بیست و یکمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و هفتمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۲۳ تا ۲۵ دی ماه ۱۳۹۳، دانشگاه شهید بهشتی

تحلیل تصاویر نقطه‌ای دینامیکی (DSP) برای ارزیابی غیر مخرب کیفیت میوه سیب در طول مدت انبارداری

بهاره جمشیدی[۱]، آرمان عارفی[۲]

[۱]استادیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج، Email:b.jamshidi@areo.ir؛ [۲]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد

چکیده - در این پژوهش، تصاویر نقطه‌ای دینامیکی *(DSP)* در دو طول موج *۶۸۰nm* و *۷۸۰nm* به منظور ارزیابی غیر مخرب کیفیت میوه سیب در طول مدت انبارداری تهیه و تحلیل شدند. برای این منظور، تصاویر نقطه‌ای وابسته به زمان *(THSP)* تشکیل شدند و ویژگی آماری مومنت سکون *(IM)* برای بررسی فعالیت *DSP* نمونه‌ها در مدت انبارداری از تصاویر استخراج شد. نتایج نشان داد که فعالیت *DSP* سیب‌ها به طور معنی‌داری تحت تاثیر میزان کلروفیل و در طول موج *۶۸۰nm* بیش از طول موج *۷۸۰nm* است. از سوی دیگر، فعالیت *DSP* نمونه‌ها در ماه‌های اول و دوم انبارداری، افزایش سپس تا ماه چهارم انبارداری کاهش و پس از آن مجدداً افزایش نسبی یافت.

کلید واژه- تصاویر نقطه‌ای دینامیکی، غیر مخرب، کیفیت، لیزر، مومنت سکون

Dynamic Speckle Patterns (DSP) Analysis for Non-destructive Quality Assessment of Apple fruit during Storage

Bahareh Jamshidi[1], Arman Arefi[2]

[1]Asisstant Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Email:b.jamshidi@areo.ir; [2]M.Sc. Graduate

Abstract- In this research, dynamic speckle patterns (DSP) at two wavelengths of 680nm and 780nm were acquired and analyzed for non-destructive quality assessment of apple fruit during storage. To this end, time history of speckle patterns (THSP) were created. Then, the statistical feature of inertia moment (IM) was extracted from the images to evaluate DSP activity of the samples during storage. Results indicated that DSP activity of apples is significantly affected by chlorophyll content. Moreover, DSP activity at 680nm was more than that at 780nm. On the other hand, DSP activity of the samples in the first and second months of the storage increased then decreased until the fourth month of the storage and after that increased again, relatively.

Keywords: Dynamic Speckle Pattern, Non-destructive, Quality, Laser, Inertia Moment

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

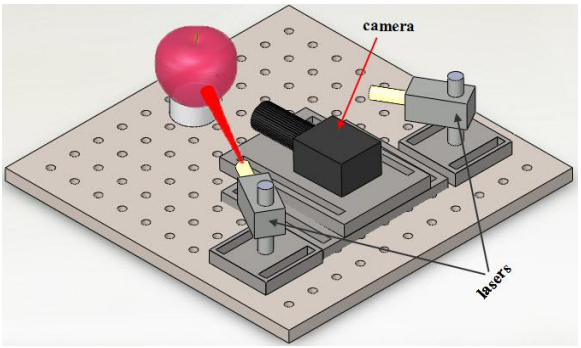
[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-04]

