

تحلیل تغییرات رنگ رطب در طی خشک کردن با خشک کن کابینی با استفاده از روش عکس برداری دیجیتالی

عسگر فرحناکی^{1*}، حامد عسکری²، غلامرضا مصباحی³

- 1- استادیار بخش علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
- 2- دانشجوی فوق لیسانس بخش علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
- 3- مربی بخش علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

چکیده

در این مقاله روش ساده ای معرفی می گردد که با استفاده از دوربین دیجیتال، کامپیوتر و نرم افزار گرافیکی بتوان، رنگ سطح محصولات غذایی را اندازه گیری و تحلیل نمود. این روش دارای مزایای متعددی است. در این روش عکس نمونه ماده غذایی را برای تحلیل کیفی رنگ، می توان بر روی صفحه نمایش کامپیوتر نشان داد و یا از آن پرینت گرفت. همچنین اطلاعات کمی، از قبیل میانگین و توزیع رنگ (بر اساس ارزش های b, a, L) به آسانی تعیین خواهد شد. در این تحقیق تاثیر دما و زمان در فرایند خشک کردن رطب وارپته کبکاب بر تغییرات رنگ درخشک کن کابینی بررسی شد. رنگ رطب ها در پنج سطح دمایی 56، 66، 76، 86 و 96 °C بعد از گذشت زمان های 0، 40، 80، 120، 160، 200 و 240 دقیقه مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه نتایج رنگ سنجی در مورد پارامترهای a, L و b نشان داد که با افزایش دما و زمان خشک شدن پارامترهای a, L و b به طور منظم کاهش می یابند. تغییرات رنگ در دمای 96 °C بیشتر و شدیدتر از 86 °C و 76 °C می باشد. دمای 76 °C با توجه به نتایج بررسی رنگ در روش بکار رفته در مقایسه با دماهای بالاتر و نیز سرعت بیشتر خشک کردن در مقایسه با دماهای پایین تر، مناسب ترین دما برای کاهش رطوبت رطب تشخیص داده شد.

کلید واژه گان: رطب، وارپته کبکاب، خشک کن کابینی، رنگ سنجی، نرم افزار گرافیکی.

1- مقدمه

1-1- اهمیت رنگ در مواد غذایی

پژوهش توضیح روش اندازه گیری رنگ سطح مواد غذایی و تعیین بهترین دما برای کاهش رطوبت رطب می باشد [1]. اکثر دستگاه های اندازه گیری رنگ، برای تحقیقات مهندسی صنایع غذایی مناسب نیستند زیرا این قبیل دستگاه ها عمدتاً برای کنترل کیفیت مواد غذایی طراحی شده اند. این دستگاه ها تنها میانگین مقدار رنگ را تعیین می کنند و برای اندازه گیری

تحقیقات مهندسی صنایع غذایی، اغلب نیازمند به تحلیل کمی و کیفی رنگ سطحی نمونه های غذایی می باشد. تحلیل کیفی شامل بررسی های بصری و مقایسه نمونه های غذایی با هم است. تحلیل کمی رنگ، شامل بدست آوردن میانگین و توزیع رنگ می باشد. توزیع رنگ ممکن است با دیگر داده ها از قبیل دما و محتوای رطوبت در ارتباط باشد. هدف اصلی این

* مسئول مکاتبات: Farahnak@shirazu.ac.ir

اصطلاحات موسوم به رنگ یکنواخت³ و رنگ متضاد⁴ مقیاس های رنگ، بر اساس تئوری رنگ های متضاد تصور رنگ⁵ پایه گذاری شده است. در این تئوری تصور می شود که سیگنال های واسطی در مرحله سوئیچینگ⁶ بین گیرنده های نور موجود در شبکیه و عصب های نوری که سیگنال ها را به مغز منتقل می کنند، وجود دارد. در مکانیسم سوئیچینگ، پاسخ های سرخ⁷ با سبز مقایسه می شوند و منجر به وجود آمدن بُعد رنگی سرخ به سبز می گردد. پاسخ زرد با آبی مقایسه می شود و در نتیجه بُعد زرد به آبی بدست می آید. این دو بعد رنگ با سمبل های (Redness) a و (Yellowness) b نشان داده می شوند. سومین بعد رنگ روشنایی، (Lightness) L می باشد [9]. در سال 1976 مدل Lab بوسیله کمیسیون بین المللی روشنایی⁸ (CIE) بعنوان یک استاندارد بین المللی برای اندازه گیری رنگ شناخته شد. مدل رنگی Lab مرکب از جزء روشنایی⁹ (مقدار L که دامنه ای از صفر تا 100 دارد) و دو جزء رنگی (دامنه ای از -120 تا +120) شامل جزء a (دارای طیف رنگی سبز تا قرمز) و جزء b (دارای طیف رنگی آبی تا زرد) می باشد. از مدل Lab اغلب برای مطالعات تحقیقی رنگ مواد غذایی استفاده می شود [1].

