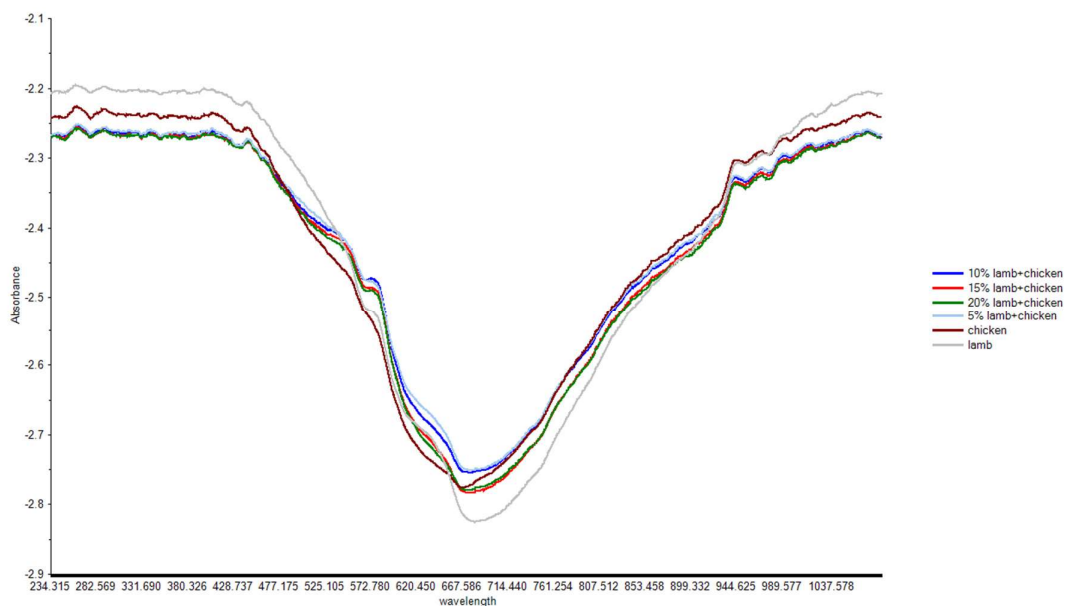
TN، تعداد نمونه‌های تقلبی که به طور صحیح به عنوان نمونه‌های تقلبی شناخته شده‌اند، FP تعداد نمونه‌های تقلبی که به طور اشتباه نمونه خالص تشخیص داده شده‌اند، TP تعداد نمونه‌هایی که به طور صحیح به عنوان نمونه خالص تشخیص داده شده‌اند و FN تعداد نمونه‌های خالص که اشتباهاً نمونه تقلبی تشخیص داده شده‌اند.

SVM یک روش طبقه‌بندی با ناظر<sup>۶</sup> همراه با الگوریتم‌های یادگیری است که برای آنالیزهای رگرسیونی و جداسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در پژوهش حاضر با تعریف مجموعه داده‌های آموزشی که هر کدام به یکی از دو کلاس (خالص و تقلبی) اختصاص می‌یابند، یک الگوریتم SVM مدلی را ایجاد می‌کند که نمونه‌های جدید یا نمونه‌های تست را به یکی از کلاس‌ها اختصاص می‌دهد. نمونه‌ها در کلاس‌های جدا از هم بوسیله فواصلی از هم جدا می‌شوند [۱۴].

