

خواص مکانیکی کله قند (۳۴۴)

سید حبیب اله هاشمی فرد دهکردی^۱، سینا مودتی^۲، جواد خزایی^۳، جواد رضایی فر^۴

چکیده

در این مطالعه، خواص مکانیکی کله قند به منظور ساخت دستگاه قند شکن تعیین گردید. به این منظور نمونه های مکعبی شکلی از کله قند که با ابعاد ۵۰ × ۵۰ × ۲۰ میلی متر توسط یک موتور بادی تهیه شدند، برای انجام تست ها انتخاب گردیدند. در این تحقیق از آزمایش فاکتوریل (با سه فاکتور) در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار استفاده گردید. فاکتورها به ترتیب، نوع قند در دو سطح (نرم و سفت)، ناحیه نمونه گیری در سه سطح (بالا، وسط و پایین) و سرعت بارگذاری در سه سطح (۱/۲۴، ۵۰ و ۱۰۰ میلی متر بر دقیقه) بودند. کلیه تست ها به وسیله دستگاه تست اینسترون با لود سل ۵۰۰ نیوتن و دقت ۰/۱ نیوتن انجام شد. در سرعت ۱/۲۴ میلی متر بر دقیقه، تأثیر نوع و نواحی کله قند بر خواص مکانیکی آن بررسی شد. کلیه تست ها به وسیله دستگاه تست اینسترون انجام شد. در سرعت بارگذاری ۱/۲۴ میلی متر بر دقیقه، در هر دو نوع قند، مقادیر نیروی شکست از ۱۳۲/۸ تا ۲۱۲/۱ برای قند نرم و از ۱۹۸/۲ تا ۲۴۲/۹ نیوتن برای قند سفت، انرژی شکست از ۲۲/۹ تا ۳۴/۶ برای قند نرم و از ۳۶/۱ تا ۴۴/۲ میلی ژول برای قند سفت، مدول الاستیسیته از ۳۷/۹ تا ۶۴/۵ برای قند نرم و از ۴۹/۶ تا ۸۴/۷ مگاپاسکال برای قند سفت تغییر کردند. توان مورد نیاز شکست، چقرمگی و استحکام از پایین به بالای کله قند نیز روند افزایشی پیدا کرد. نوع قند اثر معنی داری روی پارامترهای فوق داشت. با افزایش سرعت بارگذاری از ۱/۲۴ تا ۱۰۰ میلی متر بر دقیقه، میانگین نیرو و انرژی شکست به ترتیب از ۱۶۶/۱۵ تا ۱۰۵ نیوتن و ۲۷/۱ تا ۲۸ میلی ژول تغییر یافتند. توان مصرفی و مدول الاستیسیته نیز از ۱/۶۷ تا ۱۰۳ وات و ۴۸ تا ۱۶/۷ مگا پاسکال تغییر یافتند.

کلیدواژه: خواص مکانیکی، کله قند، تست فشار، مدول الاستیسیته، شکست

۱- دانشجوی کارشناسی رشد مکانیک اشین های کشاورزی دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان، پست الکترونیک: Smavaddati@Gmail.com

۳- استادیار گروه مکانیک اشین های کشاورزی دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان

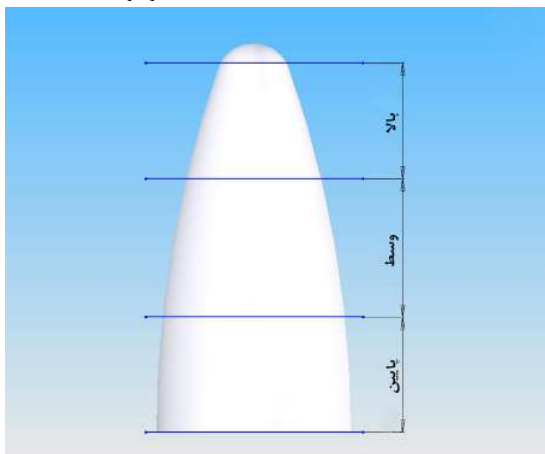
۱- مقده

در مفاهیم علمی واژه قند اشاره به ساکاروز (دی ساکارید سفید کریستالی) دارد. در این مطالعه واژه قند به معنای منشور قند می‌باشد. قند از چغندر قند و نیشکر استحصال می‌شود. نیشکر در شمال شرق هند از ۶۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح کشت می‌شد. در اواخر قرن هجدهم تولید مکانیزه قند آغاز شد [۱۱]. بزرگترین تولید کنندگان قند در دنیا برزیل، هند، چین، ایالات متحده آمریکا، تایلند و مکزیک هستند. تولید جهانی قند در سال ۲۰۰۷ به طور متوسط حدود ۱۵۰ میلیون تن بوده که سهم برزیل از این میزان تولید حدود بیست و دو درصد بوده است [۱۲]. با توجه به افزایش روزافزون مصرف قند (به میزان حدود ۵۰ میلیون تن از سال ۱۹۶۰ تا حدود ۱۵۰ میلیون تن در سال ۲۰۰۸) [۱۲]، شاهد اتلاف مقادیر زیادی از قند تولیدی طی مراحل فراوری هستیم. مهمترین دلیل برای این تلفات، غیر مکانیزه بودن و استفاده از تکنولوژی قدیم در طی فراوری قند می‌باشد. تعیین برخی خواص مکانیکی کله قند بمنظور طراحی دستگاه قند شکن ضروری است. تاکنون مطالعه‌ای بر روی خواص مکانیکی کله قند صورت نگرفته است. بهمین منظور، در این تحقیق سعی بر آن شده تا تغییرات نیرو، تغییر شکل، توان و انرژی شکست، مدول الاستیسیته و سختی قند در شرایط شبه استاتیکی، بررسی شود.

۲- مواد و روشها:

۱-۲- مواد

در این مطالعه، دو نوع مختلف کله قند، نرم و سفت، برای انجام آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت. کله قندهای مورد استفاده برای انجام تست، از کارخانه قند دماوند تهران تهیه شد. برای برش کله قند و جلوگیری از ایجاد ترک و شکاف در نمونه ها، طی مراحل تهیه، از یک موتور بادی با سرعت دورانی ۲۳۰۰۰ دور در دقیقه که توسط کمپرسور باد با فشار ۶/۳ بار بحرکت درمی‌آمد، استفاده شد. برای برش نمونه ها، یک تیغه دایره ای به قطر ۶۰ میلیمتر و ضخامت ۰/۲ میلیمتر بر روی موتور نصب شد. برای نگه داشتن این موتور از فک دستگاه فرز (که ساکن بود) استفاده گردید (شکل ۱.الف). گیره نگهدارنده قند نیز بر روی میز دستگاه متصل گردید و بدین ترتیب امکان هدایت دقیق و کنترل شده قند به سمت تیغه برش فراهم شد. هر نمونه کله قند به سه قسمت بالا، وسط و پایین تقسیم شد (شکل ۱.ب). سپس از هر قسمت تعدادی مکعب با ابعاد ۲۰ × ۵ × ۵ میلیمتر بریده شد.



شکل ۱.ب. شماتیک نواحی کله قند

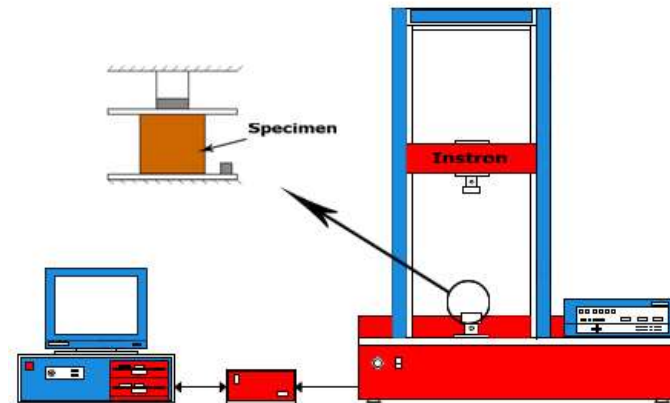


شکل ۱.الف. مکانیزم مورد استفاده برای تهیه نمونه ها

نمونه های مکعبی قند در کارگاه پردیس ابوریحان دانشگاه تهران تهیه شد. کلیه تستها در مرکز تحقیقات فناوری و مهندسی کشاورزی کرج انجام شد. از بین نمونه های تهیه شده ۷۲ نمونه منشور مکعبی که فاقد هرگونه ترک بودند، برای انجام تستها انتخاب گردید. در این تحقیق از آزمایش فاکتوریل (با سه فاکتور) در قالب طرح کاملاً تصادفی^۱ با چهار تکرار استفاده گردید. فاکتورها به ترتیب، نوع قند در دو سطح (نرم و سفت)، ناحیه نمونه گیری در سه سطح (بالا، وسط و پایین) و سرعت بارگذاری در سه سطح (۱/۲۴، ۵۰ و ۱۰۰ میلیمتر بر دقیقه) بودند. کلیه تستها بوسیله دستگاه تست اینسترون با لود سل ۵۰۰ نیوتن و دقت ۰/۱