از مدل های RGB و CMYK می توان به عنوان مدل های کمکی استفاده کرد. به عنوان مثال عکس مواد غذایی بر روی سیستم ویندوز نسبت به کامپیوتر Mac OS تاریکتر دیده می شود. به این علت که رنگ استاندارد RGB سیستم ویندوز نسبت به Mac OS تاریکتر است. بنابراین طیف رنگی RGB و CMYK که بر روی صفحه نمایش کامپیوتر ظاهر می شود کوچکتر از طیف رنگی Lab می باشد و به این علت نمی تواند خارج از طیف رنگی، بر روی صفحه نمایش یا پرینتر نشان داده شود [1].

3-1- اندازه گیری رنگ

برای اندازه گیری رنگ با استفاده از یک دوربین دیجیتال با وضوح تصویر بالا (2 مگا پیکسل یا بالاتر) از نمونه های ماده غذایی تحت نور مناسب، عکس رنگی گرفته می شود. عکس رنگی گرفته شده شامل تصویری با تعداد زیادی پیکسل است

توزیع رنگ نقطه به نقطه در هر موقعیت از آزمایش، تا اندازه ای مشکل و زمانبر هستند. علاوه بر این در برخی از این دستگاه ها، نمونه ماده غذایی می بایستی بصورت هموزن مورد استفاده قرار گیرد و قبل از آزمایش نمونه ها توسط یک مخلوط کن یا آسیاب هموزن گردند تا یک رنگ یکدست بدست آید. مخلوط کردن یا آسیاب کردن نه تنها زمانبر است بلکه نمونه ها را برای اهداف دیگر غیر قابل استفاده می کند. همچنین دستگاه های عکس برداری میکروسکوپی با عکس برداری پیشرفته و امکانات تحلیل رنگ نیز در دسترسند اما برای تحلیل رنگ مواد غذایی حجیم مثل میوه جات مناسب نیستند [1].

در آزمایشگاه های تحقیقاتی دانشگاه ها، کاربرد سیستم های بصری کامپیوتری برای نظارت کیفی و درجه بندی، در حال توسعه می باشد. اندازه گیری رنگ و تحلیل آن در اکثر مواد غذایی از جمله سبزیجات و میوه جات (مثل بررسی رنگ سیب و گوجه فرنگی)، آجیل ها، حبوبات، گوشت (مثل درجه ماربلینگ و رنگ استیک ها)، پنیر، محصولات نانوائی (مثل شیرینی جات و کلوچه ها)، پاستا و ... مورد استفاده قرار می گیرد [2، 3 و 4]. اندازه گیری رنگ با بررسی پیکسل های عکس دیجیتالی سطح ماده غذایی توسط نرم افزار فتوشاپ صورت می گیرد که از این طریق شدت رنگ، توزیع و میانگین آن را بدست آورده است [5]. در روش عکس برداری دیجیتالی، هزینه وسایل و نرم افزار ارزان است و آماده سازی آزمایش و انجام آن ساده می باشد و اندازه گیری و تحلیل رنگ برای تحقیقات مهندسی صنایع غذایی از دقت قابل قبول برخوردار می باشد [6، 7 و 8].

2-1- مدل های رنگی

سه مدل رنگی شامل مدل RGB¹، مدل CMYK² و مدل Lab، برای تعیین رنگ مواد غذایی مورد استفاده قرار می گیرد. در میان این مدل ها، مدل Lab کاملترین طیف رنگی را نسبت به RGB و CMYK دارد [5]. با وجود اینکه این مدل رنگی مناسب ترین مدل است اما می بایستی محدودیت های آن نیز در نظر گرفته شود. برای مثال طیف رنگی قابل مشاهده توسط چشم انسان بیشتر از تعداد رنگ هایی است که می تواند بر روی صفحه نمایش یک کامپیوتر نمایش داده شود [1].

3. Uniform- color
4. Opponent - color
5. Color vision
6. Switching stage
7. Red response
8. International commission of Illumination
9. Luminance و Lightness

1. Red, Green, and Blue
2. Cyan, Magenta, Yellow, black

منبع نوری قرار گرفته در بالای ماده غذایی می بایستی یکنواخت باشد که برای این کار می بایستی در آزمایشگاه ترکیبی از نورهای مختلف و مسافت های مختلف منبع نوری و نمونه غذایی انتخاب شود و عکس برداری در یک اتاق تاریک انجام شود که نور خارجی بر روی نمونه تاثیر نگذارد و بهترین نور با یک نور سنج مورد اندازه گیری قرار گیرد و استفاده شود [10].

6-1-1- دوربین دیجیتال

دوربین دیجیتال، عکس ها را که از میلیون ها نقطه ریز یا پیکسل ساخته شده اند، بر روی حافظه خود ثبت می کند و فاکتور عمده ای که بر کیفیت عکس می تواند تاثیر گذار باشد فشردگی فایل ذخیره شده و وضوح تصویر آن می باشد. وضوح تصویر بستگی به تعداد پیکسل حسگر نوری دارد و عکس های با تعداد پیکسل های بالا، وضوح تصویر بهتری دارند و کیفیت عکس بهتر می شود. متراکم کردن فایل باعث کاهش حافظه اشغال شده توسط عکس می شود و باعث می شود که بتوان تعداد عکس بیشتری ذخیره نمود. برای تحقیق اخیر عکس ها با فرمت TIFF تهیه شده است.

