بررسی اثر بسته بندی های مختلف بر روی تغییرات رنگ توت فرنگی با استفاده از بینایی ماشین

احسان فرتاش نعیمی*

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس

* ایمیل نویسنده مسئول: agri.ehsan@gmail.com

چکیده

ایران با تولید نزدیک به ۲۹ هزارتن در سال، مقام بیست و چهارم تولید توت فرنگی در جهان را دارد. اما به دلایل گوناگونی از جمله عدم وجود فناوری‌های پس از برداشت و عدم رعایت استانداردهای جهانی درحین فرآوری و بسته بندی، نتوانسته در بازارهای جهانی موقعیت خود را به دست آورد. بنابراین شناخت دلایل مختلف هدر رفت این محصول به خصوص از لحاظ ویژگی-های ظاهری، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ماشین بینایی روش نوینی است که در بخش کشاورزی کاربردهای مختلفی دارد. از این سیستم در محاسبه رنگ محصولات مختلف استفاده می‌شود. در این تحقیق از سه نوع بسته بندی شامل: شاهد (بسته بندی سلفون)، پلی اتیلن با ضخامت ۴۰ میکرومتر و پلی پروپیلن با ضخامت ۴۰ میکرومتر استفاده شد. نمونه‌ها در روزهای ۱، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ نگهداری در انبار سرد تحت دمای $2^{\circ}C$ و رطوبت ۹۰٪، تصویربرداری شدند و مقادیر شاخص‌های رنگ ($L^*a^*b^*$) در روزهای مختلف اندازه‌گیری شد. نتایج این مطالعه نشان داد مقادیر هر سه شاخص رنگی برای دو نوع بسته بندی شاهد و پلی اتیلن با گذشت زمان کاهش یافت در حالی که تغییرات در بسته بندی پلی پروپیلن بسیار جزئی بود. همچنین بررسی‌ها نشانگر ماندگاری و بازارپسندی محصول توت فرنگی به مدت ۲۵ روز تحت این نوع بسته بندی بود.

واژه‌های کلیدی: انبارمانی، بسته بندی، پردازش تصویر، توت فرنگی

مقدمه

رنگ محصول یکی از شاخص‌های ظاهری مورد توجه خریداران و استفاده کنندگان آن محصول می‌باشد. اکثر محصولات پس از برداشت تا زمان مصرف دچار تغییر رنگ می‌شوند. میوه توت فرنگی بعد از برداشت به سرعت فاسد شده و در برخی موارد بدون کیفیت ظاهری به دست مصرف کننده می‌رسد (زندی و همکاران، ۱۳۹۲). مشتری تمایل دارد که رنگ را با طعم، ایمنی، ماندگاری و خصوصیات تغذیه‌ای مربوط بسازد. از این رو تولیدکنندگان مواد غذایی از اثرات روان شناسی رنگ، برای بالا بردن میزان فروش

خود بهره می‌جویند. استفاده از بسته بندی‌هایی که مانع نفوذ اکسیژن و رطوبت در محصولات کشاورزی می‌شود برای نگهداری ویژگی‌های ظاهری ضروری است. همچنین برای جلوگیری از ضایعات مواد غذایی، نگهداری و عرضه آن‌ها به صورت سالم به مصرف کننده و بسته بندی مناسب لازم به نظر می‌رسد.

