

شناسایی تقلبات شیر شتر با استفاده از مدل سازی تغییرات رنگی توسط پردازش تصویر و روش متقاطع مخلوط - فرایند

مرتضی کاشانی نژاد^۱، محبت محبی^{۲*}

۱- دانشجوی دکتری، مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

* نویسنده مسئول (mohebbatm@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۲۳

واژه‌های کلیدی

تغییرات رنگی

تقلب

روش مخلوط - فرایند

شیر شتر

چکیده

امروزه، تقلب مواد غذایی در جوامع مختلف با انگیزه اقتصادی در حال گسترش است. از طرفی تقلب و افزودن مواد کم‌هزینه به ماده غذایی سلامتی مصرف‌کنندگان را به مخاطره می‌اندازد. شیر به‌ویژه شیر شتر با توجه به محدودیت‌های تولید و ارزش اقتصادی بالا جزء مواردی است که از قدیم در آن تقلب صورت می‌گرفته است. از طرفی با افزایش تقاضا برای محصولات غذایی با کیفیت و سالم انتظارات برای طراحی روش‌هایی که کار کنترل کیفی مواد غذایی را با دقت و سرعت بالا انجام دهد و در عین حال دارای صحت بالایی باشد افزایش یافته است. لذا در این پژوهش کشف تقلبات افزودن آب، شیر گاو و جوش شیرین به شیر شتر به کمک فرایند حرارتی و معرف با استفاده از مدل‌سازی تغییرات رنگی (L^* ، a^* ، b^* ، ΔE ، شاخص کروما، زاویه فام و اندیس قهوه‌ای شدن) توسط پردازش تصویر و روش متقاطع مخلوط - فرایند مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به اثرات معنی‌داری بیان شده، می‌توان نتیجه گرفت به منظور تشخیص تقلب شیر گاو به شیر شتر در صورتی که مخلوط این دو را حرارت دهیم با اندازه‌گیری اندیس قهوه‌ای شدن می‌توان به تقلب مربوطه پی‌برد و در صورتی که در این روش از معرف نیز استفاده شود علاوه بر اندیس قهوه‌ای شدن از متغیرهای (L^* ، a^* ، b^* و زاویه فام) نیز می‌توان استفاده نمود. افزودن دو تقلب هم‌زمان شیر گاو و آب نیز از طریق اندازه‌گیری (L^* ، a^* ، b^* ، زاویه فام و اندیس قهوه‌ای شدن) قابل کشف می‌باشد. تشخیص افزودن جوش شیرین به شیر شتر نیز از طریق اندازه‌گیری متغیرهای (L^* ، a^* ، b^* ، ΔE ، شاخص کروما، زاویه فام و اندیس قهوه‌ای شدن) امکان‌پذیر است.

مقدمه

شیر تولید کند. بررسی‌ها نشان داده است شیر شتر دارای خاصیت دارویی است. پروتئین لاکتوفیرین^۱ در شیر شتر ۱۰ بار بیشتر از شیر گاو و دارای خاصیت ضدباکتریایی و ضدویروسی است. شیر شتر دارای قابلیت مبارزه با بیماری‌هایی مثل سرطان، آلزایمر، هپاتیت C، HIV، سل، زخم معده و دیابت می‌باشد.

افزایش جمعیت و کاهش تولید سرانه مواد غذایی در کشورهای در حال توسعه، توجه به توسعه منابع حاشیه‌ای مانند مراتع خشک و نیمه‌خشک و بهینه‌سازی موقعیت آنها از طریق گسترش سیستم‌های مناسب تولید دام، به‌ویژه شتر را ضروری ساخته است. برخلاف سایر دام‌های شیرده، شتر می‌تواند در شرایط سخت دمایی، خشکسالی و کمبود علوفه رشد نموده و

¹ Lactoferrin

دوربین دیجیتال قابل اندازه‌گیری است (یعقوبی و همکاران، ۱۳۹۲). بروز تغییر در رنگ مواد غذایی می‌تواند، حیاتی باشد زیرا می‌تواند شروع رسیدگی و یا اختلال را نشان دهد. درحال حاضر نیز از فضاهای رنگی و ارزش‌های وابسته عددی برای ایجاد ارائه و تصویرسازی رنگ‌ها در فضاهای دو بعدی و سه بعدی استفاده می‌شود (Mery & Pedreschi, 2005). بیشترین موفقیت‌ها در تعیین کمی رنگ مواد غذایی برحسب قرمز، سبز و آبی مشهود بوده‌اند (Jackman *et al.*, 2008). Huang *et al.* (2008) و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند فضای رنگی $L^*a^*b^*$ مناسب‌ترین کاربرد را بعد از فضای RGB برای تصویربرداری به شیوه دیجیتال دارد زیرا همبستگی میان R، G و B اجزای فضای رنگی RGB حذف شده‌اند (Huang *et al.*, 2013). مدل رنگی یک استاندارد بین‌المللی برای اندازه‌گیری رنگ است که توسط کمیسیون بین‌المللی روشنایی^۸ ارائه گردید (یعقوبی و همکاران، ۱۳۹۲). L^* مؤلفه روشنایی یا درخشندگی است که دارای محدوده صفر تا ۱۰۰ است و پارامتر a^* (از سبز تا قرمز) و b^* (از آبی تا زرد) دو مؤلفه رنگی با محدوده‌ای از ۱۲۰ تا ۱۲۰ هستند. فضای رنگی lab از نظر ادراکی یکنواخت است به‌طور مثال فاصله اقلیدسی^۹ بین دو رنگ مختلف تقریباً مطابق با تفاوت رنگ درک شده توسط چشم انسان است (Huang *et al.*, 2013).

رنگ شیر معمولاً سفید کدر یا به اصطلاح سفید چینی است که ناشی از انعکاس نور توسط گلبول‌های چربی و ذرات کلوئیدی، کازئینات کلسیم و فسفات کلسیم می‌باشد. وقتی که چربی شیر زیاد باشد (به‌خصوص چربی حاوی مقدار زیادی کاروتن باشد) رنگ شیر متمایل به زرد شده و در مقابل، شیر کم‌چربی یا شیری که به آن آب اضافه شده باشد، به‌طور خفیفی آبی رنگ به نظر می‌رسد. رنگ زرد شیر، ناشی از کاروتن (و تا حدی گزانتوفیل) است که رنگدانه محلول در چربی می‌باشد. شدت رنگ زرد به عواملی نظیر نژاد، تغذیه، اندازه گلبول‌های چربی، درصد چربی شیر و غیره بستگی دارد (Doan, 1924).

میزان آب شیر در شترهایی که آب کمتری مصرف می‌کنند، افزایش یافته و متعاقب ماده جامد کل نیز کاهش می‌یابد. مقدار پروتئین شیر شتر بین ۲ تا ۵/۵ درصد است که بی‌شبهت به پروتئین گاو نیست. میزان ویتامین C آن در حدود ۳ برابر شیر گاو و ۱/۵ برابر شیر انسان می‌باشد و غنی از آهن، اسیدهای چرب غیراشباع و ویتامین B می‌باشد، درحالی که ویتامین A شیر شتر کم می‌باشد. متوسط لاکتوز شیر شتر (۴/۶۲ درصد) کمی پایین‌تر نسبت به شیر گاو (۴/۸۰ درصد) می‌باشد (El-Agamy EI & Nawar, 2000).

امروزه پدیده تقلب به‌طور گسترده‌ای در جوامع مختلف توسط افراد سودجو به‌طور عمدی و حساب‌شده در مواد غذایی اعمال می‌گردد. شیر به‌ویژه شیر شتر با توجه به محدودیت‌های تولید و ارزش اقتصادی بالا جزء مواردی است که از قدیم در آن تقلب صورت می‌گرفته است. هرگونه دخل و تصرفی در شیر شتر (شامل افزودن آب، گرفتن چربی، افزودن آب نمک، آب پنیر، شیرخشک و اوره و غیره) یا افزودن مواد خنثی‌کننده (سدیم هیدروکسید^۱، کربنات‌ها^۲، بی‌کربنات‌ها^۳ و غیره) و یا مواد بازدارنده رشد میکروبی (از قبیل آب اکسیژنه^۴، فرمالین^۵، بورات‌ها^۶، سوربات‌ها^۷) و آنتی‌بیوتیک و غیره به‌عنوان تقلب محسوب می‌شود. از طرفی بررسی خلوص و کشف تقلبات در شیر شتر نیاز به انجام آزمایش‌هایی دارد که برخی از آنها مستلزم صرف هزینه و زمان زیادی است. لذا با افزایش تقاضا برای محصولات غذایی با کیفیت و سالم، انتظار برای طراحی روش‌هایی که کنترل کیفی مواد غذایی را با دقت و سرعت بالا انجام دهد و درعین حال دارای صحت بالایی باشد، افزایش یافته است.

از میان مشخصه‌های مواد غذایی از جمله رنگ، اندازه شکل و بافت که به‌منظور درجه‌بندی و کنترل کیفیت مواد غذایی به‌کار می‌رود، رنگ ساده‌ترین ویژگی برای اندازه‌گیری است که به‌راحتی توسط

¹ Sodium Hydroxide

² Carbonates

³ Bicarbonates

⁴ Hydrogen Peroxide

⁵ Formaldehyde

⁶ Borates

⁷ Sorbates

⁸ International Commission on Illumination

⁹ Euclidean Distance

میزان تازگی شیر فرادما را با تعیین شاخص‌های رنگی توسط پردازش تصویر تعیین کردند.