^۱CRD (Completely randomized design)

نیوتن انجام شد. در سرعت ۱/۲۴ میلیمتر بر دقیقه، تأثیر نوع و نواحی کله قند بر خواص مکانیکی آن بررسی شد. همچنین تأثیر سرعت بر روی نیروی شکست، توان و انرژی شکست، مدول الاستیسیته و سختی برای کله قند نوع نرم بررسی شد.

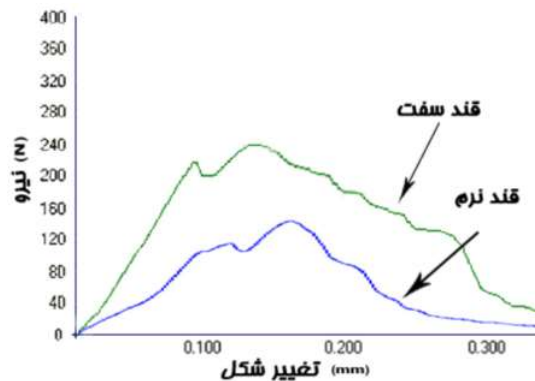


شکل ۲. طرحواره دستگاه اینسترون

نمونه های مکعبی به صورت قائم بر روی میز دستگاه تست اینسترون قرار داده شد. سپس فک متحرک دستگاه با سرعت مشخص به سمت پایین حرکت کرده و نمونه را تحت فشار محوری قرار می دهد. نیرو محوری وارده و تغییر شکل نمونه در هر لحظه توسط کامپیوتر ذخیره گردیده و نمودار نیرو- تغییر شکل توسط نرم افزار مربوطه ترسیم شد. نمودار نیرو- تغییر شکل به عنوان مثال در شکل ۳ نشان داده شده است. اولین ماکزیمم نیروی نشان داده شده در هر منحنی بیانگر نیروی شکست نمونه است. از محاسبه سطح زیر منحنی نمودار مذکور، با استفاده از رابطه (۱) انرژی شکست منشور قند محاسبه شد.

$$E_a = \int F \cdot dx = n \cdot f \quad \text{رابطه (۱)}$$

که E_a انرژی مصرفی برای شکست (میلی ژول)، F نیروی فشاری (نیوتن)، X جابجایی فک متحرک دستگاه (میلی متر) و n تعداد المان های زیر نمودار نیرو- تغییر شکل است.



شکل ۳. نمودار نیرو- تغییر شکل برای دو نمونه قند

چگرمگی^۱ نمونه از تقسیم انرژی مصرفی تا نقطه شکست توسط منشور قند بر حجم نمونه به دست می آید که از طریق رابطه (۲) محاسبه می شود.

$$T = \frac{E_a}{V_1} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که T بیانگر چگرمگی نمونه (میلی ژول بر میلی متر مکعب) و V_1 حجم منشور قند (میلی متر مکعب) است. استحکام^۱ منشور قند در نقطه شکست با استفاده از رابطه (۳) به دست می آید.

^۱ Toughness

$$Q = \frac{F}{D} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که Q معرف استحکام (نیوتن بر میلی متر) و D تغییر شکل نمونه تا نقطه شکست (میلی متر) می باشد. برای محاسبه توان مورد نیاز جهت شکستن منشور قند می توان از رابطه (۴) استفاده کرد.

$$P = \frac{E_a \cdot V}{60000 D} \quad \text{رابطه (۴)}$$

که P توان مورد نیاز جهت شکست منشور قند (وات) و V سرعت بارگذاری (میلی متر بر دقیقه) است. مدول الاستیسیته، یک شاخص برای بیان صلبیت^۲ منشور قند است. در این مطالعه از روش بارگذاری فشاری محوری برای تعیین این شاخص استفاده شد. برای محاسبه مدول الاستیسیته می توان از رابطه (۵) استفاده نمود.

$$E = \frac{F \ell}{\delta A} \quad \text{رابطه (۵)}$$

که E مدول الاستیسیته نمونه (مگاپاسکال)، F بار اعمال شده بر روی نمونه (نیوتن)، l طول نمونه تحت بارگذاری (میلی متر)، δ کرنش محوری و A سطح مقطع نمونه (میلی متر مربع) است. (برقی و خزایی ۲۰۰۲، الانیان و اجه ۲۰۰۲، ورساوس و اوزگوون ۲۰۰۴، ورساوس و اوزگوون ۲۰۰۵ و ترکان اکتاس و همکاران ۲۰۰۷)

