

تعیین میزان تازگی شیر فرادما با تعیین شاخص‌های رنگی $L^*a^*b^*$ توسط پردازش تصویر

- رضوان بهارلوئی^{۱*}، علی ملکی^۲، مهدی قاسمی ورنامخواستی^۲، داود قنبریان^۳، مجتبی بنیادیان^۴
۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
 ۲. استادیار، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
 ۳. دانشیار، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
 ۴. دانشیار، گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد

(تاریخ دریافت: 93/7/27، تاریخ پذیرش: 93/10/22)

چکیده

در این پژوهش به بررسی امکان تعیین میزان ماندگاری شیر فرادما با تعیین شاخص‌های رنگی $L^*a^*b^*$ و با استفاده از پردازش تصویر، پرداخته شد. بدین منظور پاکت‌های شیر خریداری‌شده به مدت شش ماه در انکوباتور در دمای محیط ($25 \pm 5^\circ\text{C}$) ذخیره‌سازی شدند، سپس عملیات تصویربرداری و پردازش تصویر جهت استخراج پارامتر رنگی میانگین (mean) از کانال‌های L^* ، a^* و b^* سیستم رنگی CIE Lab انجام شد. نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر تغییرات معنی‌دار پارامتر رنگی میانگین هر سه مولفه، L^* ، a^* و b^* در طی دوره انبارداری شیر فرادما بود. به‌منظور تعیین ماندگاری شیر فرادما ویژگی‌های رنگی استخراج‌شده به‌عنوان ورودی یک شبکه عصبی مصنوعی لینک شده با الگوریتم ژنتیک مورد استفاده قرار گرفتند. تمامی برنامه نویسی‌های مربوط به پردازش تصویر و مدل عصبی-ژنتیک توسط نرم افزار متلب نسخه R2013a انجام شد. مدل عصبی-ژنتیک با ضریب همبستگی بیش از 0/95 و میانگین مربعات خطای 0/075 در تعیین میزان تازگی شیر فرادما، موفق ارزیابی شد. واژه‌های کلیدی: شیر فرادما، شبکه عصبی مصنوعی، ذخیره‌سازی، پردازش تصویر، $L^*a^*b^*$.

* نویسنده مسئول: r_baharlouei@ymail.com

1- مقدمه

شیر حاوی مجموعه پروتئینی بسیار با ارزش، مواد قندی، چربی، املاح مختلف به‌ویژه کلسیم و فسفر و انواع ویتامین‌هاست. ماده اصلی شیر، آب می‌باشد که حدود 90 درصد آن را تشکیل می‌دهد. شیر گاو حاوی تقریباً 87 درصد آب است. سایر مواد تشکیل دهنده شیر که حدود 13 درصد است ماده خشک نامیده می‌شود که شامل مواد چرب، مواد پروتئینی، لاکتوز و املاح می‌باشد. هم‌چنین ترکیبات دیگری مانند ویتامین‌ها، آنزیم‌ها، گازها، فسفولیپیدها، کاروتنوئیدها (کاروتن و ...) نیز در شیر وجود دارند که از نظر کمی قابل توجه نبوده اما دارای نقش و ارزش بیولوژیکی مهمی هستند [1].

شیر فرادما یکی از پرمصرف‌ترین فرآورده‌های شیر می‌باشد و به دلایل متعددی حرارت داده می‌شود که دلایل اصلی آن از بین بردن میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا، افزایش دوره نگهداری شیر تا سقف 6 ماه، کمک به فرایندهای بعدی مانند پیش‌گرم کردن شیر قبل از خامه‌گیری و هموژنیزاسیون می‌باشند. به‌طور کلی، دو نوع فرایند حرارتی پاستوریزاسیون و استریلیزاسیون در فراوری شیر به کار می‌رود [2]. عملیات فرادما¹ (UHT) یکی از روش‌های استریلیزه کردن است. این روش برای محافظت فرآورده‌های غذایی مایع، به‌وسیله قرار دادن آن‌ها در معرض حرارت شدید در مدت زمان کوتاه می‌باشد [3].

وقتی که شیر حرارت داده می‌شود تغییرات زیادی در آن اتفاق می‌افتد، تغییر و تبدیل کازئین، تغییر در ساختمان میسلی، بروز تغییراتی مانند کاهش pH، رسوب فسفات کلسیم، تغییر ماهیت پروتئین‌های آب پنیر و فعل و انفعال با کازئین، بروز واکنش قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی، که ممکن است به انعقاد پروتئین‌ها منتهی شود، از جمله این تغییرات هستند [2]. شیری که زمان طولانی تحت تأثیر حرارت قرار گیرد، دچار تغییراتی ناشی از واکنش‌های شیمیایی معینی می‌شود که نتیجه آن ایجاد ترکیباتی است که رنگ قهوه‌ای به شیر می‌دهند و باعث ایجاد طعم پختگی و کارامل می‌گردند [4].