تاکنون پژوهشی در زمینه تعیین تقلبات شیر شتر به کمک فرایند حرارتی و معرف از طریق رنگ‌سنجی و با استفاده از تکنیک تحلیل تصویر صورت نگرفته است. لذا هدف از این تحقیق تعیین تقلب افزودن آب، شیر گاو و افزودن جوش شیرین به شیر شتر به کمک فرایند حرارتی و معرف با استفاده از مدل‌سازی تغییرات رنگی توسط تحلیل تصاویر رقمی و روش متقاطع مخلوط - فرایند است.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه

شیر شتر و شیر گاو مورد استفاده با ترکیبات مشخص (جدول ۱) از بازار محلی مشهد تهیه شدند. آب مورد استفاده، آب مقطر بود و بی‌کربنات سدیم^۵ یا جوش شیرین با فرمول NaHCO_3 با درجه خلوص ۹۵ درصد و شناساگر رنگی متیل‌رد^۶ (۱۰ گرم متیل‌رد در ۱۰۰ سی‌سی اتانول) از بازار محلی تهیه گردید.

روی شیر شتر تهیه‌شده پس از انجام آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی^۳ تقلب رایج شامل افزودن شیر گاو، آب و افزودن جوش شیرین بر طبق طرح آماری مخلوط - فرایند صورت پذیرفت.

به منظور حذف اثر pH در تغییرات رنگی به وجود آمده در نمونه‌هایی که نیاز به افزودن جوش شیرین بود، نمونه مورد نظر ابتدا در دمای محیط (۲۰ درجه سانتی‌گراد) حدود ۶ ساعت به منظور کاهش pH نگهداری شدند و سپس میزان جوش شیرین مشخصی به آنها افزوده شد تا پس از افزودن جوش شیرین، pH نهایی تمام نمونه‌ها یکسان باشد.

مطالعه‌های زیادی درباره رنگ‌سنجی محصولات مختلف غذایی به منظور ارزیابی کیفی کنترل مراحل مختلف تولید و فراوری و درجه‌بندی محصولات انجام شده است. از جمله محصولات مورد توجه در این زمینه شیر و فراورده‌های لبنی هستند.

Cais-Sokolińska و همکاران (۲۰۰۴) همبستگی میان پارامترهای رنگی $L^*a^*b^*$ و میزان هیدروکسی‌متیل فورفورال^۱ حاصل از واکنش میلارد در شیر استریلیزه را نشان دادند. Borin و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از تحلیل تصاویر رقمی مقدار لاکتوباسیلوس^۲ را در شیرهای تخمیری تعیین و بیان کردند که استفاده از تحلیل تصاویر رقمی برای محاسبه میکروارگانیزم‌های غذایی روشی ارزان و بدون خطر خواهد بود. Dmytrów و همکاران (۲۰۱۰) خواص ارگانولپتیک و مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی^۲ نوع شیر بز استریلیزه‌شده فرادما با مارک‌های تجاری مختلف را ارزیابی کردند. Santos و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از تصاویر دیجیتال و کمومتریکس^۳ مقدار آب و سدیم هیدروکسید را در شیر گاو تعیین کردند. Sullivan و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که تصاویر دیجیتال می‌تواند اطلاعات مفیدی را در مورد جمعیت سلول‌های عفونی در شیر ارائه دهد. Kucheryavskiy و همکاران (۲۰۱۴) مقادیر چربی و پروتئین موجود در شیر گاو را با استفاده از تصاویر دیجیتال معمولی تهیه‌شده توسط اسکنر محاسبه کردند. Masawat و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از تصاویر دیجیتال موبایل آیفون و بهبود اپلیکیشن ColorConc در موبایل، وجود تتراسایکلین^۴ در شیر گاو را تشخیص دادند. بهشتی مقدم (۱۳۹۰) امکان تعیین میزان چربی در شیر را توسط ماشین بینایی مورد بررسی قرار داد. بهارلوئی و همکاران (۱۳۹۳)

جدول ۱ - آنالیز شیمیایی شیر شتر و شیر گاو

نوع شیر	ماده خشک (درصد)	چربی (درصد)	پروتئین (درصد)	لاکتوز (درصد)	سلول‌های سماتیک
گاو	۱۱/۰۵	۳/۳	۲/۵۶	۴/۶۷	۳۱۸
شتر	۹	۴/۱	۲/۷	۳/۱	۱۵۰۷

^۱ Hydroxymethylfurfural

^۲ Lactobacillus

^۳ Chemometrics

^۴ Tetracycline

^۵ Sodium bicarbonate

^۶ Methyl Red

متیلرد اضافه گردید و سپس از آنها عکس تهیه شد تا بتوان تغییرات رنگی حاصل از اثر تقلبات را با استفاده از معرف نیز بررسی کرد.

جدول ۲ - سطوح کدبندی شده متغیرهای فرایند و اجزای مخلوط در طرح متقاطع مخلوط - فرایند

نام متغیر	نماد	نوع متغیر	سطوح متغیر	
			-۱	+۱
شیر شتر (درصد)	X1	مخلوط	۰	۱۰۰
شیر گاو (درصد)	X2	مخلوط	۰	۱۰۰
آب (درصد)	X3	مخلوط	۰	۵۰
فرایند حرارتی (درجه سانتی گراد)	X4	فرایند	۰	۹۰
جوش شیرین (میلی گرم)	X5	فرایند	۰	۱۰

طرح آزمایشی متقاطع مخلوط - فرایند

در این پژوهش اجزای طرح مخلوط شامل شیر شتر به میزان صفر تا ۱۰۰ درصد، شیر گاو به میزان صفر تا ۱۰۰ درصد و آب به میزان صفر تا ۵۰ درصد تعریف شد، به طوری که این اجزاء ۱۰۰ درصد وزن فرمول کلی را تشکیل دادند و فاکتورهای فرایند شامل فرایند حرارتی صفر تا ۹۰ درجه سانتی گراد و افزودن جوش شیرین به میزان صفر تا ۱۰ میلی گرم انجام شد. به صورتی که تعداد کل تیمارهای نهایی حاصل از طرح متقاطع مخلوط - فرایند ۷۰ تیمار شد (جدول ۲ و ۳). سپس از ۷۰ تیمار تهیه شده دوسری تصویر تهیه شد. سری اول بلافاصله پس از تهیه تیمارها عکس دیجیتال تهیه گردید و در سری دوم به هریک از تیمارها به میزان ۰/۵ سی سی معرف

جدول ۳ - سطوح واقعی متغیرهای فرایند و اجزای مخلوط در طرح متقاطع مخلوط - فرایند

تیمار	مخلوط			فرایند	
	شیر شتر	شیر گاو	آب	فرایند حرارتی	جوش شیرین
۱	۱۰۰	۰	۲۶/۷۵	۱۱/۷	۰/۵۶
۲	۱۰۰	۰	۰	۴۹/۵	۰/۲
۳	۵۴/۵۷	۰	۰	۳۳/۷۵	۱۰
۴	۱۰۰	۰	۴۵/۴۲	۱۸/۲۰	۶/۴۴
۵	۷۲/۵۶	۰	۰	۰	۰
۶	۷۲/۴۰	۰	۲۷/۴۳	۸۷/۷۵	۴/۶
۷	۷۳/۱۴	۰	۲۷/۵۹	۷۶/۹۵	۰
۸	۷۱/۰۹	۰	۲۶/۸۵	۶۰/۷۵	۸/۱
۹	۱۰۰	۰	۲۸/۹۰	۱۰/۸۱	۰/۸۷
۱۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۰
۱۱	۱۰۰	۰	۰	۲/۲۵	۵/۵
۱۲	۷۳/۰۹	۰	۰	۴۹/۵۳	۵/۵
۱۳	۱۰۰	۰	۲۶/۹۰	۳۶	۱۰
۱۴	۷۲/۴۶	۰	۰	۹۰	۳/۸۵
۱۵	۷۲/۴۶	۰	۲۷/۵۳	۴۶/۸	۴/۹
۱۶	۱۰۰	۰	۲۷/۳۵	۴۶/۸	۴/۹
۱۷	۷۰/۹۸	۰	۰	۹۰	۱۰
۱۸	۷۰/۱۴	۰/۸۴	۲۸/۱۶	۹۰	۱۰
۱۹	۷۰/۹۹	۱/۱۸	۲۸/۶۶	۹۰	۴/۲۵
۲۰	۷۲/۱۵	۱/۳۵	۲۷/۶۴	۳۷/۳۵	۱۰
۲۱	۹۷/۵	۲/۱۷	۲۵/۶۷	۰	۷/۶۵
۲۲	۹۵	۲/۵	۰	۹۰	۰
۲۳	۳۶/۵۰	۵	۰	۰	۱۰
۲۴	۳۶/۴۵	۱۳/۴۹	۵۰	۱/۸	۴/۵
۲۵	۳۶/۳۸	۱۳/۵۴	۵۰	۹۰	۰
۲۶	۳۵/۶۰	۱۳/۶۱	۵۰	۳۳/۷۵	۰
۲۷	۳۴/۹۴	۱۴/۳۹	۵۰	۰	۱۰

ادامهٔ جدول ۳ - سطوح واقعی متغیرهای فرایند و اجزای مخلوط در طرح متقاطع مخلوط - فرایند

