

تعیین نیرو و انرژی برشی گیاه لوبیا سبز (*Phaseolous vulgaris*)

حکمت ربانی^۱، نگین سهرابی*^۱ و اعظم فروتن مهر^۱

تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۳
 ۱- گروه مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه
 *مسئول مکاتبه E-mail:SNegin.sohrabi@Gmail.com

چکیده

گیاه لوبیا سبز با دارا بودن سطح بالایی از پروتئین و هم‌چنین ویتامین‌های A، K و C به عنوان یکی از مهمترین حبوبات در رژیم غذایی انسان مورد توجه بسیار قرار گرفته است. در این تحقیق نیروی برش، انرژی مصرفی برای برش و مدول الاستیسیته گیاه لوبیا سبز تعیین و هم‌چنین اثر زاویه (در سه سطح صفر، ۳۰ و ۴۵ درجه) و سرعت برش (در سه سطح ۱۵۰، ۲۵۰ و ۳۵۰ میلی‌متر بر دقیقه) بر این مشخصه‌ها بررسی گردید. اطلاعات خروجی از این تحقیق در طراحی و بهینه‌سازی تجهیزات مربوط به فرآوری این گیاه حائز اهمیت خواهد بود. نتایج تحقیق حاضر نشان دادند اثر زاویه و سرعت برش بر نیروی برش گیاه لوبیا سبز در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. با افزایش زاویه و سرعت برش مقدار نیروی برش کاهش یافت. هم‌چنین اثر متقابل زاویه و سرعت برش بر مقدار انرژی مصرفی برای برش گیاه لوبیا سبز در سطح ۱٪ معنی‌دار است. کمترین مقدار انرژی مصرفی برای برش مربوط به زاویه ۴۵ درجه و سرعت برش ۳۵۰ میلی‌متر بر دقیقه با میانگین ۱۶/۳۱ میلی‌ژول می‌باشد. نتایج هم‌چنین نشان دادند که اثر زاویه برش بر مدول الاستیسیته گیاه لوبیا سبز در سطح ۱٪ معنی‌دار و با افزایش زاویه برش مقدار آن کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: انرژی برش، خواص مکانیکی، لوبیا سبز، مدول الاستیسیته و نیروی برش.

۱- مقدمه

های گسیختگی است که هرکدام با اصول متفاوتی بوقوع می‌پیوندند. در برش فلزات مقدار کار انجام شده مستقیماً با سطح مقطع صفحه متناسب است، ولی در گیاهان به علت ساختار فیبری مقدار کار انجام شده بستگی به جهت برش تیغه و ساقه داشته و به سطح مقطع بستگی ندارد. عوامل مؤثر بر نیروی برش و انرژی برشی را می‌توان به صورت زیر تقسیم‌بندی نمود: ۱- عوامل گیاهی که صرف‌نظر از وسیله برش به خصوصیات گیاه مورد برش بستگی دارند. این خصوصیات شامل نوع گیاه، محتوای رطوبتی گیاه، میزان رسیدگی آن، قطر ساقه گیاه و تراکم گیاه (مقدار مواد جامد واقع در گیاه) می‌باشد. ۲- عوامل مربوط به روش کار که شامل میزان تغذیه، سرعت پیشروی، ضخامت مواد تحت برش، فشردگی اولیه، ارتفاع برش، سرعت تیغه و دیگر فاکتورهای مؤثر می‌باشد. ۳- عوامل مربوط به طراحی که شامل عرض برشی، ضخامت لبه تیزی، ضخامت تیغه، زاویه تیزی تیغه، نوع تیغه، فاصله خلاصی، زاویه تمایل، زاویه لغزش و غیره می‌باشد (پرسون، ۱۹۸۷). بیشتر مطالعات روی خواص مکانیکی گیاهان در طول دوره رشد و با استفاده از معیارهای گسیختگی آنها: نیرو، تنش، انرژی و مدول الاستیسیته انجام شده است (مکنالتی و محسنین، ۱۹۷۹).

