



## خواص برشی شاخه درختان آلو سیب

منیژه خانیان<sup>۱\*</sup>، آیت محمد رزداری<sup>۱</sup> و اعظم طاهری<sup>۲</sup>

۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهرکرد، khanianmanizhe@yahoo.com

۲ - کارشناسی ارشد مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهرکرد

### چکیده

هدف از این تحقیق بررسی خواص برشی شاخه درخت آلو سیب و تأثیر سرعت تیغه برش، محتوای رطوبتی و قطر نمونه بر خواص مکانیکی این دو محصول بود. آزمایش‌ها در دو سطح رطوبتی (بر پایه تر) ۵۰/۲۰ (A) و ۳۹.۶ (B) درصد برای آلو ۵۱/۵۵ (A) و ۳۶/۵ (B) درصد بر پایه تر برای سیب و سرعت تیغه برش ۲۰ و ۳۰ میلیمتر بر دقیقه صورت گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش سرعت برشی از ۲۰ به ۳۰ میلیمتر بر دقیقه نیروی برشی، انرژی برشی و مدول برای هر دو شاخه در دو سطح رطوبتی به طور خطی کاهش یافت. با توجه به نتایج بدست آمده در هر دو شاخه سطح رطوبتی A نیروی برشی و انرژی برشی بیشتری نسبت به سطح رطوبتی B داشت. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تغییر سرعت برشی تأثیر معنی‌داری بر انرژی برشی و تنش برش داشت. این در حالی است که قطر شاخه نیز تأثیر معنی‌داری بر مدول برشی و تنش برشی به همراه داشت، بطوری که با افزایش قطر شاخه (سیب و آلو) در سطح مرطوب و خشک مقدار مدول برشی به ترتیب کاهش و افزایش یافت. مقادیر تنش برشی، مدول برشی و انرژی برشی در سرعت‌های مختلف بارگذاری و در دو سطح رطوبتی برای هر دو ساقه مورد آزمایش تعیین شد.

**واژگان کلیدی:** سیب، آلو، خواص مکانیکی، سرعت تیغه برش.

### مقدمه

برداشت مکانیکی محصولات خوراکی درختی سال‌ها است که توجه مهندسان را جلب نموده است. از دهه ۴۰ قرن ۱۹ میلادی در موسسه مهندسی کشاورزی آمریکا مطالعاتی روی برداشت مکانیکی مرکبات و خشکبار و محصولاتی همچون هلو، آلبالو، آلو، گیلاس و زردآلو صورت گرفته و ماحصل آن نتایجی ارزنده در زمینه طراحی و ساخت این گونه دستگاه‌هاست. عواملی همچون ساختار و شکل درخت، مقاومت مکانیکی محصول و ارزش اقتصادی هر دانه محصول در موفقیت تلاش‌ها در این زمینه مهم است. یکی از رایج‌ترین ماشین‌های مرسوم در این نوع برداشت، تکاننده‌ها هستند. این ماشین‌ها با ایجاد نوسان در شاخساره درخت و ایجاد پدیده تشدید میوه‌ها را از درخت جدا می‌نماید. متداول است که تکاننده‌های برداشت‌کننده را به دو گروه تنه‌تکان



و شاخه تکان تقسیم می‌کنند، که اولی برای برداشت درختانی است که برای برداشت به لرزه های کمتری نیازمندند، مانند: هلو، گیلاس، زردآلو و سیب، کاربرد تکاننده نوع دوم که تک تک شاخه های درخت را جداگانه می لرزاند برای برداشت میوه درختانی است که برای جدا کردن میوه آن نیروی بیش تری لازم است، مانند درخت زیتون و مرکبات. بنابراین آگاهی از خواص و رفتار مکانیکی درخت، یکی از فاکتورهای مهم در طراحی تکاننده های مناسب و یا اصلاح تکاننده های موجود است.

از میان تحقیقاتی که در زمینه برش ساقه و برگ محصولات کشاورزی و درختان صورت گرفته است می توان به موارد زیر اشاره کرد:

در تحقیقی تأثیر میزان رطوبت و سرعت تیغه برش بر میزان انرژی برشی مخصوص دانه بلال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش سرعت تیغه برش، میزان انرژی برشی مخصوص به طور خطی افزایش و با افزایش رطوبت مقدار آن کاهش می یابد (Iayi and Clarke, 1989).

