

## تعیین برخی ویژگی‌های فیزیکی مغز گردو (رقم کاغذی) با هدف جداسازی کیفی

امیر حسین افکاری سیاح<sup>۱\*</sup> و رویا فرهادی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۰/۶/۶ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۱۷

<sup>۱</sup> استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی

<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی

\*مسئول مکاتبه: E-mail: ahafkari@gmail.com

### چکیده

مغز گردو از آن دسته محصولات غذایی است که به دلیل ارزش اقتصادی بالا عموماً در دسته‌های کیفی متعددی طبقه‌بندی می‌شود و بر این منظور اطلاع از خواص فیزیکی آن به‌ویژه با هدف تامین اطلاعات لازم برای طراحی ماشین‌های سورتینگ و درجه بندی ضروری به نظر می‌رسد. در این تحقیق خواص فیزیکی مغز گردو رقم کاغذی شامل ویژگی‌های ابعادی از جمله طول، پهنا، ضخامت، قطر میانگین حسابی، قطر میانگین هندسی، ضریب کرویت، مساحت سطح رویه و همچنین ویژگی‌های ثقلی شامل جرم، حجم و چگالی ذره اندازه‌گیری و تفاوت آنها در سه دسته کیفی مغز گردوهای سالم روشن، سالم تیره و معیوب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میانگین طول، پهنا، ضخامت، قطر میانگین حسابی، قطر میانگین هندسی، ضریب کرویت، مساحت سطح رویه، جرم، حجم و چگالی ذره برای نمونه‌های سالم روشن به ترتیب معادل ۲۷/۷۴ میلی‌متر، ۲۶/۳۲ میلی‌متر، ۱۰/۷۸ میلی‌متر، ۲۱/۶۱ میلی‌متر، ۱۹/۸۵ میلی‌متر، ۰/۷۲ و ۱۲۴۳/۶۸ میلی‌متر مربع، ۲/۹۰ گرم، ۲۸۵۰ میلی‌متر مکعب و ۱/۰۳ گرم بر میلی‌متر مکعب اندازه‌گیری شد. همچنین نتایج تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری بین دسته‌های کیفی از لحاظ اغلب مولفه‌های فیزیکی را نشان می‌دهد، بطوریکه امکان جداسازی نمونه‌های سالم از نمونه‌های معیوب بر اساس وزن، حجم و چگالی امکان‌پذیر است. با این همه بر اساس نمودارهای فراوانی ویژگی‌های فیزیکی، جداسازی صرفاً بر اساس یک مولفه امکان‌پذیر نیست و ضروری است تا به صورت سری از مجموعه‌ای از واحدهای جداساز که هر یک بر اساس مولفه خاصی عمل می‌کند استفاده گردد.

واژه‌های کلیدی: جداسازی کیفی، چگالی ذره، رقم کاغذی، مغز گردو، ویژگی‌های فیزیکی

## Determination of some physical properties of walnut kernel for qualitative separation

AH Afkari-Sayyah\*<sup>1</sup> and R Farhadi<sup>2</sup>

Received: August 28, 2011 Accepted: March 07, 2012

<sup>1</sup>Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

<sup>2</sup>MSc Student, Department of Agricultural Machinery, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

\*Corresponding author: E-mail: ahafkari@gmail.com

### Abstract

Walnut usually classified in different quality groups due to its high economic price and therefore it is required to determine physical properties of it, especially obtaining the necessary information for designing sorting and grading machines. In this research, the physical properties of *Kaghazi* cultivar of walnut, including dimensional properties: length, width, thickness, arithmetic mean diameter, geometric mean diameter, roundness, surface area, and also gravitational properties: mass, volume and true density and their variations were determined in three quality groups of white sound, dark sound and damaged kernels. The results indicated that the mean values of length, width, thickness, arithmetic mean diameter, geometric mean diameter, roundness, surface area, mass, volume and true density were equal to 27.74mm, 26.32mm, 10.78mm, 21.61mm, 19.85mm, 0.72, 1243.68mm<sup>2</sup>, 2.90gr, 2850mm<sup>3</sup> and 1.03gr/mm<sup>3</sup> in white sound kernels, respectively. In addition, the results of ANOVA showed a significant difference between quality groups based these physical properties. In this relation, it is possible to distinguish between sound and damaged kernels according to their mass, volume and density. However, according to frequency diagrams of physical properties, it is not possible to reach the 100% of separation. Therefore, it is necessary to use a series of separating units, in which every unit use a specific property.

