ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران (کرج)
۲۴ و ۲۵ شهریور ۱۳۸۹

تعیین برخی خصوصیات مکانیکی و ارائه روابط رگرسیونی مناسب میوه زیتون در ارقام متداول

ثمانه لواسانی[۱]، امیرحسین افکاری سیاح[۲]، عبداله گل محمدی[۲]

۱ و ۲ – به ترتیب کارشناس ارشد و استادان گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی
sa_lavasani@yahoo.com

چکیده

برای کاهش تلفات و حفظ کیفیت محصولات کشاورزی در هنگام برداشت و پس از برداشت از جمله میوه زیتون و به منظور طراحی و بهینه سازی ماشین‌های پس از برداشت نیاز به اطلاعات کافی از خواص مکانیکی آنها می باشد. در تحقیق حاضر با استفاده از دستگاه کشش- فشار و انجام آزمونهای مکانیکی طی یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی اثر فاکتورهای مستقل مدت زمان پس از برداشت (روز برداشت، ۲، ٤، ٦ و ۸ روز)، اندازه میوه(کوچک، متوسط و بزرگ) و رقم(ماری، روغنی و گرد گلوله) بر ویژگیهای مکانیکی (نیرو و انرژی بیشینه، تغییرشکل ویژه و چغرمگی) بافت زیتون مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج آزمون فشاری و استخراج خواص مقاومتی بافت زیتون(منحنی نیرو-تغییرشکل) نشان داد که نوع رقم اثر معنی‌داری بر نیرو و انرژی بیشینه، چغرمگی و تغییرشکل ویژه بافت زیتون در سطح احتمال ۱٪ داشت. به‌طوری که رقم روغنی محلی نسبت به ارقام ماری و گرد گلوله دارای بیشترین مقادیر نیرو و انرژی بیشینه و چغرمگی بوده که به‌ترتیب مقادیر ۵۱/۸۸۳ نیوتن، ۱۱٦/٦۵۹ میلی ژول و ۰/۰۵۳ ژول بر سانتی‌متر مکعب به‌دست آمد. اثر مدت زمان پس از برداشت بر اغلب پارامترهای استحکامی بافت زیتون به طور معنی‌داری موثر بود به‌طوری که با گذشت زمان پس از برداشت، بافت میوه سفت‌تر شد. در عین حال تاثیر اندازه میوه(براساس سطوح جرمی) صرفا بر دو فاکتور انرژی بیشینه و چغرمگی به طور معنی‌دار موثر بود. با توجه به آنالیز رگرسیونی و ضریب تبیین بالا بین جرم میوه زیتون و زمان پس از برداشت و برخی پارامترهای مکانیکی(چغرمگی، نیروی بیشینه و تغییرشکل ویژه) می‌توان نتیجه گرفت که با دقت بالایی می توان از طریق جرم میوه میزان انرژی مصرفی در واحد حجم و میزان تغییرشکل ویژه را تخمین زد.

کلید واژه: میوه زیتون، ویژگیهای مکانیکی، آزمون فشاری، مدت زمان پس از برداشت

فهرست علائم	
l_u قطر کوچک نمونه قبل از تغییرشکل(mm)	b قطر متوسط میوه(mm)
l_f قطر کوچک نمونه بعد از تغییرشکل(mm)	c قطر کوچک میوه(mm)
$[S_d]_{f\max}$ درصد تغییرشکل ویژه در نقطه نیروی بیشینه(٪)	R^2 ضریب تبیین
M جرم میوه(gr)	$F_{\max}$ نیروی بیشینه(N)
a قطر بزرگ میوه(mm)	t زمان پس از برداشت(روز)

