بررسی روش های مختلف سورتینگ با استفاده از آکوستیک در محصولات کشاورزی

مهدی مرادی[۱]، فرهاد گراوند[۲]، سید هاشم صمدی ریکنده[۳]، سید مهدی جعفری[٤]،
۱و۳- دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- گروه علوم و صنایع غذایی، باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان
٤- استادیار گروه مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
Mahdimoradi2006@yahoo.com

چکیده
آکوستیک را می توان تولید، ارسال و دریافت انرژی ارتعاشی دانست که این حالت در صورتی است که اتم ها و مولکول های شاره یا جامد از وضعیت طبیعی خود خارج شده و تغییر مکان دهند.به طور کلی تا کنون سه روش برای استفاده از آکوستیک در سورتینگ محصولات کشاورزی به کار رفته است. روش اول استفاده از ضربه آونگ یا چکش مخصوص به نمونه محصول و ضبط صدا در محصولاتی مانند گوجه فرنگی و هندوانه، روش دوم انداختن نمونه محصول بر روی صفحه مجهز به سنسور دریافت کننده صدا درپسته و سیب زمینی و روش سوم عبور دادن پالس صوتی از نمونه محصول و مقایسه با یک پالس پایه درگردو و کیوی می باشد. در این مطالعه استفاده از آکوستیک در سورتینگ و ارزیابی بافت را در کیوی، سیب زمینی، گوجه فرنگی و تخم مرغ مورد بررسی قرار می دهیم.در سه روش ذکر شده می توان به این نکته اشاره نمود که روش آزمون پالس عبوری، از لحاظ صدمه مکانیکی نسبت به روش انداختن نمونه بر روی سطح و روش ضربه آونگ یا چکش در پایین ترین سطح قرار دارد که سبب می گردد که در محصولاتی نظیر کیوی که به ضربه حساس می باشد استفاده گردد. از لحاظ اقتصادی روش های آکوستیکی کمترین صدمات فیزیکی را برای محصول نسبت به روش مخرب به همراه دارند. پیشنهاد می شود که در آزمون استفاده از آونگ و یا چکش برای کاهش صدمات فیزیکی و بالا بردن حجم محصول سورت شده، از غلتک های ارتعاشی مجهز به سنسور دریافت صدا و سطوح ضربه گیر استفاده شود. همچنین در روش انداختن محصول بر روی سطح بهتر است برای محصولات دارای دیواره ضخیم و سفت مانند فندق به کار رود.

کلمات کلیدی: آکوستیک، سنسور، آزمون پالس عبوری، سورتینگ

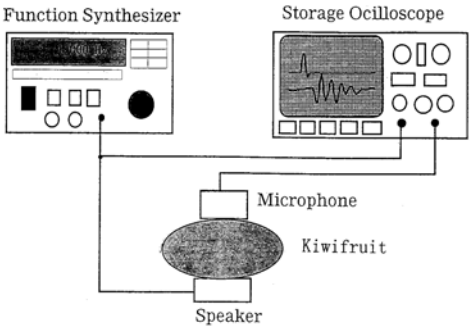
۱- مقدمه

بر خلاف سایر زمینه های علمی که روزبه روز پیشرفت کرده اند و همگی دارای سوابقی طولانی و مطالعات فراوانی هستند. علم آکوستیک در مجموعه علم فیزیک از گزینه های اساسی به شمار نمی رفته بنابراین در مهجوریت باقی مانده است.آکوستیک را می توان تولید، ارسال و دریافت انرژی ارتعاشی دانست که این حالت در صورتی است که اتم ها و مولکول های شاره یا جامد از اوضاع طبیعی خود خارج شده و تغییر مکان دهند. نیروی آکوستیک پدیدآمده در آن تمایل به بازگشت جسم به حالت اولیه را دارد که این نیرو را نیروی برگرداننده می گویند- تاثیر این نیرو توام با خاصیت اینرسی دستگاه، ماده را برای ارتعاش های نوسانی و در نتیجه ارسال موج های آکوستیکی آماده می سازد.از جمله مزایای سیستم های آکوستیکی می توان به چرخه ی کوتاه آزمون، عدم تماس با محصول، عدم نیاز به روش جابه جایی پیچیده، تکرار پذیری، روش تشخیص با هزینه کم، خروجی رضایت بخش و هزینه نگهداری آسان اشاره کرد. اخیرا این علم در تکنولوژی پس از برداشت محصولات کشاورزی و مواد غذایی اهمیت ویژه ای پیدا کرده است زیرا روش مناسبی برای سورتینگ این محصولات به شمار می آید. به طوری که یکی از روش های تعیین سیب زمینی سالم از ناسالم (پوک) استفاده از صوت می باشد.