دوربین دیجیتال با حداقل وضوح تصویر 1200×1600 پیکسل که معادل یک دوربین $2/1$ مگاپیکسل یا بالاتر است برای این کار مناسب می باشد. همچنین دوربین می بایستی مجهز به قابلیت بزرگنمایی تصویر و دارای کارت حافظه حداقل 32 مگابایت باشد تا عکس ها را بتوان نگهداری کرد و به کامپیوتر انتقال داد [1].

مطمئن بودن از اینکه سیستم نوری و دوربین بطور صحیح کار می کند و هیچ تناقضی ندارد خیلی مهم می باشد. از این رو حداقل دو استاندارد رنگی می بایستی برای این کار استفاده شود که تامین کننده طیف رنگی خاص نمونه ماده غذایی باشد [1].

7-1- آنالیز رنگ

1-7-1- استفاده از نرم افزار فتوشاپ

فتوشاپ یک نرم افزار استاندارد می باشد که برای ویرایش تصاویر و اصلاح عکس مورد استفاده قرار می گیرد. این نرم افزار دارای ویژگی های برجسته ای می باشد که کاربرد آن را برای آنالیز رنگ نمونه های ماده غذایی، مناسب می سازد [5]. یک کامپیوتر مدل Pentium III یا بالاتر با مشخصات 20 گیگا بایت حافظه، 128 مگا بایت RAM برای نصب این نرم

که هر کدام از این پیکسل ها مسئول یک قسمت بسیار کوچک از نمونه بوده و رنگ خاصی دارا می باشد. با استفاده از دستگاه اسکنر هم می توان عمل عکس برداری را انجام داد ولی ممکن است برای عکس برداری با اسکنر مجبور به تغییرات فیزیکی در ماده غذایی باشیم که مطلوب نباشد و منبع نوری اسکنر نیز به آسانی قابل کنترل نمی باشد [1].

4-1- منابع نوری

برای گرفتن عکس رنگی، داشتن منبع نوری مناسب خیلی مهم می باشد. زیرا قسمتی از رنگ نمونه های ماده غذایی بستگی به طیف بازتابیده شده از آن دارد. از این رو قدرت پخش طیف نوری می بایستی استاندارد باشد [1].

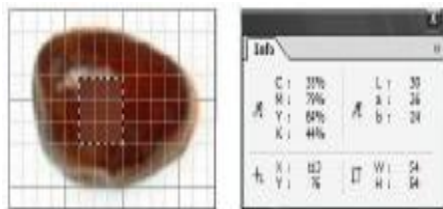
CIE استاندارد های متعدد نور را بر اساس اصول حس کردن رنگ توسط چشمان انسان، تعیین کرده است. استاندارد منبع نوری متداول در تحقیقات غذایی $A(2856^{\circ}K)$ ، $C(6774^{\circ}K)$ ، $D_{65}(6500^{\circ}K)$ و $D(7500^{\circ}K)$ می باشد. منبع نوری C ، D_{65} و D بعنوان تقلیدی از نور های مختلف روز در نظر گرفته شده اند [1]. A نور حاصل از فیلامنت گذاخته در $2856^{\circ}K$ و C همان نور است که به منظور ایجاد ترکیب طیفی نزدیک به نور روز توسط فیلتر اصلاح شده است. در برخی از منابع نوری انرژی تابشی زیادی در یک نوع نور طیفی متمرکز می شود. به عنوان مثال لامپ سدیمی از این نوع است. این لامپ نور مونوکروماتیک (تک فام) تولید می کند. منابع دیگر نوری مثل نور حاصل از فیلامنت گذاخته، طیف پیوسته تولید می کند. لامپ فلورسنت طیف پیوسته ای را می دهد که منطبق بر طیف خطی تابش اولیه تولید شده بر اثر تخلیه الکتریکی در گاز داخل لامپ می باشد. وقتی دما بسیار بالاست (حدود $3000^{\circ}K$) بیشینه انرژی در وسط طیف مرئی توزیع می گردد. چنین توزیع انرژی با نور روز در هنگامی که آسمان ابری است مطابقت دارد. در دماهای پایینتر بیشینه انرژی به طول موج های بلندتر تغییر می یابد. در $3000^{\circ}K$ توزیع انرژی طیفی مشابه با نور حاصل از فیلامنت گذاخته است. توزیع طیفی غیر یکنواخت نور حاصل از فیلامنت گذاخته، اشیای سرخ را برای بیننده خوش جلوه و اشیای آبی را بد جلوه می سازد [9].

5-1- کنترل شرایط عکس برداری

زاویه بین عدسی دوربین و محور منبع نوری می بایستی حدود 45° باشد. به این علت که نور منعکس شده به دوربین از منبع نوری نباشد و از ماده غذایی دریافت شود. علاوه بر این شدت

