استفاده از پردازش تصویر در برآورد خسارت وارده از سرما بر میوه انبه

منصوره شمیلی [*۱]، محمودرضا گلزاریان [۲]، پیمان آذرکیش [۳]، امید دوستی ایرانی [۴]

[*۱] دانشگاه هرمزگان، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، بندرعباس

[۲ و ۳ و ۴] دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، مشهد

*نویسنده مسئول: shamili@ut.ac.ir

چکیده

به‌منظور برآورد خسارت وارده بر میوه انبه در اثر سرما، از دو روش پردازش تصویر و روش آزمایشگاهی استفاده شد. بدین منظور آزمایشی به‌صورت کاملاً تصادفی با سه تیمار ۵، ۱۵ و ۲۴ درجه سانتی‌گراد اجرا شد. تجزیه واریانس بیانگر اختلاف معنی‌دار بین صفات کمی و کیفی میوه نظیر اسید میوه، مواد جامد محلول و سفتی بود. مواد جامد محلول با مشخصات رنگی تصویر a* و L* همبستگی مثبت (۰/۶۴۵ و ۰/۷۶۹**) و همچنین سفتی با مشخصات a* و L* همبستگی معنی‌دار (۰/۷۳۴**- و ۰/۷۴۸**-) نشان دادند. در تیمار نگهداری در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد، پس از انتقال میوه‌ها به دمای محیط، تغییر رنگ بیشتر و سریع‌تر بود که در قسمت‌های داخلی میوه نیز مشاهده می‌شد. در روش آزمایشگاهی تغییرات ظاهری میوه، بعد از بررسی چهارم یا پنجم (به ترتیب ۸ و ۱۰ روز بعد از نگهداری در انبار) مشهود بود، که تا آن زمان، کیفیت درونی میوه را تحت تأثیر قرار داده بود؛ درحالی‌که با روش پردازش تصویر، در بررسی دوم امکان تشخیص اختلاف بین تیمارها ممکن بود.**

کلمات کلیدی: **انبه، ارزیابی غیرتخریبی، آسیب سرما، پردازش تصویر**

مقدمه

نگهداری محصولات کشاورزی در دمای پائین، می‌تواند سبب بروز خسارت سرمازدگی، افت کیفیت، محدود شدن عمر انبارمانی و زمان عرضه به بازار در محصولات حساس می‌گردد [Wang1990]. در زمان بروز خسارت، اندازه گیری پارامترهای کمی و کیفی در محصولات کشاورزی با روش‌های غیرمخرب، به شکلی که محصول موردنظر هیچ‌گونه آسیبی ندیده و دوباره به چرخه مصرف برگردد، با ارزش می‌باشد [Chongchatuporn *et al*., 2013؛ Schrader *et al*., 1999]. پردازش تصویر از جمله تکنولوژی‌هایی است که می‌تواند برای کنترل کیفیت، جداسازی و درجه‌بندی محصولات کشاورزی به‌صورت غیرتخریبی مورد استفاده قرار گیرد [Schulz and Baranska 2007Y]. از پردازش تصویر به‌منظور تخمین جرم انبه و ارائه روشی جهت درجه‌بندی میوه‌ها استفاده شده است [Mata *et al* 2012]. همچنین از تصاویر ابرطیفیِ مادون قرمز جهت ارزیابی آسیب‌های مکانیکی در میوه انبه رقم "مانیل" استفاده و درصد مساحت استخراج شده از هر نمونه به‌عنوان معیاری برای درجه‌بندی میوه مورد استفاده قرار گرفت [Payne *et al* 2013].

