مقایسه روش های مختلف اندازه گیری رطوبت انجیر سبز استهبان

سمن سوری[۱]، فرزانه خورسندی[۲]، محمد لغوی[۳]

۲،۱و۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی، استاد مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه شیراز

چکیده

در محصول انجیر برداشت شده اختلاف رطوبت بسیاری وجود دارد که تعیین رطوبت هر گروه برای انجام مراحل پس از برداشت از قبیل سورتینگ و خشک کردن انجیر ضروری می‌باشد. با توجه به اینکه در منابع مختلف روش مدونی برای تعیین این رطوبت گزارش نشده است در این تحقیق چند روش متداول برای اندازه گیری رطوبت انجیر بررسی و مقایسه گردید. به منظور اندازه گیری رطوبت انجیر، از آون، آون خلاء و تقطیر تولوئن استفاده شد. در روش آون و آون خلاء انجیرها به سه شکل سالم، خرد شده و له شده در آون قرار گرفتند تا بتوان تاثیر نحوه قرار گیری انجیر را در آون مورد بررسی قرار داد. با استفاده از نرم افزار spss اثر اندازه نمونه ها و گروه رطوبتی بر رطوبت اندازه گیری شده توسط آون و آون خلاء به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج بدست آمده این اثر بسیار معنی دار بوده و لذا برای اندازه گیری رطوبت انجیر باید روش مناسب آن بکار گرفته شود. بر اساس میزان رطوبت بدست آمده در هر سه روش، به علت بالاتر بودن سطح معنی داری برای استفاده از آون خلاء و نمونه له شده، می توان نتیجه گرفت که اندازه گیری رطوبت با این روش دقیق تر بوده و در کارهای علمی بهتر است از این روش استفاده گردد.

واژه های کلیدی: انجیر، رطوبت محصول، آون خلاء، تقطیرتولوءن.

مقدمه

انجیر با نام علمی *Ficus carica Linnaeus* عضو خانواده توت سانان *Moraceae* می‌باشد. انجیر دارای ارزش غذایی بالایی است و حاوی شکر، نشاسته، چربی، سلولز، مواد معدنی و آب می باشد. انجیر خشک به دلیل از

دست دادن مقدار زیادی آب، ارزش غذایی به مراتب بالاتری نسبت به انجیر تازه دارد (فقیه و سروستانی، ۱۳۸۰)

انجیر در نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری و در بسیاری از مناطق معتدله کشت می شود. بیشترین سطح زیر کشت انجیر در نواحی حوزه مدیترانه، دریای سرخ و خلیج فارس می باشد که مقدار زیادی از انجیر این مناطق به صورت خشک یا خمیر انجیر صادر می گردد(فقیه وسروستانی،۱۳۸۰). ایران با تولید ۸۸۰۰۰ تن انجیر بعد از مصر با ۳۰٤۰۰۰ تن و ترکیه با ۲۰۵۰۰۰ تن به عنوان سومین تولید کننده در دنیا محسوب می‌گردد(FAO, 2008). بر طبق آمار انتشار یافته، در سال ۲۰۰۵ میزان کل صادرات انجیر خشک دنیا ۹۸۱۱۰ تن بوده است و سه کشور اول صادرکننده انجیر خشک به ترتیب ترکیه، افغانستان و ا یران بودند که ا یران از طریق صادرات ۸۹٤۰ تن انجیرخشک۹/۱۱۸ میلون دلار درامد کسب کرده است. بنابراین انجیر از لحاظ اقتصادی برای ایران به عنوان سو مین تو لید کننده و صادرکننده انجیر دنیا و نیز برا ی کشورهایی که این میوه را صادر می کنند، اهمیت زیادی دارد. گرچه در ایران کشت انجیر در بسیاری از استان های کشور رواج دارد ولی از بین آنها استان فارس با دارا بودن ۳۰/۰۰۰ هکتار انجیر و تولید سالانه ۳۰/۰۰۰ تن انجیر خشک مقام نخست را در کشور دارا می باشد که از آن میان شهرستان استهبان با داشتن ۲۰/۰۰۰ هکتار انجیر و تولید ۲۰/۰۰۰ تن انجیر خشک اولین و مهمترین منطقه انجیرکاری در ایران محسوب میگردد (فقیه و سروستانی،۱۳۸۰).

