

امکان استفاده از نرم افزار فتوشاپ برای اندازه گیری رنگ مواد غذایی: بررسی تغییرات رنگ خرمای مضافتی بم در طی رساندن مصنوعی

حسن افشاری جویباری^۱ و عسگر فرحناکی^{۲*}

تاریخ پذیرش: ۸۸/۹/۸

تاریخ دریافت: ۸۸/۱/۱۵

چکیده

رنگ و ظاهر یک ماده غذایی اولین پارامتر در تشخیص کیفیت آن می‌باشد؛ که امروزه از پارامترهای رنگ سنجی $L^*a^*b^*$ یا CIELab جهت اندازه گیری و گزارش آن استفاده می‌شود. در این پژوهش امکان استفاده از تصویر برداری با دوربین دیجیتال و نرم افزار فتوشاپ برای اندازه گیری پارامترهای $L^*a^*b^*$ و b^* مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که پارامترهای L^* ، a^* و b^* به دست آمده از نرم افزار فتوشاپ و سیستم هانتربل دارای ضریب همبستگی به ترتیب ۰/۹۹۵، ۰/۹۹۷ و ۰/۹۹۵ می‌باشند که ضریب همبستگی مطلوبی می‌باشد ولی ارزش این پارامترها از لحاظ عددی در دو سیستم با هم تفاوت دارند که این مشکل با استفاده از فرمولهای پیشنهاد شده قابل اصلاح می‌باشد. بعد از تصحیح نتایج به دست آمده از نرم افزار فتوشاپ می‌توان از این داده ها جهت گزارش پارامترهای رنگ مواد غذایی یا هر ماده دیگر استفاده کرد. از این روش جهت مطالعه تغییرات رنگ خرمای مضافتی در طی رساندن مصنوعی استفاده شد و مشخص شد که هر سه پارامتر $L^*a^*b^*$ و b^* در طی رسیدن خرما کاهش می‌یابند.

واژه های کلیدی: رنگ سنجی، $L^*a^*b^*$ ، نرم افزار فتوشاپ، تصویر دیجیتالی، خرمای مضافتی

مقدمه

(۱).

تشخیص رنگ می‌تواند توسط بینایی انسان یا توسط دستگاه‌های اندازه گیری رنگ صورت گیرد. چشم انسان قادر است تغییرات رنگ (حتی تغییر در روشنایی) را به مقادیر خیلی کم تشخیص دهد، اما متأسفانه ارزیابی رنگ با چشم انسان شخصی بوده و از شاهدهی دیگر ممکن است تفاوت بسیار داشته باشد که در اینگونه موارد، به منظور انجام آزمایشات مربوط به رنگ از کارت‌های استاندارد رنگی به عنوان مرجع استفاده می‌شود ولی با این روش انجام آزمایشات رنگ کند شده و نیاز به آموزش‌های تخصصی به فرد آزمونگر می‌باشد و تا حدی داده‌های آن وابسته به

مصرف کنندگان مواد غذایی مورد نیاز خود را در فروشگاه‌ها در مرحله اول بر اساس ادراک دیداری مورد ارزیابی قرار داده و انتخاب می‌کنند چون ظاهر و رنگ محصول در آن لحظه تنها فاکتورهای کیفی در دسترس هستند که اطلاعات مستقیم از خود ماده غذایی در اختیار قرار می‌دهند. این پارامترها بسیار مهم می‌باشند چون باعث رد محصول حتی قبل از گذاشتن در داخل دهان می‌شوند

۲۰۱ - دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

(Email: farahnak@shirazu.ac.ir

* - نویسنده مسئول:

می دهد تقریباً برابر است. این فضا مستقل از دستگاه است و رنگ به صورت عدد ثابتی بیان می شود به همین دلیل از آن در اغلب مطالعات مواد غذایی استفاده می شود (۱۲).

به منظور انجام یک ارزیابی دقیق از سطح ماده غذایی و کنترل کیفیت آن داشتن اطلاعات تصویری از تمام نقاط سطح آن ضروری است. دستگاه های رنگ سنجی که در حال حاضر در بازار موجود می باشند تنها قادر به اندازه گیری $L^*a^*b^*$ رنگ در سطح محدودی می باشند (تقریباً ۲ سانتی متر مربع)، به همین دلیل استفاده از آنها به منظور اندازه گیری نقطه به نقطه در نقاط مختلف به منظور به دست آوردن پراکندگی رنگ بسیار وقت گیر است و دیگر اینکه اغلب آنها برای تحقیقات مهندسی غذایی مناسب نیستند چون آنها اساساً جهت کنترل کیفیت طراحی شده اند. این دستگاه ها یک میانگین از کل سطح نمونه مورد آزمون می دهند به همین دلیل رنگ قرائت شده توسط آنها خیلی معرف ناهمگونی ماده غذایی مانند اکثر غذاها نمی باشند. دستگاه های رنگ سنجی نظیر هانترلب^۴، مینولتا^۵ و دکتر لانگ^۶ تعدادی از دستگاه های رنگ سنجی هستند که جهت اندازه گیری رنگ بکار می روند. از معایب دیگر این دستگاه ها این است که در برخی از آنها نیاز است که نمونه همگن باشد بنابراین بایستی نمونه را مخلوط و یا آسیاب نمود تا به رنگ یکنواختی دست یافت که این کار نه تنها وقت گیر است بلکه نمونه ها را برای اغلب آزمایشات بعدی غیر قابل استفاده می کند. نمونه های سیستم تصویر برداری میکروسکوپی با قابلیت آنالیز رنگ و تصویر در سطح بالا نیز در دسترس هستند اما آنها برای آنالیز رنگ در غذاهای بزرگتر نظیر نان و پیتزا مناسب نیستند (۱۳).