۱- مقدمه

زیتون با نام علمی اولئا اوروپا از خانواده‌ی اولئاسه می باشد [درویشیان، ۱۳۷۵]. زیتون از قدیمی ترین منابع غذایی بشر بوده که با پیدایش تمدن‌های اولیه استفاده ازآن نیز رواج پیدا کرد و در بعضی کشورها یکی از منابع مهم تامین‌کننده مواد غذایی، دارویی انسان بود. میزان تولید این محصول در ایران در سال۱۳۸۵، شصت و پنج هزارتن برآورد شدکه ۳۰٪ آن صرف تهیه کنسرو و ۷۰٪ آن صرف روغن‌کشی شد و نتیجه آن تولید حدود شش هزار تن روغن بود. این محصول در حال حاضر در ۲٦ استان کشور یافت می‌شود و در عرض ده سال سطح زیر کشت آن از پنج هزار به صد هزار هکتار رسیده است[موسسه استاندارد ایران،شماره ٦٤١٤]. با توجه به تولید روز افزون زیتون و درآمد ارزی که از تجارت روغن آن حاصل می شود ضروری است برای مکانیزه کردن عملیات کاشت و برداشت و فرآوری آن پژوهش های گسترده ای در کشور انجام شود. برای ارتقا فناوری و بهینه سازی ماشین‌آلات پس از برداشت لازم است در ابتدا خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات مورد ارزیابی و بررسی قرار می گیرد. اطلاعات اولیه در زمینه خواص فیزیکی و مکانیکی زیتون اندک می باشد. و در ذیل به برخی از مطالعات انجام شده اشاره می شود:

اکبرنیا(۱۳۸٦) در تحقیقی مقاومت فشاری چهار رقم زیتون(فیشمی، کالاماتا، روغنی و مانزانیلا)را اندازه‌گیری کرد و نشان داد که مقاومت خرد شدن نهایی هسته و مقاومت له شدن هسته در ارقام مختلف میوه زیتون رسیده تفاوت معنی‌داری با هم نداشته اما مقاومت به شکست هسته کالاماتا به طور معنی‌داری از دو رقم مانزانیلا و فیشمی کمتر بود و در مجموع رقم کالاماتای رسیده در مقایسه با ارقام دیگر مقاومت کمتری به فشار داشت.

قمری و همکاران (۲۰۰۳) در پژوهشی مشخصات فیزیکی دو رقم زیتون به نام زرد و روغنی را به دست آوردند. در این پژوهش برای هر نمونه از زیتون ها سه بعد اصلی، حجم و چگالی اندازه‌گیری شد و بر اساس آنها مشخصات فیزیکی مانند قطر میانگین هندسی، ضریب کرویت برای دو رقم فوق الذکر تعیین گردید.

کیلیچیکان و گونر (۲۰۰۸) خواص فیزیکی و مکانیکی میوه زیتون در رقم گملیک تحت بار فشاری را اندازه‌گیری کردند و گزارش نمودند نیروی شکست، انرژی شکست و تغییرشکل ویژه برای هسته و میوه زیتون با افزایش اندازه و نسبت تغییر شکل افزایش می‌یابد و بیشترین نیروی شکست و درصد تغییر شکل در طول محور طولی گزارش شد.

گورگت و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که در آزمون کشش، پوست میوه زیتون مقاوم تر از گوشت میوه بوده و تغییرشکل پذیری آن نسبت به گوشت به مراتب کمتر بوده است. آگار و همکاران (۱۹۹۸) در پژوهشی زیتون های کاملا

رسیده(سیاه شده) ارقام آسکولانو، مانزانیلو، میژن و سوینالو را به منظور ارزیابی فیزیولوژی پس از برداشت و تغییرات کیفیت روغن و تخمین میزان کمیت و کیفیت میوه‌ها و روغن حاصل از آن‌ها را در دو حالت انبار سرد و شرایط معمولی بررسی کردند و گزارش نمودند: در ۵ درجه سانتی‌گراد پس از ٦ هفته در انبار سرد ۲۵٪ میوه‌ها پوسیده شدند و نگهداری میوه در انبار سرد روغن استخراج شده را افزایش می‌دهد. نانوس و همکاران (۲۰۰۲) شرایط انبارداری پیش از فراوری زیتون‌های رومیزی ارقام کانسرولیا و چوندرولیا را بررسی کردند و گزارش نمودند با افزایش زمان پس از برداشت در انبار میزان سفتی میوه‌ها افزایش یافت.

این تحقیق از آن جهت ضرورت دارد که تاکنون پژوهش جامعی در این زمینه، به ویژه در داخل کشور انجام نگرفته است.

بر این اساس هدف از تحقیق حاضر عبارت است :

۱- بررسی سه عامل مدت زمان پس از برداشت، اندازه میوه و نوع رقم بر خواص مکانیکی شامل: نیرو و انرژی بیشینه، تغییرشکل ویژه و چغرمگی بافت زیتون.

