مقایسه کیفیت بافت دو واریته سیب و ارزیابی دقت در اندازه گیری دو دستگاه ماگنس تایلور و فشار سنج میوه

عبدالمجید مسکوکی[1*] و سید علی مرتضوی[2]

۱-عضو هیات علمی پارک علم وفناوری خراسان(پژوهشکده تحقیقات وتوسعه فناوری خراسان)
۲-استاد گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی

چکیده

به منظور بررسی کیفیت بافت واریته های سیب پس ازیک دوره نگهداری در سردخانه ومقایسه دقت در اندازه گیری دستگاههای معمول و مورداستفاده ،دوواریته سیب زرد لبنانی و قرمز لبنانی مورد ارزیابی قرار گرفتند آزمایشات به طور جداگانه و در شرایط کاملایکسان به روش آزمون (ایجاد حفره) یک بار توسط دستگاه تمام اتوماتیک ماگنس تایلور ویک بار توسط پنترومتر دستی(بافت سنج میوه)یافشارسنج میوه انجام شدو میزان نیرو(نیوتون) نیروبرسطح (نیوتون بر سانتیمترمربع) و نیرو بر جابجائی(نیوتون بر میلی متر) بافت هردوواریته تعیین گردید.کلیه اعداد حاصل در طرح بلوک کامل تصادفی به روش فاکتوریل تجزیه و تحلیل و با آزمون دانکن مقایسه میانگین گردیدند.نتایج نشان داد که اولاً:واریته قرمز لبنانی دارای استحکام و کیفیت بافت بهتری نسبت به واریته زرد لبنانی پس ازیک دوره نگهداری در سردخانه می باشد.ثانیاً: نتایج فاکتورهای مشابه به دست آمده توسط دستگاه پنترومتر دستی همواره دارای مقادیر بیشتری نسبت به دستگاه ماگنس تایلور در شرایط کاملاً مشابه می باشند و لذا نمی توان آنهارا به یکدیگر تعمیم دادو برای جلوگیری از خطا ودقت در تشخیص کیفیت بافت نتیجه هردستگاه با خود و به طور جداگانه مورد ارزیابی قرار گیرد.

کلید واژگان: پنترومتر،ماگنس تایلور، کیفیت بافت،سیب

۱-مقدمه

بخش مهمی از کیفیت مواد غذایی مربوط به ویژگی های مواد خام یا تازه نظیرمیوه‌ها و سبزیها می‌باشد خصوصیاتی نظیر رنگ شکل و اندازه عطر و طعم ، بافت ، ارزشهای تغذیه‌ای ، فساد میکروبی ، آنزیمی یا شیمیایی در میوه‌ها و سبزیها مربوط به شرایط کاشت ، داشت و عملیات بعد از برداشت می‌گردد (۱و۲و۳) بنابراین شناخت این خصوصیات و ارزیابی آنها قبل از فرآوری یا عرضه به صورت تازه و بسته‌بندی آنها و بعد از برداشت اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد . در این بین آگاهی از فناوری های برداشت نظیر زمان رسیدگی مناسب برای برداشت، نحوه برداشت ، نگهداری در باغ یا مزرعه یا انبار به منظور عرضه به صورت تازه یا فرآوری به حفظ کیفیت میوه‌ها و سبزی ها کمک شایانی می‌نماید (٤ و٥) . آنچه که مرتبط با این بحث می‌باشد ویژگی‌های بافت و نقش آن در حفظ خصوصیات کیفی در حین عملیات داشت ، برداشت نگهداری و فرآیند و مصرف می‌باشد . در تعریف بافت مواد غذائی باید

* مسئول مکاتبات:morteza1937@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

گفت ، بافت خصوصیتی کیفی است که پذیرش در میوه‌ها و سبزیها بسیار حساس و بحرانی می‌باشد[٦و٧].

خصوصیات کیفی بافت میوه‌ها و سبزیها و وابسته به عوامل ساختمانی فیزیولوژیکی در ویژگی‌های بیوشیمیایی سلولهای زنده، تغییرات آنها بر اثر گذشت زمان و یا حین فرآیند مثل پختن و انجماد است [٨و٩و١٠].

