بررسی تأثیر اندازه و مدت زمان پس از برداشت بر خواص فیزیکی و مکانیکی میوه زیتون در ارقام متداول(۵۰۶)

ثمانه لواسانی [۱] ، امیر حسین افکاری سیاح [۲] ، عبدالله گل محمدی [۳] ، محمد رضا عباسی مژدهی

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 ماشین های پس از برداشت نیاز به اطلاعات کافی از خواص فیزیکی و مکانیکی آنها می باشد. در تحقیق حاضر با استفاده از دستگاه کشش- فشار و انجام آزمون های مکانیکی طی یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی اثر فاکتورهای مستقل مدت زمان پس از برداشت (۰،۲،۴،۶ و ۸ روز)، اندازه میوه در سه سطح (کوچک، متوسط و بزرگ) و رقم محصول (ماری، روغنی محلی و گرد گلوله) بر ویژگی های مکانیکی (نیرو و انرژی شکست، تغییرشکل ویژه و چغرمگی بافت زیتون) خصوصیات فیزیکی (قطر میانگین هندسی، ضریب کرویت و جرم مخصوص حقیقی) آن مورد مطالعه قرار گرفت. با بررسی خواص فیزیکی میوه ها، مشخص گردید که رقم گرد گلوله نسبت به ارقام ماری و روغنی محلی دارای بیشترین مقدار جرم مخصوص حقیقی در زمان ۶ روز پس از برداشت و اندازه کوچک (۱/۴۲۸ گرم بر سانتی متر مکعب)، بیشترین قطر میانگین هندسی در زمان برداشت و اندازه بزرگ (۱۹/۷۸ میلی متر) و دارای بیشترین مقدار ضریب کرویت در زمان ۲ روز، بعد از برداشت (۰/۹۴۳) بود. در هر سه رقم با افزایش اندازه میوه میزان درجه کرویت کاهش یافت و میوه ها کشیده تر شدند. اثر مدت زمان پس از برداشت، نوع رقم و اندازه در سطح ۱٪ بر خواص فیزیکی اندازه گیری شده معنی دار شد. همچنین در بررسی خواص مکانیکی سه رقم مشخص شد که رقم روغنی محلی نسبت به رقم های ماری و گرد گلوله دارای بیشترین مقادیر نیرو و انرژی شکست و چغرمگی بوده که به ترتیب مقادیر ۵۱/۸۸۳ نیوتن، ۱۱۶/۶۵۹میلی ژول و ۰/۰۵۳ ژول بر سانتی متر مکعب به دست آمد. نتایج آزمون فشاری و استخراج خواص مقاومتی بافت زیتون (از منحنی نیرو- تغییر شکل) نشان داد که نوع رقم اثر معنی داری بر رو و انرژی شکست، چغرمگی و تغییرشکل ویژه بافت زیتون در سطح ۱٪ داشت. اثر اندازه بر نیروی شکست و تغییرشکل ویژه و اثر مدت زمان پس از برداشت بر انرژی شکست بافت زیتون معنی دار نشد و برای پارامتر های دیگر در سطح ۱٪ معنی دار شد.

کلیدواژه: میوه زیتون، خواص فیزیکی و مکانیکی، آزمون فشاری، مدت زمان پس از برداشت

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، پست الکترونیک: sa-lavasani@yahoo.com
۲- استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده کشاورزی
۳- مربی پژوهشی و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات زیتون استان گیلان

مقدمه

زیتون که نام علمی آن اولئا اوروپا می‌باشد از خانواده‌ی اولئاسه است [۳]. زیتون از قدیمی ترین منابع غذایی بشر بوده که با پیدایش تمدن‌های اولیه استفاده ازآن نیز رواج پیداکرد و در بعضی کشورها یکی از منابع مهم تامین‌کننده ی مواد غذایی، دارویی و ویتامین های مورد نیاز انسان می‌باشد. میزان تولید این محصول در ایران در سال۱۳۸۴، 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 ۲۶ استان کشور یافت می‌شود و در عرض ده سال سطح زیر کشت آن از پنج هزار به صد هزار هکتار رسیده است[۲].

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 مکانیزه کردن عملیات کشاورزی در ابتدا خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات مورد ارزیابی و بررسی قرار می گیرد. در این راستا 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 و همکاران (۱۳۸۶) در تحقیقی مقاومت فشاری چهار رقم زیتون (فیشمی، کالاماتا، روغنی و مانزانیلا)را اندازه گیری کردند و نتایج نشان داد که مقاومت خرد شدن نهایی هسته و مقاومت له شدن هسته در ارقام مختلف میوه زیتون رسیده تفاوت معنی داری با هم نداشتند ولی مقاومت به شکست هسته کالاماتا به طور معنی داری از دو رقم مانزانیلا و فیشمی کمتر بود و در مجموع رقم کالاماتای رسیده در مقایسه با ارقام دیگر مقاومت کمتری به فشار داشت [۱]. قمری و رجبی پور (۲۰۰۳) در پژوهشی مشخصات فیزیکی دو رقم زیتون به نام زرد زیتون و زیتون غنی را به دست آوردند. در این پژوهش برای هر نمونه از زیتون ها سه بعد، قطر، عرض و حجم اندازه گیری د و بر اساس آنها مشخصات فیزیکی مانند قطر هندسی، کرویت برای دو رقم فوق الذکر تعیین گردید[۱۰]. کیلیچیکان و گونر (۲۰۰۸) خواص فیزیکی و مکانیکی میوه زیتون در رقم گملیک تحت بار فشاری را اندازه گیری کردندو گزارش نمودند نیروی شکست، انرژی شکست و تغییرشکل ویژه برای هسته و میوه زیتون با افزایش اندازه و نسبت تغییر شکل افزایش می یابد و بیشترین نیروی شکست و درصد تغییر شکل در طول محور X گزارش شد[۱۱].