عمر نگهداری یک محصول عبارت است از زمانی که بتوان آن را بدون تغییر کیفیت نگهداری نمود. عوامل محدودکننده فیزیکی و شیمیایی عمر نگهداری یک فرآورده، شامل حالت ژله‌ای شدن، افزایش ویسکوزیته، رسوب و عوامل محدودکننده

ارگانولپتیکی، تغییر مزه، بو و رنگ آن می‌باشند [4]. جداسدن چربی و تشکیل رسوب پروتئین، چربی، لاکتوز و مواد معدنی (با نسبت‌های مختلف) از جمله عیوب و اشکالات اصلی در بافت شیر فرادما هستند. در کل مقدار کل مواد رسوبی در شیر فرادما در طی انبارداری افزایش می‌یابند [2].

قواعد به‌کار رفته در درجه‌بندی مواد غذایی، از جمله آنچه توسط توسط وزارت کشاورزی ایالات متحده¹ (2011) منتشر شده و یا مواردی که در کتاب‌های قانون ملی و محلی که بر مبنای همان اصول تهیه شده‌اند، اکنون در دسترس می‌باشند. این کتاب‌ها در اصل، به مشخصه‌های مواد غذایی به‌عنوان مثال رنگ، اندازه، شکل و بافت، که برای سنجش با دوربین دیجیتال، رایانه شخصی و دیگر تجهیزات کم هزینه مناسبند، وابسته می‌باشند. از میان این خواص، رنگ، ساده‌ترین ویژگی برای اندازه‌گیری است [5].

رنگ یکی از شاخص‌های مهم در کیفیت غذاست و کنترل سریع آن هم‌زمان با پیشرفت فرایند و زمان نگهداری امری ضروری است [6]. بروز تغییر در رنگ مواد غذایی می‌تواند حیاتی باشد زیرا آن‌ها می‌توانند شروع رسیدگی یا یک اختلال را نشان دهند. برای مثال در مورد هلو بسیاری از عیوب توصیف شده در متون استاندارد هنگام ایجاد تغییرات رنگی مشاهده می‌شوند. این تغییرات را می‌توان با ثبت حداکثر و حداقل تفاوت بین دو قله در کانال‌های رنگی کل تصویر یافت [5].

به‌منظور انجام یک آنالیز رنگی معمولاً از استانداردهای رنگی به‌عنوان مرجع استفاده می‌گردد. متأسفانه کاربرد این استانداردها وقت‌گیر می‌باشد و نیاز به مهارت و آموزش کافی افراد دارد. به‌همین دلیل توصیه می‌شود که از ابزارهای اندازه‌گیری برای تعیین رنگ استفاده گردد [6]. با این اوصاف استفاده از ابزارهایی جهت شناسایی کیفیت رنگی غذاها لازم است. در حال حاضر از فضاهای رنگی و ارزش‌های وابسته عددی برای ایجاد، ارائه و تصویرسازی رنگ‌ها در فضاهای دو بعدی و سه بعدی استفاده می‌شود [7].

بیش‌ترین موفقیت‌ها در تعیین کمی رنگ مواد غذایی برحسب قرمز، سبز و آبی مشهود بوده‌اند [5، 8 و 9]. هوانگ و همکاران (2013) گزارش کردند که فضای رنگی $L^*a^*b^*$ مناسب‌ترین کاربری را بعد از فضای رنگی RGB برای

1. USDA Agricultural Marketing Service

1. Ultra High Temperature

حل مسائل مختلف در علوم دارند. حوزه کاربرد این شبکه‌ها آن‌چنان گسترده است که از کاربردهای طبقه‌بندی گرفته تا کاربردهایی نظیر درون‌یابی، تخمین، آشکارسازی و غیره را شامل می‌شود. شاید مهم‌ترین مزیت این شبکه‌ها، توانایی وافر آن‌ها در کنار سهولت استفاده از آن‌ها باشد.

هر شبکه با دریافت نمونه‌هایی آموزش می‌بیند. آموزش فرایندی است که در نهایت به یادگیری منجر می‌شود. یادگیری شبکه زمانی انجام می‌شود که وزن‌های ارتباطی بین لایه‌ها چنان تغییر کند که اختلاف مقادیر مطلوب و محاسبه شده (خروجی) شبکه در حد قابل قبولی باشد. با دست یافتن به این شرایط، فرایند یادگیری محقق شده است. این وزن‌ها حافظه و دانش شبکه را بیان می‌کنند [15]. در واقع قدرت واقعی شبکه‌های عصبی توان آموزش‌پذیری آن‌هاست، به این مفهوم که این شبکه‌ها قادرند تا از روی الگوهای آموزشی و با استفاده از الگوریتم‌های مختلف آموزش رابطه بین متغیرهای مختلف را شناسایی نمایند [16]. شبکه عصبی آموزش دیده می‌تواند برای پیش‌بینی و درون‌یابی خروجی متناسب با مجموعه جدید داده به کار رود [15].

