بازرسی کیفی محصولات کشاورزی با استفاده از تصویربرداری اشعه ایکس

رسول خدابخشیان کارگر

دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی ، دانشگاه فردوسی مشهد،
ra_kh695@stu-mail.um.ac.ir

چکیده

در طول چند دهه گذشته، روش های زیادی برای بازرسی محصولات کشاورزی توسط محققین مختلف انجام گرفته است. این روش ها مبتنی بر یافتن ویژگی های متفاوت فیزیکی مبتنی بر شاخص های رسیدگی محصولات می باشند. در این بین، روش های مورد استفاده برای بدست آوردن کیفیت میوه، توسط آزمون های غیر مخرب جایگاه ویژه ای پیدا کرده اند. در سالهای اخیر دید ماشین، روشهای اپتیکی، طیف سنجی، انتشار صوت، روش فراصوت و غیره، در حال گسترش و توسعه می‌باشد که هر کدام برای اندازه‌گیری پارامتر کیفی خاصی کاربرد دارند. از مدرنترین روش‌های مذکور می توان به تصویربرداری اشعه ایکس اشاره کرد. توانائی اشعه ایکس به منظور انتقال از درون محصول و آشکار نمودن آلودگی های پنهان یا معایب به استفاده گسترده از این این فن آوری در صنایع غذائی برای بازرسی کنترل کیفیت منجر شده است. در این مقاله علاوه بر پرداختن به اصول و نحوه کار این روش، به مروری بر کاربردهای آن در بازرسی محصولات کشاورزی پرداخته شده است.

واژه های کلیدی: آزمون های غیر مخرب، تصویربرداری اشعه ایکس، کیفیت سنجی، محصولات کشاورزی.

مقدمه

موارد اخیر شیوع آلودگی باکتریایی و آسیب ها در محصولات کشاورزی و غذائی منجر به تاکید روی ایمنی مواد غذائی شده است. اگر چه آلودگی باکتریایی مانند اشرشیاکلی و سالموندا ممکن است در حال حاضر بزرگترین تهدید کننده سلامت باشند لیکن آسیب ها و آلودگی های موجود در مواد غذائی مشکلاتی از هر دو جنبه کیفی و ایمنی مواد غذائی را به همراه دارد. به طور بالقوه سموم تولید شده توسط قارچ انگلی محصولات یک نگرانی ویژه بوده و فعالیت های تحقیقاتی روی این موضوع در یک دهه گذشته انجام شده است (Graves *et al*., 1998; Abbott, 1999; Butz *et al*., 2005). دسترسی به بسیاری از بازارهای ذرت و محصولات آجیلی وابسته به تطابق با محدودیت های شدید روی مقدار سموم موجود در محصول، به خصوص آفلاتوکسین و عدم پذیرش مقادیری از محصول با محدوده وسیعی از این سم روز به روز رواج می یابد.

در پاسخ به یک تعداد زیادی از آسیب های مواد غذائی در اروپا در طول دهه ۹۰، کمیسون اتحادیه اروپا یک کتابچه ویژه در زمینه ایمنی مواد غذائی در ژولای ۲۰۰۰ منتشر ساخت (Commission of the European Communities, 2000) این گزارش

توصیه هایی برای اطمینان از ایمنی مواد غذائی در تمامی نقاط زنجیره تامین مواد را شامل شده و یک سری از این توصیه ها تاثیر مستقیم بر روی دستگاه عمل آورنده مواد داشته اند. در این بین، مقررات جدیدی وضع شد که تمامی کشاورزی در سراسر اتحادیه اروپا را پوشش می دهد. یکی از تاثیرات این مقررات گسترش رو به رشد در بازار برای سیستم های بازرسی بدون وقفه مانند اشعه ایکس با یک شمار زیادی از شرکت های دخیل در بازار بوده است. از آنجا که واردات به اتحادیه اروپا توسط مقررات جدید تحت تاثیر قرار می گیرد، رویکرد استفاده از بازرسی با اشعه ایکس به خارج از محدوده اتحادیه اروپا گسترش یافته است.