رسیدن انجیر در استهبان از اوایل مرداد ماه آغاز میگردد و برداشت محصول انجیر که به صورت خشک برداشت می‌شود، از نیمه دوم مردادماه تا اواسط مهر ماه به طول می انجامد. معمولا باغداران محصول را بر روی درخت نگه داشته تا خشک شود و پس از خشک شدن انجیرها ریزش می‌کنند و همچنین باغدار در هر برداشت، با تکان دادن شاخه با دست یا ضربه زدن با پا و یاچوب به تنه، محصول رسیده و خشک شده باقیمانده بر روی درخت را برداشت می‌کند. باغداران هر چند روز یک بار (معمولاً هفته ای یک بار) اقدام به جمع آوری انجیر از زیر درختان نموده و سپس آن را در محلی به نام اشپنگ می ریزند تا خشک شود. مدت زمانی که انجیر در اشپنگ می‌ماند با توجه به رطوبت انجیر برداشت شده متفاوت ولی معمولا ٤-۳ روز می‌باشد که در این مدت انجیر در معرض آفتاب قرار داشته تا کاملاً خشک شود. با توجه به اینکه در طول فصل برداشت کلیه مراحل رشد انجیر بر روی شاخه انجام میگیرد، تعیین معیاری برای ایجاد تمایز در مراحل مختلف رشد انجیرها ضروریست. همچنین در محصول برداشت شده نیز اختلاف رطوبت بسیاری وجود دارد که تعیین رطوبت هر گروه برای انجام مراحل پس از برداشت از قبیل سورتینگ (Zare et.al,2010) و خشک

کردن انجیر مورد نیاز می‌باشد. با توجه به اینکه در منابع مختلف روشی برای تعیین این رطوبت گزارش نشده است در این تحقیق به مقایسه چند روش متداول برای اندازه گیری رطوبت انجیر پرداخته شده است.

روش های مختلفی برای اندازه گیری رطوبت محصول وجود دارد. در استقاده از آون معمولی نمونه های به وزن ۱۵ گرم داخل ظرف نمونه از جنس آلومنیوم قرار می‌گیرد و در مدت زمان و با درجه حرارت گزارش شده در استانداره ASAE در داخل آون نگه داشته می شود(Richard and Hamann, 1994). در استاندارد ASAE گزارشی در مورد اندازه گیری رطوبت انجیر با استفاده از این روش وجود ندارد. از این روش برای اندازه گیری رطوبت بسیاری از محصولات نظیر ماکادمیا(*Braga et al,. 1999*)، فندق (Guner et al., 2003)، پیاز (Bahnasawy et al., 2004)، پوسته گردو (Lpzvodv!fu!bm/-!3115)، بامیه (Owolarafe and Shotonde,2004)، پوست پیاز (Hole et al., 2000; Arslan and Ozcan, 2010) استفاده شده است. رضوی و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از استاندارد موجود برای پسته و استفاده از یک آون دارای سیستم تبادل هوای گرم با دمای ۲±۱۰۳ درجه سانتی گراد رطوبت انجیر را اندازه گیری کردند.

روش دیگر استفاه از آون خلاء می‌باشد. در این روش با توجه به استاندار ASAE دما، فشار و مدت زمان لازم برای خشک کردن تنظیم می شود. از این روش برای بدست آوردن رطوبت Sultanas استفاده شده است (Pixton and Warburton, 2004). فرحناکی و همکاران جهت خشک کردن انجیر از آون خلاء با دمای ٦٥ درجه سانتی گراد و زمان ۵ ساعت استفاده کردند(Farahnaky et.al., 2009).