فرایند		مخلوط			تیمار
جوش‌شیرین	فرایند حرارتی	آب	شیر گاو	شیر شتر	
۱۰	۹۰	۵۰	۱۵/۰۵	۳۲/۹۸	۲۸
۱۰	۰	۵۰	۱۷/۰۱	۳۲/۰۲	۲۹
۰	۰	۵۰	۱۷/۹۷	۳۱/۷۳	۳۰
۴/۴۵	۴۹/۵	۵۰	۱۸/۲۶	۳۰	۳۱
۹/۸	۴۹/۵	۵۰	۲۰	۲۹/۸۱	۳۲
۶/۲۵	۹۰	۵۰	۲۰/۱۸	۲۹/۱۲	۳۳
۲/۶۸	۶۳/۹	۵۰	۲۰/۸۷	۴۴/۹۱	۳۴
۰	۰	۹/۷۷	۴۵/۳۱	۴۳/۷۷	۳۵
۰	۹۰	۱۰/۸۵	۴۵/۳۷	۳۲/۰۹	۳۶
۶/۶۵	۸۱	۲۱/۶۲	۴۶/۲۸	۴۲/۲۷	۳۷
۱۰	۰	۱۱/۲۵	۴۶/۴۶	۴۳/۵۱	۳۸
۰	۰	۹/۶۹	۴۶/۷۸	۴۶/۸۷	۳۹
۵/۵	۴۹/۵	۶/۲۲	۴۶/۸۹	۴۶/۸۷	۴۰
۵/۵	۴۹/۵	۶/۲۲	۴۶/۸۹	۴۶/۶۴	۴۱
۰/۱۵	۴۹/۵	۶/۰۶	۴۷/۲۸	۴۶/۶۴	۴۲
۰/۱۵	۴۹/۵	۶/۰۶	۴۷/۲۸	۴۶/۵۳	۴۳
۱۰	۳۵/۱	۵/۴۲	۴۸/۰۳	۴۶/۴۷	۴۴
۵/۵	۲/۲۵	۵/۲۷	۴۸/۲۴	۴۶/۴۷	۴۵
۵/۵	۲/۲۵	۵/۲۷	۴۸/۲۴	۴۶/۴۳	۴۶
۳/۸۴	۹۰	۵/۱۱	۴۸/۴۴	۴۵/۲۵	۴۷
۱۰	۹۰	۵/۹۷	۴۸/۷۷	۶/۸۸	۴۸
۰	۹۰	۳۰/۹۹	۶۲/۱۲	۵/۶۸	۴۹
۱۰	۹۰	۲۹/۰۸	۶۵/۲۳	۵/۸۲	۵۰
۱۰	۰	۲۸/۸۸	۶۵/۲۹	۳/۹۸	۵۱
۱۰	۹۰	۳۰/۶۱	۶۵/۴۰	۰	۵۲
۴/۵	۸۸/۴۲	۳۲/۴۰	۶۷/۵۹	۰	۵۳
۰	۰	۳۲/۰۷	۶۷/۹۲	۰	۵۴
۹/۷۵	۴۰/۵	۳۲	۶۸	۰	۵۵
۶/۰۵	۰	۳۱/۹۸	۶۸/۰۱	۰	۵۶
۰	۵۴/۴۵	۳۱/۰۸	۶۸/۹۱	۰	۵۷
۴/۵	۴۰/۵	۳۰/۶۴	۶۹/۳۵	۰	۵۸
۴/۵	۴۰/۵	۳۰/۶۴	۶۹/۳۵	۲۲/۰۶	۵۹
۵/۳۳	۴۵	۰	۷۷/۹۳	۰	۶۰
۰	۹۰	۰	۱۰۰	۰	۶۱
۱۰	۵۶/۴۱	۰	۱۰۰	۰	۶۲
۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۶۳
۳/۷	۰	۰	۱۰۰	۰	۶۴
۵/۵	۴۰/۵	۰	۱۰۰	۰	۶۵
۱۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۶۶
۱۰	۹۰	۰	۱۰۰	۰	۶۷
۵/۵	۸۸/۲	۰	۱۰۰	۰	۶۸
۰/۲	۴۰/۵	۰	۱۰۰	۰	۶۹
۰	۹۰	۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۰

در رابطه (۳)،

$$\sum_{k=1}^q y_k^0 x_k + \sum_{k=1}^{q-1} \sum_{l=i+1}^q y_{kl}^0 x_k x_l$$

 مربوط به اثرات خطی و غیرخطی اجزای مخلوط

$$\left[\sum_{k=1}^q y_k^i x_k + \sum_{k=1}^{q-1} \sum_{l=k+1}^q y_{kl}^i x_k x_l \right] z_i$$

 و مربوط به اثرات
 خطی و غیرخطی متغیرهای فرایند

$$\sum_{k=1}^{m-1} \sum_{l=i+1}^m \left[\sum_{k=1}^q y_k^{ij} x_k + \sum_{k=1}^{q-1} \sum_{l=k+1}^q y_{kl}^{ij} x_k x_l \right] z_i z_j$$

 و مربوط
 به اثرات خطی متقابل اجزای مخلوط و متغیرهای فرایند
 می‌باشد. سپس با استفاده از جدول آنالیز واریانس
 (ANOVA) معنی‌دار بودن اثرات خطی، درجه دوم و
 متقابل ضرایب مدل رگرسیون برای هر پاسخ در سطوح
 ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ بررسی شد.

استخراج خصوصیات تصویر نمونه‌ها

جهت عکس‌برداری از نمونه‌ها ۲۰ میلی‌لیتر از هر نمونه
 توسط سرنگ درون پلیت آزمایشگاهی ریخته شد.
 تجهیزات عکس‌برداری شامل یک اتاقل تاریک (جهت
 جلوگیری از ایجاد نوسان در عکس‌برداری و عدم بازتاب
 نور) و ۶ لامپ فلورسنت بود. عکس‌برداری با استفاده از
 دوربین دیجیتال (Canon Power shot 1000D، ساخت
 ژاپن) متصل به رایانه صورت گرفت. دوربین در فاصله ۲۵
 سانتی‌متری نمونه‌ها و موازی با آن روی پایه ثابت
 قرار گرفته و تصویربرداری توسط نرم‌افزار Zoom Browser
 Ex نسخه ۵ انجام گرفت.

کلیه تصاویر به فرمت JPG و دارای وضوح
 ۳۹۰۰×۲۶۰۰ پیکسل در قالب مدل رنگی RGB بودند.
 به‌منظور حذف بخش‌های اضافه تصویر و نیز کاهش حجم
 کار پردازش تصویر در ابتدا برشی از تصاویر به ابعاد
 ۵۰۰×۵۰۰ پیکسل با استفاده از نرم‌افزار Image J
 به‌دست آمد و سپس آنالیز تصاویر نیز با استفاده از نرم‌افزار
 Image J (National Institute of Health، ساخت آمریکا) صورت
 پذیرفت.

پارامترهای دیگری که از پارامترهای رنگی فوق
 به‌دست می‌آیند شامل تغییر رنگ کلی^۲، شاخص کروما^۳،
 زاویه فام^۴ و اندیس قهوه‌ای‌شدن^۵ است (Dadali et al.,

نتایج پژوهش با استفاده از نرم‌افزار آماری Design-
 Expert نسخه ۹ به‌روش طرح آزمایشی متقاطع مخلوط
 فرایند آنالیز شد و هریک از متغیرهای پاسخ در قالب
 مدل رگرسیون به‌دست‌آمده از ترکیب مدل رگرسیونی
 طرح مخلوط و مدل رگرسیونی روش سطح پاسخ ارائه
 شد. فرمول عمومی طرح آزمایشی متقاطع مخلوط
 فرایند به‌دست‌آمده از ترکیب چندجمله‌ای به‌صورت
 تابعی از متغیرهای مستقل در طرح مخلوط با
 چندجمله‌ای در طرح روش سطح پاسخ به‌صورت رابطه
 (۱) و (۲) ارائه شدند. چندجمله‌ای به‌صورت تابعی از
 متغیرهای مستقل در طرح مخلوط:
 رابطه (۱)

$$Y = \sum_{k=1}^q \beta_k x_k + \sum_{k=1}^{q-1} \sum_{l=i+1}^q \beta_{kl} x_k x_l$$

در رابطه (۱)، Y: عبارت است از متغیر تابع یا پاسخ؛
 q: تعداد اجزای مخلوط x_k: سطوح کدبندی‌شده اجزای
 مخلوط می‌باشند. چندجمله‌ای به‌صورت تابعی از
 متغیرهای مستقل در طرح سطح پاسخ:
 رابطه (۲)

$$Y = x_0 + \sum_{i=1}^m x_i z_i + \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m x_{ij} z_i z_j$$

در رابطه (۲)، Y: عبارت است از متغیر تابع یا پاسخ،
 m: تعداد فاکتورهای فرایند و z_i: سطوح کدبندی‌شده
 متغیرهای مستقل فرایند می‌باشند.

در نتیجه مدل رگرسیون ترکیبی (استف^۱) طرح
 آزمایشی متقاطع مخلوط - فرایند از رابطه (۳) به‌دست
 می‌آید:
 رابطه (۳)

$$Y = \sum_{k=1}^q y_k^0 x_k + \sum_{k=1}^{q-1} \sum_{l=i+1}^q y_{kl}^0 x_k x_l + \sum_{i=1}^m \left[\sum_{k=1}^q y_k^i x_k + \sum_{k=1}^{q-1} \sum_{l=k+1}^q y_{kl}^i x_k x_l \right] z_i + \sum_{k=1}^{m-1} \sum_{l=i+1}^m \left[\sum_{k=1}^q y_k^{ij} x_k + \sum_{k=1}^{q-1} \sum_{l=k+1}^q y_{kl}^{ij} x_k x_l \right] z_i z_j + \varepsilon_0$$

² Total color Change

³ Chroma Index

⁴ Shade Angel

⁵ Browning Index

¹ Steff

(2007).

اندازه‌گیری پارامترهای رنگی است که میزان تغییر رنگ محصول به سمت رنگ قهوه‌ای را نشان می‌دهد و از طریق رابطه (۷) محاسبه می‌شود.

$$BI = \frac{(100 - (X - 0.31))}{0.71}$$

در رابطه (۷)، X برابر است با:

$$X = \frac{a + 1.75L}{5.645L + a - 3.012b}$$

نتایج و بحث

مدل‌سازی

ضرایب مدل رگرسیون و نتایج آنالیز واریانس برای هر یک از متغیرهای تابع در جدول‌های (۴) و (۵) آمده است. برای بررسی صحت مدل از ضریب تبیین (R^2) و تست عدم برازش استفاده گردید. همان‌طور که در جدول‌های (۴) و (۵) نشان داده شده است عدم برازش برای کلیه صفات اندازه‌گیری‌شده در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد. بنابراین بالابودن ضریب تبیین و معنی‌دار نبودن عدم برازش برای تمامی پاسخ‌ها صحت مدل را برای برازش اطلاعات تأیید می‌کند. برای مشاهده بهتر اثر متغیرهای مستقل روی صفات مورد آزمایش، نمودارهای سطح پاسخ رسم شد (شکل‌های ۱-۸).