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نیروی شکست

نیروی شکست از پایین قند به سمت بالا از ۱۳۲/۹ تا ۲۱۲/۱ نیوتن برای قند نرم و از ۱۹۸/۲ تا ۲۴۳ نیوتن برای قند سفت افزایش داشت (شکل ۴ و ۵). با توجه به جدول تجزیه واریانس متغیرها (جدول ۱) اثر فاکتور ناحیه نمونه گیری در سطح یک درصد ($P=0/002$)، و اثر فاکتور سرعت بارگذاری در سطح پنج درصد ($P=0/0211$) معنی دار شد. با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین به روش دانکن^۳، اثر نواحی بالا و وسط کله قند روی نیروی شکست بیشتر از ناحیه پایین کله قند بود. یکی از دلایل این مطلب می تواند بالا بودن چگالی در نوک کله قند به علت نوع فرایند تولید باشد. همچنین اثر سرعت بارگذاری ۱/۲۴ روی نیروی شکست بیشتر از سرعت های ۵۰ و ۱۰۰ می باشد. با افزایش سرعت بارگذاری نیروی شکست کاهش یافت که با نتایج ارائه شده توسط هنری و همکاران [۱۳] در تناقض است که این امر ممکن است به خاطر ساختار شکننده قند باشد.

۳-۲- انرژی شکست

روند افزایشی انرژی از پایین به بالای کله قند برای هر دو نوع قند واضح بود. انرژی مورد نیاز شکست قند سفت تقریباً ۱/۷ برابر قند نرم بود. نتایج تجزیه واریانس متغیرها نشان داد که اثر فاکتور ناحیه نمونه گیری و اثر فاکتور سرعت بارگذاری معنی دار نیست، ولی اثر نوع قند در سطح پنج درصد روی انرژی شکست معنی دار شد. نتایج این قسمت مشابه نتایج بدست آمده توسط اکتاس و همکاران (۲۰۰۷) بود. اکتاس نشان داد واریته بادامی که پوست سخت تر دارد انرژی شکست بیشتری نیاز دارد.

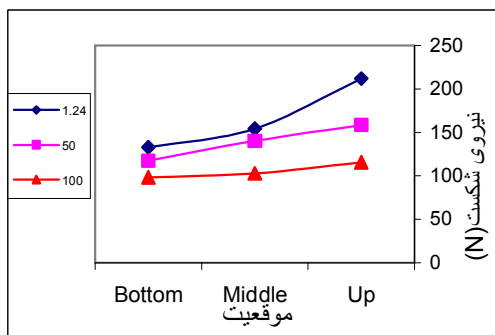
جدول ۱. درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	سطح احتمال
سفتی (f)				
تیمار	۷۱۳۰۶۸	۸۹۱۲۳	۲٫۶۵	۰٫۰۴۱۲
مکان (p)	۵۴۷۶۸۳	۲۷۳۸۴۱	۸٫۱۳	۰٫۰۰۳۱
سرعت (v)	۱۰۱۴۹۰	۵۰۷۴۵	۱٫۵۱	۰٫۲۴۸۵
(v * p)	۶۳۸۹۵	۱۵۹۷۳	۰٫۴۷	۰٫۷۵۴۲
خطا	۶۰۶۵۵۶	۳۳۶۹۷		
سختی (T)				
تیمار	۷۸۵۴	۹۸۱٫۸	۵٫۸۶	۰٫۰۰۰۹