**Keywords:** Quality separation, True density, Kaghazi cultivar, Walnut kernel, Physical properties

### مقدمه

ماه‌های شهریور و مهر برداشت می‌شود و در همه فصول سال به صورت خشک وجود دارد. با توجه به ارزش اقتصادی و اهمیت بالای آن در تهیه مواد غذایی اطلاع از خواص فیزیکی مغز آن به‌ویژه با هدف تامین اطلاعات لازم برای طراحی ماشین‌های جداسازی و درجه‌بندی ضروری است. مغز گردو ساخته شده از تکه‌های ناهموار و پروانه‌ای شکل است که کمی در همدیگر گره خورده‌اند. این تکه‌ها به رنگ سفید چرک هستند و با پوستی نازک به رنگ قهوه‌ای روشن پوشیده شده‌اند. ابراهیمی و همکاران (۱۳۸۶) بر روی برخی خواص فیزیکی و مورفولوژی چهار ژنوتیپ گردو (ژنوتیپ های ۵۳۶، ۵۶۴، ۵۷۲، ۵۷۰) از نظر صفات مربوط به دانه از قبیل شکل دانه، قطر و طول دانه و

گردو درختی است از جنس *Juglans* از خانواده *Juglandaceae* ارقام گردو در ایران عبارت‌اند از: گردوی کاغذی، سنگی، ماکوئی، تویسرکان و خوشه‌ای کردستان. انواع این گیاه در چین، ژاپن، فرانسه و آمریکا کشت می‌شود و مهم‌ترین گردوهای موجود در دنیا معروف به گردوی ایرانی است. مناطق کشت آن در ایران اکثراً مناطق کوهپایه‌ای از خراسان تا آذربایجان و از غرب کشور تا نواحی مرکزی و نیز قسمتی از فارس می‌باشد. طبق آخرین آمار FAO (۲۰۰۸) سطح زیر کشت گردو در ایران ۲۶۱۵۳ هکتار بوده که از این سطح ۱۷۰ هزار تن گردو برداشت شده است. از گردو در تولید انواع مواد غذایی استفاده می‌شود، این محصول در

تحقیق تعیین برخی خواص فیزیکی مغز گردو رقم کاغذی شامل طول، پهنا، ضخامت، وزن، حجم، چگالی، قطر میانگین حسابی، قطر میانگین هندسی، و ضریب کرویت با هدف جداسازی کیفی آنها و همچنین تامین اطلاعات لازم برای طراحی ماشین‌های جداسازی و درجه‌بندی می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

در این تحقیق یکی از متداول‌ترین ارقام گردو موجود در ایران به نام کاغذی برای انجام آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت. گردوها با دقت تمام با دستگاه گردوشکن شکسته شده و مغز گردوها با دقت از پوسته آن جدا شدند. فرض مسئله بر این بود که از توده مغزهای سالم و بدون ضایعات استفاده کنیم، بنابراین مغزها از طریق مشاهده عینی در سه گروه کیفی سالم روشن، سالم تیره و معیوب تقسیم‌بندی شدند. از هر کدام از گروه‌ها تعداد ۲۰۰ عدد مغز گردو به تصادف انتخاب شده و مورد آزمایش قرار گرفتند. آزمایش‌ها به ترتیب شامل اندازه‌گیری ابعاد سه گانه، وزن، حجم ذره و چگالی ذره بودند که به ترتیب توضیح داده می‌شوند. ابعاد مغز گردوی دو لپه شده در سه بعد اصلی، قطر بزرگ یا طول ( $L$  بر حسب mm)، قطر متوسط یا پهنا ( $W$  بر حسب mm) و قطر کوچک یا ضخامت ( $T$  بر حسب mm) با استفاده از یک کولیس دیجیتال با دقت  $0.01$  میلی‌متر اندازه‌گیری شدند (شکل ۱). با استفاده از داده‌ها و روابط (۱) تا (۳) قطر میانگین حسابی، قطر میانگین هندسی و همچنین ضریب کرویت دانه های دولپه شده محاسبه شدند (محسنین ۱۹۷۸). برای توصیف شکل دانه از ویژگی ضریب کرویت استفاده شد که میزان نزدیک بودن شکل دانه به کره را نشان می‌دهد (محسنین ۱۹۷۸).