شخص ارزیاب است، برای همین استفاده از دستگاه های آزمون رنگ پیشنهاد می شود (۲ و ۱۵).

در حال حاضر فضا های رنگی و مقادیر عددی جهت ایجاد، بیان و مشخص نمودن رنگ در فضای دو بعدی یا سه بعدی استفاده می شود. با توجه به نوع کاربرد از فضا های رنگی مختلفی نظیر RGB^e ، $CMYK^e$ و $L^*a^*b^*$ استفاده می شود. در میان فضا های مذکور شده $L^*a^*b^*$ وسعت بیشتری نسبت به بقیه فضاها ایجاد می کند (۶).

RGB یک مدل رنگی است که جهت نمایش رنگ بکار می رود. این مدل از سه عدد در دامنه ۰ تا ۲۵۵ تشکیل شده است که نسبت و شدت سه رنگ قرمز، آبی و سبز است که جهت ایجاد رنگ های آبی، قرمز، زرد، سفید و سایر رنگ ها مورد استفاده قرار می گیرد. این مدل در تلویزیون و صفحه نمایش کامپیوتر به کار می رود و نسبتاً شبیه به سیستم دریافت رنگ در شبکیه چشم انسان است (۷ و ۹).

مدلی که در حال حاضر جهت اندازه گیری رنگ مواد غذایی بیشتر مرسوم می باشد استفاده از Lab یا $L^*a^*b^*$ است. فضای رنگی $L^*a^*b^*$ یا CIELab یک استاندارد جهانی برای اندازه گیری رنگ است که در سال ۱۹۶۷ توسط کمیسیون بین المللی روشنایی^۳ پذیرفته شده است. L^* مولفه روشنایی یا شفافیت می باشد که محدوده آن از ۰ تا ۱۰۰ می باشد و پارامتر a^* (از سبزی تا قرمزی) و b^* (از آبی تا زردی) دو مولفه رنگی هستند که محدوده آن نامحدود است ولی در اغلب مقالات محدوده آنها از ۱۲۰ الی -۱۲۰ ذکر شده است. از نظر اقلیدسی فاصله بین دو نقطه رنگی در مدل $L^*a^*b^*$ با فاصله ای که چشم انسان آن را تشخیص

4 - Hunter Lab colorimeter

5 - Minolta chroma meter

6 - Dr. Lange colorimeter

1 - Red, Green, Blue

2 - Cyan Magenta Yellow Black

3 - Commission International de L'Eclairage

تغییرات رنگ آن در طی دوره رسیدن مصنوعی بررسی گردید (۱۴).

مواد و روش‌ها

در این تحقیق برای مقایسه پارامترهای رنگی در سیستم هانترلب و فتوشاپ از یکسری کارتهای رنگی استفاده شد. برای این منظور کارتهای رنگی با مقادیر مختلف $L^*a^*b^*$ توسط نرم افزار فتوشاپ ۸ طراحی و توسط دستگاه ظهور فیلم چاپ شدند (شکل شماره ۱). $L^*a^*b^*$ نهایی و واقعی این کارتها (چون $L^*a^*b^*$ نهائی تحت تاثیر عوامل مختلفی نظیر نوع چاپ، کیفیت چاپ، نوع دستگاه چاپ، نوع کاغذ مورد استفاده برای چاپ تغییر می کند) توسط دستگاه هانترلب (مدل USA، Colorflex) با زاویه مشاهده 10° اندازه گیری شد (جدول ۱).

برای ارزیابی پارامترهای $L^*a^*b^*$ در سیستم فتوشاپ لازم است ابتدا عکس دیجیتالی گرفته شده و سپس در نرم افزار ارزیابی گردد. برای گرفتن عکس دیجیتالی جهت مقایسه و اندازه گیری می بایست شرایط ثابت و یکنواخت فراهم شود، برای این منظور جعبه ایی به ابعاد $60 \times 50 \times 50$ سانتی متر (طول، عرض و ارتفاع) تهیه شد و دیوار داخلی آن با رنگ سفید (جهت باز تابش نور لامپ از تمام جهات به سمت نمونه) پوشش داده شد. از یک لامپ کم مصرف (۶۰ وات $Cixin$ ، $T > 5000K$) جهت تأمین نور استفاده شد. در زیر لامپ یک فویل آلومینیومی کاسه ای شکل براق به عمق 10 cm و قطر 30 cm قرار داده شد تا علاوه بر پخش یکنواخت نور، از تابش مستقیم نور به سطح نمونه جلوگیری کرده (به منظور پرهیز از پدیده برق افتادگی در سطح نمونه بخصوص نمونه هایی که سطح صاف دارند) و همچنین از تشکیل سایه جلوگیری شود.