در استفاده از روش تقطیر تولوئن، نمونه مورد نظر همراه با ماده شمیایی که نقطه جوش آن بالاتر از آب میباشد، جوشانده می‌شود. محققین از این روش برای اندازه گیری رطوبت بلارد استفاده کردند (Yeshajahu and Mclom, 1987; Balasubramanian , 2001) .

رطوبت با استفاده از خاصیت مقاومت الکتریکی و قرار دادن نمونه در بین دو صفحه هادی الکتریسته که در تماس با نمونه قرار دارد، نیز اندازه گیری می‌شود. جریان الکتریکی توسط یک منبع تولید ولتاژ تولید می‌شود و پس از آن میزان جریان عبوری با استفاده از گالوانومتر اندازه گیری می‌گردد . (Richard and Hamann, 1994).

روش دیگر در اندازه گیری رطوبت استفاده از خاصیت خازنی می‌باشد که در این روش نمونه به عنوان ثابت دی‌الکتریک بین صفحات خازن جای می‌گیرد (Richard and Hamann, 1994).ثابت دی‌الکتریک برای ماده خشک دانه غلات بین ۲ تا ۵ می‌باشد. آب آزاد دارای ثابت دی‌الکتریک تقریباً برابر ۸۰ می‌باشد. در رطوبت بین ۷٪ و ۲۳٪ ظرفیت خازن به طور معنی داری تغییر می‌کند. اگرچه تغییر در آن کمتر از تغییر در مقاومت است.

در روش NIR (Near Infrared Reflectance) محتوی رطوبتی با بازتاب در یک طول موج مشخص تعیین می-شود، از این دستگاه برای اندازه گیری پروتئین و چربی نیز می‌توان استفاده کرد. علاوه بر اینکه این روش بر توزیع رطوبت نیز حساس است به توزیع اندازه ذرات، تغییرات رنگ و رنگ‌های بسیار تیره یا سیاه نیز حساس است(Richard and Hamann, 1994).

در استفاده از آون مایکروویو تعیین رطوبت در مدت ۱۵ تا ۳۰ دقیقه انجام می‌شود. در رطوبت کمتر از ۱۰٪ دقت کمی دارد. نتایج آزمایشات بر اساس نحوه قرار گیری نمونه در آون متغیر است چون توان مایکروویو به طور یکنواخت گسترده نمی‌شود.

در روش NMR (Nuclear Magnetic Resistance) نمونه در میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد و یک میدان چرخشی فرکانس رادیویی بر آن اعمال می‌گردد. میزان ولتاژ خروجی سیستم بستگی به تعداد هیدروژن در نمونه دارد. سیگنال ناشی از هیدروژن‌های آب از سایر هیدروژن‌ها قابل تشخیص است. این روش با روش‌های استاندارد دیگر کالیبره می‌شود(Richard and Hamann, 1994).

مواد و روش ها

انجیرهای برداشت شده بر اساس شکل ظاهری و میزان چروکیدگی سطح به ۵ دسته رطوبتی تقسیم شدند. انجیرهای برداشت شده تماماً رسیده بودند و مراحل خشک شدن را بر روی درخت طی می‌کردند.

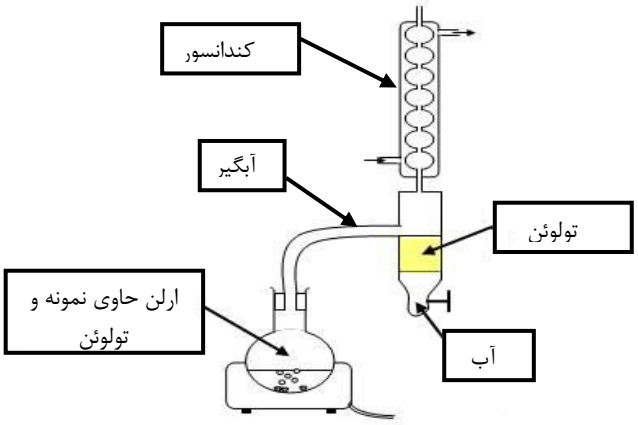
جهت اندازه گیری رطوبت انجیرها، از آون، آون خلاء و تقطیر تولوئن استفاده شده است. در روش آون و آون خلاء انجیرها به سه شکل سالم، خرد شده و له شده در آون قرار گرفتند تا بتوان تاثیر نحوه قرار گیری انجیر را در آون مورد بررسی قرار داد.