نتایج و بحث

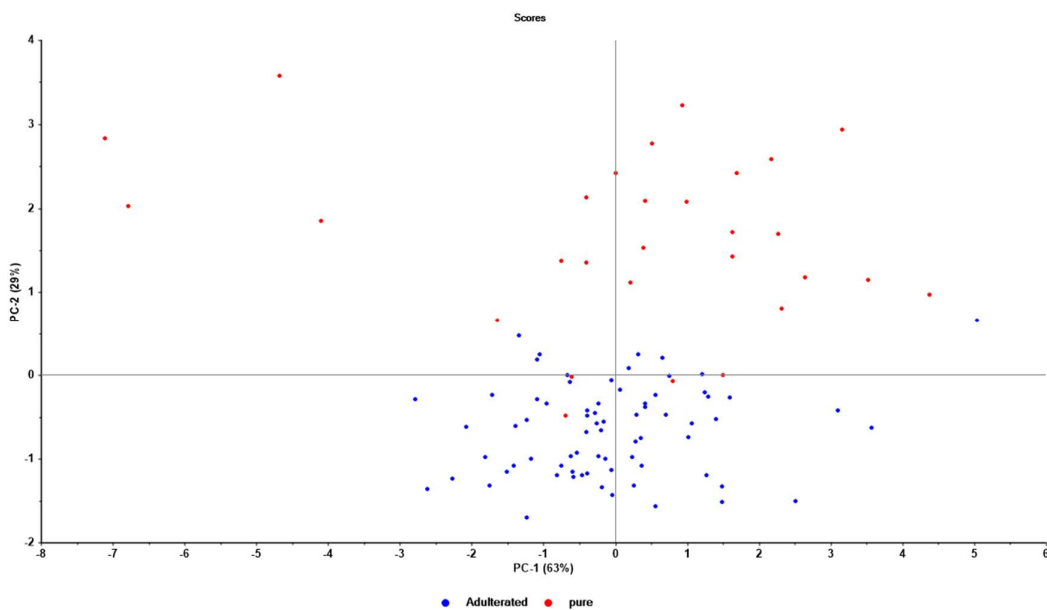
طیف‌های میانگین جذبی بدست آمده از نمونه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده‌اند:

<sup>6</sup> Supervised



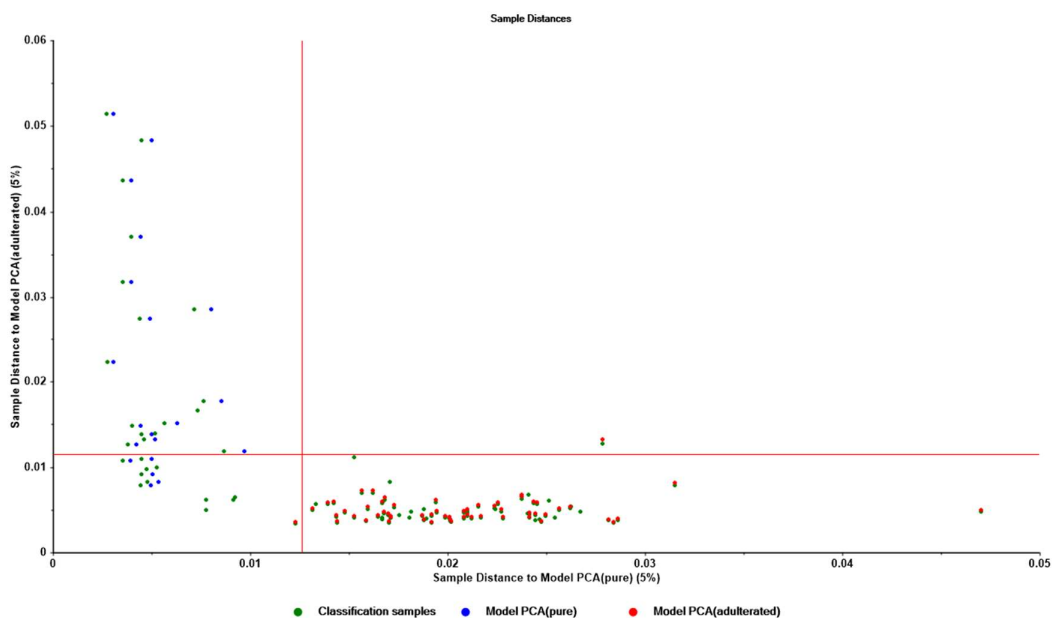
شکل ۱. نمودار میانگین طیف بدست آمده VIS/NIR

همانطور که از شکل مشخص است، تفاوت قابل توجهی در محدوده طیفی ۶۰۰ تا ۷۵۰ نانومتر وجود دارد که احتمالاً بدلیل ارتعاشات در گروه‌های جذب در مایعات است. شکل ظاهری طیف‌ها مشابه یکدیگرند و تفاوت تنها در مقدار جذب آنها طبق مقدار تقلب گوشت مرغ در گوشت گوسفند است. بنابراین این مناطق که تفاوت‌ها در میزان جذب طیف‌ها مشهود است برای تحلیل استفاده می‌شوند. پس از مدلسازی PCA، شکل ۲ نمودار Score plot را برای طبقه‌بندی کلاس‌ها نشان می‌دهد. دو مولفه اصلی PC1 و PC2 بدلیل نمایش بیشترین میزان از متغیرها برای مدلسازی استفاده شدند. این دو مولفه نشان‌دهنده حدود ۹۲ درصد از کل متغیرها هستند. همانطور که از شکل ۲ نمایان است بدلیل اینکه دو دسته نمونه‌های خالص و تقلبی در دو مکان جدا از هم در نمودار مشخص هستند، این مطلب نشان‌دهنده قابلیت زیاد جداسازی نمونه‌های خالص و تقلبی در این مدل است. همچنین این مدل نشان‌دهنده این است که نمونه‌های نزدیک به هم در دسته‌ها دارای خواص مشابهی نسبت به هم و خواص متفاوتی نسبت به نمونه‌های دور از آنها را دارند. شکل PC1 را با PC2 نمودار می‌کند و نشان‌دهنده قابلیت زیاد جداسازی نمونه‌های خالص و تقلبی است.