اکثر محققان به وجود رابطه بین سختی وفرکانس تشدید پی برده اند.اکثر سیستم های اکوستیکی از یک پلانجر،ثبت کننده نتایج صدا وفرایند های دیجیتالی سیگنال میکروفن که برای استخراج فرکانس های بارز است استفاده می کند. آرمسترانگ و همکاران در سال ۱۹۹۰ گزارش دادند که سفتی قسمت داخلی میوه ها شاخص مناسبی برای ارزیابی بافت و میزان رسیدگی در آن ها به حساب می آید. یانس و دیویس در سال ۱۹۹۵ سفتی گیلاس را بوسیله آکوستیک بدست آورده اند. سوگیاما در سال ۱۹۹۸ تحقیقی برای آزمایش بافت هندوانه به وسیله ی اندازه گیری سرعت انقال صوت انجام داده است. تاکدانیز در سال ۱۹۷۰ از یک ابزار غیر مخرب برای تعیین رسیدگی سیب به وسیله ی اندازه گیری صوت وقتی که ضربه ای به محصول وارد می شد، استفاده کرده است. در سال ۱۹۹۷ نیز آزمایشی روی کیفیت داخلی هندوانه از قبیل رسیدگی و وجود پوکی به وسیله ضربه و آنالیز صوت استفاده کرده است. بدین صورت که به هندوانه توسط یک چکش ضربه زده می شود وصدای تولید شده توسط یک میکروفن جذب وسپس آنالیز کننده سیگنال رابطه بین فرکانس نقطه ی اوج و کیفیت آن را پیدا می کند. مک کمبریج در سال ۱۹۹٦ یک سیستم آکوستیکی برای تعیین ترکی که توسط یخ زدن به وجود می آید را مورد بررسی قرار داد به طوری که زمانی که شکاف اتفاق می افتد صدادهی تولید می کند.پیرسون در سال ۲۰۰۱ یک سیستم اکوستیکی برای سورتینگ پسته های باز از بسته طراحی کرده است. به طور کلی تا کنون سه روش برای استفاده از آکوستیک در سورتینگ محصولات کشاورزی به کار رفته است. روش اول استفاده از ضربه آونگ یا چکش مخصوص به نمونه محصول و ضبط صدا (مانند گوجه فرنگی و هندوانه)،روش دوم انداختن نمونه محصول بر روی صفحه مجهز به سنسور دریافت کننده صدا(مانند پسته و سیب زمینی)و روش سوم عبور دادن پالس صوتی از نمونه محصول و مقایسه با یک پالس پایه(مانند گردو و کیوی). در ادامه استفاده از آکوستیک در سورتینگ کیوی، سیب زمینی، گوجه فرنگی و تخم مرغ را مورد بررسی قرار می دهیم.

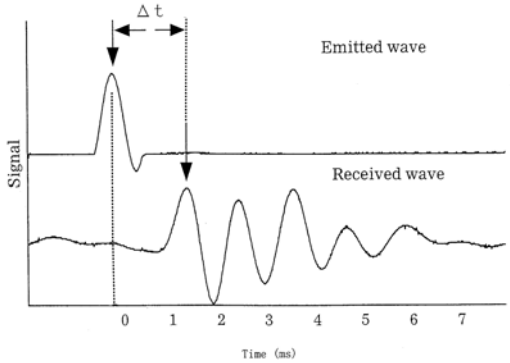
۱- استفاده از آکوستیک در ارزیابی بافت کیوی

به طور کلی دو روش مخرب و غیر مخرب جهت تعیین بافت کیوی توسط آکوستیک وجود دارد.در مطالعات انجام شده توسط موراماتسو وهمکاران در سال ۱۹۹۷ بر روی سختی کیوی، از روش پالس عبوری صدا از میان میوه استفاده شده است. آن ها همچنین روش مخرب را برای تعیین سختی کیوی در مقایسه با روش غیر مخرب انجام داده بودند. شکل زیر شماتیک کلی روش غیر مخرب را نشان میدهد(شکل ۱). در این روش پالس صدا را توسط تولید کننده پالس صدا (function synthesizer) در طول موج ۱ کیلوهرتز فرستاده می شود و یک بلندگو بر روی سطح میوه و در طرف مقابل آن یک میکروفن قرار می گیرد.برای انتقال آسانتر صوت از بلندگو به سطح نمونه و تاثیر نگذاشتن صدای محیط بر روی پالس تولیدی صدا از خاک رس که میان بلندگو و نمونه قرار داده می شود، استفاده می شود.پالس تولیدی صدا به همراه پالس عبوری از نمونه در اسیلوسکوپ نشان داده می شود.که از آن برای محاسبه زمان تلف شده صوت عبوری از کیوی مورد استفاده قرار می گیرد.



شکل ۱: شماتیک کلی روش غیر مخرب برای کیوی

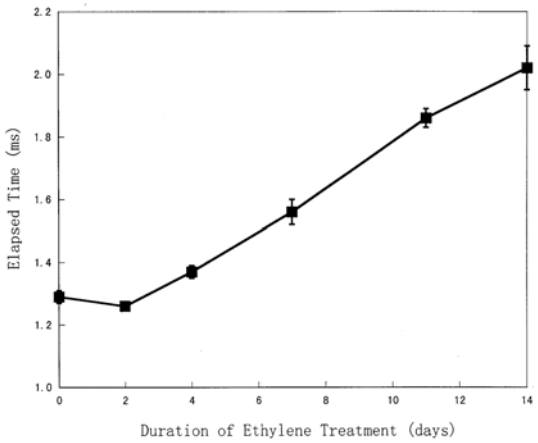
از ٤ پالس صدا با فرکانس های ۱۰۰، ۵۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز بکار برده شده است تا رابطه بین فرکانس و زمان تلف شده برای عبور صدا بدست آید.