$$(1) \quad D_a = \frac{L+W+T}{3}$$

$$(2) \quad D_g = (LWT)^{\frac{1}{3}}$$

همچنین وزن دانه، وزن مغز، رنگ مغز و سایر صفات تحقیق نموده و به این نتیجه رسیدند که این صفات اختلاف معنی‌داری با هم دارند. همچنین تحقیقاتی بر روی شناسایی ژنوتیپ‌های گردو با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر و شبکه عصبی توسط محمودی و همکاران (۱۳۸۶) انجام شده است که در آن خواص رنگی و ظاهری برگ‌ها و میوه‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. حاجی‌زاده و کسرای (۱۳۸۶) بر روی درجه‌بندی گردو با استفاده از ماشین بینایی بر اساس جرم ویژه کار کردند، در این تحقیق از چند روش جدید برای محاسبه حجم و مساحت سطح با استفاده از ماشین بینایی استفاده شد و در نهایت به این نتیجه رسیدند که روش مساحت سطح، روش مناسب‌تری برای تعیین جرم ویژه گردو نسبت به روش پردازش تصویر است. در تحقیقی دیگر لوپز<sup>۱</sup> و همکاران (۱۹۹۵) مشخص نمودند که تاثیر سردخانه بر گردوهای پوست‌دار در رطوبت ۴۰٪ باعث کاهش وزن قابل توجهی از طریق از دست دادن آب می‌شود. ارسلان و توقرل<sup>۲</sup> (۲۰۰۶) در پژوهش خود بر روی جذب رطوبت هم دما و خواص ترمودینامیکی گردو به این نتیجه رسیدند که جذب سطحی آنتروپی با افزایش رطوبت افزایش یافته و سپس به شدت کاهش می‌یابد. کرمانی (۱۳۸۶) بر روی برخی خواص فیزیکی و مکانیکی فندق و مغز آن کار کرد، در این تحقیق تعدادی از خواص فیزیکی دانه و مغز فندق رقم محلی قزوینی، به صورت تابعی از رطوبت در محدوده ۵٪ تا ۲۰٪ بر پایه‌تر اندازه‌گیری و ارزیابی گردید و به این نتیجه رسیدند که خواص فیزیکی دانه و مغز فندق با افزایش رطوبت، افزایش می‌یابد. همچنین، افزایش رطوبت موجب کاهش کرویت دانه و مغز فندق می‌گردد. با توجه به موارد گفته شده تاکنون بررسی دقیقی بر روی خواص فیزیکی مغز گردو به‌ویژه ارقام مهم داخلی صورت نگرفته است. بنابراین هدف از این

1. Lopez

2. Arslanand Togrul

$$\rho_i = \frac{M_i}{V_i} \quad (۲)$$

$$\varphi = \frac{(LWT)^{1/3}}{L} \quad (۳)$$

### آنالیز آماری

تحلیل آماری داده‌ها بر اساس یک آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها از نرم‌افزار SPSS، آزمون چند دامنه‌ای دانکن از MSTAT-C و برای تهیه گراف و نمودارها از نرم‌افزار EXCEL استفاده شد.

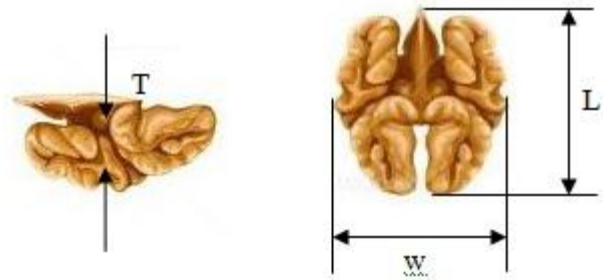
### نتایج و بحث

نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی مغز گردو نشان داد که نمونه‌های سالم بزرگترین ابعاد و نمونه‌های معیوب کوچکترین ابعاد را داشتند، در حالی که، ابعاد نمونه‌های تیره در حد متوسط بود. همچنین نتایج تجزیه واریانس در مقایسه سه نوع مغز گردوی سالم روشن، سالم تیره و معیوب از نظر پارامترهای فیزیکی شامل طول، پهنا، ضخامت، وزن، حجم، چگالی، قطر میانگین حسابی و هندسی، مساحت سطح رویه و ضریب کرویت با استفاده از نرم‌افزار SPSS بررسی شد و نتایج حاصله در جدول ۱ گزارش شده است.