شکل ۲. نمودار score plot

پس از مدل‌سازی PCA، مدل SIMCA با استفاده از تمام طیف‌ها ایجاد شد بطوریکه ۷۰ درصد داده‌ها، داده‌های کالیبراسیون و ۳۰ درصد بقیه داده‌های تست تعیین شدند و نمودارهای Coomans' با سطح دقت ۵٪ بدست آمدند. این نمودار نشان‌دهنده فاصله عمودی نمونه‌ها به دو مدل کلاس‌ها است. محدودیت عضویت به کلاس‌ها ( $S_0$ )، آستانه قرارگیری یا تشخیص نمونه‌ها به داخل یا خارج دو کلاس را تعیین می‌کند. اگر یک نمونه به یک کلاس خاص تعلق داشته باشد، باید در محدوده عضویت آن مدل که همان  $S_0$  است قرار بگیرد. این محدوده در نمودار Coomans' در قسمت چپ خط عمودی و یا زیر خط افقی است نشان داده می‌شود. اگر نمونه‌ای خارج از محدوده  $S_0$  قرار گیرد (برای مثال ربع بالا سمت راست) به هیچ یک از مدل‌ها تعلق نمی‌گیرد و چنانچه مابین دو خطوط افقی و عمودی قرار بگیرد (نزدیک مبدأ مختصات) آن نمونه به هر دو نمونه می‌تواند تعلق بگیرد. شکل ۳ نمودار Coomans' پس از پیش‌پردازش با روش ساویتری-گلای که نشان‌دهنده قدرت تفکیک نمونه‌های خالص و تقلبی است را نشان می‌دهد. در این نمودار نمونه‌های سبز رنگ نمونه‌های تست برای طبقه‌بندی هستند. نمونه‌های قرمز رنگ نشان‌دهنده نمونه‌های کالیبراسیون در مدل PCA برای نمونه گوشت‌های خالص و نمونه‌های آبی رنگ نشان‌دهنده نمونه‌های کالیبراسیون در مدل PCA برای نمونه گوشت‌های تقلبی است. با توجه به شکل می‌توان دریافت که نمونه گوشت‌های خالص گوسفند از نمونه گوشت‌های تقلبی به صورت قابل قبولی جداسازی می‌شوند.



شکل ۳. نمودار Coomans' بدست آمده از مدل SIMCA

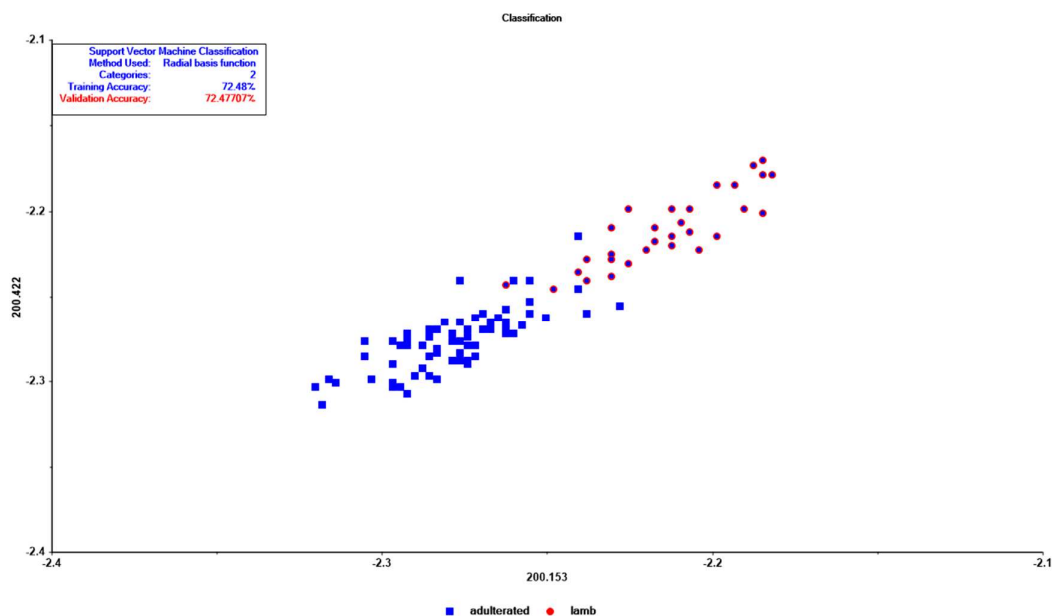
همچنین قدرت تشخیص مدل SIMCA با استفاده از تکنیک‌های پیش پردازش مختلف در جدول ۱ نمایش داده شده است.

