

## شناسایی زودهنگام کپک سبز پرتقال یافا با تصویربرداری چندطیفی

نرگس قانعی قوشخانه<sup>۱</sup>، محمودرضا گلزاریان<sup>۲\*</sup>، اسمعیل محمودی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- عضو هیئت علمی گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- عضو هیئت علمی، گروه مهندسی گیاهپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد

\* ایمیل نویسنده مسئول: [m.golzarian@um.ac.ir](mailto:m.golzarian@um.ac.ir)

### چکیده

با وجود اینکه، ایران رتبه سوم میزان تولید پرتقال را در بین محصولات باغی کشور دارد رتبه‌ی هفدهم واردات این محصول را دارا است که نشان دهنده‌ی تلفات بالای این محصول در کشور و به دنبال آن نیاز به واردات آن می‌باشد. در مراحل مختلف برداشت تا عرضه به بازار مصرف، خسارات مکانیکی به محصول وارد می‌شود که آن‌ها را مستعد بیماری قارچی کپک پنی‌سیلیوم در انبار می‌گرداند. با کنترل غیرمخرب میوه‌ها قبل از ورود به انبار می‌توان از وارد آمدن خسارت بیشتر جلوگیری نمود. در این تحقیق از تصویربرداری چند طیفی در ناحیه مادون قرمز نزدیک، به منظور شناسایی زودهنگام کپک سبز پرتقال یافا استفاده گردید. نتایج این تحقیق نشان دادند طیف ۸۰۰ نانومتر، طیف موثری در شناسایی زودهنگام کپک سبز می‌باشد. در حالی که شدت بازتابش از سطح لِهیده و سطح آلوده به کپک در طیف ۷۰۰ و ۵۰۰ نانومتر اختلاف معناداری نداشت.

**واژه‌های کلیدی:** قارچ *Penicillium sp.* تصویربرداری طیفی، کپک سبز، شدت بازتابش، شناسایی بلادرنگ

### مقدمه

درخت پرتقال در بین دیگر مرکبات بیشتر کشت شده و عمر اقتصادی آن بین ۵۰ تا ۶۰ سال است (سازمان مدیریت میادین میوه و تره بار، ۱۳۹۱). در آمارنامه‌ای که از سوی وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۲ انتشار یافته است رتبه سوم میزان تولید در بین محصولات باغی کشور مربوط به پرتقال با ۲/۵۵ میلیون تن و سهم ۱۵/۹۶ درصد می‌باشد که استان‌های مازندران با سهم ۵۷ درصدی، جنوب استان کرمان با سهم ۱۴ درصدی و فارس با سهم ۱۳ درصدی در رتبه‌های اول تا سوم تولیدکنندگان پرتقال کشور قرار دارند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۲). طبق آمار فائو میزان تولید مرکبات در ایران ۴۵۷۱ هزار تن در سال ۲۰۱۳ بوده است که از بین آن ۲۷۳۳ هزار تن مربوط به تولید پرتقال است. با وجود تولید قابل ملاحظه‌ی مرکبات در ایران، کشور ما رتبه‌ی ۳۱ ام