با توجه به جدول ۱ تیمار در تمام صفات اندازه‌گیری شده در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد. که این نتایج با نتایج تحقیق ابراهیمی (۱۳۸۶) بر روی گردو و آیدین (۲۰۰۳) بر روی دانه بادام مطابقت دارد. این بدان معناست که امکان جداسازی مغزگردو در دسته بندی‌های کیفی ذکر شده (سالم روشن، سالم تیره و معیوب)، هرچند بطور محدود، وجود خواهد داشت.

با توجه به اندازه‌گیری پارامترهای ذکر شده و نمودارهای توزیع فراوانی می‌توان نتیجه گرفت که پارامترهای حجم و وزن برای جداسازی کیفی مناسب‌ترند و بر این مبنا درصد بیشتری از نمونه‌ها از همدیگر جدا می‌شوند (شکل ۲). همانگونه که از نمودارهای شکل (۲) مشاهده می‌شود اگر مبنا را وزن ۱/۴ گرم در نظر بگیریم امکان جداسازی بخشی از دانه‌های سالم تیره از

در معادلات (۱) تا (۳)، L، W و T به ترتیب ابعاد اصلی مغز گردوی دو لپه شده شامل طول، پهنا و ضخامت می‌باشند.



شکل ۱- ابعاد اصلی مغز گردو

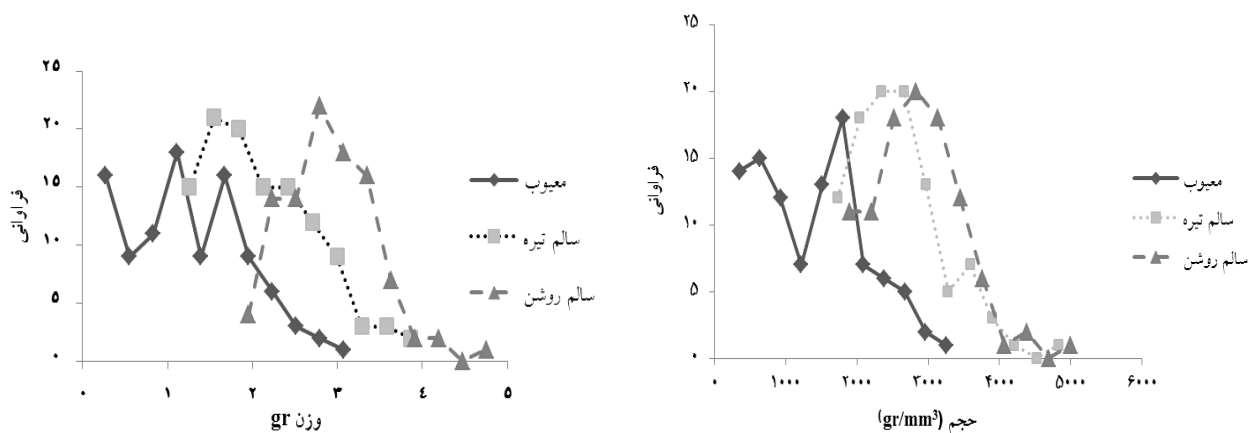
مساحت سطح رویه نیز برابر است با مساحت سطح کره‌ای با قطر متوسط هندسی که با توجه به رابطه (۴) بدست می‌آید.