در صنایع غذایی، بعضی از ارزیابی‌های کیفی هنوز به طور دستی و توسط افراد آموزش دیده انجام می‌شود که کاری دشوار، هزینه بر و غیرقابل اعتماد است. تقاضای روزافزون برای روش‌های عینی قابل اعتماد و کارا، عرضه‌ی روش‌های پردازش تصویر مبتنی بر استفاده از کامپیوتر را ضرورت بخشیده است. این روش‌ها که اخیرا پیشرفت سریعی داشته‌اند، می‌توانند ویژگی‌های پیچیده‌ای نظیر اندازه، شکل، رنگ و خواص ساختاری مواد غذایی را به طور کمی تبیین کنند (منصوری و همکاران، ۱۳۸۵). ماشین بینایی روشی غیر تخریبی و علمی برای اندازه‌گیری الگوی رنگ در سطوح رنگی غیر یکنواخت است. عمده مزیت این روش داشتن قابلیت اندازه‌گیری و پردازش تغییرات رنگ هر پیکسل از سطح نمونه و محدود کردن خصوصیات و عیوب سطحی نمونه می‌باشد (Brosnan and sun, 2004). برای بررسی میزان تغییرات ایجاد شده در ویژگی‌های رنگی ماده غذایی طی فرایند خشک شدن، از اصطلاح پارامترها یا شاخص های رنگی استفاده می‌شود. این پارامترها شامل میزان روشنایی یا L^* از رنگ سیاه (0) تا سفید (۱۰۰)، میزان قرمزی یا a^*، از سبز (مقادیر منفی) تا قرمز (مقادیر مثبت) و میزان زردی یا b^* از آبی (مقادیر منفی) تا زرد (مقادیر مثبت) می‌باشند (Guine and Fernandes, 2006). در صنایع کشاورزی استفاده از بینایی ماشین در امور کیفیت و درجه بندی محصولات اهمیت فراوانی پیدا کرده و پژوهش‌های بسیاری در این زمینه انجام شده است. لئون و همکاران (۲۰۰۶) از دو روش عکس‌برداری دیجیتالی و دستگاه Hunterlab برای اندازه‌گیری تغییرات رنگ چیپس استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که مقایسه پارامترهای رنگ سنجی بدست آمده از روش عکس برداری دیجیتالی با روش کلاسیک رنگ سنجی به صورت نسبی میسر است (Leon *et al.*, 2006). لیمینگ و یانچائو (۲۰۱۰) سیستم درجه بندی خودکار توت فرنگی را بر اساس پردازش تصویر راه‌اندازی کردند. درجه بندی بر اساس سه ویژگی شکل، اندازه و رنگ انجام شد. از یک نقاله افقی برای انتقال میوه و دو سنسور فوتوالکتریک و دوربین برای تشخیص آن استفاده شد. شاخص a^* به عنوان رنگ غالب برای درجه بندی رنگ و قطر بزرگ میوه برای درجه بندی اندازه در نظر گرفته شد. دقت درجه بندی بر اساس اندازه، رنگ و شکل توت فرنگی به ترتیب ۹۵، ۸۸/۸ و۹۰ درصد به دست آمد. همچنین میانگین زمان مورد نیاز برای درجه بندی یک توت فرنگی کمتر از ۳ ثانیه بود (Liming and Yanchao, 2010). در تحقیقی از پردازش تصویر برای بررسی تغییرات رنگی سطح شکلات شیری در طول نگهداری استفاده کردند. تصاویر RGB گرفته شده ابتدا به مدل XYZ و سپس به مدل $L^*a^*b^*$ با استفاده از نرم افزار متلب تبدیل گردید. همچنین همبستگی بین مقادیر رنگی حاصل از پردازش تصویر را با مقادیر اندازه گیری شده با دستگاه هانترلب بررسی کردند (Briones *et al.*, 2005). تان و همکاران (۲۰۰۰) برای امتیازدهی قطعات گوشت ماهیچه از پردازش تصویر بر پایه رنگ

استفاده کردند. در این پژوهش توسط دو مدل HSI و RGB میانگین و واریانس مقادیر رنگی محاسبه شد. برای پیش‌بینی ارزیابی، مدل‌سازی شبکه‌های عصبی مصنوعی و روش‌های آماری برای مقادیر به دست آمده بکار برده شد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که یک سیستم پردازش تصویر از طریق مدل‌سازی با شبکه‌های عصبی مصنوعی ابزار موثری برای ارزیابی رنگ گوشت تازه است (Tan *et al.*, 2000). عمر مفید قارچ بسته بندی شده توسط بسته‌های پلیمری مختلف با استفاده از تصویربرداری فراطیفی مورد بررسی قرار گرفت. بسته‌های قارچ به مدت ۱۴ روز در دمای مناسب نگهداری شدند و مقادیر $L^*a^*b^*$، کاهش وزن محصول و شاخص رشد در روزهای مختلف اندازه‌گیری شد. نتایج به دست آمده نشان داد که فیلم پلی اتیلن با ضخامت کم برای حفظ کیفیت قارچ به مدت ۱۴ روز مناسب بود (Taghizadeh *et al.*, 2010).