صادرات را در جهان به خود اختصاص داده است، همچنین رتبه‌ی دهم واردات مرکبات و رتبه‌ی هفدهم واردات پرتقال، بطور خاص، را دارا است که نشان دهنده‌ی تلفات بالای این محصول در کشور و به دنبال آن نیاز به واردات آن می‌باشد (Fao, 2015). در مراحل مختلف برداشت تا عرضه به بازار مصرف عواملی مثل بی‌احتیاطی در عملیات برداشت، جابه‌جایی، بسته‌بندی، بارگیری و تخلیه باعث وارد شدن خسارات مکانیکی به میوه‌ها می‌گردد که عمده‌ترین آن‌ها خراش، بریدگی، ترک، ساییش و لهیدگی، خراشیدگی با ناخن و فشار با انگشت است. صدمات دیگری هم که در کارگاه‌های بسته‌بندی طی عملیات مختلف به محصول وارد می‌شود مثل لرزش و تکان حین حمل و نقل در افزایش ضایعات محصول نقش به‌سزایی دارد (فتاحی مقدم و فقیه نصیری، ۱۳۸۴). عوامل بیماری‌زای ویروسی، قارچی و باکتریایی سبب ایجاد ضایعات پاتولوژیکی در میوه‌های مرکبات در طی مراحل برداشت، بسته‌بندی، حمل و نقل و نگهداری در انبار می‌شوند. میوه‌های بالغ مرکبات بسیار حساس به عوامل بیماری‌زایی هستند که نیاز به رطوبت بالا و عناصر غذایی زیاد دارند که نگهداری میوه‌ها را بعد از برداشت در مواجهه با این عوامل بیماری‌زا دشوار می‌نماید (فرزاد، ۱۳۸۹). در آلودگی قبل از برداشت، قارچ‌ها معمولاً از راه پوست، روزنه‌های طبیعی، زخم‌ها و خراش‌های پوست به درون بافت میوه نفوذ می‌کنند. اسپورهای قارچ از طریق زخم‌های میوه که مواد غذایی و رطوبت کافی در آن‌ها فراهم است رشد کرده و باعث آلودگی و فساد میوه می‌گردند (فتاحی مقدم و فقیه نصیری، ۱۳۸۴).

شایع‌ترین بیماری قارچی پس از برداشت کپک سبز (Green mold) می‌باشد که توسط قارچ *Penicillium digitatum* و از طریق منافذ و زخم‌های ایجاد شده بر روی چند غده‌ی روغنی پوست ایجاد می‌گردد. قارچ‌های باقیمانده در خاک در دمای مناسب پاییز یا زمستان تولید اسپور می‌کنند که توسط دست، وسایل و باد به همه جا پراکنده می‌گردند و باعث آلوده شدن انبار، تجهیزات، ظروف بسته‌بندی و در نتیجه آلوده شدن میوه‌ها می‌گردند. در صورت فراهم شدن شرایط دما و رطوبت مناسب روی پوست میوه ایجاد لکه‌های آبکی نرم و پس از رشد تولید میلیسیوم‌های سفید رنگ می‌نمایند. وقتی قطر لکه‌ها به ۲/۵ تا ۵ سانتی‌متر می‌رسد اسپورهای سبز زیتونی تولید می‌کنند (فرزاد، ۱۳۸۹).

پوسیدگی به تدریج گسترش می‌یابد و حالت لهیدگی قسمت اعظم یا تمامی میوه را در بر می‌گیرد. با ایجاد شرایطی با حرارت و رطوبت پایین از طریق تهویه مناسب در انبار، حذف میوه‌های مشکوک به آلودگی قبل از انبار کردن، پیچیدن میوه‌ها در کاغذهای آغشته به قارچ‌کش، غوطه‌ور کردن میوه‌ها در محلول‌های قارچ‌کش و نیز ضدعفونی کردن انبار و جعبه‌ها می‌توان این کپک‌ها را کنترل کرد (قاسمی سرده، ۱۳۸۹). تقریباً تمامی موارد بیان شده برای کنترل کپک سبز و آبی مرکبات مورد تحقیق قرار گرفته‌اند و تا حدودی نیز عملی شده‌اند، ولی حذف میوه‌های مشکوک به آلودگی قبل از انبار کردن به‌طور جدی مورد بررسی قرار نگرفته است. با توجه به کاربردهای مختلف تصویربرداری فرایینی و چندطیفی در کیفیت سنجی محصولات کشاورزی مانند شناسایی عیوب ظاهری سیب جاناگول<sup>۱</sup> (Unay and Gosselin, 2006)، شناسایی ترک‌های سطحی گوجه گیلاسی (Cho et al., 2013)،

<sup>1</sup> Jonagold



شناسایی لهیدگی در سیب مکینتاش (ElMasry *et al.*, 2008) و کیوی (Lu *et al.*, 2011) شناسایی آسیب حشره در سویای گیاهی (Huang *et al.*, 2013) تصمیم به استفاده از این روش در شناسایی اولیه و زود هنگام کپک سبز گرفته شد.