جدول ۱. مقادیر درصد نمونه‌های درست تشخیص داده شده، حساسیت و دقت بدست آمده با مدل SIMCA برای گوشت گوسفند تقلب شده با گوشت مرغ

روش‌های پیش پردازش	گوسفند + مرغ	%CC	حساسیت	دقت
-		۸۰	۰/۸۶۶	۰/۹۳۶
ساویتری-گلای		۹۶	۰/۹۳۳	۰/۹۶۲
MSC		۳۱/۲	۰/۱۳۳	۰/۴۴۳

در مدل SVM، نمونه‌ها به دو گروه گوشت خالص گوسفند و گوشت تقلبی با گوشت مرغ تقسیم بندی می‌شوند. نتایج مدل‌سازی SVM در شکل ۴ نشان داده شده است.





شکل ۴. مدل SVM

مطابق شکل مدل دارای دقت تقریباً ۷۲ درصد است. یعنی مدل توانسته ۷۲ درصد داده‌ها را به طور صحیح طبقه‌بندی کند.

طبق نتایجی که در مطالعه Velioglu و همکاران در سال ۲۰۱۸ آنالیز داده‌های اسپکتروسکوپی را با بهره‌گیری از روش‌های کمومتریکس برای طبقه‌بندی نمونه‌های offal خالص و تقلبی انجام داد. روش PLS با ضریب تعیین ۰/۹۴۷ برای تعیین میزان تقلب از PCA موثرتر ارزیابی شد [۱۵]. همچنین یافته‌های حاضر با نتایج بدست آمده از مطالعه Ofelia و همکاران در سال ۲۰۱۰ در شناسایی تقلبات گوشت چرخ‌شده مطابقت دارد. این مطالعه مبتنی بر آنالیز طیف‌های حاصله از طیف‌سنجی MIR با استفاده از روش PLS که در آن ضریب تعیین روش SIMCA ۰/۹۹۹ بدست آمد [۵].

#### نتیجه‌گیری

در این تحقیق، پتانسیل طیف‌سنجی VIS/NIR برای طبقه‌بندی گوشت خالص گوسفند از گوشت تقلب شده گوسفند با گوشت مرغ مورد بررسی قرار گرفت. بدلیل وجود نویزها و نوسانات در داده‌های طیفی از روش‌های پیش‌پردازش برای رفع آنها استفاده شد و بهترین روش پیش‌پردازش نرم‌سازی ساویتری-گلای تعیین شد. مدل PCA برای کاهش ابعاد داده‌ها ایجاد شد. سپس مدل‌های SIMCA و SVM ایجاد شدند و بهترین نتیجه جداسازی با میزان ۹۶ درصد با استفاده از مدل SIMCA بدست آمد که نشان‌دهنده قابلیت خوب طیف‌سنجی VIS/NIR همراه با روش‌های کمومتریکس برای تشخیص تقلب در گوشت است.