از آنجا که عوامل مختلفی از قبیل عوامل بیولوژیکی، زیست محیطی، شرایط و روش کاشت، داشت، برداشت و نوع انبارداری بر خواص مختلف محصول تولیدی تاثیر می گذارند لذا تعیین این خواص جهت کاربرد در طراحی ماشین آلات پس از برداشت از قبیل درجه بندی، جداسازی، بسته بندی، حمل و نقل، صادرات، فرآوری در کارخانجات و ..... مفید می باشد[۵].

این تحقیق از آن جهت ضرورت داردکه 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 فیزیکی شامل: قطر میانگین هندسی و حسابی، ضریب کرویت و جرم مخصوص حقیقی و خواص مکانیکی شامل: نیرو و انرژی شکست، تغییرشکل ویژه و چغرمگی بافت زیتون
۲- تعیین بیشترین و کمترین مقادیر پارامتر های مکانیکی اندازه گیری شده در بین ارقام
۳- تعیین روند تغییرات پارامتر های مکانیکی برحسب افزایش مدت زمان پس از برداشت و اندازه میوه زیتون

مواد و روش ها

ارقام مورد استفاده در این تحقیق(ماری، روغنی محلی وگرد گلوله) در بیست و ششم مهرماه ۸۵ از ایستگاه تحقیقات زیتون رودبار مستقیما از درخت برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد. آزمایشات مربوط به خواص فیزیکی و مکانیکی ارقام زیتون در دمای محیط درطی زمان های (زمان برداشت، ۲ ، ۴، ۶ و ۸ روز پس از برداشت) انجام گردید. با استفاده از کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۲ mm، ابعاد اصلی (aقطر بزرگ،b قطر متوسط و c قطرکوچک)زیتون ها اندازه گیری شدند. با استفاده از سه قطر اصلی، ضریب کرویت و میانگین هندسی و حسابی اقطار آنها به ترتیب از روابط (۱)، (۲) و (۳) به دست آمدند[۱۲].

$$s = \frac{\sqrt[3]{abc}}{a} \quad (۱) \qquad D_a = \frac{a+b+c}{3} \quad (۲) \qquad D_g = \sqrt{abc} \quad (۳)$$

در روابط فوق S ضریب کرویت، D_a قطر میانگین حسابی بر حسب میلی متر، D_g قطر میانگین هندسی بر حسب میلی متر و a، b و c به ترتیب قطر های بزرگ و متوسط و کوچک بر حسب میلی متر می باشند.

جرم نمونه ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت اندازه گیری ۰/۰۰۱ گرم اندازه گیری شد. برای تعیین و اندازه گیری حجم هر دانه زیتون از روش جرم آب جابه جا شده استفاده شد. بدین منظور یک بشر بر روی ترازو قرار داده شده سپس میوه در آب غوطه ور می شود و جرم آب جابه جا شده تعیین می شود. با استفاده از رابطه۴ چگالی هر دانه از زیتون به دست می آید[۱۳].

$$\rho_f = \frac{M_a}{M_a - M_w} \cdot \rho_w \quad (۴)$$

که در آن ρ_f چگالی هر دانه زیتون(g/cm^3)، M_a جرم محصول در هوای آزاد(gr)، M_w جرم محصول در آب(gr) و ρ_w چگالی آب در محیط آزمایشگاه (g/cm^3)است که برابر با ۱ گرم بر سانتی متر مکعب در نظر گرفته شد.

برای تعیین خواص مکانیکی، آزمون فشاری با دستگاه کشش- فشار (شکل۱) بر روی سه رقم(ماری، روغنی محلی وگردگلوله)، در سه سطح اندازه(کوچک، متوسط و بزرگ) و در ۵ زمان پس از برداشت (زمان برداشت، ۲ ، ۴، ۶ و ۸ روز پس از برداشت) و با استفاده از دو فک تخت بر روی نمونه کامل زیتون در ۶ تکرار انجام گرفت.