3-7-1- آنالیز مقداری

در آنالیز مقداری، از ارزش L ، a و b استفاده گردید، به این علت که مستقل از دستگاه بوده و محدوده وسیع تری را نسبت به RGB و $CMYK$ پوشش می دهد. نرم افزار فتوشاپ می تواند ارزش های L ، a و b را (همچنین RGB و $CMYK$) را در پنجره **Info Palette** و **Histogram** نمایش دهد. بنابراین دو روش مختلف برای مشخص کردن توزیع L ، a و b نمونه های رطب می توان استفاده کرد. در روش اول (شکل 2) از **Info Palette** برای مشخص کردن توزیع رنگ در طول محور x و y ، جایی که مبدا در مرکز نمونه رطب قرار گرفته بود، استفاده شد. بوسیله روشن کردن طرح شبکه در فتوشاپ، یک شبکه روی نمونه رطب گذاشته می شد. هنگامی که نشانگر کامپیوتر در یک نقطه از شبکه در طول محور x یا محور y قرار می گرفت، ارزش های L ، a و b از هر نقطه از شبکه در **Info Palette** بدست می آمد. البته پارامترهای L ، a و b بعنوان تابعی از محور x یا y که از این راه بدست می آمد، دارای سطح بالایی از پارازیت بود و این پارازیت بواسطه نقاط تیره کوچک در نمونه های رطب ایجاد می شد و چون انتخاب فقط یک پیکسل در مشخص کردن ارزش های L ، a و b بکار رفته بود، باعث ایجاد خطا می گردید. قابل توجه است که **Info Palette** برای مشخص کردن مدل های رنگی دیگر نیز استفاده می شود. ارزش های $CMYK$ بصورت نرمال به شکل درصد نشان داده می شوند (شکل 3). وقتی که نشانگر کامپیوتر در یک پیکسل که ارزش رنگ آن خارج از محدوده $CMYK$ است قرار می گیرد، درصد با یک علامت تعجب جایگزین می شود. با این وجود بیش از 99% ارزش های رنگ نمونه های رطب در محدوده $CMYK$ بود.



فتوشاپ

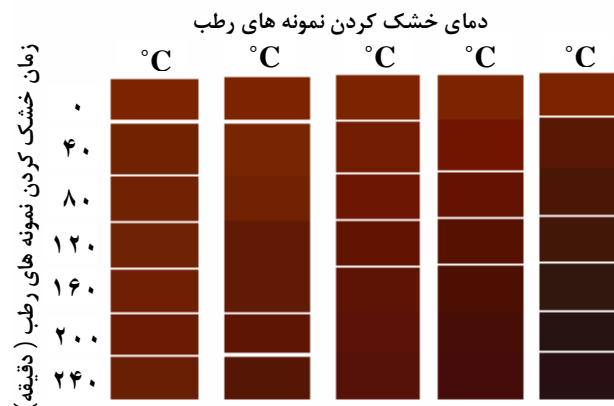
شکل 2 سمت چپ، تصویر گرفته شده از رطب و سمت راست، صفحه **Info Palette** در فتوشاپ

افزار مناسب است. انتخاب نرم افزار فتوشاپ برای رنگ سنجی چند دلیل دارد. بخاطر اینکه در مقایسه با دیگر نرم افزارها، ابزاری توانمند در ارزیابی تصاویر می باشد و آنالیز رنگ آن قابل مقایسه با آنالیز رنگ نرم افزارهای گرانتر می باشد. این نرم افزار توانایی بالایی در تنظیم رنگ ها و تولید رنگ های متناسب و سازگار با چشم بیننده، نسبت به دیگر نرم افزارهای گرافیکی دارد. این نرم افزار همچنین در تعداد زیادی از آزمایشگاه ها در دسترس بوده و به میزان زیادی توسط استفاده کنندگان تایید شده است [1].

2-7-1- آنالیز کیفی

لغت کیفیت در اینجا به جنبه هایی که به آسانی قابل کمی شدن نمی باشند، اشاره دارد. برای مثال معدود نقاط تیره ای که در نمونه های رطب بود، بیان کمی آنها با پارامترهای L ، a و b به آسانی امکان پذیر نبود. در آنالیز کیفی واژه هایی مثل روشن تر، تیره تر و جذاب تر برای توصیف یا مقایسه نمونه های رطب استفاده می شوند. هر دو آنالیز کمی و کیفی برای توصیف صحیح رنگ نمونه های رطب استفاده شدند. در تحقیقات پژوهشی دیگر فقط اطلاعات کمی (مثل متوسط رنگ) گزارش شده بود. متوسط رنگ در حالی که یک توصیف ساده را بیان می کند بعضی از جزئیات مهم را شامل نمی شود. در بعضی موارد استفاده از متوسط رنگ به تنهایی، بدون بررسی بصری (دیداری) نمونه های غذایی، حتی باعث ایجاد نتایج گمراه کننده ای می شود [1].

نرم افزار فتوشاپ برای دسته بندی تصاویر نمونه های رطب در طی فرایند خشک کردن رطب مورد استفاده قرار گرفت. تصاویر بر روی کامپیوتر دسته بندی شدند و روند تغییرات بصری رنگ در شکل (1) آورده شده است.



شکل 1 تغییرات رنگ رطب در طی خشک کردن در دماها و زمان های مختلف

2- مواد و روش ها

2-1- آماده سازی و درجه بندی ظاهری خرما ها

میوه خرما می مورد استفاده در این تحقیق از استان بوشهر فراهم گردید. میوه های خرما همگی از واریته کبکاب و در مرحله رطب از یک نخلستان جمع آوری گردید. میزان رطوبت اولیه رطب های مورد استفاده حدود 30% (بر پایه مرطوب) بود. میوه های خرما، بر اساس شکل، اندازه و رنگ جداسازی گردیده و رطب هایی که دارای اندازه و رنگ مشابهی بودند در کیسه های پلاستیکی از جنس پلی اتیلن با دانسیته کم به ضخامت 100 μm قرار داده شده و سپس کیسه ها درزبندی شدند و به منظور استفاده های بعدی در دمای پایین ($2^\circ\text{C} \pm$) (4) نگهداری گردیدند. جداسازی رطب ها بر اساس رنگ با استفاده از تشخیص چشمی انجام گرفت.