مطالعات زیادی در رابطه با رنگ‌سنجی محصولات مختلف غذایی و کشاورزی 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. کایس سکلینسکا و همکاران (2004) پژوهشی را با هدف ارزیابی پارامترهای رنگی و میزان هیدروکسی‌متیل‌فورفورال به‌عنوان شاخصی از واکنش میلارد در شیر استریلیزه شده فرادما و تعیین مقدار همبستگی میان آن‌ها انجام دادند. نمونه‌های شیر فرادما به مدت 24 هفته در دماهای 4، 8 و 20 درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پارامترهای رنگی L^* ، a^* و b^* اندازه‌گیری و مقدار اشباع رنگ شیر C^* و همچنین میزان اختلاف با مدل سفیدی ایده‌آل ΔE محاسبه شد. مقدار کل و آزاد هیدروکسی‌متیل‌فورفورال (HMF) نیز در شیر تعیین شد. ایشان، افزایش غلظت HMF کل و آزاد، و نیز همبستگی قوی بین مقدار اختلاف رنگ ΔE و مقدار HMF کل و آزاد را گزارش کردند [17].

در پژوهشی دیگر دمیتری و همکاران (2010) خواص

تصویر برداری به شیوه دیجیتال دارد، زیرا همبستگی میان R، G و B اجزای فضای رنگی RGB حذف شدند [10].

معمولاً رنگ غذاها در سیستم $L^*a^*b^*$ اندازه‌گیری می‌شود. مدل رنگی $L^*a^*b^*$ یا CIELab یک استاندارد بین‌المللی برای اندازه‌گیری رنگ است که توسط کمیسیون بین‌المللی روشنایی (CIE (commission international d'eclairage) در سال 1976 ارائه گردید [6].

CIEL*a*b* (CIELAB) کامل‌ترین فضای رنگی معرفی شده توسط کمیسیون بین‌المللی روشنایی است. این فضا تمامی رنگ‌های قابل رؤیت توسط چشم انسان را توصیف می‌کند و برای کاربری به‌عنوان یک مدل مستقل از دستگاه به وجود آمده تا به‌عنوان یک مرجع در این زمینه به کار رود [10]. در شرایطی که اندازه‌گیری رنگی مطلق نیاز است، تبدیل کردن تصویر به فضای رنگی $L^*a^*b^*$ گزینه مناسبی است. استانداردهای رنگ اغلب به‌عنوان $L^*a^*b^*$ بیان می‌شوند، در نتیجه تبدیل به اندازه‌گیری رنگ مطلق ممکن است نیاز شود [11]. L^* مولفه درخشندگی یا روشنایی است، که دارای محدوده صفر تا 100 است، و پارامتر a^* (از سبز تا قرمز) و b^* (از آبی تا زرد) دو مولفه رنگی با محدوده‌ای از 120- تا 120 هستند. فضای رنگی $L^*a^*b^*$ از نظر ادراکی یکنواخت است، به طور مثال فاصله اقلیدسی بین دو رنگ مختلف تقریباً مطابق با تفاوت رنگ درک شده توسط چشم انسان است [10].

اخیراً سیستم‌های بازرسی اتوماتیک، که مبتنی بر تکنولوژی دوربین-رایانه هستند برای ارزیابی حسی محصولات غذایی و کشاورزی بررسی شده‌اند. موفقیت این سیستم شناخته شده به‌عنوان بینایی کامپیوتر برای اندازه‌گیری عینی محصولات غذایی و کشاورزی گوناگون اثبات شده است [12]. روش‌های بینایی کامپیوتر بدین دلیل که یک تشخیص ثابت و عینی، اقتصادی و سریع را میسر می‌کنند، به‌طور فزاینده‌ای در صنعت غذا به‌منظور بررسی و ارزیابی استفاده شده‌اند [13].

در ارزیابی محصولات غذایی روش‌های متنوعی به‌منظور طبقه‌بندی محصولات مورد بررسی و استفاده قرار گرفته است که رویکردهای آماری، منطق فازی و شبکه‌های عصبی از آن جمله هستند [14]. شبکه‌های عصبی نوعی مدل سازی ساده از سیستم‌های عصبی واقعی هستند که کاربرد فراوانی در

تصویر شیر فرادما در طی دوره ذخیره سازی شش ماهه آن و پیش بینی میزان تازگی شیر فرادما در طول این دوره توسط شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از این پارامترهای رنگی پرداخته شد.

