



ارزیابی تغییرات رنگ شلتوک رقم فجر در طول فرآیند خشک کردن با خشک کن بستر سیال با

استفاده از تکنیک ماشین بینایی

ایمان گلپور^{۱*}، جعفر امیری پریان^۲، رضا امیری چایجان^۳ و جواد خزایی^۴

۱- دانشجوی دکترای مکانیک بیوسیستم، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۲- استادیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینای همدان

۳- دانشیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینای همدان

۴- دانشیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

ایمیل مکاتبه کننده: imangolpour@gmail.com

چکیده

برنج یکی از قدیمی‌ترین و مهم‌ترین غلات پس از گندم می‌باشد و نقش بسزایی در تغذیه مردم جهان دارد. هدف از این پژوهش ارزیابی تغییرات رنگ شلتوک رقم فجر در فرآیند خشک کردن با خشک کن بستر سیال با استفاده از تکنیک پردازش تصویر می‌باشد. برای بررسی سینتیک خشک کردن شلتوک رقم فجر، آزمایش‌ها توسط خشک‌کن لایه نازک در آزمایشگاه انجام شد و ویژگی‌های رنگی $L^*a^*b^*$ از جعبه ابزار پردازش تصویر در نرم افزار MATLAB بدست آمد. پس از انجام آزمایش‌های خشک کردن، این نتایج حاصل شد که با افزایش دما زمان خشک شدن کاهش یافت و با گذشت زمان مقادیر L^* کاهش و مقادیر a^* و b^* افزایش یافتند. همچنین رطوبت با L^* با ضریب همبستگی 0.95 رابطه مستقیم و با a^* و b^* با ضرایب همبستگی به ترتیب -0.73 و -0.96 - رابطه معکوس داشت.

واژه‌های کلیدی: برنج، خشک کن بستر سیال، پردازش تصویر، مقادیر رنگی $L^*a^*b^*$

مقدمه

برنج یکی از محصولات مهم غذایی در جهان و پس از گندم دومین محصول غذایی پر مصرف بوده و غذای اصلی مردم آسیا محسوب می‌شود. میزان تولید سالانه برنج در دنیا 696324394 میلیون تن در سال 2010 میلادی رسیده است [1]. طبق آمار، سطح زیر کشت این محصول در ایران 615 هزار هکتار و میزان تولید شلتوک در آسیا 631842057 میلیون تن که 2288153 میلیون تن سهم ایران در کشت شلتوک می‌باشد (FAO, 2010). کشت برنج در ایران از سابقه‌ی طولانی برخوردار بوده و در حال حاضر یکی از محصولات مهم و سودآور به شمار می‌رود. به لحاظ اهمیتی که برنج پس از گندم در رژیم غذایی مردم کشورما، ایران، پیدا کرده است، در ردیف کالاهای استراتژیک جای گرفته و دومین ماده غذایی مورد مصرف اکثر مردم است.

پس از برداشت شالی برای انجام فرآیند خشک کردن، شلتوک‌ها را به کارخانه شالیکوبی می‌برند. نحوه‌ی توزیع رطوبت در لایه‌های مختلف خشک‌کن بسیار مهم بوده و نقش اساسی روی ضایعات فرآیندهای بعد از خشک کردن دارد. هدف از خشک کردن شلتوک رساندن آن به حد مناسب رطوبت جهت سفید کردن می‌باشد. مقدار ضایعات در مراحل شالیکوبی بیش از 30% می‌رسد. بنابراین



ارزش اقتصادی محصول برنج به میزان زیادی بوسیله ی برنج سالم تولید شده تعیین می‌گردد. قیمت برنج نیم دانه خیلی کمتر از قیمت برنج سالم محدود یک سوم تا نصف آن است. از این رو زیان اقتصادی ناشی از افت قیمت برنج در اثر ضایعه‌ی شکست بوجود خواهد آمد. یکی از مهم‌ترین مراحل ایجاد این ترک‌ها مرحله‌ی خشک‌کردن شلتوک است، که در نتیجه‌ی آن دانه مستعد شکستن در گذر از مراحل تولید یا فرآوری است.