در استفاده از آون انجیرها در آون معمولی ، دمای ۷۰ درجه و در مدت زمان ٤۹ ساعت قرار گرفتند. وزن خالص انجیرها قبل و بعد از قرار گیری در آون اندازه گیری شد تا بتوان رطوبت انجیرها را محاسبه کرد.

اندازه گیری رطوبت با استفاده از آون خلاء انجام شد. دمای آون بر روی ٦۵ درجه و مکش آن ٦۰ میلیمتر جیوه تنظیم شد. انجیرها به مدت ۱۲ ساعت در آون باقیماندند تا رطوبت خود را کاملاً از دست دهند. وزن انجیرها قبل و بعد از خشک شدن اندازه گیری شد. در هر دو روش زمانی که وزن نمونه به مقدار ثابتی رسید آزمایش به انتها رسیده و نمونه وزن می شود تا از آن برای بدست آوردن رطوبت استفاده شود (AOAC, 1984).

روش استفاده از تولوئن پیچیده تر و خطرناک تر است زیرا تولوئن قابل اشتعال و سمی بوده و در هنگام کار با آن حتماً باید از دستکش و ماسک استفاده کرد و آزمایشات در زیر هود انجام شود. دستگاه اندازه گیری رطوبت با استفاده از تولوئن شامل یک هیتر منتل، ارلن، دین استارک یا آبگیر و مبرد می باشد (شکل ۱). جهت بدست آوردن رطوبت، نمونه را کوبیده، وزن کرده و در داخل بالن قرار داده شد. سپس به میزان مورد نیاز (حدود دو سوم حجم ارلن) تولوئن خالص روی آن ریخته و هیتر روشن گردید. نقطه جوش تولوئن ۱۱۱/۵ درجه سانتیگراد و نقطه جوش آن ۱۰۰ درجه سانتیگراد می باشد. زمانی که تولوئن و آب با هم ترکیب می شوند آزئوتروپی تولید می کنند که نقطه جوش آن ۸۵ درجه سانتیگراد می باشد. در این دما آزئوتروپ که شامل آب و تولوئن می باشد می جوشد و به بخار تبدیل می شود. این آزئوتروپ زمانی بوجود می آید که ترکیب شامل ۸۲ درصد تولوئن و ۱۸ درصد آب باشد (Vogel, 1996). حال بخار آزئوتروپ به سمت بالا رفته و به کندانسور می رسد. وقتی بخار آزئوتروپ با کندانسور در تماس باشد خنک شده و میعان صورت می گیرد و مایع تولید شده در داخل آبگیر جمع آوری میشود. ولی چون چگالی تولوئن کمتر از آب است روی آب قرار می گیرد. انتهای آبگیر مدرج است و می توان میزان آب موجود در نمونه را اندازه گیری نمود.

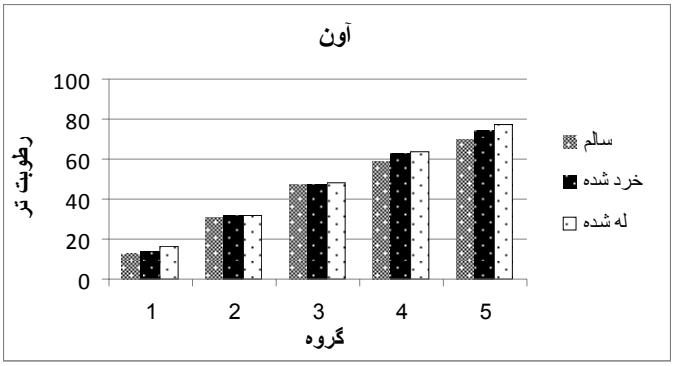
اجرای این عملیات حداکثر حدود ۲ ساعت به طول انجامید. هرگاه در طی دو اندازه گیری متوالی با فاصله زمانی ۱۵ دقیقه مقدار آب ثابت بود، آب موجود در آبگیر اندازه گیری شده و به عنوان آب موجود در نمونه گزارش داده شده است.