2-2- روند خشک کردن میوه های رطب

در ابتدا میوه های رطب وزن گردیده و بصورت تک لایه در سینی های مشبک فلزی با چارچوب چوبی قرار داده شدند و در یک دستگاه خشک کن کابینی مدل (Proctor, USA) با جریان عرضی هوا، در دما های 56، 66، 76، 86 $^\circ\text{C}$ خشک گردیدند. محدوده دمایی به گونه ای انتخاب شدند که امکان خشک کردن و کاهش محتوای رطوبت نمونه ها در محدوده زمانی حدود 4 ساعت فراهم شود. سرعت متوسط هوا 3 ms^{-1} بود.

در طی 240 دقیقه خشک کردن بعد از هر 40 دقیقه از نمونه های قرار گرفته در خشک کن، نمونه برداری انجام می گرفت تا برای ارزیابی رنگ مورد استفاده قرار گیرند. میوه های رطب قبل از خشک کردن توزین می شدند و در طی خشک شدن، هر 40 دقیقه بطور مداوم برای مدت 4 ساعت وزن می گردیدند. بعد از این دوره زمانی، رطوبت نمونه های رطب به حدود 30% بر پایه خشک (23-24% بر پایه مرطوب) می رسید که رطوبت مناسب برای نگهداری رطب می باشد [11].

2-3- اندازه گیری رنگ میوه های رطب

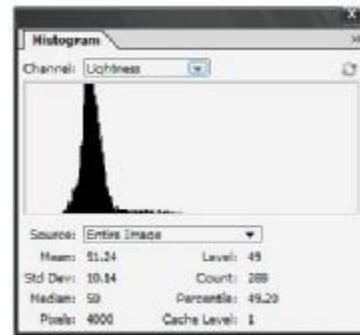
در این بخش نمونه ها برای عکس برداری در محفظه ای با زمینه به رنگ سفید قرار گرفتند که برای نور پردازی فضا از دو نوع لامپ تنگستن و فلوروسنت استفاده شد. زاویه تابش نور با سطح افقی تصویر، 45 درجه بود. تصویر برداری با استفاده از دوربین دیجیتال 2 مگاپیکسل مدل (Fujifilm, A202)

دومین روش، استفاده از پنجره هیستوگرام¹⁰ برای مشخص کردن توزیع رنگ در طول محور X و Y است (شکل 3).

پنجره هیستوگرام، داده های آماری (میانگین، انحراف معیار، میانه، درصد و...) ارزش رنگ، مثلاً برای ارزش L (روشنایی) را برای یک سطح انتخاب شده از تصویر رطب نشان می دهد.

همچنین پنجره هیستوگرام می تواند داده های آماری را برای دو ارزش رنگ دیگر، یعنی a و b نیز نشان دهد. از اینرو متوسط رنگ نمونه های رطب یا هر قسمتی از نمونه می تواند به آسانی توسط پنجره هیستوگرام بدست آید.

ارزش های L، a و b در پنجره هیستوگرام ارزش های رنگ استاندارد نیستند، ولی با استفاده از فرمول قابل تبدیل به L^* ، a^* و b^* واقعی هستند.



شکل 3 پنجره هیستوگرام در فتوشاپ

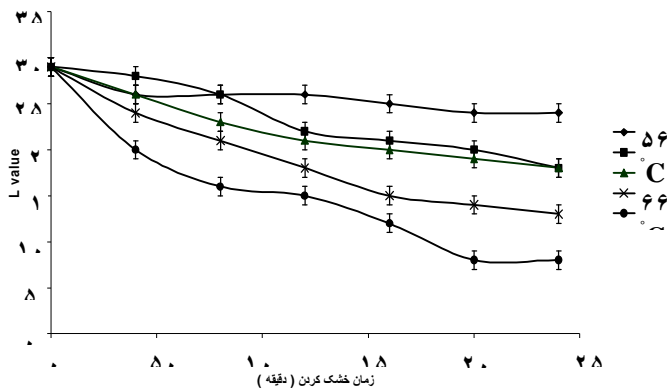
برای مشخص کردن توزیع رنگ با استفاده از روش دوم، از مقادیر متوسط چندین پیکسل استفاده می شود تا پارامترها را در نمونه ها کاهش دهد. مجدداً همانند روش قبل یک شبکه بر روی نمونه های رطب قرار می گیرد و مقایسه L، a و b را با استفاده از هیستوگرام بدست می آوریم [1]. این مقاله روش ساده ای را با استفاده از یک دوربین دیجیتال برای اندازه گیری رنگ و نرم افزار گرافیکی فتوشاپ برای تحلیل رنگ نمونه های رطب، بررسی می کند.

$$L^* = \frac{\text{Lightness}}{225} \times 100 \quad a^* = \frac{240a}{225} - 120 \quad b^* = \frac{240b}{225} - 120$$

شود که دما و مدت زمان خشک کردن بر فاکتور های رنگ تاثیر معنی داری آماری در سطح 1% داشته اند.