اثرات زاویه تیزی، زاویه مایل، سرعت برش و نوع تیغه (لبه صاف و لبه مضرس) بر مقاومت برشی و انرژی مصرفی در واحد سطح ساقه گل پیرتروم نشان داد که زوایای مایل و تیزی تیغه تأثیر معنی‌داری

پس از غلات، حبوبات دومین منبع مهم غذایی بشر است. یکی از مهمترین حبوبات لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) است که گیاهی علفی، یکساله و بالا رونده از خانواده بقولات (*Papilionaceae*) است (عیدی و همکاران، ۱۳۸۵). لوبیا در بین حبوبات از لحاظ تغذیه‌ای بعد از نخود در مقام دوم جهان (متقیان و همکاران، ۱۳۸۸) و از نظر سطح زیر کشت و ارزش اقتصادی مقام اول را داراست (نصری و همکاران، ۱۳۸۹). یکی از انواع لوبیا، لوبیا سبز می‌باشد که بین انواع گیاهان تجارتي حاوی بیشترین مقدار پروتئین می‌باشد (نصری و خلعتبری، ۱۳۹۰).

محصولات کشاورزی باغبانی و سبزی با بالا بودن رطوبت دارای طبیعت فساد پذیر هستند. طبیعت فساد پذیر سبب کاهش عمر نگهداری آنها بصورت تازه می‌شود. از این‌رو امروزه فرآوری آنها با روش‌های مختلف گسترش بسیار یافته است. فرآوری مکانیزه محصولات کشاورزی نیازمند اطلاع از خصوصیات فیزیکی و مکانیکی آنها است. داشتن اطلاعات دقیق مهندسی از خصوصیات مکانیکی محصولات کشاورزی در طراحی ماشین‌ها، فرآیندها و کنترل آنها، در تحلیل و تعیین بازدهی یک ماشین، توسعه دستگاه جدید و ارزیابی و حفظ کیفیت محصول نهایی نقش بسیاری دارد (محسنین، ۱۹۸۶).

یکی از مراحل جهت فرآوری لوبیا سبز برش آن می‌باشد. فرآیند برش مشتمل بر یک رشته از برش‌های اصلی، تغییرشکل‌ها یا روش-

تیغه تأثیر معنی‌داری بر روی استحکام برشی ساقه برنج ندارند (طباطبایی کور و برقی، ۲۰۰۶).

فرایند برش در همه موارد وقتی که لبه تیغه اولین تماس را با ماده برقرار کرد آغاز می‌شود. در ادامه‌ی حرکت تیغه نیروهای تماسی و تنش‌ها افزایش می‌یابند و یک الگوی تنش داخل ماده یا ساقه گسترش می‌یابد. تا زمانی که وضعیت شکست تدریجاً به تمام سطح مقطع برسد، در یک نقطه از سطح مقطع شروع شده و تا زمانی که جدایی کامل انجام شود ادامه می‌یابد. در نتیجه، فرایند برش که به برش نهایی کامل منجر می‌شود نباید به عنوان یک فرایند منفرد تلقی شود بلکه باید به عنوان یک رشته برش مقدماتی و فرایندهای تغییر شکل یا حالت‌های شکست، که هر کدام تحت تأثیر قواعد مختلفی قرار گرفته‌اند تلقی شود. طی فرایند برش تنش‌ها به یک مقدار بحرانی افزایش می‌یابند سپس با شکست جزئی ماده و آزاد شدن انرژی تا حدی کاهش می‌یابند و دوباره در طی حرکت ادامه دار لبه در بخش بعدی ماده افزایش می‌یابند (پرسون، ۱۹۸۷).

بررسی‌های صورت گرفته نشان دادند که مطالعه‌ای در زمینه بررسی خواص برشی لوبیا سبز انجام نشده است. از اینرو در این تحقیق به مطالعه خواص برشی لوبیا سبز پرداخته شد. نتایج حاصل از این تحقیق در سامانه‌های فرآوری این محصول قابل استفاده خواهد بود.

