تعیین میزان رسیدگی در سیب به روش مافوق صوت

محمد گهری[۱] منا طهماسبی[۲]

چکیده:

تعیین میزان رسیدگی و نرمی بافت میوه ها یک مسئله مهم در زمان برداشت و همچنین فرآوری پس از برداشت است. بسته بندی و ترتیب بندی میوه در خط بسته بندی نیز نیازمند تعیین میزان رسیدگی میوه است.آزمونهای غیر مخرب که بصورت های مختلف اجرا می شوند گسترش زیادی یافته اند.یکی از روشهای معمول در تکنیک های غیر مخرب روش فرا صوت است.این روش ارزان ،پیچیدگی کمتر و قابل کاربرد در اکثر میوه هاست.این تکنیک بر اساس کاهش دامنه موج عبوری در بافت میوه استوار است .موج در حالت عادی فاصله بین مولد و دریافت کننده را با یک دامنه نوسان خاص طی می کند،اما اگر یک مانع مانند میوه در مقابل آن باشد با توجه به جنس و ضخامت آن، دامنه نوسان کاهش می یابد.این کاهش دامنه رابطه مستقیمی با ر سیدگی دارد و می تواند معیار رسیدگی باشد.در این مقاله یک روش عملی بر اساس کاهش دامنه ولتاژ موج فراصوت $۴۰ K Hz$ ارائه شده است .نمونه های سیب واریته گلدن پس از آزمایش با دستگاه فروسنج *(Instron)* در معرض امواج فرا صوت قرار گرفت تا ویژگیهای صوتی آن مشخص شود و معیاری برای رسیدگی یافته شود.در این تحقیق همبستگی ۸۵٪ میان روش آزمون فراصوت و فروسنجی یافته شد.پس از بررسی نتایج مشخص شد که می توان از این روش در خطوط بسته بندی بدون دخالت انسان استفاده کرد.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

واژه های کلیدی : **امواج فراصوت،آزمون غیر مخرب ، فروسنجی،سیب ، مبدل پیزوالکتریک**

مقدمه:

امواج صوتی از نوع کشسان (الاستیک) بوده و از سیالات و جامدات می توانند عبور کنند. بسامد محدوده شنوایی بین۲۰ هرتزتا۲۰ کیلو هرتز می باشد،لیکن امواج الاستیک هم ماهیت صوت ولی با بسامد های ۵۰۰ میلیون هرتز را نیز می توان تولید نمود. امواج اخیر ،که بسامد بالاتر از محدوده شنوایی دارند،به امواج فراصوتی موسومند.امواج مورد استفاده در بازرسی غیر مخرب مواد ،معمولا" در محدوده بسامد ۰/۵ تا ۲۰ میلیون هرتز قرار دارند.

امواج منتشرشده در سیالات از نوع تراکمی*(longitudinal compression type)* بوده وجابجایی ذرات در امتداد انتشار موج صورت می گیرد،ولی امواج انتقالی در درون جامدات از نوع برشی*(shear wave)* می باشد و جابجایی ذرات در امتداد عمود بر جهت حرکت موج انجام می شود.امواج الاستیک به صورت سطحی نیز می توانند منتشر شوند ،که در این حالت به امواج ریلی *(rayleigh waves)* از آنهایاد می شود.

سرعت انتشار موج:

سرعت امواج طولی تراکمی) V_c(در سیالات از رابطه زیر بدست می آید:

$$V_c = \left(\frac{k_a}{\rho}\right)^{1/2}$$

که k_a کشسانی حجمی بی در رو *(Adiabatic Volume elasticity)*و ρ چگالی سیال است. سرعت

$$V_c = \left(\frac{E(1-\upsilon)}{(1+\upsilon)(1-2\upsilon)\rho} \right)^{1/2}$$

در این رابطه،E مدول الاستیسیته و υ نسبت پواسون است.

طول موج:

طول موج λ به وسیله رابطه $V = \lambda f$ به سرعت وبسامد (f) بستگی پیدا می کند.