در تحقیقی دیگر نشان داده شد که با افزایش رطوبت، تنش برشی و انرژی در واحد سطح ساقه آفتابگردان افزایش می‌یابد، همچنین نتایج تحقیق نشان داد که در قسمت پایین ساقه، انرژی و تنش برشی از قسمت بالای ساقه بیشتر است (Ince et al, 2005).

در پژوهشی دیگر اثرات زاویه مایل و سرعت برش بر مقاومت برشی و انرژی مصرفی در واحد سطح ساقه گل رز مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق میانگین مقاومت برشی و انرژی مصرفی در واحد سطح ساقه ها به ترتیب ۱.۶۳ مگاپاسکال و ۵.۱۶ میلی ژول بر میلی مترمربع برآورد شد. زاویه مایل تیغه تأثیر معنی داری در سطح ۱٪ بر مقاومت برشی و انرژی مصرفی در واحد سطح ساقه نشان داد. با افزایش سرعت برش از ۱۰ تا ۵۰ میلی لیتر بر دقیقه، مقاومت برشی و انرژی مصرفی در واحد سطح ساقه کاهش یافت (دهکردی و چگینی، ۱۳۸۷).

در تحقیقی تأثیر سرعت تیغه برش بر خواص مکانیکی شاخه درخت آلبالو و گردو مورد بررسی قرار گرفت. آزمایشات در سرعت های بارگذاری ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلیمتر بر دقیقه و در دو سطح رطوبتی ۵۰ (A) و ۲۴.۳۳ (B) درصد بر پایه تر برای شاخه های آلبالو و ۵۴/۷۲ (A) و ۳۹/۹ (B) درصد بر پایه تر برای شاخه های گردو انجام داده شد. نتایج نشان داد که با افزایش سرعت برشی از ۲۰ به ۴۰ میلیمتر بر دقیقه استحکام برشی و انرژی برشی ویژه برای هر دو شاخه در هر دو سطح رطوبتی به طور خطی کاهش می‌یابد. و همچنین در هر دو شاخه سطح رطوبتی A استحکام برشی و انرژی در واحد سطح برش بیش تری نسبت به سطح رطوبتی B داشت (نصیری و همکاران، ۱۳۸۹).

## مواد و روش ها

### مواد آزمون

آزمایش در دو سطح رطوبتی خشک و مرطوب صورت گرفت. نمونه های آزمایشی به طور تصادفی از بین نمونه هایی از درختان سیب و آلو واقع در یکی از باغات نجف آباد چیده شد. برگ ها قبل از هر تیمار اندازه گیری جدا شدند. نمونه های تازه چیده شده به دو گروه تقسیم شدند. یکی از گروه ها برای آزمایش های فوری، به منظور کاهش اثر خشک شده ساقه ها، استفاده شد و گروه دیگر کنار گذاشته شد تا بعد از اینکه به درصد رطوبت پایین رسید، آزمایش شود. آزمایشات در دو سطح رطوبتی ۵۱.۵۵ (A) و ۳۶.۵ (B) درصد بر پایه تر برای شاخه های سیب و ۵۰.۱۲ (A) و ۳۹.۰۶ (B) درصد بر پایه تر برای شاخه های آلو انجام شد. برای تعیین مقدار رطوبت متوسط شاخه های درختان سیب و آلو در تاریخ آزمایش، نمونه ها جمع آوری و وزن شدند و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت در داخل آون خشک شده و دوباره وزن شدند. در این آزمایش برای تعیین خواص مکانیکی شاخه درخت سیب و آلو از ماشین تست یونیورسال اینسترون مدل STM-20، ساخت کشور ایران، با نیروسنجی به ظرفیت (۵۰۰) کیلوگرم نیرو استفاده شد، همچنین قطر اصلی و ضخامت شاخه ها با کولیس با دقت ۰.۰۱ میلی متر اندازه گیری شد.

### تنش برشی

جهت محاسبه تنش برشی، نمونه ها را تحت بارگذاری برشی قرار می دهیم، این بارگذاری تا برش کامل شاخه ادامه یافت. سپس میزان تنش برشی از رابطه زیر محاسبه خواهد شد. (Mohsenin, 1970):

$$\tau = \frac{F_s \max}{A}$$

سطح مقطع A میزان نیروی برشی ماکزیمم بر حسب نیوتن،  $F_s \max$  (۱) در اینجا:  $\tau$  تنش برشی بر حسب ( مگاپاسکال)،  $\tau = \frac{F_s \max}{A}$  برش بر حسب میلیمتر مربع.