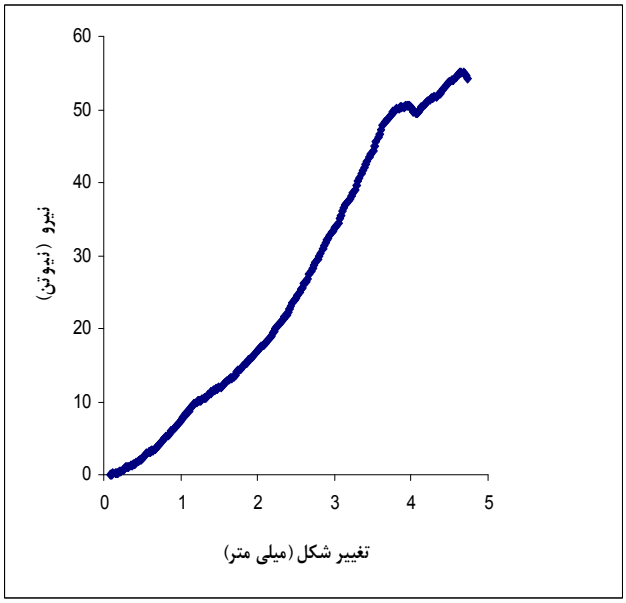
شکل ۱: تصویر دستگاه SMT-5 برای اندازه گیری خواص مقاومتی محصولات کشاورزی

قبل از انجام آزمون فشاری، خواص فیزیکی مانند ابعاد، حجم، جرم مخصوص حقیقی تمام نمونه ها در پنج زمان پس از برداشت اندازه گیری شدند. به کمک دستگاه کشش – فشار و با سرعت شبه استاتیک(۲۵ میلی متر در دقیقه)[۶] نمودار نیرو- تغییر شکل در طی فشردگی زیتون رسم و اطلاعات مربوط به استحکام بافت زیتون استخراج گردید. برای محاسبه انرژی از سطح زیر نمودار تا نقطه شکست بافت استفاده شد. محاسبه چغرمگی از نسبت انرژی بر حجم نمونه های مورد آزمایش به دست آمد. همچنین برای محاسبه تغییرشکل ویژه در نقطه بیشینه نیرو از رابطه ۵ زیر استفاده شد[۱۱]:

$$[S_d]_{f\max} = \frac{l_u - l_f}{l_u} \cdot 100 \quad (۵)$$

که در آن : l_u قطر متوسط اولیه نمونه قبل از تغییر شکل، l_f قطر متوسط ثانویه نمونه بعد از تغییر شکل، $[S_d]_{f\max}$ تغییر شکل ویژه برای نقطه شکست می باشد.

شکل ۲ نمونه ای از منحنی نیرو-تغیرشکل میوه زیتون را تا نقطه شکست بافت نشان می دهد.



شکل۲- منحنی نیرو- تغییر شکل بافت میوه زیتون

برای تحلیل نتایج ازآزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی استفاده گردید. تجزیه و تحلیل داده ها بـه کمـک نـرم افـزار SPSS.14 انجام شد.

نتایج و بحث

خواص فیزیکی

در جداول ۱و ۲ به ترتیب روابط رگرسیونی برخی از خواص فیزیکی، ابعاد(aقطر های بزرگ، bمتوسـط و cکوچـک)، s ضـریب کرویت، D_g قطر میانگین هندسی و D_a حسابی، vحجم ، ρ_f چگـالی و M جـرم در رقـم روغنـی محلـی در ۵ زمـان پـس از برداشت آمده است.

جدول ۱- روابط رگرسیون خطی پیش بینی بین خواص فیزیکی در رقم روغنی

رگرسیون خطی رقم روغنی محلی	R^2
$M = -0.287 - 0.131a + 0.0918b + 0.869c$	95.6
$M = 8.61 + 2.05V$	93.4
$D_g = 2.88 + 2.64M$	92.4
$D_g = 24.9 + 5.69V$	96
$V = -3.68 + 0.105a + 0.0916b + 0.287c$	96.2

نتایج جدول ۱ با ضریب تبیین بالای ۹۰ نشان می دهد که با دقت بالایی می توان حجم و جرم میوه را بر اساس ابعاد آن تخمین زد. این نتیجه بویژه در سیستم های اندازه گیری و سورتینگ بر اساس پردازش تصویر بسیار اهمیت خواهد داشت.

جدول۲- مقادیر میانگین و انحراف معیارخواص فیزیکی رقم روغنی محلی

	زمان ۱	زمان ۲	زمان ۳	زمان۴	زمان۵
قطرمیانگین هندسی(mm)	۱۶/۲۱۷±۲/۲۹۵	۱۵/۸۹۶±۱/۹۸۹	۱۵/۷۱۱±۱/۸۰۵	۱۴/۷۹۰±۱/۶۶۹	۱۴/۹۲۴±۱/۹۰۶
قطر میانگین حسابی(mm)	۳۹/۹۱۰±۵/۶۸۷	۳۹/۱۷۱±۴/۹۳۴	۳۸/۹۱۴±۴/۴۲۷	۳۶/۸۳۸±۴/۲۵۴	۳۷/۲۵۶±۴/۸۲۲
ضریب کرویت	۰/۷۹۷±۰/۰۲۸	۰/۷۹۵±۰/۰۳۷	۰/۷۸۲±۰/۰۲۷	۰/۷۶۹±۰/۰۲۶	۰/۷۶۵±۰/۰۲۶
حجم (cm^3)	۲/۳۸۱±۰/۹۶۱	۲/۲۱۵±۰/۷۹۵	۲/۱۲۴±۰/۶۹۸	۱/۷۶۹±۰/۵۷۵	۱/۸۳۴±۰/۶۳۰
چگالی (g/cm^3)	۱/۱۱۹±۰/۰۴۵	۱/۱۴۷±۰/۰۴۳	۱/۱۶۲±۰/۰۴۰	۱/۲۴۲±۰/۰۵۳	۱/۱۳۹±۰/۰۵۹