شکل ۲: محاسبه زمان تلف شده و صوت در هنگام عبور ازمیوه

در روش مخرب ، بعد از انجام آزمایش با استفاده از روش غیر مخرب همان نمونه را از خط استوا برش دادند ودر ٤ مکان (دومکان بر روی قسمت مرکزی و ۲مکان بر روی قسمت سبز کیوی) را مورد آزمایش قرار می دادند.در این آزمایش از یک پنترومتر مخروطی که با سرعت ۰/۵ میلیمتر بر ثانیه تا عمق ۵ میلیمتر در نمونه فرو برده می شوند.سر پنترومتر مخروطی با

زاویه راس ٦٠ درجه می باشد و ماگزیمم نیروی لازم بر روی یک کامپیوتر شخصی نشان داده می شود. برای اندازه گیری زمان تلف شده باید اختلاف بین اولین فرکانس در دامنه اوج عبوری از نمونه و فرکانس پالس تولیدی اندازه گیری شود که در اسیلوسکوپ نشان داده شده است در این تحقیق کیوی پیش از موعد چیده شده بود و برای رسیدن آن از اتیلن استفاده شده بود. مشاهده شده است که زمان عبوری تلف شده از بین کیوی بعد از اتیلن زدن بیشتر شده است که در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: نمودار زمان تلف شده صوت عبوری بعد از اتلین زدن

زمان عبوری از کیوی قبل از اتلین زدن ۱/۲۹ متر بر ثانیه می باشد. دوروز بعد از اتیلن زدن زمان عبوری به صورت خطی افزایش می یابد که بعد از ۱۱ روز به مقدار ثابت ۱/۹ متر بر ثانیه می رسد.اختلاف بارزی بعد از ۲ روز مشاهده شده است.
در روش غیر مخرب نیز از همان نمونه استفاده شده در روش مخرب استفاده شده بود. آزمایش در ٤نقطه به وسیله پنترومتر انجام شده بود نتیجه به این صورت بود که نیروی لازم قبل از تیمار توسط اتیلن در قسمت هسته ی کیوی ودر قسمت سبز به ترتیب ۲ و٤ کیلوگرم می باشد که بعد از گذشت ۷ روز بعد از اتیلن کردن نیرو به مقدار ثابت ۳۰۰ و ۵۰۰ گرم برای هسته ی کیوی و قسمت سبز کاهش یافته است.
میزراچ و همکاران در سال ۱۹۸۹ پیشنهاد کردند که تغییرات سرعت صوت با رسیدگی میوه و نرمی تغییر می کند که می تواند به عنوان یک شاخص طبقه بندی مورد استفاده قرار بگیرد.سرعت صوت عبوری از کیوی اغلب با رسیدگی میوه کاهش می یابد.در اثر اتیلن زدن کیوی نرم تر می شود وبعد از ۷ تا ۱۰ روز قابل خوردن می شود.مشاهده می شود که زمان تلف شده برای انتقال صوت از کیوی از روز ۲ تا ۱۱ افزایش یافته است بنابرین در این روش می توان کیفیت کیوی را به خصوص کیفیت مربوط به بافت را مورد بررسی قرار داد. سوگیاماو همکاران در سال ۱۹۹٤از یک پاندول که شامل یک توپ چوبی ویک دسته پلاستیکی برای ضربه زدن بر روی سطح میوه بود را مورد استفاده قرار دادند. به هر حال این روش برای میوه های نرم مناسب نیست، روش تولید پالس روشی مناسب برای میوه هایی است که به ضربه حساس هستند.همانطورکه گفته شد از بلندگو به جای ابزار مکانیکی برای تولید صدا استفاده می شود.

۲- استفاده از آکوستیک برای تعیین بافت گوجه فرنگی

سختی یک فاکتور مهم برای ارزیابی کیفیت گوجه فرنگی می باشد .مصرف کنندگان کیفیت و تازگی را بر اساس سختی؛رنگ ومزه بررسی می کنند(روسنفلد وهمکاران، ۱۹۹٤). بافت میوه و سبزی ها می تواند به وسیله حس وتجربه

بازاری قضاوت شود ولی در موارد علمی ودر بیشتر موارد سختی با مقایسه بین وسایل مخرب وغیر مخرب مثل پنترومتر مخروطی(Magness–Taylor or Effegi)و چگالی سنج زوئیک(Zwick, 3003, Pulm, Germany) تعین شود پنترو متر ماگزیمم نیروی لازم را برای فرو کردن سیلندر فلزی در عمق معینی از میوه را نشان می دهد چگالی سنج زوئیک شبیه وسایل غیر مخرب که برای اندازه گیری نیروی فنر که بر روی سطح گوجه فرنگی فشرده می شود، می باشد(سالدا، ۱۹۹٦).

خطا در عملگر دستی اغلب به عملکرد اپراتور وابسته است و در حالیکه اپراتورها معمولا آزمایش را به صورت محدود انجام می دهند درحالی که سختی میوه ممکن است با تغییر موقعیت به مکان دیگر تغییر کند.این مشکل میتواند توسط ماشین آزمایش universalکه در سرعت خاصی تنظیم شده است برطرف شود به هر حال این ماشین برای استفاده تجاری کمتر در دسترس است.