## مواد و روش ها

### انتخاب رقم یافا

با توجه به اینکه رقم تجاری یافا در ایران مصرف زیادی داشته و معمولا انبار می شود این رقم انتخاب گردید. پرتقال های فلسطینی یافا یا شاموتی، درختانی بلند با برگ های سبز تیره، دارای میوه هایی با اندازه متوسط و تخم مرغی شکل می باشد که بیشتر خاص شمال کشور و بسیار خوش طعم هستند. دارای دو نوع پوست نازک و تخم مرغی شکل و پوست متوسط و درشت می باشد (فرزاد، ۱۳۸۹). ۳۰ نمونه پرتقال برای مایه زنی قارچ و ۱۰ نمونه به عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. نمونه ها از باغی واقع در شهر قائمشهر تهیه شدند و به آزمایشگاه گیاهپزشکی گروه گیاهپزشکی دانشگاه فردوسی مشهد منتقل شدند. میوه ها در زمان رسیدگی برداشت شدند.

### نحوه ی مایه زنی پرتقال با سوسپانسیون قارچ

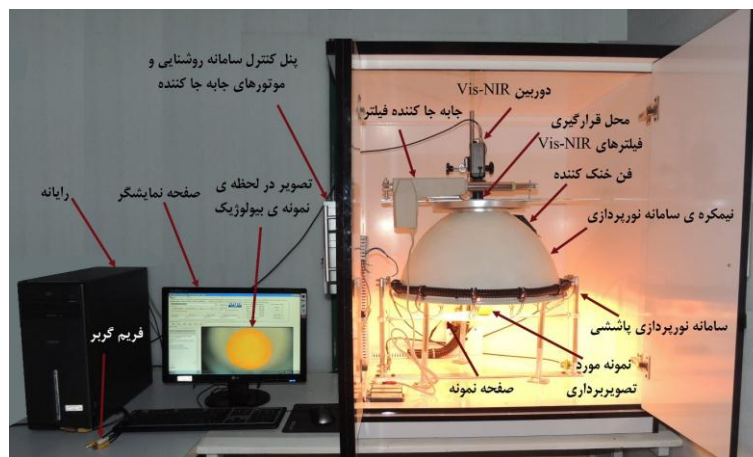
قارچ خالص از آزمایشگاه بیماری شناسی پردیس کشاورزی ابوریحان دانشگاه تهران دریافت گردید. سپس در آزمایشگاه گیاهپزشکی گروه گیاهپزشکی دانشگاه فردوسی مشهد به تشتک پتری حاوی محیط کشت PDA منتقل شد و پس از ۴ تا ۵ روز نگهداری در انکوباتور با دمای  $25 \pm 1$  درجه سانتی گراد از آن سوسپانسیون اسپور با غلظت  $10^6$  اسپور در میلی لیتر تهیه گردید. سپس پرتقال های سالم و با سایز یکسان جداسازی شدند. شسته شدند و سپس در سه محلول استریل به ترتیب هیپوکلریت سدیم ۲٪، آب مقطر استریل، الکل اتیلیک ۷۰٪ هر کدام به مدت ۳۰ ثانیه استریل شدند و خشک شدند. پس از استریل نمودن پرتقال ها، با میله ای استیل که استریل شده است، زخمی به پهنای ۱ میلی متر و عمق ۲ میلی متر بر روی بخش میانی هر پرتقال ایجاد گردید که این روش با توجه به منبع موجود انتخاب گردید (Lorente *et al.*, 2013). به هر سوراخ ایجاد شده در پرتقال مقدار ۲۰ میکرولیتر از سوسپانسیون اسپور قارچ تزریق شد. برای پرتقال های شاهد هم عینا همان مراحل تکرار شد با این تفاوت که به هر سوراخ ۲۰ میکرولیتر آب مقطر استریل تزریق گردید. برای حفظ رطوبت، پرتقال ها درون ظرف یک بار مصرف به ژرminatور گروه زراعت منتقل گردید و در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