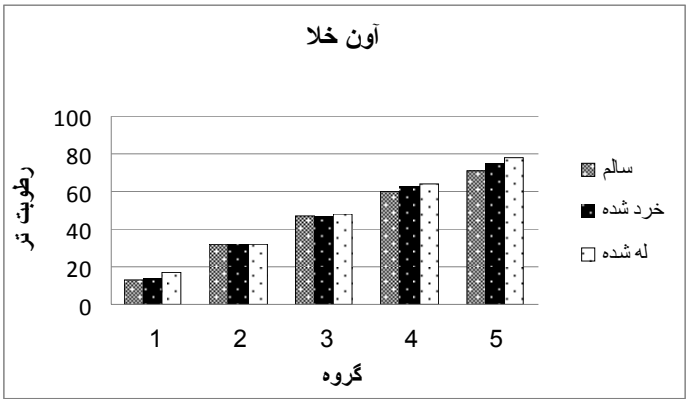
شکل ۱. تصویری شماتیک از دستگاه مورد نیاز برای اندازه گیری رطوبت انجیر با استفاده از تولوئن.

نتایج و بحث

رطوبت نمونه های مورد آزمایش با استفاده از آون، آون خلاء و تقطیر تولوئن برای هر ۵ گروه رطوبتی اندازه گیری شد. نمودار مربوط به رفتار رطوبت اندازه گیری شده در هر سه حالت سالم، خرد شده و له شده نشان داده شده است (شکل ۲ برای استفاده از آون و شکل ۳ برای استفاده از آون خلاء). مقدار رطوبت بدست آمده در هر دو روش برای انجیرهای له شده بیشتر از انجیرهای خرد شده و سالم می باشد.

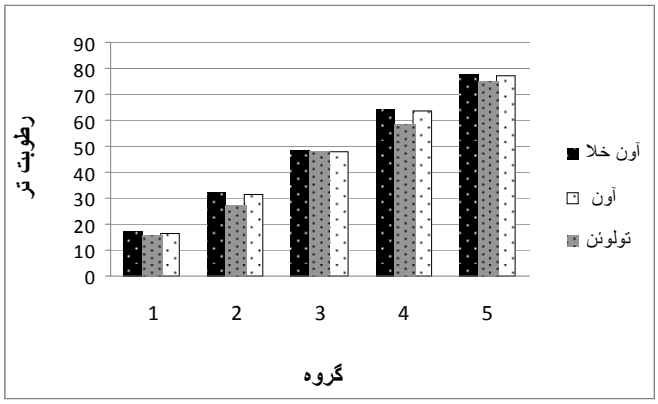


شکل ۲: رطوبت اندازه گیری شده برای هر سه حالت سالم، خرد شده و له شده با استفاده از آون.



شکل ۳: رطوبت اندازه گیری شده برای هر سه حالت سالم، خرد شده و له شده با استفاده از آون خلاء.

نحوه عملکرد و مقایسه استفاده از آون، آون خلاء و تقطیر تولوئن در شکل ٤ نشان داده شده است.



شکل ٤: مقایسه عملکرد استفاده از آون، آون خلاء و تقطیر تولوئن.