۲- تعیین بیشترین و کمترین مقادیر پارامترهای مکانیکی اندازه‌گیری شده در بین ارقام.

۳- تعیین مدلهای رگرسیونی مناسب برای پیش بینی ویژگیهای مکانیکی میوه زیتون در ارقام مورد بررسی.

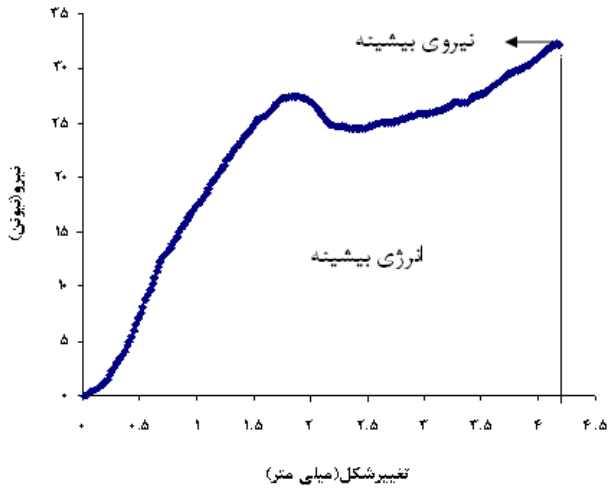
۲- مواد و روش‌ها

نمونه‌های مورد استفاده در این تحقیق(از ارقام ماری، روغنی و گرد گلوله) در مهرماه ۱۳۸٦ از ایستگاه تحقیقاتی زیتون رودبار مستقیما از درخت برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد. برای تعیین خواص مکانیکی، آزمون های فشاری با کمک دستگاه کشش-فشار(شکل ۱) بر روی سه رقم، در سه سطح اندازه و در پنج زمان پس از برداشت بر روی نمونه کامل زیتون در ۸ تکرار انجام گرفت.

شکل۱ -دستگاه *SMT-5* برای اندازه‌گیری خواص مقاومتی محصولات کشاورزی

دستگاه کشش-فشار دارای حسگر بار ۵۰۰ کیلوگرم نیرو بوده و در تمام آزمایشات عامل بارگذاری(صفحه‌ای تخت) با سرعت ۲۵ میلی‌متر در دقیقه*(ASAE standard,1999)* به سمت پایین حرکت و در این حالت زیتون کامل تحت یک بار پیوسته که متناسب با مقاومت بافت زیتون افزایش می‌یافت، قرار می‌گرفت. نمونه‌های زیتون در پایدارترین حالت به نحوی روی فک ثابت قرار داده می‌شد که قطر بزرگ عمود بر جهت بارگذاری قرارگیرد. نیروی بیشینه بر حسب نیوتن بطور عینی از بالاترین نقطه منحنی نیرو-تغییرشکل و پیش از افزایش ناگهانی نیرو و برخورد پروب با هسته به‌دست آمد. همچنین تغییرشکل بیشینه که در اغلب موارد منطبق بر تغییرشکل نیروی بیشینه بود بر حسب میلی‌متر به دست آمد. برای محاسبه انرژی با برازش معادله چندجمله‌ای درجه سه با منحنی نیرو-تغییرشکل و سپس انتگرال‌گیری از معادله مربوطه تا نقطه نیروی بیشینه بافت استفاده شد(شکل۳). به همین ترتیب، چغرمگی از نسبت انرژی بر حجم نمونه‌های مورد آزمایش به‌دست آمد. همچنین برای محاسبه تغییرشکل ویژه در نقطه نیروی بیشینه از رابطه زیر استفاده شد(کلیچیکان و گونر۲۰۰۸)

$$[S_d]_{f\max} = \frac{l_u - l_f}{l_u} \times 100$$



شکل۳- منحنی نیرو-تغییرشکل بافت میوه زیتون

برای تحلیل نتایج از آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی استفاده گردید. تجزیه تحلیل داده‌ها به کمک نرم افزار *SPSS.14* انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مشاهدات عینی

نتایج عینی نشان داد، با افزایش مدت زمان پس از برداشت میوه‌های زیتون در دمای محیط با کاهش محتوای رطوبتی دچار تغییررنگ(از سبز تیره و ارغوانی به سیاه)و تغییر بافت(چروکیدگی) و افزایش استحکام بافت(مقاومت به نفوذ) احتمالا به واسطه تغییرات شیمیایی مواجه گردیدند.