اولین نشانه های قارچ بعد آلودگی به صورت لکه ی لهیدگی با قطری متغیر بین ۱۰ تا ۳۵ میلی متر که با چشم هم به سختی قابل تشخیص است شروع می شود (Gómez-Sanchis *et al.*, 2013). زمان ایجاد لکه لهیدگی برای هر میوه متفاوت است و در بعضی

بعد از ۳ روز و در دیرترین حالت بعد از ۶ روز آشکار می‌گردد (Lorente *et al.*, 2013). در این تحقیق بعد از ۴ روز لکه‌ی لهیدگی آشکار گردید، در نتیجه تصویربرداری بعد از روز چهارم انجام گردید.

### سیستم تصویربرداری طیفی مورد استفاده

برای تصویربرداری طیفی از سیستم نشان داده شده در شکل ۱ استفاده گردید. در این سامانه تصویربرداری از نورپردازی پاششی که با استفاده از نیمکره ایجاد شده است، استفاده می‌گردد. با برخورد پرتوهای نور از پایین روی سطح داخلی نیمکره نورپردازی یکنواخت و بدون ایجاد سایه برای اجسام کروی و نیمه کروی ایجاد می‌گردد. این سیستم روشنائی مانع از ایجاد نقاط روشن ناخواسته بر روی پرتقال می‌گردد، در حالی که نورپردازی با کیفیت بالایی را نیز ارائه می‌کند. با توجه به اینکه لامپ‌های هالوژن تنگستن بازده نوری خوبی در ناحیه NIR از طیف الکترومغناطیس دارند برای کاربرد نورپردازی در سیستم تصویربرداری چند طیفی مناسب هستند (گامز سانچز و همکاران، ۲۰۱۴). در این دستگاه از لامپ هالوژن ۱۲ ولت ۵۰ وات (DECOSTAR 51 COOL) مناسب هستند (گامز سانچز و همکاران، ۲۰۱۴). در این دستگاه از لامپ هالوژن ۱۲ ولت ۵۰ وات (DECOSTAR 51 COOL) استفاده شده است. دوربین سامسونگ مدل SCB-2000P می‌باشد. تصویربرداری با استفاده از فیلترهای مادون قرمز نزدیک، از سطح پرتقال‌های نمونه و در دو دامنه باریک طیفی با پیک‌های ۷۰۰ و ۸۰۰ نانومتر انجام گرفت.