### مدول برش

مدول برشی نمونه ها با توجه به مقدار تنش برشی محاسبه شده و کرنش برشی قابل محاسبه است. با توجه به شکل ۷ را

می توان از رابطه زیر تعیین کرد (wada, 2003):

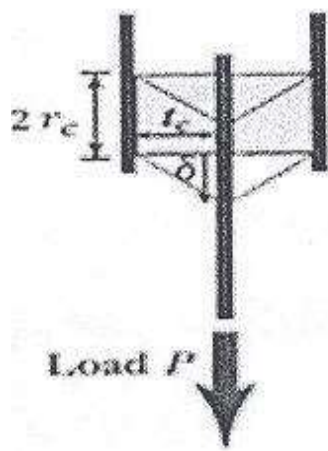
$$\tau = G_c \times \gamma = \frac{F}{2\pi r_c^2} \quad (۲)$$



$$\gamma = \frac{\delta}{t_c} \quad (3)$$

$$G_c = \frac{F \times t_c}{2\pi\delta r_c^2} = \frac{t_c}{2\pi r_c^2} \left( \frac{df}{d\delta} \right) \quad (4)$$

در اینجا  $G$  مدول برش بر حسب مگاپاسکال،  $\gamma$  کرنش برشی بی بعد،  $\delta$  جابه جایی عرضی بر حسب میلیمتر،  $t_c$  فضای بین دو صفحه برش و تکیه گاه بر حسب میلیمتر.



کرنش برشی

$$\gamma = \frac{\delta}{t_c}$$

تنش برشی

$$\tau = G_c \times \gamma = \frac{F}{2\pi r_c^2}$$

رادیوس شعاع برشی

مدول برشی

$$G_c = \frac{F \times t_c}{2\pi r_c^2 \delta}$$

شکل ۱. نحوه محاسبه مدول برشی

## انرژی برش

یکی از پارامترهای مهم در تست برش یک محصول میزان انرژی مصرف شده برای ایجاد برش می باشد. انرژی برشی

یک ماده برابر سطح زیر نمودار نیرو جابجایی است (Chattopadhyay and Pandey, 1999 ; Chen et al, 2004).

$$E_c = \int_0^{\delta_c} F dx \quad (5)$$



با توجه به مقدار بدست آمده برای انرژی برش انرژی برشی مخصوص از رابطه زیر قابل محاسبه می باشد.

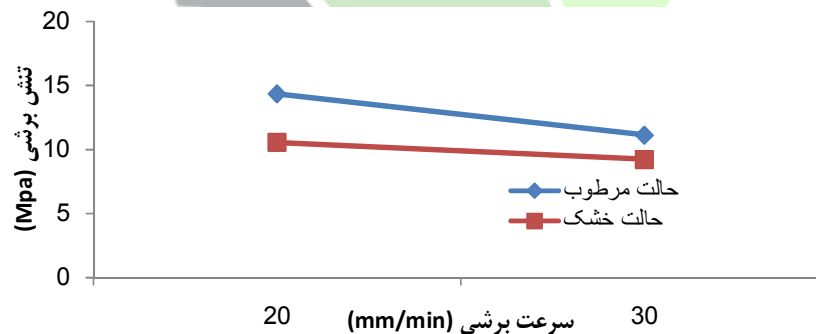
$$E_{SC} = \frac{E_c}{A} \text{ در اینجا: } E_{sc} \text{ انرژی برشی مخصوص بر حسب میلی ژول بر میلیمتر مربع، } \delta \text{ انرژی برش بر حسب میلی ژول،}$$

جابه جایی فک در نقطه گسیختگی بر حسب میلی متر.