جدول ۳-تجزیه واریانس خواص فیزیکی میوه زیتون

میانگین مربعات(MS)

شاخص ها	درجه آزادی	قطر میانگین هندسی	قطر میانگین حسابی	ضریب کرویت	جرم مخصوص حقیقی
رقم	۲	۲۵۱/۶۴۸ **	۹۳۳/۶۱۱ **	۱/۱۰۱ **	۰/۲۷۰ **
اندازه	۲	۵۹۸/۳۵۹ **	۳۶۸۶/۹۳۷ **	۰/۰۰۴ *	۰/۱۶۸ **
رقم*اندازه	۴	۱۱/۱۳۱ **	۳۸/۲۶۸ **	۰/۰۱۰ **	۰/۰۳۲ **
زمان پس از برداشت	۴	۲۰/۵۰۲ **	۸۵/۵۲۶ **	۰/۰۲۴ **	۰/۰۷۳ **
رقم*زمان پس از برداشت	۸	۱/۰۴۴ ns	۶/۳۱۰ ns	۰/۰۰۵ **	۰/۰۱۲ *
اندازه*زمان پس از برداشت	۸	۱/۴۸۲ **	۹/۴۹۴ **	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۸ ns
رقم*اندازه*زمان پس از برداشت	۱۶	۰/۴۴۹ ns	۱/۶۷۹ ns	۰/۰۰۲ *	۰/۰۰۶ ns
خطا	۲۷۰	۰/۵۴۲	۳/۳۶۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵
ضریب تغییرات	–	۱۱/۹۳۲۰	۱۱/۱۹۹۳	۱۰/۲۳۳۳	۷/۴۷۶۲

* در سطح ۵٪ معنادار است ** در سطح ۱٪ معنادار است ns معنادار نیست

بابررسی خواص فیزیکی میوه ها، نتایج نشان داد که رقم گرد گلوله نسبت به ارقام ماری و روغنی محلی دارای بیشترین مقدار جرم مخصوص حقیقی در زمان ۶ روز پس از برداشت و سایز کوچک (۱/۴۲۸ گرم بر سانتی متر مکعب)، قطر میانگین هندسی در زمان برداشت و سایز بزرگ (۱۹/۷۸ میلی متر) و دارای بیشترین مقدار ضریب کرویت در زمان ۲ روز بعد از برداشت (۰/۹۴۳) می باشد. در هر سه رقم با افزایش اندازه میوه میزان درجه کرویت کاهش یافت و میوه ها کشیده تر شد. اثرات مدت زمان پس از برداشت، نوع رقم و اندازه (براساس سطوح جرمی انتخاب شدند) در سطح ۱٪ برتمام خواص فیزیکی اندازه گیری شده معنی دار شد.(جدول۳) همچنین نتایج نشان داد بعد ار ۸ روز نگهداری ارقام زیتون در دمای محیط قطر میانگین هندسی، حسابی و حجم نسبت به زمان برداشت کاهش ولی میزان چگالی افزایش یافت. ضریب تغییرات برای خواص فیزیکی اندازه گیری شده در جدول تجزیه واریانس بین ۱۱-۷ به دست آمد. کمترین ضریب تغییرات برای جرم مخصوص حقیقی با مقدار ۷/۴۷۶۲ به دست آمد.

خواص مکانیکی بافت زیتون

نیروی شکست: با افزایش مدت زمان های پس از برداشت میزان نیروی شکست در هر سه رقم افزایش یافت. این افزایش استحکام به دلیل کاهش رطوبت میوه زیتون قابل توجیه می باشد. بیشترین مقدار این نیرو برای رقم روغنی محلی در زمان ۸ روز پس از برداشت (۶۰/۹۱۲ وتن) و اندازه متوسط و کمترین نیروی شکست برای رقم ماری در زمان برداشت(۱۲/۳۸۵ نیـ تن) و اندازه کوچک به دست آمد. برای دورقم ماری و وغنی محلی بیشترین نیرو با افزایش اندازه و برای رقم گرد گلوله با کاهش اندازه به دست آمد. نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول۷) نشان دادکه اثر رقم و مدت زمان پس از برداشت برای شکست در سطح ۱ ٪ معنی دار اما برای اندازه معنی دار نشد. روابط رگرسیون خطی پیش بینی نیروی شکست (ماکزیمم نیرویی که باعث شکست بافت زیتون شده است) بر اساس اندازه میوه(جرم) با ضریب تبیین بسیار بالای ۱ برای سه رقم مورد آزمایش درزیر ارائه شده است.