۲- مواد و روش‌ها

نمونه‌های مربوط به این تحقیق از مرکز خرید میوه و تره‌بار شهر کرمانشاه تهیه و سپس به آزمایشگاه خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه منتقل گردیدند. در آزمایشگاه نمونه‌ها جهت از بین بردن گرد و غبار تمیز گردیدند. همچنین نمونه‌های آسیب دیده حذف شدند. بعد عرضی هر نمونه به وسیله کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

برش نمونه‌ها با عمود شدن تیغه بر بعد طولی و در راستای بعد عرضی نمونه‌ها از قسمت وسط انجام گرفت. برای برش لوبیا سبز از تیغه فولادی با زاویه تیزی ۱/۷ درجه استفاده شد. نیروی برش، انرژی مصرفی برای برش و مدول الاستیسیته لوبیا سبز با استفاده از دستگاه آزمون کشش-فشار^۱ با دقت ۰/۰۰۱ نیوتن بدست آمد (شکل ۱). نیروی برش بیشینه، نقطه اوج منحنی نیرو - جابه‌جایی بوده و از این نمودار بدست آمد. همچنین سطح زیر منحنی نیرو - جابه‌جایی انرژی مصرفی برای برش می‌باشد. مدول الاستیسیته در برش که سفتی ماده را تحت بار برشی نشان می‌دهد و عبارتی مقاومت در برابر تغییر شکل برشی می‌باشد، از نسبت تنش برشی به کرنش برشی بدست آمده است.

در سطح ۱/۱ بر مقاومت برشی و انرژی مصرفی در سطح ساقه دارند. مقدار مقاومت برشی و انرژی مصرفی در واحد سطح ساقه برای تیغه-های صاف کمتر از تیغه‌های مضرس است. همچنین با افزایش سرعت برش مقاومت برشی و انرژی مصرفی در واحد سطح ساقه کاهش می‌یابد (خزایی و همکاران، ۱۳۸۱). اثر سرعت بارگذاری و درجه رسیدگی روی خواص خمشی و فشاری ساقه ذرت مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که با افزایش سرعت بارگذاری انرژی فشاری و مقاومت لهیدگی هر دو افزایش می‌یابند (چاتوپادهیای و پانندی، ۱۹۹۸). تحقیق دیگری برای بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی ساقه یونجه انجام گرفت. آزمایشات در چهار سطح رطوبتی از ۱۰٪ تا ۸۰٪ و در سه قسمت مختلف از ساقه انجام گرفتند. نتایج نشان دادند که مقدار تنش خمشی در پایین‌ترین سطح رطوبتی تقریباً سه برابر بیشتر از مقدار تنش خمشی در بالاترین سطح رطوبتی است. انرژی برشی در قسمت‌های پایین ساقه بیشتر از قسمت‌های بالا بود. هم-چنین نتایج نشان دادند که با افزایش رطوبت ساقه استحکام کششی، تنش خمشی، مدول یانگ، تنش پیچشی کاهش و مقاومت برشی و نیروی برش افزایش می‌یابند (نظری‌گلهدار و همکاران، ۲۰۰۸).

نتایج تحقیقی که بر روی ویژگی‌های خمشی و برشی ساقه گندم واریته الوند انجام گرفت نشان دادند که تنش برشی برای ساقه گندم در نتیجه کاهش رطوبت کاهش می‌یابد. نیروی برشی برای ساقه در نتیجه افزایش ارتفاع برش کاهش می‌یابد. با استفاده از تیغه لبه صاف نسبت به لبه مضرس تنش برشی کمتر است. همچنین برای زاویه ۳۰ درجه نسبت به زوایای صفر و ۱۵ درجه تنش برشی کمتر است. تنش خمشی و مدول الاستیسیته با کاهش رطوبت و افزایش ارتفاع برش افزایش یافته است (اسحاق‌بیگی و همکاران، ۲۰۰۹).

