بررسی سینتیک تغییرات دمایی جهت تشخیص پوکی گردو بر اساس روش دمانگاری

محمد شهابی قویونلویی[1]، احسان اله اتفاقی[1]، حجت احمدی[2*] و کامران خیرعلی پور[3]
1 دانشجویان کارشناسی ارشد، 2 دانشیار و 3 دانشجوی دکتری مکانیک ماشین های کشاورزی
پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
*hjahmadi@ut.ac.ir

چکیده

مشخصه های فیزیکی محصولات کشاورزی از مهمترین پارامتر ها در طراحی سیستم های درجه بندی، انتقال، فرآوری و بسته بندی می باشند. امروزه خواص جدیدتری از محصولات به منظور درجه بندی آنها مورد استفاده قرار می گیرند از قبیل خواص: صوتی، الکتریکی، مغناطیسی و گرمایی که مزیت خواص جدید نسبت به خواص فیزیکی و مکانیکی در سهولت کار و دقت بالاتر آنها می باشد. خاصیت گرمایی مواد مختلف را می توان به عنوان یکی از مهمترین خواص ذاتی مواد دانست که امروزه کاربردهای فراوانی در صنعت برق، پزشکی و نیز کشاورزی دارد. استفاده از دوربین های حرارتی جهت اندازه گیری و ثبت دمای سطحی اجسام که در نتیجه انتقال گرما از محیط به جسم یا برعکس صورت می گیرد، در ارزیابی این مواد می تواند مفید وکاربردی باشد. در این تحقیق از این تکنیک جهت جداسازی گردو های فاقد مغز از سایر آنها استفاده شد. بدین منظور تعداد مشخصی گردوی سالم و پوک ، با استفاده از یک گرمکن صفحه ای که با سیستم کنترلر PID تنظیم می شود، تحت یک دمای مشخص در سه زمان 45، 90 و 180 ثانیه قرار داده شد. عکس های حرارتی در فاصله های زمانی ثابت از نمونه ها گرفته شد. بررسی روند تغییرات دمای سطحی نمونه ها در نتیجه جذب و دفع گرما نشان دهنده تغییرات معنی دار بین نمونه های سالم و پوک بود. این تحقیق در آذر ماه 1390 در گروه مهندسی ماشین های کشاورزی دانشکده مهندسی و فناوری دانشگاه تهران صورت پذیرفت.

کلمات کلیدی: ، پوکی گردو، گرادیان دما، دمانگاری

مقدمه

بر اساس اطلاعات سازمان خواربار جهانی (FAO) در سال ۱۹۷۷، سطح زیر کشت گردو در جهان ۵۱۸۴۹۰ هکتار بوده است. از سال ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۷ در یک دوره ده ساله سطح زیر کشت گردو در جهان به طور کلی سیر صعودی داشته است. از دیدگاه این سازمان هر گونه تغییری در کیفیت که منجر به غیر قابل دسترس شدن و عدم ایمنی محصول شود و در نهایت محصول کشاورزی را برای انسان غیر قابل مصرف کند ضایعات مواد غذایی تلقی می شود[بی‌نام، 1391]. در مورد گردو پوکی مغز میوه شایع ترین عارضه فیزیولوژیکی است که در دهه های اخیر رو به گسترش بوده بطوریکه در سال 1378 در 90 درصد باغهای بارور گردو مشاهده شده است . وقوع و وسعت این پدیده بستگی به ژنوتیپ، شرایط اقلیمی (عوامل محیطی) و عملیات داشت دارد . در برخی از درختان بطور میانگین 30 درصد کل میوه های تولید شده پوک می باشد[بی‌نام، 1378].

در حال حاضر کیفیت یکی از عوامل مهم در بازاریابی محصولات کشاورزی است و در این میان دستگاه های جداساز که بتوانند این نقش را ایفا کنند از اهمیت خاصی برخوردار هستند . درجه بندی بیشتر در مفهوم جداسازی یک محصول به گروه های مختلف مورد استفاده قرار می گیرد به طوری که تمام ی اعضای هر گروه دارای خاصیت