2- مواد و روش‌ها

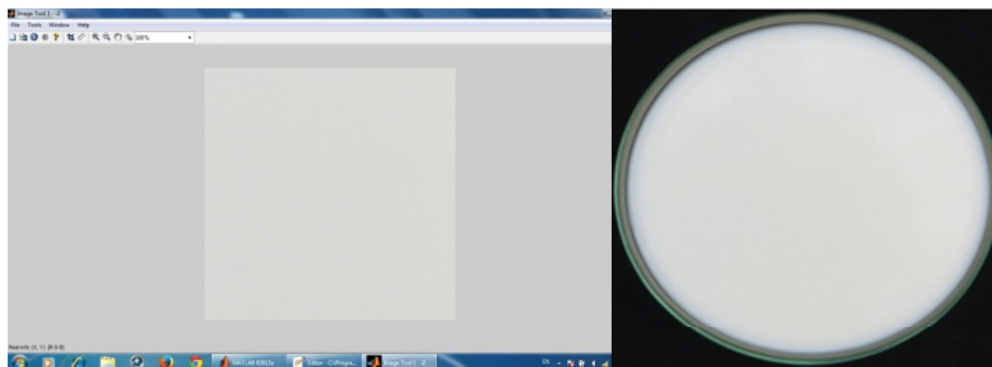
2-1 تهیه نمونه و تجهیزات

در این پژوهش تعداد 110 عدد پاکت شیر فرادما با مارک تجاری پگاه، با حجم 200 میلی‌لیتر و بسته‌بندی شده در پاکت‌های تتراپک، با میزان چربی 2/5٪، پس از اتمام دوره هفت روزه قرنطینه معمول خریداری شد. سپس تمامی پاکت‌های شیر به انکوباتور منتقل شدند تا به مدت شش ماه در دمای محیط یعنی 25°C نگهداری شوند و به مرور در راستای پژوهش جاری مورد استفاده قرار گرفتند. عکس‌برداری‌ها توسط دوربین دیجیتال Canon PowerShot SX240 HS با حسگر CMOS 12.8 مگاپیکسل ساخت کشور ژاپن انجام شد. سپس تصاویر گرفته شده توسط کابل رابط به لپ‌تاپ منتقل و در آن ذخیره و سازمان‌دهی شدند.

2-2 روند انجام آزمایش

روند انجام کار بدین صورت بود که اولین عکس‌برداری در روز خرید نمونه‌ها و پس از آن هر سه هفته یک‌بار صورت گرفت. در هر مرتبه 10 پاکت شیر مورد استفاده قرار گرفت و از هر پاکت به وسیله سرنگ سه حجم شیر کشیده می‌شد. هر حجم برابر با 5 ± 65 بود که پس از برداشت داخل یک پتری پلیت (با قطر 10 cm) که قبلاً در محفظه قرار داده شده بود ریخته می‌شد و سپس با اعمال نورپردازی بر روی آن عکس‌برداری صورت می‌گرفت. تکرار عکس‌برداری با فاصله زمانی مذکور منجر به نه دوره عکس‌برداری شد، دوره دهم عکس‌برداری نیز در روز انقضای شیرها صورت گرفت و یک هفته پس از منقضی شدن تاریخ محصولات نیز برای ادامه بررسی روند تغییرات یک دوره عکس‌برداری لحاظ شد. کلیه تصاویر به فرمت JPG و دارای وضوح 4000×3000 پیکسل در قالب مدل رنگی RGB بودند. به منظور حذف بخش‌های اضافه تصویر و نیز کاهش حجم کار پردازش تصویر، در ابتدا برشی

ارگانولپتیک و مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی دو نوع شیر بز استریلیزه شده فرادما با مارک‌های تجاری مختلف را ارزیابی کردند. نمونه‌های مورد بررسی در دمای محیط نگهداری و آزمایش‌ها در روز خرید و هر 30 روز یک‌بار به مدت شش ماه انجام شدند. نتایج افزایش معنی‌دار در ویسکوزیته هر دو نمونه را نشان دادند. در طی این بررسی میزان هیدروکسی‌متیل‌فورفورال به‌طور معنی‌دار برای هر دو نمونه افزایش یافت [18]. بهشتی مقدم (1390) امکان تعیین میزان چربی در شیر را توسط فناوری ماشین بینایی مورد بررسی قرار داد. وی از نمونه‌های شیر تهیه شده در شرایط مختلف نورپردازی عکس‌برداری کرد. تصاویر گرفته شده در محیط نرم افزار متلب پردازش گردید. نتایج به‌دست آمده از تعیین میزان چربی در شیر توسط شبکه عصبی پس‌انتشار خطای استفاده شده در این پژوهش، نشان داد که این شبکه توانست در بهترین پاسخ، برای نورپردازی LED 94/5 درصد، در نورپردازی فلورسنت 100 درصد و در نورپردازی ترکیبی 94/3 درصد چربی واقعی را پیش‌بینی نماید [19]. توسعه یک سیستم ماشین بینایی (CVS) غیر مخرب به‌منظور تشخیص کیفیت عسل که مبتنی بر همبستگی رنگ عسل با مشخصات شیمیایی آن شامل میزان عس (AC)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی (AA) و غلظت فنول (TPC) کل توسط شفیعی و همکاران (2014) گزارش شد. در این پژوهش مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی به‌منظور تبدیل مقادیر RGB تصویر به مقادیر سیستم رنگ سنجی $CIE\ L^*a^*b^*$ و پیش‌بینی مشخصات شیمیایی مذکور با استفاده از ویژگی‌های رنگی تصویر به‌کار رفتند. نتایج آزمایشگاهی کارآمدی و امکان استفاده از این سیستم بینایی را در صنعت تشخیص عسل نشان داد [20]. نتایج مطالعات و بررسی منابع نشان داد پژوهشی در رابطه با تعیین ماندگاری شیر فرادما از طریق رنگ‌سنجی آن با استفاده از تکنیک پردازش تصویر دیجیتال و بهره‌گیری از شبکه عصبی مصنوعی به‌منظور تشخیص میزان تازگی شیر با استفاده از پارامترهای رنگی صورت نگرفته است. در این راستا در پژوهش حاضر به دلیل وجود بیش‌ترین شباهت مدل CIELab با ادراک انسان از تعریف رنگ مواد غذایی و بیان رنگ به صورت عددی ثابت (به دلیل مستقل از دستگاه بودن) در این مدل به بررسی تغییرات پارامترهای رنگی L^* ، a^* و b^* سیستم رنگی CIELab