- تغییرات میزان پارامتر L رنگ رطب

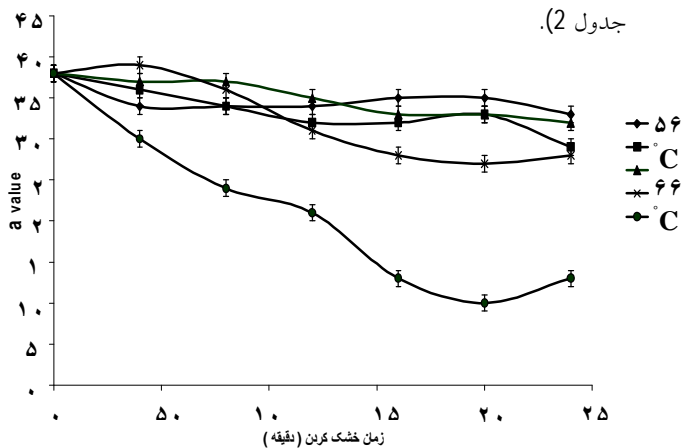
بررسی روند میانگین تغییرات روشنایی (L) Lightness رنگ، اندازه گیری شده در طول مدت دوره خشک کردن، نشان می دهد که با افزایش دما و زمان خشک کردن، (L) رطب های خشک شده کاهش می یابد (شکل 5 و جدول 1).



شکل 5 تاثیر دما و زمان بر پارامتر (L) رنگ رطب در طی خشک کردن

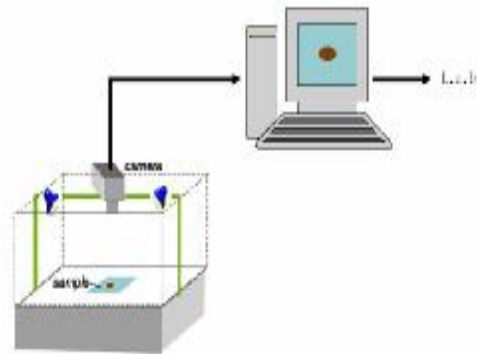
- تغییرات میزان پارامتر a رنگ رطب

روند میانگین تغییرات (a) Redness رنگ اندازه گیری شده در طول مدت دوره خشک کردن، نشان می دهد که با افزایش دما و زمان خشک کردن، (a) کاهش یافته است (شکل 6 و جدول 2).



شکل 6 تاثیر دما و زمان بر پارامتر (a) رنگ رطب در طی خشک کردن

(China) انجام گرفت که در ادامه پس از انتقال تصاویر به رایانه، با استفاده از نرم افزار Photoshop 8 پردازش تصویر انجام گرفت (شکل 4). شدت نور اطراف نمونه با استفاده از کارت های رنگی که قبلاً Lab آنها با استفاده از دستگاه هانتربل اندازه گیری شده بود، تنظیم گردید. میانگین رنگ بدست آمده از نمونه های خرما در هر زمان در شکل 1 آورده شده است.



شکل 4 سیستم عکس برداری دیجیتالی برای ارزیابی تغییرات رنگ رطب در طی خشک کردن

2-4- روش های آماری مورد استفاده

خشک کردن رطب در قالب یک طرح کاملاً تصادفی بصورت فاکتوریل در 5 سطح دمایی مختلف با 7 سطح زمانی و در سه تکرار انجام پذیرفت. آزمایشات رنگ سنجی نیز در سه تکرار انجام شدند. تعیین معنی دار بودن اختلاف ها و مقایسه میانگین ها به روش ANOVA، گروه بندی آنها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد و عملیات تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS اجرا گردید.

3- نتایج

3-1- تغییرات رنگ نمونه های رطب در طی

خشک کردن در دماهای مختلف

نتایج مقایسه میانگین های فاکتور های رنگ سنجی (L، a و b)، بین دماها و زمان های مختلف خشک کردن در جداول (1) و (2) و (3) آورده شده است. در هر سه مورد مشاهده می

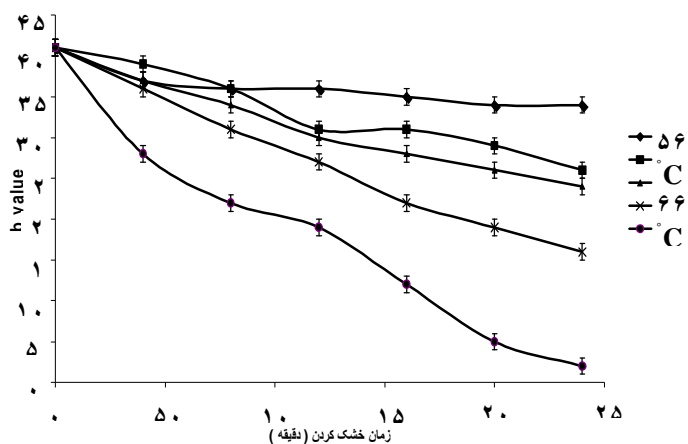
4- بحث

روش عکس برداری دیجیتالی امکان اندازه گیری و آنالیز رنگ سطح مواد غذایی را برای پژوهش های مهندسی مواد غذایی فراهم می کند. با وجود اینکه این روش هنوز جایگزینی برای ابزار های توانمند اندازه گیری رنگ نیست ولی بخاطر سادگی، قابلیت های کاربردی و هزینه پایین آن می تواند روش قابل توجهی باشد [1].