۱- مقدمه

امروزه، به دلیل اهمیت کیفیت مواد غذایی که به طور مستقیم با سلامت مردم در ارتباط است و برای همگام‌شدن با آگاهی‌ها و تقاضاهای رو به افزایش مصرف‌کنندگان در خصوص تضمین کیفی محصول، صنعت کشاورزی و غذایی کشورها با چالش فناوری‌های نوین مواجه است. از این رو، در سال‌های اخیر کاربرد روش‌های غیر مخرب به منظور ارزیابی و پایش کیفی قابل اعتماد و سریع محصولات کشاورزی و غذایی به شکلی چشمگیر مورد توجه پژوهشگران و صنعتگران قرار گرفته است [۲،۱]. از بین روش‌های غیرمخرب، روش‌های نوری به دلیل مزایایی از قبیل راحتی بکارگیری در سامانه‌های درجه‌بندی برخط و سازگاری با شرایط زیست- محیطی از اهمیت بیشتری برخوردارند. تصاویر نقطه‌ای دینامیکی (DSP) یکی از این روش‌ها است که از خاصیت پس‌پراکنش نور در طول زمان استفاده می‌نماید. قابلیت بررسی تغییرات فعالیت مولکول‌ها در طول زمان از مزیت‌های این روش نسبت به روش‌های دیگر است. کاربرد تصاویر نقطه‌ای دینامیکی به عنوان یک روش جدید در ارزیابی کیفیت محصولات کشاورزی و غذایی طی چند سال اخیر معرفی شده است [۳، ۴، ۵، ۶] و به علت نوظهور بودن، الگوریتم‌های توسعه داده شده برای آن در مراحل ابتدایی قرار دارد. هدف از این پژوهش، بررسی توانایی تصاویر نقطه‌ای دینامیکی (DSP) به منظور ارزیابی شاخص‌های کیفی میوه سیب در طول انبارداری است؛ که مقاله حاضر به تحلیل تصاویر DSP میوه‌های سیب در مدت ۵ ماه انبارداری اختصاص دارد.

۲- مواد و روش‌ها

به منظور تصویربرداری DSP از یک دوربین رنگی BCP-1050MT(Wonwoo, Korea) مجهز به آشکارساز CCD به همراه یک لنز (Avenir CCTV, Japan) با فاصله کانونی متغیر ۱۲۰mm-۱۸ و دو عدد لیزر با طول موج‌های ۶۸۰nm و ۷۸۰nm (توان ۳mW) بر اساس نتایج ارائه‌شده توسط پژوهشگران دیگر به منظور ارزیابی ویژگی‌های کیفی در محصولات مختلف [۸،۷] استفاده شد. چیدمان تصویربرداری به‌گونه‌ای طراحی شد که نور لیزر از فاصله ۱۹۰mm و با زاویه تقریبی ۳۰ درجه نسبت به خط افق به نمونه برخورد کند. دوربین عمود بر نقطه برخورد نور به نمونه با فاصله ۸۵mm از آن قرار گرفت. انتخاب زاویه بین دوربین و لیزر به گونه‌ای انجام شد که احتمال تشخیص فوتون‌های برگشتی از سطح میوه توسط دوربین کاهش پیدا کرده و فوتون‌های دریافتی مربوط به پس‌پراکنش داخلی باشند [۶]. انتخاب فاصله‌ها نیز به گونه‌ای بود که بهترین تصویر حاصل گردد. معیار قابل قبول بودن تصاویر شامل مشاهده فعالیت DSP در تصویر، پایین بودن پدیده فلورسانس و پوشش نسبتاً کامل تصویر توسط پیکسل‌های با اندازه درشت بود. به منظور برخورد نور لیزر به مرکز میوه و با توجه به متفاوت بودن میوه‌ها از نظر اندازه، از تعدادی پایه با ارتفاع مختلف برای نگهداری نمونه‌ها استفاده شد. مجموعه تصویربرداری در یک محفظه تاریک به منظور حذف اثر نور محیط قرار داده شد. شکل ۱ شماتیک چیدمان تصویربرداری طراحی‌شده را نشان می‌دهد.