(ب)

(الف)

شکل (1) الف- نمونه‌ای از عکس گرفته شده از شیر، ب- تصویر برش خورده از تصویر اولیه نمونه‌های شیر

میزان تازگی شیر فرادما در طول دوره ذخیره سازی از الگوریتم شبکه عصبی-ژنتیک استفاده شد، شبکه عصبی استفاده شده یک شبکه پرسپترون چند لایه پس انتشار خطا با توپولوژی 1-3-5-3 بود. شاخص‌های مجموع مربعات خطا (SSE)، میانگین خطای مطلق (MAE)، میانگین مربعات خطا (MSE) و ضریب تبیین (R^2) به‌عنوان شاخص‌های عملکرد به‌منظور ارزیابی توانایی پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی بکار گرفته شدند. این شاخص‌ها از طریق معادلات 8 تا 13 محاسبه شدند.

در این روابط X_k مقادیر واقعی، X_0 مقادیر پیش‌بینی شده، (\bar{X}_0) میانگین مقادیر پیش‌بینی شده، X_m میانگین مقادیر واقعی و n تعداد مقادیر پیش‌بینی شده هستند.

3- نتایج و بحث

نتایج حاصل از آنالیز انجام شده با نرم افزار SAS که در ادامه در قالب جدول تجزیه واریانس (جدول 1) ارائه شده است، نشان داد که تغییرات ویژگی رنگی میانگین برای هر دو تیمار، یعنی تیمار زمان و حجم نمونه‌گیری با سطح اطمینان بالایی (سطح معنی‌داری 0.1) معنی‌دار بوده است.

نتایج مقایسه میانگین آزمون چند دامنه‌ای دانکن و ویژگی رنگی میانگین مؤلفه‌های رنگی $L^*a^*b^*$ برای تیمار زمان و حجم نمونه‌گیری در جدول 2 گزارش شده است.

از تصاویر با ابعاد 530×530 پیکسل با استفاده از دستور برش نرم افزار متلب (imcrop) به‌دست آمد. سپس تصاویر برش خورده برای کار پردازش تصویر مورد استفاده قرار گرفتند. کلیه برنامه نویسی‌های لازم جهت پردازش تصاویر و شبکه عصبی مصنوعی توسط نرم افزار متلب نسخه R2013a انجام شد. در شکل 1 نمونه‌ای از عکس گرفته شده از نمونه شیر و نمونه برش خورده این عکس قابل مشاهده است.

در این پژوهش ویژگی رنگی میانگین (mean) مؤلفه‌های کانال‌های $L^*a^*b^*$ و سیستم رنگی CIELab استخراج و مورد بررسی قرار گرفت؛ بدین منظور در ابتدا فضای رنگی RGB به فضای رنگی $L^*a^*b^*$ تبدیل شد. فضای رنگی $L^*a^*b^*$ از مقادیر نسبی رنگ‌های اولیه CIE XYZ مشتق شده است و یک رابطه غیرخطی با فضای رنگی RGB دارد. معادلات 1 تا 7 نحوه محاسبه مقادیر مؤلفه‌های مدل رنگی $L^*a^*b^*$ را بر اساس مقادیر RGB نشان می‌دهند.

مقادیر نسبی X_n, Y_n, Z_n سه مقدار محرک برای روشنایی هستند که در استاندارد CIE داده شده‌اند [10].