یام و پاپا داکیس (2004) از روش عکسبرداری دیجیتالی برای آنالیز رنگ سطح پیتر استفاده کردند. لئون و همکاران (2006) از روش عکسبرداری دیجیتالی و دستگاه هانتربل برای ارزیابی رنگ چپیس استفاده کردند و مقادیر L ، a و b را برای سیستم هانتربل به ترتیب 61/7، 1/7- و 26/6 و برای سیستم عکس

- تغییرات میزان پارامتر b رنگ رطب

روند میانگین تغییرات (b) رنگ اندازه گیری شده در طول مدت دوره خشک کردن، نشان می دهد که با افزایش دما و زمان خشک کردن، (b) کاهش می یابد (شکل 7 و جدول 3).



شکل 7 تاثیر دما و زمان بر پارامتر (b) رنگ رطب در طی خشک کردن

جدول 1 مقایسه میانگین تغییرات (L) Lightness (L) رنگ نمونه های رطب در دماها و زمان های مختلف

تغییرات (L) رنگ					زمان خشک کردن رطب (دقیقه)
دمای خشک کردن (°C)					
96	86	76	66	56	**
29 ^e _{NS}	29 ^e _{NS}	29 ^e _{NS}	29 ^d _{NS}	29 ^b _{NS}	0
20 ^d _A	24 ^d _B	26 ^d _{BC}	28 ^{cd} _C	26 ^a _{BC}	40
16 ^c _A	21 ^c _B	23 ^c _{BC}	26 ^c _C	26 ^a _C	80
15 ^c _A	18 ^b _B	21 ^{bc} _C	22 ^b _C	26 ^a _D	120
12 ^b _A	15 ^a _B	20 ^{ab} _C	21 ^b _C	25 ^a _D	160
8 ^a _A	14 ^a _B	19 ^{ab} _C	20 ^{ab} _C	24 ^a _D	200
8 ^a _A	13 ^a _B	18 ^a _C	18 ^a _C	24 ^a _D	240

* میانگین های دارای حروف کوچک متفاوت، در سطح $p \leq 0/01$ درصد دارای اختلاف معنی دار آماری در زمان های مختلف هستند.

** میانگین های دارای حروف بزرگ متفاوت، در سطح $p \leq 0/01$ درصد دارای اختلاف معنی دار آماری در دماهای مختلف هستند.

N.S.: فاقد اختلاف معنی دار آماری

جدول 2 مقایسه میانگین تغییرات (a) رنگ نمونه های رطب در دماها و زمان های مختلف

تغییرات (a) رنگ					
دمای خشک کردن (°C)					زمان خشک کردن رطب (دقیقه)
96	86	76	66	56	**
38 ^f _{N.S.}	38 ^{cd} _{N.S.}	38 ^d _{N.S.}	38 ^d _{N.S.}	38 ^b _{N.S.}	0
30 ^e _A	39 ^d _D	37 ^{cd} _{CD}	36 ^{cd} _{BC}	34 ^a _B	40
24 ^d _A	36 ^c _B	37 ^{cd} _B	34 ^{bc} _B	34 ^a _B	80
21 ^c _A	31 ^b _B	35 ^{bc} _D	32 ^b _{BC}	34 ^a _{CD}	120
13 ^b _A	28 ^a _B	33 ^{ab} _C	32 ^b _C	35 ^a _D	160
10 ^a _A	27 ^a _B	33 ^{ab} _C	33 ^b _C	35 ^a _C	200
13 ^b _A	28 ^a _B	32 ^a _C	29 ^a _B	33 ^a _C	240

* میانگین های دارای حروف کوچک متفاوت، در سطح $p \leq 0/01$ درصد دارای اختلاف معنی دار آماری در زمان های مختلف هستند .
 ** میانگین های دارای حروف بزرگ متفاوت، در سطح $p \leq 0/01$ درصد دارای اختلاف معنی دار آماری در دماهای مختلف هستند .
 N.S. : فاقد اختلاف معنی دار آماری

جدول 3 مقایسه میانگین تغییرات (b) رنگ نمونه های رطب در دماها و زمان های مختلف

تغییرات (b) رنگ					
دمای خشک کردن (°C)					زمان خشک کردن رطب (دقیقه)
96	86	76	66	56	**
41 ^g _{N.S.}	41 ^g _{N.S.}	41 ^f _{N.S.}	41 ^d _{N.S.}	41 ^c _{N.S.}	0
28 ^f _A	36 ^f _B	37 ^e _{BC}	39 ^d _C	37 ^b _{BC}	40
22 ^e _A	31 ^e _B	34 ^d _{BC}	36 ^c _C	36 ^{ab} _C	80
19 ^d _A	27 ^d _B	30 ^c _C	31 ^b _C	36 ^{ab} _D	120
12 ^c _A	22 ^c _B	28 ^{bc} _C	31 ^b _D	35 ^{ab} _E	160
5 ^b _A	19 ^b _B	26 ^{ab} _C	29 ^b _D	34 ^a _E	200
2 ^a _A	16 ^a _B	24 ^a _C	26 ^a _C	34 ^a _D	240