جدول۴- روابط رگرسیون خطی پیش بینی بین جرم و نیروی بیشینه برای سه رقم مورد آزمایش

وغنی	$f_{\max} = -0.8515M^2 + 5.0475M + 45.762$	$R^2 = 1$
گرد	$f_{\max} = 4.068M^2 - 19.616M + 43.489$	$R^2 = 1$
ماری	$f_{\max} = 0.785M^2 - 2.365M + 18.113$	$R^2 = 1$

انرژی شکست: بیشترین مقدار انرژی برای رقم روغنی محلی در زمان ۶ روز پس از برداشت(۱۵۲/۱۸۱ میلی ژول) و اندازه بزرگ و کمترین انرژی شکست برای رقم ماری در زمان ۶ روز پس از برداشت و اندازه کوچک به دست مد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول۷) نشان دادکه رقم و اندازه در سطح ۱ ٪ معنی دار شد اما بر مدت زمان های پس از برداشت معنی دار نشد. با افزایش اندازه میزان انرژی شکست افزایش یافت این نتیجه با نتایج تحقیق کلیچیکان و گونر در ۲۰۰۸ نیز مطابقت دارد در این تحقیق با افزایش اندازه از ۱۰ میلی متر به ۳۰ میلی متر میزان انرژی شکست از ۰/۱۰ ژول به ۰/۱۸ ژول افزایش یافت. معنی دار نشدن اثر زمان بر انرژی ماکزیمم را به دلیل وابستگی انرژی به نیرو و کرنش شکست می توان توجیه نمود.

چغرمگی(toughness): با افزایش اندازه مقدار چغرمگی کاهش یافت (یعنی زیتون های ریزتر با جرم کمتر چغرمه تر بوده و این نتیجه با نتایج تحقیق افکاری سیاح و مینایی در سال ۱۳۸۴مطابقت دارد) و با گذشت زمان نسبت به زمان برداشت میزان چغرمگی افزایش یافت(شکل ۳). بیشترین مقدار چغرمگی برای رقم روغنی محلی در زمان ۴ روز پس از برداشت (۰/۰۹۱ میلی ژول بر میلی متر مکعب) و اندازه کوچک و کمترین مقدار برای رقم ماری در زمان برداشت (۰/۰۲۳ میلی ژول بر میلی متر مکعب) و اندازه کوچک به دست آمد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان دادکه اثر رقم، اندازه و مدت زمان های پس از برداشت برای

چغرمگی در سطح۱٪ معنی دار شد. اثرسه گانه پارامتر های مستقل نیز برای چغرمگی در سطح ۵ ٪ معنی دار شد. نتـایج مقایـسه میانگین های عوامل آزمایشی(جدول۸) (رقم، اندازه و مدت زمان پس از برداشت) بر چغرمگی با آزمون LSD تفاوت های معنـی داری را در سطح ۵٪ نشان داد. با استفاده از نتایج حاصل برای چغرمگی می توان در فرآوری میوه زیتون تا حدودی انرژی مصرفی در واحد حجم را تخمین زد.

جدول۵- روابط رگرسیون خطی پیش بینی بین جرم(x) و چغرمگی(y) برای سه رقم مورد آزمایش

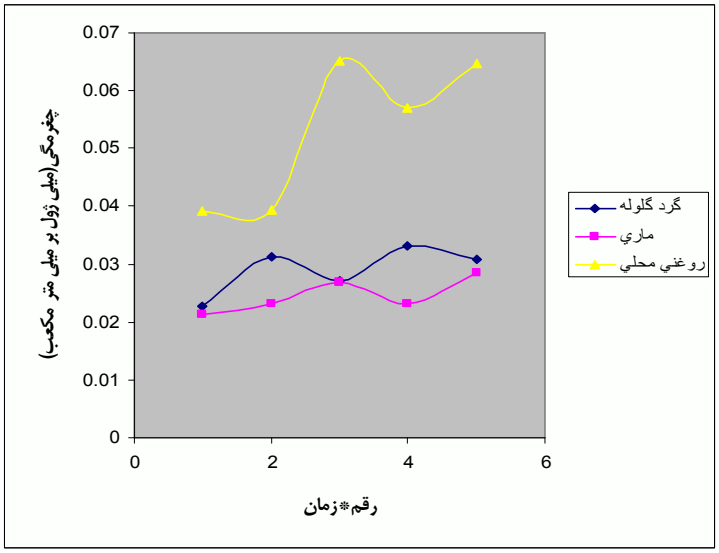
روغنی	$y = 0.0075x^2 - 0.0415x + 0.101$	$R^2 = 1$
گرد	$y = 0.0075x^2 - 0.0385x + 0.071$	$R^2 = 1$
ماری	$y = 0.002x^2 - 0.011x + 0.037$	$R^2 = 1$

نتایج جدول ۵ با ضریب تبیین۱ نشان می دهد که با دقت بسیار بالایی می توان انرژی مصرفی در واحد حجم را بر اسـاس جـرم آن تخمین زد. این نتیجه بویژه در روغن کشی زیتون بسیار اهمیت خواهد داشت.