تغییرات مداوم فیزیولوژیک در سلول‌های زنده به علاوه تنوع بین آنها سبب می‌شود که تشخیص ویژگی بافت میوه‌ها و سبزیها مشکل گردد. بدلیل تغییرات مداوم آنها اندازه‌گیری بافت اغلب در همان زمان دارای ارزش است و نمی‌تواند برای پیش‌بینی شرایط آتی در طول نگهداری در انبار یا عرضه در بازار مورد استفاده قرار گیرد[١١و١٢و١٣].

دستگاهها اختلاف بین محاسبات مرتبط با عوامل انسانی را کاهش داده و دارای دقت بالائی هستند. و می‌توانند یک زبان قابل فهم بین پژوهشگران مراکز تولید و توزیع و مصرف کنندگان ایجاد نمایند[١٤و١٥و١٦].

مقالات زیادی در خصوص روشهای اندازه‌گیری دستگاهی بافت میوه‌ها و سبزیها وجود دارد. تقابل میان خصوصیات و تغییرات فیزیولوژیک در بیشتر مواقع سبب ایجاد اختلاف محاسباتی برای اندازه‌گیری بافت میوه‌ها و سبزیها می‌گردد[١٧].

میوه‌ها و سبزیها تحت اثر نیروی مکانیکی که رفتار ویسکوالاستیک نام دارند نیرو، فاصله و زمان در فرم میزان وسعت و دوره زمانی تعریف شده و در اندازه‌گیری‌ها محاسبه می‌گردند. بطور مثال برخورد میوه به یک سطح سخت بسیار سریع است در حالیکه وزن دیگر میوه روی یک میوه دیگر در کف یک ظرف و نیروی یک دیواره کارتن در مقابل بسته‌بندی میوه به صورت محکم اعمال نیرودر زمان طولانی است. میوه‌ها در مقابل ایندوفرم اعمال نیرو رفتار متفاوتی دارند. بواسطه خصوصیات و ویسکوالاستیک بافت میوه‌ها و سبزیها هرگونه تلاشی برای اندازه‌گیری بافت بایستی مستلزم بکارگیری ماهیت عمل و سرعت انجام آن باشد. نظیر آزمون ایجاد حفره توسط دستگاه ماگنس تایلور میزان اعمال نیرو بایستی بوسیله یک سیستم مکانیزه کنترل گردد[١٨و١٩و٢٠].

در آزمایشهای نفوذ سنجی (پنترومتری) سختی بافت میوه ها مثل آزمایش ماگنس تایلور نیروی مورد نیاز برای فرو کردن پروب در گوشت میوه علامت‌گذاری شده و قابل قرائت است [٢١]

معمول‌ترین آزمون‌های بافت برای میوه‌ها و سبزیها اغلب توسط آزمون سوراخ کردن با ماگس تایلور (Puncture Tests) انجام می شود. مدول الاستیک یا مدول یانگ اغلب به عنوان شاخص سختی بافت محصول مورد استفاده قرار می‌گیرد. مدول الاسیستی میزان Stress/Strain را از روی شیب منحنی F/D قبل از رسیدن به محدوده الاستیک محاسبه می نماید. روشهای غیر تخریبی نیز وجوددارد مثل استفاده از لیزر، اولتراسوند ،ارتعاش و غیره. هر روش غیرتخریبی بایستی به نیرو یا جابجایی در ناحیه الاستیک محدود گردد بطوریکه آسیب بافت در حین اندازه‌گیری جزئی و قابل اغماض باشد[٢٢و٢٣].