مشابه باشند [Jain, 1995]. امروزه برای درجه بندی محصولات کشاورزی از خواص ذاتی آنها از قبیل خواص فیزیکی، مکانیکی، نوری، مغناطیسی، شیمیایی و دیگر خواص محصولات استفاده می شود که در این میان روش های غیر مخرب و غیر تماسی از اهمیت بسزایی برخوردارند. تکنیک دمانگاری نیز به عنوان یک ابزار غیر تماسی و غیر مخرب شناخته می شود که بدون آسیب مکانیکی یا ایجاد آلودگی تماسی در حین مطالعه اجسام استفاده می شود. بنابراین این تکنیک دارای کاربردهای زیادی بعنوان یک ابزار تشخیص نظارتی در صنعت و زمینه های پزشکی است [Jones, 1998]. به طور کلی دمانگاری شامل مشاهده و ثبت پرتوهای مادون قرمز منتشر شده از جسم به وسیله ایجاد یک نقشه واقعی از توزیع این پرتوها به شکل عکس های رنگی مرئی است [Baranowski et al, 2008]. علاوه بر کاربردهای پزشکی و صنعتی دمانگاری دارای کاربردها ی متنوعی در زمینه کشاورزی و اکولوژی نیز می باشد[Baranowski et al, 2008].

استاجنکو و همکاران (2004) از تکنیک دمانگاری برای پیش بینی تعداد و قطر میوه های سیب درون یک باغ در حین فصل رشد استفاده کردند که در طی آزمایش های آنها ضریب همبستگی از 83/. تا 88/. بین اندازه گیری - های دستی تعداد میوه ها، و تعداد پیش بینی شده براساس الگوریتم تعیین تعداد میوه ها ثبت شد [Stajnko et al, 2004]. همچنین وراوربکه و همکاران (2006) از عکس‌برداری دمانگاری IR به عنوان یک ابزار غیر مخرب برا ی ارزیابی کیفیت سطح سیب ها در حین انباردار ی استفاده کردند. آنها قابلیت انتشار (گسیلندگی[1]) پوست سیب را 96/. تعیین کردند و سپس نرخ سرد شدن سیب ها از 20 تا 12 درجه سانتیگراد را بررسی کردند که درنهایت سیب های رقم Elshof دارای نرخ سرد شدن سریع تر و دمای پایین تری نسبت به سیب های رقم Jonagored داشتند[Veraverbeke et al, 2006]. همچنین از دمانگاری به عنوان یک تکنیک جدید در تعیین سینتیک تغییرات دمای سطح میوه در حین فرآیند خشک کردن آن استفاده می شود . برای این منظور فیتو و همکاران (2004) برای کنترل زمان خشک کردن سطح میوه پرتغال از آنالیز عکس های دمانگاری، از توزیع دمای سطح میوه استفاده کردند و قادر به تعیین لحظه ای که خشک کردن سطح تمام می شود و خشک شدن پوست شروع می شود، شدند[Fito et al, 2004].

البته باید گفت که تکنیک دمانگاری تنها برای اندازه گیری تغییرات دما بر روی سطح جسم توسعه نیافته، بلکه برای تعیین نفو ذ حرارت داخلی و ناهمگونی خواص حرارتی در درون اجسام نیز استفاده شده است [Zwolenik and Wiecek, 2001]. برای مثال بارانوسکی و همکاران (2008) از این تکنیک برای تشخیص هسته های آبی ایجاد شده درون سیب ناشی از اختلالات فیزیولوژیکی، که منجر به ایجاد بافت کدر درون سیب می شود استفاده کردند، نتایج آنها نشان داد که میوه دارای هسته آبی، خیلی آهسته تر از میوه های بدون بافت آسیب دیده گرم می شود[Baranowski et al, 2008].

در تحقیق حاضر از تکنیک دمانگاری به منظور جداسازی گردوهای فاقد مغز از سایر گردوها، براساس این فرضیه که عیوب داخلی و اختلالات فیزیولوژیکی میوه منجر به ایجاد تغییرات در خواص حرارتی بافت می شود، استفاده گردید. از آنجا که شدت تابش حرارتی طبق قانون استفان- بولتزمن به طور مستقیم با توان چهارم دما و نیز عامل انتشار نمونه (گسیلندگی) مرتبط است[Baranowski et al, 2008]، بنابراین لازم است تا مقدار گسیلندگی نمونه مشخص شود، که برای این منظور با استفاده از سنسور حرارتی تماسی و نیز روش سعی و خطا ، مقدار گسیلندگی گردو بدست آمد. سپس با گرم کردن و بررسی سینتیک تغییرات دمایی نمونه های سالم و پوک در حین فرآیند سرد شدن، اختلاف بین آنها تعیین گردید.

[1] Emissivity

مواد و روشها

تهیه نمونه‌های گردو

از بین گردوهایی که در نقاط گردوخیز ایران کاشته شده اند که همه آنها از گونه Juglans هستند و همچنین رقم‌های این گونه از نظر باغبانی هنوز مشخص نشده اند و به نام های محلی خود مشهورند، تعدادی تحت عنوان گردوی همدان و تویسرکان از بازار خشکبار تهیه گردید.