تغییر رنگ کلی: میزان تغییر رنگ نمونه‌ها یا میزان تیره‌شدن، ماده غذایی را بعد از انجام تقلبات و در مقایسه با قبل از آن نشان می‌دهد (رابطه ۴).

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2}$$

در رابطه (۴)، صفر نشانگر پارامترهای رنگی قبل از انجام تقلبات می‌باشد.

شاخص کروما: نشان‌دهنده میزان اشباع‌شدگی و یا شدت رنگ است که براساس رابطه (۵) به‌دست می‌آید.

$$Chroma = (a^2 + b^2)^{\frac{1}{2}}$$

زاویه فام: شاخصی از رنگ مواد غذایی است که زاویه صفر و یا ۳۶۰ درجه نمایانگر رنگ قرمز و زاویه‌های ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ نشان‌دهنده رنگ‌های زرد، سبز و آبی می‌باشد (رابطه ۶).

$$ShadeAngel = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right)$$

شاخص قهوه‌ای‌شدن: یکی دیگر از شاخص‌های مورد

جدول ۴ - ضرایب مدل رگرسیون و نتایج آنالیز واریانس برای متغیرهای پاسخ (نمونه‌های فاقد معرف)

اندیس قهوه‌ای‌شدن	شاخص کروما	زاویه فام	ΔE	b^*	a^*	L^*	
-۷/۰۸۳E-۰۰۴	-۳/۹۰	-۰/۰۸۹	-۲/۶۸	+۰/۶۷	-۰/۵۲	+۰/۴۶	AB
+۰/۰۱۳	+۴۳/۰۷	+۰/۱۶	+۳/۱۳	-۳/۹۵	-۱/۷۹	-۲/۵۵	AC
+۹/۳۲۴E-۰۰۴	+۳/۱۷	+۵/۱E-۰۰۳	+۰/۳۲	-۰/۲۴	-۰/۱۹	-۰/۱۷	AD
+۱/۵۵۶E-۰۰۳	+۴/۳۱	+۰/۰۴۹	+۰/۷۸	-۰/۶۶	+۰/۰۱۷	-۰/۴۴	AE
+۸/۴۳۵E-۰۰۳	+۲۱/۲۹	+۰/۲۲	-۰/۳۰	-۳/۱۰	-۰/۵۵	-۲/۰۴	BC
+۷/۹۶۵E-۰۰۴	+۲۱/۲	+۰/۰۲۳	+۲۱/۰	-۰/۳۰	-۰/۰۳۷	-۰/۲۰	BD
+۲/۹۳۳E-۰۰۳	+۸/۱۴	+۰/۰۲۶	-۰/۰۶	-۰/۸۳	-۰/۵۳	-۰/۵۴	BE
+۶/۳۶۰E-۰۰۳	+۲۰/۱۵	+۰/۰۹۴	+۲/۶۱	-۲/۰۱	-۰/۸۲	-۱/۳۴	CD
+۰/۰۱۴	+۳۹/۹۱	+۰/۲۳	+۲/۴۷	-۴/۶۴	-۱/۵۸	-۳/۰۶	CE
-۳/۹۷۲E-۰۰۴	-۱/۸۷	+۰/۰۳۲	+۰/۷۱	-۰/۱۵	+۰/۴۲	-۰/۰۸۶	ABD
+۶/۳۸۸E-۰۰۴	+۱/۱۴	+۰/۰۸۵	+۱/۲۶	-۰/۵۹	+۰/۴۴	-۰/۳۹	ABE
-۰/۰۱۱	-۳۱/۲۰	-۰/۲۲	-۴/۶۷	+۳/۷۱	+۰/۹۷	+۲/۵۰	ACD
-۰/۰۱۴	-۳۶/۲۱	-۰/۱۷	-۰/۳۹	+۴/۰۹	+۲/۰۷	+۲/۷۰	ACE
+۱/۱۰۳E-۰۰۴	+۰/۶۹	-۸/۶۷E-۰۰۳	-۰/۰۱	+۰/۰۲۱	-۰/۰۸۷	+۰/۰۱۱	ADE
-۶/۹۱۲E-۰۰۳	-۲۳/۸۸	-۰/۱۱	-۴/۳۱	+۲/۲۶	+۰/۷۸	+۱/۵۰	BCD
-۰/۰۳۵	-۱۰/۱۰۰	-۰/۴۵	-۴/۴۶	+۱۰/۹۲	+۴/۹۱	+۷/۱۸	BCE
+۸/۶۴۶E-۰۰۵	+۰/۴۵	+۰/۰۱۵	+۰/۴۲	-۰/۱۱	+۰/۱۱	-۰/۰۷۶	BDE

ادامه جدول ۴ - ضرایب مدل رگرسیون و نتایج آنالیز واریانس برای متغیرهای پاسخ (نمونه‌های فاقد معرف)

اندیس قهوه‌ای شدن	شاخص کروما	زاویه فام	ΔE	b^*	a^*	L^*	
-۵/۵۴۱E-۰۰۳	-۱۳/۸۱	-۰/۲۵	-۲/۵۲	+۲/۷۲	-۰/۵۸	+۱/۸۰	CDE
+۳/۷۲۷E-۰۰۳	+۱۰/۴۲	+۰/۰۳۳	+۰/۳۸	-۱/۰۳	-۰/۷۰	-۰/۶۷	ABDE
+۰/۰۱۲	+۳۰/۰۶	+۰/۴۸	+۵/۴۷	-۵/۵۴	+۰/۹۶	-۳/۶۶	ACDE
+۷/۷۲۰E-۰۰۳	+۱۷/۵۷	+۰/۴۳	+۳/۴۸	-۴/۲۶	+۱/۴۰	-۲/۸۳	BCDE
n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	Lack of Fit
۰/۹۰	۰/۸۹	۰/۹۵	۰/۹۰	۰/۸۰	۰/۹۰	۰/۹۹	(R ²)

جدول ۵ - ضرایب مدل رگرسیون و نتایج آنالیز واریانس برای متغیرهای پاسخ (نمونه‌های حاوی معرف)

اندیس قهوه‌ای شدن	شاخص کروما	زاویه فام	ΔE	b^*	a^*	L^*	
-۴/۷۵۴E-۰۰۳	+۴۹/۵۲	+۰/۱۹	+۲/۸۰	-۰/۳۳	+۳/۲۰	-۰/۳۸	AB
-۲/۰۵۷E-۰۰۳	+۶۷/۳۸	+۰/۲۳	+۱۴/۶۵	-۵/۳۹	+۱۱/۶۰	-۷/۸۲	AC
-۹/۷۴۰E-۰۰۴	+۳۳/۷۶	+۰/۰۵۱	+۱/۹۶	-۰/۶۱	+۱/۷۳	-۰/۸۸	AD
+۲/۵۵۱E-۰۰۳	+۳۶/۸۱	-۸/۳۱۵E-۰۰۳	+۱/۲۶	-۱/۰۸	+۰/۷۸	-۱/۶۶	AE
+۷/۳۱۲E-۰۰۳	-۴۰/۸۸۸	-۰/۰۲۵	-۳/۲۸	+۶/۱E-۰۰۳	-۴/۱۶	-۰/۰۳۵	BC
+۱/۱۲۴E-۰۰۳	+۵/۹۰	+۰/۰۱۱	+۲/۰۳	-۱/۱۴	+۱/۶۸	-۱/۷۳	BD
+۱/۲۳۸E-۰۰۳	+۲۹/۴۰	+۱/۳E-۰۰۳	+۱/۰۸	-۰/۷۴	+۰/۸۰	-۱/۱۳	BE
-۸/۴۰۹E-۰۰۳	+۴۶۱/۵۳	+۰/۶۷	+۲۶/۶۲	-۹/۱۴	+۲۳/۲۰	-۱۳/۸۰	CD
+۳/۵۶۵E-۰۰۳	-۱۱۲/۰۹	-۰/۳۲	-۶/۶۳	+۲/۱۱	-۶/۴۳	+۳/۳۴	CE
+۲/۱۳۱E-۰۰۴	+۶۶/۶۲	+۰/۱۳	+۴/۳۶	-۱/۷۷	+۳/۳۷	-۲/۶۰	ABD
+۵/۹۴۰E-۰۰۳	-۴۰/۷۴	-۰/۱۸	-۳/۴۱	+۰/۲۴	-۳/۷۹	+۰/۳۰	ABE
+۸/۴۲۹E-۰۰۳	-۶۴۰/۷۱	-۰/۹۱	-۳۶/۹۷	+۱۳/۳۵	-۳۱/۹۸	+۲۰/۳۷	ACD
-۹/۷۴۲E-۰۰۳	+۷۸/۱۳	+۰/۴۷	+۶/۶۶	-۰/۷۴	+۷/۲۸	-۱/۴۲	ACE
-۲/۱۱۹E-۰۰۳	+۲۴/۳۳	+۰/۰۶۸	+۱/۸۴	-۰/۲۶	+۱/۷۳	-۰/۴۰	ADE
+۰/۰۱۴	-۸۹۹/۵۷	-۱/۲۷	-۵۱/۴۳	+۱۸/۳۰	-۴۴/۸۳	+۲۷/۵۵	BCD
-۵/۶۵۱E-۰۰۳	+۲۳۹/۴۲	+۰/۵۳	+۱۱/۷۴	-۴/۰۷	+۱۱/۶۲	-۶/۳۲	BCE
+۹/۷۸۱E-۰۰۴	+۳۶/۱۶	+۶/۵۴۷E-۰۰۳	+۱/۳۸	-۰/۷۷	+۱/۰۱	-۱/۱۷	BDE
-۰/۰۳۰	+۴۳/۰۰	+۰/۷۷	+۱۳/۴۶	+۰/۹۸	+۱۴/۳۲	+۱/۷۴	CDE
+۳/۷۹۰E-۰۰۳	+۳۷/۳۱	-۰/۰۱۵	+۱/۶۸	-۱/۳۸	+۰/۶۹	-۲/۱۲	ABDE
+۰/۰۵۸	-۱۰۳/۲۳	-۱/۴۳	-۲۵/۱۱	-۲/۳۹	-۲۷/۰۲	-۴/۰۵	ACDE
+۰/۰۴۵	-۸۱/۵۸	-۱/۲۴	-۲۳/۲۹	-۰/۴۱	-۲۳/۹۴	-۰/۹۸	BCDE
n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	Lack of Fit
۰/۹۰	۰/۸۹	۰/۹۵	۰/۹۰	۰/۸۰	۰/۹۰	۰/۹۹	(R ²)