۱ Firmness

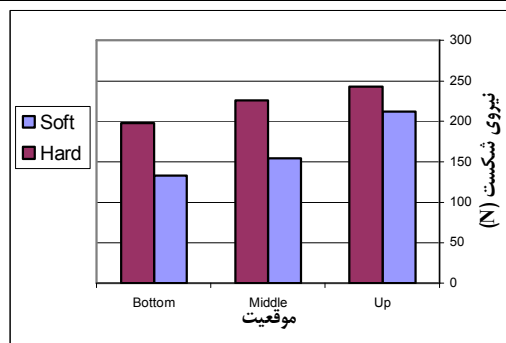
۲ Stiffness

۳ Duncan's multiple range test

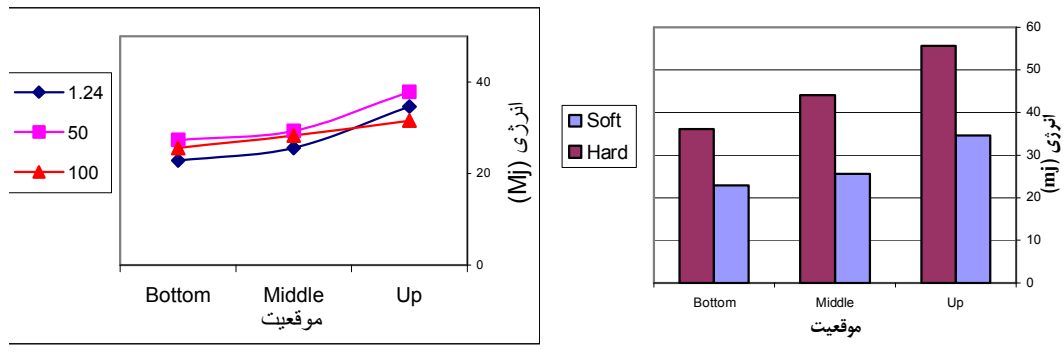
مکان (p)	۲	۵۴۱۵	۲۷۰۷،۸	۱۶،۱	۰،۰۰۱
سرعت (v)	۲	۴۸۴	۲۴۲،۳	۱،۴۵	۰،۲۶۱۶
(v * p)	۴	۱۹۵۴	۴۸۸،۵	۲،۹۲	۰،۰۵۰۷
خطا	۱۸	۳۰۱۶	۱۶۷،۵		
مدول الاستیسیته (Mpa)					
تیمار	۸	۷۸۵۴	۹۸۱/۸	۵/۸۶	۰/۰۰۰۹
مکان (p)	۲	۵۴۱۵	۲۷۰۷	۱۶/۱۶	۰/۰۰۰۱
سرعت (v)	۲	۴۸۴	۲۴۲/۳	۱/۴۵	۰/۲۶۱۶
(v * p)	۴	۱۹۵۴	۴۸۸/۵	۲/۹۲	۰/۰۵۰۷
خطا	۱۸	۳۰۱۶	۱۶۷/۶		
منابع					
درجه آزادی	مجموع	میانگین	F	سطح	تغیرات
توان (p)	مریعات	مریعات	احتمال		
تیمار	۸	۵۰۹۶۴	۶۳۷۰،۵	۲۹،۳۰	۰،۰۰۱
مکان (p)	۲	۴۶۹۳۹	۲۳۴۶۹	۱۰۷،۹	۰،۰۰۱
سرعت (v)	۲	۲۶۶۴	۱۳۳۲،۱	۶،۱۳	۰،۰۰۹۳
(v * p)	۴	۱۳۶۱	۳۴۰،۳	۱،۵۷	۰،۲۲۶۴
خطا	۱۸	۳۹۱۳	۲۱۷،۴		
انرژی (E)					
تیمار	۸	۵۳۹،۹	۶۷،۴	۰،۵۷	۰،۷۹۲۷
مکان (p)	۲	۷۳،۲	۳۶،۶	۰،۳۱	۰،۷۳۹۸
سرعت (v)	۲	۴۲۷،۴	۲۱۳،۷	۱،۷۹	۰،۱۹۵۶
(v * p)	۴	۳۹،۲	۹،۸۲	۰،۰۸	۰،۹۸۶۸
خطا	۱۸	۲۱۴۹،۹	۱۱۹		
نیرو (N)					
تیمار	۸	۳۰۱۹۶	۳۷۷۴	۴،۰۱	۰،۰۰۶۸
مکان (p)	۲	۱۶۸۳۶	۸۴۱۸	۸،۹۵	۰،۰۰۲۰
سرعت (v)	۲	۹۰۶۵،۱	۴۵۳۳،۵	۴،۸۲	۰،۰۲۱۱
(v * p)	۴	۴۲۹۴،۸	۱۰۷۳،۷	۱،۱۴	۰،۳۶۸۶
خطا	۱۸	۱۶۹۲۳	۹۴۰،۱		