خشک‌کردن شلتوک در بین مراحل پس از برداشت، نقش قابل توجهی در ایجاد و افزایش ضایعات دارد، زیرا عملکرد سایر مراحل مثل پوست کنی و سفید کنی آن متاثر از خشک کردن شلتوک خواهد بود (باندیوهای و روی، ۱۹۹۲). از آنجا که محتوای رطوبتی زیاد محصولات کشاورزی طول دوره انبارداری آن‌ها را کاهش می‌دهد، ضروری است با خشک شدن آنها به روش مصنوعی، محتوای رطوبتی آن‌ها را تا یک سطح مطمئن کاهش داد. هر محصول به دلیل ترکیبات و ساختمان متفاوت آن که انتقال رطوبت و جرم را در داخل آن تحت تاثیر قرار می‌دهند دارای یک سینتیک خشک شدن مخصوص به خود است. منحنی‌ای که رابطه‌ی بین نسبت رطوبت با زمان خشک‌کردن را نشان می‌دهد منحنی سینتیک خشک‌کردن نامیده می‌شود. سان و وودز (۱۹۹۴) پس از انجام تحقیقات روی خشک شدن کلزا و گندم به روش لایه نازک در یافتند که دما اثر زیادی بر روی سرعت خشک‌کردن دارد در حالی که سرعت هوای ورودی و رطوبت نسبی هوای خشک کن تاثیر کمی بر روی سرعت خشک شدن این محصولات دارد.

عوامل زیادی در شفافیت و رنگ و ظاهر برنج موثر است. مهم‌ترین این عوامل رطوبت نهایی نامناسب آن می‌باشد که باعث افت کیفیت برنج خواهد شد (جیون و همکاران، ۲۰۰۹). ماشین بینایی یکی از شاخه‌های بسیار مهم از هوش مصنوعی می‌باشد که کاربردهای فراوانی در صنایع غذایی، خصوصا در آزمایشگاه‌های کنترل کیفیت دارد. سیستم‌های کنترل کیفیت مبتنی بر بینایی کامپیوتر در شیلات، کشتارگاه‌های دام و طیور، محصولات باغی و صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرد (بروسنان و سان، ۲۰۰۴). به طور کلی یک سیستم بینایی کامپیوتر شامل بخش تجهیزات اخذ تصویر و نرم‌افزار پردازش تصویر می‌باشد. تجهیزات اخذ تصویر شامل سیستم نورپردازی، دوربین و در صورت لزوم کارت اخذ تصویر است. مرحله اخذ تصویر در سیستم بینایی کامپیوتر نقش بسیار موثری در کارایی کل سیستم دارد. انتخاب روش نورپردازی، چینه سیستم نورپردازی و نوع دوربین و تنظیمات آن، کیفیت تصویر را تحت تاثیر قرار می‌دهد. پس از دریافت تصویر، الگوریتم‌های پردازش تصویر بر روی تصویر ورودی اعمال شده تا اطلاعات لازم از آن استخراج شود. یکی از مهمترین کاربردهای سیستم بینایی کامپیوتر در بررسی تغییرات رنگ و پارامترهای تصویری مواد غذایی در طول فرایند خشک کردن آنها است. فرناندز و همکارانش کاربرد بینایی کامپیوتر در خشک کردن حلقه‌های سیب را مورد مطالعه قرار داده‌اند (فرناندز و همکاران، ۲۰۰۵). خواص فیزیکی مثل رنگ و اندازه و خواص شیمیایی کیفیت برنج را مشخص می‌کند. این خواص برای طبقه بندی واریته‌های برنج و قیمت آن در بازار مهم است. با توجه به اینکه رطوبت محصول در فرآیند خشک شدن تغییر خواهد کرد همراه با این کاهش رطوبت تغییرات رنگ نیز حاصل خواهد شد که این مشخصه فیزیکی را می‌توان به صورت هوشمند با استفاده از سیستم ماشین بینایی و پردازش تصویر بدست آورد.