بررسی اثر افزودن شیر گاو

نتایج بررسی‌ها نشان داد که L^* ، a^* و b^* نمونه شیر شتر مورد آزمون به ترتیب ۹۶/۴۶، ۷/۶۲ و ۵/۴۵ و برای نمونه‌های شیر شتری که به آنها شیر گاو افزوده شده بود نیز به ترتیب ۹۶/۱۶، ۷/۶۷ و ۵/۹۱ بود. در کلیه متغیرهای وابسته طرح (L^* ، a^* ، b^* ، ΔE ، شاخص کروما، زاویه فام و اندیس قهوه‌ای شدن) اثر خطی افزودن شیر گاو به شیر شتر معنی‌دار نبود (Fox، ۲۰۰۳) بیان کرد که رنگ شیر ناشی از انعکاس نور توسط گلبول‌های چربی و ذرات

کلوئیدی کازئینات کلسیم و فسفات کلسیم می‌باشد. لذا به نظر می‌رسد در تحقیق حاضر باتوجه به شرایط آزمون اختلاف‌های ناشی از ایجاد رنگ در نمونه‌های شیر گاو و شیر شتر کم بوده، امکان تشخیص تقلب شیر گاو با شیر شتر به تنهایی از طریق شاخص‌های رنگی حتی با حضور معرف وجود ندارد. در بین اثرات متقابل نیز تنها اثر متقابل افزودن شیر گاو و جوش شیرین بر متغیرهای (L^* ، b^* ، ΔE و زاویه فام) و همچنین اثرات افزودن شیر گاو و فرایند حرارتی و شیر شتر بر اندیس قهوه‌ای شدن معنی‌دار

شیر شتر و اعمال فرایند حرارتی ۹۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد همچنین باتوجه‌به نتایج شکل (۱) می‌توان دریافت که با افزایش شیر گاو و فرایند حرارتی به نمونه شیر شتر، اندیس قهوه‌ای شدن افزایش یافت.

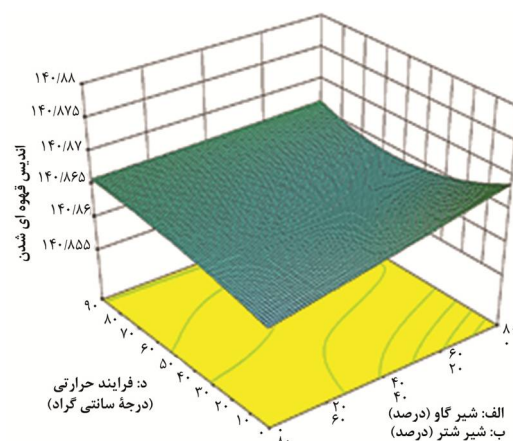
بررسی اثر افزودن آب

نتایج جدول‌های (۴) و (۵) نشان می‌دهند که اثرات متقابل آب و شیر شتر بر متغیرهای (ΔE , a^* , L^*) و زاویه فام (در صورتی که از معرف استفاده شود، معنی‌دار خواهد بود. بدین معنی است که در صورت اضافه نمودن تقلب آب به شیر شتر می‌توان با افزودن معرف به نمونه و اندازه‌گیری متغیرهای (ΔE , a^* , L^*) و زاویه فام) تقلب مربوطه را کشف کرد. Santos و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند در صورتی که به شیر گاو حدود ۷ درصد آب اضافه شود پارامترهای رنگی H ، S و B تغییر خواهند داشت به طوری که S کاهش می‌یابد.

همچنین نتایج نشانگر معنی‌دار بودن اثرات متقابل آب و شیر شتر و فرایند حرارتی بر متغیرهای (L^* ، a^* ، b^* ، زاویه فام و اندیس قهوه‌ای شدن) در نمونه‌های حاوی معرف خواهد بود، که در این مورد نیز می‌توان نتیجه گرفت به منظور تشخیص تقلب آب به شیر شتر در صورتی که مخلوط این حاصل را حرارت دهیم و به آن معرف اضافه کنیم، تقلب موجود از طریق اندازه‌گیری تغییرات (ΔE ، a^* ، b^* ، زاویه فام و اندیس قهوه‌ای شدن) قابل کشف می‌باشد. Santos و Pereira-Filho (۲۰۱۳) نیز تقلب افزودن آب (بالتر از ۱۰ درصد) به شیر گاو را با استفاده از تصاویر دیجیتال و پارامترهای رنگی شناسایی کردند.

باتوجه‌به جدول‌های (۴) و (۵) اثرات متقابل آب و شیر شتر و جوش‌شیرین بر متغیرهای (L^* ، b^* ، شاخص کروما، زاویه فام و اندیس قهوه‌ای شدن) در کلیه نمونه‌های فاقد و یا حاوی معرف نیز معنی‌دار است که در این مورد نیز می‌توان نتیجه گرفت افزودن دو تقلب هم‌زمان جوش‌شیرین و آب نیز از طریق اندازه‌گیری (L^* ، b^* ، شاخص کروما، زاویه فام و اندیس قهوه‌ای شدن) در شیر شتر قابل کشف می‌باشد. شکل (۲) تأثیر تغییر نسبت‌های آب و شیر شتر و میزان فرایند حرارتی را روی L^* نشان می‌دهد.

بود و در بین اثرات خطی و متقابل در حضور معرف نیز علاوه بر اثر متقابل افزودن شیر گاو و جوش‌شیرین اثر متقابل افزودن شیر گاو و آب و فرایند حرارتی نیز بر متغیرهای (L^* ، a^* ، b^* ، ΔE ، زاویه فام و اندیس قهوه‌ای شدن) معنی‌دار بود. Popov-Raljic و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که فرایند حرارتی شیر گاو در دامی بالا سبب افزایش L^* و b^* و کاهش a^* می‌شود. لذا باتوجه‌به اثرات معنی‌داری بیان‌شده می‌توان نتیجه گرفت که جهت تشخیص تقلب شیر گاو به شیر شتر در صورتی که مخلوط این دو را حرارت دهیم با اندازه‌گیری اندیس قهوه‌ای شدن می‌توان به تقلب مربوطه پی‌برد و در صورتی که در این روش از معرف نیز استفاده شود علاوه بر اندیس قهوه‌ای شدن از متغیرهای (ΔE ، a^* ، b^* ، زاویه فام) نیز می‌توان استفاده نمود. افزودن دو تقلب هم‌زمان شیر گاو و آب نیز از طریق اندازه‌گیری (L^* ، a^* ، b^* ، ΔE ، زاویه فام و اندیس قهوه‌ای شدن) قابل کشف می‌باشد. Rhim و همکاران (۱۹۸۸) بیان کردند که تغییرات قهوه‌ای شدن شیر گاو حرارت‌دیده، به شدت فرایند حرارتی آن وابسته است. شکل (۱) تأثیر تغییر نسبت‌های شیر گاو و شیر شتر و میزان فرایند حرارتی را روی اندیس قهوه‌ای شدن نشان می‌دهد.



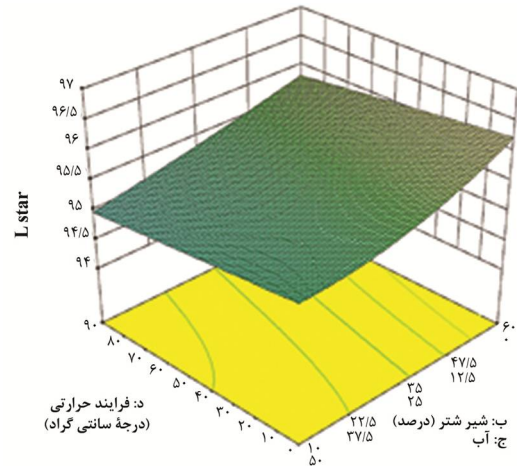
شکل ۱ - تأثیر تغییر نسبت‌های شیر گاو و شیر شتر و میزان فرایند حرارتی بر اندیس قهوه‌ای شدن

باتوجه‌به شکل (۱) می‌توان دریافت که در شرایطی که نمونه دارای ۲۰ درصد آب و ۵ میلی‌گرم جوش‌شیرین باشد، بالاترین میزان اندیس قهوه‌ای شدن متعلق به نمونه با ۸۰ درصد شیر گاو و صفر درصد

افزایش میزان آب به شیر شتر سبب کاهش L^* به‌ویژه در نمونه‌هایی که فرایندهای حرارتی بالاتری به‌کاربرده شده است.