تولید جهانی انبه (*Mangifera indica* L., 2n = 40) تا نزدیک ۴۰ میلیون تن، آن را به یکی از پنج میوه اصلی در دنیا تبدیل کرده است. پرورش این گیاه در ایران محدود به استان‌های جنوبی کشور است. از مشکلات اصلی انبه در ایران می‌توان به کوتاه بودن فرصت عرضه این محصول به بازار اشاره نمود. با توجه به‌جایگاه اقتصادی انبه در استان هرمزگان و به‌منظور گسترش سطح زیر کشت انبه در این استان، فراهم ساختن زیرساخت‌های لازم جهت انتقال محصول تولیدی به مناطق دورتر ضروری است که جهت افزایش دوره عرضه به بازار، استفاده از انبار با دمای مناسب توصیه می‌شود [Rivera *et al* 2014]. لذا هدف از این پژوهش مطالعه خصوصیات فیزیکی و کیفی میوه انبه در دوره نگهداری در سه دمای متفاوت انبار با استفاده از روش غیرتخریبی (پردازش تصویر) و روش تخریبی (روش تجربی آزمایشگاهی) به‌منظور مقایسه کارایی دو روش در تعیین میزان خسارت وارده از سرما می‌باشد.

مواد و روش‌ها

میوه انبه در مرحله بلوغ، دارای رنگ سبز، از باغات انبه شهرستان میناب تهیه و به آزمایشگاه گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه فردوسی مشهد منتقل شدند. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار (انبار۵، ۱۵ و ۲۴ درجه سانتی‌گراد) در سه تکرار اجرا شد، که دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. میوه‌ها پس از قرارگیری در معرض تیمار مربوطه، به دو صورت غیرتخریبی (پردازش تصویر) و تخریبی (ارزیابی آزمایشگاهی) در هفت مرحله زمانی با فواصل زمانی ۴۸ ساعت، مورد ارزیابی قرار گرفتند.

در ارزیابی غیرتخریبی (پردازش تصویر)، تصاویر در طیف مرئی توسط یک دوربین (Nikon) با قدرت تفکیک ۱۶/۱ مگا پیکسل تهیه شد. بعد از فراخوانی تصاویر در نرم‌افزار متلب نسخه (Mathworks Inc, US) R2011a، ویژگی‌های رنگی مقدار *L (بیانگر میزان درخشندگی در تصویر)، مقدار *a (بیانگر میزان رنگ از سبز به قرمز)، مقدار*b (بیانگر میزان رنگ از آبی به زرد)، stda، stdb و stdL استخراج شدند [León *et al.* 2006]. در ارزیابی تخریبی (روش آزمایشگاهی)، صفات کیفی نظیر تغییر رنگ پوست میوه، تغییر رنگ گوشت میوه، ظهور لکه‌های قهوه‌ای بر پوست میوه، ظهور لکه‌های قهوه‌ای بر گوشت میوه، خشک شدن پوست میوه و صفات کمی شامل وزن میوه، حجم میوه، چگالی میوه، میزان pH، مواد جامد محلول، اسید کل، نسبت مواد جامد محلول به اسید کل و سفتی میوه ثبت گردید. آنالیز داده‌های حاصل از آزمایش توسط نرم‌افزار SAS، مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاکی از اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای اعمال شده بود. برخی مشخصه‌های تصویر (*a ، *b) و ویژگی‌های وزن، حجم، اسید کل، نسبت مواد جامد محلول به اسید کل، سفتی و شدت لکه‌های قهوه‌ای موجود بر پوست میوه تحت تأثیر تیمارهای دمایی قرار گرفتند. همچنین زمان مشاهده بر مشخصه‌های تصویر *a، *b، *L، std L، std a و بر ویژگی‌های آزمایشگاهی مواد جامد محلول، اسید کل، نسبت مواد جامد محلول به اسید کل، سفتی و نسبت وزن به حجم میوه تأثیر معنی‌دار داشت. روند تغییرات برخی صفات در شکل ۱ آمده است.