در این تحقیق اولا، کیفیت بافت دوواریته سیب زرد و قرمز لبنانی پس از یک دوره نگهداری طولانی در سردخانه های معمولی مورد ارزیابی قرار گرفته ثانیآ اختلاف کمی اندازه گیری دستگاه پنترومتر یا فشار سنج میوه که معمولا به صورت دستی اعمال نیرو می شود ودستگاه ماگنس تایلور که کاملا اتوماتیک وتوسط کامپیوتر اعمال نیرو وکنترل می گردد تعیین وبا یک دیگر مقایسه گردیده است

٢-مواد و روشها

٢-١-مواد: سیب: واریته زرد لبنانی (Golden delicous) و واریته قرمز لبنانی(Red delicous) تهیه شده از سردخانه طوس واقع در مشهد که در شرایط ١±٠ و رطوبت نسبی٥ ± ٨٥به مدت ٨ ماه نگهداری شده و آماده ورود به بازار مصرف بودند.

٢-٢- دستگاهها: دستگاه ماگنس تایلور یا QTS25 Texture Analyzer ساخت شرکت CNS Farnell دستگاه پنترومتر دستی یا فشارسنج میوه مدل-Effegi FT327 ساخت شرکت -Effegi ایتالیا

٢-٣-روش‌ها: از هر واریته سیب ٢٥-٢٠ نمونه هم شکل و هم اندازه و بدون هیچ‌گونه آسیب ناشی از ضربه

Archive of SID

www.SID.ir

فشار بیماری یا فساد تهیه شده و پس از شستشو و زدودن آلودگی‌های سطحی از هر دو طرف هر نمونه سیب بخشی از پوست (بزرگ‌تر از سطح ابزار اندازه‌گیری) توسط چاقوی مخصوص برداشته شد (روش Skin Off) و بطور جداگانه مورد آزمایش قرار گرفتند[۲٤].

اندازه گیری سختی بافت بوسیله پنترومتر دستی:با استفاده از پروب مخصوص سیب (میله‌ای استوانه‌ای شکل که به دستگاه متصل و دارای ۱۱ میلی‌متر قطر و ۸ میلی‌متر ارتفاع تا خط نشان برای فرو بردن بداخل بافت سیب) مطابق روش استاندارد توصیه شده پس از کالیبره نمودن هر نمونه سیب از هر دو طرف مورد آزمایش قرار گرفتند و اعداد برحسب نیرو محاسبه و ثبت گردیدند موقع انجام آزمایش سعی شد سرعت اعمال نیرو ٦۰ mm/min حفظ شود در کلیه مراحل سعی گردید هر دو آزمایش در شرایط مشابه و با ابزار و روشهای یکسان انجام گردد و تفاوت فقط در استفاده از انسان (آزمایش دستی)وماشین (دستگاه ماگنس تایلور) باشد[۲۵و۲٦].

۲-٤-اندازه‌گیری سختی بافت سیب بوسیله دستگاه ماگنس تایلور:

با استفاده از پروب مشابه (۱۱ میلی‌متر قطر و ۸ میلی‌متر ارتفاع) پس از نصب به دستگاه بافت‌سنج TA.QTS25 و کالیبره کردن آن با شرایط زیر مورد آزمایش قرار گرفتند[۲۷]

Probe: 5.16 inch (11mm) Diameter or Area
A=0.9499 cm2
3.75 inch (8mm) Dept or Distance D
Speed: 60 mm/min Trigger: Auto 5gr

۲-۵-طرح آماری:

برای اطمینان از حصول و دقت نتیجه‌گیری از طرح آماری بلوک کامل تصادفی به روش فاکتوریل استفاده شد. واریته های سیب زرد و قرمز لبنانی دردوسطح ودستگاههای پنترومتر دستی و ماگنس تایلور نیز در دو سطح و هرکدام در ده تکرار مورد ارزیابی آماری قرار گرفتند.

۲-٦-مشاهدات:

نیرو (F) برحسب نیوتون ، نیرو بر سطح F/A نیوتون بر مترمربع ، نیرو بر جابجایی(F/D) برحسب نیوتون بر میلی‌متر

کلیه آزمایشات با استفاده از آزمون ایجاد حفره یا Puncture Test و با برداشتن پوست Skin–Off انجام شدند.