انواع مختلفی از سیستم های بازرسی برای ایمنی و کیفیت مواد غذائی وجود دارد. بینائی ماشین با استفاده از دوربین های نور مرئی به منظور تشخیص آسیب های سطحی مواد غذائی مانند لهیدگی میوه سیب یک روش رایج می باشد. سیستم های درجه بندی بر مبنای تشخیص رنگ سطح محصول با استفاده از نور مرئی نیز معمول می باشند. یک بررسی جامع از فن آوری های تشخیص شامل آشکارسازهای فلزی، آهن ربائی، سیستم های نوری، بازتاب مایکروویو، رزونانس مغناطیسی هسته، رادار، امپانس الکتریکی، مافوق صوت و همچنین اشعه ایکس در یک کتاب تالیف شده توسط Edwards (2007) انجام گرفته است. یک تعداد زیادی از مقالات مروری که روش های مختلف برای تشخیص مواد زائد و خارجی را بررسی کرده نیز موجود می باشند (Graves *et al*., 1998; Abbott, 1999; Butz *et al*., 2005).

بازرسی اشعه ایکس یک مزیت متمایز نسبت فن آوری های تشخیص دیگر دارد و آن این است که امکان تصویربرداری غیر مخرب از ویژگی های داخلی محصول به منظور تشخیص آسیب ها و آلودگی های درونی محصول را ممکن می سازد. با این حال، آن یک سری مشکلاتی مانند هزینه نسبتا بالا، نیاز برای محافظت از پرتو و خطرات ذاتی در استفاده از آن و نیاز برای منبع تغذیه ولتاژ بالا جهت تامین پرتو ایکس را دارا می باشد. در سال های اخیر، بازرسی اشعه ایکس به طور فزاینده ای در صنعت در حال استفاده می باشد. پیشرفت های تکنیکی در زمینه های تامین توان ولتاژ بالا، آشکارساز های حالت جامد، توان محاسباتی و سرعت، سیستم های اشعه ایکس را مقرون به صرفه، قابل اطمینان و آسان در کاربرد تبدیل شده اند. هدف از این مقاله ارائه یک بررسی متمرکز روی استفاده از فن آوری اشعه ایکس برای بازرسی محصولات کشاورزی می باشد.

اجزاء سیستم های اشعه ایکس

منابع اشعه ایکس

اشعه ایکس هنگامی که الکترون های با سطح انرژی بالا به یک ماده هدف مشخص به طور معمول تنگستن برخورد نموده تولید می شوند. یک لامپ اشعه ایکس طراحی مشابه با لامپ برق داشته بجز اینکه الکترون های جاری شده از افروزه حرارتی[1] در معرض یک ولتاژ بالا قرار گرفته و موجب شتاب گرفتن آنها و برخورد با ماده هدف مشخص در سطح انرژی بالا می شود. هنگامی

[1] Heated filament

که از سرعت این سطوح انرژی بالایی از الکترون در ماده هدف کاسته شد، الکترون های اتم های ماده هدف ابتدا تحریک شده و سپس به حالت تراز اصلی با انتشار پرتوهای ایکس تنزل می یابند. اشعه ایکس دارای دو ویژگی مهم در عملکرد دستگاه اشعه ایکس می باشد: انرژی و جریان. انرژی به حداکثر انرژی که یک فوتون اشعه ایکس را می توان هنگام تحریک لامپ تصرف نموده اشاره می کند (به طور کلی بین ۲۰ و ۱۰۰ کیلوالکترون ولت در بازرسی مواد غذائی) و قدرت نفوذ پرتوی اشعه ایکس را تعریف می کند. جریان، اندازه گیری شده در میلی آمپر، با تعداد فوتون های اشعه ایکس که تولید شدند مرتبط می باشد. منبع تغذیه دارای یک توان نامی حداکثر (محصولی از انرژی و جریان) بوده و یک تعادل بنابراین بین انرژی و جریان مورد نیاز می باشد (Edwards, 2007).