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با ده تکرار انجام شد. زمان با 11 دوره عکس‌برداری به‌عنوان تیمار اول و حجم نمونه‌گیری در سه سطح (حجم اول 60 ± 5 میلی‌لیتر اول هر پاکت شیر، حجم دوم 60 ± 5 میلی‌لیتر بعدی و حجم سوم که برابر با 60 ± 5 میلی‌لیتر انتهایی هر پاکت است) تیمار دوم این مطالعه بود. کلیه آنالیزها در سطح معنی‌داری 0/05 درصد توسط SAS نسخه 9 انجام شد. هم‌چنین به‌منظور تشخیص

جدول (1) نتایج تجزیه واریانس ویژگی میانگین شدت سطح خاکستری و L^* ، a^* و b^* سیستم رنگی CIELab در تیمارهای مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی		
	L^*	a^*	b^*
زمان	113/683**	1/032**	0/516**
حجم نمونه	18/433**	0/398**	0/430**
خطا	1/934	1/240	1/429
cv	2/093	0/019	0/035

** نشان دهنده معنی‌داری در سطح 1 درصد است.

با توجه به جدول 2 میزان L^* که نماینده روشنایی در سیستم رنگی CIELab می‌باشد، با گذر زمان کاهش یافته است. در مطالعه‌ای که پیفراجیک و همکاران (2008) انجام دادند نیز نتیجه مشابهی در رابطه با کاهش میزان روشنایی در شیر فرادما طی دوره ذخیره‌سازی 90 روزه آن در دمای $20 \pm 5^\circ C$ به دست آمد [21]. کاییس سوکلینسکا و همکاران (2004) با بررسی پارامترهای رنگی شیر فرادما در طی 24 هفته ذخیره‌سازی آن، کاهش سفیدی را با گذر زمان گزارش کردند. ایشان هم‌چنین بیان کردند که همبستگی قوی بین تغییرات رنگ و میزان هیدروکسی‌متیل‌فورفورال وجود دارد [17]. بر اساس مطالعات صورت گرفته بر روی ماندگاری شیر فرادما در طول دوره ذخیره‌سازی، رنگ شیر فرادما به سمت قهوه‌ای شدن پیش می‌رود که نتیجه‌ی واکنش گروه آمینی با قند است و ماحصل این واکنش، قهوه‌ای شدن از نوع میلارد می‌باشد. ترکیب هیدروکسی‌متیل‌فورفورال (HMF) به‌عنوان شاخصی از واکنش میلارد نیز یکی از عوامل تغییر رنگ در طی دوره نگهداری شیر است که با گذر زمان افزایش می‌یابد [17، 18]. [21] بر این اساس کاهش میزان روشنایی (مؤلفه L^*) با تیره شدن رنگ شیر مورد انتظار است.

هم‌چنین با توجه به جدول 2 این نتیجه دریافت می‌شود که با گذر زمان میزان پارامترهای a^* و b^* در طی دوره ذخیره‌سازی افزایش یافته است. پارامتر b^* در سیستم رنگی CIELab مؤلفه رنگ با دامنه تغییرات آبی تا زرد می‌باشد و روند افزایشی آن به معنای افزایش میزان زردی با گذر زمان است [20]. افزایش میزان زردی رنگ را نیز می‌توان با توجه به واکنش‌های منجر به قهوه‌ای شدن توجیه کرد. نتیجه به‌دست آمده با مطالعات انجام شده توسط پیفراجیک و همکاران

$$X = 0.412453R + 0.357580G + 0.180423B \quad (1)$$

$$Y = 0.212671R + 0.715160G + 0.072169B \quad (2)$$

$$Z = 0.019334R + 0.119193G + 0.950227B \quad (3)$$

$$L^* = 116f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - 16 \quad (4)$$

$$a^* = 500 \left[f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) \right] \quad (5)$$

$$b^* = 200 \left[f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{X}{X_n}\right) \right] \quad (6)$$

$$f(x) = \begin{cases} q^{1/3}, & \text{if } q > 0.008856 \\ 7.787q + 16/116, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{k=1}^n (X_k - X_0)^2}{\sum_{k=1}^n (X_k - X_m)^2} \quad (8)$$

$$X_m = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k \quad (9)$$

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (X_k - X_0)^2 \quad (10)$$

$$SSE = \sum_{k=1}^n (X_k - \bar{X}_0)^2 \quad (11)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n |X_k - X_0| \quad (12)$$

جدول (2) نتایج مقایسه میانگین ویژگی رنگی میانگین در تیمارهای مختلف

میانگین مربعات ویژگی mean			منابع تغییر
b*	a*	L*	
69/6105 ^f	10/67239 ^f	13/20617 ^a	زمان
73/7976 ^e	10/72874 ^f	13/19993 ^a	
73/8787 ^e	10/89151 ^e	13/08228 ^b	
74/7407 ^d	10/95616 ^{de}	13/03453 ^b	
74/7728 ^d	10/97633 ^d	13/02423 ^b	
75/2409 ^{cd}	10/99364 ^d	13/02061 ^b	
75/6714 ^{bc}	11/08342 ^c	12/91201 ^c	
75/9049 ^{bc}	11/08994 ^c	12/89228 ^c	
75/9179 ^{bc}	11/16203 ^b	12/86753 ^c	
76/3919 ^{ab}	11/21775 ^{ab}	12/85432 ^c	
76/8114 ^a	11/24926 ^a	12/84797 ^c	حجم نمونه
74/3420 ^b	10/98442 ^b	13/00706 ^a	
75/0992 ^a	10/95133 ^b	13/05048 ^a	
74/9910 ^a	11/06838 ^a	12/92692 ^b	