۳-نتایج

تیمار واریته‌های سیب در دو سطح (زرد و قرمز لبنانی) و تیمار دستگاه‌های اندازه‌گیری نیز در دو سطح (پنترومتر دستی و دستگاه ماگنس تایلور) و هر کدام در تکرار در طرح بلوک کامل تصادفی به روش فاکتوریل تجزیه وتحلیل آماری گردید

بطوریکه در جدول ۱ ملاحظه می‌شود سطوح تکرارها و اثرات متقابل واریته‌های سیب در نوع دستگاه اندازه‌گیری در صفت مورد بررسی یعنی نیرو فاقد اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد هستند، اما واریته‌های سیب و نوع دستگاه هر دو دارای اختلاف کاملاً معنی‌دار آماری با احتمال ۹۵ درصد و خطای ۵ درصد می‌باشند

جدول ۱ تجزیه واریانس میزان نیرو (F) نیرو برسطح و نیروبر جابجائی بر بافت واریته‌های سیب توسط دو دستگاه بافت‌سنج

سطوح تیمار	درجه‌آزادی	میانگین مربعات F	میانگین مربعات F/A	میانگین مربعات F/D
سطوح تکرارها	۹	۱٦/۷۰۷$^{n.s}$	۱۸/٦۸۲$^{n.s}$	۱٦/۳٤۸$^{n.s}$
سطوح تیمارA واریته های سیب	۱	٤۸۰/٥۹٦ **	٥٤۷/۸۲۲**	٦/۱۹۷**
سطوح تیمار (B) دستگاهها	۱	۲۲٥/۳۸۸ **	۲۳۹./۸٥٥**	۳/۳٥۰**
سطوح اثرات متقابل A*B	۱	۱٦/٤۷٤۰$^{n.s}$	۱٥/۷٦۳$^{n.s}$	٦./۳٤۹$^{n.s}$
خطا	۲۷	۲٤/٥۷۳	۲٦/۱۲٦	۰/٤۰۸

** دارای اختلاف کاملاً معنی‌دار ،

* دارای اختلاف معنی‌دار ،

n.s فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح P≤۰/۰۵

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲ نتایج مقایسه میانگین کلسه سطوح واریته‌های سیب ، نوع دستگاه‌هاو اثرات متقابل آنها

میانگین‌های دارای حروف مشترک در یک ستون عمودی در سطح

واریته‌های سیبA	نیرو (F)نیوتون LSD= ۳/۲۱٦٤	نیرو بر سطح F/A نیوتون مترمربع LSD = ۳/۱٤۸	نیروبرجابجایی F/D نیوتون برمیلی‌متر LSD=./٤۱٤٤
قرمز لبنانی	٤۲/۹٥ a	٤٥/۳۱ a	٥/۳۷ a
زرد لبنانی	۳٦/۰۲ b	۳۷/۹۱ b	٤/٥۸ b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در یک ستون عمودی در سطح P≤۰/۰٥ با یکدیگر فاقد اختلاف معنی‌دار آماری هستند.

نوع دستگاهB	LSD= ۱/٥۳۹۸	LSD= ۳/۳۱٦٤	LSD=./٤۱٤٤
ماگنس تایلور	۳۷/۱۱b	۳۹/۱۷b	٤/٦۹b
پنترومتر دستی	٤۱/۸٦a	٤٤/۰٦a	٥/۲۷a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در یک ستون عمودی در سطح P≤۰/۰٥ با یکدیگر فاقد اختلاف معنی‌دار آماری هستند.

اثرات متقابل A*B	LSD=٤/٥٤٦۸	LSD=٤/٦۹۹	LSD= ./٥۸٦۱
قرمزلبنانی (ماگنس تایلور)	۳۹/۹۳b	٤۲/۲٤b	٤/۹۹b
قرمزلبنانی (پنترومتر دستی)	٤٥/۹٦a	٤۸/۳۹a	٥/۷٥a
زردلبنانی (ماگنس تایلور)	۳٤/۲۸c	۳٦/۰۹c	٤/۳۹b
زردلبنانی (پنترومتر دستی)	۳۷/۷٥bc	۳۹/۷۳bc	٤/۷۸b