تحقیقی برای تعیین تأثیر سرعت تیغه در انرژی و بازده برشی در برش ساقه سورگوم انجام گرفت. نتایج این تحقیق نشان دادند که انرژی برشی مورد نیاز همبستگی خطی منفی با سرعت برشی تیغه و رطوبت ساقه دارد و بازده برشی همبستگی خطی مثبت با این پارامترها دارد. کمترین مقدار انرژی مصرفی برابر با ۷/۸۷ نیوتن × میلی‌متر برای سرعت برش ۳/۵۴ متر بر ثانیه بوده است. بیشینه بازده برشی ۹۸ و ۹۷٪ به ترتیب در ازای سرعت تیغه ۵/۲ و ۷/۳ متر بر ثانیه بوده است (یلجیپ و محمد، ۲۰۰۵). با مطالعه ویژگی‌های برشی ساقه علف و کاه مشخص گردید که تیزی تیغه بر میزان انرژی مصرفی مؤثر می‌باشد. هرچه تیغه تیزتر باشد انرژی مصرفی و لهیدگی ساقه کمتر است (ادوقرتی و گاله، ۱۹۹۱). تحقیقی جهت اندازه‌گیری نیروی استاتیکی و دینامیکی نیروی برش ساقه‌های برنج سفید ایرانی انجام گرفت. نتایج نشان دادند که نیروی برشی با افزایش رطوبت کاهش می‌یابد. ماکزیمم و مینیمم مقاومت برشی برای حالت استاتیکی بیشتر از حالت دینامیکی است. مقاومت برشی با افزایش سرعت برش کاهش می‌یابد. همچنین زاویه اریب تیغه و نوع

¹Zwick/roll universal testing machine

جدول (۱): نتایج تجزیه واریانس اثر زاویه و سرعت برش بر خواص

برشی لوبیا سبز

مدول الاستیسیته (MPa)	انرژی برش (mJ)	نیروی برشی (N)	درجه آزادی	تیمار
۵۸۴/۷۵*	۶۹۴/۵۳**	۴۶۹/۴۸**	۲	زاویه برش
۴۴/۶۶ ^{ns}	۲۲۲/۰۷**	۴۶/۴۸**	۲	سرعت برش
				زاویه-سرعت
۲۱۹/۲۰ ^{ns}	۳۱/۸۲**	۲/۲۹ ^{ns}	۴	برش×سرعت-برش
۱۵۵/۷۰	۴/۸۵	۲/۱۱	۳۶	خطا
۴۳/۴۸	۹/۳۵	۱۳/۱۲	-	ضریب تغییرات/٪

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪، ^{ns} عدم معنی‌دار

از جدول ۱ مشاهده می‌شود که اثر زاویه برش بر مقدار مدول الاستیسیته لوبیا سبز در سطح ۵٪ معنی‌دار می‌باشد. اثر سرعت برش و همچنین اثر متقابل سرعت و زاویه برش بر مقدار مدول الاستیسیته لوبیا سبز غیر معنی‌دار می‌باشند.

اثر زاویه و سرعت برش بر نیروی برشی در سطح یک درصد معنی‌دار اما اثر متقابل آنها بر مقدار نیروی برشی غیر معنی‌دار است. بیشینه، کمینه و میانگین مقدار نیروی برشی به ترتیب برابر با ۱۱/۰۶، ۳/۱۱، ۱۹/۶۰ نیوتن می‌باشد.