میانگین‌های با علامت یکسان در هر سطر در سطح 5 درصد تفاوت معنی‌داری ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

جدول (3) نتایج شاخص‌های ارزیابی مرحله آزمون شبکه عصبی مصنوعی

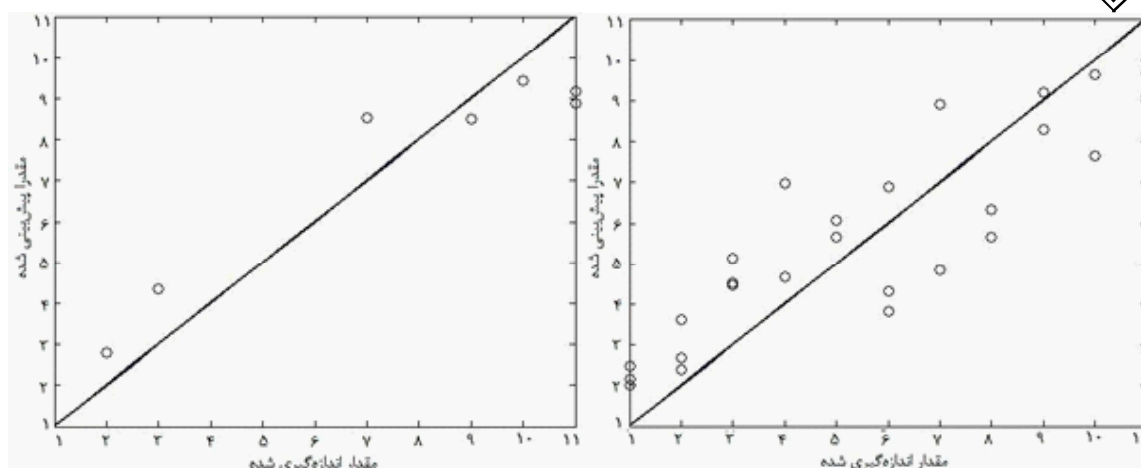
شاخص‌های ارزیابی			
R ²	MSE	MAE	SSE
0/903	0/0751	0/2477	0/5260

(2008) و کاییس سوکلینسکا و همکاران (2004) در زمینه تغییرات رنگی شیر فرادما در حین ذخیره‌سازی همسو بود [21]، و ضریب همبستگی (R^2)، در جدول 3 گزارش شدند. نتایج شاخص‌های عملکرد ارائه شده در جدول 3 بیانگر

توانمندی و خطای پایین مدل عصبی-ژنتیک در پیش‌بینی میزان تازگی و ماندگاری شیر فرادما در طی دوره ذخیره‌سازی آن می‌باشند. با توجه به جدول 3 شبکه عصبی مصنوعی با کسب ضریب تبیین بالای 0/90 و میانگین مربعات خطای 0/075 با دقت بالایی، میزان تازگی نمونه‌های مورد بررسی در مرحله آزمون شبکه را پیش‌بینی کرد و موفق بود. علاوه بر شاخص‌های ارزیابی عملکرد شبکه عصبی مصنوعی منحنی‌های رگرسیون آزمون و تست شبکه عصبی نیز به‌منظور تایید صحت عملکرد شبکه عصبی مصنوعی در قالب شکل 2 گزارش شدند. شکل 2 همبستگی بالای مقادیر پیش‌بینی شده توسط شبکه

a^* مؤلفه تغییرات رنگ از سبز تا قرمز می‌باشد و افزایش آن نشان دهنده تغییرات رنگ به سمت قرمزی بیش‌تر می‌باشد. این روند تغییر نیز نشان دهنده کم شدن سفیدی رنگ و تیره‌تر شدن شیر است. پیفرالچیک و همکاران (2008) نیز افزایش این پارامتر را در طول مدت ذخیره‌سازی شیر فرادما گزارش دادند [21].

در این پژوهش از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه پس انتشار خطای لینک شده با الگوریتم ژنتیک، با توپولوژی 1-3-5 استفاده گردید. نتایج شاخص‌های ارزیابی توانایی پیش‌بینی شبکه عصبی مصنوعی، مجموع مربعات خطا (SSE)، میانگین



شکل (2) از راست به چپ به ترتیب منحنی رگرسیون داده‌های آموزش و تست شبکه عصبی مصنوعی

تصویر دیجیتال و مدل عصبی-ژنتیک در تعیین میزان تازگی شیر فرادما با تعیین شاخص‌های رنگی $L^*a^*b^*$ است. این مطالعه مقدمه‌ای بر بررسی امکان ورود تکنولوژی‌های نوین و غیرمخرب پردازش تصویر و شبکه عصبی مصنوعی در تعیین کیفیت ممتاز شیر فرادما می‌باشد و با توجه به نتایج حاصل، پیشنهاد می‌کند در راستای عملی شدن کنترل کیفی با روش حاضر مطالعات بیشتر صورت پذیرد.