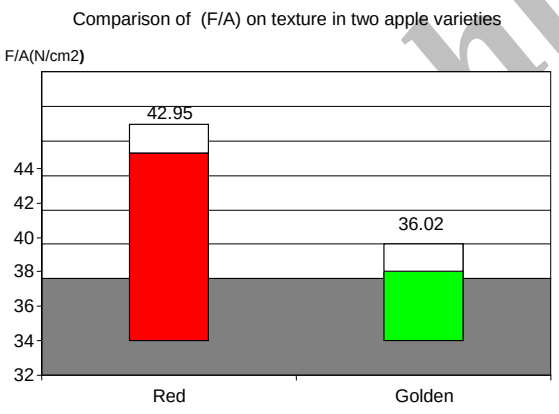
P≤۰/۰٥ با یکدیگر فاقد اختلاف معنی‌دار آماری هستند.

٤-بحث

از کلیه نتایج بدست آمده از طریق آزمون دانکن مقایسه میانگین به عمل آمده و میزان[1] L.S.D یا حداقل اختلاف معنی‌دار آماری نیز تعیین گردید.در این مرحله مقایسه سختی بافت دو واریته سیب زرد و قرمز لبنانی پس از یک دوره نگهداری در سردخانه و نیز فاکتورهای کیفی مربوط به سختی بافت بدست آمده توسط دو دستگاه مختلف و مقایسه دقت در اندازه‌گیری این دو دستگاه مدنظر بوده است

٥-واریته‌های سیب

بطوریکه در جدول ۲ وشکل۱ ملاحظه می‌شود، در بررسی میزان اعمال نیرو در واریته‌های سیب همواره سیب قرمز لبنانی دارای مقاومت بیشتری نسبت به واریته زیر لبنانی بوده و از ماندگاری بهتری برخوردار بوده است [۲۸-۳۲]. و هم‌چنین در بررسی اعداد بدست آمده از میزان نیرو بر سطح F/A و نیرو جابجایی که در اینجا اعمال نیرو در عمق ثابت ۸ میلی‌متر محاسبه شده است واریته قرمز لبنانی از استحکام بافت بهتری نسبت به واریته زرد لبنانی برخوردار بوده است.



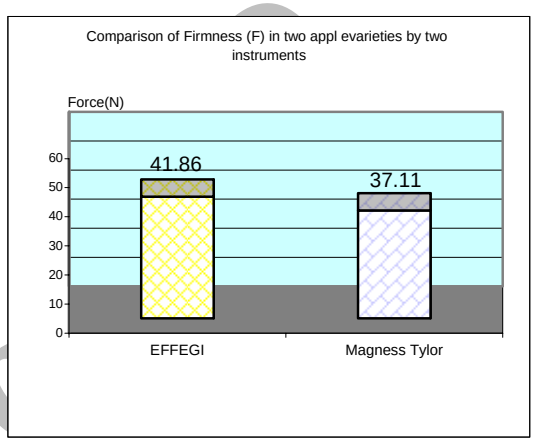
شکل ۱ مقایسه سختی بافت دو واریته سیب

٥-۱-نوع دستگاه (B): بطوریکه در جدول ۲وشکل۲ ملاحظه می‌شود اعداد بدست آمده در کلیه صفات

1.Last Significant Differences

www.SID.ir

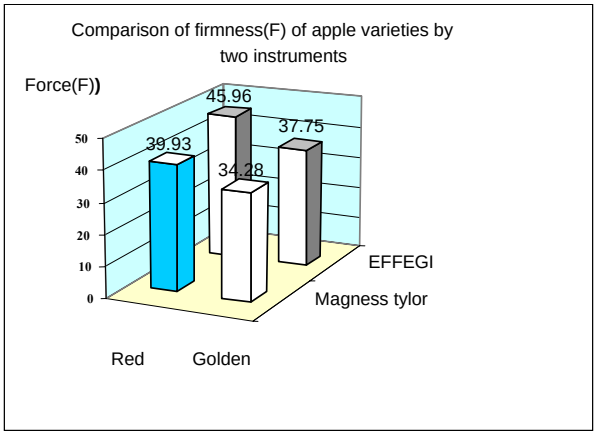
مورد بررسی شامل میزان نیرو (F) نیرو بر سطح F/A در دستگاه ماگنس تایلور کمتر از اعداد بدست آمده توسط پنترومتر دستی هستند و بین آنها اختلاف کاملاً معنی‌دار آماری وجود دارند بنابراین در بررسی کیفی مربوط به بافت میوه‌ها چنانچه با دستگاه‌های مختلف مورد آزمایش قرار می‌گیرند اعداد هر دستگاه را بایستی با نمونه‌های آزمایش شده توسط همان دستگاه مقایسه نمود و مقایسه اعداد بدست آمده توسط دستگاه‌های مختلف حتی در شرایط کاملاً مشابه ممکن است خطای تصمیم‌گیری ایجاد نماید [۳۳-۳۵].