شکل ۱- سامانه تصویربرداری Vis-NIR

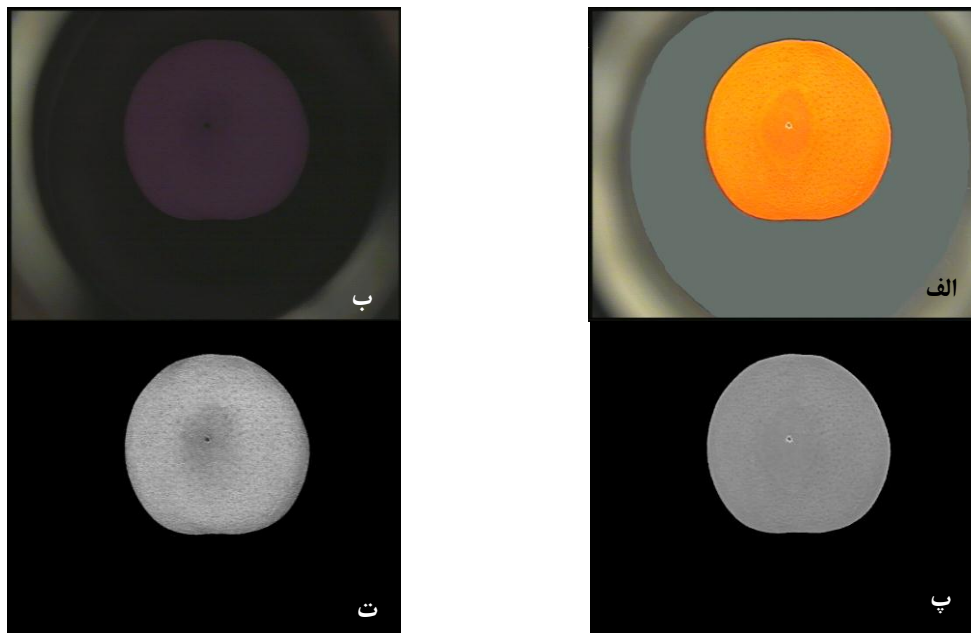
### کالیبراسیون تصویر

برای حذف تاثیر تغییرات نورپردازی لامپ‌ها تصاویر خام کالیبره می‌شوند. که دو روش اصلی کالیبره کردن وجود دارد. در روش اول از روشنائی مینیمم و ماکزیمم تصویر به عنوان سطح رفرنس استفاده می‌شود که البته خطای زیادی دارد، ولی در روش دوم از سطح رفرنسی که بازتاب آن ۱۰۰ درصد باشد استفاده می‌گردد. برای کالیبره کردن به روش سطح رفرنس علاوه بر تصویر روشن تصویری از نمونه در حالی که لامپ‌ها خاموش هستند گرفته می‌شود و از رابطه‌ی ۱ تصویر کالیبره به دست می‌آید که نتیجه‌ی

کالیبره شدن تصاویر در باندهای طیفی ۷۰۰ و ۸۰۰ نانومتر با استفاده از سطح رفرنس سولفات باریم را در شکل ۲ مشاهده می‌نمایید (قانع و همکاران، ۱۳۹۴).

$$T(\text{sample}) = (\text{sample} - \text{dark}) / (100\% - \text{dark}) \quad (1)$$

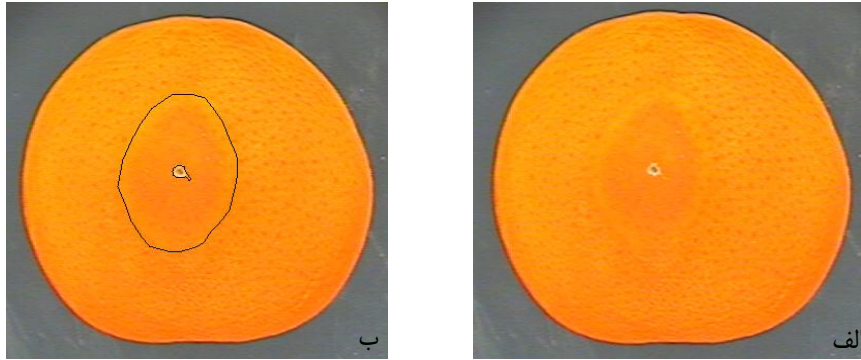
که در رابطه ۱،  $T(\text{sample})$  تصویر کالیبره شده‌ی نمونه، sample تصویر خام نمونه، 100% تصویر سطح رفرنس، dark تصویر سطح رفرنس در حالی که لامپ‌ها خاموش هستند، می‌باشد.