۳-۲- نتایج آماری برای خصوصیات مکانیکی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده های مکانیکی میوه زیتون در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول۱-تجزیه واریانس خواص مکانیکی بافت میوه زیتون

بر اساس میانگین مربعات(MS)

شاخص ها	درجه آزادی	نیروی بیشینه (نیوتن)	انرژی بیشینه (میلی ژول)	چغرمگی (میلی ژول بر میلی متر مکعب)	تغییرشکل ویژه(درصد)
رقم	۲	۳۱۰/۷۶۸ **	۱۵۹۱۸۶/۹۲۵ **	۰/۰۲۱ **	٤۳۹/۷٤٤ **
اندازه	۲	٦۱/۹٦۱ ns	۷۷۷۹/۹۱۱ **	۰/۰۰٦ **	۷۰/۷۸۱ ns
رقم×اندازه	٤	۲۷۵/۵۷۷ **	۸۲۱/٤٤۱ ns	۰/۰۰۱ *	۲۲۰/۹۵٤ **
زمان پس از برداشت	٤	۵۲۲/٤٤۷ **	۹۵۰/۸۱۱ ns	۰/۰۰۲ **	۹۰۷/۸۸۹ **
رقم×زمان پس از برداشت	۸	٦۸/٦۹۸ ns	۱۱٦٤/٦۰۸ ns	۰/۰۰۱ **	۵۹/۳۳۲ ns
اندازه×زمان پس از برداشت	۸	۵۰/٤٤۵ ns	۷۲۳/۲۷۱ ns	۰/۰۰۰ ns	۵۳/۰۷۱ ns
رقم×اندازه×زمان پس از برداشت	۱٦	٦٦/۹۰۹ ns	۱۵۸۹/۰۲۲ ns	۰/۰۰۰ ns	۱۱٦/۲۲٦ **
خطا	۲۷۰	۵۳/۷٦۱	۱۱۰۲/۲۲۲	۰/۰۰۰	٤۵/۲۵۷
ضریب تغییرات	–	۲۲/۱٤۵۷۷	۲۸/۵۵٤۵	۲۲/٤۵٤	۱۸/۷۸۵۵۷

* در سطح ۵٪ معنی دار است ** در سطح۱٪ معنی دار است ns معنی دار نیست

تجزیه واریانس نیروی بیشینه نشان داد که اثر رقم، زمان و اثر متقابل رقم در اندازه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار و اثر اندازه بر این پارامتر معنی‌دار نشد. باید توجه نمود که نیروی بیشینه یکی از معیارهای استحکام ماده محسوب می گردد. بر این اساس به طور مشخص استحکام ارقام مختلف که یکی از عوامل مهم در طراحی ماشین‌آلات فرآوری است متفاوت از یکدیگر می‌باشد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر رقم و اندازه در سطح احتمال ۱٪ بر انرژی بیشینه معنی‌دار اما تاثیر تاثیر مدت زمان پس از برداشت بر این پارامتر معنی‌دار نشد. معنی‌دار نشدن اثر زمان بر انرژی بیشینه را می‌توان به نزدیکی زمان‌های در نظر گرفته شده و وابستگی انرژی به دو عامل نیرو و جابه‌جایی بیشینه نسبت داد. به همین ترتیب نتایج نشان دا که اثر رقم، اندازه و مدت زمان پس از برداشت بر چغرمگی بافت زیتون در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد. همچنین اثر سه گانه پارامترهای مستقل نیز بر چغرمگی در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد تغییرشکل ویژه نشان داد که اثر رقم و مدت زمان پس از برداشت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. همچنین اثر سه گانه رقم در اندازه در زمان نیز در سطح ۱٪ بر تغییرشکل ویژه معنی‌دار شد(جدول۱).