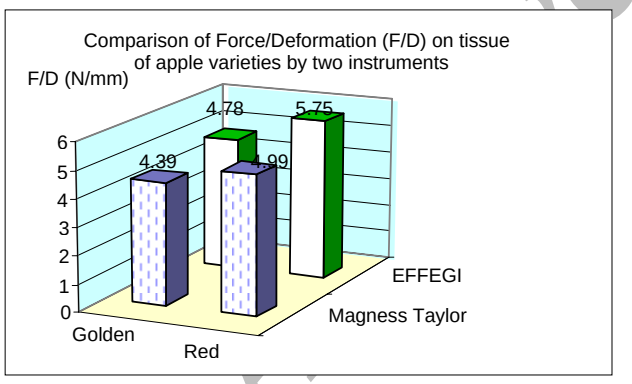
شکل ۲ مقایسه دقت دو دستگاه اندازه گیری سختی بافت سیب

۵-۲-اثرات متقابل واریته‌های سیب - نوع دستگاه(A*B):

مقایسه اعداد بدست آمده برای فاکتورهای کیفی مربوط به بافت شامل نیرو ، نیرو بر سطح و نیرو بر جابجایی باعمق برای دو واریته سیب توسط دو دستگاه نشان می‌دهد که: واریته سیب قرمز لبنانی با دستگاه پنترومتر دستی با دستگاه ماگنس تایلور همواره دارای اختلاف و مقادیر بدست آمده توسط پنترومتر دستی بطور معنی داری از مقادیر بدست آمده بافت توسط ماگنس تایلور در صفات مورد بررسی بیشتر است اما در سیب زرد لبنانی بین اعداد بدست آمده حاصل از آزمایش توسط دو دستگاه هیچگونه اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نمی‌شود.(شکل ۳و٤) لذا می‌توان نتیجه گرفت این اختلافات در مقادیر پایین تر از یک حد یا سیب‌های نرم‌تر جزئی و قابل اغماض می‌باشد. بعلاوه مقادیر بدست آمده از فاکتورهای کیفی مربوط به سختی بافت در واریته زرد لبنانی توسط هر دو دستگاه همواره از مقادیر بدست آمده از واریته قرمز لبنانی کمتر و نشان‌دهنده مقاومت کمتر و نرمی بیشتر سیب زرد لبنانی پس از یک دوره نگهداری در سردخانه می‌باشد.به عبارت دیگر واریته قرمز لبنانی دارای دوام انباری بهتری نسبت به واریته زرد لبنانی می‌باشد و این مسأله در هر دو دستگاه مورد تأیید قرار گرفته است[۳٦-٤۱].



شکل۳ مقایسه سختی بافت دو واریته سیب توسط دو دستگاه اندازه گیری



شکل٤ مقایسه میزان نیرو جابجائی (F/D) دوواریته سیب توسط دودستگاه اندازه گیری بافت

٦-نتیجه گیری

از آنجا که سیب یکی از مهم ترین محصولات باغی قابل نگهداری در سردخانه بوده و ازحجم تولید بسیار بالائی در کشور برخوردار می باشد بایستی در برداشت به موقع وحفظ کیفیت آن در طول نگهداری در سرد خانه دقت کافی مبذول

www.SID.ir

نموده و ازدستگاههای اندازه گیری مطمئن برای تعیین حدرسیدگی و زمان خروج از سردخانه جهت عرضه به بازار استفاده نمود. علاوه براین هرگونه آزمایش توسط یک دستگاه و درشرایط مشابه انجام گرفته و حتی الامکان از دستگاه ماگنس تایلور که دارای دقت بیشتری است استفاده نمود.