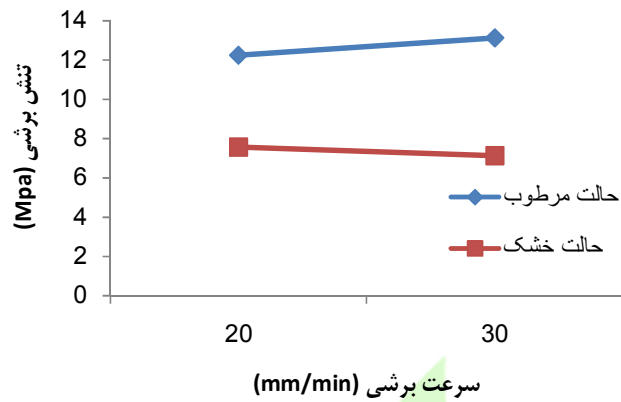
## نتایج و بحث

### تنش برشی

تنش برشی گسیختگی نمونه ها در دو سطح رطوبتی (A) ۵۱.۵۵ و (B) ۳۶.۵ درصد بر پایه تر برای شاخه سیب و (A) ۵۰.۲۰ و (B) ۳۶.۲۰ درصد بر پایه آلو با سرعت های ۲۰ و ۳۰ میلیمتر بر دقیقه محاسبه شد. نتایج حاصل نشان می دهد که تنش برشی نمونه مرطوب بیشتر از نمونه خشک بوده و با افزایش سرعت تیغه برش در هر دو سطح رطوبتی تنش برشی برای شاخه سیب کاهش می یابد. در صورتی که برای شاخه آلو با افزایش سرعت برشی در سطح مرطوب تنش برشی افزایش می یافت. مطابق با شکل (۱) برای سیب و شکل (۲) برای آلو، تغییر تنش برشی به طور خطی گزارش شد. میزان متوسط تنش برشی برای شاخه سیب در حالت مرطوب ۱۲.۷۴ مگاپاسکال و در حالت خشک ۹.۸۹ مگاپاسکال گزارش شد. این پارامتر برای شاخه آلو به ترتیب ۱۲.۶۸ و ۷.۳۵ مگا پاسکال محاسبه شد.



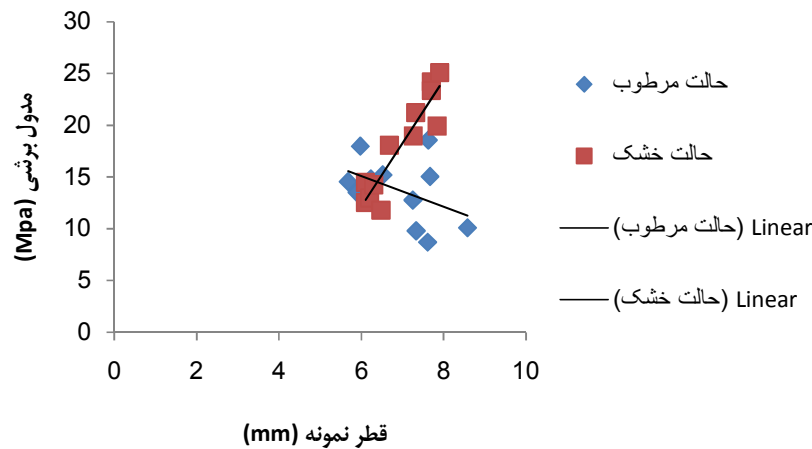
شکل ۲. تأثیر سرعت تیغه برش و محتوای رطوبتی بر میزان تنش برشی شاخه سیب



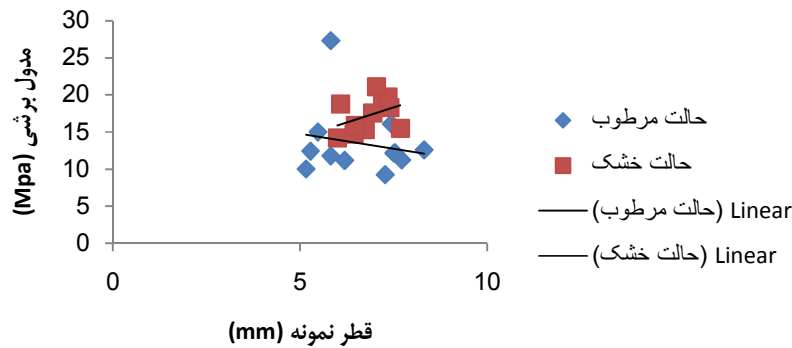
شکل ۳. تأثیر سرعت تیغه برش و محتوای رطوبتی بر میزان تنش برشی شاخه آلو

### مدول برشی

مدول برشی شاخه سیب و آلو در دو سطح رطوبتی و قطرهای مختلف محاسبه شد. محاسبه مدول برشی شاخه سیب و آلو نشان داد که این مدول برای نمونه مرطوب کمتر از نمونه خشک بوده و با افزایش قطر نمونه ها میزان مدول برشی برای شاخه سیب و آلو زرد در حالت مرطوب کاهش و در حالت خشک افزایش یافت. میزان متوسط مدول برشی برای شاخه سیب و آلو ۱۳.۰۲ و ۱۷.۲۳ مگاپاسکال برای حالت خشک و ۱۸.۰۸ و ۱۳.۴۳ مگاپاسکال برای حالت مرطوب محاسبه شد.