بردار سرعت V تیغه دارای دو مؤلفه عمودی V_n و مؤلفه مماسی V_s می‌باشد. در زاویه برش صفر، $V_n = V$ و $V_s = 0$ است. در این حالت ساقه با فشردن شدن در فاصله بین تیغه و ضد تیغه بریده می‌شود. در صورتی که با افزایش زاویه مایل (زاویه برش)، مؤلفه مماسی V_s با ایجاد سرش بر روی ساقه سبب برش ساده‌تر ساقه می‌شود. در نتیجه با افزایش زاویه برش نیروی برشی کاهش می‌یابد.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان دادند که با افزایش زاویه برش مقدار نیروی برش کاهش می‌یابد (جدول ۴). جانسون و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان دادند که با افزایش زاویه برش نیروی برشی ساقه علوفه کاهش می‌یابد.

همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان دادند که با افزایش سرعت برش مقدار نیروی برش کاهش می‌یابد (جدول ۲). در سرعت‌های پایین نفوذ تیغه به داخل گیاه نسبت به سرعت‌های بالا تیغه کندتر انجام می‌گیرد. این امر موجب کاهش مقاومت گیاه در برابر برش در سرعت‌های بالاتر و در نتیجه کاهش نیروی برش می‌شود. همچنین آق‌خانی و مینایی (۱۳۸۶) نیز نشان دادند که افزایش سرعت برش موجب کاهش نیروی برشی گیاه یونجه می‌شود.

جدول (۲): نتایج آزمون دانکن، بررسی اثر سرعت برش بر نیروی

برش لوبیا سبز

سرعت برش (mm/min)	۱۵۰	۲۵۰	۳۵۰
نیروی برش (N)	۱۲/۹۷ ^a	۱۰/۷۰ ^b	۹/۵۰ ^c

حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد.



شکل (۱): دستگاه آزمون کشش- فشار به همراه فک برش

همچنین ۱۵ گرم از نمونه‌های مربوط به آزمایش با استفاده از ترازی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین و درون آون با دمای ۱۰۳ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند. سپس وزن شده و محتوای رطوبتی آنها بر پایه وزن تر بدست آمد (استاندارد ASAE، ۱۹۹۸).

آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور زاویه و سرعت برش در پنج تکرار انجام شدند. جهت بررسی تأثیر زاویه برش از سه زاویه برش صفر، ۳۰ و ۴۵ درجه استفاده شد. همچنین برای بررسی تأثیر سرعت برش از سه سرعت ۱۵۰، ۲۵۰ و ۳۵۰ میلی‌متر بر دقیقه استفاده گردید. اثر تیمارها با استفاده از برنامه ANOVA PROC در نرم‌افزار SAS 9.1 تحلیل و در صورت معنی‌دار بودن مقدار $F (P < 0/05)$ ، مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ انجام شد.

۳- نتایج و بحث

درصد رطوبت بر پایه تر لوبیاها ۸۹٪ بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر زاویه و سرعت برش بر مقادیر خواص برشی اندازه‌گیری شده شامل نیروی برش، انرژی مصرفی برای برش و مدول الاستیسیته در جدول (۱) آورده شده‌اند. همان‌طور که از جدول (۱) مشاهده می‌گردد اثر هر دو تیمار سرعت و زاویه برش در بسیاری از موارد بر متغیرهای اندازه‌گیری شده معنی‌دار می‌باشد. این نتیجه نشان می‌دهد که از تیمارهای مناسبی برای بررسی خواص برشی لوبیا سبز استفاده شده است، به طوری که می‌توان با کنترل این عوامل به طراحی سامانه‌های فرآوری بهینه پرداخت. در این ارتباط بیشترین تأثیر مربوط به زاویه برش است که اثر تغییر آن بر هر سه ویژگی برش اندازه‌گیری شده معنی‌دار است.

محمد (۲۰۰۵) نشان دادند که با افزایش سرعت برش مقدار انرژی مصرفی برای برش ساقه گیاه سورگوم کاهش می‌یابد.