ماسکان (۲۰۰۱) به مطالعه بررسی سینتیک خشک کردن تغییر رنگ کیوی در طول خشک کردن مایکروویو با هوای داغ پرداخت. به طوری که در روند خشک‌کردن کیوی پارامترهای رنگ L^* و b^* کاهش و a^* افزایش یافت. آکوی و همکاران، (۲۰۱۱) سینتیک خشک کردن و تغییر رنگ قطعه انبه تحت تاثیر خشک کردن در دماهای ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سلسیوس در سرعت ثابت ۱/۵ متر بر ثانیه و ضخامت ۳ میلی‌متر را بررسی کردند. نتایج نشان داد مقادیر L^* و b^* با افزایش درجه حرارت و زمان خشک کردن کاهش و a^* افزایش پیدا کرد. در تحقیقی ازکان و همکاران (۲۰۰۳) به مطالعه تغییرات رنگ در زردآلوی خشک شده در رطوبت‌های مختلف



پرداختند. به طوری که یک رابطه خطی بین متغیرهای رنگی و رطوبت در محدوده‌ی ۱۵/۴۹ تا ۳۰/۲۰٪ یافت شد. همچنین در تمام سطوح رطوبتی زرد آلودی خشک شده، مقادیر L^* و b^* افزایش یافتند، درحالی‌که a^* کاهش یافت. با توجه به توضیحات داده شده، هدف از این مطالعه، بررسی تغییر رنگ شلتوک رقم فجر در فضای رنگی $L^*a^*b^*$ در حین فرآیند خشک کردن با دستگاه خشک کن بستر سیال با استفاده از پردازش تصویر و بررسی سینتیک خشک کردن آن می باشد.

مواد و روش‌ها

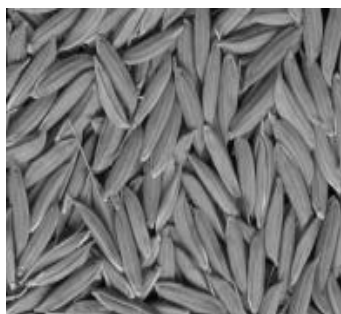
جمع‌آوری نمونه

شلتوک پس از برداشت به وسیله‌ی کمباین برنج از مرکز تحقیقات برنج آمل تهیه شد و در کیسه‌های پلاستیکی و در دمای ۴ درجه سلسیوس در یخچال نگهداری شد. قبل از انجام آزمایش‌های خشک کردن، نمونه‌های شلتوک از یخچال خارج شده و به مدت حدود ۱۲ ساعت در دمای اتاق (20°C) به تعادل دمایی می‌رسید. به منظور تعیین رطوبت اولیه نمونه‌ها و برای بدست آوردن درصد واقعی رطوبت محصول، شلتوک با وزن اولیه ۱۰ گرم نمونه در هر ظرف و با سه تکرار داخل آون قرار داده شد. دمای آون روی $1^{\circ}\text{C} \pm 130$ تنظیم شده و نمونه‌ها پس از ۲۴ ساعت وزن شدند. پس از اتمام زمان خشک شدن، نمونه‌ها از اجاق بیرون آورده شد و بلافاصله وزن آن اندازه‌گیری شد (گلپور و همکاران، ۲۰۱۵). محتوای رطوبتی بر پایه خشک از رابطه زیر به دست آمد:

$$MC_{db} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \quad (1)$$

که در آن MC_{db} میزان رطوبت بر پایه خشک (اعشار)، m_1 جرم اولیه محصول (kg) و m_2 جرم نهایی محصول پس از خشک کردن (kg) است.