در سال‌های اخیر استفاده از سیستم بینائی کامپیوتری^۱ برای اندازه گیری رنگ مواد غذایی مورد توجه قرار گرفته است. تکنیکی که با استفاده از یک دوربین دیجیتال و یک نرم افزار پردازش تصویر، امکان بکارگیری یک روش با قیمت ارزان تر و انعطاف پذیری بالاتر نسبت به دستگاه‌های متداول اندازه گیری رنگ را فراهم آورده است. این روش علاوه بر مزایای دستگاه‌های رنگ سنجی مرسوم و موارد گفته شده در بالا به دلیل انجام آنالیز نقطه ای که شامل گروه کوچکی از پیکسل‌ها می باشد جهت بررسی جزئیات و تشخیص نقص‌ها مناسب بوده و امکان آنالیز کلی از سطح ماده غذایی به منظور ارزیابی یکنواختی محصول را فراهم می کند. از دیگر مزایای این روش این است که می تواند به صورت پردازش همزمان^۲ جهت کنترل فرآیندها به کار رود (۳، ۴، ۸، ۱۰، ۱۱ و ۱۶).

اغلب سیستم‌های کامپیوتر بینایی که در مقالات از آنها بحث شده است نیازمند به تجهیزات خاص و به کار بردن الگوریتم خاص می باشند. یکی از ساده ترین روش‌ها جهت اندازه گیری رنگ استفاده از دوربین دیجیتالی و یک نرم افزار پردازش تصویر (مانند فتوشاپ) جهت آنالیز رنگ است، که در آن تجهیزات و نرم افزار هزینه زیادی در بر ندارد و راه اندازی و انجام آزمایشات ساده است و داده‌های حاصل از این روش نیز به اندازه کافی موثق می باشد. در این تحقیق امکان استفاده از برنامه فتوشاپ جهت تعیین پارامترهای رنگ در محدوده‌های مختلف فضای رنگی و مقایسه داده‌های آن با سیستم هانترلب و همچنین تکرار پذیری آن مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت و در نهایت این روش جهت اندازه گیری رنگ یک ماده غذایی که در اینجا خرما می باشد مورد استفاده قرار گرفت و

1 - Computer vision

2 - Online

مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای این کار دایره‌های به قطر ۱۰۰ پیکسل انتخاب شد و از طریق گزینه filter-blur average میانگین رنگ پیکسل‌های قسمت منتخب آن محاسبه و از پنجره information مقادیر L^* ، a^* و b^* استخراج گردید.

جهت اندازه گیری تطابق مقادیر بدست آمده از فتوشاپ و فتوشاپ اصلاح شده با مقادیر به دست آمده از دستگاه هانتربل از RMSD یا $RMSE^1$ استفاده شد که معادله آن در زیر آمده است:

از یک دوربین دیجیتال (مدل Canon Power Shot A540، ژاپن) برای عکس برداری از کارتها و نمونه‌ها استفاده شد. فاصله دوربین از سطح نمونه ۲۵ cm تنظیم گردید و کارتها با زاویه ۳۰ درجه نسبت به دوربین قرار گرفتند. دوربین در حالت کیفیت تصویر ۲MF (۱۶۰۰×۱۲۰۰ پیکسل) تنظیم گردید سایر تنظیمات دوربین در جدول ۲ آمده است، برای اینکه در هنگام عکس گرفتن درب محفظه بسته شود دوربین در حالت زمان ۱۰ ثانیه قرار داده شد. در حین عکس برداری درب محفظه بسته شد و از کارتها به صورت تکرار ۳ تایی عکس گرفته شد (شکل ۲). عکس‌های دیجیتال به یک PC منتقل و با برنامه فتوشاپ ۸