$$S = \pi \cdot D_g^2 \quad (۴)$$

برای بدست آوردن چگالی دانه‌ها، ابتدا هر یک از نمونه‌ها با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین و سپس برای تعیین حجم آن‌ها از استوانه مدرج و ترازو استفاده شد. استوانه با آب مقطر پر شده و بر روی ترازو قرار داده شد. سپس وزن ترازو را صفر کرده و نمونه‌ها با وزن مشخص درون استوانه قرار گرفتند. وزن نشان داده شده توسط ترازو برای هر نمونه به صورت جداگانه یادداشت شد. به منظور بالا بردن دقت، مجدداً از روش استوانه مدرج برای تعیین حجم نمونه‌ها استفاده شد که نتایج آن تقریباً با روش ترازو یکسان بود. بعد از انجام این مراحل و تعیین حجم ( $V_i$ ) و وزن ( $M_i$ ) هر یک از نمونه‌ها، با توجه به معادله (۵) چگالی ذره برای هر نمونه بر حسب  $\text{gr/mm}^3$  بدست آمد (محسنین ۱۹۷۸).

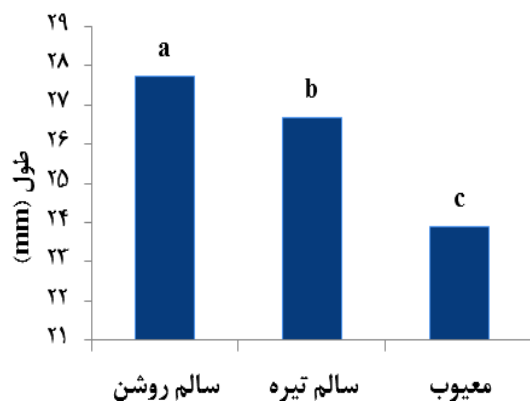
مغزهای معیوب وجود دارد.

معیوب و اگر مبنا را وزن ۲/۱ گرم در نظر بگیریم امکان جداسازی بخش بیشتری از مغزهای سالم روشن از



شکل ۲- نمودارهای توزیع فراوانی حجم و وزن

می‌شود که امکان جداسازی آنها را، هرچند بصورت محدود، فراهم می‌کند.



شکل ۳ (الف)- مقایسه میانگین ویژگی‌های طول و چگالی مغز گردو، بر اساس آزمون دانکن

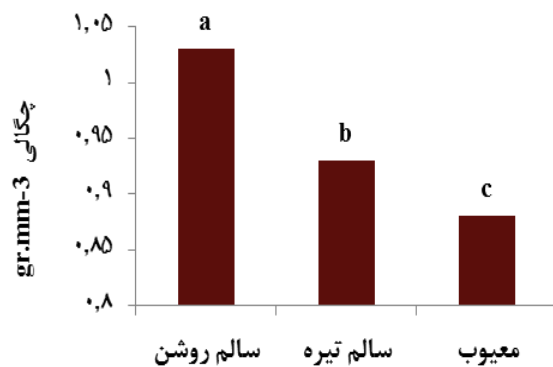
همچنین اگر مبنا را حجم ۱۹۰۰ میلی‌متر مکعب در نظر بگیریم امکان جداسازی دانه‌های سالم تیره و سالم روشن از مغزهای معیوب وجود دارد. با توجه سهولت انجام این روش می‌توان برای جداسازی کیفی از روش مذکور استفاده کرد، درعین حال مدت زمان صرف شده برای انجام آزمایش قابل ملاحظه می‌باشد. در مجموع با مقایسه میانگین داده‌های هر سه دسته بر اساس آزمون دانکن مشخص شد که تفاوت در تمام خصوصیات فیزیکی اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد، که این نتایج با نتایج تحقیق آیدین (۲۰۰۳) بر روی دانه بادام مطابقت دارد. به عنوان نمونه نمودار نتایج مقایسه میانگین‌ها برای دو ویژگی طول و چگالی بر اساس آزمون دانکن در شکل (۳) آورده شده است.