شکل ۲- کالیبره شدن تصاویر طیفی پرتقال بعد از روز چهارم آلودگی؛ (الف) تصویر مرئی، (ب) تصویر ۸۰۰ نانومتر، (پ) تصویر کالیبره شده‌ی ۷۰۰ نانومتر، (ت) تصویر کالیبره شده‌ی ۸۰۰ نانومتر

### قطعه بندی تصویر

ناحیه آلوده در روزهای اول فقط به صورت لهدگی در اطراف محل تزریق است. محل تزریق، سپس سفید رنگ و بعد از چند روز سبز رنگ می‌گردد. داده‌های ناحیه لهدیده جداگانه و داده‌های محل تزریق که در مراحل اولیه سفید رنگ است جداگانه استخراج شدند. هر باند طیفی در ۳ سطح لهدیده، ناحیه‌ی تزریق و سالم میانگین گیری شد. علاوه بر دو باند طیفی ۷۰۰ و ۸۰۰ نانومتر از ناحیه‌ی مرئی هم باند طیفی ۵۰۰ نانومتر برای تجزیه و تحلیل استخراج گردید. نتایج طیفی میانگین گیری شده در سه باند ۵۰۰، ۷۰۰ و ۸۰۰ در غالب طرح کاملاً تصادفی در نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.



شکل ۳- نحوه‌ی قطعه بندی تصویر برای استخراج ویژگی (تصاویر پرتقال بعد از روز چهارم آلودگی): الف) تصویر اصلی، ب) تصویر قطعه بندی شده

### نتایج و بحث

نتایج آماری حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که بین شدت بازتابش از ناحیه لهیده، ناحیه تزریق و ناحیه سالم اختلاف معنی‌داری در طیف ۷۰۰ و ۸۰۰ نانومتر وجود دارد. به عبارت دیگر، با استفاده از شدت بازتابش از سطح در دامنه طیفی ۷۰۰ و ۸۰۰ نانومتر، این نواحی قابل تفکیک و شناسایی هستند. در حالی که بین شدت بازتابش از ناحیه لهیده، ناحیه تزریق و ناحیه سالم اختلاف معنی‌داری در طیف ۵۰۰ نانومتر وجود ندارد.

جدول ۱- نتایج آماری حاصل از تجزیه واریانس

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F
بین گروه‌ها	۰/۰۴۱	۲	۰/۰۰۲	
درون گروه‌ها	۰/۴۸۴	۶۷	۰/۰۰۷	۲/۸۲۷
کل	۰/۵۲۵	۶۹		
بین گروه‌ها	۰/۱۶۴	۲	۰/۰۸۲	
درون گروه‌ها	۰/۱۷۱	۶۷	۰/۰۰۳	۳۲/۰۵۸*
کل	۰/۳۳۵	۶۹		
بین گروه‌ها	۱/۸۶۷	۲	۰/۹۳۴	
درون گروه‌ها	۰/۵۰۸	۶۷	۰/۰۰۸	۱۲۳/۰۹۱*
کل	۲/۳۷۵	۶۹		

\* معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد

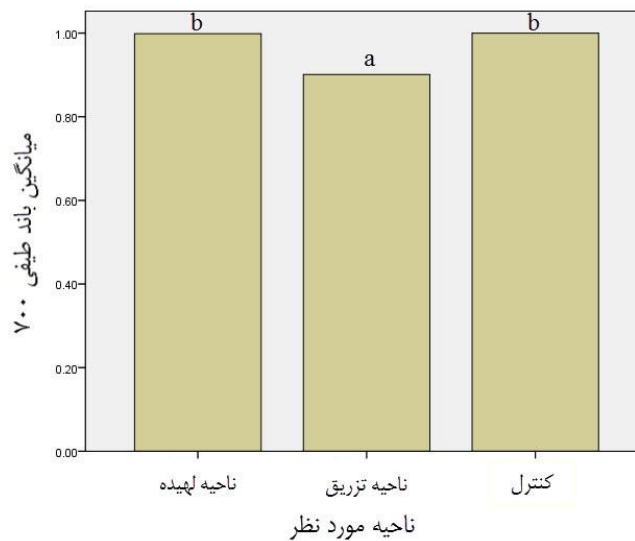
نتایج حاصل از مقایسه میانگین با استفاده از آزمون دانکن نشان می‌دهد که ناحیه‌ی لهیده و سالم در طیف ۷۰۰ نانومتر اختلاف معنی‌داری ندارند (جدول ۲ و شکل ۴)، در حالی که بین بازتابش بدست آمده از ناحیه‌ی لهیده و ناحیه‌ی سالم در طیف ۸۰۰ نانومتر اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۳ و شکل ۵). شدت بازتابیده شده از ناحیه‌ی تزریق نیز اختلاف معنی‌داری با شدت بازتابش از ناحیه سالم و ناحیه لهیده در هر دو طیف ۷۰۰ و ۸۰۰ نانومتر دارد.