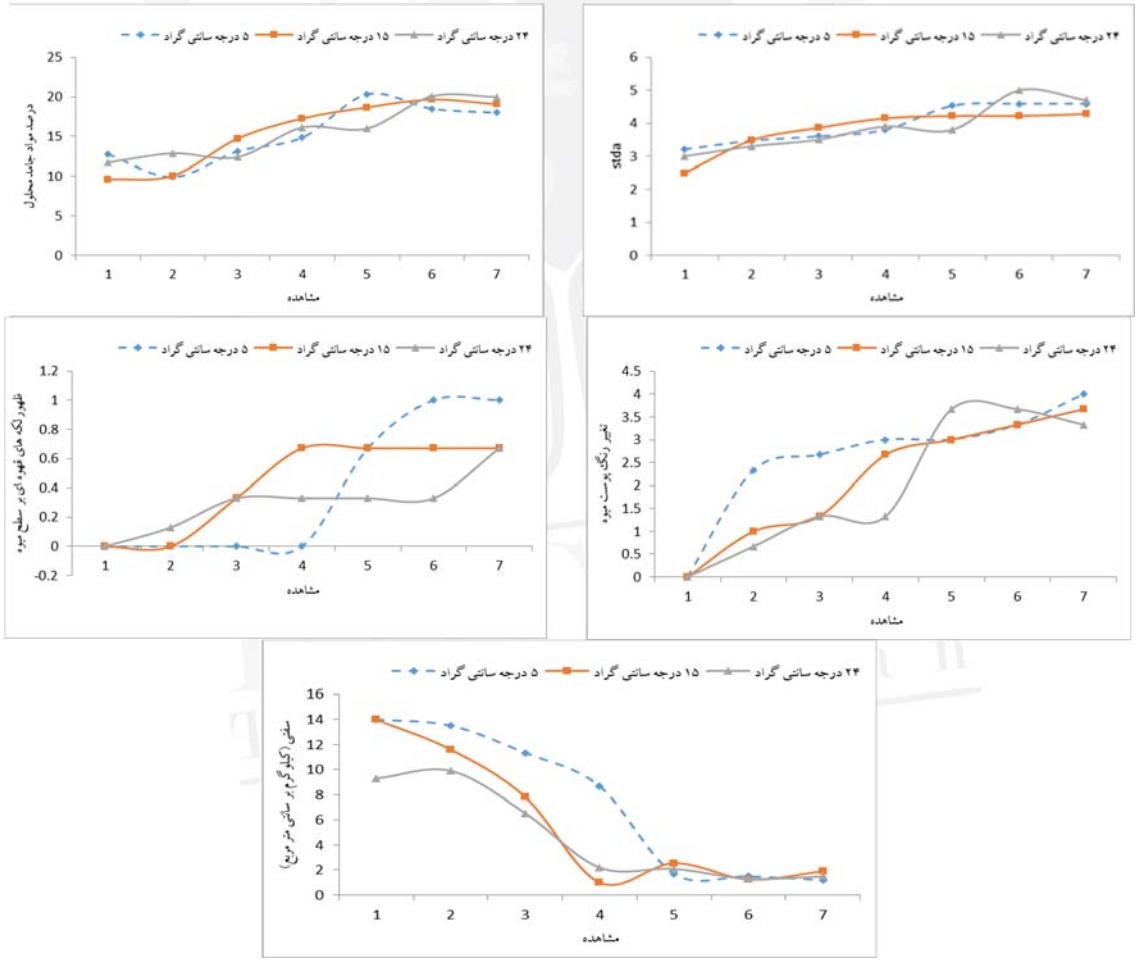
مقدار مشخصه *a، در طول هفت مرحله ارزیابی، روند صعودی داشت، به‌طوری‌که در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد از ۱۲/۴- در روز اول به ۲/۵- در انتهای آزمایش رسید. در خصوص مشخصه b در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد روند صعودی (از ۱۴/۷ به ۲۳)، و در دو دمای دیگر، روند نزولی (در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد از ۱۸/۵ به ۱۵/۲۲ و در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد از ۲۳/۸۶ به ۱۳/۵۳ رسید) بود. مؤلفه L نیز در ۵ درجه سانتی‌گراد روندی نزولی داشت به‌طوری‌که از ۱۲/۹۵ به ۷/۲۲ رسید.