۷-تشکر وقدردانی

بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان که در تامین منابع مالی این طرح پژوهشی ما را یاری نمود اند صمیمانه قدردانی و تشکر می گردد.

۸-منابع

[1]Bourne, M. C. 1980. Texture evaluation of horticultural crops. HortScience 15:51-57.

[2]Bourne, M.C. 1982. Food Texture and Viscosity; Concept and Measurement. First. Ed. Book, Chap.1 Texture, Viscosity and Food. 415 pp. Academic Press, New York.

[3]Bourne, M. C. 2002. Food Texture and Viscosity Concept and measurement, Second Ed. Book, Chap.1 Texture, Viscosity and Food. 415 pp, Academic Press. Pub

[4]Delwiche, M. J., S. Tang and J. J. Mehlschau. 1989. An impact force response fruit firmness sorter. Trans. Am. Soc. Agr. Eng. 32:321-326.

[5]Diehl, K.C., D.D. Hamann and J.K. Whitfield. 1979. Structural failure in selected raw fruits and vegetables. J. Texture Studies 10:371-400.

[6]Sherman, P. 1969. A texture profile of foodstuffs based upon well-defined rheological properties. J. Food Sci. 34:458-462.

[7]Bajema, R.W. and G.M. Hyde. 1998. Instrumented pendulum for impact characterization of whole fruit and vegetable specimens. Trans. Am. Soc. Agr. Eng. 41:1399-1405.

[8]Chen, P., M. Ruiz-Altisent and P. Barreiro. 1996. Effect of impacting mass on firmness sensing of fruits. Trans. Am. Soc. Agr. Eng. 39:1019-1023.

[9]Chen, P. and Z. Sun. 1991. A review of non-destructive methods for quality evaluation and sorting of agricultural products. J. Agr. Eng. Res. 49:85-98.

[10]Harker, F.R. and P.W. Sutherland. 1993. Physiological changes associated with fruit ripening and the development of mealy texture during storage of nectarines. Postharv. Biol. Technol. 2:269-277.

[11]Armstrong, P., H.R. Zapp and G.K. Brown. 1990. Impulsive excitation of acoustic vibrations in apples for firmness determination. Trans. Am. Soc. Agr. Eng. 33:1353-1359.

[12]ASAE. 2000. Compression Test of Food Materials of Convex Shape. ASAE Standard 368.4. Am. Soc.Agr. Eng., St. Joseph, MI.

[13]Blanpied, G.D., W.J. Bramlage, D.H. Dewey, R.L. LaBelle, L.M. Massey Jr, G.E. Mattus, W.C. Stiles and A.E. Watada. 1978. A standardized method for collecting apple pressure test data. N.Y. Food and Life Sciences Bull. No. 74.

[14]Bourne, M.C.1965.Studies on punch testing of apples.FoodTech.19:413-415.

[15]Bourne, M.C. 1968. Texture profile of ripening pears.J. Food Sci. 33:223-226.

[16]Bourne, M.C. 1974. Comparison of results from the use of the Magness-Taylor pressure tip in hand- and machine-operation. J. Texture Studies 5:105-108.

[17]Abbott, J.A., A.E. Watada and D.R. Massie. 1976. Effe-gi, Magness-Taylor, and Instron fruit pressure testing devices for apples, peaches, and nectarines. J. Am. Soc. Hort. Sci. 101:698-700.

[18]Harker, F.R. and I.C. Hallett. 1992. Physiological changes associated with development of mealiness of apple fruit during cool storage. HortScience 27:1291-1294.

[19]Harker, F.R., J.H. Maindonald, P.J. Jackson. 1996. Penetrometer measurement of apple and kiwifruit firmness: operator and instrument differences. J. Am. Soc. Hort. Sci.121:927-936.

[20]Harker, F.R., R.J. Redgwell, I.C. Hallett and S.H. Murray. 1997. Texture of fresh fruit. Hort. Rev. 20:121-224.