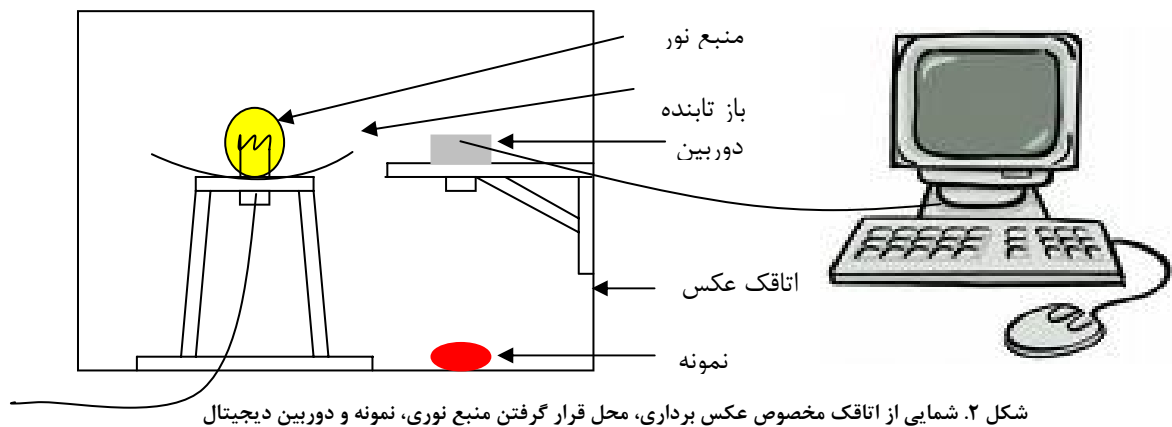
جدول ۱. اصطلاحات بکار برده شده در مقاله

متغیر	شرح	متغیر	شرح
*	L^* بدست آمده از دستگاه هانتربل	*	L^* بدست آمده از برنامه فتوشاپ
*	a^* بدست آمده از دستگاه هانتربل	*	a^* بدست آمده از برنامه فتوشاپ
*	b^* بدست آمده از دستگاه هانتربل	*	b^* بدست آمده از برنامه فتوشاپ
\hat{L}^*	L^* بدست آمده از معادله (فتوشاپ اصلاح شده)	R^2	ضریب همبستگی
\hat{a}^*	a^* بدست آمده از معادله (فتوشاپ اصلاح شده)		Root mean square deviation
\hat{b}^*	b^* بدست آمده از معادله (فتوشاپ اصلاح شده)		



شکل ۱. کارتها رنگ طراحی شده با برنامه فتوشاپ با مقادیر مختلف L^* ، a^* و b^* :

- (۱) پارامتر L^* متغیر و پارامترهای a^* و b^* ثابت هستند
- (۲) پارامتر a^* متغیر و پارامترهای L^* و b^* ثابت هستند
- (۳) پارامتر b^* متغیر و پارامترهای L^* و a^* ثابت هستند



شکل ۲. شمایی از اتاقک مخصوص عکس برداری، محل قرار گرفتن منبع نوری، نمونه و دوربین دیجیتال

جدول ۲. تنظیمات بکار برده شده در دوربین در حین عکسبرداری

متغیرها	
manual	Operation mode
۱	zoom
off	flash
Fluorescence H	White balance
۸۰	Iso velocity
۵/۶f/	Aperture Av
۱/۴	Exposure Tv

گرمخانه C ۱ ۳۹ نگهداری شدند و هر ۱۲ ساعت از آن نمونه برداری شده و تغییرات رنگی آن در طی فرآیند رسیدن مصنوعی با عکس برداری دیجیتالی و نرم افزار فتوشاپ اندازه گیری شد.

$$= \sqrt{\sum_{i=1}^n (\hat{x}_i - x_i^*)^2}$$

$$= \sqrt{\sum_{i=1}^n (\hat{x}_i - x_i^*)^2}$$

$$= \sqrt{\sum_{i=1}^n (\hat{x}_i - x_i^*)^2}$$

نتایج و بحث

نتایج حاصل از مقایسه داده‌های دستگاه هانتربل با داده‌های حاصل از نرم افزار فتوشاپ از لحاظ وجود همبستگی میان پارامترهای $L^*a^*b^*$ نشان داد که ضریب همبستگی خوبی بین مقادیر L^* ($R^2 \sim 0.995$)، a^* ($R^2 \sim 0.997$) و b^* ($R^2 \sim 0.995$) وجود داشت (جدول ۳ و نمودارهای ۱-۳). این نتیجه گویای این امر است که داده‌های حاصل از نرم افزار فتوشاپ قابل استناد بوده و

رساندن خرما: خرمای مضافتی در مهر ماه (۱۳۸۶) در مرحله خارک از باغات شهرستان بوم استان کرمان تهیه گردید. در پایلوت پلنت بخش علوم و صنایع غذایی خارک‌های سالم و بدون آفت آن جدا و از لحاظ اندازه و یکنواختی درجه بندی شده و به صورت یکنواخت به دسته‌های ۴۰۰ گرمی تقسیم شدند. سپس نمونه‌ها در داخل محلول اسید استیک ۰/۵٪ با دمای C ۶۰ به مدت ۵ دقیقه غوطه ور شده و با آب سرد شسته و به مدت ۶۰ ساعت در

تفاوت بخصوص در مورد مقادیر L^* قابل توجه می باشد. برای بر طرف کردن این مشکل داده ها با استفاده از نسبت تغییرات $L^*a^*b^*$ به دست آمده از نرم افزار فتوشاپ و دستگاه هانتر لب (معادله های ۱، ۲ و ۳) اصلاح شدند:

$$\hat{L}^* = (L_i - L_{min}) * ((L_{max} - L_{min}) / (L_{max} - L_{min})) + L_{min} \quad \text{معادله ۱}$$

$$\hat{a}^* = (a_i - a_{min}) * ((a_{max} - a_{min}) / (a_{max} - a_{min})) + a_{min} \quad \text{معادله ۲}$$

$$\hat{b}^* = (b_i - b_{min}) * ((b_{max} - b_{min}) / (b_{max} - b_{min})) + b_{min} \quad \text{معادله ۳}$$