عصبی مصنوعی با مقادیر واقعی را نشان می‌دهد. نتایج، کارآمدی الگوریتم ژنتیک را در بهینه‌سازی آموزش شبکه عصبی مصنوعی و موفقیت شبکه عصبی مصنوعی پس‌انتشار خطا را در تعیین میزان تازگی شیر فرادما را نشان می‌دهد.

4- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از پژوهش حاضر بیانگر توانایی تکنیک‌های پردازش

منابع

- [1] کوشکی، م. (1388). تکنولوژی شیر، گوشت و تخم‌مرغ. انتشارات سروا. تهران.
- [2] کوشکی، م. (1380). فناوری‌های نوین در صنایع شیر، جلد اول: پیشرفت‌های جدید در فرآوری شیر و مشتقات آن. انتشارات سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران. تهران.
- [3] فرهنگ‌پور، ف. الف. (1377). صنعت شیر، جلد اول، انتشارات شرکت جهاد تحقیقات و آموزش تهران، ص 144-145.
- [4] کریم‌گ. (1380). شیر و فرآورده‌های آن (چاپ دوم)، سپهر-موسسه فرهنگی هنری واقعه. تهران.
- [5] Jackman, P., Sun, D.W. (2012). Recent advances in image processing using image texture features for food quality assessment. *Trend. Food Sci. Tech.*, 29, 35-43.
- [6] یعقوبی سوره، الف؛ عزیزاده خالدآباد، م. و رضازاد باری، م. (1392). کاربرد پردازش تصویر برای تعیین شاخص‌های رنگی $L^*a^*b^*$ در سنجش رنگ غذاها. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، جلد 23، شماره 3، ص 411-422.
- [7] L Yam K., E Papadakis, S. (2004). A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *J. Food Eng.*, 61, 137-142.
- [8] 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 Sci.*, 80(4), 1273-1281.
- [9] Jackman, P., Sun, D.W., Du C.J., Allen P. (2009). Prediction of beef eating qualities from colour, marbling and wavelet surface texture features using homogenous carcass treatment. *Pattern Recognition*, 42(5), 751-763.
- [10] Huang Z.K., Hou L.Y. and Li Z.H. (2013). Image

شیر با استفاده از ماشین بینایی. پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

[20] Shafiee, S., Minaei, S., Moghaddam-Charkari, N., Barzegar, M. (2014). Honey characterization using computer vision system and artificial neural networks. *Food Chem.*, 159, 143–150.

[21] Popov-Raljić, j.V., Lakić, N.S., Laličić-Petronijević, J.G., Barać, M., Band Sikimić, V.M. (2008). Color Changes of UHT Milk During Storage. *Sensors.*, 8, 5961-5974.

Clustering Using Graph Cuts in LAB Color Space. *Int. J. Digital Content Tech. its Applications (JDCTA)*. 7(12).

[11] Quevedo, R.A., Diaz, O., Caqueo, A., Ronceros, B., Aguilera, J.M. (2009). Quantification of enzymatic browning kinetics in pear slices using non-homogenous L^* color information from digital images. *LWT-Food Sci. Int.*, 42(8), 1367-1373.

[12] Brosnan, T., Sun, D.W. (2004). Improving quality inspection of food products by computer vision-a review. *J. Food Eng.*, 61, 3-16.

[13] Jelin'ski, T., Du, C.J., Sun, D.W., Fornal, J. (2007). Inspection of the distribution and amount of ingredients in pasteurized cheese by computer vision. *J. Food Eng.*, 83, 3–9.

[14] Du, C.J., Sun, D.W. (2004). Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Trend. Food Sci. Technol.*, 15(5), 230-249.

[15] خوش تقاضا م؛ امیری چایجان ر؛ منتظر غ. و مینایی س. (1386). پیش‌بینی ضریب تبدیل شلتوک به برنج سفید در خشک‌کردن به روش بستر ثابت به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی. *مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی*، جلد 8، شماره 2، ص 135-156.

[16] Ellis, D. (2006). *Speech & Audio Processing & Recognition*. Columbia University.

[17] Cais-Sokolińska, D., Pikul, J., Danków R. (2004). Measurement of color parameters as an index of the hydroxymethylfurfural content in the uht sterilised milk during its storage. *Electron. J. Polish Agr. Universities.*, 7(2).

[18] Dmytrów, I., Mituniewicz-Małek, A., Balejko, J. (2010). Assessment of selected physicochemical parameters of uht sterilized goat's milk. *J. Polish Agr. Universities.*, 7(2).

[19] بهشتی مقدم ل. (1390). امکان سنجی تعیین چربی