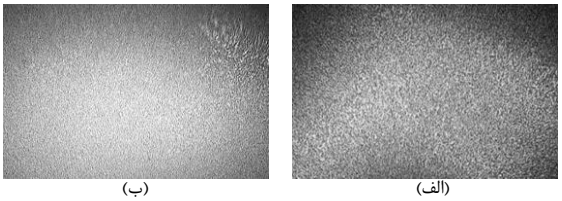


شکل ۱: شماتیک چیدمان تصویربرداری DSP

نمونه‌های سیب قرمز در اندازه‌های مختلف با رنگ و شکل تقریباً یکنواخت و عاری از هرگونه ضایعه ناشی از بیماری برداشت و به مدت ۱۵۰ روز در سردخانه نگهداری شدند. آزمون‌ها در ۵ مرحله به ترتیب در روزهای صفر، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ام انبارداری و هر بار روی بخشی از نمونه‌ها انجام شد. در هر مرحله، نمونه‌ها با قرار گرفتن در محفظه تصویربرداری، ابتدا در معرض نور لیزر ۶۸۰nm قرار داده شدند و تصویربرداری از سطح آنها به مدت ۲۵ ثانیه انجام شد. پس از تحصیل ۵۰۰ فریم تصویر خاکستری با رزولشن ۷۲۰×۴۸۰ پیکسل، تصاویر آنالوگ از طریق یک کارت تصویرگیر به دیجیتال تبدیل شده و به صورت فیلم ذخیره شدند. سپس، تصویربرداری با لیزر ۷۸۰nm انجام و

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-04]

۵۰۰ فریم تصویر دیگر با رزولشن ۷۲۰×۴۸۰ تهیه شد. شکل ۲ نمونه‌ای از تصاویر DSP به‌دست‌آمده در طول موج‌های ۶۸۰nm و ۷۸۰nm را نشان می‌دهد.



(ب) (الف)

شکل ۲. نمونه‌ای از تصاویر DSP: الف) تصویر حاصل از طول موج ۶۸۰nm، ب) تصویر حاصل از طول موج ۷۸۰nm

مرسوم‌ترین روش توسعه‌یافته برای بررسی تغییرات نور پس‌پراکنش‌یافته در طول زمان یا فعالیت DSP، تشکیل تصاویر نقطه‌ای وابسته به زمان (THSP) است. برای این منظور، از هر تصویر تهیه‌شده تنها یک ستون از پیکسل‌ها (ستونی که در وسط تصویر است) استخراج و با قرار دادن آنها در کنار یکدیگر، تصویر THSP شکل گرفت که هر سطر از این تصویر حاوی اطلاعاتی درباره تغییرات شدت پیکسل‌ها در طول زمان است [۹]. با توجه به اینکه در این پژوهش تعداد ۵۰۰ فریم تصویر از هر نمونه سیب تهیه شد، تصاویر THSP با اندازه ۵۰۰×۴۰۰ تشکیل شد.

به منظور تفسیر تصاویر THSP از روش معمول تشکیل ماتریس هم‌وقوعی (COM) (رابطه ۱) و محاسبه ویژگی مومنت سکون (IM) (رابطه ۲) استفاده شد [۹]:

$$COM = \lfloor N_{ij} \rfloor \quad (۱)$$

$$IM = \sum_{ij} M_{ij}(i-j)^2 \quad (۲)$$

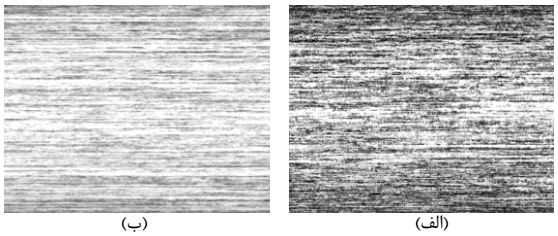
در رابطه ۱، N تعداد دفعاتی است که در تصویر THSP پیکسل با شدت خاکستری j بلافاصله بعد از پیکسل با شدت خاکستری i اتفاق می‌افتد و متغیر M در رابطه ۲، ماتریس COM نرمال‌شده است (رابطه ۳):

$$M_{ij} = \frac{N_{ij}}{\sum_j N_{ij}} \quad (۳)$$

برای اندازه‌گیری پراکندگی پیکسل‌های غیر صفر در اطراف قطر اصلی ماتریس COM، از ویژگی IM استفاده می‌شود. بر این اساس، با افزایش فعالیت DSP، مقدار IM افزایش پیدا می‌کند و کاهش این ویژگی بیانگر کاهش فعالیت DSP است.