بازتاب امواج صوتی،مانندیگر امواج،به وسیله اجسام هنگامی قابل ملاحظه خواهد بود که ابعادشان از طول موج پرتوها بزرگتر یا مساوی باشد.

تولید امواج صوتی:

برخی از مواد بلوری دارای خاصیت پیزو الکتریک بوده و هنگامی که ولتاژی به سطوح آنها اعمال شود تغییر بعد می دهند، به عکس کرنش در این گونه بلور ها میدانی الکتریکی در آنها ایجاد می کندکه اندازه آن متناسب با مقدار تغییر بعد می باشد.هنگامی که یک ولتاژ متناوب در امتداد ضخامت یک دیسک پیزو الکتریک اعمال شود،در آن ایجاد انبساط و انقباض کرده و از این طریق در محیط اطراف دیسک امواج تراکمی عمود بر آن ایجاد خواهد شد. اگر از کوارتز استفاده شود دیسک در امتداد معینی از یک بلور طبیعی بریده می شود .

دیسکهای مبدل ساخته شده از مواد سرامیکی همچون تیتانات باریم از تعداد زیادی بلور کوچک که به هم ذوب جوش *(fused)* شده اند، تشکیل می شود. مبدلی که برای ایجاد امواج فراصوتی به کار می رود قادر به آشکارسازی آنها نیز می باشد.

ویژگیهای پرتوهای فراصوتی :

امواج فراصوتی ایجادشده بوسیله یک بلور قرصی (دیسکی) در آغاز به صورت پرتوهای موازی با هم منتشر شده ولی بعدا" حالت واگرایی پیدا می کنند.

زاویه واگرایی پرتوها(α) طبق رابطه زیر به طول موج (بسامد) و ابعاد قرص مرتبط می باشد:

$$\sin\frac{\alpha}{2} = \frac{1.12\lambda}{d}$$

که λ طول موج، d قطر دیسک است و هر دو برحسب میلیمتر بیان می شوند. یک پرتو فراصوتی را می توان به سه منطقه تقسیم نمود که عبارتند از :منطقه مرده، منطقه نزدیک و منطقه دور.

منطقه مرده : عمقی از نمونه است که عیوب آن قابل آشکارسازی نمی باشد.

منطقه نزدیک : در منطقه نزدیک، پرتوها به طور موازی منتشر می شوند. طول این منطقه(l) از رابطه زیر به دست می آید:

$$l = \frac{d^2}{4\lambda}$$

که d قطر بلور می باشد.

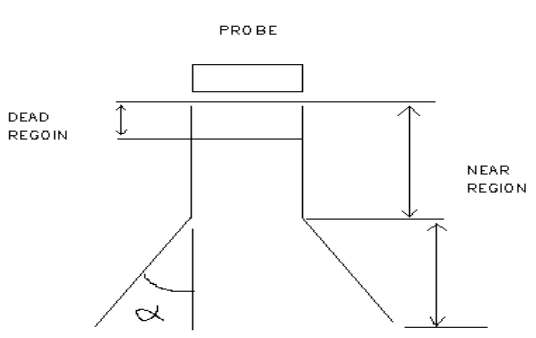
منطقه دور : ناحیه ای است که پس از منطقه نزدیک آغاز شده و واگرایی پرتوهای فراصوتی در آن صورت می گیرد، در این منطقه حساسیت آشکارسازی متناسب با مربع فاصله از بلور کاهش می یابد.