جدول۲- نتایج مقایسه میانگین‌های متغیرهای مستقل حاصل از آزمون (L.S.D)

عوامل آزمایشی		نیروی بیشینه	انرژی بیشینه	چغرمگی	تغییرشکل ویژه
رقم	گرد گلوله	۲۳/۲٤۱^{b}	٦۷/۱۲۲^{b}	۰/۰۲۹^{b}	۳۷/۰۲۳^{a}
	ماری	۱۷/۰٤۷^{c}	۳۳/۰۲۰^{c}	۰/۰۲۵^{b}	۳۳/٦۳٦^{b}
	روغنی محلی	۵۱/۸۸۳^{a}	۱۱٦/٦۵۹^{a}	۰/۰۵۳^{a}	۳۲/۸٦۹^{b}
زمان پس از برداشت	۰	۲۷/۰۲۹^{d}	٦۵/٤۰۳^{a}	۰/۰۲۸^{b}	۲۸/۰۲۳^{c}
	۲	۲۸/۲۲۸^{cd}	۷۱/۳۱۸^{a}	۰/۰۳۱^{b}	۳۲/۸۱٦^{b}
	٤	۳۰/۸۷۳^{bc}	۷٤/٤۳۲^{a}	۰/۰۳۸^{a}	۳۷/۱٦۱^{a}
	٦	۳۳/۲۱۱^{ab}	۷٤/۱٤۵^{a}	۰/۰٤۰^{a}	۳۷/۳۲۳^{a}
	۸	۳٤/۲۷٦^{a}	۷٦/۰۳٦^{a}	۰/۰٤۱^{a}	۳۷/۳۲٤^{a}
اندازه	کوچک	۳۱/٤۷۷^{a}	٦۳/۹۷۵^{b}	۰/۰٤۵^{a}	۳۳/۷٤۱^{a}
	متوسط	۲۹/۸۳٤^{a}	۷۰/۵۰۷^{b}	۰/۰۳۲^{b}	۳٤/۳۰۷^{a}
	بزرگ	۳۰/۸۵۹^{a}	۸۲/۳۱۹^{a}	۰/۰۳۰^{b}	۳۵/٤۸۰^{a}

توجه: مقادیر میانگین دارای حروف مشترک، برای هر ویژگی مکانیکی اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

نتایج مقایسه میانگین با آزمون *(L.S.D)* تفاوت های معنی داری را در سطح آماری ۵٪ بین ارقام، در پارامترهای مکانیکی به دست آمده از آزمون فشاری نشان داد. همانطور که از جدول ۲ نشان می‌دهد رقم روغنی در کلیه پارامترهای به‌دست آمده به جز تغییرشکل ویژه میانگین بیشتری را به خود اختصاص می‌دهد که نشان از استحکام به مراتب بالاتر بافت در این رقم دارد. اثر مدت زمان پس از برداشت بر تمام پارامترها به جز انرژی بیشینه در سطح احتمال ۵٪ معنی دار شد و همچنین اثر اندازه بر انرژی بیشینه و چغرمگی معنی‌دار شد اما بر پارامترهای دیگر تاثیری نداشت.

۳-۳- تاثیر اندازه میوه بر خصوصیات مکانیکی

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد زیتون‌های با اندازه بزرگ دارای انرژی بیشینه بیشتری می‌باشد. همانطور که انتظار می‌رود تاثیر معنی‌دار فاکتور اندازه بر مولفه‌های استحکامی زیتون نشان می‌دهد که برای ایجاد هر نوع تغییر شکل در میوه‌های کوچک به انرژی کمتری نیاز است که این امر بر قابلیت آسیب پذیری کمتر میوه‌های کوچک دلالت دارد. مطابق با تحقیق کلیچیکان و گونر(۲۰۰۸) با افزایش اندازه میوه انرژی شکست بافت زیتون افزایش می‌یابد بطوریکه با افزایش اندازه از ۲۰ میلی‌متر به ۳۰ میلی‌متر میزان انرژی شکست بافت در جهت محور طولی از ۰/۱۰ ژول به ۰/۱۸ ژول

افزایش یافت. در حالی که با افزایش اندازه میوه مقدار چغرمگی کاهش یافت. از آنجا که چغرمگی به دو عامل انرژی و اندازه وابسته است و روند افزایش اندازه میوه‌ها نسبت به افزایش انرژی شکست بیشتر بوده است، این پدیده قابل توجیه می‌باشد. با استفاده از نتایج حاصل برای چغرمگی می‌توان در فرآوری میوه زیتون تا حدودی انرژی مصرفی در واحد حجم را تخمین زد.