پژوهش حاضر به دلیل نبود اطلاعات کافی و مستند در رابطه با تاثیر بسته بندی‌های مختلف بر روی تغییرات رنگ توت فرنگی در طول انبارمانی صورت گرفته است.

مواد و روش ها

۱- آماده سازی نمونه‌ها

میوه‌های توت فرنگی رقم سلوا (Selva) پس از رسیدگی از گلخانه‌ای واقع در کرج خریداری شده و به آزمایشگاه خواص بیوفیزیک گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه تربیت مدرس انتقال یافتند. سپس نمونه‌ها در ۳ ظروف بسته بندی شامل شاهد (پوشش نازک سلوفان)، پلی اتیلن با ضخامت ۴۰ میکرومتر و پلی پروپیلن با ضخامت ۴۰ میکرومتر قرار گرفته و در دمای $۲^{\circ}C$ ذخیره سازی شدند. نمونه‌ها در روزهای ۱، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ پس از بسته بندی از یخچال خارج شده و تصویربرداری از آنها انجام شد.

۲- تعیین رنگ با استفاده از ماشین بینایی:

الف- تصویربرداری: در این تحقیق از یک سطح مستطیلی با دو ستون نگه دارنده به عنوان سکوی تصویر برداری استفاده شد. که در قسمت بالای این دو ستون و در وسط محل قرارگیری دوربین قرار داشت. برای تصویربرداری از یک دوربین دیجیتال ۱۲ مگاپیکسل کنون مدل G16 استفاده شد. سیستم نورپردازی از دو لامپ فلورسنت تشکیل شده بود که در دو طرف سکو قرار داشتند. فاصله لامپ‌ها از نمونه ۳۰ سانتی‌متر بود. تصویربرداری با دوربین دیجیتالی در فاصله ۴۰ سانتی‌متری نمونه انجام شد (شکل ۱).

ب- پیش پردازش تصاویر: این مرحله به منظور بهبود تصایر و حذف قسمت‌های غیر ضروری مانند کوچک کردن سایز تصویر جهت کاهش زمانبری برنامه از تصویر گرفته شده انجام شد.

پ- پردازش تصویر: ابتدا پس از فراخوانی تصویر در نرم افزار متلب، یک تصویر دودویی از محصول اصلی و زمینه ایجاد شد. سپس تصویر اصلی از زمینه خود جدا گشت (شکل۲). هدف اصلی از این قسمت به دست آوردن شاخص‌های رنگی $L^*a^*b^*$ می-باشد. برای این کار تصاویر از فضای رنگی RGB به XYZ و سپس به $L^*a^*b^*$ تبدیل گردیدند. با استفاده از معادلات زیر تصاویر را می‌توان از فضای رنگی RGB به فضای XYZ تبدیل کرد:

$R', G', B' \leq 0.03928$:

$$R= R'/12.92,\ G=G'/12.92,\ B=B'/12.92. \quad (۱)$$

$R', G', B' > 0.03928$:

$$R= [(R'+0.055)/1.055]^{2.4},\ G= [(G'+0.055)/1.055]^{2.4},\ B= [(B'+0.055)/1.055]^{2.4}. \quad (۲)$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4123 & 0.3537 & 0.1804 \\ 0.2126 & 0.7151 & 0.0721 \\ 0.0193 & 0.1191 & 0.9505 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (۳)$$

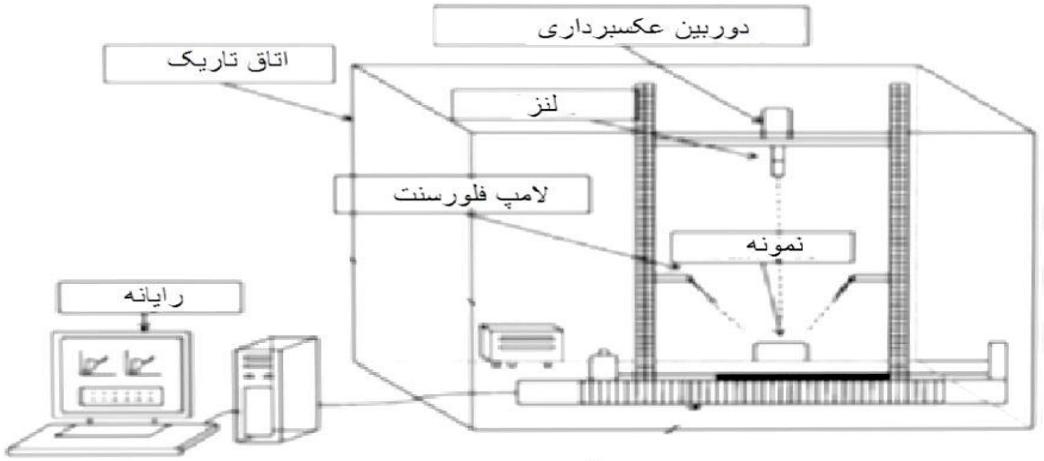
برای تبدیل تصاویر از فضای XYZ به $L^*a^*b^*$ معادلات زیر به کار می‌روند:

$$Y/Y_n > 0.008856:\ L^*=116\,(Y/Y_n)^{1/3} - 16 \quad (۴)$$

$$Y/Y_n < 0.008856:\ L^*=903.3\ Y/Y_n,\ a^*= 500(f(X/X_n) - f(Y/Y_n)),\ b^*= 200(f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)) \quad (۵)$$

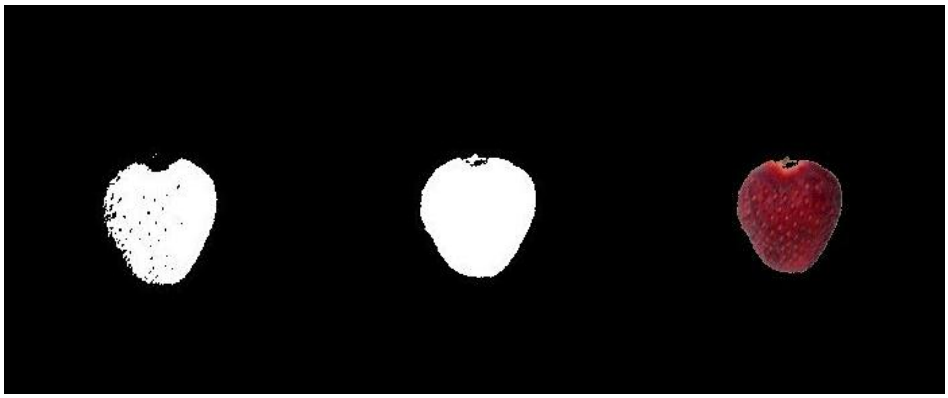
در رابطه فوق:

$$t > 0.008856:\ f(t) = t^{1/3} \text{ و } t < 0.008856:\ f(t) = (7.787\times t) + 16.166 \quad (۶)$$



شکل۱- طرح واره سیستم تصویربرداری

۳- ارزیابی آماری: این پژوهش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی بصورت فاکتوریل در سه سطح نوع بسته بندی با پنج سطح زمان انبارمانی و در سه تکرار انجام شد. تعیین معنی‌دار بودن اختلاف‌ها و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS 16.0 انجام شد. برای سادگی کار کلیه پردازش‌های انجام شده بر روی تصویر با نرم افزار MATLAB 2015 انجام شده است.



(الف) (ب) (پ)

شکل۲- (الف) تصویر دودویی با نویز اولیه (ب) تصویر دودویی تشکیل شده (پ) جداسازی تصویر اصلی از زمینه

نتایج و بحث

همان‌طوری که در جدول ۱ ملاحظه می‌گردد تاثیر تیمارهای مختلف ظروف بسته بندی و زمان انبارمانی بر شاخص‌های رنگی توت فرنگی در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد. مقادیر شاخص‌ها در لحظه برداشت محصول (L^*=۵۰، a^*=۶۸ و b^*=۴۸) به دست آمد. نمونه‌ای از تصاویر تبدیل شده توت فرنگی برای روز اول در شکل ۳ و در دو فضای رنگی RGB و Lab در شکل ۴ آورده شده است. هر سه شاخص L^* a^* b^* در بسته بندی سلوفان با کاهش نسبتاً سریعی همراه بود به طوری که تغییرات رنگی از روز

ششم به دلیل از دست رفتن رطوبت محصول و خروج دی اکسید کربن سرعت بیشتری داشته است. همچنین خروج آب از محصول و له شدگی آن می‌تواند از دیگر دلایل کاهش سریع شاخص‌ها به شمار رود.