شکل ۵. اثر موقعیت و سرعت بارگذاری روی نیرو



شکل ۴. نمودار نیروی شکست منشور قند

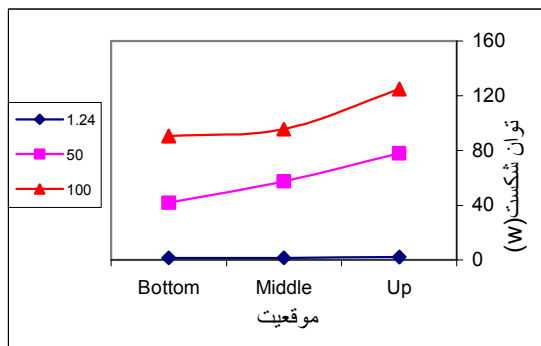


شکل ۷. اثر موقعیت و سرعت بارگذاری روی انرژی

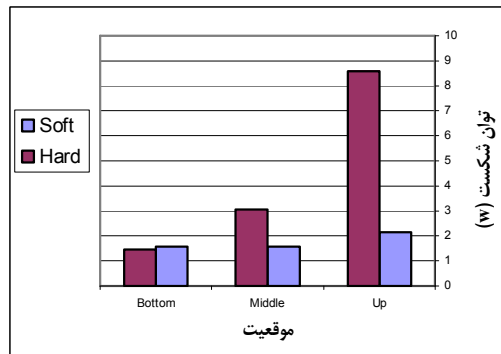
شکل ۶. نمودار تغییرات انرژی منشور قند

۳-۳- توان

تفاوت قابل ملاحظه ای بین توان مورد نیاز شکست بین قند سفت و نرم مشاهده شد. برای قند نرم توان در همه نواحی کله قند، تقریباً یکسان و معادل ۱/۶ وات بوده است، در حالی که برای قند سفت توان شکست از پایین به بالا افزایش چشمگیری از ۱/۴ تا ۸/۶ وات داشت. با توجه به جدول تجزیه واریانس متغیرها، اثر فاکتور ناحیه نمونه گیری در سطح یک درصد ($P=0.0001$)، و اثر فاکتور سرعت بارگذاری نیز در سطح یک درصد ($P=0.0093$) معنی دار شد. با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین به روش دانکن، اثر نواحی بالا و وسط کله قند روی توان شکست بیشتر از ناحیه پایین کله قند بود.



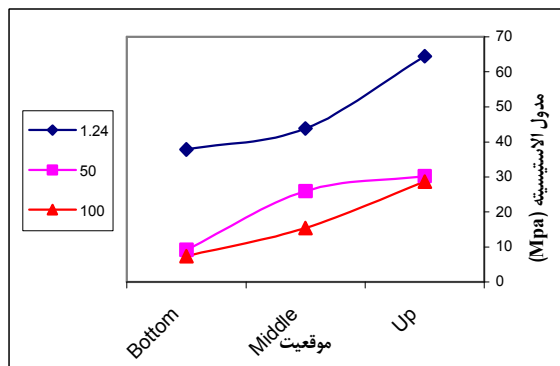
شکل ۹. اثر موقعیت و سرعت بارگذاری روی توان



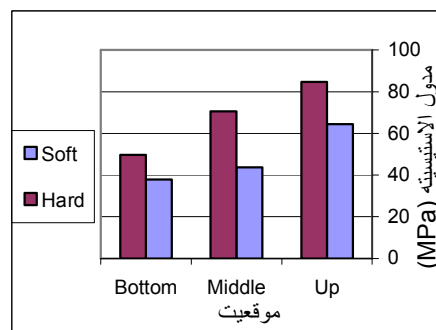
شکل ۸. نمودار تغییرات توان شکست مشور قند

۳-۴- مدول الاستیسیته

مدول الاستیسیته از پایین قند به سمت بالا از ۳۷/۴ تا ۶۴/۴ مگاپاسکال برای قند نرم و از ۴۹/۲ تا ۸۴/۹ مگاپاسکال برای قند سفت افزایش داشت (شکل ۱۰ و ۱۱). با توجه به جدول تجزیه واریانس متغیرها اثر ناحیه نمونه گیری در سطح یک درصد ($P=0.0001$) معنی دار شد ولی اثر فاکتور سرعت بارگذاری تاثیر معنی داری بر روی مدول الاستیسیته نداشت. با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین به روش دانکن، اثر ناحیه بالای کله قند روی مدول الاستیسیته بیشتر از نواحی وسط پایین کله قند بود. با افزایش سرعت بارگذاری از ۱،۲۴ تا ۱۰۰ میلیمتربردقیقه، میانگین مدول الاستیسیته از ۳۴/۱ به ۲۳/۷۳ مگاپاسکال کاهش یافت.