تغییر شکل ویژه (specific deformation): با افزایش اندازه در دو رقم گرد گلوله و ماری میزان تغییرشـکل ویـژه در نقطه شکست نیرو افزایش و برای رقم روغنی محلی کاهش یافت. در پژوهشی که توسط کیلیچیکان و گ نر (۲۰۰۸) انجام گرفـت این نتایج برای رقم گملیک زیتون به دست آمد در این تحقیق با افزایش اندازه میزان تغییر شکل ویژه از ۱۹ درصد بـه ۲۹ درصـد افزایش یافت. نتایج مقایسه میانگین های عوامل آزمایشی(رقم و مدت زمان پس از برداشت) بر تغییرشکل ویژه بـا آزمـون LSD (نمودار) تفاوت های معنی داری را در سطح ۵٪ نشان و بیشترین مقدار میانگین تغییر شکل ویژه در زمان های چهارم با مقدار ثابت ۳۷/۳۲۴ درصد و برای رقم گرد گلوله به دست آمد. نتایج حاصل از جدول آنالیز واریانس(جدول۷) نشان می دهد که اثر رقم و مدت زمان پس از برداشت در سطح ۱٪ معنی دار و برای اندازه معنی دار نشد. اثر سه گانه رقم* اندازه*زمان نیز در سـطح۱٪ معنـی دار شد.

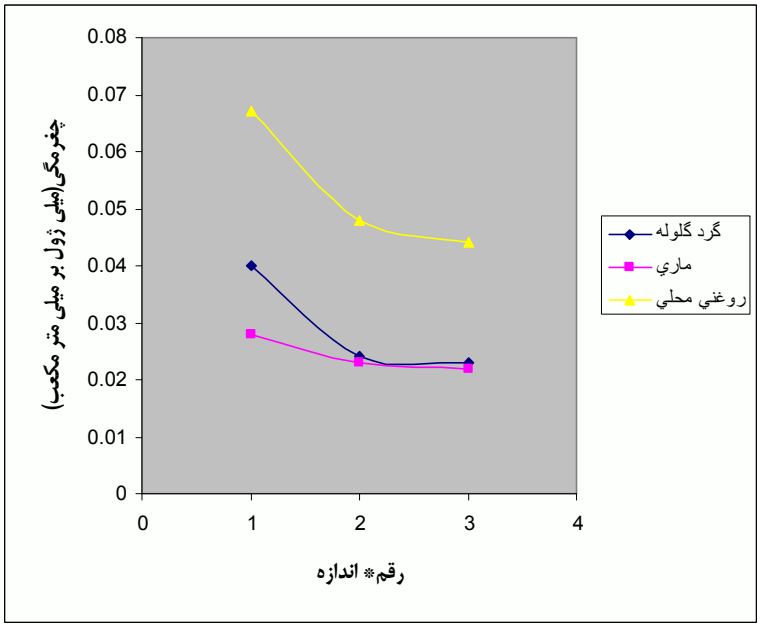
جدول۶- روابط رگرسیون خطی پیش بینی بین جرم (x) و تغییر شکل ویژه (y) برای سه رقم مورد آزمایش

روغنی	$y = -1.385x^2 + 9.162x + 25.162$	$R^2 = 1$
گرد	$y = 1.4575x^2 - 5.3685x + 37.571$	$R^2 = 1$
ماری	$y = 0.838x^2 - 4.827x + 38.612$	$R^2 = 1$



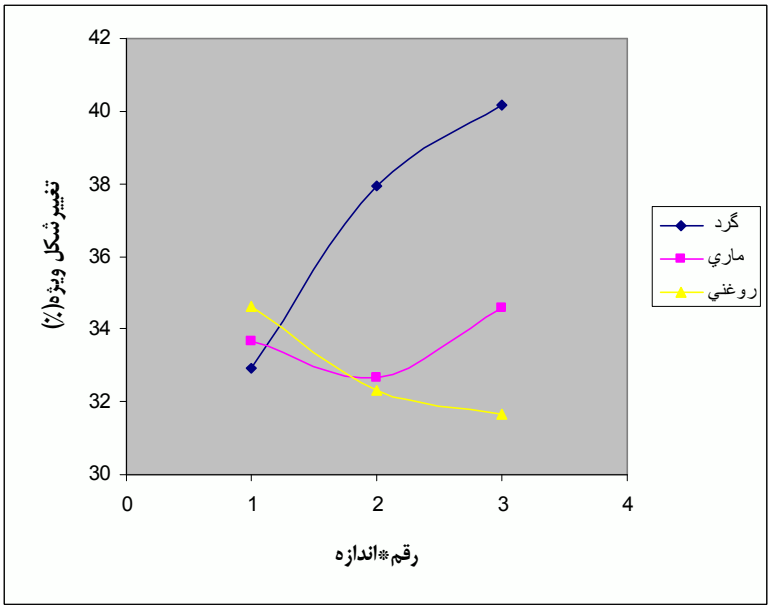
شکل۳-اثر متقابل رقم * زمان(در پنج دوره پس از برداشت با فاصله دو روز) برمیزان چغرمگی

نتایج مقایسه اثرات متقابل رقم و زمان پس از برداشت شکل(۳) نشان می دهد که برای هر سه رقم مورد مطالعه باگذشت زمان پس از برداشت نسبت به روز برداشت میزان چغرمگی افزایش یافته است. بیشترین مقدار چغرمگی برای رقم روغنی در زمان ۸ روز پس از برداشت به دست آمد. ثابت نبودن روند تغییرات در زمان های پس از برداشت به دلیل تغییرات فیزیولوژی در بافت زیتون با گذشت زمان و کاهش رطوبت میتوان توجیه نمود.