* میانگین های دارای حروف کوچک متفاوت، در سطح $p \leq 0/01$ درصد دارای اختلاف معنی دار آماری در زمان های مختلف هستند .
 ** میانگین های دارای حروف بزرگ متفاوت، در سطح $p \leq 0/01$ درصد دارای اختلاف معنی دار آماری در دماهای مختلف هستند .
 N.S. : فاقد اختلاف معنی دار آماری

- برداری دیجیتالی به ترتیب 66/9، 1/3- و 27/3 بدست آوردند. نتایج این محققان نشان داده است که مقایسه پارامترهای رنگ سنجی بدست آمده از روش عکسبرداری دیجیتالی با روش های کلاسیک رنگ سنجی به صورت نسبی میسر است.
- در این تحقیق تاثیر دما و زمان در فرایند خشک کردن رطب واریته کبکاب بر تغییرات رنگ میوه بررسی شد. مقایسه نتایج رنگ سنجی در مورد پارامترهای L^* ، a^* و b^* نشان داد که با افزایش دما و زمان خشک شدن پارامترهای L^* ، a^* و b^* به طور منظم کاهش می یابند.
- تغییرات رنگ در دمای 96°C بیشتر و شدید تر از 86°C و 76°C می باشد و در صورت استفاده از دمای 96°C کنترل موثری بر فرایند خشک شدن لازم است تا موجب تیره شدن بیش از حد رطب و کاهش بازارپسندی آن نگردد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که در بین 5 سطح دمایی بکار رفته برای خشک کردن دمای 76°C با توجه به نتایج روش بکار رفته و سرعت بیشتر خشک کردن [11]، مناسب ترین دما برای کاهش رطوبت رطب می تواند استفاده گردد.
- 5- منابع**
- [1] Yam, K. L. and Papadakis, S. E. 2004. A digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces, *Journal of Food Engineering*, 61: 137 – 142.
- [2] Tao, Y., Heinemann, P. H., Varghese, Z., Morrow, C. T. and Sommer, H. J. 1995. Machine vision for color inspection of potatoes and apples. *Transactions of the ASAE*, 38(5): 1555–1561.
- [3] Shearer, S. A., and Payne, F. A. 1990. Color and defect sorting of bell peppers using machine vision. *Transactions of the ASAE*, 33(6): 2045–2050.
- [4] Gerrard, D. E., Gao, X. and Tan, J. 1996. Beef marbling and color score determination by image processing. *Journal of Food Science*, 61(1): 145–148.
- [5] Adobe Systems 2002. *Adobe PhotoShop 7.0 User Guide*. San Jose, CA: Adobe Systems Inc.
- [6]. Clydesdale, F. M. 1978. *Colorimetry: Methodology and Applications*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 10(3): 243–301.
- [7] Francis, F. J. 1994. *Colorimetric properties of foods*. In M. A. Rao, & S. S. H. Rizvi (Eds.), *Engineering Properties of Foods* (2nd ed.). New York: Marcel Dekker, Inc.
- [8] Hunt, R. W. G. 1991. *Measuring Colour* (2nd ed.). New York: Ellis Harwood.
- [9]. DeMan, J. 1999. *Principles of Food Chemistry* (3rd ed.). Maryland: Aspen Publishers, Inc. Pp. 203-240.
- [10] Francis, F. J. and Clydesdale, F. M. 1975. *Food Colorimetry: Theory and Applications*. Westport, CT: AVI Publishing.
- [11] Farahnaky, A., G. Mesbahi and H. Askari. 2009. Thin layer drying of Routab (var. Kabkab) to Tamr and monitoring its quality parameters. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 12 (46), 205-219. In Farsi (Abstract in English).
- [12] Leo'n, K., Mery, D., Pedreschi, F. and Leo'n J. 2006. Color measurement in $L^*a^*b^*$ units from RGB digital images. *Journal of Food Research International*. 39:1084–1091.

The use of digital imaging for evaluating color changes of rutab during drying in a cabinet drier

Farahnaky, A. ^{1*}, Askari, H. ², Mesbahi, G. R. ³

1- Assistant Prof., Department of Food Science and Technology, School of Agriculture, Shiraz University

2- MSc. Graduate, Department of Food Science and Technology, School of Agriculture, Shiraz University

3-Instructor, Department of Food Science and Technology, School of Agriculture, Shiraz University

In this research using a digital camera, a PC and a graphical software; a simple and low cost method for the evaluation of colour of food materials is introduced. Analysis of digital pictures of the surface of samples can give L, a, b Hunter colour parameters and colour distribution. Drying of Kabkaab rutab in a range of temperatures (56, 66 76, 86 and 96 °C) and times using a cabinet drier was investigated. colour changes of the dried samples and the control were evaluated by analysing the digital pictures of the samples and showed that increase of temperature and time caused a systematic reduction of L, a, and b values. Taken into account colour changes of the samples and their drying rates at different temperatures, the drying temperature of 76 °C seemed to be the best condition for drying of Kabkaab rutab.

Keywords: Rutab, Kabkaab, Cabinet drier, Colorimetry, Graphical software.

* Corresponding author E-Mail address: Farahnak@shirazu.ac.ir