باتو و تامپسون در سال ۱۹۹۳ از یک وسیله با نسبت نیرو به جابه جایی ۲۰mm/min و با٦mm جستجو بر روی سطح گوجه فرنگی تازه را بررسی کردند.این وسیله برای دسته بندی گوجه فرنگی به سه دسته ی خیلی سفت (>۱/٤٦mm/min)،قابل قبول(۱/٤٦mm/min–۱/۲۲) و نا مناسب برای مصرف یا استفاده فقط برای پخت و پز(<۱/۲۲mm/min)دسته بندی می کرد.

یک راه دیگر برای تعیین سختی میوه ها تعیین نیروی ضربه در مقابل یک سطح سفت است. دی باردماکر و همکاران درسال ۱۹۸۲ از نیروی ضربه برای تعیین بافت سیب، هلو و گوجه بر اساس پارامتر های ضربه استفاده کرده اند.مولتو و همکاران در سال ۱۹۹٦ از نیروی ضربه برای سورتینگ پرتقال و هلو استفاده کرده است.

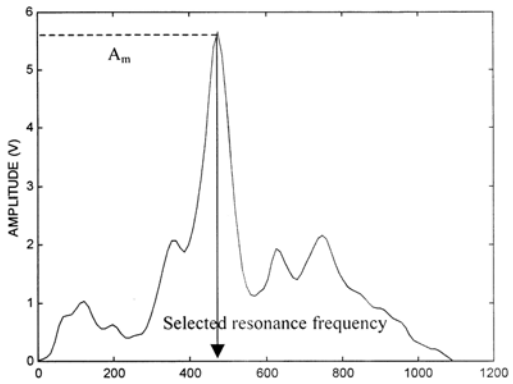
راه سوم برای اندازه گیری وابسته به فرکانس میوه می باشد(کلارک و میکلسون، ۱۹٤۲).از سال ۱۹۸۵ به بعد روش های مختلفی برای تحریک وآنالیز سیگنال ارتقاء یافته است.روش غیر مخرب آکوستیکی توسط یاماموتو وهمکاران در سال ۱۹۸۰پشنهاد شد.فرکانس طبیعی به وسیله ضبط صدا وقتی ضربه ای به میوه وارد میشود،ذخیره می شود.سپس سیگنال های تولیدی توسط سری فریه(FFT) آنالیز میشود. برای میوهای کروی یک فاکتور سختی می تواند محاسبه شود که اولین بار توسط آبوت وهمکاران در سال ۱۹٦۸ مطرح شد و در سال ۱۹۷۳ توسط کوکه و راند به صورت زیر تصحیح شد:

$$S = f^2.m^{\frac{2}{3}} \qquad (1)$$

که در آن f فرکانس تشدید اولیه به هرتز و m جرم ماده است.فاکتور سختی با سفتی میوه به شدت در ارتباط است.برای کاهش خطا بر اثر شکل ذاتی میوه توصیه می شود۳ مرتبه اندازه گیری بر روی خط استوا انجام شود وسپس میانگین آن ها حساب می شود.در مورد محصولات کروی مانند سیب بهترین پاسخ فرکانسی زمانی بدست می آید که ضربه مجدد ۰ با ۱۸۰ درجه با ضربه اول وارد شود (هورانگ و همکاران ۱۹۹۳).

با استفاده از روش صوت می توان تغییرات سختی میوه را در طول فرایند ذخیره سازی بررسی کرد.در طی تحقیقات انجام شده توسط اسکات وهمکاران در سال ۱۹۹۹ سختی گوجه فرنگی را به وسیله روش آکوستیکی بررسی کردند.شیوه انجام آزمایش این گونه بود که گوجه فرنگی را با ساقه بر روی یک تکیه گاهی که الاستیک پوشیده شده است قرار می دهند.در تکیه گاه چند میلی متر بالاتر از سطح میوه به گوجه فرنگی در خط استوا با یک دسته پلاستیکی توپر در جهت مقابل میکروفن به آرامی ضربه می زنند. سپس سیگنال تولید شده توسط سری فوریه و آنالیز کننده سیگنال HP35665A آنالیز می

شود.از نتایج محدوده فرکانس،به طور دلخواه فرکانس تشدید اولیه که با دامنه قله ی ۵۰ درصد بیشتر از قله دیگر انتخاب شده بود.که شکل زیر محدوده فرکانس انتخاب شده برای گوجه فرنگی را نشان میدهد.



شکل ٤: محدوده ی فرکانس تشدید با بیش از یک فرکانس تشدید.