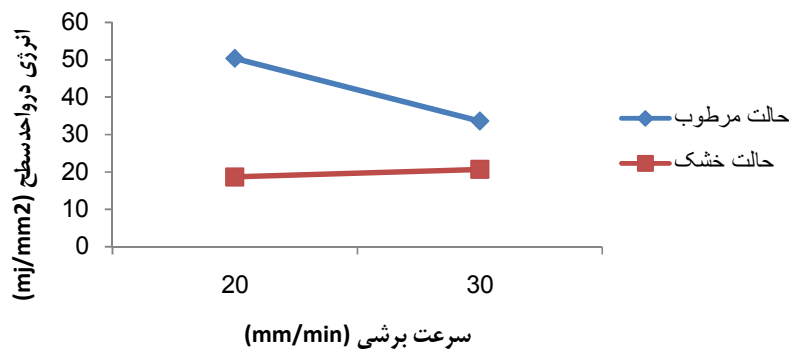
شکل ۴. تأثیر قطر شاخه و محتوای رطوبتی بر مدول برشی شاخه سیب



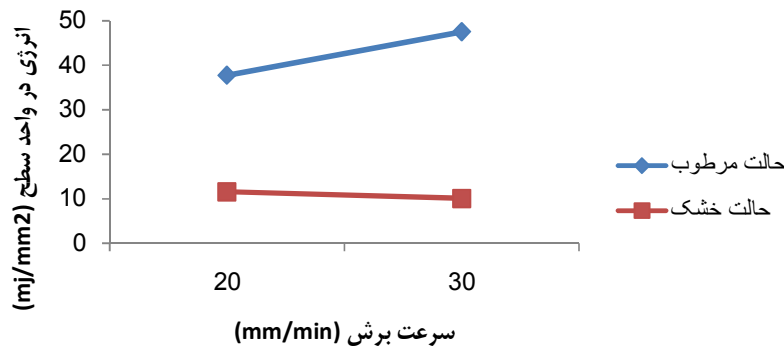
شکل ۵. تأثیر قطر شاخه و محتوای رطوبتی بر مدول برشی شاخه آلو

### انرژی برشی

میزان انرژی مورد نیاز برای شاخه سیب و آلو با استفاده از رابطه (۶) محاسبه شد. اما این پارامتر به دلیل متفاوت بودن قطر نمونه‌های آزمایش نمی‌تواند معیار مناسبی برای تحلیل برش مواد قرار بگیرد بدین سبب از پارامتر دیگری به عنوان انرژی برشی مخصوص که برابر تقسیم انرژی برشی به سطح نمونه می‌باشد استفاده کردیم. انرژی برشی مخصوص نیز مانند تنش برشی برای نمونه مرطوب بیشتر از نمونه خشک محاسبه شد که با افزایش سرعت تیغه برش مطابق شکل (۵) برای سیب، در حالت مرطوب کاهش و در حالت خشک افزایش یافت. در حالی که با افزایش تیغه برش مطابق با شکل (۶) برای آلو در حالت مرطوب و خشک به ترتیب افزایش و کاهش یافت. همچنین مقادیر متوسط انرژی برشی برای شاخه سیب در حالت مرطوب ۴۱.۹۸ میلی ژول بر میلی‌متر مربع و در حالت خشک ۱۹.۶۷ میلی ژول بر میلی‌متر مربع گزارش شد. این پارامتر برای شاخه آلو نیز در حالت مرطوب ۴۲.۶۱ میلی ژول بر میلی‌متر مربع و در حالت خشک ۱۰.۸ میلی ژول بر میلی‌متر مربع محاسبه شد.