۳-٤- تاثیر نوع رقم بر خصوصیات مکانیکی

نتایج مقایسه میانگین اثر رقم بر نیروی بیشینه با آزمون(L.S.D) نشان داد که رقم روغنی دارای بیشترین مقدار نیروی بیشینه(۵۱/۸۸۳ نیوتن)و رقم ماری دارای کمترین مقدار(۱۷/۰٤۷ نیوتن)است. تفاوتهای بین ارقام را می‌توان به علت تفاوت در مقاومت دیواره سلول‌ها، میزان چسبندگی سلولهای مجاور، رطوبت محصول و ترکیبات درون سلولی نسبت داد. در این تحقیق رقم روغنی نسبت به ارقام ماری و گرد دارای رطوبت کمتری در زمان برداشت(٦۸/۲۳۷ درصد)بود. نتایج حاصل از تاثیر عامل رقم بر انرژی بیشینه تفاوتهای معنی‌داری را درسطح احتمال ۵٪ نشان داد. بیشترین مقدار انرژی بیشینه برای رقم روغنی(٦۵۹/ ۱۱٦ میلی‌ژول) و کمترین مقدار برای رقم ماری(۳۳/۰۲۰ میلی‌ژول) به دست آمد. تفاوت معنی‌دار بین ارقام برای صفات استحکامی میوه لزوم توجه به ویژگی‌های خاص هر رقم و لحاظ آنها در طراحی بهینه متناسب با هر رقم را آشکار می‌سازد. نتایج مقایسه میانگین عامل مستقل نوع رقم بر چغرمگی تفاوتهای معنی‌داری را در سطح احتمال ۵٪ نشان داد. بیشترین مقدار چغرمگی برای رقم روغنی(۰/۰۵۳ میلی‌ژول بر میلی‌متر مکعب) و کمترین مقدار برای رقم ماری(۰/۰۲۵ میلی‌ژول بر میلی‌متر مکعب) به دست آمد. افزایش مدت زمان پس از برداشت و رفتار متفاوت ارقام مختلف زیتون در بارگذاری فشاری نیز در شرایطی که امکان وقوع چنین بارگذاری‌هایی به محصول وجود دارد در پیشگیری از آسیب و گسیختگی ناخواسته محصول و یا بر عکس در گسیختگی مطلوب آنها طی عملیات فرآوری، راهنمای مهندسان در طراحی سیستم‌های انتقال و فرآوری محصول باشد. همچنین نتایج حاصل از تاثیر رقم بر تغییرشکل ویژه تفاوتهای معنی‌داری را درسطح احتمال۵٪ نشان داد. بیشترین مقدار تغییرشکل ویژه برای رقم گرد(۳۷/۰۲۳ درصد) و کمترین مقدار برای رقم روغنی(۳۲/۸٦۹ درصد) به‌دست آمد. رقم گرد نسبت به ارقام ماری و روغنی دارای بیشترین مقدار رطوبت در زمان برداشت(۸٤/٦۸ درصد)بود.

۳-۵- تاثیر مدت زمان پس از برداشت بر خصوصیات مکانیکی

به‌طور عمده از بررسی اثر زمان پس از برداشت بر فاکتورهای استحکامی زیتون مشخص گردید که میوه زیتون در روزهای اولیه برداشت از کمترین استحکام بافت در مقابل نیرو و تغییرشکل و به تبع آن انرژی کمتری برای گسیختگی برخوردار است. اما با گذشت ده روز پس از برداشت استحکام به طور معنی‌داری افزایش یافت. با افزایش مدت زمان پس از برداشت میزان نیروی بیشینه افزایش یافت. بیشترین مقدار این نیرو در هشت روز پس از برداشت معادل ۳٤/۲۷٦ نیوتن به‌دست آمد. همچنین با گذشت زمان میزان نیروی بیشینه به حد معینی حدود(۳٤ نیوتن) میل می‌کند. این موضوع در فرآیند روغن‌کشی زیتون برای پیش بینی نیروی اعمالی برای گسیختگی بافت مفید می‌باشد. رابطه رگرسیونی بین زمان و نیروی بیشینه با ضریب تبیین بالا به صورت معادله زیر می‌باشد:

$$F_{\max} = -0.0411t^2 - 2.194t + 24.593 \qquad R^2 = 0.9807$$

نتایج حاصل از بررسی تاثیر مدت زمان پس از برداشت بر درصد تغییرشکل ویژه تفاوتهای معنی‌داری را درسطح احتمال ۵٪ نشان داد. بیشترین مقدار تغییرشکل ویژه در زمان هشت روز پس از برداشت(۳۷/۳۲٤ درصد) به‌دست آمد. همچنین از زمان سوم(چهار روز پس از برداشت)مقدار تغییرشکل ویژه به حد معینی(۳۷ درصد) میل می‌کند. رابطه رگرسیونی بین زمان و تغییرشکل ویژه به‌صورت معادله زیر می‌باشد:

$$S_d = -0.245t^2 + 3.122t + 27.941 \qquad R^2 = 0.987$$

همچنین نتایج مقایسه میانگین متغیر مستقل مدت زمان پس از برداشت بر میزان چغرمگی تفاوت‌های معنی‌داری را در سطح احتمال ۵٪ نشان داد. بیشترین مقدار چغرمگی در زمان هشت روز پس از برداشت(۰/۰٤۱ میلی‌ژول بر میلی‌متر مکعب) به دست آمد. بطوریکه با افزایش زمان پس از برداشت مقدار چغرمگی(به دلیل وابستگی این پارامتر به انرژی و حجم و افزایش انرژی با گذشت زمان)افزایش یافت. رابطه رگرسیونی بین زمان و چغرمگی با ضریب تبیین بالا به صورت معادله زیر می باشد:

$$Toughness = -0.0002t^2 + 0.003t + 0.0273 \qquad R^2 = 0.9631$$

۳-٦- مدلسازی آماری

جدول۳ مجموعه معادلات رگرسیونی را برای پیش بینی پارامترهای استحکامی بافت زیتون بر اساس جرم میوه نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که در اغلب موارد می توان با کمک معادلات از نوع چند جمله‌ای درجه دوم با دقت مناسب پارامترهای مکانیکی بافت زیتون را بر اساس جرم میوه مدل نمود. این موضوع در طراحی ماشین آلات فرآوری و درجه بندی میوه زیتون دارای اهمیت می‌باشد.

جدول۳- ضرایب معادلات رگرسیونی بر مبنای معادله $y = am^2 + bm + c$

نوع رقم	پارامتر مکانیکی	ضرایب مدل رگرسیونی			R^2
		a	b	c	
روغنی	نیروی بیشینه(نیوتن)	-۰/۸۵۱	۵/۰٤۷	٤۵/۷٦۲	۱
	چغرمگی(میلی‌ژول بر میلی‌مترمکعب)	٤/۰٦۸	-۱۹/٦۱٦	٤۳/٤۸۹	۱
	تغییرشکل ویژه(درصد)	۰/۷۸۵	-۲/۳٦۵	۱۸/۱۱۳	۱
گرد	نیروی بیشینه(نیوتن)	۰/۰۰۷	-۰/۰٤۱	۰/۱۰۱	۱
	چغرمگی(میلی‌ژول بر میلی‌مترمکعب)	۰/۰۰۷	-۰/۰۳۸	۰/۰۷۱	۱
	تغییرشکل ویژه(درصد)	۰/۰۰۲	-۰/۰۱۱	۰/۰۳۷	۱
ماری	نیروی بیشینه(نیوتن)	-۱/۳۸۵	۹/۱٦۲	۲۵/۱٦۲	۱
	چغرمگی(میلی‌ژول بر میلی‌مترمکعب)	۱/٤۵۷	-۵/۳٦۸	۳۷/۵۷۱	۱
	تغییرشکل ویژه(درصد)	۰/۸۳۸	-٤/۸۲۷	۳۸/٦۱۲	۱

در معادله فوق y عبارت است از پارامتر مکانیکی(جدول٤) و m جرم میوه بر حسب گرم

نتیجه گیری

۱- نتایج نشان داد که با افزایش اندازه، انرژی بیشینه بافت زیتون افزایش می‌یابد و همچنین اندازه با چغرمگی رابطه معکوس دارد بطوری‌که با افزایش اندازه میزان چغرمگی کاهش یافت. در حالی که این متغیر اثر معنی‌داری بر نیروی بیشینه و تغییر شکل ویژه نداشت.