اندازه گیری بر روی سه مکان بر روی خط استوا انجام شده است و از میانگین آن برای ارزیابی مدل استفاده شده بود جرم گوجه فرنگی به طور دقیق محاسبه شده بود فاکتور سختی از فرمول بالا بدست می آید.برای ارزیابی بهتر در فرایند ذخیره سازی از مدل ریاضی زیر استفاده شده بود.دراین آزمایش فرض شده بود دمای انبار ثابت بود.تغیرات فاکتور S در هر لحظه زمان می تواند توسط فرمول زیر به دست آید:

$$\frac{ds}{dt} = -\alpha s \qquad (2)$$

که در آن s فاکتور سختی در زمان t می باشد($10^6 HZ^2 g^{2/3}$)، s_0فاکتور سختی در لحظه ی $t=0$ ($10^6 HZ^2 g^{2/3}$) ،ثابت زوال که وابسته به دما است(روز/۱) و t زمان است(روز).این مدل برای میوه هایی است که رسیدگی آن ها در هر لحظه و مکان تغییر می کند مناسب است. در مطالعه آرتور و همکاران استفاده توام روش آکوستیک و سنسور رنگ سنج را دقیق تر از روش آکوستیک معرفی کرده اند به نحوی که میزان خطا در سورتینگ از ٤٨ درصد به ١١ درصد تقلیل می یابد.

۳- استفاده از آکوستیک برای تعیین پوکی سیب زمینی

یکی از روش های تعیین سیب زمینی سالم از ناسالم (پوک) استفاده از صوت می باشد.فضای پوک سیب زمینی به علت زیادی نیتروزن در طول فرآیند رشد در غده سیب زمینی به خصوص غده های بزرگ همچون واریته ی spunta به وجود می آید.پوکی وسیاهی قابل مشاهده نیستند بنابراین روش ساده برای تعیین وجود ندارد.بعضی از تحقیقات بر روی ساختار داخلی هندوانه،پسته و تخم مرغ به وسیله آکوستیک انجام شده است اما تحقیقات زیادی بر روی پوکی سیب زمینی انجام نگرفته است پوکی زمانی به وجود می آید که شرایط آن در طول فصل رشد به صورت ناگهانی تغییر کند وقتی که گیاه به دوره ی محیطی وتنشهای محیطی خود به سرعت بر می گردد غده به سرعت رشد می کند که باعث ازبین رفتن مغز غده و یا به وجود آمدن قسمت توخالی در مرکز سیب زمینی شود(هوچموت و همکاران، ۲۰۰۱). که این فضای توخالی به

صورت ستاره ای شکل به وجود می آید گاهی اوقات بی نظمی های بیشتر در مرکز غده می تواند باعث پیشرفت پوکی در غده سیب زمینی شود.

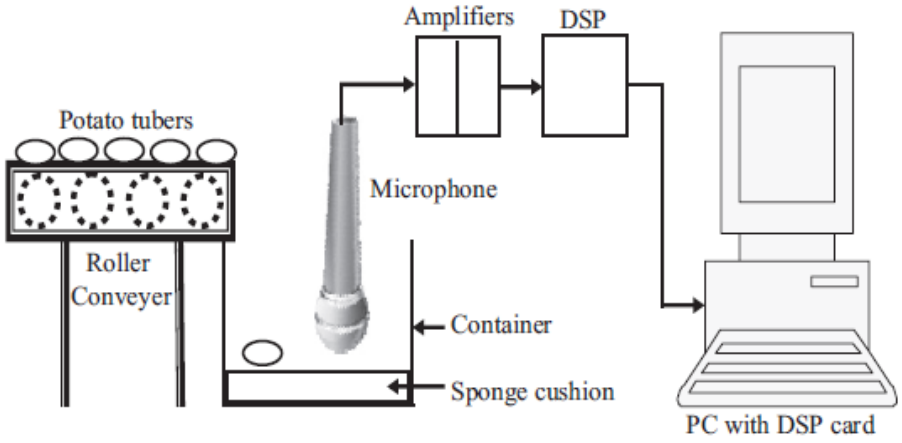
شکل ۵: فضای توخالی ستاره ای شکل غده سیب زمینی

الباتاوی در سال ۲۰۰۸ غده های سیب زمینی انتخاب شده را اندازه گیری، وزن و شماره گذاری کرد.تمامی غده ها را روزانه در یک سیستم آکوستیکی برای تعیین فرکانس تشدید و دیگر پارامتر های آکوستیکی تست نمود. سیستم از یک سیب زمینی در حال سقوط بر روی یک سطح ضربه مجهز به دریافت کننده سیگنال های صدای ضربه تشکیل می شود و پس از پردازش اطلاعات سیگنال های ورودی سیب زمینی های پوک را از سالم جدا می کند.یک غلتک منتقل کننده به اندازه ۳ میلی متر از فولاد ضد زنگ به شکل صاف جلا داده شده است که غده ها را به سمت کانتینرهای ضربه هدایت می کند.ته کانتینر با لایه ای از اسفنج به ضخامت ۲ میلی متر پوشانده شده است که این لایه امکان کوفتگی غده را در برابر ضربه کاهش می دهد.

بزرگترین نمونه ها وقتی که به وسیله غده ها ضربه می خورد به کمترین ارتعاش نیاز دارد.یک میکروفن خوب برای جذب کردن صداهای اطراف و صدای ضربه لازم است که صداها توسط آمپلی فایر(تقویت کننده)کنترل می شود.خروجی میکروفن توسط پردازش گر ،سیگنال ها را دیجیتالی کرده و به یک رایانه شخصی می فرستد.