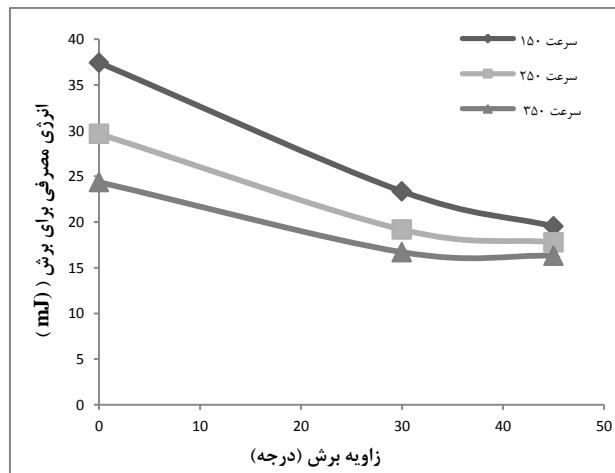
حالتی که زاویه برش بیش از صفر درجه است در لحظه برش تماس تیغه از یک نقطه شروع شده و با پیشروی تیغه برش انجام می‌گیرد. بنابراین برش با زاویه صفر درجه نیازمند نیروی بیشتری در مقایسه با برش با زاویه بیش از صفر درجه برای نفوذ می‌باشد زیرا بافتی از ساقه که در برابر نفوذ مقاومت می‌کند دارای حجم بیشتری می‌باشد که احتیاج به نیرو و کار بیشتری دارد.

همان‌طور که از جدول ۴ مشاهده می‌شود با افزایش زاویه برش مدول الاستیسیته لوبیا سبز کاهش می‌یابد. بیشینه، کمینه و میانگین مقدار مدول الاستیسیته گیاه لوبیا سبز به ترتیب برابر با ۵۵/۴۰، ۷/۶۷ و ۲۴/۵۸ مگاپاسکال می‌باشد.

اسحاق‌بیگی و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش کردند که با کاهش محتوای رطوبت و افزایش ارتفاع برش مدول الاستیسیته ساقه گندم کاهش می‌یابد.

همان‌طور که از جدول ۱ مشاهده می‌گردد اثر زاویه و سرعت برش و همچنین اثر متقابل آنها بر انرژی مصرفی برای برش در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. بیشترین مقدار انرژی مصرفی برای برش مربوط به زاویه برش صفر درجه و سرعت برش ۱۵۰ میلی‌متر بر دقیقه با میانگین ۳۷/۴۴ میلی‌ژول می‌باشد. کمترین مقدار انرژی مصرفی برای برش مربوط به زاویه برش ۴۵ درجه و سرعت ۳۵۰ میلی‌متر بر دقیقه با میانگین ۱۶/۳۱ میلی‌ژول می‌باشد. در سرعت برش ۲۵۰ میلی‌متر بر دقیقه تفاوت بین مقدار انرژی مصرفی برای برش در هر سه زاویه برش غیرمعنی‌دار می‌باشد (جدول ۳). بیشینه، کمینه و میانگین انرژی مصرفی برای برش لوبیا سبز به ترتیب برابر با ۳۹/۵۲، ۱۵/۰۷ و ۲۲/۷۰ میلی‌ژول می‌باشد.

هم‌چنین، همان‌طور که از شکل ۱ مشاهده می‌گردد انرژی مصرفی برای برش با افزایش زاویه و سرعت برش کاهش می‌یابد. خزائی و همکاران (۱۳۸۱) نشان دادند که با افزایش سرعت برش انرژی مصرفی برای برش گل پیرتروم کاهش می‌یابد. همچنین یلجیب و



شکل (۱): انرژی مصرفی برای برش - زاویه برش

جدول (۳): نتایج آزمون دانکن، بررسی اثر متقابل زاویه و سرعت برش بر مقدار انرژی مصرفی برای برش لوبیا سبز

زاویه برش × سرعت برش	صفر × ۱۵۰	صفر × ۲۵۰	صفر × ۳۵۰	۳۰ × ۱۵۰	۳۰ × ۲۵۰	۳۰ × ۳۵۰	۴۵ × ۱۵۰	۴۵ × ۲۵۰	۴۵ × ۳۵۰
انرژی برش (MJ)	۳۷/۴۴ ^a	۲۹/۶۴ ^b	۲۴/۳۶ ^c	۲۳/۳۵ ^c	۱۹/۱۷ ^{de}	۱۶/۷۰ ^{de}	۱۹/۵۳ ^d	۱۷/۷۹ ^{de}	۱۶/۳۱ ^e

حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد.