با توجه به تجزیه و تحلیل داده ها با نرم افزار spss اثر شکل انجیر قرار گرفته در آون (سالم، خرد شده و له شده) کاملاً معنی دار بوده و این بدان معناست که نحوه قرار گیری انجیرها حائز اهمیت است و در صورتیکه انجیرها به صورت له شده در آون یا آون خلاء قرار گیرند، رطوبت دقیق تری بدست خواهد آمد. در استفاده از آون معمولی و آون خلاء، اثر گروه های رطوبتی و اثر متقابل شکل انجیرها و روش اندازه گیری رطوبت نیز به صورت کاملاً معنی دار بوده است. (جدول ١ آون معمولی و جدول ٢ آون خلاء)

جدول ١. جدول تجزیه واریانس برای اثر گروه و شکل قرارگیری انجیرها در آون معمولی در اندازه گیری رطوبت.

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معنی داری
شکل انجیر	٨٠/٧٧	٢	٤٠/٣٨٥	٢/٥٧٥ e٣	٠/٠٠٠
گروه	٢٠٣٠٢/١١	٤	٥٠٧٥/٥٢٨	٣/٢٣٦ e٦	٠/٠٠٠
شکل انجیر * گروه	٤٩/٢٤٦	٨	٦/١٥٦	٣٩٢/٤٥٨	٠/٠٠٠
خطا	٠/٤٧١	٣٠	٠/٠١٦		

کل	۲۰٤۳۲/٥۹۸	٤٤			

جدول ۲. جدول تجزیه واریانس برای اثر گروه و شکل قرارگیری انجیرها در آون خلاء در اندازه گیری رطوبت.

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معنی داری
شکل انجیر	۸۱/۳۷۹	۲	٤۰/٦۸۹	۲/۳۹۰ e۳	۰/۰۰۰
گروه	۲۰۲٥۱/۸۳۷	٤	٥۰٦۲/۹٥۹	۲/۹۷٤ e٥	۰/۰۰۰
شکل انجیر * گروه	٤۹/۳۰۲	۸	٦/۱٦۳	۳٦۱/۹٤٥	۰/۰۰۰
خطا	۰/٥۱۱	۳۰	۰/۰۱۷		
کل	۲۰۳۸۳/۰۲۸	٤٤			

اثر شکل انجیرها و نوع روش اندازه گیری رطوبت نیز مورد بررسی قرار گرفته شده است. با توجه به جدول ۳ انجیرهای له شده در آون خلاء و آون معمولی بالاترین سطح معنی داری را داشته ولی به دلیل بالاتر بودن مقادیر رطوبت در آون خلاء استفاده از آون خلاء توصیه می شود.

جدول ۳. جدول تجزیه واریانس برای اثر شکل قرارگیری انجیرها و روش اندازه گیری رطوبت برای هر گروه رطوبتی

گروه	آون خلاء			آون			تولوئن
	سالم	خرد	له	سالم	خرد	له	
۱	۱۲/۹٥^{c}	۱۳/۸٥ ^{bc}	۱۷/۱۲ ^{a}	۱۲/۸۳ ^{c}	۱۳/۷۳ ^{bc}	۱٦/٥٥ ^{a}	۱٤/٥۹ ^{b}
۲	۳۱/۸۷ ^{a}	۳۱/۹٥ ^{a}	۳۲/۲٤ ^{a}	۳۱/۲۸ ^{a}	۳۱/٥٤ ^{a}	۳۱/٦۳ ^{a}	۲۹/۲۹ ^{b}
۳	٤۷/٤٥ ^{bc}	٤۷/٤۹ ^{bc}	٤۸/۳٤ ^{a}	٤۷/۰۹ ^{c}	٤۷/۱۳ ^{c}	٤۷/۹۷ ^{ab}	٤۷/٤۸ ^{bc}
٤	٥۹/۸٤ ^{b}	٦۲/٦۳ ^{a}	٦۳/۹۷ ^{a}	٥۹/۳٥ ^{b}	٦۲/٤۱ ^{a}	٦۳/۸۹ ^{a}	٥۹/۸٦ ^{b}

٤٧/٨١ b	٧٧/٢٤ a	٧٤/٧٨ b	٧٠/٣٣ c	٧٧/٥٦ a	٧٥/٠٥ b	٧٠/٦٥ c	٥

نتیجه گیری

۱. استفاده از روش های مختلف ذکر شده در این مطالعه اثر معنی داری بر میزان رطوبت اندازه گیری شده دارد. لذا با توجه به نتایج ارائه شده استفاده از آون خلاء به علت برخورداری از بالاترین سطح معنی داری و بالاتر بودن مقدار رطوبت بدست آمده توصیه می شود.