عملگر(دی اس پی)تبدیل آنالوگ به دیجیتال در ۵ مگا هرتز است. وقتی که غده ها به ته کانتینر یا محفظه ضربه برخورد می کنند، دامنه خروجی سیگنال میکروفن در دامنه ۵ تا ۱۰ ولت است.داده های خروجی مورد نظر زمانی بدست می آیند که خروجی میکروفن بالای ۰.۰۵ ولت باشد. داده های خروجی به مدت ۲ میلی ثانیه برای حصول ۳۶۰ خصوصیت (نقطه اطلاعاتی)به طورپیوسته جریان می یابد. جهت پردازش سیگنال و اندازه گیری فرکانس تشدید نیز اطلاعات و خصوصیات استفاده شده، برای محاسبه واقعی زمان سورتینگ از یک غده استفاده می شود. درجه بندی این نرخ ها احتیاج به یک مینیمم افت زمان بین بدست آوردن اطلاعات و انتقال غده سقوط کرده از محفظه ضربه احتیاج دارد. بنابراین خصوصیات، هم می تواند از مقدار مطلق سیگنال (اندازه قدر مطلق سیگنال) و مقدار مطلق گرادیان سیگنال بدست آید.میکروفن در محفظه آویزان است تا بتواند به طور مستقیم صداهای سیب زمینی سقوط کرده را اندازه گیری کند. به دلیل آنکه ضربات وارده از طرف غده ها به بالشتک میرا کننده فقط امواج صوتی مستقیم تولید می کنند ، میکروفن به یک آنالیز کننده وصل است. آنالیز کننده زمان و فرکانس را در محدوده فرکانس های اکتسابی به سرعت بر روی صفحه آنالیز کننده نمایش می دهد و آن را ذخیره می کند. غده های سیب زمینی به ۲ دسته دارای پوکی و بدون پوکی تقسیم بندی می شوند. پوکی در غده ها

مستقیم تحت تاثیر فرکانس تشدید و پاسخ آکوستیکی که به وسیله میکروفن بدست آمده بود قرار می گیرند. در مرحله اول پایداری سیگنال ها تایید شده است.



شکل ٦: شماتیک سامانه تعیین پوکی در سیب زمینی

برای آزمایش پوکی سیب زمینی از ۲ آنالیزگر جداکننده خطی و غیر خطی برای پروسه طبقه بندی استفاده می شود. ۲ روش در طول این مطالعه برای آنالیز میرایی داخلی غده ها آزمایش (بررسی) شده است.در سیب زمینی های غیرپوک در منطقه ۱ میانگین فرکانس های اوج ۱.۱۵۷کیلو هرتز در مکان ۲ ، ۱.۱٤۲ کیلوهرتز و در مکان ۳، ۱.۱۲۳ کیلوهرتز بوده است. میانگین فرکانس های اوج در غده پوک ۰.۹۵۷ و ۰.۹٤۲ و ۰.۹۱۸ کیلوهرتز به ترتیب در مناطق ۱ و ۲ و ۳ بوده است. آنالیز همچنین نشان می دهد که میانگین اختلاف بین سیب زمینی پوک با غیرپوک ۲۳۰ و ۲۱۰ و۲۱۰ هرتز به ترتیب برای مناطق ۱ و ۲ و۳ است.مقدار خطای محاسبه شده(SEP) ۰.۰۱۹ بوده است. از آنالیز داده های آزمایشی رنج فرکانس های اوج حدود ۲۱۰هرتز در دسترس است ، که برای تشخیص بین غده های پوک از غیرپوک می باشد.

٤- تشخیص ترک پوست تخم مرغ براساس تجزیه و تحلیل صدا در فرکانس رزونانس

کتلار و همکاران در سال ۲۰۰۰نشان دادند بازرسی بصری روش اصلی برای کنترل کیفیت در درجه بندی تخم مرغ است. پوسته تخم مرغ ها برای بازرسی ترک و منافذ و اختلالات داخلی مانند نطفه و لکه خونی، با سرعت درجه بندی بالا ماشین آلات الکترونیکی (۱۰۰۰۰ تخم مرغ در ساعت در هر خط) با این سیستم درجه بندی می شود. تازه ترین تحقیقات در زمینه اتوماسیون تشخیص پوست تخم مرغ که مبتنی بر اصول تشخیص نوری و مکانیکی هستند،وجود دارد.به منظور شناسایی ترک پوست تخم مرغ از تجزیه و تحلیل پاسخ های فرکانسی آکوستیکی استفاده میشود.مکان و طراحی سنسور پاسخ ها با استفاده از کاوش تجربی از نوع تحلیل مودال از تخم مرغ سالم است. تخم مرغ با پوست سالم پاسخ فرکانس مشخصی دارد که به عنوان الگو مد نظر قرار می گیرد.سیگنال های پاسخ تخم مرغ های ترک خورده بر خلاف تخم مرغ های سالم، ناهمگن و تکراری است.این روش اجازه میدهد تا سطوح ترک خورده به میزان ۹۵ درصد شناسایی گردد و فقط ۵ درصد خطا ثبت گردیده است.نقصهای قابل جستجو عبارتند از: لکه های خونی،وجود نطفه،ترک،حفره های هوا و پوسته های شل و کثیف.تخم مرغ ها در غلطک نرم مصنوعی و با چرخش حول محور عمودی خود درجه بندی می شوند. دقت آزمایش های انجام شده بستگی به حساسیت دوربین، الگوریتم های مرتب سازی، رنگ پوسته و نوع نقص موجود در تخم مرغ

بستگی دارد.کارکرد دوربین برای تشخیص پوسته کثیف و شکستگی پوست و اشکال عجیب و غریب و تشخیص ترک های کوچکتر و مو ترکهای نامرئی نیز بسیار عالی است.