جدول۱- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های رنگی توت فرنگی تحت تاثیر بسته‌ها و زمان‌های مختلف

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		L^*	a^*	b^*
بسته بندی	۲	۳۰۹/۸*	۴۰۲/۲۷*	۱۰۶/۶۲*
زمان	۴	۳۹۵/۷*	۲۸۹/۳۴*	۱۲۱/۰۳*
بسته×زمان	۸	۳۷/۰۵*	۳۱/۳۳*	۷/۶۳*

ns و * به ترتیب معنی‌دار نبودن و معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ را نشان می‌دهد.

شاخص رنگی L^* در بسته بندی پلی اتیلنی تا روز نهم کاهش یکنواختی داشته و بعد از آن میزان روشنایی با سرعت بیشتری تغییر کرده است (جدول۲). همچنین دو شاخص a^* و b^* با گذشت زمان کاهش یافتند که این میزان تغییرات نسبت به بسته بندی سلوفان به مراتب کمتر بود (جداول۳و۴). کاهش مقدار شاخص a^* نشانگر تمایل رنگ محصول از قرمز روشن به تیره می‌باشد که با گذشت زمان در محصولات رسیده اتفاق می‌افتد. تغییرات شاخص‌های رنگی توت فرنگی تحت بسته بندی پلی پروپیلنی در جداول مربوطه آورده شده است. طبق نتایج، روند تغییرات شاخص‌ها با گذشت زمان بسیار کمتر از دو بسته دیگر بود. به طوری که در برخی از روزها تغییراتی در شاخص‌های رنگی دیده نشد. نتایج به دست آمده با یافته‌های اکبوداک (۲۰۰۷) تطابق دارد. همچنین تحقیقات زینگ و همکاران (۲۰۰۸) تاکید بر این موضوع دارد که فیلم پوششی پلی پروپیلن در مقایسه با پوشش‌های نازک دیگر باعث افزایش عمر انبارمانی قارچ خوراکی دکمه‌ای می‌شود (Xing *et al.*, 2008). پژوهش‌هایی نیز مبنی بر تاثیر سایر پوشش های نازک بر حفظ ویژگی‌های ظاهری و بازارپسندی محصول توت فرنگی وجود دارد (Yang *et al.*, 2010).

جدول۲- تغییرات شاخص (L*) توت فرنگی در بسته‌ها و زمان‌های مختلف

نوع بسته بندی	زمان انبارمانی (روز)				
	۱	۳	۶	۹	۱۲
سلوفان	۴۸	۴۴	۳۹	۳۲	۲۴
پلی اتیلن	۴۹	۴۶	۴۲	۳۸	۳۰
پلی پروپیلن	۵۰	۴۸	۴۸	۴۴	۴۳

جدول ۳- تغییرات شاخص (a*) توت فرنگی در بسته‌ها و زمان‌های مختلف

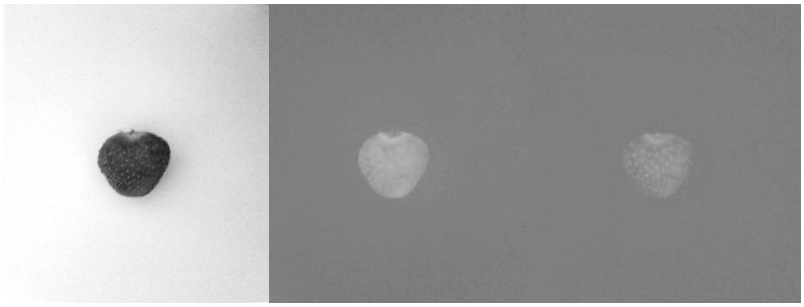
نوع بسته بندی	زمان انبارمانی (روز)				
	۱	۳	۶	۹	۱۲
سلوفان	۶۵	۶۲/۵	۵۷	۴۹	۴۵
پلی اتیلن	۶۸	۶۷/۵	۶۴	۵۷/۵	۵۴
پلی پروپیلن	۶۸	۶۸	۶۶	۶۵	۶۳