ترازوی مورد استفاده برای توزین نمونه‌ها A&D مدل GF-6000 ساخت کشور ژاپن با حساسیتی برابر ۰/۰۱ گرم بود. آون مورد استفاده برای بدست آوردن رطوبت D06836Memmert، ساخت کشور آلمان با دقت $1^{\circ}\text{C} \pm 1$ بود.



شکل ۱- شلتوک رقم فجر استفاده شده در این تحقیق

خشک کن بستر سیال

برای انجام آزمایش‌ها در مراحل مختلف از یک خشک کن آزمایشگاهی به صورت لایه نازک استفاده شد (چایجان و همکاران، ۲۰۱۲). اجزای اصلی تشکیل دهنده این خشک کن عبارتند از: المنت‌های گرم‌کننده هوا (۵ المنت)، محفظه خشک کن (محل قرارگیری نمونه‌ها)، سیستم کنترل (سرعت دمنده و دمای هوای خروجی)، دمنده گریز از مرکز برای تامین



جریان هوا، و واحد کنترل می‌باشد که با تنظیم هر یک از این متغیرهای ورودی آزمایش‌ها در سطوح دمایی و سرعت هوای دمنده انجام شد.

روش انجام آزمایش خشک کردن

رطوبت اولیه شلتوک ۲۱/۲۱٪ بر پایه خشک بود. دور موتور نیز طوری تنظیم شد که مقادیر سرعت‌های حداقل سیال سازی ۰/۵۴، ۱/۱۸، ۱/۵۶، ۲/۴۸ و ۳/۲۷ متر بر ثانیه بدست آمد. اندازه‌گیری وزن توده بدین شکل بود که در زمان‌های مشخص وزن ظرف حاوی نمونه توسط ترازوی دیجیتالی ثبت شد و پس از تصویرداری نمونه‌های شلتوک با اسکنر، بلافاصله ظرف در خشک‌کن قرار داده شده و خشک کردن ادامه می‌یافت. زمان خشک کردن به وسیله‌ی یک کورنومتر ثبت می‌شد. خشک شدن نمونه‌ها تا رطوبت ۱۰ تا ۱۳ درصد (بر پایه خشک) ادامه می‌یافت. در طول آزمایش‌های خشک کردن، محدوده میانگین تغییرات دمای محیط ۲۷ ± ۳ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی هوا ۲۵ ± ۲ درصد بود. با توجه به موارد فوق، ۹۰ آزمایش خشک کردن شلتوک در سه تکرار در تمامی سرعت‌ها در شرایط محیطی کنترل شده انجام شد.

آنالیز تصویر

تهیه تصویر

نمونه‌های مورد استفاده در این فرآیند رقم فجر بود. پس از اینکه رطوبت اولیه نمونه‌ها توسط آون با رطوبت d.b. ۲۱/۲۱٪ بدست آمد از این نمونه با استفاده از اسکنر Hpscanjet G3110 در شرایط آزمایشگاهی تصویر گرفته شد. برای تصویر برداری، بر روی شلتوک روی اسکنر یک پارچه سیاه قرار داده شد تا خطای ناشی از شرایط محیطی به کم‌ترین مقدار خود برسد. تصاویر در سه تکرار در مراحل خشک کردن گرفته شد.



شکل ۲- تصویر برداری نمونه‌ها با استفاده از اسکنر با مدل Hpscanjet G3110

پردازش تصویر

تصاویر نمونه‌ها در زمان‌های مختلف با سرعت‌های مختلف آنالیز شد. روش آنالیز تصویر و استخراج ویژگی در نرم افزار MATLAB انجام شد. ابتدا عملیات پیش پردازش روی تصاویر نمونه‌ها برای افزایش هم‌سنجی تصاویر و حذف نویز انجام شد. سپس جداسازی تصاویر برای جدا کردن نمونه‌ها از پس زمینه انجام شد. بعد از آن تصویر رنگی به منظور حذف کامل زمینه از اشیاء که همان دانه های شلتوک بودند به باینری تبدیل شد و پس از شناسایی نقاط زمینه با حاصلضرب تصویر باینری در تصویر رنگی اولیه تمامی نقاط از زمینه صفر شدند. سپس تصویر تصحیح شده برای استخراج ویژگی‌های رنگی ($L^*a^*b^*$) استفاده شد.