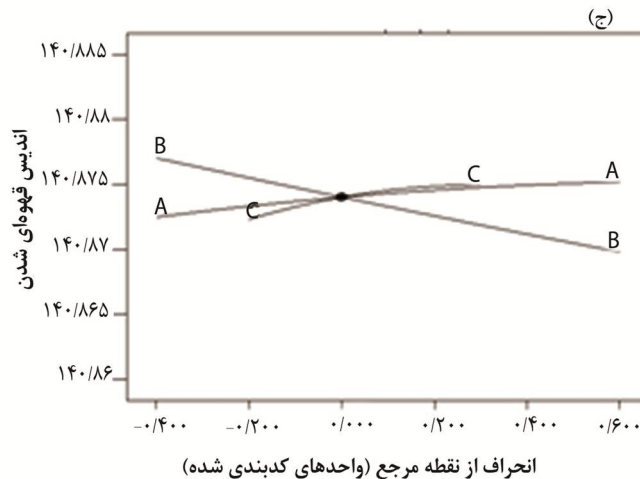
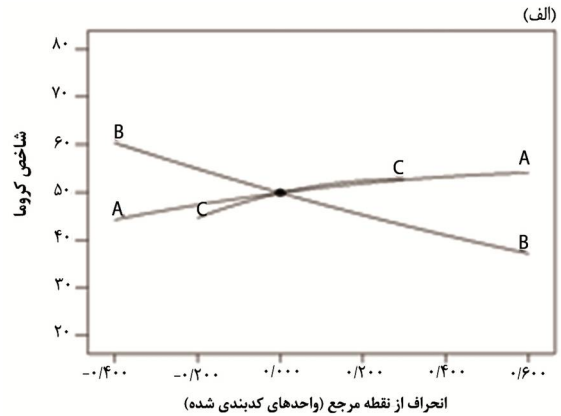
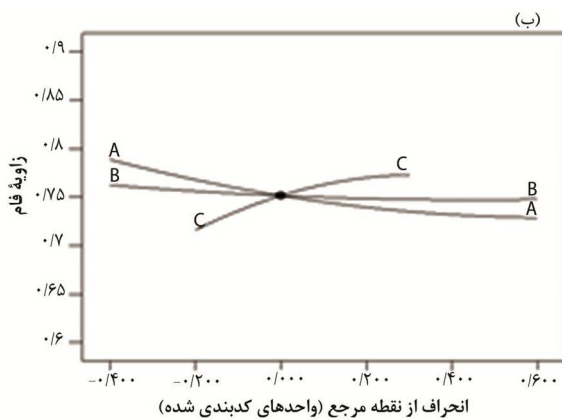
شکل (۳) نیز تأثیر تغییر نسبت‌های آب و شیر شتر و شیر گاو را در شرایطی که میزان فرایند حرارتی ۴۵ درجه سانتی‌گراد و میزان جوش‌شیرین نمونه‌ها ۵ میلی‌گرم است را روی شاخص کروما، زاویه فام و اندیس قهوه‌ای شدن نشان می‌دهد.

همان‌طورکه در شکل (۳) مشاهده می‌کنید با افزایش میزان آب نمونه‌ها و کاهش شیر شتر میزان شاخص کروما، زاویه فام و اندیس قهوه‌ای شدن افزایش پیدا کرده است، درحالی‌که با افزایش شیر گاو شاخص کروما و اندیس قهوه‌ای شدن افزایش ولی زاویه فام کاهش یافته است.



شکل ۲ - تأثیر تغییر نسبت‌های آب و شیر شتر و میزان فرایند حرارتی بر L^*

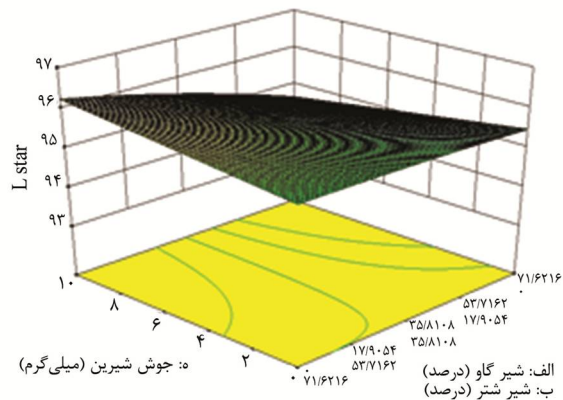
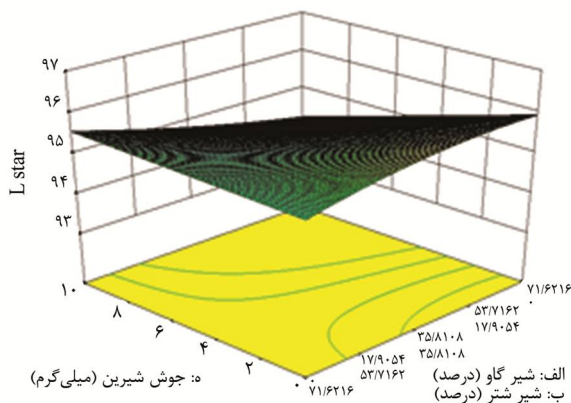
باتوجه به نتایج شکل (۲) می‌توان دریافت که



شکل ۳ - تأثیر تغییر نسبت‌های آب، شیر شتر و شیر گاو بر شاخص کروما (الف)، زاویه فام (ب) و اندیس قهوه‌ای شدن (ج) در شرایطی که میزان فرایند حرارتی ۴۵ درجه سانتی‌گراد و میزان جوش‌شیرین نمونه‌ها ۵ میلی‌گرم است.

بالای استفاده از فریند حرارتی برای متغیرهای مختلف نیز می‌تواند ناشی از تجزیه جوش شیرین در اثر فرایند حرارتی و تغییرات pH و در نتیجه ایجاد تغییرات رنگی بیشتر خواهد بود. لذا به منظور تشخیص استفاده جوش شیرین می‌توان از طریق اندازه‌گیری متغیرهای (L^* , a^* , b^* , ΔE) شاخص کروما، زاویه فام و اندیس قهوه‌ای شدن) اقدام نمود.

شکل (۴) تأثیر تغییر نسبت‌های شیر گاو و شیر شتر و میزان جوش شیرین را در شرایطی که فرایند دمای اعمال فرایند حرارتی صفر درجه سانتی‌گراد (الف) و ۹۰ درجه سانتی‌گراد (ب) است و نمونه فاقد معرف را روی L^* نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل (۴-الف) مشاهده می‌شود با افزایش میزان جوش شیرین و کاهش شیر شتر در شرایطی که فرایند حرارتی صفر درجه سانتی‌گراد اعمال شده، میزان L^* نیز افزایش پیدا کرده است، در صورتی که شیب این افزایش نیز در نمونه‌هایی که فرایند حرارتی ۹۰ درجه سانتی‌گراد اعمال شده است (شکل ۴-ب)، بیشتر است.



شکل ۴ - تأثیر تغییر نسبت‌های شیر گاو و شیر شتر و میزان جوش شیرین بر L^* در شرایطی که فرایند حرارتی صفر درجه سانتی‌گراد (الف) و ۹۰ درجه سانتی‌گراد (ب) است (نمونه فاقد معرف).

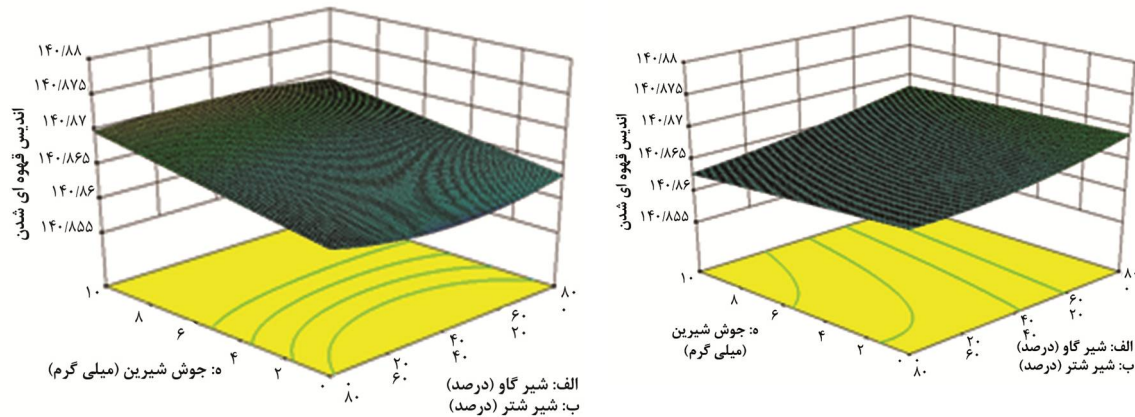
حرارتی صفر درجه سانتی‌گراد اعمال شده میزان اندیس قهوه‌ای شدن نیز افزایش پیدا کرده است در صورتی که شیب این افزایش نیز در نمونه‌هایی که فرایند حرارتی ۹۰ درجه سانتی‌گراد اعمال شده است (شکل ۵-ب)، بیشتر است که نشان‌دهنده اثر بیشتر فرایند حرارتی و جوش شیرین بر اندیس قهوه‌ای شدن است.

بررسی اثر افزودن جوش شیرین

طبق نتایج جدول‌های (۴) و (۵) اثر متقابل جوش شیرین با شیر شتر برای نمونه‌های فاقد معرف در سطح ۰/۰۱ و با شیر گاو در سطح ۰/۰۰۱ برای متغیرهای (L^* , a^* , b^* , ΔE و زاویه فام) معنی‌دار بود. در حالی که اثرات مطرح شده برای نمونه‌های حاوی معرف برای کلیه متغیرهای (L^* , a^* , b^* , ΔE) شاخص کروما، زاویه فام و اندیس قهوه‌ای شدن) در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بود. همچنین با بررسی اثرات متقابل شیر شتر و جوش شیرین و فرایند حرارتی به‌ویژه برای نمونه‌های حاوی معرف می‌توان دریافت که اثرات آن برای کلیه نمونه‌ها برای متغیرهای (L^* , a^* , b^* , ΔE) شاخص کروما، زاویه فام و اندیس قهوه‌ای شدن) در سطح ۰/۰۰۱ معنی‌دار بود. Santos و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند در صورتی که به شیر گاو سود اضافه شود از روی پارامترهای رنگی و اندازه‌گیری پارامتر G عکس تهیه شده از نمونه‌ها می‌توان به تقلب مربوطه پی برد. لذا به نظر می‌رسد جوش شیرین روی رنگ نمونه‌ها بسیار اثرگذار بوده به‌ویژه در نمونه‌هایی که حاوی معرف بودند. از طرفی سطوح معنی‌داری

شکل (۵) نیز تأثیر تغییر نسبت‌های شیر گاو و شیر شتر و میزان جوش شیرین را در شرایطی که فرایند دمای اعمال فرایند حرارتی صفر درجه سانتی‌گراد (الف) و ۹۰ درجه سانتی‌گراد (ب) است و نمونه دارای معرف را روی اندیس قهوه‌ای شدن نشان می‌دهد.