جدول ۲- مقایسه میانگین‌های طیف ۷۰۰ با استفاده از آزمون دانکن برای ۳ ناحیه‌ی مختلف

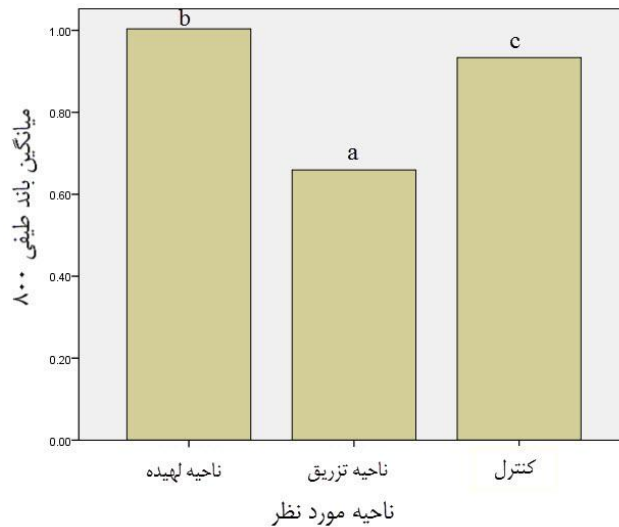
ناحیه‌ی مورد نظر	تعداد	سطح معنی‌داری ۰/۰۵	
		۱	۲
ناحیه‌ی تزریق	۳۰	۰/۹۰۱۱	
ناحیه‌ی لهیده	۳۰		۰/۹۹۸۶
ناحیه‌ی سالم	۱۰		۰/۹۹۹۹
سطح معنی‌داری		۱	۰/۹۳۸



شکل ۴- نمایش مقایسه میانگین شدت بازتابش در طیف ۷۰۰ از نواحی لهیده، سالم و تزریق با آزمون دانکن (ستون‌ها با حرف مشابه اختلاف معنی‌دار ندارند)

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های طیف ۸۰۰ با استفاده از آزمون دانکن برای ۳ ناحیه‌ی مختلف

ناحیه‌ی مورد نظر	تعداد	سطح معنی‌داری ۰/۰۵		
		۱	۲	۳
ناحیه‌ی تزریق	۳۰	۰/۶۵۹۴		
ناحیه‌ی لهیده	۳۰		۰/۹۳۳۴	
ناحیه‌ی سالم	۱۰			۱/۰۰۳۷
سطح معنی‌داری		۱	۱	۱



شکل ۵- نمایش مقایسه میانگین شدت بازتابش در طیف ۸۰۰ نواحی لهیده، سالم و تزریق با آزمون دانکن (ستون‌ها با حرف مشابه اختلاف معنی‌دار ندارند)

### نتیجه‌گیری کلی

با توجه به اینکه هدف از این تحقیق شناسایی اولیه و زودهنگام کپک سبز پرتقال است که در مراحل اولیه ناحیه‌ی آلوده به صورت لهیدگی بروز می‌کند و با توجه به نتایج می‌توان نتیجه‌ی گرفت طیف ۸۰۰ نانومتر فقط برای شناسایی ناحیه لهیده مناسب و طیف ۷۰۰ نانومتر یا مرئی (۵۰۰ نانومتر) مناسب نیست. در نتیجه ناحیه لهیده به راحتی با چشم یا با استفاده از سیستم‌های بینایی ماشین مرئی قابل مشاهده و تشخیص نیست و لزوم استفاده از سیستم‌های طیفی که در ناحیه‌ی فروسرخ نزدیک تصویر می‌گیرند در شناسایی زودهنگام کپک سبز تایید می‌گردد.