شیوه دوم از تشخیص ترک پوست تخم مرغ روش های اندازه گیری و تجزیه و تحلیل بر اساس رفتار مکانیکی پوست تخم مرغ است.در دو برنامه کاربردی تجاری، تعداد ضربه برگشت از ضربه زننده به عنوان نشانه ای برای پوست تخم مرغ است.نقش ضربه زننده به کمک غلتک های بلبرینگی که مجهز به میله های مدرج الکترومغناطیسی است و نقشه کاملی از شکل تخم مرغ را در اختیار ضربه زننده قرار می دهد.مجموعه ای از اشیاء فلزی مجهز به سنسور Piezo (حسگرها)در اطراف تخم مرغ نصب می شود.تشخیص صحیح در این آزمون به ۷۰٪ تا ۸۵ ٪ می رسد در حالی که درصد خطا ۰٪تا۳٪ گزارش شده است.در این آزمایش، دو دسته از تخم مرغ استفاده می شود.دسته ای شامل ۳٦۰ اندازه بزرگ، قهوه ای با پوست تازه از ایستگاه بسته بندی های تجاری به دست آمد.در کل ۲۳ تخم مرغ با ترک سرحد سر وپیشانی مشاهده شد، ۳۲۹ تخم مرغ سالم گزارش شده و ٤ تخم مرغ دارای سوراخهای هوایی و ٤ تخم مرغ دارای پوسته های با اشکال نامنظم هندسی شناسایی گردید.در دسته دوم، ۲۸۷ تخم مرغ تازه انتخابی بزرگ جمع آوری از دیگر ایستگاه ها قبل از بسته بندی های تجاری برای درجه بندی و تشخیص ترک به صورت اتوماتیکی آورده شدند.۱۰۱ تخم مرغ در راه تولید طبیعی ترک نشان می دهد و ۱۸٦ تخم مرغ دیگر وضعیتی سالم را نشان می دهند(کتلار و همکاران، ۲۰۰۰).

۲- نتایج و بحث

سامانه‌ی آکوستیکی ساخته شده توانایی خوبی در اندازه‌گیری کیفیت محصولات کشاورزی دارد. معیار های مختلفی در آزمونهای غیر مخرب تعریف شده اند که کاربردهای متنوعی در تعیین میزان رسیدگی و ضررهای وارده به آن دارد.یکی از این معیار ها خصوصیت صوتی است.از بین این سه روش توضیح داده شده می توان به این نکته اشاره نمود که آزمون پالس عبوری از لحاظ صدمه مکانیکی نسبت به روش انداختن نمونه بر روی سطح و روش ضربه آونگ یا چکش در پایین ترین سطح قرار دارد که سبب می گردد در محصولاتی نظیر کیوی که به ضربه حساس می باشد استفاده گردد.از لحاظ اقتصادی روشهای آکوستیکی کمترین صدمات فیزیکی را برای محصول نسبت به روش مخرب به همراه دارد. ویژگی بارز ابزار مورد استفاده در روش آکوستیکی ساده بودن آن هاست بطوری که از ابزار انتقال صدا نظیر میکروفن، آمپلی فایر، کارت صدا و یک رایانه شخصی که هزینه زیادی را برای کاربر نسبت به روشهای دیگر موجود برای سورتینگ در بر ندارد تشکیل شده است. در آزمون استفاده از آونگ و یا چکش برای کاهش صدمات فیزیکی و بالا بردن حجم محصول سورت شده،بهتر است از غلتک های ارتعاشی مجهز به سنسور دریافت صدا استفاده نمود. همچنین در روش انداختن محصول بر روی سطح بهتر است از محصولات دارای دیواره ضخیم و سفت مانند فندق استفاده گردد.

۳- منابع و مآخذ

۱- آکوستیک(صوت)، ضیاء الدین اسمعیل بیگی، انتشارات دانشگاه تهران.

۲- مبانی آکوستیک، لارنس ئی.کینزلر واستین.آرفرای، ترجمه دکتر ضیاء الدین اسمعیل بیگی ودکتر مهدی برکشلی.

3. Rosenfeld, D., Shmulevich, I., Galili, N., 1994. Measuring firmness through mechanical acoustic excitation for quality control of tomatoes, Food Automation Congress, February 1994, Orlando, Florida.

4. Schotanus, L., 1994. Onderzoeknaar non-destructievealternatievenvoor de penetrometer bijhardfruit, Internal CBT Report, Centraal Bureau Tuinbouw-veilingen, Wilhelminadorp,The Netherlands.

5. De Baerdemaeker, J., Lemaitre, L., Meire, R., 1982. Quality detection by frequency spectrum analysis of the fruit impact force. Trans. ASAE 25, 175–178.

6. Molto´ , E., Selfa, E., Pons, R., Fornes, I., 1996. Non destructive measuring of firmness using impact sensors, Proceedings AgEng96, Madrid, Spain, paper 96F–014.