شکل ۶. تأثیر سرعت تیغه برش و محتوای رطوبتی بر انرژی برشی مخصوص شاخه سیب



شکل ۷. تأثیر سرعت تیغه برش و محتوای رطوبتی بر انرژی برشی مخصوص شاخه آلو

## نتیجه گیری

در این تحقیق آزمایش‌ها در دو سطح رطوبتی و سه سرعت برشی تیغه جهت بررسی شاخه درخت سیب و آلو صورت گرفت. نتایج حاصل از این بررسی مطابق با موارد زیر گزارش شد.

(۱) با افزایش سرعت تیغه برشی میزان تنش برشی برای شاخه سیب در هر دو سطح رطوبتی کاهش یافت در حالی که برای شاخه آلو این مقدار در حالت مرطوب افزایش و در حالت خشک کاهش یافت.

(۲) مقدار انرژی برشی مخصوص برای شاخه سیب و آلو در حالت مرطوب بیشتر از حالت خشک گزارش شد.

(۳) با افزایش سرعت تیغه مقدار انرژی برشی مخصوص برای شاخه سیب در حالت مرطوب کاهش و در حالت خشک افزایش یافت در حالی که برای شاخه آلو این مقدار برای حالت مرطوب و خشک به ترتیب افزایش و کاهش را نشان داد.

(۴) با افزایش قطر نمونه‌ها مدول برشی در هر دو نمونه در حالت مرطوب کاهش و در حالت خشک افزایش یافت. و مقدار آن در هر دو نمونه در حالت خشک بیشتر از حالت مرطوب گزارش شد.

## ۵. منابع

- ۱- چگینی، غ.، دهکردی، ح.، خوش تقاضا، م. ۱۳۸۷. رفتار مکانیکی ساقه گل رز تحت بارگذاری فشاری. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۲- نصیری، ا.، رفیعی، ش.، ابراهیمی، م. ع.، مبلی، ح.، رجبی پور، ع. ۱۳۸۹. خواص برشی و خمشی شاخه درختان آلبالو و گردو. ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج). ۲۴-۲۵ شهریورماه ۱۳۸۹.

3. Chattopadhyay. P. S and K. P Pandey. 1999. Mechanical properties of sorghum stalk in relation to quasi-static deformation. Journal of Agricultural Engineering Research: 199-206



4. Ince, A. Urluay, S. ZEL, E.O. and Mzcan.. 2005. Bending and Shearing Characteristics of Sunflower Stalk Residue. Biosystems Engineering. 175-18
5. Mohsenin, N. N., 1970. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach science Publishing Co., New York
6. O. A. A. IAYI and CLARKE. B. 1989. High Velocity Shearing of Maize Kernels. J. agric. Engng Res. 15-25
7. Wada, A., K. Takanori., M. Yu., K. Atsushi., T. Susumu., F. Hiroshi. 2003. A method to measure shearing modulus of the foamed core for sandwich plates. Journal of composite structures: 385-390

## Shear characteristic of plum and apple branch

Manizhe khanian<sup>1\*</sup> Ayatmohamad razdari<sup>1</sup> and azam taheri<sup>2</sup>

1 - MSc Student, Department of Biosystems Engineering, shahrekord University of shahrekord  
khanianmanizhe@yahoo.com

2- MSc, Department of Mechanical Engineering of Biosystem, shahrekord University

### Abstract

The purpose of this research is to study shear characteristics of plum and apple branch and the effect of loading rate, moisture content and sample diameter on the mechanical properties was evaluated. The experiments were performed in two levels of moisture content, 50.20(A) and 39.60(B)%w.b, for plum and 51.55(A) and 36.5(B)% wb, for apples and two level of shear blades speed (20 and 30 mm/min). At moisture levels A and B, the results showed that for both branch, the shear force, shear energy and shear modulus decreased with an increase in loading rate within 20 to 30 mm/min. For the branches studied in this research both the shear force and the shearing energy were found to be higher in the moisture level A. The results of analysis of variance (ANOVA) in SPSS software (Vers. 17, SPSS), showed that changes in loading rates were significant effect on the shearing energy and shearing stress, Whereas, The effects of branch diameter on the shearing modulus and shearing stress were significant. As, For apple and plum branch, at moisture and dry levels, The shearing modulus with increase in diameter of branches decrease and increase respectively. For both branch, at moisture levels A and B, shearing stress, shearing modulus and shearing energy at different loading rate were calculated.

**Keywords:** Apple, Loading rate, Mechanical properties, Plum