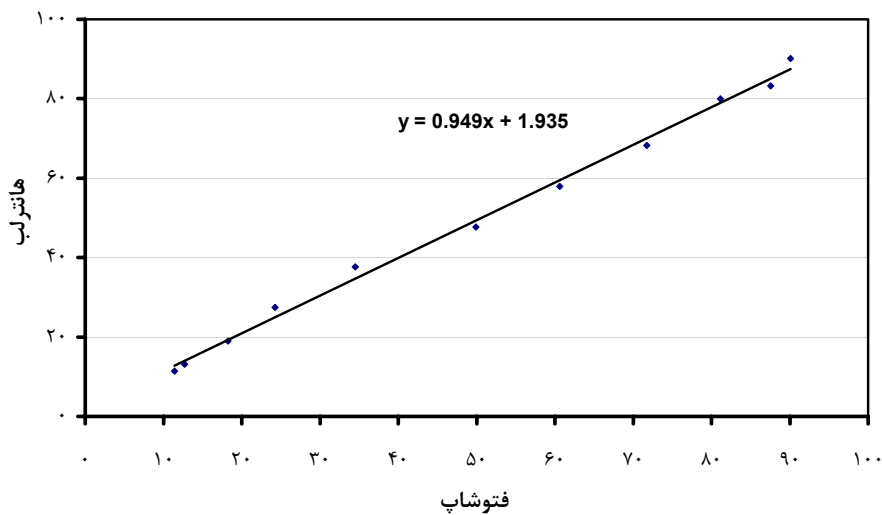
پراکنندگی یا انحراف معیار^۱ بین داده ها در تمامی نقاط ناچیز بود. اگر انحراف معیار داده ها به عنوان یک شاخص برای تکرار پذیری قرار داده شود می توان به این نتیجه رسید که تکرار پذیری این روش نیز جهت انجام آزمایشات مناسب است (نمودارهای ۴ تا ۶).

می توان جهت گزارش رنگ از آن استفاده کرد ولی RMSD پارامترهای رنگ سنجی بین دو سیستم هانتر لب و فتوشاپ نشان داد که با وجود مشابه بودن روند تغییرات، نتایج از نظر ارزش عددی با هم تفاوت زیادی داشتند که این

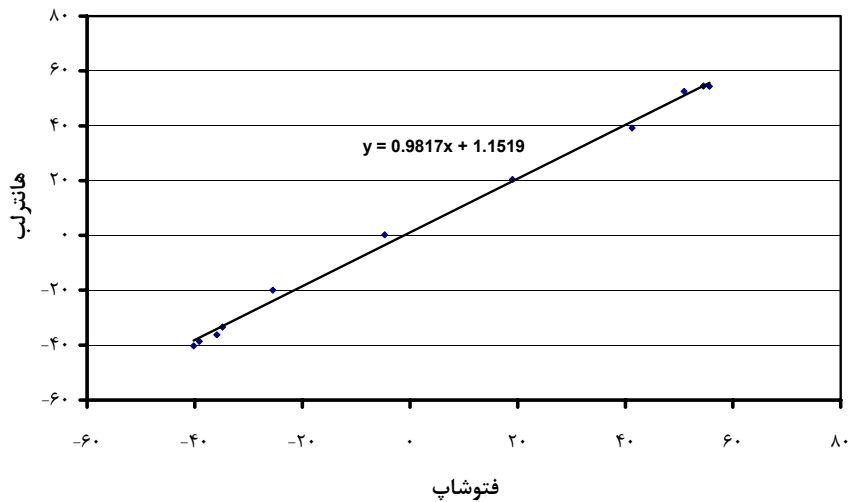
که در آنها max و min به ترتیب حداکثر و حداقل هر کدام از پارامترهای رنگ قرائت شده توسط فتوشاپ و هانتر لب می باشد. نتایج حاصل از این تبدیل در جدول ۳ و نمودارهای ۴، ۵ و ۶ تحت عنوان فتوشاپ اصلاح شده آمده است با استفاده از این فرمولها RMSE بهبود یافته و به کمتر از ۳/۲۵ در تمامی پارامترها رسید (جدول ۳).