اکتساب $L^*a^*b^*$ در روند خشک کردن با استفاده از پردازش تصویر

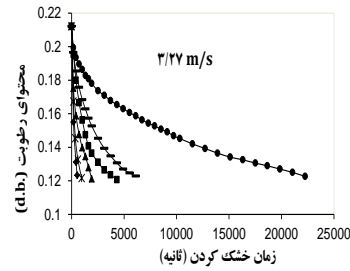
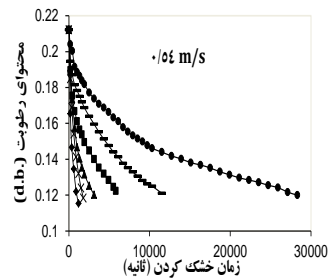
برای تبدیل RGB به $L^*a^*b^*$ از MATLAB استفاده شد. تبدیل RGB به $L^*a^*b^*$ در دو گام با استفاده از دستورات عمل‌های `makecform` و `applycform` صورت گرفت (هانت، ۱۹۹۱). در حالت کلی L^* که همان روشنایی تصویر است بین صفر که نشانه رنگ سیاه و ۱۰۰ که نشانه سفید است. a^* محدوده‌ی عناصر رنگی آن بین سبز و مایل به قرمز می‌باشد. b^* در محدوده‌ی رنگی آبی تا زرد تغییر می‌کند که محدوده‌ی هردو بین ۱۲۰- و ۱۲۰+ است.

بحث و نتایج

سینتیک خشک کردن

با توجه به فرآیند آزمایش مشخص شد که رطوبت به صورت تدریجی با گذشت زمان کاهش می‌یابد (شکل ۳). لازم به ذکر است که میانگین رطوبت اولیه ۲۱/۲۱٪ نمونه‌ها بر پایه خشک بود که این رطوبت در نهایت به ۱۱-۱۳٪ رسید و آزمایش‌ها در این سطح رطوبتی به پایان رسید. با توجه به منحنی‌های خشک شدن، در شروع فرآیند که رطوبت اولیه شلتوک بالا بود، آهنگ از دست رفتن رطوبت خیلی زیاد بود و به تدریج با گذشت زمان این روند رطوبت کاهش یافت. دلیل این پدیده این است که تبخیر سطحی رطوبت در ابتدای فرآیند است که با گذشت زمان رطوبت از لایه‌های درونی دانه به سطح آن منتقل می‌شود که باعث کاهش نرخ خشک شدن محصول شد. این نتایج با نتایج (طهماسبی و همکارانف ۲۰۱۱) مشابه بود.

منحنی‌های سینتیک خشک کردن در سرعت‌های مختلف (۰/۵۱، ۱/۱۸، ۱/۵۶، ۲/۴۸ و ۳/۲۷) و دماهای ثابت (۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ °C) در شکل ۳ نشان داده شد. مشخص است که وقتی درجه حرارت زیاد می‌شود توده شلتوک لایه نازک سریع‌تر خشک می‌رسد و زمان کمتری را نیاز دارد که به آن رطوبت مورد نظر برسد و خشک شود. افزایش دما باعث می‌شود که سرعت خروج رطوبت از شلتوک افزایش یافته و منحنی‌های بدست آمده از تغییرات نسبت رطوبت محصول در واحد زمان دارای روند کاهشی قابل توجهی باشند. افزایش دما موجب شیب بیشتر منحنی‌های بدست آمده گشته و باعث انجام فرآیند با سرعت بیشتر شد (گازور و محسنی منش، ۲۰۱۰). کم‌ترین زمان خشک کردن برای دمای ۸۰ درجه سلسیوس بدست آمد که نتایج مشابه بوسیله‌ی (وازکوز و همکاران، ۱۹۹۹ a) برای خشک کردن سیر گزارش شد.