۳- یافته‌ها و بحث

شکل ۳ نمونه‌ای از تصاویر THSP را در طول موج‌های ۶۸۰nm و ۷۸۰nm نشان می‌دهد.

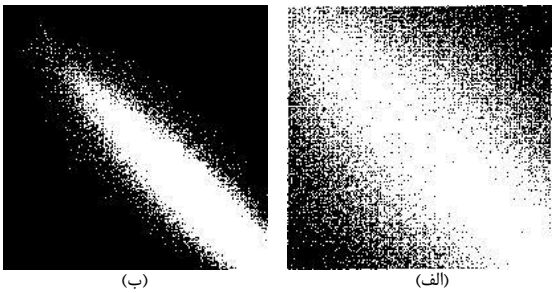


(ب) (الف)

شکل ۳. نمونه‌ای از تصاویر THSP: الف) حاصل از طول موج‌های ۶۸۰nm، ب) حاصل از طول موج‌های ۷۸۰nm

شدت و دامنه نوسان‌ها در طول موج ۷۸۰nm نسبتاً پایین بود. بنابراین همبستگی بین تصاویر گرفته‌شده در طول زمان بیشتر و THSP یک تصویر نسبتاً کشیده بود. در حالی‌که در طول موج ۶۸۰nm همبستگی بین تصاویر کاهش یافت و THSP از حالت کشیده‌بودن خارج شد.

از سوی دیگر، نتایج نشان داد که تعداد پیکسل‌های غیر صفر پراکنده‌شده در اطراف قطر اصلی ماتریس COM برای طول موج ۶۸۰nm بیشتر از طول موج ۷۸۰nm است (**Error! Reference source not found.**). این بدان معنی است که در طول موج ۶۸۰nm، پدیده DSP از فعالیت بیشتری برخوردار بوده است.

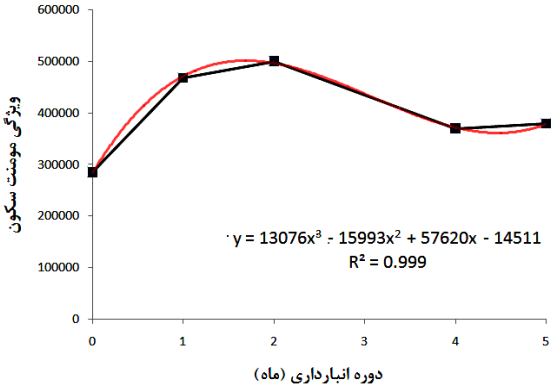


(ب) (الف)

شکل ۴. نمونه‌ای از ماتریس COM: الف) حاصل از طول موج ۶۸۰nm، ب) حاصل از طول موج ۷۸۰nm

تغییرات فعالیت DSP در طول دوره انبارداری سیب توسط ویژگی IM در شکل ۵ نشان داده شده است.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-04]



شکل ۵. تغییرات فعالیت DSP در طول دوره انبارداری

فعالیت DSP در دو ماه اول انبارداری دارای روند صعودی بود که می‌تواند ناشی از کاهش میزان کلروفیل باشد. پیش از این نیز افزایش فعالیت DSP با کاهش میزان کلروفیل گزارش شده است [۱۱،۱۰]. هم‌چنین، نتایج حاکی از کاهش فعالیت DSP برای میوه‌هایی بود که بیش از دو ماه از تاریخ انبارداری آنها می‌گذشت. این روند کاهشی تا ماه چهارم انبارداری ادامه داشت. علت اصلی آن را می‌توان کاهش دانه‌های نشاسته و تبدیل آنها به قند دانست، به دلیل اینکه دانه‌های نشاسته به عنوان هسته‌های اصلی پراکنش نور در روش DSP معرفی شده‌اند [۱۱،۱۰]. بعد از ماه چهارم انبارداری، یک افزایش نسبی در فعالیت DSP مشاهده شد. این افزایش می‌تواند به دلیل افزایش مجدد در تنفس میوه باشد که معمولاً در میوه‌های فرازگرا اتفاق می‌افتد. از آنجا که گزارش‌های جامعی درباره تغییرات فعالیت DSP در طول دوره انبارداری میوه سیب منتشر نشده است، این گفته تنها یک فرضیه است و به تحقیقات بیشتری نیاز دارد.