تشخیص و تصویربرداری

اولین آشکارساز اشعه ایکس یک ورق کاغذ پوشش داده شده با پلاتینوسیانید باریم استفاده شده توسط رونتگن در سال ۱۸۹۵ بود. کاغذ در اثر برخورد با اشعه ایکس نور مهتابی از خود پس داد و منجر به کشف اولیه آن شد. از آن زمان تاکنون، مواد مختلف متعددی که با حضور اشعه ایکس واکنش نشان داده مشاهده شد مه این موضوع منجر به ایجاد انواع مختلفی از آشکارساز شده است. واحدهای اشعه ایکس مدرن به طور کلی در یکی از این سه دسته قرار می گیرند: فیلم رونتگن، ماشین های پویش خطی و مواد نیمه هادی تشخیص مستقیم. از میان این ها، فیلم رونتگن به خاطر وضح و محدوده دینامیکی بالای آن استفاده گسترده تری دارد. علاوه بر میزان استفاده گسترده برای اهداف پزشکی و دندانپزشکی، آن همچنین برای اهداف بازرسی برای محصولات تولیدی متعدد استفاده شده است. استفاده از آن نیز برای بازرسی کیفی بسیاری از محصولات کشاورزی گزارش شده است [۲].

در حالی که سه دسته از سیستم های اشعه ایکس اشاره شده اکثریت سیستم های در حال استفاده می باشند لیکن سیستم های دیگری که در بازرسی مواد غذائی استفاده شده نیز بررسی شده اند. ماشینهای پویش خطی با دو پرتو متعامد دوگانه، به طور اساسی یک نمونه ساده از پویش توموگرافی کامپیوتری، به منظور تقلیل مشکلات صوتی و اجازه تشخیص اجسام آلوده نازک که اغلب توسط ماشینهای پویش خطی معمولی قابل تشخیص نبوده استفاده شده اند (Graves *et al.*, 1994). سیستم های دیگری نیز که از ترکیب ماشینهای پویش خطی اشعه ایکس با سیستم های بینائی ماشین یا تصویربرداری لیزری به منظور آگاهی از درون میوه حاصل شده طراحی شده اند (Wagner, 1987; Chen *et al.*,2003; Jayas *et al.*, 2004).

پارامتر کیفی تصویر

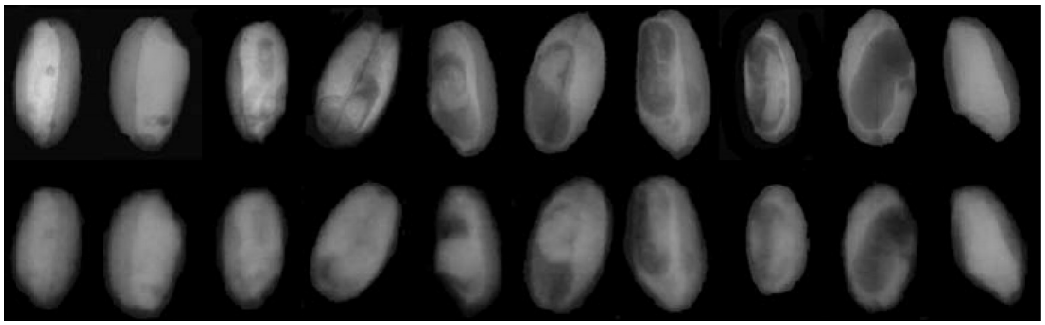
سه پارامتر مهم مرتبط با کیفیت تصویر اشعه ایکس وضوح تصویر، نسبت سیگنال به پارازیت صوتی[2] (SNR) و تباین[3] بین ماده مورد علاقه و محیط اطراف آن می باشد. پارازیت صوتی به طور گسترده به عنوان یک آلاینده اضافی یک تصویر تعریف می شود (Castleman, 1979). برای سیستم های تصویربرداری اشعه ایکس، منابع پارازیت صوتی را می توان به طور کلی به دو دسته تقسیم نمود: پارازیت کوانتومی و پارازیت الکترونیکی. پارازیت کوانتومی یک نتیجه از ماهیت آماری فوفون های اشعه ایکس حادث شده روی آشکارسازها، فوتون های نوری منتشر شده توسط آشکارسازها و حرکت بارهای الکتریکی از میان آشکارساز و در مدارهای الکترونیکی می باشد. پارازیت الکترونیکی بوسیله خود سیستم تصویربرداری ایجاد می شود و منابع بالقوه بسیاری در ایجاد آن وجود دارند. کیفیت تصویر به تعامل اجزاء مختلف سیستم اشعه ایکس شامل منبع اشعه ایکس، مکانیسم نوار نقاله، آرایه های آشکارساز، اکتساب، پردازش و نمایش تصویر بستگی دارد. بنابراین بهینه نمودن اجزاء به منظور بدست آوردن بهترین تصویر ممکن مهم می باشد. روش هائی برای انجام این کار بررسی و گزارش شده اند (Graves *et al*., 1994; Butz *et al*., 2005).