در ابتدا جهت تعیین پوکی یا سالم بودن گردوهای تهیه شده، وزن آنها اندازه گیری گردید، تا بر اساس مقادیر بدست آمده از تحقیق انجام شده بر روی وزن مغز گردو [ابراهیمی و همکاران، 1388]، گردوهای پوک از سالم تمایز داده شوند. با استفاده از این روش تعداد 12 عدد گردوی پوک و سالم به عنوان مواد آزمایشی انتخاب گردید.

گرم‌کردن نمونه‌ها

جهت افزایش دمای گردوها از یک گرمکن صفحه‌ای ساخته شده در گروه مکانیک ماشین های کشاورزی استفاده گردید [Kheiralipour et al, 2012] (شکل1.الف). سیستم کنترل کننده این گرم‌کن جهت حرارت دادن دقیق، یکنواخت و پیوسته نمونه های پسته از نوع واحد کنترل‌کننده مشتقی- انتگرالی- تناسبی (PID)[۲] در گرم‌کن می-باشد. الگوریتم PID معروف‌ترین کنترل‌کننده با پس‌خورد مورد استفاده در فرایندهای صنعتی است . بیش از 50 سال است که این روش در صنعت استفاده می شود. این الگوریتم قوی و دقیق بوده و می تواند عملکرد کنترل بسیار خوبی را ارائه دهد. حسگر دمای استفاده شده از نوع LM35 بوده که با دقت ^{o}C 0/5، دامنه ^{o}C 55- تا $150^{o}C$ را اندازه‌گیری می‌نماید.

دوربین دمانگار

برای تهیه تصاویر گرمایی نمونه گردوهای مورد نظر از دوربین گرمانگاری فروسرخ (مدل ULIRVision TI160) ساخت شرکت فناوری یو .ال.آی.آر ویژن ژجیانگ چین، استفاده شد (شکل1.ب). یک ایستگاه برای قرارگیری دوربین گرمانگاری و نمونه ها در جایگاه مناسب و مشخص ساخته شد. محل قرارگیری نمونه‌ها بر روی سطح این ایستگاه می باشد. دوربین گرمانگاری توسط یک رابط به محور عمودی ایستگاه متصل شد . رابط بر روی محور عمودی می تواند به صورت عمودی حرکت کند تا بتوان فاصله بین دوربین گرمانگاری و نمونه های گردو را تنظیم نمود.

[1] Proportional integral and derivative (PID) temperature controlling unit

شکل 1- الف) گرم‌کن صفحه‌ای. ب) دوربین گرمانگاری فروسرخ یوال.آی.آر ویژن مدل TI160.

تعیین گسیلندگی گردو

در این تحقیق، برای تهیه تصاویر گرمایی از گردوها نیاز است ابتدا گسیلندگی آن‌ها مشخص شود. برای این کار، ابتدا دمای سطح گردوها با استفاده از دماسنج تماسی (شکل2) و سپس دوربین گرمانگاری (شکل1.ب) تعیین شد. جهت قرائت دمای سطح گردو توسط دوربین گرمانگاری ابتدا گسیلندگی آن ها تنظیم و سپس ثبت شد. در نهایت مقدار قرائت شده توسط دوربین گرمانگاری با دماسنج تماسی مقایسه شد . بهترین گسیلندگی تنظیم شده برابر با حالتی است که کمترین اختلاف بین دمای ثبت شده توسط دماسنج تماسی و دوربین گرمانگار است.

شکل2- دماسنج تماسی جهت تعیین دمای سطح گردو

آزمایشات تصویربرداری

آزمایشات در سه مرحله گرم کردن نمونه ها انجام شد. در مرحله اول گردوها به مدت 45 ثانیه در داخل گرمکن که در دمای 90 درجه سلسیوس تنظیم گردیده بود، قرار گرفتند . پس از آن نمونه ها بلافاصله بر روی پایه دوربین قرار داده شده و تصویربرداری از نمونه‌ها از همان لحظه اولیه پس از خروج از گرمکن شروع گردید. تصاویر به فاصله زمانی 10 ثانیه از یکدیگر گرفته شد. مراحل گفته شده برای هر دو گروه گردوی پوک و سالم انجام گرفت. پس از پایان تصویربرداری، نمونه‌ها به مدت 2 الی سه ساعت در محیط آزمایشگاه قرار گرفته و سپس مراحل دوم و سوم آزمایشات شروع گردید. در این مراحل نیز تمام کارهای انجام شده در مرحله اول صورت پذیرفت با این تفاوت که مدت زمان قرارگیری نمونه‌ها در درون گرمکن بترتیب: 90 و 180 ثانیه برای مراحل دوم و سوم بود. دماهای ثبت شده بر روی 720 تصویر گرفته شده از نمونه‌ها در طول انجام آزمایشات به نرم‌افزار اکسل انتقال داده شد.