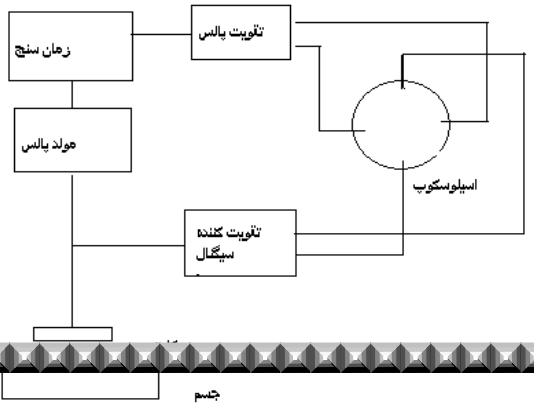
تأثیر قطر کاوه و بسامد موج :

اگر قطر بلور ،با ثابت ماندن بسامد تحریک کننده، کاهش یابد زاویه واگرایی پرتوها افزایش یافته ،طول منطقه نزدیک وشدت پرتوهای تولید شده نیز کاهش خواهد یافت. ازدیاد بسامد موج ، منطقه نزدیک را گسترش داده و دامنه واگرایی را نیز کوچکتر خواهد کرد.

سیستم های نمایش تصویری:

آشکارسازی سیگنالها ، در اغلب تجهیزات بازرسی فراصوتی ،بر صفحه اسیلوسکوپ کاتودی صورت می گیرد. نمودار شماتیکی آن نمایش داده شده است.





مواد و روش:

اساس کار برکاهش توان موج عبوری یا بازتاب شده از سطح میوه هاست. هر موج صوتی یا فراصوتی با یک دامنه مشخص در فضا منتشر می شود.حال اکر این موج از یک سطح عبور کند با کاهش توان روبرو می شود ودامنه موج کاهش می یابد.این کاهش توان به ضخامت وجنس سطح مانع بستگی دارد. معمولا" فرکانس مورد بررسی در میوه ها بین ۰/۵ تا $1\ MHz$ است.افت انرژی بازتابی و عبوری با فرمول زیر محاسبه می شود:

$$T = 20 \ln \frac{A_T}{A_{T0}} \quad (۱)$$

که A_T انرژی کل عبوری و A_{T0} دامنه انرژی موج زمانی که ماده سر راه آن قرار نگرفته است.میزان افت رابطه خطی با ضخامت ماده مورد نظر دارد بنابراین T از فرمول زیر نیز محاسبه می شود:

$$T = \alpha D + \beta \quad (۲)$$

که α ضریب نفوذ بر حسب dB/cm و D ضخامت ماده بر حسب cm است و β افت بازتاب بر حسب را dB است. با اندازه گیری افت کل از فرمول اول برای دو قطعه از یک ماده با ضخامتهای مختلف وسپس نوشتن دو

معادله بر حسب رابطه ۲ می توان α و β را برای یک میوه مثل سیب بدست آورد.

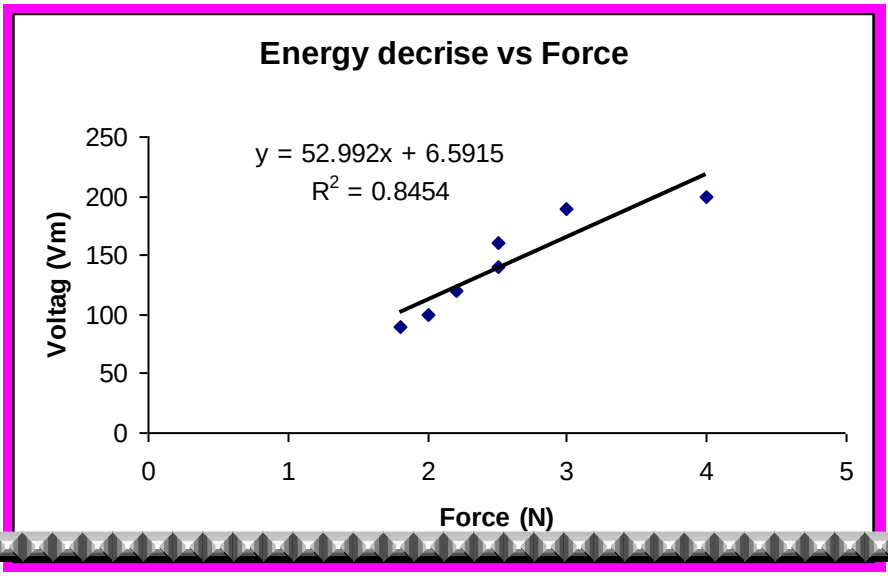
برای مقایسه میزان رسیدگی این روش بایک معیار دیگر رسیدگی می توان از اندازه گیری پکتین ،گلوکز ویا دستگاه فروسنج(*Instron*) استفاده کرد.