همان‌طور که در شکل (۵-الف) مشاهده می‌شود با افزایش میزان جوش شیرین در شرایطی که فرایند



شکل ۵ - تأثیر تغییر نسبت‌های شیر گاو و شیر شتر و میزان جوش‌شیرین بر اندیس قهوه‌ای‌شدن در شرایطی که فرایند حرارتی صفر درجه سانتی‌گراد (الف) و ۹۰ درجه سانتی‌گراد (ب) است (نمونه دارای معرف).

برای هر پاسخ به‌دست‌آمده است، مثال‌هایی از مقادیر بهینه متغیرهای مستقل (X) توسط نرم‌افزار Design Expert ارائه شد.

در صورتی‌که در این تحقیق میزان آب نمونه و جوش‌شیرین صفر و میزان شیر گاو حداکثر در نظر گرفته شود نقاط بهینه فرایند با رضایت‌مندی ۰/۵۵ با توجه به صفات یاد شده شامل میزان شیر گاو ۴۳/۲۵ درصد، شیر شتر ۵۶/۷۵ درصد و فرایند حرارتی ۹۰ درجه سانتی‌گراد است که چنین فرایندی دارای اندیس قهوه‌ای‌شدن ۱۴۰ خواهد بود و در صورتی‌که شیر گاو ۵۰ درصد در نظر گرفته شود میزان مطلوبیت کاهش یافته و ۰/۵۰ خواهد بود (شکل ۶). به این معنی که اگر در شیر شتر فقط تقلب افزودن شیر گاو تا حدود ۴۳/۲۵ درصد صورت بپذیرد با استفاده از یک فرایند حرارتی ۹۰ درجه سانتی‌گراد و تعیین اندیس قهوه‌ای‌شدن و مقایسه آن با نمونه شاهد قابل تشخیص خواهد بود.

به منظور تشخیص تقلب آب به شیر شتر نیز بیان شد در صورتی‌که مخلوط را حرارت داده و به آن معرف نیز اضافه شود تقلب موجود از طریق اندازه‌گیری (*L, a*, b, زاویه فام و اندیس قهوه‌ای‌شدن) قابل کشف می‌باشد.

بررسی چندمثال موردی کشف تقلبات

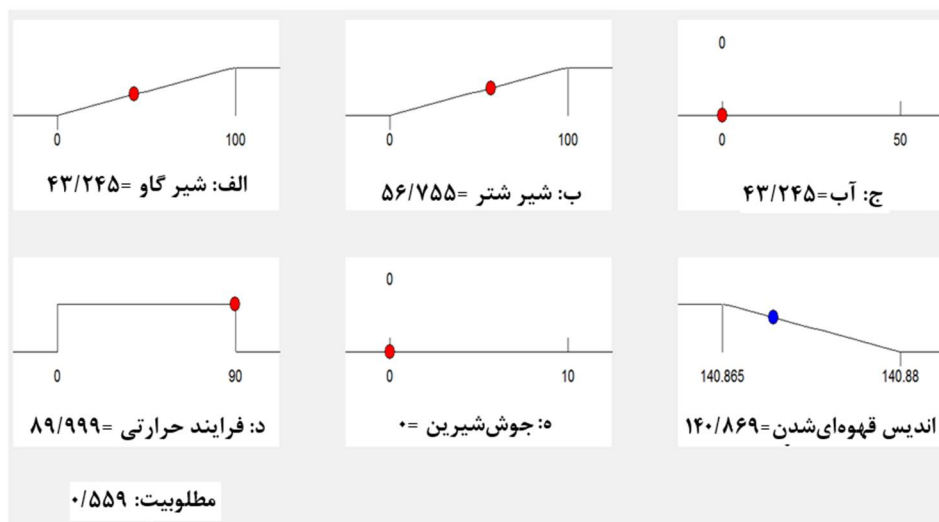
با استفاده از قابلیت بهینه‌سازی عددی در نرم‌افزار Design Expert که به صورت تابعی که مرغوبیت نامیده می‌شود، مثال‌هایی از شرایط دقیق کشف تقلبات انجام شده در شیر شتر بیان شد. درجه مرغوبیت کلی (D) یک میانگین هندسی از همه درجه مرغوبیت‌های منفرد (di) است که از صفر تا ۱ تغییر می‌کند.

رابطه (۹)

$$D = (d_1 \times d_2 \times \dots \times d_n)^{\frac{1}{n}} = \left(\prod_{i=1}^n d_i \right)^{\frac{1}{n}}$$

در رابطه (۹)، n تعداد پاسخ‌هاست. اگر هر یک از پاسخ‌ها در خارج از محدوده تعیین شده قرار گیرد، آنگاه درجه مرغوبیت برابر با صفر می‌شود. برای بهینه‌سازی هم‌زمان، هر متغیر و پاسخ باید دارای حد بالا و پایین باشند. متغیرهای ورودی (مثل فاکتورها و مؤلفه‌ها) به طور اتوماتیک در محدوده تعیین شده و مطلوب قرار می‌گیرند.

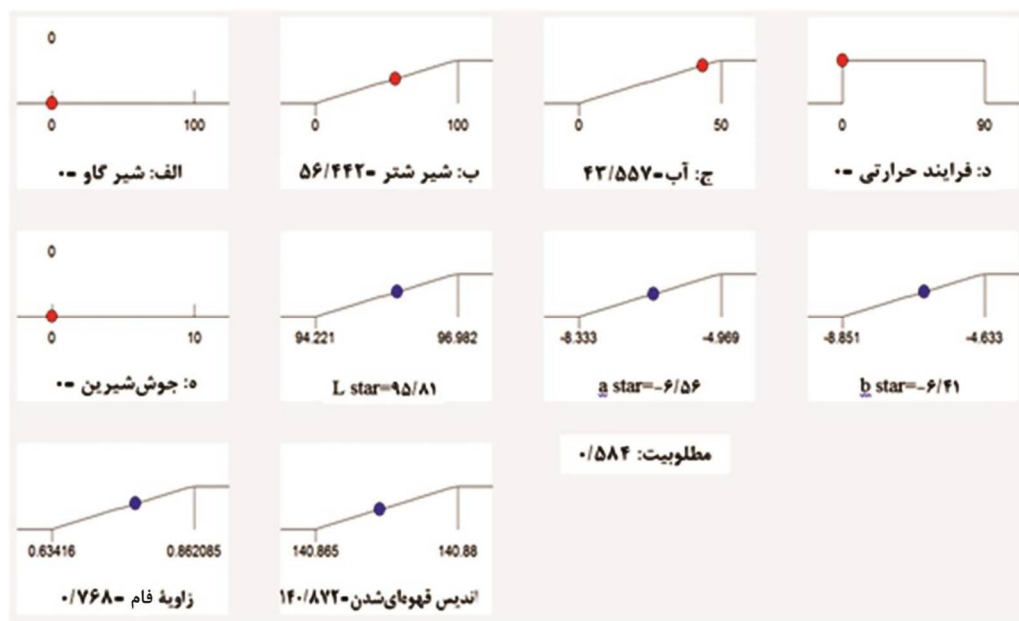
همان‌طور که بیان شد به منظور تشخیص تقلب شیر گاو به شیر شتر در صورتی‌که مخلوط این دو را حرارت دهیم با اندازه‌گیری اندیس قهوه‌ای‌شدن می‌توان به تقلب مربوطه پی برد. لذا با استفاده از مدل‌هایی که



شکل ۶ - شماتیک مقادیر بهینه عوامل، پاسخ‌ها، و سطوح (نمونه‌های فاقد معرف)

۹۵/۸۱، $a^* = -۶/۵۶$ ، $b^* = -۶/۴۱$ ، زاویه فام $۰/۷۶$ و اندیس قهوه‌ای شدن $۱۴۰/۸۷$ خواهد بود و در صورتی که آب نمونه بالاتر در نظر گرفته شود میزان مطلوبیت کاهش می‌یابد (شکل ۷). به این معنی که اگر به شیر شتر آب تا حدود ۴۵ درصد افزوده گردد با تعیین L^* ، a^* ، b^* ، زاویه فام و اندیس قهوه‌ای شدن و مقایسه آن با نمونه شاهد قابل تشخیص خواهد بود.

لذا در صورتی که در الگوریتم بهینه‌سازی نرم‌افزار در مورد نمونه‌های حاوی معرف میزان شیر گاو و جوش شیرین نمونه صفر و میزان آب حداکثر در نظر گرفته شود نقاط بهینه فرایند با رضایت‌مندی $۰/۵۸$ با توجه به صفات یادشده شامل میزان آب $۴۵/۵۵$ درصد، شیر شتر $۴۶/۴۴$ درصد و فرایند حرارتی صفر درجه سانتی‌گراد است که چنین فرایندی دارای L^*



شکل ۷ - شماتیک مقادیر بهینه عوامل، پاسخ‌ها و سطوح (نمونه‌های حاوی معرف)

پذیرفت. در مورد نمونه‌های حاوی معرف در صورتی که میزان آب نمونه صفر و میزان جوش شیرین و شیر گاو حداکثر در نظر گرفته شود نقاط بهینه فرایند با

به‌منظور تشخیص تقلب هم‌زمان جوش شیرین و شیر گاو به شیر شتر نیز به طریق مشابه با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی نرم‌افزار بهینه‌سازی صورت

اندازه‌گیری اندیس قهوه‌ای شدن می‌توان به تقلب مربوطه پی‌برد. به طوری که اگر در شیر شتر فقط تقلب افزودن شیر گاو تا حدود ۴۳/۲۵ درصد صورت پذیرد با استفاده از یک فرایند حرارتی ۹۰ درجه سانتی‌گراد و تعیین اندیس قهوه‌ای شدن و مقایسه آن با نمونه شاهد قابل تشخیص خواهد بود و در صورتی که در این روش از معرف نیز استفاده شود، علاوه بر اندیس قهوه‌ای شدن از متغیرهای (L^* ، a^* ، b^* و زاویه فام) نیز می‌توان استفاده نمود. افزودن دو تقلب هم‌زمان شیر گاو و آب نیز از طریق اندازه‌گیری (L^* ، a^* ، b^* ، زاویه فام و اندیس قهوه‌ای شدن) قابل کشف می‌باشد. همچنین در صورتی که تقلب افزودن آب به شیر شتر صورت پذیرد، می‌توان با افزودن معرف به نمونه و اندازه‌گیری متغیرهای (L^* ، b^* و زاویه فام) تقلب مربوطه را کشف کرد به طوری که اگر به شیر شتر، آب تا حدود ۴۵ درصد افزوده گردد با تعیین L^* ، a^* ، b^* ، زاویه فام و اندیس قهوه‌ای شدن و مقایسه آن با نمونه شاهد قابل تشخیص خواهد بود.