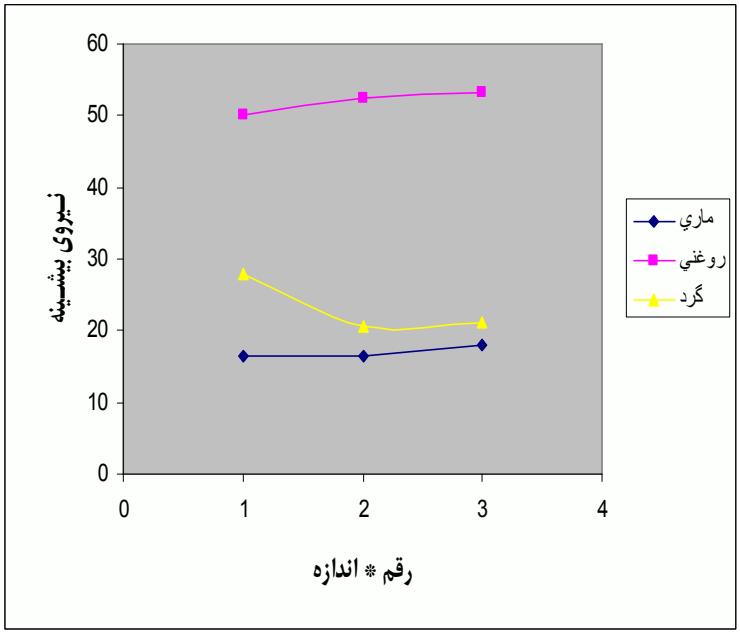


شکل۴-اثر متقابل رقم * اندازه بر چغرمگی

نتایج مقایسه اثرات متقابل رقم و اندازه شکل(۴) نشان می دهد که برای هر سه رقم مورد مطالعه با افزایش جرم میوه ها میزان چغرمگی کاهش یافته است. بیشترین مقدار چغرمگی برای رقم روغنی در اندازه کوچک به دست آمد.



شکل ۵-اثر متقابل رقم * اندازه بر تغییر شکل ویژه



شکل۶- اثر متقابل رقم *اندازه بر نیروی شکست

نتایج مقایسه اثرات متقابل رقم و اندازه شکل(۶) نشان می دهد که برای دو رقم ماری و وغنی با افزایش جرم میوه میزان نیروی شکست بافت افزایش ولی برای رقم گرد کاهش یافت. این نتیجه را به دلیل رطوبت بیشتر رقم گرد(۸۴/۶۸ درصد) نسبت به دو رقم ماری(۷۲/۹۵درصد)و روغنی (۶۸/۲۳درصد) قابل توجیه است. بیشترین مقدار نیروی شکست برای رقم روغنی در اندازه بزرگ به دست آمد.

جدول۷-تجزیه واریانس خواص مکانیکی بافت میوه زیتون

میانگین مربعات(MS)

شاخص ها	درجه آزادی	نیروی بیشینه (N)	انرژی بیشینه (mj)	چغرمگی (mpa)	تغییرشکل ویژه(٪)
رقم	۲	۳۱۰/۷۶۸ **	۱۵۹۱۸۶/۹۲۵ **	۰/۰۲۱ **	۴۳۹/۷۴۴ **
اندازه	۲	۶۱/۹۶۱ ns	۷۷۷۹/۹۱۱ **	۰/۰۰۶ **	۷۰/۷۸۱ ns
رقم*اندازه	۴	۲۷۵/۵۷۷ **	۸۲۱/۴۴۱ ns	۰/۰۰۱ *	۲۲۰/۹۵۴ **
زمان پس از برداشت	۴	۵۲۲/۴۴۷ **	۹۵۰/۸۱۱ ns	۰/۰۰۲ **	۹۰۷/۸۸۹ **
رقم*زمان پس از برداشت	۸	۶۸/۶۹۸ ns	۱۱۶۴/۶۰۸ ns	۰/۰۰۱ **	۵۹/۳۳۲ ns
اندازه*زمان پس از برداشت	۸	۵۰/۴۴۵ ns	۷۲۳/۲۷۱ ns	۰/۰۰۰ ns	۵۳/۰۷۱ ns
رقم*اندازه*زمان پس از برداشت	۱۶	۶۶/۹۰۹ ns	۱۵۸۹/۰۲۲ ns	۰/۰۰۰ ns	۱۱۶/۲۲۶ **
خطا	۲۷۰	۵۳/۷۶۱	۱۱۰۲/۲۲۲	۰/۰۰۰	۴۵/۲۵۷
ضریب تغییرات	–	۲۲/۱۴۵۷۷	۲۹/۵۵۴۵	۳۲/۴۵۴	۱۸/۷۸۵۵۷