جدول (۴): نتایج آزمون دانکن، بررسی اثر زاویه برش بر نیروی

زاویه برش (درجه)	صفر	۳۰	۴۵
نیروی برش (N)	۱۷/۰۷ ^a	۱۰/۰۷ ^b	۶/۳۵ ^c
مدول الاستیسیته (MPa)	۳۰/۲۷ ^a	۲۳/۸۲ ^b	۱۹/۶۶ ^c

حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد.

۴ - نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان دادند که سرعت و زاویه برش از عوامل مؤثر بر نیروی برش و انرژی مصرفی برای برش لوبیا سبز می‌باشند. از این رو با کنترل این عوامل می‌توان به طراحی و بهینه‌سازی دستگاه‌های فرآوری این محصول پرداخت. با افزایش سرعت و زاویه برش، نیروی برش و انرژی مصرفی برای برش لوبیا سبز کاهش می‌یابد. از این رو در طراحی و بهینه‌سازی دستگاه‌های فرآوری این محصول در قسمت برش استفاده از زاویه ۴۵ درجه نسبت به زاویه-

های صفر و ۳۰ درجه موجب کاهش نیرو و انرژی مورد نیاز برش می‌شود. هم‌چنین استفاده از سرعت برش ۳۵۰ میلی‌متر بر دقیقه نسبت به سرعت‌های ۱۵۰ و ۲۵۰ میلی‌متر بر دقیقه نیز موجب کاهش نیرو و انرژی مورد نیاز برش می‌شود.

همان‌طور که در بالا اشاره شد اثر سرعت و زاویه برش بر مقدار نیرو و انرژی مصرفی برای برش معنی‌دار می‌باشد، توصیه می‌شود در تحقیقات بعدی اثر سرعت و زاویه برش در سطح‌های وسیع‌تری بر این دو پارامتر مورد توجه قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

- آق‌خانی م. ح. و س. مینایی. ۱۳۸۶. تعیین نیروی برشی بذر یونجه یکساله. مجله علمی - پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، ۳: ۱۶۹-۱۷۷.
- خزائی ج. ح. ربانی و ف. گلبابایی. ۱۳۸۱. تعیین مقاومت برشی و نیروی کندن گل پیرتروم. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۳(۳): ۴۴۴-۴۳۳.
- عیدی ا. م. عیدی و ح. ضیاء پور. ۱۳۸۵. اثر هیپوگلیسمی عصاره الکلی غلاف لوبیا سبز در موش‌های صحرایی نر بالغ سالم و دیابتی شده توسط استرپتوزوتوسین. مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۶۲(۱): ۱۹-۱۳.
- متقیان آ. ه. ا. پردشتی و م. ع. بهمنیار. ۱۳۸۸. واکنش ظهور و رشد گیاهچه‌های لوبیا سبز (*Phaseolus vulgaris* L.) به مقادیر مختل ورمی کمپوست. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۱(۱): ۱۱۴-۱۰۳.
- نصری م و م. خلعتبری. ۱۳۹۰. بررسی مقادیر مختلف کود نیتروژن، پتاسیم و روی بر برخی خصوصیات کمی و کیفی لوبیا سبز (*Phaseolous vulgaris*) ژنوتیپ Sunray. فصلنامه علمی - پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، ۳(۱): ۹۳-۸۲.
- نصری م. م. خلعتبری، م. ب. رضایی، پ. کسرای و آ. برزو. ۱۳۸۹. اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن، پتاسیم و روی بر عملکرد، میزان نیترات، روی و شاخص‌های رشد در لوبیا سبز (*Phaseolus vulgaris*) رقم Sunray. فصلنامه کشاورزی پویا، ۷(۳): ۲۸۷-۲۷۵.