۴- نتیجه‌گیری

بررسی و تحلیل تصاویر DSP میوه سیب در مدت انبارداری نشان داد که فعالیت DSP در طول موج ۶۸۰nm بیش از طول موج ۷۸۰nm و در هر دو طول موج به طور معنی‌داری تحت تاثیر میزان کلروفیل است. هم‌چنین، فعالیت DSP در دوره نگهداری طولانی مدت سردخانه‌ای سیب دارای فراز و نشیب‌های متعددی است.

مراجع

[۱] جمشیدی، ب.، مهاجرانی، ع.، مینایی، س.، جمشیدی، ج.، شریفی، ا. *بررسی فیزیکی توانایی اسپکتروسکوپی Vis/NIR برای تشخیص سریع و غیرمخرب باقی‌مانده سموم در محصولات کشاورزی*، **بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران**. ۱۰- ۸ بهمن (۱۳۹۲)، شیراز.

[۲] جمشیدی، ب.، مینایی، س.، مهاجرانی، ع.، قاسمیان، ح. *بررسی اثر پیش‌پردازش‌های مختلف طیفی بر ارزیابی غیرمخرب کیفیت پرتقال با اسپکتروفتومتری فروسرخ نزدیک (NIRS)*، **مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی**. جلد ۱۵، شماره ۲ (۱۳۹۳) صفحات ۴۴-۲۷.

[3] Adamiak, A., Zdunek, A., Kurenda, A., Rutkowski, K. *Application of biospeckle method for monitoring the bull's eye rot development and quality changes of apples subjected to various storage methods – preliminary studies*, **Sensors**. 12 (2012) 3215–3227.

[4] Kurenda, A., Pieczywek, P. M., Adamiak, A., Zdunek, A. *Effect of Cytochalasin B, Lantrunculin B, Colchicine, Cycloheximid, Dimethyl Sulfoxide and Ion Channel Inhibitors on Biospeckle Activity in Apple Tissue*, **Food biophysics**. 8(4) (2013) 290-296.

[5] Zaheer Ansari, M. D., Nirala, A. K. *Biospeckle activity measurement of Indian fruits using the methods of cross-correlation and inertia moments*, **Optik - International Journal for Light and Electron Optics**. 124 (2013) 2180-2186.

[6] Zdunek, A., Muravsky, L., Frankevych, L., Konstankiewicz, K. *New nondestructive method based on spatial-temporal speckle correlation technique for evaluation of apples quality during shelf-life*, **International Agrophysics**. 21 (2007) 305–310.

[7] Lu, R., Peng, Y. *Hyperspectral Scattering for Assessing Peach Fruit Firmness*, **Biosystems Engineering**. 93(2) (2006) 161-171.

[8] Baranyai, L., Regen, Ch., Zude, M. *Monitoring Optical Properties of AppleTissue during Cool Storage*, **Bornimer Agrartechnische Berichte, Leibniz Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim (ATB)**. Germany. Heft 69 (2009) 112-119.

[9] Hector J., Rabal Roberto A., Braga Jr. *Dynamic laser speckle and applications*, **CRC press**. (2009) New York, USA.

[10] Romero, G. G., Martinez, C. C., Alanis, E. E., Salazar, G. A., Broglia, V. G., Alvarez, L. *Bio-speckle activity applied to the assessment of tomato fruit ripening*, **Biosystems Engineering**. 103 (2009) 116–119.

[11] Zdunek, A., Cybulska, J. *Relation of Biospeckle Activity with Quality Attributes of Apples*, **Sensors**. 11 (2011) 6317–6327.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-04]