بازرسی محصولات کشاورزی با استفاده از اشعه ایکس

بازرسی غلات

از میان تمامی محصولات کشاورزی، بیشترین تعداد تحقیقات انجام شده در کاربرد اشعه ایکس به غلات اختصاص یافته است. بسیاری از تحقیقات نیز در این حوزه به مسئله هجوم حشرات به دانه های گندم می باشد. تصاویر فیلم اسکن شده دانه های گندم مورد هجوم حشره شیشه سرخرطومی گندم در شکل ۱ نشان داده شده است. برای تشخیص هجوم حشرات در غلات، اشعه ایکس برتری نسبت به روش طیف سنجی مادون قرمز دارد بجز در مواردی که شناسائی نمونه ها مورد نیاز می باشد (Haff and Slaughter, 2004). پارامترهای سیستم اشعه ایکس برای به حداکثر رساندن تشخیص حشرات در دانه های گندم مورد بررسی قرار گرفته اند (Schatzki and Keagy, 1991; Keagy and Schatzki, 1991). مطالعات نشان داد که تصویربرداری اشعه ایکس برای اهداف کنترل کیفیت دانه قابل اعتماد می باشند (Schatzki and Keagy, 1991; Keagy and Schatzki, 1991; Haff and Toyofuku, 2000; Karunakaran *et al*., 2005). لیکن هیچ گونه مطالعه ای در کاربرد اشعه ایکس برای کنترل کیفیت توده غلات مشاهده نشد. هر چند بخش عمده ای از مطالعات اشعه ایکس بر روی غلات به تشخیص هجوم حشرات و آفات اختصاص یافته است، یک تعداد مطالعات اندکی با استفاده از تکنولوژی اشعه ایکس برای تشخیص پارامترهای کیفی در غلات استفاده شده اند (Karunakaran and Jayas, 2004).

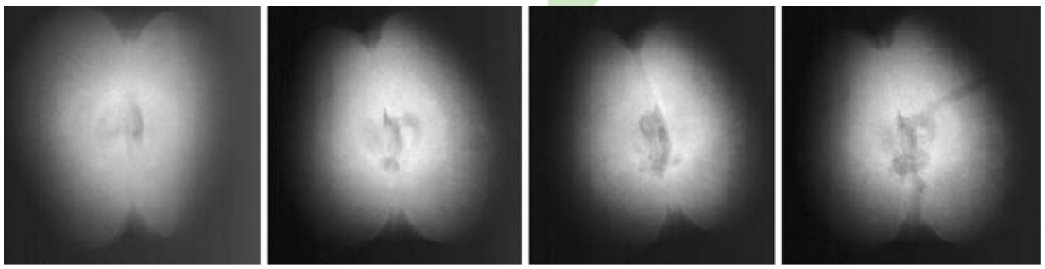
[2] Signal to noise ratio
[3] Contrast



شکل ۱. تصاویر اشعه ایکس دیجیتال (پایین) و تصاویر فیلم اسکن شده (بالا) برای مراحل مختلف لارو شیشه سرخطومی گندم (Haff and Slaughter, 2004).