۲- مقایسه میانگین‌های حاصل از آزمونLSD نشان داد که رقم روغنی نسبت به رقم‌های ماری و گرد دارای بیشترین مقادیر نیرو و انرژی بیشینه و چغرمگی بوده که به‌ترتیب برای این پارامترها ۵۱/۸۸۳ نیوتن، ۱۱۱/۶۵۹ میلی‌ژول و ۰/۰۵۳ میلی‌ژول بر میلی‌مترمکعب به‌دست آمد.

۳- بررسی اثر مدت زمان پس از برداشت بر پارامترهای مکانیکی نشان داد که اثر این عامل بر نیروی بیشینه، چغرمگی و درصد تغییرشکل ویژه بافت زیتون در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است.

منابع و مآخذ

۱- توکلی هشتجین، ت. ۱۳۸۲. مکانیک محصولات کشاورزی، تالیف سیتکی، انتشارات دانشگاه زنجان، ۵۳۰ ص.

۲- درویشیان، م. ۱۳۷۵. زیتون، ترجمه، انتشارات مرکز آموزش کشاورزی کرج، ۲۸٤ ص.

۳- موسسه استاندارد ایران، آشنایی با زیتون و اصول برداشت و پس از برداشت آن، شماره ٦٤١٤.

4. Agar, T., Hess-Pierce, B., Kader, A.1999. Identification of optimum preprocessing storage conditions to maintain quality of black ripe Manzanillo olives. Postharvest Biology and Technology. 15:53-64.

5.Akbarnia, E. 2007. Determination and comparision Resistance Pressure Four Olive Varieties Common in Iran. Trhran University . Department of Mechanic's of Agricultural Machinery.

6. ASAE standards.1999. compression test of food materials of convex shape. American society of Agricultural Engineers. S 368.3.

7. Georget, D., Smith, M.R., Waldron, A.C.2001. Effect of ripening on the mechanical properties of Portuguest and Spanish varieties of olive (Olea europaea L). Journal of the science of food and Agriculture. Vol.81.pp 448-454.

8. Ghamari, B., Rajabipour, A., Borgheari, A.M., Sadeghi, H.2003. Some physical properties of olive. CSAE/SCGR, paper No.03-323.

9. Kilickan, A., Guner, M.2008. Physical Propeties and Mechanical Behavior of Olive Fruites(Olea europaea L) under Compression Loading. Journal of Food Engineering.

10. Liebanes, M.D., Aragon, J.M.2006. Equilibrium moisture isotherms of two-phase olive oil by-products: Adsorption process thermodynamics. Journal of Food Engineering. paper No 298-306.

11. Mohsenin, N.N.1986. Physical Properties of Plant and Animal Materials. New York: Gordan and Beach Science.

12. Nanos, G.D. Kiritsakis, A.K., Sfakiotakis, E.M. 2002. Preprocessing Storage Conditions for Green Conservolea and Chondrlia table Olives. Postharvest Biology and Technology. 25:109-115.

13. Stroshin, R. 1998. Physical Properties of Agriculture Materials and Food Products. Department of Agricultural and Biological Engineering Purdue University West Lafayette, Indiana. pp.287.

Abstract

Knowing mechanical properties of olives is necessary parameters for machine design and quality of processing production line and reducing the waste. this research was conducted to evaluate the effect size and post harvesting time on some mechanical properties of Mari, Roghani and Gerd goloole varieties olive. The average maximum force, maximum energy, specific deformation, toughness for fruit were investigated experimentally. olive fruits were loaded between two parallel plates with 25 mm/min load velocity to determine mechanical properties fruit olives. The tests were carried out at 5 time (harvest day,2,4,6,8day post harvest) and in three size in ambient conditions. There were significant difference in all parameters mechanical determine for three variety olive fruits at 1% probability level. Roghani mahali properties were higher than the other two varieties. Gerd goloole variety had higher specific deformation than two varieties. Effect size for energy maximum and toughness and effect time for maximum force, toughness and specific deformation were significantly difference in level ($P<0.01$). LSD mean comparison test for three varieties at 5% probability level had shown significant differences among the parameters.

Keywords: olive; Mechanical properties; Compression test; postharvest time