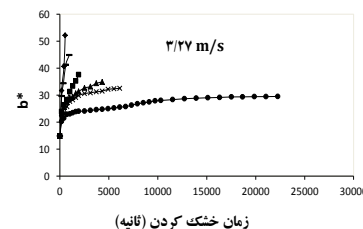
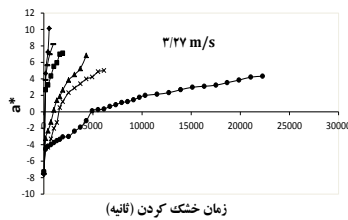
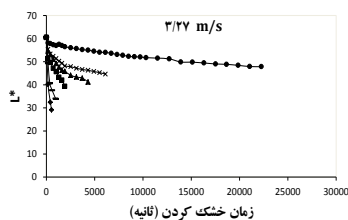


شکل ۱- منحنی خشک کردن در دماهای مختلف 80°C ، 70°C ، 60°C ، 50°C ، 40°C ، 30°C و سرعت‌های مختلف (۰/۵۴ و ۳/۲۷ متر بر ثانیه)

آنالیز رنگ

میانگین ویژگی‌های رنگی اندازه‌گیری شده شلتوک تازه $60/6$ ، $7/31$ و $14/72$ به ترتیب برای مقادیر L^* ، a^* و b^* بود. فرآیند خشک کردن مقادیر رنگی شلتوک را تغییر داد. محمد و همکاران (۲۰۱۱) تغییرات مشابهی را در پیش بینی شاخص کیفیت در طی خشک کردن بامیه در یک مایکروویو با استفاده از مدل‌های ریاضی گزارش کردند. با توجه به شکل ۴ تغییرات مقادیر رنگ $L^*a^*b^*$ در دماهای بالاتر مثل 80°C درجه سلسیوس، بیشتر از دماهای پایین بود. به خاطر این است وقتی درجه حرارت بیشتر می‌شود سطح پوسته شلتوک تیره تر شد. در نتیجه تغییرات رنگی در شلتوک پس از فرآیند خشک کردن افزایش یافت. همچنین عوامل تغییرات رنگ، تجزیه رنگدانه‌های محصول، قهوه‌ای شدن به جهت افزایش اسیدیته شدن محصول و انجام واکنش غیر آنزیمی میلارد می‌باشد (ایبارز و همکاران، ۱۹۹۹، اسکرید، ۱۹۸۵). همان‌طور در شکل ۴ دیده می‌شود مقادیر L^* با گذشت زمان در فرآیند خشک کردن کاهش یافت که این بیان می‌کند تغییر در روشنایی نمونه‌های خشک شده می‌تواند یک مقیاس قهوه‌ای شدن باشد و با فرآیند خشک کردن با گذشت زمان نمونه‌ها تیره تر شدند. این نتایج مشابه است با نتایج (محبی و همکاران، ۲۰۰۹) است. همچنین مقادیر a^* و b^* افزایش یافت که همسو با نتایج محققین دیگر است (محبی و همکاران، ۲۰۰۹، شفاف زنونیان و همکاران، ۲۰۰۸).

تغییرات ویژگی‌های رنگی در شکل ۴ بیان می‌کند در حالی که در همه‌ی سرعت‌ها بیشترین تغییرات مربوط به دمای 80°C درجه سلسیوس و کمترین تغییرات در دمای 30°C درجه سلسیوس می‌باشد. این غیر خطی بودن در تغییرات ویژگی‌های رنگی ممکن است به دلیل مقاومت پوسته شلتوک در مدت زمان اولیه کاهش رطوبت باشد. به مرور زمان با کاهش رطوبت به صورت تدریجی تغییرات رنگ یکنواخت صورت می‌گیرد.