جدول ۳. ضریب همبستگی و بین پارامترهای رنگ سنجی حاصل از فتوشاپ و فتوشاپ اصلاح شده با هانتر لب پارامتر

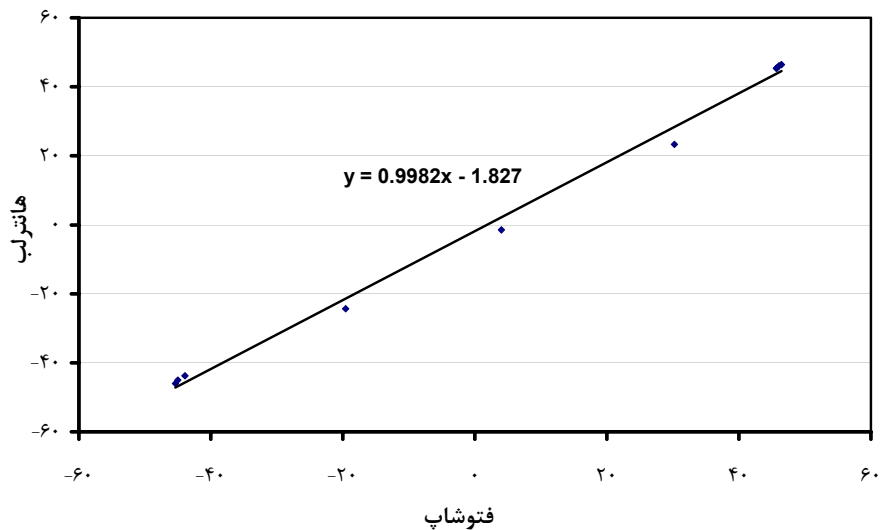
ضریب همبستگی (R^2)	بین مقادیر فتوشاپ با هانتر لب	۰/۹۹۵	۰/۹۹۷	۰/۹۹۵
RMSD	بین مقادیر فتوشاپ با هانتر لب	۶/۱۲۲	۳/۶۰۸	۱۶/۶۷۳
RMSD	بین مقادیر فتوشاپ اصلاح شده با هانتر لب	۳/۲۳۱	۲/۵۲۶	۲/۵۶۵



نمودار ۱. همبستگی میان داده های فتوشاپ و هانتر لب کارتهای رنگی طراحی شده (۰/۹۹۵)



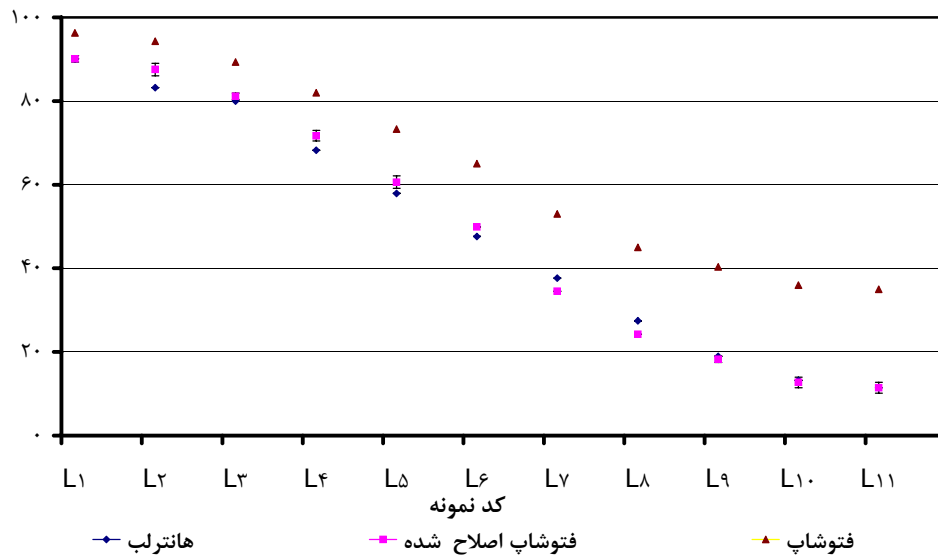
نمودار ۲. همبستگی بین داده‌های فتوشاپ و هانتربل کارتهای رنگی طراحی شده (۰/۹۹۷)



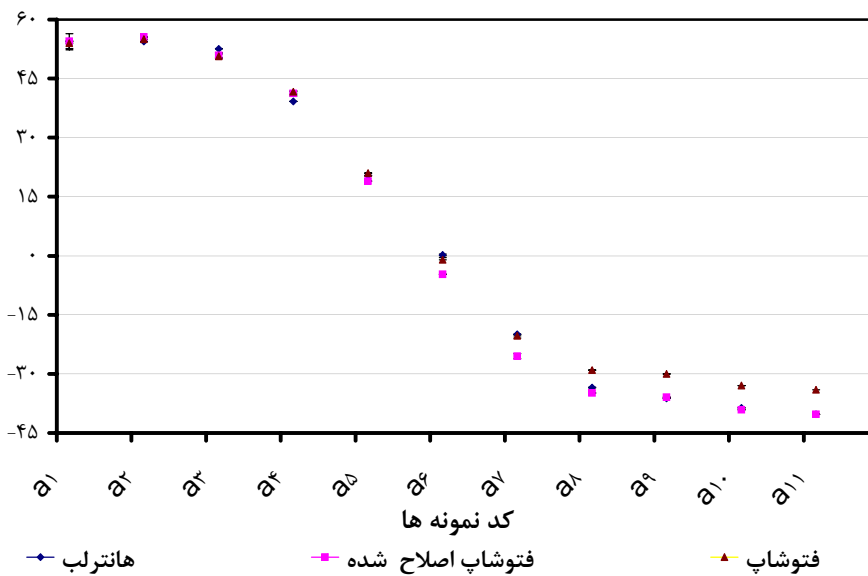
نمودار ۳. همبستگی بین داده‌های فتوشاپ و هانتربل کارتهای رنگی طراحی شده (۰/۹۹۵)