هرچند در این مطالعه تغییر رنگ پوست میوه از سبز تیره به سبز کم‌رنگ با لکه‌های زرد در همه تیمارها مشاهده گردید، اما شدت و روند آن متفاوت بود؛ درحالی‌که در تیمار ۲۴ درجه سانتی‌گراد تغییر رنگ میوه از مشاهده چهارم مشخص بود، در دو تیمار سرما، این تغییر، از مشاهده دوم مشهود بود. دمای ۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به ۱۵ درجه سانتی‌گراد شوک بیشتری به میوه وارد ساخت (شکل ۱). به گزارش آذرکیش و شمیلی (۲۰۱۵)، در میوه انبه، پارامترهای میزان چروکیدگی پوست میوه، رنگ پوست، شاخص‌های عطر و مزه، لکه روی پوست، رنگ گوشت و علایم پوسیدگی تحت تأثیر مدت‌زمان نگهداری در انبار سرد قرار می‌گیرند. در این آزمایش در طول دوره نگهداری، اسیدیته قابل تیتراسیون، روند کاهشی داشت که ناشی از مصرف اسید سیتریک در پروسه تنفس میوه همزمان با فرآیند رسیدن است که مشاهده هفتم در انبار ۵ درجه سانتی‌گراد، کمترین مقدار اسید قابل تیتراسیون (۱/۳۸ میلی‌گرم) را به خود اختصاص داد. در انبار سرد به دلیل کاهش تنفس، میزان اسید نیز کمتر بود.

تنش ناشی از دمای پائین با تولید رادیکال‌های اکسیژن آزاد از قبیل سوپراکسیدها، پراکسید هیدروژن و عامل هیدروکسیل، پوست مردگی سطحی، قهوه‌ای شدن، تغییر شدت تنفس، تشدید آب از دست‌دهی، رسیدن غیرطبیعی، باز شدن شبکه آندوپلاسمی، نشت الکترولیت‌ها و تغییر در پلاستیدها همراه است [Raymond *et al.* 2004]. در انبه نیز

به‌منظور افزایش عمر انباری، متوقف نمودن فرآیند نمو و کاهش میزان رسیدن میوه، معمولاً از دماهای پائین استفاده می‌شود [Schulz and Baranska 2007]. اگرچه نگهداری در انبار در دمای پائین سرعت رسیدگی را کاهش داده و موجب افزایش عمر ماندگاری نسبت به نگهداری در دمای معمولی می‌شود؛ اما عمدتاً استفاده از دماهای پائین، سرمازدگی و عوارض ناشی از آن را به همراه دارد [Kader 2009].

همبستگی بین صفات حاکی از ارتباط معنی‌دار بین مؤلفه‌های تصویر با صفاتی نظیر مواد جامد محلول و سفتی بود که در ارزیابی کیفی میوه انبه مؤثرند. در این بررسی مواد جامد محلول با مشخصات تصویر a* و L* همبستگی مثبت (به ترتیب **۰/۶۴۵ و **۰/۷۶۹) داشتند. صفت سفتی نیز با مشخصات تصویر a* و L* همبستگی معنی‌دار (به ترتیب **۰/۷۳۴- و **۰/۷۴۸-) نشان داد. هرچند تغییر در مشخصه‌های ظاهری می‌تواند گویای وضعیت کیفی میوه ها باشد، اما در این بررسی، عمده این تغییرات با ارزیابی آزمایشگاهی بعد از مشاهده چهارم یا پنجم مشهود بود درحالی‌که خسارت سرما پیش از آن، کیفیت درونی و محتوای میوه را تحت تأثیر قرار داده بود. پردازش تصویر اما، در هر سه دما، اختلاف بین تیمارها را از مشاهده دوم نشان داد که حاکی از برتری این روش در مقایسه با ارزیابی آزمایشگاهی می‌باشد. یافته‌های این تحقیق، برتری پردازش تصویر را در درجه‌بندی و ارزیابی کیفی میوه انبه آشکار ساخت. با این روش به سهولت می‌توان قابلیت انبارمانی ارقام مختلف انبه در دماهای متفاوت را ارزیابی کرد. همچنین در صورت تعیین دما و شرایط مناسب برای انبار، به‌جای عرضه انبوه این محصول در مدت‌زمان کوتاه در بازار داخلی، میوه‌ها را تا زمان حفظ کیفیت در انبارهای مناسب ذخیره و به‌تدریج به بازار عرضه نمود.