### سپاسگذاری

از کمک مالی دانشگاه فردوسی مشهد بصورت گرنت پژوهشی برای اجرای طرح پژوهشی شماره ۳/۳۹۷۴۴ قدردانی می‌گردد.

### منابع

احمدی، ک.، قلی زاده، ح.، عباد زاده، ح.، حسین پور، ر.، حاتمی، ف.، رضایی، م. م.، عرب، ح.، کاظمی فرد، ر.، عبد شاه، ه.، سفیدی، ه. ۱۳۹۲. آمارنامه کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. تهران.



سازمان مدیریت میادین میوه و تره بار شهرداری تهران. حوزه معاونت بهداشت و کنترل کیفیت. ۱۳۹۱. دستورالعمل درجه بندی و نرخ گذاری پرتقال.

فتاحی مقدم، ج. و فقیه نصیری، م. ۱۳۸۴. راه‌کارهای برداشت، نگهداری، درجه بندی و بسته بندی مرکبات. نشریه ترویجی. سازمان جهاد کشاورزی مازندران، مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی با همکاری موسسه تحقیقات مرکبات کشور. مازندران.

فرزاد، م. ع. ۱۳۸۹. پرورش و باغداری مرکبات (کاشت، داشت و برداشت). انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. تهران.

قاسمی سرده، ر. ۱۳۸۹. بررسی امکان کنترل بیولوژیکی بیماری کپک سبز و آبی پرتقال با استفاده از برخی مخمرها و بررسی برخی مکانیسم‌های آنتاگونیستی آن‌ها. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.

قانعی قوشخانه، ن. گلزاریان، م.، خالدی، م.، ممرآبادی، م. ۱۳۹۴. امکان سنجی قابلیت شناسایی کپک سبز پرتقال با تصویربرداری طیفی. دومین کنفرانس بین المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها، تبریز.

Cho, B. K., Kim, M. S., Baek, I. S., Kim, D. Y., Lee, W. H., Kim, J., Bae, H., Kim, Y. S. 2013. Detection of cuticle defects on cherry tomatoes using hyperspectral fluorescence imagery. *Postharvest Biology and Technology*, 76: 40-49.

ElMasry, G., Wang, N., Vigneault, C., Qiao, J., and ElSayed, A. 2008. Early detection of apple bruises on different background colors using hyperspectral imaging. *LWT-Food Science and Technology*, 41: 337-345.

Huang, M., Wana, X., Zhang, M., and Zhu, Q. 2013. Detection of insect-damaged vegetable soybeans using hyperspectral transmittance image. *Journal of Food Engineering*, 116: 5-49.

Gómez-Sanchis, J., Blasco, J., Soria-Olivas, E., Lorente, D., Escandell-Montero, P., Martínez-Martínez, J. M., Martínez-Sobera, M., and Aleixos, N. 2013. Hyperspectral LCTF-based system for classification of decay in mandarins caused by *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum* using the most relevant bands and non-linear classifiers. *Postharvest Biology and Technology*, 82: 76-86.

Lorente, D., Escandell-Montero, P., Cubero, S., Gómez-Sanchis, J., Blasco, J. 2015. Visible-NIR reflectance spectroscopy and manifold learning methods applied to the detection of fungal infections on citrus fruit. *Journal of Food Engineering*, 163: 17-24.

Lü, Q., Tang, M., Cai, J., Zhao, J., and Vittayapadung, S. 2011. Vis/NIR hyperspectral imaging for detection of hidden bruises on Kiwifruits. *Czech Journal Food Sciences*, 6: 595-602.



Unay, d., Gosselin, b. 2006. Automatic defect segmentation of 'Jonagold' apples on multi-spectral images: A comparative study. *Postharvest Biology and Technology*, 42 (3): 271-279.