شکل ۴- تغییرات ویژگی‌های رنگی در طی زمان خشک کردن در سرعت‌ها و دماهای مختلف (80°C ، 70°C ، 60°C) در سرعت $3/27$ متر بر ثانیه

تعیین مدل رطوبت با مقادیر رنگی

رابطه‌های خطی بین مقادیر ویژگی‌های رنگی با رطوبت با ضریب همبستگی بالا را نشان می‌دهد. با ضریب همبستگی مناسب بین آن‌ها مشخص است که این ویژگی‌های بصری شلتوک می‌تواند به عنوان شاخص برای پیش بینی رطوبت بوسیله میانگین معادلات خطی ساده استفاده شود. ضریب همبستگی مقادیر L^* ، $0/95$ در رابطه با رطوبت بدست آمد که رابطه مستقیم با رطوبت داشت. اما ضریب همبستگی مقادیر a^* ، $-0/73$ بدست آمد که رابطه معکوس با رطوبت داشت. همچنین ضریب همبستگی b^* ، $-0/96$ با رطوبت داشت که رابطه عکس با رطوبت داشت (جدول ۱).

جدول ۱- ضریب همبستگی بین رطوبت و ویژگی‌های رنگی

ویژگی‌ها	L^*	a^*	b^*
رطوبت	$0/95$	$-0/73$	$-0/96$
مدل	$MC=0.0944L^*-3.209$	$MC=-0.186a^*+1.9402$	$MC=-0.0261b^*+1.1513$

نتیجه گیری

با توجه به منحنی‌های خشک کردن، با گذشت زمان نسبت رطوبت کاهش یافت، همچنین با افزایش دما از 30 به 80 درجه سلسیوس شلتوک با سرعت بیشتری خشک شد و در زمان کمتری به رطوبت مورد نظر رسید. با گذشت زمان در سیتیک رنگ شلتوک، در نهایت L^* کاهش و مقادیر a^* و b افزایش یافت و بیشترین تغییرات رنگ در دمای 80 درجه سلسیوس بود. با توجه به ضریب همبستگی بین رطوبت و مقادیر رنگی L^* ، a^* ، b^* ، رطوبت با L^* با ضریب همبستگی $0/95$ رابطه مستقیم و با a^* با ضریب همبستگی $-0/73$ و با b^* با ضریب همبستگی $-0/96$ رابطه معکوس داشت.

مراجع

FAO. 2010. FAOSTAT Database: agriculture data. Accessed 30 june Available on the Internet: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.



Bandyopadhyay, S. and Roy, N. C. 1992. Rice Process Technology. Oxford and IBH Pub. Co. New Delhi, India.

Sun, D.W. and Woods, J. L. 1994. Low temperature moisture transfer characteristics of wheat in thin layers. Trans. ASAE No.37, pp 19–28.

Jaiboon, P. Prachayawarakorn, S. Devahastin, S. and Soponronnarit, S. 2009. Effects of fluidized bed drying temperating time on quality of waxy rice. Journal of food Engineering, No. 95, pp.517-524.

Maskan, M. 2001. Kinetis of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. Journal of Food Engineering, No.48, pp. 169-75.

Akoy, E. O.M. Von Horsten, D. and Luecke, W. 2008. Drying kinetics and color change of mango slices as affected by drying temperature and time. The 2008 Tropentag International Conference on Competition for Resources in a Changing World: New Drive for Rural Development".Hohenheim, Germany 7-9 October.

Ozkan, M. Kirca, A. and Cemerogu, B. 2003. Effect of moisture content on CIE color values in dried apricots. Eur Food Res Technol, No. 216, pp. 217–219.