۲. اندازه نمونه هایی که در آون قرار می گیرند نیز اثر معنی داری بر میزان رطوبت دارد. با توجه به بالاترین سطح معنی داری برای حالت له شده، توصیه می گردد برای اندازه گیری رطوبت، نمونه له شود.

۳. با استفاده از آون خلاء و نمونه های له شده در اندازه گیری رطوبت، داده های دقیقتری که به واقعیت نزدیک تر هستند بدست می آید و در کارهای علمی توصیه می گردد از این روش استفاده گردد.

منابع

رضوی، س. م. ع. ، پورفرزاد، ا.، رضوی زادگان، س.ح. و همتیان، ع. .۱۳۸۸. بررسی برخی خواص فیزیکی، اصطکاکی و آیرودینامیکی انجیر خشک. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی ومکانیزاسیون مشهد.

فقیه،حسین. ثابت سروستانی،جعفر. (۱۳۸۰). انجیر کاشت داشت برداشت. انتشارات راهگشا. چاپ اول. ۲۹۲ص.

AOAC. 1984. Official Methods of Analysis (14th Ed.). Washington, DC. USA.

Arslan D. and **Özcan M. M. 2010.** Studying the effect of sun, oven and microwave drying on quality of onion slices. *Journal of Food Science and Technology*.43: 1121-1127.

Bahnasawy A. H., El-Haddad, Z.A., El-Ansary, M.Y. and **Sorour, H.M.** 2004. Physical and mechanical properties of some Egyptian onion cultivars. *Journal of Food Engineering*, 62: 255–261.

Balasubramanian, D. 2001, Physical properties of raw cashew nut. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 78 (3): 291-297.

Braga G. **C., Couto S. M., Hara T.** and **Almeida Neto J. T. P. 1999.** Mechanical behaviour of macadamia nut under compression loading. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 72: 239-245.

Farahnaky, A., Ansari, S. and **Majzoobi, M. 2009**. Effect of glycerol on the moisture sorption isotherms of figs. *Journal of Food Engineering*, 93: 468- 473.

G.uner M., Dursun E., and **Dursun'II.G. 2003.** Mechanical behaviour of hazelnut under compression loading. *Biosystems Engineering*, 85(4): 485-491.

Hole C.C., Drew, R.L.K. and **Gray D. 2000.** Humidity and mechanical properties of onion skins. *Postharvest Biology and Technology*, 19: 229–237.

Koyuncu M. A., Ekinci, K. and **Savran, E. 2004.** Cracking characteristics of walnut. *Biosystems Engineering*, 87 (3): 305–311.

Owolarafe O.K. and **Shotonde, H.O. 2004.** Some physical properties of fresh okro fruit, *Journal of Food Engineering*, 63: 299–302.

Pixton S.W. and **Warburton, S. 1973.** Determination of moisture content and equilibrium relative humidity of dried fruit—Sultanas. Journal of Stored Products Research. Vol.8(4): 263-270.

Richard S. and **Hamann, D. 1994**. Physical Properties of Agricultural Materials and Food Products. (publisher name and address ?)pp. 290

Vogel A.I., A.R. Tatchell, B.S. Furnis, and A.J. Hannaford. 1996. Vogel's Textbook of Practical Organic Chemistry (5th Edition)

Yeshajahu and **Mclom** .1987. Using the toluene distillation method to determine the initial moisture content of raw cashew nut.