همانگونه که از شکل (۳) مشاهده می‌گردد اختلاف معنی‌داری بین هر سه دسته کیفی از لحاظ طول و چگالی وجود دارد و به همین منوال اختلاف معنی‌داری از لحاظ پهنای، ضخامت، وزن و حجم نیز در سه دسته کیفی دیده

جدول ۱- تجزیه واریانس مقادیر خواص فیزیکی مغز گردو در نمونه‌های سالم روشن، سالم تیره و معیوب (رقم کاغذی)

میانگین مربعات											
منابع تغییرات	درجه آزادی	طول	پهنا	ضخامت	وزن	حجم	چگالی	قطر میانگین حسابی	قطر میانگین هندسی	ضریب کرویت	مساحت سطح رویه
تیمار	۲	۳۵۳/۲۷**	۵۹۸/۰۳۳**	۱۸۹/۶۷**	۷۴/۲۱**	۶۳/۰۷**	۰/۵۳**	۳۸۷/۵۳**	۳۹۸/۷۶**	۰/۰۶۶**	۴۸/۶۴×۱۰ <sup>۵</sup> **
اشتباه	۲۹۷	۶/۷۷	۶/۵۰	۲/۱۴	۰/۳۷	۰/۴۳	۰/۰۲۷	۲/۸۲	۲/۷۹	۰/۰۰۳	۳۴/۵۳۱×۱۰ <sup>۳</sup>

NS و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد



شکل ۳ (ب)- مقایسه میانگین ویژگی‌های طول و چگالی مغز گردو بر اساس آزمون دانکن

**نتیجه‌گیری**

گیری شده مابین نمونه‌های سالم و نمونه‌های معیوب مشاهده می‌شود. با این همه، به نظر می‌رسد که برای جداسازی کامل (۱۰۰٪) نمونه‌های سالم از نمونه‌های معیوب لازم است که از دو و غالباً سه روش جداسازی بر مبنای ویژگی‌های فیزیکی استفاده نمود. ضمن اینکه اختلاف معنی‌داری از لحاظ تمام خواص فیزیکی مابین نمونه‌های سالم روشن و سالم تیره مشاهده می‌شود.

بطور خلاصه، بر اساس نتایج این تحقیق امکان جداسازی دانه‌های مغز گردوی معیوب رقم کاغذی که غالباً دارای رنگی تیره، بافتی فشرده و چروکیده و ابعادی کوچک‌تر می‌باشند نسبت به نمونه‌های سالم تیره و به‌ویژه سالم روشن وجود دارد. بطوری‌که اختلاف کاملاً معنی‌داری از لحاظ تمامی خواص فیزیکی اندازه-

**منابع مورد استفاده**

- ابراهیمی ع، ۱۳۸۶. بررسی خواص فیزیکی و مورفولوژی چهار ژنوتیپ گردو. مجله مهندسی بیوسیستم ایران ۷۰-۷۳: ۱:۶۳-۷۰  
 حاجی‌زاده م، کسرائی م، ۱۳۸۶. درجه‌بندی گردو با استفاده از ماشین‌بینایی بر اساس جرم ویژه. خلاصه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی، مشهد.  
 کرمانی ع، ۱۳۸۶. برخی خواص فیزیکی و مکانیکی فندق و مغز آن. مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی، مشهد.  
 محمودی م، خزایی ج، ۱۳۸۶. شناسایی ژنوتیپ‌های گردو با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر و شبکه عصبی. خلاصه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی، مشهد.  
 Aydin C, 2003. Physical properties of almond nut and kernal. *Journal of Food Engineering* 60: 315-320.  
 Ebrahimi A, Zarei A, Fatahi R and Ghasemi Varnamkhasti M, 2009. Study on some morphological and physical attributes of walnut used in mass models. *Scientia Horticulturae* 121: 490-494.  
 FAOSTAT, 2008. FAO International Statistical Software. Available at: <http://www.fao.org>.  
 Jindal VK and Mohsenin NN, 1987. Analysis of a simple pendulum impacting device for determining dynamic strength of selected food materials. *Transactions of the ASAE*, 19: 766-770.  
 Lavialle E, Puiggali JR and Nadeau JP, 1997. Drying kinetics and quality of walnuts. *Sciences Des Aliments* 17: 471-485.  
 Lopez A, Pique MT, Romero A and Aleta N, 1995. Influence of cold storage conditions on the quality of unshelled walnuts. *International Journal of Refrigeration* 18: 544-549.  
 Mohsenin N, 1978. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*, Gordon and Breach Science Publishers, pp: 742.  
 Togrul H and Arslan N, 2006. Moisture sorption isotherms and thermodynamic properties of walnut kernels. *Journal of Stored Products Research* 43: 252-264.