همچنین به منظور تشخیص استفاده جوش شیرین به شیر شتر نیز می‌توان از طریق اندازه‌گیری متغیرهای (L^* ، a^* ، b^* ، ΔE ، شاخص کروما، زاویه فام و اندیس قهوه‌ای شدن) اقدام نمود. لذا اگر به شیر شتر هم‌زمان جوش شیرین و شیر گاو تا حدود ۳/۵ میلی‌گرم و ۱۸ درصد افزوده گردد با استفاده از یک فرایند حرارتی ملایم و تعیین (L^* ، a^* ، b^* ، زاویه فام و اندیس قهوه‌ای شدن) و مقایسه آن با نمونه شاهد قابل شناسایی خواهد بود.

رضایت‌مندی ۰/۵۲ باتوجه به صفات یادشده شامل میزان جوش شیرین ۱۰ میلی‌گرم، شیر گاو ۳۰/۹۴ درصد، شیر شتر ۶۹/۰۵ درصد و فرایند حرارتی ۸۹ درجه سانتی‌گراد است که چنین فرایندی دارای L^* ۹۵/۱۵، a^* ۷/۱۴-، b^* ۷/۴۱-، زاویه فام ۰/۸۰ و اندیس قهوه‌ای شدن ۱۴۰/۸۷ خواهد بود (شکل ۸). لذا اگر به شیر شتر هم‌زمان جوش شیرین و شیر گاو تا حدود ۳/۵ میلی‌گرم و ۱۸ درصد افزوده گردد با استفاده از یک فرایند حرارتی ملایم و تعیین (L^* ، a^* ، b^* ، زاویه فام و اندیس قهوه‌ای شدن) و مقایسه آن با نمونه شاهد قابل تشخیص خواهد بود.



شکل ۸ - دامنه بهینه اجزای طرح مخلوط

نتیجه‌گیری

باتوجه به اثرات معنی‌دار بیان‌شده می‌توان نتیجه‌گرفت که جهت تشخیص تقلب شیر گاو به شیر شتر در صورتی که مخلوط این دو را حرارت دهیم با

منابع

- بهارلویی، ر.، ملکی، ع.، قاسمی ورنامخواستی، م.، قنبریان، د. و بنیادیان، م. (۱۳۹۳). تعیین میزان تازگی شیر فرادما با تعیین شاخص‌های رنگی L^* a^* b^* توسط پردازش تصویر. فصلنامه علوم و فناوری‌های نوین غذایی، ۲(۲)، ۱۱۳-۱۰۵. doi:<https://doi.org/10.22104/JIFT.2015.94>
- بهشتی مقدم، ل. (۱۳۹۰). امکان‌سنجی تعیین چربی شیر با استفاده از ماشین بینایی. (پایان‌نامه کارشناسی ارشد) مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
- یعقوبی‌سوره، الف.، علیزاده خالدآباد، م. و رضادباری، م. (۱۳۹۲). کاربرد پردازش تصویر برای تعیین شاخص‌های رنگی L^* a^* b^* در سنجش رنگ غذاها. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۳(۳)، ۴۲۲-۴۱۱.
- Baharlouei, R., Maleki, A., Ghasemi Varnamkhshati, M., Ghanbari, D and Baniadian, MA. (2014). Determination of the freshness of UHT milk by determining color Indicators L^* a^* b^* and image

- processing. *Invocative food technology*, 6, 113 -105. doi: <https://doi.org/10.22104/JIFT.2015.94> (in Persian)
- Beheshti Moghaddam, L. (2011). The feasibility of determining the milk fat using the visual machine. (Unpublished master's thesis), Agricultural Machinery Mechanics, Faculty of Agriculture, University of Tehran. (in Persian)
- Borin, A., Ferrão, M.F., Mello, C., Cordi, L., Pataca, L.C., Durán, N., & Poppi, R.J. (2007). Quantification of lactobacillus in fermented milk by multivariate image analysis with least-squares support-vector machines. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 387(3), 1105-1112. doi: <https://doi.org/10.1007/s00216-006-0971-7>
- Cais-Sokolińska, D., Pikul, J., & Danków, R. (2004). Measurement of color parameters as an index of the hydroxyl methyl furfural content in the UHT sterilised milk during its storage. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 7(2), 03. Available Online: <http://www.ejpau.media.pl/volume7/issue2/food/art-03.html>.
- Dadali, G., Demirhan, E., & Özbek, B. (2007). Color change kinetics of spinach undergoing microwave drying. *Drying Technology*, 25(10), 1713-1723. doi: <https://doi.org/10.1080/07373930701590988>
- Dmytrów, I., Mituniewicz-Małek, A., & Balejko, J. (2010). Assessment of selected physicochemical parameters of uht sterilized goat's milk. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 13(2), 09. Available Online: <http://www.ejpau.media.pl/volume13/issue2/art-09.html>.
- Doan, F.J. (1924). The Color of Cow's Milk and its Value. *Journal of Dairy Science Research-Article*, 7(2), 147-153.
- El-Agamy E.I., & Nawar, N. (2000). *Nutritive and immunological values of camel milk: A comparative study with milk of other species*. In: Proc. 2nd International Camelid Conference, Agrocons, Camelid Farm, Almaty, Kazakhstan.
- Fox, P.F., & McSweeney, P.L.H. (2003). *Advanced Dairy Chemistry-1 Proteins*, (3rd ed.), Kluwer Academic/Plenum. New York.
- Huang, Z.K., Hou, L.Y., & Li, Z.H. (2013). Image Clustering Using Graph Cuts in LAB Color Space. *International Journal Digital Content Technology and its Applications*, 7(12), 1-7.
- Jackman, P., Sun, D.W., Du, C.J., Allen, P., & Downey, G. (2008). Prediction of beef eating quality from colour, marbling and wavelet texture features. *Meat Science*, 80(4), 1273-1281. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.06.001>
- Kucheryavskiy, S., Melenteva, A., & Bogomolov, A. (2014). Determination of fat and total protein content in milk using Conventional digital imaging. *Talanta*, 121, 144-152. doi: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2013.12.055>
- Masawat, P., Harfield, A., & Anan, N. (2015). An iPhone-based digital image colorimeter for detecting tetracycline in milk. *Food Chemistry*, 184, 23-29. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.089>
- Mery, D., & Pedreschi, F. (2005). Segmentation of colour food images using a robust algorithm. *Journal of Food Engineering*, 66(3), 353-360. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.04.001>
- Popov-Raljić, J.V., Lakić, N.S., Laličić-Petronijević, J.G., Barac, M.B., & Sikimic, V.M. (2008). Color changes of uht milk during storage. *Sensors*, 8(9), 5961-5974. doi: <https://doi.org/10.3390/s8095961>
- Rhim, J.W., Jones, V.A., & Swartzel, K.R. (1988). Kinetics studies in the colour changes of skim milk. *Lebensmittel-Wissenschaft Technologie* 21(6), 334-338.
- Santos, P.M., & Pereira-Filho, E.R. (2013). Digital image analysis-an alternative tool for monitoring milk authenticity. *Analytical Methods*, 5(15), 3669-3674.
- Santos, P.M., Wentzell, P.D., & Pereira-Filho, E.R. (2012). Scanner digital images combined with color parameters: a case study to detect adulterations in liquid cow's milk. *Food Analytical Methods*. 5(1), 89-95. doi: <https://doi.org/10.1007/s12161-011-9216-2>
- Sullivan, K., Kloess, J., Qian, C., Bell, D., Hay, A., Lin, Y.P., & GU, Y. (2012). High throughput virus plaque quantitation using a flatbed scanner. *Journal of Virological Methods*, 179(1), 81-89. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2011.10.003>
- Yaqubi Sura, A., Alizadeh Khaled Abad, M., & Reza Baradi, M. (2013). Using image processing to determine color indicators L* a* b* for color measurement of foods. *Journal of Food Research*, 23, 411-422. (in Persian)

Detecting Adulteration in Camel Milk Using Color Change Modeling by Image Processing and Mixture-process Variable Experiments

Morteza Kashaninejad¹, Mohebbat Mohebbi^{2*}

1- PhD Student, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2- Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

* Corresponding author (mohebbatm@gmail.com)

Abstract

Nowadays, food ingredient fraud and economically motivated adulteration are emerging risks, being addition of low cost ingredients creates not only an economical problem but also a health risk for consumers. Due to the limitations of camel milk production and high economic value that has traditionally been done in the fraud. Therefore, rapid analysis methods has gained increased interested for analytical chemistry applications due the simplicity, low-cost, speed and a performance that is similar to those instruments normally found in the laboratory. The aim of this study was to detect fraud, adding water, caustic soda to camel milk with thermal process, color detector and color parameter modeling (L^* , a^* , b^* , ΔE , chroma Index, shade angel and browning index) using mixture-process experiments. Due to the significant effects mentioned it can be concluded that to detect of adding cow milk to camel milk can be used heating a mixture and browning index. adding cow milk and water to camel milk can be detect by L^* , a^* , b^* , ΔE , shade angel and browning index also adding caustic soda to camel milk can be detect by L^* , a^* , b^* , ΔE , Chroma index, shade angel and browning index.

Keywords: Adulteration, Camel Milk, Color Parameter, Mixture-Process Experiments