#### References

- .<sup>1</sup> Kademi HI, Ulusoy BH, Hecer C. Applications of miniaturized and portable near infrared spectroscopy (NIRS) for inspection and control of meat and meat products. *Food Reviews International*. 2019;35(3):201-20.
- .<sup>2</sup> Ellis DI, Goodacre R. Rapid and quantitative detection of the microbial spoilage of muscle foods: Current status and future trends. *Trends in Food Science and Technology*. 2001;12(11):414-24.
- .<sup>3</sup> Leng T, Li F, Xiong L, Xiong Q, Zhu M, Chen Y. Quantitative detection of binary and ternary adulteration of minced beef meat with pork and duck meat by NIR combined with chemometrics. *Food Control*. 2020;113:107203.
- .<sup>4</sup> Hargin KD. Authenticity issues in meat and meat products. *Meat Science*. 1996;43(SUPPL. 1):277-89.
- .<sup>5</sup> Meza-Márquez OG, Gallardo-Velázquez T, Osorio-Revilla G. Application of mid-infrared spectroscopy with multivariate analysis and soft independent modeling of class analogies (SIMCA) for the detection of adulterants in minced beef. *Meat Science*. 2010;86(2):511-9.
- .<sup>6</sup> Weng S, Guo B, Tang P, Yin X, Pan F, Zhao J, et al. Rapid detection of adulteration of minced beef using Vis/NIR reflectance spectroscopy with multivariate methods. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 2020;230.
- .<sup>7</sup> Weeranantanaphan J, Downey G, Allen P, Sun DW. A review of near infrared spectroscopy in muscle food analysis: 2005-2010. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*. 2011;19(2):61-104.
- .<sup>8</sup> Rady A, Adedeji A. Assessing different processed meats for adulterants using visible-near-infrared spectroscopy. *Meat Science*. 2018;136:59-67.
- .<sup>9</sup> Zheng X, Li Y, Wei W, Peng Y. Detection of adulteration with duck meat in minced lamb meat by using visible near-infrared hyperspectral imaging. *Meat Science*. 2019;149:55-62.
- .<sup>10</sup> Kamruzzaman M, Makino Y, Oshita S. Rapid and non-destructive detection of chicken adulteration in minced beef using visible near-infrared hyperspectral imaging and machine learning. *Journal of Food Engineering*. 2016;170:8-15.
- .<sup>11</sup> Alamprese C, Casale M, Sinelli N, Lanteri S, Casiraghi E. Detection of minced beef adulteration with turkey meat by UV-vis, NIR and MIR spectroscopy. *LWT - Food Science and Technology*. 2013;53(1):225-32.
- .<sup>12</sup> Callao MP, Ruisánchez I. An overview of multivariate qualitative methods for food fraud detection. *Food Control*. 2018;86:283-93.
- .<sup>13</sup> Bakeev KA. *Process Analytical Technology: Spectroscopic Tools and Implementation Strategies for the Chemical and Pharmaceutical Industries: Second Edition* 2010.
- .<sup>14</sup> Li H, Liang Y, Xu Q. Support vector machines and its applications in chemistry. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 2009;95(2):188-98.
- .<sup>15</sup> Velioglu HM, Sezer B, Bilge G, Baytur SE, Boyaci IH. Identification of offal adulteration in beef by laser induced breakdown spectroscopy (LIBS). *Meat Science*. 2018;138:232-238.

## **Detection of adulteration in minced lamb by VIS/NIR spectroscopy and chemometrics methods ( chicken adulteration in minced lamb meat)**

**Amir Kazemi<sup>a</sup> , Asghar Mahmoudi<sup>a,\*</sup>, Hadi Veladi<sup>b</sup>, Arash Javanmard<sup>c</sup>**

**<sup>a</sup> University of Tabriz, Department of Biosystems Engineering, 29 Bahman Blvd., Tabriz, Iran**

**<sup>b</sup> University of Tabriz, Department of Electrical and Computer, 29 Bahman Blvd., Tabriz, Iran**

**<sup>c</sup> University of Tabriz, Department of animal science, 29 Bahman Blvd., Tabriz, Iran**

**\*Corresponding author**

E-mail: [a\\_mahmoudi@tabrizu.ac.ir](mailto:a_mahmoudi@tabrizu.ac.ir)

### **Abstract**

Meat is one of most important nutrients that supplies the majority of human body's need from proteins, iron, and vitamins .Nowadays the meat industry has faced with adulteration problem, that has endangered consumer's reliance and safety. Then having a reliable, fast, and non-destructive method for evaluating and detecting the meat adulteration is necessary. The present study's aim is detecting the adulteration of chicken meat in lamb minced meat with VIS/NIR spectroscopy combined with chemometric methods. Some preprocessing methods applied and supervised and unsupervised classification models were built. the best result of SIMCA model with %cc of 96 percent showed that this method is useful for detection of meat adulteration.

**Keywords:** VIS/NIR spectroscopy, chemometric techniques, meat fraud, SIMCA, SVM