* در سطح ۵٪ معنادار است ** در سطح۱٪ معنادار است ns معنادار نیست

جدول۸-نتایج مقایسه میانگین های متغییرهای مستقل حاصل از آزمون (LSD)

عوامل آزمایشی		نیروی شکست (N)	انرژی شکست (mj)	چغرمگی (Mpa)	**تغییرشکل ویژه(٪)**
رقم	گرد گلوله	23.241^{b}	67.122^{b}	0.029^{a}	37.023^{b}
	ماری	17.047^{a}	33.020^{a}	0.025^{a}	33.636^{a}
	روغنی محلی	51.883^{c}	116.659^{c}	0.053^{b}	32.869^{a}
زمان پس از برداشت	۰	27.029^{a}	65.403^{a}	0.028^{a}	28.023^{a}
	۲	28.228^{ab}	71.318^{a}	0.031^{a}	32.816^{b}
	۴	30.873^{bc}	74.432^{a}	0.040^{b}	37.323^{c}
	۶	33.211^{cd}	74.145^{a}	0.038^{b}	37.323^{c}
	۸	34.276^{d}	76.036^{a}	0.041^{b}	37.161^{c}
اندازه	**کوچک**	31.477^{a}	63.975^{a}	0.045^{b}	33.741^{a}
	متوسط	29.834^{a}	70.507^{a}	0.032^{a}	34.307^{a}
	بزرگ	30.859^{a}	82.319^{b}	0.030^{a}	35.480^{a}

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

نتیجه گیری کلی و پیشنهادات:

بر پایه نتایج این پژوهش، موارد زیر توصیه می گردد:

۱- انتخاب ارقامی از زیتون که بتواند نیروهای بزرگتری را بدون داشتن آسیب دیدگی زیادی تحمل کندکه بطورکلی در این پژوهش رقم روغنی محلی مقاومت مکانیکی بیشتری نسبت به ارقام دیگر از خود نشان داد.

۲- با افزایش زمان پس از برداشت میزان نیروی مورد نیاز برای شکست بافت زیتون برای هر سه رقم مورد تحقیق افزایش یافت پس بهتر است زیتون بعد از برداشت برای کاهش نیروی اعمالی سریعا در خط فرآوری قرار گیرد.
۳- پیشنهاد می شود با توجه به محدویت منابع و تحقیقات انجام شده در زمینه خواص مکانیکی و فیزیکی زیتون در مطالعات بعدی، خواص رئولوژیکی بافت زیتون همچون خزش، تنش آسایی و بارگذاری ضربه ای و تعیین میزان ضایعات از لحاظ عمق آسیب میوه زیتون مطالعه گردد.

فهرست منابع

۱-اکبرنیا، ع، ۱۳۸۶، تعیین و مقایسه مقاومت فشاری چهار رقم زیتون رایج در ایران. رساله دکتری، دانشگاه تهران، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده مهندسی بیوسیستم، گروه مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی.

۲- بی نام، ۶۵،۱۳۸۴ هزارتن میوه زیتون در سال جاری تولید خواهد شد. قابل دسترس از طریق: http://www.iranmania.com/News

۳- درویشیان، م، ۱۳۷۵، زیتون، ترجمه، انتشارات مرکز آموزش کشاورزی کرج.

۴- میرمنصوری، ا،۱۳۷۶، آشنایی بازیتون، انتشارات معاونت ترویج سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، ۱۰۷ ص.

۵-میرزایی مقدم، ح.، ت. ، توکلی هش ن ، س.، مینایی و ا. رجایی، ۱۳۸۵، بررسی درجه کشسانی، درصد پ ماند و برخی خواص فیزیکی میوه کیوی. خلاصه مقالات سومین کنفرانس دانشجویی ماشین‌های کشاورزی. شیراز.

۶-ولی زاده، م. و مقدم،م، ۱۳۸۳، طرح آزمایش در کشاورزی. انتشارات پریور تبریز. ۴۳۲ ص.

7- ASAE standards. 1999. compression test of food materials of convex shape. American Society of Agricultural Engineers. S 368.3

8- Georget D., M. R. Smith, A.C. Waldron. 2001. Effectof 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

9- Gezer, I., Haciseferogullari, H., & Demir, F. 2002. Some physical properties of Hacihaliloglu apricot pit and its kernel. Journal of Food Engineering, 56, 49–57.

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

11- Kilickan, A., M.Guner. 2008. Physical propeties and mechanical behavior of olive fruites (Olea europaea L) under compression loading. Journal of food Engineering.

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

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

14- Yurtlu, Y., D. Erdugan .2005. Effect of storage time on some mechanical properties and bruise susceptibility of pears and apples. Turk. J. Agric. 29:469-482.