بازرسی میوه ها- مطالعه مورد سیب

تحقیقات مربوط به تصویربرداری اشعه ایکس میوه سیب بر روی تشخیص آسیب کرم سیب[۴]، تشخیص بیماری مغز آبکی[۵] سیب و تشخیص پوسیدگی هسته متمرکز شده است. تشخیص لارو کرم سیب در سیب (شکل ۲) با استفاده از سیستم های اشعه ایکس توموگرافی کامپیوتری (Hansen *et al*., 2005)، فیلم (Schatzki *et al*., 1996; Schatzki *et al*., 1997; Hansen *et al*., 2005) و همچنین اسکن خطی (Schatzki *et al*., 1996; Schatzki *et al*., 1997; Lin *et al*., 2005) بررسی شده است. همانند آنچه در بازرسی غلات اشاره شد، تصاویر کیفی بالا را می توان با استفاده از سیستم های اشعه ایکس توموگرافی کامپیوتری و فیلم که مناسب برای کاربرد توده مواد نبوده بدست آورد، لیکن کیفیت تصویر در تصاویر پویش خطی به علت پارازیت کوانتومی پایین می باشد. بیماری مغز آبکی یک اختلال فیزیولوژی بوده که مایع در اطراف دسته های آوندی تجمع یافته که در ابتدا منجر به شیرینی اما در نهایت پوسیدگی هسته می شود (Schatzki *et al*., 1997). تشخیص پوسیدگی هسته با استفاده از هر نوع سیستم اشعه ایکس آسان می باشد (Schatzki *et al*., 1997).



شکل ۲. تصاویر اشعه ایکس هجوم اشعه ایکس در یک سیب (Hansen *et al*., 2005)

[4] Codling moth damage
[5] Watercore disaease

بازرسی میوه های آجیلی

تصاویر اشعه ایکس پسته های آلوده با کرم نارنجی دریایی[6] (NOW) به عنوان مجموعه های آموزش و اعتبارسنجی برای توسعه الگوریتم هائی برای تشخیص حشره (Sim *et al*., 1995; Keagy *et al*., 1996; Casasent *et al*., 1998) و همچنین جداسازی نمونه های لمس شده در تصاویر اشعه ایکس (Talukder, 1998; Casasent *et al*., 2001) استفاده شده اند. استراتژی های الگوریتمی شامل شبکه های عصبی که ۹۸ درصد تشخیص با کمتر از ۱ درصد خطا روی تصاویر فیلم اسکن شده را به انجام می رساند، تجزیه و تحلیل تفکیکی که ۸۹ درصد دقت در تصاویر پویش خطی را ارائه داده و استراتژی استخراج ویژگی های متعدد می باشند. با وجود اینکه این الگوریتم ها برای تشخیص حشرات پسته توسعه یافته اند، این استراتژی الگوریتمی برای دیگر مواد به خصوص در بحث جداسازی مفید می باشند. الگوریتم هائی همچنین برای تشخیص کرم نارنجی دریائی مغز گردو بر مبنای فیلم اسکن شده و همچنین تصاویر پویش خطی (Kim and Schatzki, 2001) و فعالیت شپش نوعی درخت گردوی آمریکائی با استفاده از اشعه ایکس توسعه یافته اند (Harrison *et al*., 2007).

بازرسی صیفی جات

تصویربردار ی اشعه ایکس توموگرافی کامپیوتری به منظور تعیین مراحل رشد در میوه گوجه فرنگی استفاده شده است (Brecht *et al*., 1991). تصویربرداری پویش خطی برای تشخیص حفره های مؤثر در پوسیدگی پیاز با دقت بیش از ۹۰ درصد موثر گزارش شده است. مطالعات اشعه ایکس دیگری در بازرسی صیفی جات نظیر تشخیص پوک شدن غده سیب زمینی (Nylund and Lutz, 1950) بیماری میوه زیتون (Jackson and Haff, 2006) گزارش شده اند.

نتیجه گیری

با توجه به بررسی های انجام شده، آزمون های اشعه ایکس در تشخیص معایب و آلودگی ها در محصولات کشاورزی بسیار کاربرد دارد تا آنجا که امروزه پژوهش های زیادی در این مورد صورت می گیرد. توسعه آزمون های اشعه ایکس در صنعت کشاورزی آن قدر فر اگیر شده است که به تمامی شاخه های کشاورزی از قبیل ماشین های کشاورزی، صنایع غذایی، محصولات زراعی و باغی، خاکشناسی و علوم دامی به نوعی رسوخ کرده است. از آنجا که بالا بودن کیفیت محصولات کشاورزی در جهان از جایگاه مهمی برخوردار می باشد، لذا برای توسعه صادرات محصولات کشاورزی در ایران بیش از پیش باید به توسعه تحقیقات این آزمون های در صنعت کشاورزی پرداخت. از سوی دیگر توسعه این نوع آزمون ها در ایران با توجه به اهمیت آن در کاهش ضایعات و کنترل محصولات کشاورزی امری ضروری می باشد.