[21]Abbott, J.A., H.A. Affeldt and L.A. Liljedahl. 1992. Firmness measurement of

Archive of SID

www.SID.ir

stored 'Delicious' apples by sensory methods, Magness-Taylor, and sonic transmission. J. Am. Soc. Hort. Sci. 117:590-595.

[22]Delwiche, M.J., T. McDonald and S.V. Bowers. 1987. Determination of peach firmness by analysis of impact force. Trans. Am. Soc. Agr. Eng. 30:249-254.

[23]Kattan, A. A. 1957. Changes in color and firmness during ripening of detached tomatoes, and the use of a new instrument for measuring firmness. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 70:379-383.

[24]Chang, D.N. 1987. Asparagus. In: J. Weichmann (ed) Postharvest physiology of vegetables. M. Dekker, NY, pp. 523-525.

[25]Diehl, K.C. and D.D. Hamann. 1979. Relationships between sensory profile parameters and fundamental mechanical parameters for raw potatoes, melons and apples. J. Text. Stud. 10:401-420.

[26]De Belie, N., S. Schotte, P. Coucke and J. de Baerdemaeker. 2000. Development of an automated monitoring device to quantify changes in firmness of apples during storage. Postharv. Biol. Technol. 18:1-8.

[27]Meilgaard, M., G.V. Civille and B. T. Carr. 1999. Sensory evaluation techniques. CRC Press.

[28]Conway, W.S., C.E. Sams, C.Y. Wang and J.A. Abbott. 1994. Additive effects of postharvest calcium and heat treatment on reducing decay and maintaining quality in apples. J. Am. Soc. Hort. Sci. 119:49-53.

[29]Glenn, G.M. and B.W. Poovaiah. 1990. Calcium-mediated postharvest changes in texture and cell wall structure and composition in 'Golden Delicious' apples. J. Am. Soc. Hort. Sci. 115:962-968

[30]Khan, A.A. and J.F.V. Vincent. 1993. Compressive stiffness and fracture properties of apple and potato parenchyma. J. Texture Studies. 24:423-435.

[31]Abbott, J.A., G.S. Bachman, N.F. Childers, J.V. Fitzgerald and F.J. Matusik. 1968. Sonic techniques for measuring texture of fruits and vegetables. Food Technol. 22:101-112.

[32]Abbott, J.A. and R. Lu. 1996. Anisotropic mechanical properties of apples. Trans. Am. Soc.Agr. Eng. 39:1451-1459.

[33]Abbott, J.A., R. Lu, B.L. Upchurch and R.L. Stroshine. 1997. Technologies for nondestructive quality evaluation of fruits and vegetables.Hort. Rev. 20:1-120.

[34]Ahrens, M.J. and D.J. Huber. 1990. Physiology and firmness determination of ripening tomato fruit. Physiol. Plant. 78:8-14.

[35]Cho, Y.J., Y.J. Han. 1999. Nondestructive characterization of apple firmness by quantitation of laser scatterCheng, Y. and C.G. Haugh. 1994. Detecting hollow heart in potatoes using ultrasound.Trans.Am.Soc.Agr.Eng.37:217-222.

[36]Kader, A.A., L.L. Morris and P. Chen. 1978. Evaluation of two objective methods and a subjective rating scale for measuring tomato fruit firmness. J. Am. Soc. Hort. Sci. 103:70-73.

[37]Peleg, K. 1999. Development of a commercial fruit firmness sorter. J. Agric. Eng. Res. 72:231-238

[38]Peleg, M., L. Gomez Brito and Y. Malevski. 1976. Compressive failure patterns of some juicy fruits. J. Food Sci. 41:1320-1324.

[39]Tong, C., D. Krueger, Z. Vickers, D. Bedford, J. Luby, A. El-Shiekh, K. Schackel and H. Ahmadi. 1999. Comparison of softening-related changes during storage of 'Honeycrisp' apple, it parents, and 'Delicious'. J. Am. Soc. Hort. Sci. 124:407-415.

Archive of SID

www.SID.ir