Chayjan, R.A. Parian, J.A. Salari, K. and Abedi, Q. 2012. Modeling some drying characteristics of high moisture potato slices in fixed, semi fl utilized and fluidized bed conditions. J. Agric. Sci. Tech. [in press].

Hunt, R. W. G. 1991. Measuring color (2nd ed.). New York: EllisHorwood.

Tahmasebi, M. Tavakoli, T. Hashjin, M. H. Khoshtaghaza A. Nikbakht, M. 2011. Evaluation of Thin-Layer Drying Models for Simulation of Drying Kinetics of Quercus (Quercus persica and Quercus libani. J. Agr. Sci. Tech, No. 13, pp. 155-163.

Gazor, H.R. and Mohsenimanesh, A. 2010. Modeling drying kinetics of canola in fluidized bed dryer". Czech J. Food Sci, 28: 531-537.

Vazquez, G. Chenlo, F. Moreira, R. and Costoyas, A. 1999a. The dehydration of garlic. 1. Desorption isotherms and modeling of drying kinetics. Dry Technol, No.17, pp. 1095–1108.

Mohammed, A. Sulaiman. A.I. 2011. Prediction of quality indices during drying of okra pods in a domestic microwave oven using artificial neural network model. African Journal of Agricultural Research, No. 6, pp. 2680-2691.

Ibarz, A. Pagan, J. and Garza, S. 1999. Kinetic models for colour changes in pear puree during heating at relatively high temperatures. Journal of Food Engineering, No. 39, pp. 415- 422.

Skrede, G. 1985. Color quality of blackcurrant syrups during storage evaluated by Hunter. Journal of Food Science, No. 50, pp. 514-517.

Bakhshipour, A. Jafari, A. and Zomorodian, A. 2012. Vision Based Features in Moisture Content Measurement During Raisin Production. World Applied Sciences Journal, No. 17, pp. 860-869.



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



Mohebbi, M. Akbarzadeh, M.R. Shahidi, F. Moussavi, M. and Ghodusi, H.B. 2009. Computer vision systems (CVS) for moisture content estimation in dehydrated shrimp. Computers and Electronics in Agriculture, No. 69, pp. 128-134.

Shafafi Zenzian, M. Feng, H. Razavi, S.M.A. Shahidi, F. and Pourreza, H.R. 2008. Image analysis and dynamic modeling of thin-layer drying of osmotically dehydrated pumpkin. Journal of Food Processing and Preservation, No, 32, pp. 88-102.

Brosnan, T. and Sun, D. 2004. Improving quality inspection of food products by computer vision – a review. Journal of Food Engineering, No. 61, pp. 3-16.

Fernandez, L. Castillero, C. and Aguiler, J.M. 2005. An application of image analysis to dehydration of apple discs, Journal of Food Engineering, No. 67, pp. 185-193.

Golpour, I. Amiri Chayjan, R. Amiri Parian, J. and Khazaei, J. 2015. Prediction of Paddy Moisture Content during Thin Layer Drying Using Machine Vision and Artificial Neural Networks. J. Agr. Sci. Tech. No.17, pp. 287-298.



نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی

(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج



Evaluation of color variation of paddy variety during drying process with fluid bed dryer using machine vision technic

Abstract

Rice is one of the oldest and most important cereals after wheat has an important role in feeding the world. The aim of this study is to evaluate color variation of fajr paddy variety during drying process with fluid bed dryer using image processing technic. To survey paddy drying kinetic of fajr variety, experiments were performed in the laboratory by thin layer dryer and $L^*a^*b^*$ color features obtained of the image processing toolbox of MATLAB software. After drying experiments, these results obtained that drying time decreased by increasing air temperature and L^* values decreased and a^* and b^* values increased with drying time. Also moisture content with L^* has a direct relation with correlation coefficient of 0.95 and has with a^* and b^* an inverse relation with correlation coefficients of -0.73 and -0.96 respectively.

Keywords: Rice, Fluid bed dryer, Image processing, Color $L^*a^*b^*$ values