[6] Naval Orange Worm

منابع

1- Abbott, J. A. 1999. Quality measurements of fruits and vegetables. Postharvest Biology and Technology 15: 207-215.

2- Brecht, J. K., R. L. Shewfelt., J. C. Garner., and E. W. Tollner. 1991. Using Xray computed tomography (X-ray CT) to nondestructively determine maturity of green tomatoes. HortScience 26: 45-48.

Butz, P., C. Hofmann., and B. Tauscher. 2005. Recent developments in noninvasive techniques for fresh fruit and vegetable internal quality analysis. Journal of Food Science 70: 131-136.

4- Brecht, J. K., R. L. Shewfelt., J. C. Garner., and E. W. Tollner. 1991. Using Xray computed tomography (X-ray CT) to nondestructively determine maturity of green tomatoes. HortScience 26: 45-48.

5- Casasent, D. P., M. A. Sipe., T. F. Schatzki., P. M. Keagy., and L. C. Le.1998. Neural net classification of X-ray pistachio nut data. Lebensm. Lebensm Wiss Technol 31: 122-128.

6- Casasent, D. P., A. Talukder., P. M. Keagy., and T. F. Schatzki. 2001. Detection and segmentation of items in X-ray imagery. Transaction of the ASAE 44: 337-344

7- Castleman, K. R. 1979. Digital Image Processing, Prentice Hall, Englewood Cliffs.

8- Chen, X., H. Jing., Y. Tao., L. Carr., and F. Wheaton. 2003. Real-time detection of physical hazards in de-bonded poultry using high resolution X-ray imaging, in Proceedings of the ASAE/CSAE Annual International Meeting, Las Vegas, 2003.

9- Commission of the European Communities White Paper on Food Safety. 2007: http://ec.europa.edu/dgs/health_consumer/library/pub/pub06_en.pdf.(2000). Accessed on 4 February 2007.

10- Edwards, M. 2007. D.F. Bodies, in Food. Woodhead Publishing Company, Cambridge.

11- Graves, M., B. G. Batchelor., and S. C. Palmer. 1994. Three-dimensional X-ray inspection of food products. Applications of digital image, in Applications of Digital Image Processing XVII, SPIE Proceedings Vol. 2298, p. 248.

12- Graves, M., A. Smith., B. G. Batchelor., S. C. Palmer. 1994. Design and analysis of X-ray vision systems for high-speed detection of foreign body contamination in food, in Machine Vision Applications, Architectures, and Systems Integration III, SPIE Proceedings, vol. 2347. p. 80.

13- Graves, M., A. Smith., B. G. Batchelor. 1998. Approaches to foreign body detection in foods. Trends in Food Science and Technology 9: 21-27.

14- Haff, R. P., and N. Toyofuku. 2000. An economical method for X-ray inspection of wheat, in Proceedings of the ASAE/CSAE Annual International Meeting (Milwaukee, 2000).

15- Haff, R. P., and D.C. Slaughter. 2004. Real-time X-ray inspection of wheat for infestation by the granary weevil, Sitophilus granarius (L.). Transaction of the ASAE 47: 531 -539.

16- Hansen, J. D., R. P. Haff., D. W. Schlaman., Yee, W. L. 2005. Potential postharvest use of radiography to detect internal pests in deciduous tree fruits. Journal of Entomological Science 40: 255-262.

17- Harrison, R. D., W. A. Gardner., E. W. Tollner., and D. J. Kinard. 2007. X-ray computed tomography studies of the burrowing behavior of the fourth-instar pecan weevil(coleoptera:Curculionidae). Journal of Economic Entomology 86: 1714-1720

18- Jackson, E. S., and R. P. Haff. 2006. X-ray detection of and sorting of olives damaged by fruit fly, in Proceedings of the ASAE/CSAE Annual International Meeting (Portland, 2006).