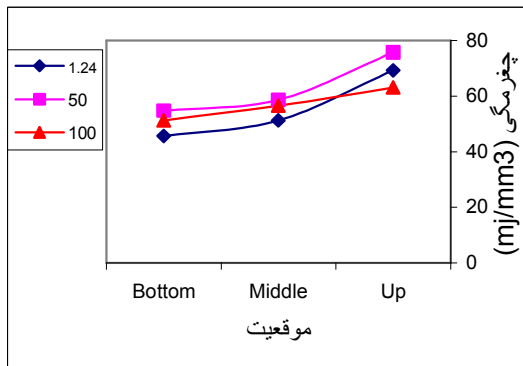
شکل ۱۱. اثر موقعیت و سرعت بارگذاری روی مدول الاستیسیته



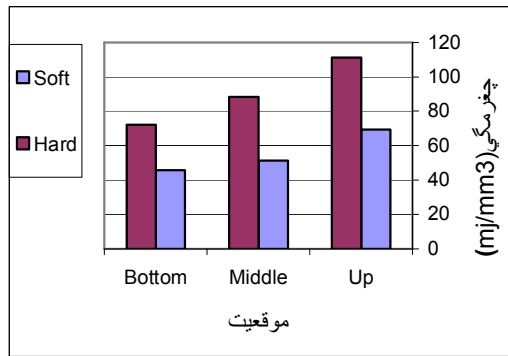
شکل ۱۰. نمودار تغییرات مدول الاستیسیته مشور قند

۳-۵- چگرمگی

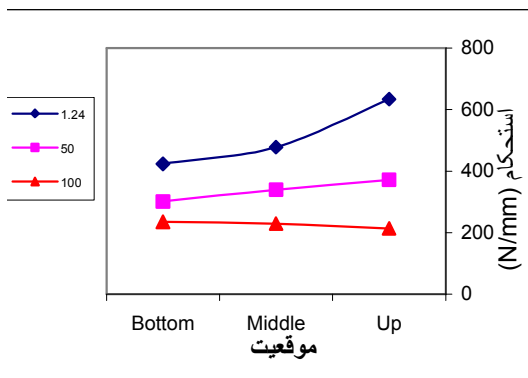
مقدار چگرمگی قند سفت از پایین به بالا از ۷۲/۱ تا ۱۱۱ میلی ژول بر میلی متر مکعب و برای قند نرم از ۴۵/۸ تا ۶۸/۷ میلی ژول بر میلی متر مکعب افزایش داشتند. مقادیر چگرمگی برای قند سفت بیشتر از قند نرم بود. سرعت بارگذاری و مکان نمونه گیری هیچ کدام اثر معنی داری بر روی مقدار چگرمگی نداشت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین به روش دانکن نشان داد که چگرمگی ناحیه مرکزی کله قند از دو ناحیه دیگر بیشتر است، همچنین با افزایش سرعت بارگذاری از ۱/۲۴ تا ۱۰۰ میلیمتربردقیقه، میانگین چگرمگی از ۰/۰۶۹ تا ۰/۰۵۰۵ میلی ژول بر میلی مترمربع کاهش یافت.



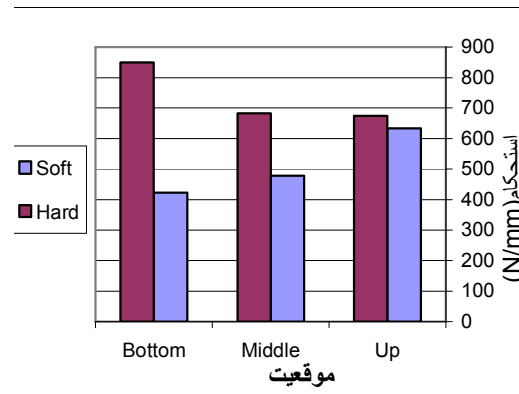
شکل ۱۳. اثر موقعیت و سرعت بارگذاری روی چقرمگی



شکل ۱۲. نمودار تغییرات چقرمگی منشور قند



شکل ۱۵. اثر موقعیت و سرعت بارگذاری روی استحکام



شکل ۱۴. نمودار تغییرات استحکام منشور قند

۳-۶- استحکام

مقدار استحکام قند سفت از پایین به بالا از ۸۴۰ تا ۶۶۰ میلی ژول بر میلی متر مکعب و برای قند نرم از ۴۱۱ تا ۶۳۰/۲۵ میلی ژول بر میلی متر مکعب تغییر یافتند. سرعت بارگذاری اثر معنی داری بر روی مقدار استحکام نداشت ولی مکان نمونه گیری اثر معنی داری بر روی مقدار استحکام داشت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین به روش دانکن نشان داد که اثر ناحیه بالای کله قند بر روی استحکام بیشتر از دو ناحیه دیگر است.