افزار با داده‌های حاصل از دستگاه رنگ سنجی صورت نگرفت. در پژوهش دیگری لیون و همکاران در سال ۲۰۰۶ توسط نرم افزار مطلب انجام شد از ۵ مدل جهت تبدیل مقادیر RGB به $L^*a^*b^*$ با استفاده گردید، این داده ها با داده‌های حاصل از دستگاه‌های رنگ سنجی مورد مقایسه قرار گرفتند که نشان داد امکان استفاده از مقایر بدست آمده جهت گزارش رنگ مواد غذایی وجود دارد.

مقایسه این روش با روشهای مورد استفاده توسط محققین دیگر نشان داد که این روش علاوه بر سادگی از کارایی مطلوبی نیز برخوردار است. در پژوهشی که توسط یام و همکاران در سال ۲۰۰۴ انجام شد تغییرات رنگ پیتزا که توسط سه روش مختلف توسط مایکروویو پخت شدند توسط نرم افزار فتوشاپ مورد ارزیابی قرار گرفت ولی در تحقیق آنها مقایسه ای بین $L^*a^*b^*$ بدست آمده از این نرم



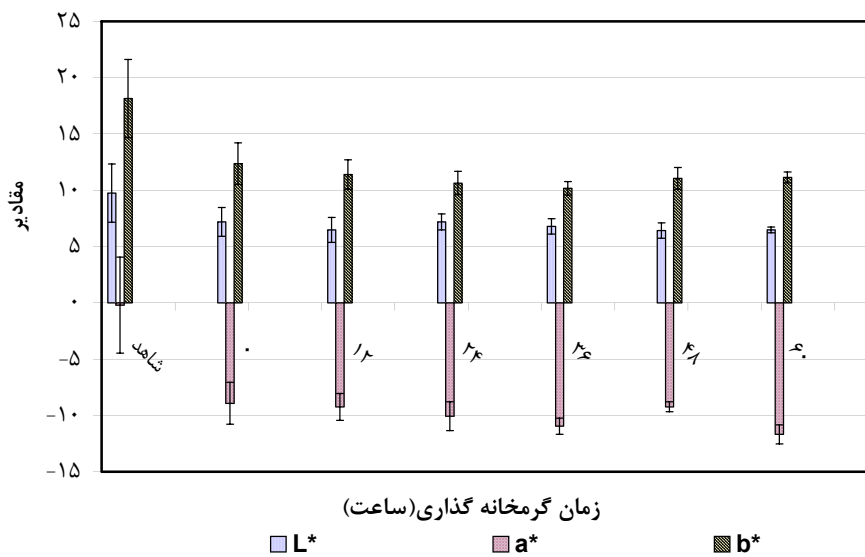
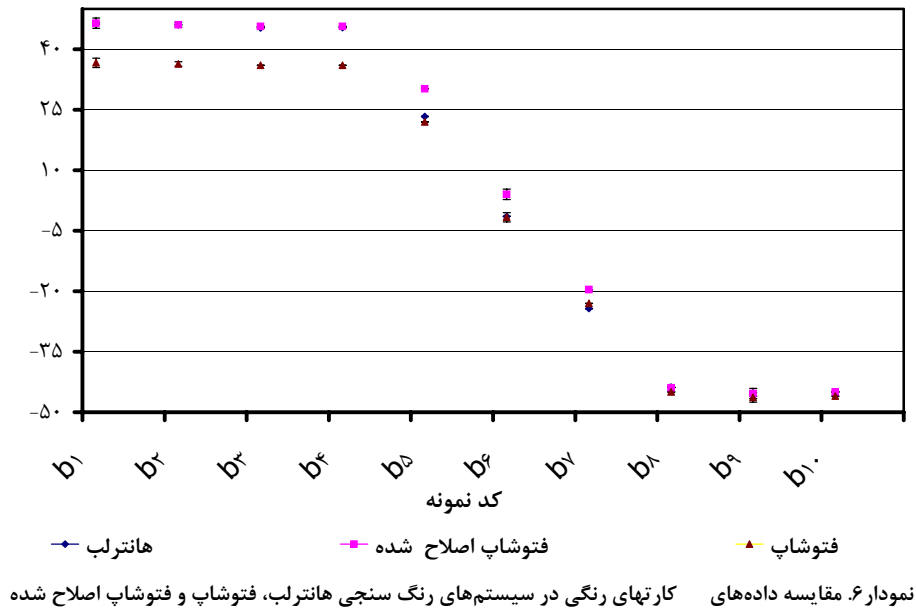
نمودار ۴. مقایسه داده‌های کارتهای رنگی در سیستم‌های رنگ سنجی هانتربل، فتوشاپ و فتوشاپ اصلاح شده



نمودار ۵. مقایسه داده‌های کارتهای رنگی در سیستم‌های رنگ سنجی هانتربل، فتوشاپ و فتوشاپ اصلاح شده

می‌یابند. این کاهش در طی زمان رسیدن با روند آهسته تری ادامه یافته و در نهایت به حدود ۶/۵، ۱۱/۷- و ۱۱/۲ می‌رسد. با توجه به اینکه خرمای مضافتی در مرحله خارک به رنگ قرمز روشن تا قرمز نسبتاً تیره است و در مرحله رطب رنگ آن قهوه‌ای تیره تا سیاه می‌شود این نتیجه منطقی به نظر می‌رسد.