ASAE Standards. 1998. S352.2: Moisture Measurement—Unground Grain and Seeds. 551.

Chattopadhyay, P. and K. Pandey. 1998. Mechanical Properties of Sorghum Stalk in relation to Quasi-static Deformation, Journal of Agricultural Engineering Research, 73: 199-206.

Esehaghbeygi, A., B. Hoseinzadeh, M. Khazaei and A. M. and Massoumi. 2009. Bending and Shearing Properties of Wheat Stem of Alvand Variety. World Applied sciences Journal, 6(8): 1028-1032.

Johnson, P., C. Clementson, S. Mathanker, T. Grift and A. Hansen. 2012. Cutting energy characteristics of Miscanthus x giganteus stems. Biosystems Engineering, 112: 42-48.

McNulty, P. and N. Mohsenin. 1979. Compaction of bulk corn carnal to failure. Transaction of the ASAE, 2(22): 264-269.

Mohsenin, N. 1986. Physical properties of plant and animals. 2Ed. New York, Gordon and Breach Science Publishers.

NazariGaledar, M., A. Jafari, S. Mohtasebi, A. Tabatabaefar, A. Sharifi, M. J. ODogherty and S. Rafee. 2008. Effects of moisture content and level in the crop on the engineering properties of alfaalfa stems. Biosystems Engineering, 101(2): 199-208.

ODogherty, M. J. and G. Gale. 1991. Laboratory Studies of the Dynamic Behaviour of Grass, Straw and Polystyrene Tube during High-speed Cutting. Journal of Agricultural Engineering Research, 49: 33-57.

Persson, S. 1987. Mechanics of Cutting Plant Material. Michigan, American society of agricultural Engineers.

- Tabatabaee Kolor, R. and A. Borgheie. 2006. **Measuring the Static and Dynamic Cutting Force of Stems for Iranian Rice Varieties.** Journal Agricultura Science Technology, 8: 193-198.
- Yiljep, Y. and U. Mohammed. 2005. **Effect of Knife Velocity on Cutting Energy and Efficiency during Impact Cutting of Sorghum Stalk.** Agricultural Engineering International: the CIGR E Journal, 7: 1-10.

Determination of Cutting Force and Cutting Energy for Green Bean (*Phaseolous vulgaris*)

H. Rabbani^{1*}, N. Sohraby¹ and A. Forotanmehr¹

Received: 10 Nov 2013

Accepted: 22 Feb 2015

¹Department of Mechanical Engineering of Agricultural Machinery, Razi University, Kermanshah, Iran.

*Corresponding author: E-mail:sohrabi@Gmail.com

Abstract

Green bean has important role in the human diet and is one of the most important grains, because of having high levels of proteins and vitamins K, A and C. In this study the maximum cutting force and cutting energy for green bean were determined. Also, the effects of cutting angle (in three levels of 0, 30, 45 degree) and cutting speed on these characteristics were evaluated. Determination of these characteristics are important for design and optimization of the processing equipment for green bean. The results showed the effects of cutting angle and cutting speed on the green bean cutting force is significant at the %1 level. Cutting force was decreased by increasing the cutting angle and cutting speed. The interaction between cutting angle and cutting speed was significant at %1 level. The minimum amount of cutting energy with an average of 16/31 mJ was for cutting angle of 45 degree and cutting speed of 350 mm/min. Also, the results showed the effect of cutting angle on elastic modulus for green bean was significant and the amount of elastic modulus decreased by increasing cutting angle.

Keywords: Cutting energy, Cutting force, Elastic modulus, Green bean, Mechanical properties.