یک مدار الکترونیکی با بسامد $40\ KHz$ برای مولد موج ساخته شد.این مدار از $IC\ 555$ برای تولید موج استفاده

می کند.این موج مربعی در مبدل پیزوالکتریک به صوت بسامد بالا تبدیل می شود. یک مدار گیرنده بوسیله مبدل ،امواج دریافتی را به ولتاژ تبدیل می کند.این ولتاژدر حالت عادی که مانعی بر سر راه آن وجود ندارد دامنه مشخصی دارد اما وقتی که برش سیب در مقابل آن قرار می گیرد،دامنه ولتاژ کاهش می یابد.ما از هر نمونه سیب دو برش تهیه کردیم ودر بین فرستنده و گیرنده که فاصله آنها از هم ۱۲ سانتیمتر است قرار دادیم.البته بعد از اینکه هر سیب در سه نقطه فروسنجی شدندو رسیدگی آنها مشخص شده بود.این دو برش ازیک نمونه قطر ۳و۶ میلیمتر داشتند. میزان کاهش دامنه از روی اسیلوسکوپ خوانده شدو با رابطه۲ ضرایب اکوستیک این واریته بدست آمد. حال با داشتن میزان کاهش دامنه یک نمودار رگرسیون خطی بدست آمد که میزان رسیدگی را نشان می داد.

نتایج :

پس از یافتن کاهش دامنه و میزان نیروی فروسنجی آنها درمقابل هم رسم شدند.ضریب همبستگی $\left(R^2 = 0.85\right)$ بدست آمد و رابطه خطی نیز بیانگراین ارتباط است. پس از بدست آمدن این رابطه می توان با داشتن نسبت استهلاک، میزان رسیدگی را بدست آورد.از این معیار می توان برای دستگاه تشخیص دهنده رسیدگی در ترتیب بندی*(Sorting)* نیز استفاده کرد.خروجی این مدار را می توان به یک مدار منطقی وصل نمود تا در صورت رسیدن ولتاژ خروجی به مقدار مورد نظر یک پالس به عملگر جداساز بفرستد تا سیب مورد نظر را در محل مربوطه قرار دهد.



بحث:

معیار های مختلفی در آزمونهای غیر مخرب تعریف شده اندکه کاربردهای متنوعی در تعیین میزان رسیدگی و ضررهای وارده به آن دارد.یکی از این معیار ها خصوصیت صوتی است.امواج فراصوت می توانند از بافت میوه ها عبور کنند اما این عبور با کاهش دامنه موج عبوری همرا ه خواهد بود.این کاهش دامنه بستگی به میزان سفتی و رسیدگی میوه دارد.پس از بدست آوردن میزان رسیدگی با معیار دیگری مثل آزمون فروسنجی می توان رابطه ای بدست آورد که از آن برای تعیین رسیدگی استفاده نمود.ما از امواج فرا صوت ۴۰*KHz* استفاده کردیم ونسبت استهلاک دامنه را بدست آوردیم تا رابطه خطی بدست آمد .از این معیار می توان در سورتینگ سیب استفاده نمود.

منابع:

1-Mizarch,A.,N.Galili,and G.Rosenhouse.1989.Determination of fruit and vegetable properties by ultrasonic excitation.Trans ASAE 32(6):2053-2058

2-N.Sarker,R.R.Wolfe . Potential of Ultrasonic Measurements in Food Quality Evaluation.Trans ASAE 1983:624-629