منابع

- 1- Anzaldua-Morales, A., Bourne, M. C., & Shomer, I. (1992). Cultivar, specific gravity and location in tuber affect puncture force of raw potatoes. *Journal of Food Science*, 57, 1353–1356.
- 2- Shelef, L. and N.N. Mohsenin. 1967. Evaluation of the modulus of elasticity of wheat grains. *Cereal Chem*, 44: 392-402.
- 3- Arnold, P. C., and A. W. Roberts. 1969. Fundamental aspects of load-deformation behavior of wheat grains. *Trans. of the. ASAE*. 18(1):104-108
- 4- Arnold, P. C., and A. W. Roberts. 1966. Stress distributions in loaded wheat grains. *J. agric. Engineering. Res.* 11(1):38-43.
- 5- Shelef, L. and N.N. Mohsenin. 1967. Evaluation of the modulus of elasticity of wheat grains. *Cereal Chem*, 44: 392-402.
- 6- Timbers, G. E., L.M. Staley, and L.Watson. 1965. Determining modulus of elasticity in agricultural products by loaded plungers. *Agricultural Engineering*. 2: 274-275.
- 7- KHAZAEI, J., RASEKH, M. and BORGHEI, A.M. 2001. Physical and mechanical properties of almond and its kernel related to cracking and peeling. *Proceedings of the 30th International Symposium on Agricultural Engineering, Opatija, Croatia*, pp. 353–365.
- 8- OLANIYAN, A.M. and OJE, K. 2002. Some aspects of the mechanical properties of shea nut. *Biosyst. Eng.* 81(4), 413–420.
- 9- VURSAVUS, K. and OZGUVEN, F. 2004. Mechanical behavior of apricot pit under compression loading. *J. Food Eng.* 65, 255–261.
- 10- VURSAVUS, K. and OZGUVEN, F. 2005. Some physical, mechanical and aerodynamic properties of pine (*Pinus pinea*) nuts. *J.Agric. Eng. Res.* 68(2), 191–196. <http://en.wikipedia.org/wiki/Food>
- 12-<http://www.illovosugar.com/index.asp> 13- Zachary A. Henry¹; Baoyi Su²; Haibing Zhang³. Resistance of Soya Beans to Compression.

Mechanical properties of sugarloaf

S. H. Hashemifard, S. Mavaddati J. Khazaei , J. Rezaeifar.

Abstract:

Knowledge of the mechanical properties of Sugarloaf is considered to be necessary to design cracking and other processing machines. Although there are a large published works on the mechanical properties of agricultural products, information on the mechanical properties of Sugarloaf is not available. In this study, rupture force, rupture energy and power, toughness, firmness and modulus of elasticity of Sugarloaf under uni-axial compression were studied. Test were conducted on beam specimens (with dimension 5· 5· 20 mm) of Sugarloaf. The beam samples were prepared by using a pneumatic motor driving a jeweler's saw 60 mm in diameter and 0.2 mm thick. The effect of loading velocity (at 1.24, 50 and 100 mm/min), types of Sugarloaf (soft and hard), and position of sampling the beam specimens (top, middle and bottom of Sugarloaf) were studied.

The results showed that all the mentioned above parameters had significant effect on the measured mechanical properties ($P = 0.01$). The variation range of rupture force, energy, toughness, firmness and modulus of elasticity for soft Sugarloaf samples were 79.6-295.5(N), 14.7-61.9(mj), 0.029-0.123(mj/mm³), 139.2-1154.1(N/mm), and 9.3-92.7(Mpa), respectively. Corresponding values for hard samples were 131.2-308.3(N), 20.8-83.6(mj), 0.0416-0.168(mj/mm³), 428.2-624.4(N/mm), and 34.4-108.1(Mpa), respectively. The toughness and firmness increased from bottom to top of the sugarloaf. With increasing the loading velocity, from 1.24 to 100 mm/min, the mean values of rupture force and energy were increased from 105 to 166.1 N and from 27.1 to 28 mj, respectively.

Keywords: mechanical properties, sugarloaf, Compression tests, modulus of elasticity, rupture force, energy.