با استفاده از نرم افزار فتوشاپ پارامترهای رنگ خرمای مضافتی در طی فرایند رسیدن مصنوعی در زمانهای مختلف اندازه گیری شد (نمودار ۷). نتایج حاصل از این روش نشان داد که بیشترین تغییر در پارامترهای رنگ سریعاً بعد از تیمار با محلول اسید استیک داغ اتفاق می‌افتد به طوریکه پارامترهای $L^*a^*b^*$ به ترتیب حدود ۳، ۷ و ۵ واحد کاهش



نتیجه گیری

در این تحقیق با استفاده از یک محفظه عکس برداری با شرایط کنترل شده (نور، محل دوربین، فاصله تا نمونه، زاویه بین دوربین، نمونه و منبع نوری) و نرم افزار فتوشاپ ارزیابی پارامترهای رنگ سنجی $L^*a^*b^*$ کارتهای رنگی طراحی

شده انجام شد. مقایسه نتایج حاصله با نتایج دستگاه رنگ سنج هانترب نشان داد که مقادیر پارامترهای رنگ حاصل از نرم افزار فتوشاپ بدون اصلاح را می توان تنها جهت مقایسه نسبی پارامترهای رنگی بکار برد ولی با بکار بردن فرمول‌هائی مشابه فرمول ارائه شده در این تحقیق و کالیبره

کردن این روش، امکان اصلاح مقادیر پارامترهای رنگ
 سنجی بدست آمده از نرم افزار فتوشاپ جهت گزارش
 هزینه پائین آن می تواند عامل توجیه کننده خوبی در استفاده
 از این روش جهت اندازه گیری رنگ مواد غذایی باشد.

منابع

- 1) Andreadis, I. 2000. A color coordinate normalizer chip. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 28, 181-196.
- 2) Antonelli A., M. Cocchi, P. Fava, G. Foca, G. C. Franchini, D. Manzini, and A. Ulrici. 2004. Automated evaluation of food colour by means of multivariate image analysis coupled to a wavelet-based classification algorithm. *Analytica Chimica Acta*, 515, 3-13.
- 3) Du, C. J. and D. W. Sun. 2005. Pizza sauce spread classification using colour vision and support vector machines. *Journal of Food Engineering*, 66, 137-145.
- 4) Fernandez, L., C. Castellero, and J. M. Aguilera. 2005. An application of image analysis to dehydration of apple discs. *Journal of Food Engineering*, 67, 185-193.
- 5) Hatcher, D. W., S.J. Symons and U. Manivannan. 2004. Developments in the use of image analysis for the assessment of oriental noodle appearance and colour. *Journal of Food Engineering*, 61, 109-117.
- 6) Leon, K., D. Mery, F. Pedreschi, and J. Leon. 2006. Color measurement in L*a*b* units from RGB digital images. *Food Research International*, 39, 1084-1091.
- 7) Mendoza, F., P. Dejmekb and J. M. Aguilera 2006. Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 285-295.
- 8) Mery, D. and F. Pedreschi. 2005. Segmentation of colour food images using a robust algorithm. *Journal of Food Engineering*, 66, 353-360.
- 9) Nobbs, J.H. and C. Connolly. 2000. Camera-based colour inspection Sensor Review. MCB University Press, 20, 14-19.
- 10) Pedreschi, F., J. Leon, D. Meryand, and P. Moyano. 2006. Development of a computer vision system to measure the color of potato chips. *Food Research International*, 39, 1092-1098.
- 11) Tanska, M., D. Rotkiewicz, W. Kozirok, and I. Konopka, 2005. Measurement of the geometrical features and surface color of rapeseeds using digital image analysis. *Food Research International*, 38, 741-750.
- 12) Technical Services Department Hunter Associated Laboratory, Inc. 1996. Application Note, 8, 1-15.
- 13) Technical Services Department hunter Associates Laboratory Inc. 2001. Application Note, 13, 1-4.
- 14) Yam, K. L. and S. E. Papadakis. 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of Food Engineering*, 61, 137-142.
- 15) Zhang, J., S. Sokhansanj, S. Wu, R. Fang, W. Yang, and P. Winter. 1998. A transformation technique from RGB signals to the Munsell system for color analysis of tobacco leaves. *Computers and Electronics in Agriculture*, 19, 155-166.
- 16) Zhou, T., A. D. Harrison, R. McKellar, J.C. Young, J. Odumeru and P. Piyasena. 2004. Determination of acceptability and shelf life of ready-to-use lettuce by digital image analysis. *Food Research International*, 37, 875-881