شکل ۱ -اثر تیمارهای ۵، ۱۵ و۲۴ درجه سانتی‌گراد بر std a، درصد مواد جامد محلول، تغییر رنگ پوست میوه، ظهور لکه‌های قهوه‌ای بر سطح میوه و سفتی در مشاهدات مختلف.

منابع

Wang CY (1990) Alleviation of Chilling Injury of Horticultural Crops, in, CY Wang (eds.), Chilling Injury of Horticultural Crops, CRC Press, Boca Raton, FL, pp: 281–320.

Chongchatuporn U, Ketsa S, Van Doorn WG (2013) Chilling injury in mango (*Mangifera indica*) fruit peel: Relationship with ascorbic acid concentrations and antioxidant enzyme activities. *Postharvest Biology and Technology* 86: 409-417.

Schrader B, Klumpb HH, Schenzelc K, Schulz H (1999) Non-destructive NIR FT Raman analysis of plants. *Journal of Molecular Structure* 509: 201–212.

Schulz H, Baranska M (2007) Identification and quantification of valuable plant substances by IR and Raman spectroscopy. *Vibrational Spectroscopy* 43: 13-25.

Mata C, Duarte ME M, Borges FF, Barbacena IL (2012) An Adaptive Threshold Level for Segmentation of Grayscale Images Using Image Processing to Sort Mangoes by Weight Estimation, Postharvest Technology in the Global Market. *In XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People: International Symposium*. 943-948.

Payne AB, Walsh KBY, Subedi PP, Jarvis D (2013) Estimation of mango crop yield using image analysis – Segmentation method. *Computers and Electronics in Agriculture* 91: 57-64.

Rivera NVL, Go´mez-sanchis J, Chanona-pe´rez J, Carrasco JJ, Milla´n-giraldo MN, Lorente D, Cubero S, Blasco J (2014) Early detection of mechanical damage in mango using NIR hyperspectral images and machine learning. *Biosystems Engineering* 122: 91-98.

Azarkish P, Shamili M (2015) Influence of Putrescine and cold water on qualitative features and shelf life of mango (*Mangifera indica* L) fruit. *Journal of food science and technology* 12(47): 65-47. (*In Persian*).

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

Raymond WM, Wang Y, Smith DL, Gross KC, Tian M (2004) MeSA and MeJA increase steady-state transcript levels of alternative oxidase and resistance against chilling injury in sweet peppers (*Capsicum annuum* L,). *Plant Science* 166: 711–719.

Kader AA (2009) Mangoes recommendations for maintaining postharvest quality, In: Fruit Ripening and Ethylene Management. 50-51. Univ, Calif. Postharvest Technology Research and Information Center Publication Series #9 Also available at:http://postharvest. ucdavis.edu/ Produce/ProduceFacts/Fruit/mango.shtml

Estimation of chilling injury to mango fruit by image processing

Mansore Shamili[1*], Mahmood Reza Golzarian[2], Peyman Azarkish[3], Omid Doosti Irani[4]
[1*] Department of Horticultural Sciences, University of Hormozgan, Bandar abbass
[2, 3, 4] Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad
[*]Corresponding author: shamili@ut.ac.ir

Abstract

Using image processing and experimental method used to estimate chilling injury to mango fruit. We did a complete random experiment with three treatments 5, 15 and 24 ° C. Variance analysis revealed significant differences between some quantitative and qualitative characteristics of fruit such as total acid, total soluble solids and firmness. The results showed a positive correlation between TSS and image characters "a*" and "L*" (0.745 and 0.669**) and a negative correlation between firmness and image characters "a*" and "L*" (-0.734** and -0.748**). In the 5°C treatment, after transferring fruit to the ambient temperature, browning occurred faster and broader. Experimental method showed the fruit changes after fourth or fifth observation (8 and 10 days after storage respectively), which already has been affected fruit internal content; while image processing revealed the differences between treatments after second observation.**

Keywords: Mango, Experimental method, chilling injury, nondestructive evaluation, image processing