7. Cooke, J.R., Rand, R.H., 1973. A mathematical study of resonance in intact fruits and vegetables using a 3-media elastic sphere model. J. Agric. Eng. 18, 141–157.

8. Yamamoto, H., Iwamoto, M., Haginuma, S., 1980. Acousticimpulse response method for measuring natural frequencyof intact fruits and preliminary applications to internalquality evaluation of apples and watermelons. J. TextureStud. 11, 117–136

9. Abbott, J.A., Bachman, R.F., Fitzgerald, J.V., Matusik, F.J.,1968. Sonic techniques for measuring texture of fruits andvegetables. Food Technol. 22, 101–112.

10. Huarng, L., Chen, P., Upadhyaya, S., 1993. Determination ofacoustic vibration modes in apples. Trans. ASAE 36,1423–1429.

11. Sarah Schotte, Nele De Belie, Josse De Baerdemaeker. Acoustic andmodelling of firmness of tomato fruit impulse-response technique forevaluation 23 June 1999. *Laboratory Agricultural Machinery and ProcessinDepartment of Agro-engineering Katholieke Uni6ersiteit Leu6en, Belgium*.

12. Mizrach, A., Galili, N., Rosenhouse, G., 1989. Determinationof fruit and vegetable properties by ultrasonic excitation.Am. Soc. Agric. Eng. 32, 2053–2059.

13. Mohsenin, N.N., Gohlich, H., 1962. Techniques for determinationof mechanical properties of fruits and vegetables asrelated to design and development of harvesting and processingmachinery. J. Agric. Eng. Res. 7, 300–315.

14. Zebrowski, J., 1992. Complementary patterns of stiffness instem and leaf sheaths of Triticale. Planta 187, 301–305.

15. Magness, J.R., Taylor, G.F., 1925. An improved type ofpressure tester for the determination of fruit maturity.USDept. Agric. Circ. 350, 8 pp.

16. Kojima, K., Sakurai, N., Kuraishi, S., Yamamoto, R., Nevins,D.J., 1991. Novel technique for measuring tissue firmnesswithin tomato (*Lycopersiconesculentum*Mill.) fruit. PlantPhysiol. 96, 545–550.

17. Muramatsu N, Naoki Sakurai, Ryoichi Yamamoto, Donald J. Nevin Toshio Takahara, Tatsushi Ogata

Comparison of a non-destructive acoustic method with anintrusive method for firmness measurement of kiwifruit.*Breeding Di6ision, National Institute of Fruit Tree Science, Ministry of Agricultur*

18. Sugiyama, J., Otobe, K., Hayashi, S., Usui, S., 1994. Firmnessmeasurement of muskmelons by acoustic impulse transmission.Trans. ASAE 37, 1235–1241

19. Zebrowski, J., 1992. Complementary patterns of stiffness instem and leaf sheaths of Triticale. Planta 187, 301–305.
20. Detection of Internal Quality in Seedless Watermelon by Acoustic Impulse Response- B. Diezma-Iglesias1; M. Ruiz-Altisent1; P. Barreiro- Rural Engineering Department, Physical Properties Laboratory, Polytechnic University of Madrid, E.T.S.I.A. Avda.
21. Comparison of a non-destructive acoustic method with an intrusive method for firmness measurement of kiwifruit-Noboru Muramatsu a,*, Naoki Sakurai b, Ryoichi Yamamoto c, Donald J. Nevins d, Toshio Takahara e, Tatsushi Ogata e-*Ibaraki 305, Japan*.
22. An acoustic impact method to detect hollow heart of potato tubers-I.E. Elbatawi-Senior Researcher at Agricultural Engineering Research Institute-Egypt
23. Eggshell Crack Detection based on Acoustic Resonance Frequency AnalysisB. De Ketelaere; P. Coucke; J. De Baerdemaeker2000, Department of Agro-Engineering and Economics, Laboratory of agricultural Machinery and Processing, Kard.

Study The Different Acoustic Sorting Methods In Agriculture Products

Abstract

Acoustic can be known, produced, sending and receiving vibrational energy, in this case is that atoms and molecules fluid or solid move from its normal position and to abroad. Overall, so far three methods have been used in acoustic for sorting agricultural products. The first method is using pendulum or hammer impact of a special product sample and recording the sound of crops like tomato and watermelon, the second method is putting the sample of crop on the screen with noise receiver sensor for pistachio and potato and third method is passing the sound pulse from sample of crop and comparing with a base pulse in walnut and kiwi. In this paper, studied the using of acoustic in Sorting and evaluation of tissue in the kiwi, potato, tomato and egg. In Three explained methods can be mentioned that the passing pulse test, in terms of mechanical damage is the lowest level rather than to the sample drop method on the surface and pendulum or hammer impact method, that can be caused to use in products such as Kiwi, which is sensitive to the impact. Economically acoustic methods have less physical damage for crop than destructive methods. We suggest that in pendulum or hammer methods to reduce injuries and enhance physical sorting by crop volume, is used the vibrating rollers equipped with sound received sensors and dampers. Also in the method of casting crop on the surface, is better to use for thick walls and rigid crops such as hazelnuts.

Key words: Acoustic, Sensor, sound pulse, sorting