19- Jayas, D. S., C. Karunakaran., and J. Paliwal. 2004. Grain quality monitoring usingmachine vision and softX-ray for cereal grains, in Proceedings of the International Quality Grains Conference, Indianapolis.

20- Karunakaran, C., D. S. Jayas., and N. D. G. White. 2004 Mass determination of wheat kernels from X-ray images, in Proceedings of the ASAE/ CSAE Annual International Meeting (Ottawa, 2004).

21- Karunakaran, C., J. Paliwal,, D. S. Jayas,, and N. D. G. White. 2005. Comparison of soft X-rays and NIR spectroscopy to detect insect infestations in grain, in Proceedings of the ASAE/CSAE Annual International Meeting (Tampa, 2005).

22- Keagy, P. M., and T. F. Schatzki. 1991. Effect of image resolution on insect detection in wheat radiographs. Cereal Chem 68: 339-346.

23- Keagy, P. M., B. Parvin., and T. F. Schatzki. 1996. Machine recognition of naval orange worm damage in X-ray images of pistachio nuts. Lebensm Wiss Technol 29: 140-146

24- Keagy,P. M., T. F. Schatzki., L. C. Le., D. P. Casasent., and D. Weber. 1996. Expanded image database of pistachio X-ray images and classification by conventional methods, in Optics in Agriculture, Forestry, and Biological Processing II, SPIE Proceedings, vol. 2907, p. 196

25- Kim, S., and T. F. Schatzki, Detection of pinholes in almonds by X-ray imaging. Transaction of the ASAE 44: 997-1004.

26- Lin, T., H. Chang., and Wu, K. 2005. An adaptive image segmentation algorithm for X-ray quarantine inspection of selected fruits, in Proceedings of the ASAE/CSAE Annual International Meeting (Tampa, 2005).

27- Marlow, G. C., and W. H. Loeschner. 1984. Watercore. Horticulture Revision. American Society of Horticultural Science 6: 189-196.

28- Nylund, R. E., and I. M. Lutz. 1950. Separation of hollow heart potato tubers by mean of size grading, specific gravity and X-ray examination. American Journal of *Potato* Research 27: 214-220.

29- Schatzki, T. F., R. P. Haff., R. Young., I. Can., L. C. Le., and N. Toyofuku. 1996. Defect detection in apples by means of X-ray imaging, in Optics in Agriculture, Forestry, and Biological Processing II, SPIE Proceedings, vol. 2907, p. 176

30- Schatzki, T. F., R. P. Haff., I. Can., L. C. Le., and N. Toyofuku. 1997. Defect detection in apples by means of X-ray imaging. Transaction of the ASAE 40: 1407-1415

31- Sim, A., B. Parvin., and Keagy, P. M. 1995. Invariant representation and hierarchical network for inspection of nuts from X-ray images, in Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks, vol. 2, p. 738

32- Talukder, A., D. P. Casasent., H. W. Lee., P. M. Keagy., and T. F. Schatzki. 1998. A new feature extraction method for classification of agricultural products from X-ray images, in Precision Agriculture and Biological Quality, SPIE Proceedings, 1998, vol. 3543, p. 53

33- Wagner, G. G. 1987. Combining X-ray imaging and machine vision, in Optics, illumination, and Image Sensing for Machine Vision II, SPIE Proceedings, vol. 850, p. 45.

Quality inspection of agricultural produce by X-ray technology

Rasool Khodabakhshian

Phd Student, Department of mechanics of Agricultural Machinery Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, ra_kh695@stu-mail.um.ac.ir

Abstract

During the last decades, many methods have been performed for inspection of agricultural produce by different researchers. These methods are based on knowing of different physical properties of agricultural produce during ripening process. Among the used methods to obtain fruit quality, non-destructive tests have found a special place. In recen years, machine vision, optical methods, spectroscopy, acoustic emission, ultrasound methods, etc have been developed. X-ray is one of the new imaging techniques. The capability of X-ray to pass through the produce and detect latent infection or diseases has resulted in using of this technology in food industry. In this study, principles of X-ray technology and applications in agriculture for inspection of agricultural produce are presented.

Keywords: Agricultural produce,non-destruction tests, X-ray imaging, quality inspection.