جدول ٤- تغییرات شاخص (b*) توت فرنگی در بسته‌ها و زمان‌های مختلف

نوع بسته بندی	زمان انبارمانی (روز)				
	۱	۳	۶	۹	۱۲
سلوفان	۴۶/۵	۴۲	۳۹	۳۵	۳۳
پلی اتیلن	۴۷	۴۵	۴۴	۴۱/۵	۳۹
پلی پروپیلن	۴۷/۵	۴۵	۴۴	۴۳	۴۰/۵

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش بسته بندی پلی پروپیلن به میزان قابل توجهی رنگ محصول توت فرنگی را در مدت ۱۲ روز انبارمانی حفظ کرد. همچنین طبق نتایج به دست آمده این نوع بسته بندی، ماندگاری و بازارپسندی محصول توت فرنگی را به مدت ۲۵ روز افزایش داد. این در حالی است که بسته‌های پلی‌اتیلن و سلوفان به ترتیب شاخص‌های رنگ را به مدت ۹ و ۶ روز در حد قابول نگه داشتند. با این وجود به نظر می‌رسد استفاده از بسته‌های نانوکامپوزیتی به خاطر کاهش ورود اکسیژن و خروج دی اکسید کربن و همچنین با جلوگیری از کاهش درصد وزن باعث حفظ بیشتر ویژگی‌های ظاهری و کیفی محصول می‌شوند.



(الف) (ب) (پ)

شکل۳- نمونه تصاویر تبدیل شده (الف) مولفه L^* تصویر (ب) مولفه a^* تصویر (پ) مولفه b^* تصویر

(الف) **(ب)**

شکل٤- نمایش فضاهای رنگی (الف) RGB (ب) Lab

منابع

رحمانی، ح. علوی نایینی، س. ن. نظام آبادی پور، ح. احمدی، م. ۱۳۸۹. امکان سنجی استفاده از پردازش تصویر جهت شناسایی خرابی‌های ظاهری خرمای مضافتی. ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه تهران.

زندی، خ. ناصری، ل. بازرگان، الف. ویسانی، و. ۱۳۹۲. اثرات کاربرد پس از برداشت ظروف بسته بندی نانوکامپوزیتی بر ماندگاری و خواص کیفی میوه توت فرنگی. ششمین همایش یافته‌های پژوهشی کشاورزی. دانشگاه کردستان.

منصوری، ی. مینایی، س. توکلی هشجین، ت. ۱۳۸۵. ارزیابی روش تعیین مساحت محصولات کشاورزی و غذایی از روی تصاویر دیجیتالی. مجله علوم و صنایع غذایی. شماره ۱.

Akbudak, B. 2007. Effect of polypropylene and polyvinyl chloride plastic film packaging materials on the quality of 'Yalova Charleston' pepper (*Capsicum annuum* L.) during storage. Food Science and Technology 14:5-11.

Brosnan, T., Sun, D. 2004. Improving quality inspection of food products by computer vision – a review. Journal of Food Engineering 61:3-16.

Guiné, R. P. F., Fernandes, R. M. C. 2006. Analysis of the drying kinetics of chestnuts. Journal of Food Engineering 76:460-467.

Leon, K., Mery, D., Pedreschi, F., Leon, J. 2006. Color measurement in L*a*b* units from RGB digital images. Journal of Food Research International 39:1084-1091.

Liming, X., Yanchao, Z. 2010. Automated strawberry grading system based on image processing. Computers and Electronics in Agriculture 71:32-39.

Taghizadeh, M., Gowen, A., Ward, P., O'Donnell, C. P. 2010. Use of hyperspectral imaging for evaluation of the shelf-life of fresh white button mushrooms (Agaricus bisporus) stored in different packaging films. Innovative Food Science and Emerging Technologies 11:423-431.

Tan, J., Lu, J., Shatadal, P., Gerrard, D. E. 2000. Evaluation of pork color by using computer vision. Meat Science 56:57-60.

Xing, Z.,Wang Y., Feng, Z., Tan, Q. 2008. Effect of different packaging films on postharvest quality and selected enzyme activities of *Hypsizygus marmoreus* mushrooms. Journal of Agriculture Food Chemistry 24:11838-11844.

Yang, H. M., Li, F., Li, Z. H., Xin, L.Y., Zaho, Y. H., Zheng, H. 2010. Effect of Nano-Packing on Preservation Quality of Fresh Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. cv Fengxiang) during Storage at 4°C. Journal of Scinse, 75: 236-240.