نتایج و بحث

جداسازی گردوی سالم از پوک بر اساس تحقیق صورت گرفته توسط ابراهیمی و همکاران [1388]، بر روی چهار ژنوتیپ گردوی ایرانی، انجام گرفت. مقادیر وزن متوسط برای گردوی سالم و مغز آنها بترتیب برابر با : 13/97 و 8/15 گرم با انحراف معیار 1/17 و 0/8 برای هر یک بدست آمده بود. همچنین مقادیر قطر میانگین بزرگ، متوسط و کوچک برای آنها بترتیب: 40/7، 34/71 و 33/29 میلیمتر با انحراف معیار 3/29، 0/501 و 0/47 برای هر کدام بدست آمده بود.

با توجه به اینکه مشخصات فیزیکی گردوهای استفاده شده در تحقیق انجام شده نزدیک به مقادیر ارائه شده در تحقیق ابراهیمی و همکاران می باشد، محدوده وزن گردوی پوک بر اساس کم کردن وزن کل گردو از وزن مغز آن بدست آمد و مشخصات فیزیکی این دو دسته گردو در جدول (1) ارائه شده است.

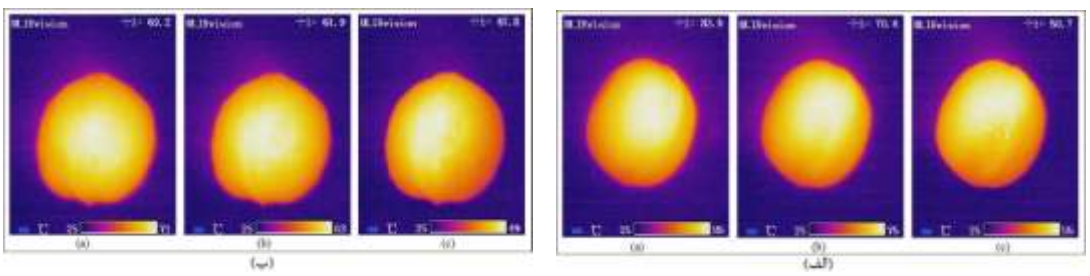
	تعداد	میانگین	انحراف معیار	واریانس
وزن سالم(گرم)	12	13/128	2/559	6/549
وزن پوک(گرم)	12	7/228	0/954	0/911
طول قطر بزرگ(mm)	24	39/834	2/139	4/578
طول قطر متوسط(mm)	24	34/315	1/24	1/54
طول قطر کوچک(mm)	24	32/86	0/934	0/874

جدول1- مشخصات فیزیکی نمونه‌های گردوی مورد آزمایش

با توجه به اینکه محققین محدوده گسیلندگی در محصولات کشاورزی را بین 0/9 تا 0/95 بدست آورده‌اند [Hellebrand et al, 2002; Kheiralipour et al, 2011]، آزمایشات سعی و خطا جهت تعیین دقیق این پارامتر برای تنظیم بر روی دوربین دمانگار انجام گرفت . پس از بررسی اختلاف دمای نشان داده شده بین دوربین دمانگاری و دماسنج تماسی در مقادیر مختلف گسیلندگی تنظیم شده، در نهایت مقدار 0/9 برای آن انتخاب گردید و این مقدار برای سایر تصاویر گرفته شده برای آزمایشات بر روی دوربین دمانگار تنظیم گردید.

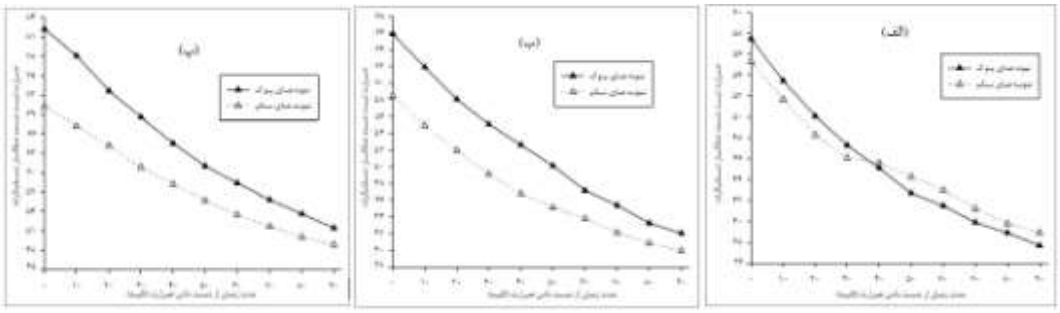
تصویربرداری از نمونه‌ها در شرایط مختلف آزمایشی انجام شد و روند از دست دادن حرارت آنها در شکل های (1 و 2) ارائه شده است . نتایج نشان داد که میزان جذب حرارت توسط گردوهای پوک بیشتر از گردوهای سالم بوده است و این به جهت نفوذ راحت تر گرما، در کوتاه مدت، به داخل گردو می باشد، در حالی که گرم شدن گردوی سالم با وجود فضای پر شده توسط مغز گردو در درون آن، در کوتاه مدت، کندتر صورت می پذیرد. سینتیک از دست دادن حرارت در شرایط مختلف آ زمایشی نیز نشان داد که روند از دست دادن حرارت در گردوی پوک مجدا سریعتر از گردوی سالم می‌باشد.

نتایج بدست آمده از این تحقیق می تواند به عنوان یک روش غیرمخرب، سریع و کم هزینه جهت جداسازی گردوی سالم از گردوی پوک مورد استفاده قرار گیرد.



شکل1- تصاویر گرفته شده تسط دوربین دمانگار از گردوی: الف)پوک، ب)سالم: پس از حرارت دادن گردو به مدت 180 ثانیه

a) بلافاصله پس از خروج از گرمکن b) 30 ثانیه، c) 90 ثانیه پس از قرار دادن در دمای محیط



شکل 2- سینتیک تغییرات حرارتی در اثر از دست دادن گرما توسط نمونه‌های گردو: در مدت زمان حرارت‌دهی الف) 45 ثانیه;

ب) 90 ثانیه; پ) 180 ثانیه

منابع

- ابراهیمی ع.، شریفی م.، رفیعی ش.، فتاحی مقدم م . (1388). بررسی خواص فیزیکی و مورفولوژیکی چهار ژنوتیپ گردو. مجله بیوسیستم ایران. (40) 1: 63-70.
- بی‌نام. آمارنامه کشاورزی. (1378). اداره کل آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی. تهران، ایران.
- بی‌نام. تولید گردو . http://xn----4mcpbj5ilaf83ghi.worldfood.irآخرین بازدید:1391/04/12.
- Baranowski P., Lipecki J., Mazurek W., Walczak R. (2008). Detection of watercore in ‘Gloster’ apples using thermography. Postharvest Biology and Technology. 47; 358–66.
- Fito P.J., Ortol M.D., DelosReyes R., Fito P., De los Reyes E. (2004). Control of citrus surface drying by image analysis of infrared thermography. Journal of Food Engineering. 61; 287–90.
- Hellenrand H.J., Beuche H., Linke M. (2002). Determination of thermal emissivity and surface temperature distribution of horticultural products, in "Fruit, Nut, and Vegetable Production Engineering," Proceedings of the 6th International Symposium held in Potsdam 2001, ATB Potsdam. (ISBN 3-00-008305-7). p; 363-368.
- Jain.R.1995.machine vision. McGraw-Hill. 549: pp: 1-10.
- Jones B.F. (1998). A reappraisal of the use of infrared thermal image analysis in medicine. IEEE Transactions on Medical Imaging. 17(6): 1019–27.
- Kheiralipour K., Ahmadi A., Rajabipour A., Rafiee S., JavanNikkhah M. (2011). Investigation of total emissivity of pistachio kernel using thermal imaging technique. Journal of Agricultural Technology. 8(2); 435-41.
- Stajnko D., Lakota M., Hocevar M. (2004). Estimation of number and diameter of apple fruits in an orchard during the growingseason by thermal imaging. Computers and Electronics in Agriculture. 42; 31–42.
- Veraverbeke E.a., Verboven P., Lammertyn J., Cronje P., DeBaerdemaeker J., Nicolal B.M. (2006). Thermographic surface quality evaluation of apple. Journal of Food Engineering. 77; 162–68.

- Zwolenik S., Wiecek B. (2001). Real-time thermal image processing based on DirectX technology. In: Proceedings of Seminar 64, Quantitative Infrared Thermography 5. France, June 18–21. pp. 80–83.